

Aus der orthopädischen Praxisklinik Münster

Leiter: Prof. Dr. med. Jörn Steinbeck

Ergebnisse dislozierter proximaler Humerusfrakturen nach Versorgung mit einem inversen  
Prothesensystem

INAUGURAL – DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von Maria Körting

aus Münster

2020

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität  
Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Frank Ulrich Müller

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Benedikt Schliemann
2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Jörn Steinbeck

Tag der mündlichen Prüfung: 23.03.2020

Aus der orthopädischen Praxisklinik Münster  
Leiter: Prof. Dr. med. Jörn Steinbeck

### **Zusammenfassung**

Ergebnisse dislozierter proximaler Humerusfrakturen nach Versorgung mit einem inversen Prothesensystem  
Körting, Maria

Frakturen des proximalen Humerus sind eine häufige Frakturform und haben aufgrund des demographischen Wandels eine große Bedeutung. Die Fraktur geht mit starken Schmerzen und relevanten Bewegungseinschränkungen für die Betroffenen einher. Aufgrund der Vielzahl von Behandlungsmöglichkeiten stellt diese Frakturform eine große therapeutische Herausforderung dar.

In der Zeit von Juni 2012 bis Dezember 2016 wurden insgesamt 78 Patienten mit einer inversen Prothese versorgt. Dabei wurden zwei verschiedene Prothesenmodelle verwendet. Von den operierten Patienten wurden 34 Patienten mit 35 Schulterprothesen nach durchschnittlich 31,5 Monaten für eine Erhebung vorstellig. Dabei wurden der Constant-Score (62,2 Punkte, relativer Constant-Score 92,9 %), der ASES-Score (75 Punkte) und radiologische Parameter erhoben. Es zeigten sich gute Ergebnisse bei der Schmerzreduktion und in der Motilität. Das Alter der Probanden und der Nachuntersuchungszeitraum hatten keinen signifikanten Einfluss auf die klinischen Scores. Beim relativen Constant-Score kam es im Vergleich zwischen der Untersuchung nach sechs und der nach mindestens 24 Monaten zu einer signifikanten Verbesserung (sechs Monate 75,9 %, mindestens 24 Monate 94,1 %). In den radiologischen Untersuchungen wurden das Skapula-Notching (36,84 %), die Einheilungsraten der Tubercula und Lockerungszeichen erhoben. Die Komplikationsrate lag in unserer Studie bei 20 %.

Durch unsere Studie konnte gezeigt werden, dass die inverse Prothese als primäre Versorgungsmethode proximaler Humerusfrakturen gerade bei älteren Menschen zu zufriedenstellenden Ergebnissen führt. Die Schmerzreduktion und die Verbesserung der Motilität sprechen für die Versorgung geriatrischer proximaler Humerusfrakturen mittels inverser Prothese. Zudem scheint sich den ersten Ergebnissen der Univers Revers zufolge dieses Prothesenmodell in Bezug auf das Skapula-Notching positiv auszuwirken. Im Vergleich zu anderen Therapieoptionen, wie der Osteosynthese und der anatomischen Frakturprothese, erscheinen die Ergebnisse der inversen Schulterprothese im Zusammenhang mit proximalen Humerusfrakturen zu besser vorhersagbaren Ergebnissen zu führen.

Tag der mündlichen Prüfung: 23.03.2020

## Erklärung

Ich gebe hiermit die Erklärung ab, dass ich die Dissertation mit dem Titel:

„Ergebnisse dislozierter proximaler Humerusfrakturen nach Versorgung mit einem  
inversen Prothesensystem“

In der orthopädischen Praxisklinik Münster

Unter der Anleitung von: Prof. Dr. med. Jörn Steinbeck

1. selbstständig angefertigt,
2. nur unter Benutzung der im Literaturverzeichnis angegebenen Arbeiten angefertigt und sonst kein anderes gedrucktes oder ungedrucktes Material verwendet,
3. keine unerlaubte Hilfe in Anspruch genommen,
4. sie weder in der gegenwärtigen noch in einer anderen Fassung einer in- oder ausländischen Fakultät als Dissertation, Semesterarbeit, Prüfungsarbeit, oder zur Erlangung eines akademischen Grades, vorgelegt habe.

Münster, 30.03.2020

---

Ort, Datum

Maria Körtling / M. Körtling

---

Name/Unterschrift

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Ziel der Arbeit</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Anatomische und biomechanische Grundlagen des Schultergelenks</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3. Die inverse Prothese</b> .....	<b>5</b>
1.3.1. Probleme und Komplikationen .....	7
<b>1.4. Die proximale Humerusfraktur</b> .....	<b>9</b>
1.4.1. Epidemiologie .....	9
1.4.2. Klassifikationen .....	10
1.4.3. Therapieoptionen .....	13
<b>2. METHODEN</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1. Patientenkollektiv</b> .....	<b>15</b>
2.1.1. Nachuntersuchungszeitraum und -rate .....	15
2.1.2. Geschlechts- und Altersverteilung .....	17
<b>2.2. Datenerhebung</b> .....	<b>19</b>
2.2.1. Constant-Score .....	19
2.2.2. ASES-Score .....	21
2.2.3. Röntgenaufnahmen .....	22
2.2.3.1. Skapula-Notching .....	23
2.2.4. Nachuntersuchung.....	24
<b>2.3. Operationstechnik</b> .....	<b>25</b>
<b>2.4. Statistische Datenauswertung</b> .....	<b>29</b>
<b>3. ERGEBNISSE</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1. Constant-Score</b> .....	<b>31</b>
3.1.1. Gesamt-Score.....	31
3.1.2. Schmerz .....	33
3.1.3. Alltagsaktivitäten .....	34
3.1.4. Motilität .....	35
3.1.5. Kraft .....	36
3.1.6. Scorebasierte Auswertung.....	37
3.1.7. Auswertung nach Geschlecht .....	37
3.1.8. Auswertung nach Alter .....	39
3.1.9. Auswertung nach Nachuntersuchungszeitraum .....	41
3.1.10 Constant-Score im zeitlichen Verlauf .....	42
<b>3.2. ASES-Score</b> .....	<b>45</b>
3.2.1. Gesamt-Score.....	45
3.2.2. Schmerz, Medikamente, Instabilität .....	46

3.2.3. Alltagsaktivitäten .....	48
3.2.4. Auswertung nach Geschlecht .....	49
3.2.5. Auswertung nach Alter .....	50
3.2.6. Auswertung nach Nachuntersuchungszeitraum .....	52
<b>3.3. Ergebnisse der radiologischen Kontrollen.....</b>	<b>53</b>
3.3.1. radiologische Ergebnisse postoperativ .....	53
3.3.2. radiologische Ergebnisse zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt .....	54
3.3.2.1. Skapula-Notching .....	54
3.3.2.2. Tuberculaeinheilung.....	55
3.3.2.3. Lockerungszeichen .....	55
3.3.3. Röntgenuntersuchung im zeitlichen Verlauf.....	56
3.3.3.1. Skapula-Notching .....	56
3.3.3.2. Tubercula.....	56
3.3.3.3. Lockerungszeichen .....	57
3.3.4. Tuberculaeinheilung im Vergleich zu den klinischen Scores .....	57
<b>3.4. Frakturtyp .....</b>	<b>58</b>
<b>3.5. Komplikationen.....</b>	<b>59</b>
<b>3.6. Verteilung der Prothesenmodelle.....</b>	<b>60</b>
<b>5. DISKUSSION.....</b>	<b>61</b>
<b>5.1. Wissenschaftliche Fragestellung und Epidemiologie .....</b>	<b>61</b>
<b>5.2. Einordnung der Ergebnisse.....</b>	<b>62</b>
5.2.1. Klinische Schulterfunktion .....	62
5.2.1.1. Constant-Score .....	62
5.2.1.1.1. Constant-Score im zeitlichen Verlauf.....	70
5.2.1.2. ASES-Score .....	71
5.2.2. Radiologische Beurteilung .....	77
<b>5.3. Komplikationen.....</b>	<b>84</b>
<b>5.4. Behandlungsalternativen .....</b>	<b>91</b>
<b>5.5. Zusammenfassung und Fazit .....</b>	<b>97</b>
<b>5.6. Schwächen und Aussagekraft der Studie.....</b>	<b>99</b>
<b>6. DANKSAGUNG .....</b>	<b>99</b>
<b>7. LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>101</b>
<b>8. TABELLEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>110</b>
<b>9. CURRICULUM VITAE.....</b>	<b>112</b>

10. ANHANG .....	I
------------------	---

## Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
ADL	activities of daily living
AES	altersentsprechender Score
AP-Aufnahme	anterior-posterior Aufnahme
ASES	The American Shoulder and Elbow Surgeons
DX	Delta Xtend
kg	Kilogramm
Lig.	Ligament
Ligg.	Ligamenta
M.	Musculus
Mm.	Musculi
Nr.	Nummer
Proc.	Processus
ROM	range of motion
s.	siehe
UR	Univers Revers

# 1. Einleitung

## 1.1. Ziel der Arbeit

Frakturen des proximalen Humerus sind mit 4-5 % aller Frakturen ein häufiges Krankheitsbild (29). In der Altersgruppe über 65 Jahre sind diese sogar die dritthäufigste Fraktur (6). Aufgrund des demographischen Wandels ist in den nächsten 20 Jahren mit einer weiteren Zunahme dieses Frakturtypes zu rechnen (29, 56).

Deshalb ist es umso wichtiger, für diese Erkrankung eine optimale Therapie zu finden und eine valide Datenlage zu entwickeln, um den behandelnden Ärzten eine gute Entscheidungsbasis für jeden Patienten zu ermöglichen. Eine solche Entscheidungsfindung ist aufgrund einer Vielzahl von Behandlungsoptionen und einer großen Zahl von Einflussfaktoren jedoch nicht einfach (84). Auch sind viele Ergebnisse gerade in der Frakturversorgung dislozierter proximaler Humerusfrakturen der älteren Bevölkerung ernüchternd und nur mit mäßigen Erfolgen assoziiert (71). Aufgrund dieser unbefriedigenden Situation und guter Ergebnisse in der Versorgung von Defekarthropathien (101) findet die inverse Prothese zunehmend Einzug in die Versorgung von akuten Frakturen des proximalen Humerus (87, 90, 91). Erste Studien zeigen dabei vielversprechende Ergebnisse (17, 21, 23, 40, 59). Jedoch sind die Datenlagen bisher noch nicht geeignet, um definitive Schlüsse aus den Ergebnissen ziehen zu können (103). Prognosen zu längerfristigen Ergebnissen nach Versorgung mit dieser Prothese sind bisher schwierig, da für diese Indikation noch keine Langzeitergebnisse vorliegen.

Diese Arbeit hat das Ziel, die wissenschaftlichen Grundlagen zu erweitern und aufzuzeigen, welche Resultate nach der primären Versorgung mit einer inversen Prothese mittelfristig zu erwarten sind. Sie leistet einen Beitrag dazu, einzelne Fälle noch differenzierter zu beurteilen und eine gute Entscheidungsbasis für die Frage zu liefern, ob und wann eine Implantation einer inversen Prothese sinnvoll ist, um eine noch bessere Therapie und Patientenzufriedenheit zu erreichen. Die Durchführung der Studie wurde am 20.01.2017 durch die Ethikkommission Westfalen-Lippe und der westfälischen Wilhelms-Universität genehmigt (Aktenzeichen 2016-632-f-S).

## 1.2. Anatomische und biomechanische Grundlagen des Schultergelenks

Das Schultergelenk ist das beweglichste Kugelgelenk des Körpers. Es ermöglicht die Bewegung in drei Ebenen (Transversal-, Sagittal- und Frontalebene) mit sechs verschiedenen Freiheitsgraden: Ante- und Retroversion, Innen- und Außenrotation, Ab- und Adduktion.

Um diese hohe Beweglichkeit zu erreichen, sind insgesamt fünf Gelenke notwendig: drei Hauptgelenke und zwei Nebengelenke.

Die drei Hauptgelenke sind das Humeroskapulargelenk (*Articulatio humeri*), das Akromioklavikulargelenk (*Articulatio acromioclavicularis*) und das Sternoklavikulargelenk (*Articulatio sternoclavicularis*) (92).

Eines der Nebengelenke ist das subakromiale Nebengelenk, welches ein Gleitlager zwischen Schulterdach und Rotatorenmanschette ist. Dieses wird durch die *Bursae subacromialis* et *subdeltoidea* gebildet. Das zweite Nebengelenk ist das Schulterblatt-Thorax-Gelenk oder Scapulothorakalgelenk. Dieses ist ein Gleitlager aus lockerem Bindegewebe, das zwischen den *Mm. subscapularis* et *serratus anterior* liegt (92).

Erst eine freie Beweglichkeit in all diesen Gelenken ermöglicht den vollen Bewegungsumfang des Schultergelenks, welcher aber nur auf Kosten einer geringeren Stabilität möglich ist. Diese geringe Stabilität ist vor allem auf den Aufbau des Schulterhauptgelenkes und den miteinander artikulierenden Gelenkelementen zurückzuführen.

Der Humeruskopf (*Caput humeri*), der mit der Gelenkpfanne (*Cavitas glenoidales*) artikuliert (siehe Abbildung 1), ist drei- bis viermal größer als die Gelenkpfanne. Auch wenn eine 5 mm breite Gelenkklippe (*Labrum glenoidale*) die Gelenkfläche deutlich vergrößert, resultiert aus diesem Missverhältnis zwar eine hohe Beweglichkeit, aber gleichzeitig auch eine Prädisposition zur Instabilität. Auch der Bandapparat des Schultergelenkes ist nur schwach ausgeprägt und kann somit keine hohe Stabilität gewährleisten (92). Deshalb ist vor allem die Schultermuskulatur wichtig, um eine ausreichende Stabilität zu erhalten.

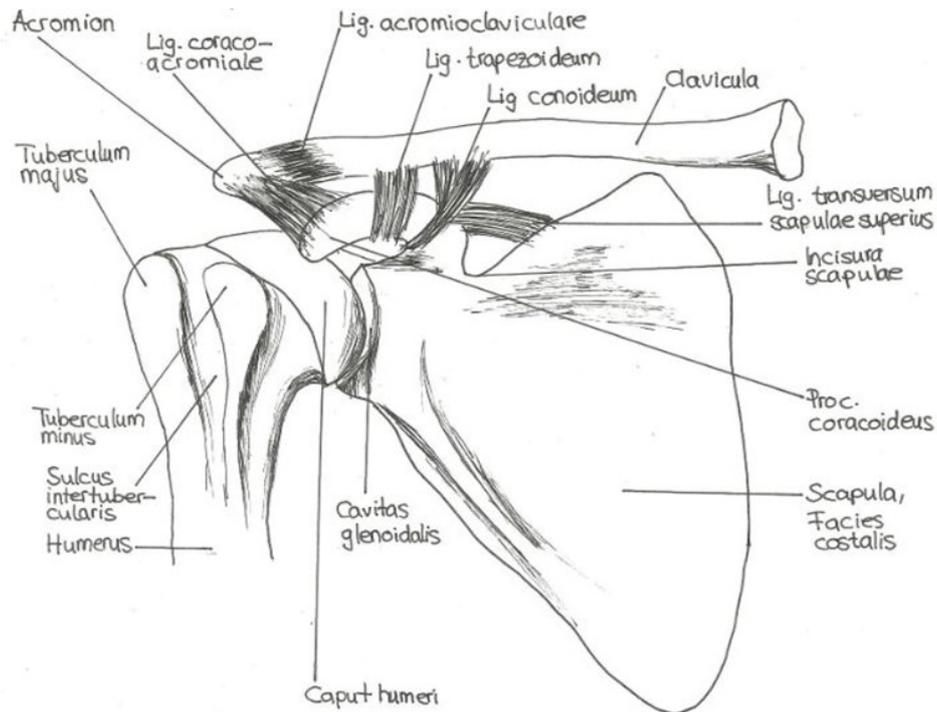


Abbildung 1: Anatomie des Schultergelenks

Eine besondere Rolle spielen hierbei die Rotatorenmanschette und die zusätzlich kapselverstärkenden Bänder. Die Rotatorenmanschette besteht aus den Mm. supraspinatus, infraspinatus, teres minor und subscapularis. Der M. subscapularis setzt am Tuberculum minus an und die anderen drei Muskeln am Tuberculum majus (92). Zusammen umfassen die Muskeln das Schultergelenk und halten damit den Humeruskopf in der Gelenkpfanne. Bei den kapselverstärkenden Bändern handelt es sich um die Ligg. glenohumerale superius, medium, inferius und coracohumerale (92). Diese liegen artikularseitig der Rotatorenmanschette und stärken die eigentlich schlaaffe Gelenkkapsel vor allem nach ventral. Zwischen dem anterioren und posterioren Teil des Lig. glenohumerale inferius liegt der Recessus axillaris, welcher sich erst bei stärkerer Abspreizung (Abduktion) strafft. Das Lig. glenohumerale inferius ist somit vor allem eine Sicherung nach vorne-unten (anterior-inferior) (92).

Das Lig. coracoacromiale bildet zusammen mit dem Proc. coracoideus und dem Acromion das Schulterdach (siehe Abbildung 1), sichert ebenfalls die Lage des Humeruskopfes in der Pfanne und begrenzt somit dessen Bewegung nach kranial (92). Des Weiteren hat auch die lange Bizepssehne eine sichernde Funktion für das Art. glenohumerale. Sie zieht vom Tuberculum supraglenoidale aus durch die beiden Schenkel des Lig. coracohumerale, welches die

Bizepssehne im Verlauf sichert und führt, und läuft weiter nach distal durch den Sulcus intertubercularis, um dann in den muskulären Teil des Bizepsmuskels überzugehen. Das Lig. coracohumerale bildet zusammen mit dem Lig. glenohumerale superius die Rotatorenintervallschlinge, auch Bizepssehnen-pulley genannt. Sie umgeben die lange Bizepssehne und verhindern dadurch eine Dislokation der langen Bizepssehne nach ventral-medial (92). Die beiden genannten Bänder sind Bestandteil des Rotatorenintervalls. Das Rotatorenintervall ist eine Lücke zwischen dem Oberrand des M. subcapularis und dem Vorderrand des M. supraspinatus und ist ein wichtiger Zugangsweg in der Endoprothetik (92).

Weitere Stabilität bringen die Mm. deltoideus, latissimus dorsi, triceps und biceps brachii. Insgesamt ist eine Vielzahl von Muskeln und Bändern an der Funktion und Beweglichkeit des Schultergelenks beteiligt. Durch das Zusammenspiel aller beteiligten Komponenten sind viele Bewegungen und hohe Bewegungsausmaße der Schulter möglich.

Die Bewegungsausmaße einer funktionierenden Schulter nach der Neutral-Null-Methode sind im Folgenden aufgezeigt (siehe Tabelle 1).

<b>Bewegungsebene</b>	<b>Gradzahl</b>
Anteversion/Retroversion	150-170°/30-50°
Abduktion/Adduktion	180°/20-40°
Innenrotation/Außenrotation (in Normalstellung)	95°/40-60°
Innenrotation/Außenrotation	70°/70°
Horizontalextension/Horizontal- flexion	40-50°/130-160°

*Tabelle 1: Bewegungsebenen der Schulter (78, 92)*

Auch eine geringe Einschränkung der Funktion einer der Komponenten kann starke Auswirkungen auf die alltägliche Schulterfunktion haben und somit viele Bewegungen und Bewegungsabläufe einschränken oder unmöglich machen. Vor allem durch den Wandel von Stützfunktion hin zur Bewegungsfunktion des Schultergelenks haben auch die Funktion der Weichteile eine bedeutende Wirkung auf eine reibungslose Funktion der Schulter gewonnen (92).

Weitere klinische Bedeutsamkeit hat die Gefäßversorgung des Humerus. Diese ist vor allem im Rahmen von Humeruskopffrakturen relevant, da es bei diesen oft zu Nekrosen kommen kann.

Deshalb sind Kenntnisse über die Humeruskopfdurchblutung zur Einschätzung des Nekroserisikos und der daraus resultierenden Versorgung von großer Wichtigkeit.

Der gesamte Bereich des Humeruskopfes wird durch sechs verschiedene Arterien versorgt. Diese sind die Aa. circumflexae humeri anterior et posterior, A. suprascapularis, A. subscapularis, A. profunda brachii und die A. thoracoacromialis. Die Gefäßversorgung des Humeruskopfes entspricht den von Codman beschriebenen vier Hauptfragmenten (48). Die Arterien aus den Aa. circumflexae humeri anterior et posterior ziehen zum Collum chirurgicum, Tuberculum minus und majus, Caput humeri und dem Sulcus intertubercularis (72).

Diese Arterien sind durch zahlreiche Anastomosen verbunden. Jedoch konnte durch Gerber et al. gezeigt werden, dass diese nicht für eine suffiziente Versorgung ausreichen. So konnte nachgewiesen werden, dass über die A. arcuata, welche ein Endast der A. circumflexa humeri anterior ist, die Versorgung der gesamten epiphysalen Kalotte möglich ist. Dagegen konnten bei einer alleinigen Durchblutung mit der A. circumflexa humeri posterior nur kleine posteriore Teile des Humeruskopfes versorgt werden (41).

Dies zeigt, dass vor allem die Frakturform und die damit einhergehenden verschiedenen Lokalisationen der Gefäßverletzung entscheidend für das Nekroserisiko sind (48).

### **1.3. Die inverse Prothese**

Die inverse Prothese ist eine Totalendoprothese, die eigentlich zur Behandlung von Defektarthropathien entwickelt wurde (7, 13). Erste „inverse“ Prothesenmodelle, welche auf dem Modell damaliger Hüftprothesen basierten, wurden bereits in den 1970ern von Reeves, Zippel, Könel und Kessel entwickelt (67). Den entscheidenden Beitrag und wichtige Weiterentwicklungen leistete jedoch Paul Grammont, der 1985 die sogenannte Delta-Prothese entwickelte, die auch als „Trompete“ bekannt wurde. Diese Prothese bestand aus zwei Komponenten (7, 67). Eine Komponente davon war der humerale Anteil aus Polyethylen. Der zweite Anteil war eine Glenoidkomponente aus Aluminiumoxidkeramik, welche ein Maß von circa zwei Dritteln einer Kugel von 44 mm hatte. Der entscheidende Unterschied hierbei war die Medialisierung des Rotationszentrums und zusätzlich die Verlagerung des Zentrums nach unten (7). Bereits 1987 berichtete Grammont von acht Fällen, die mit dieser Prothese behandelt worden waren (7). Hierbei wiesen alle Fälle Schmerzfreiheit bei jedoch sehr unterschiedlichen

Bewegungsausmaßen auf (13). Weitere Verbesserungen folgten und 1991 konnte mit der Delta-III-Prothese (Fa. Depuy) die erste Generation eines modularen Systems vorgestellt werden, welches 1995 nochmals verändert wurde und noch heute Verwendung findet (7, 13).

Bereits 2016 waren mehr als 26 verschiedene Modelle dieser Prothese erhältlich, die sich zwar in spezifischen Details unterscheiden, jedoch alle auf dem Prinzip der Delta-Prothese basieren (102).

Das Grundprinzip der inversen Prothese ist die Umkehr der anatomischen Verhältnisse (siehe Abbildung 2). In der Prothese artikuliert die konvexe Glenosphäre an der Skapula mit einem konkaven Inlay am Humerus (67).

Die Delta-III-Prothese (Fa. Depuy) als Beispiel für die modularen Prothesensysteme besteht aus Basisplatte, Glenosphäre, Polyethyleninlay, Metaphyse und Schaft (13).

Da die Glenosphäre größer als die humerale Pfanne ist, werden hierdurch ein größerer Bewegungsumfang und eine höhere Stabilität ermöglicht als bei einer kleineren Glenosphäre (13, 67, 102). Das geringe laterale Offset bringt das Rotationszentrum direkt in Kontakt mit der Oberfläche des Glenoids und reduziert dadurch das Drehmoment, welches auf das Glenoid wirkt (102). Dabei verfügen neuere Modelle zum Teil über ein größeres laterales Offset, die dem physiologischen Center of Rotation (COR) näher kommen (38).

Durch das Design werden eine Medialisierung des Drehzentrums und eine Kaudalisierung des Humerus erreicht. Das hat mehrere Vorteile. Durch die Medialisierung wird das Drehmoment auf die glenoidale Komponente verringert und gleichzeitig werden mehr Fasern des M.

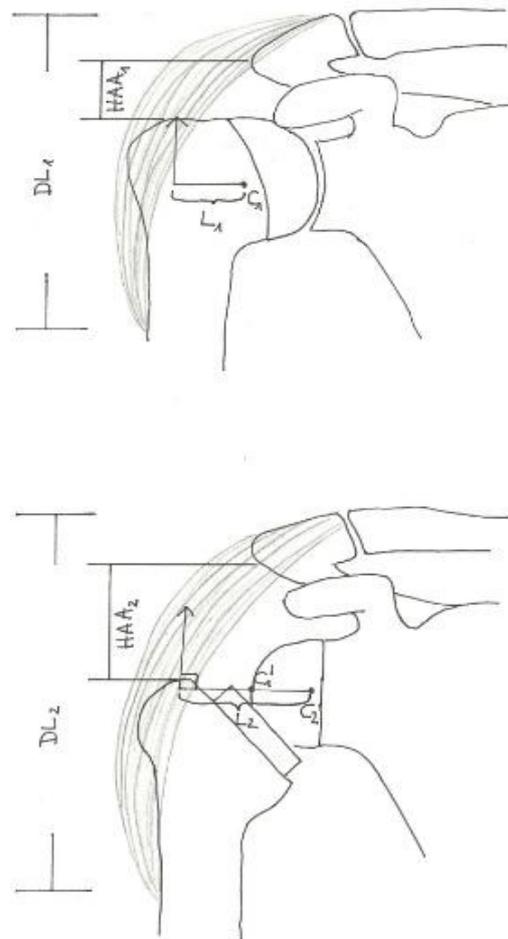


Abbildung 2: Funktionsprinzip der inversen Prothese

Legende: DL: Deltalänge, C: Rotationszentrum, L: Länge, HAA: humeroacromialer Abstand

deltoideus rekrutiert, um eine bessere Abduktion zu erreichen. Durch die Kaudalisierung des Humerus wird der Deltamuskel stärker vorgespannt, wodurch insgesamt der Hebelarm des Deltamuskels verbessert wird (13, 67, 102). Somit kann durch den Deltamuskel die fehlende Rotatorenmanschette zumindest teilweise kompensiert werden. Die Prothese ermöglicht damit eine Schmerzreduktion mit gleichzeitig erhöhter Funktion durch eine verbesserte Abduktion und Elevation. Weiterhin wird durch dieses Design eine höhere Stabilität erreicht, da ab 45° Abduktion vor allem kompressive Kräfte auf das Glenoid wirken und somit eine Glenoidlockerung unwahrscheinlicher ist (67, 102).

Die ursprüngliche Indikation der Prothese ist die Defektarthropathie. Erste Ergebnisse dieser Indikation führten dazu, dass die inverse Prothese mittlerweile auch für andere Erkrankungsbilder in Betracht kommt und sich das Indikationsspektrum in den letzten Jahren stark vergrößert hat (1, 24, 70). Inzwischen wird die inverse Prothese auch bei ausgeheilten infektiöser Arthritis mit assoziierter Rotatorenmanschettenruptur, akuten Frakturen, Rekonstruktionen nach Tumorentfernung, Revisionsarthroplastien mit Rotatorenmanschetteninsuffizienz und Frakturfolgen verwendet (70).

Diese Arbeit wird sich mit der Rolle der inversen Prothese zur primären Versorgung proximaler Humerusfrakturen auseinandersetzen und betrachten, welche Ergebnisse erreicht wurden und diese in Zusammenhang mit bereits bestehender Literatur setzen.

### **1.3.1. Probleme und Komplikationen**

Nach Einführung der inversen Prothese ist es häufig zu Komplikationen gekommen, welche durch Verbesserungen des Designs und der Biomechanik in den letzten Jahren deutlich verringert werden konnten. Allerdings sind die Komplikationen weiterhin höher als bei anatomischen Prothesen (34, 81).

Eins der häufigsten Probleme nach Einbau eines inversen Prothesenmodells ist das Skapula-Notching (34). Angaben zur Häufigkeit liegen bei 0-96% (81). Es handelt sich um einen knöchernen Defekt am inferioren Skapulahals, welcher durch repetitives Anschlagen des superior-medialen Humerus an den inferioren lateralen Teil des Skapulahalses entsteht. Der Einfluss des Skapula-Notching ist jedoch noch nicht abschließend geklärt. Studien geben an, dass es keine Korrelation zwischen dem Notching und Schmerzen oder dem Constant-Score gibt (65), was auch ein Grund dafür ist, dass beim Skapula-Notching eher von einem Problem

und weniger von einer Komplikation gesprochen wird.

Eine ebenfalls typische Lokalisation von Komplikationen ist das Glenoid. Dort kann es beispielsweise zu Lockerungen, Dislokationen und Skapulahalsfrakturen kommen. Dabei ist die Lockerung des Glenoids die häufigste dieser Komplikationstypen (34, 81). In der Studie von Guery et al. wurde diese mit einer Prävalenz von 16 % beschrieben zit.n.: (81).

Eine weitere relativ häufige Komplikation ist die Ausbildung von Hämatomen. Diese tritt mit einer Häufigkeit von 1-20 % auf (25). Durch ein Hämatom besteht eine erhöhte Gefahr für die Ausbildungen von Infektionen, da es für Keime ein gutes Milieu bietet (81).

Infektionen bei inversen Prothesen werden mit einer Häufigkeit 1-15 % beschrieben (5) und stellen eine schwerwiegende Komplikation dar. Neben Hämatomen sind weitere Risikofaktoren Begleiterkrankungen wie Diabetes mellitus, Niereninsuffizienz, rheumatische Arthritis und Übergewicht (81).

Nach Einbau einer inversen Prothese kann es außerdem zu Instabilitäten kommen. Diese werden mit einer Häufigkeit von 0-14 % (34) und 2-31 % beschrieben (81).

Einige weitere Komplikationen sind intra- oder postoperative Frakturen. Diese können am Humerus, der Skapula, am Glenoid und Akromion entstehen (5, 25, 34). Zusätzlich kann es auch zu neurologischen Komplikationen kommen, welche vor allem den Plexus brachialis und seine abgehenden Nerven betreffen (5, 25).

Trotz der hohen Komplikationsraten werden die Komplikationen aufgrund der guten funktionellen Ergebnisse in Kauf genommen. Jedoch sollten Komplikationen durch verschiedene Maßnahmen möglichst gering gehalten werden, da vor allem nach Revisionen durch eine Komplikation die Funktionsergebnisse deutlich eingeschränkt sind (34).

## **1.4. Die proximale Humerusfraktur**

### **1.4.1. Epidemiologie**

Die proximale Humerusfraktur ist die dritthäufigste aller Frakturen und hat unter diesen einen Anteil von circa 5 % (74). Die Inzidenz dieser Frakturen hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Dies liegt vor allem an der zunehmenden Lebenserwartung der Bevölkerung und dem demografischen Wandel, weshalb auch weiterhin mit einem Anstieg zu rechnen ist (1, 56).

Somit ist die proximale Humerusfraktur eine Frakturart, die auch in Zukunft ein sehr häufiges Krankheitsbild darstellen wird, weshalb eine optimale Therapie und verbesserte Kenntnisse über die Behandlung von enormer Wichtigkeit sind.

75 % der proximalen Humerusfrakturen treten hierbei in einem Alter von über 60 Jahren auf (74). Typische Ursachen für Frakturen in der älteren Bevölkerung sind dabei niedrig-energetische Traumata, wie beispielsweise ein Sturz aus stehender Position (48, 98). Ein wesentlicher Faktor hierbei ist die reduzierte Knochenqualität und -festigkeit, welche durch Osteoporose begünstigt wird. Dies ist auch ein Grund dafür, dass Frauen zwei- bis dreimal häufiger betroffen sind als Männer (74, 98). Bei jüngeren Patienten sind in der Regel schwere Traumata nötig, um diese Frakturen hervorzurufen (36).

In der älteren Bevölkerung ist eine anatomische Rekonstruktion im Rahmen der operativen Rekonstruktion meist nicht einfach. Gründe hierfür sind zum einen die verminderte Knochenqualität und ein erhöhtes Komplikationsrisiko durch die Fraktur, wie beispielsweise avaskuläre Nekrosen. Zum anderen treten schwere Frakturtypen wie Drei- bis Vierfragmentfrakturen, Headsplit-Frakturen und dislozierte Frakturen häufiger in dieser Altersgruppe auf. Eine der Folgen ist, dass gerade in diesen Situationen eine endoprothetische Versorgung notwendig ist, um zufriedenstellende Ergebnisse der Schulterfunktion zu erreichen (36).

Eine mögliche endoprothetische Versorgungsform ist dabei die inverse Prothese, welche in den letzten Jahren zunehmend Einzug in die Frakturversorgung gefunden hat.

## 1.4.2. Klassifikationen

Für die Einteilung der proximalen Humerusfrakturen existieren mehrere Klassifikationssysteme. Ziel aller Systeme ist es, eine Grundlage für die Versorgung der Frakturen zu schaffen und eine Vergleichbarkeit bezüglich des Frakturmanagements und der Prognose zu erreichen (48).

Elementar für die Einteilung der Klassifikationen ist das Verständnis typischer Frakturlinien und Dislokationen der Frakturlemente bei proximalen Humerusfrakturen.

Codman beschreibt 1934 vier Fragmente mit fünf Frakturlinien für die proximale Humerusfraktur zit.n.: (48). Die Fragmente sind das Tuberculum majus und minus, die Kalotte des Humeruskopfes und der Humerusschaft. Diese typischen Frakturfragmente entstehen durch eine intakte Rotatorenmanschette. Entsprechend der Zugrichtung der ansetzenden Muskulatur treten somit auch typische Dislokationsmuster auf. Bei insuffizienter Rotatorenmanschette entstehen bedingt durch die direkte Krafteinwirkung andere Frakturformen (48). Ein weiterer wichtiger Faktor, den man anhand der Fraktureinteilung verstehen kann, ist die Durchblutungssituation und das damit einhergehende Nekroserisiko der jeweiligen Frakturfragmente. Die Durchblutung entspricht nämlich den von Codman definierten Frakturfragmenten und ist ebenfalls ein wichtiger Prognose- und Entscheidungsfaktor für die Therapie (16).

Die bekanntesten Klassifikationssysteme sind die Klassifikation nach Neer, die Modifikation der Neer-Klassifikation nach Habermeyer, die AO-Klassifikation und das Binary-Description-System (36, 48).

Das Klassifikationssystem nach Neer ist das wohl bekannteste und weltweit gebräuchlichste System und basiert auf der Fragmenteinteilung nach Codman und dem Dislokationsgrad der Fragmente (48). Es handelt sich hierbei nicht um ein starres Schema, sondern um ein Anwendungssystem, was vermutlich zu dessen hoher Akzeptanz geführt hat zit.n.: (48). Im System von Neer werden die Frakturen in sechs Untergruppen eingeteilt. Beim Typ I handelt es sich um nicht dislozierte oder minimal dislozierte Frakturen. Diese werden auch als „one part fractures“ bezeichnet (19). Eine Dislokation liegt dagegen vor, wenn das Fragment um mehr als 1 cm oder um mehr als 45° verschoben beziehungsweise abgekippt ist (19, 36, 48). Bei den Typen II-VI handelt es sich um dislozierte Humerusfrakturen, die in Zwei- bis Vierfragmentfrakturen eingeteilt werden. Typ II und III sind jeweils Zweifragmentfrakturen, bei denen die Frakturlinie entweder im Bereich des anatomischen (Typ II) oder chirurgischen

Halses (Typ III) liegt. Typ IV und V sind jeweils Zwei- bis Vierfragmentfrakturen. Bei Typ IV liegt eine Beteiligung des Tuberculum majus und bei Typ V mit Beteiligung des Tuberculum minus vor. Beim Typ VI handelt es sich um die Luxationsfrakturen mit vorderer oder hinterer Kopfluxation mit je unterschiedlichem Frakturausmaß (Zwei- bis Vierfragmentfrakturen und Impressionsfrakturen). Head-split-Frakturen werden separat betrachtet und nicht in die Untergruppen einbezogen (48).

Trotz der weiten Anwendung dieser Klassifikation gibt es einige Kritikpunkte. Beispielsweise wird bei den Zwei- bis Vierfragmenteinteilungen keine Einteilung zwischen einer Fraktur im Bereich des anatomischen und chirurgischen Halses getroffen, was jedoch prognostischen Einfluss hat. Zusätzlich werden nach Court Brown et al. über die Hälfte der Frakturen zum Typ I zugeordnet und nicht ausreichend differenziert (31). Zuletzt werden nicht alle Konstellationen der Codman-Einteilung berücksichtigt (50).

Ein weiteres bekanntes Klassifikationssystem ist die AO-Klassifikation, welche die Frakturen in drei Gruppen mit aufsteigendem Schweregrad einteilt. Diese drei Gruppen haben wiederum neun Untergruppen mit ebenfalls aufsteigendem Schweregrad, wodurch insgesamt 27 verschiedene Frakturtypen entstehen.

Die Einteilung in die drei Hauptgruppen erfolgt durch die Lage der Fragmente in Bezug auf die Kapselbeteiligung. Typ-A-Frakturen liegen extrakapsulär und haben nur zwei Frakturfragmente. Typ-B-Frakturen sind teilweise intrakapsulär und besitzen drei von vier möglichen Fragmenten. Komplett intrakapsulär sind dann die Frakturen vom Typ-C, welche zusätzlich vier von vier Fragmenten ausbilden können. Die Lagebeziehung zur Kapsel ist nicht nur für die morphologische Beschreibung relevant, sondern auch für das damit einhergehende Nekroserisiko, das von Typ A zu Typ C deutlich zunimmt (35, 48, 96).

Trotz der genauen morphologischen Einteilung ist diese Klassifikation aufgrund des hohen Umfangs (48) und der hohen Interobserver-Reliabilität (36) nur bedingt geeignet.

Eine weitere Einteilung der Frakturen ist die Klassifikation nach Habermeyer, welche versucht die Neer-Klassifikation und die AO-Klassifikation miteinander zu verbinden, indem sie zum einen die Vierfragmenteinteilung von Neer sowie zum anderen die Frakturhöhe wie bei der AO-Klassifikation berücksichtigt (36). Typ-0-Frakturen sind dementsprechend nicht dislozierte Frakturen. Typ-A Frakturen sind Zweifragmentfrakturen, die nochmal nach Beteiligung des jeweiligen Tuberculums in Typ A I (Tuberculum majus) und Typ A II (Tuberculum minus) eingeteilt werden. Bei den Typ-B- und Typ-C-Frakturen handelt es sich jeweils um Zwei- bis

Vierfragmentfrakturen. Typ-B beschreibt Frakturen im chirurgischen Hals und Typ-C solche mit einer Fraktur im anatomischen Hals. Zuletzt werden mit der Gruppe Typ-X vordere und hintere Luxationsfrakturen unterschieden (48).

Das letzte wichtige Klassifikationssystem ist das Binary-Description-System, welches von Hertel basierend auf dem Modell von Codman entwickelt wurde. Mit Hilfe von Legosteinen, die den vier Hauptfragmenten entsprechen, unterschied Hertel somit zwölf mögliche Frakturkonstellationen mit sechs Zweifragmentfrakturen, fünf Dreifragmentfrakturen und einer Vierfragmentfraktur (siehe Abbildung 3) (48, 50).

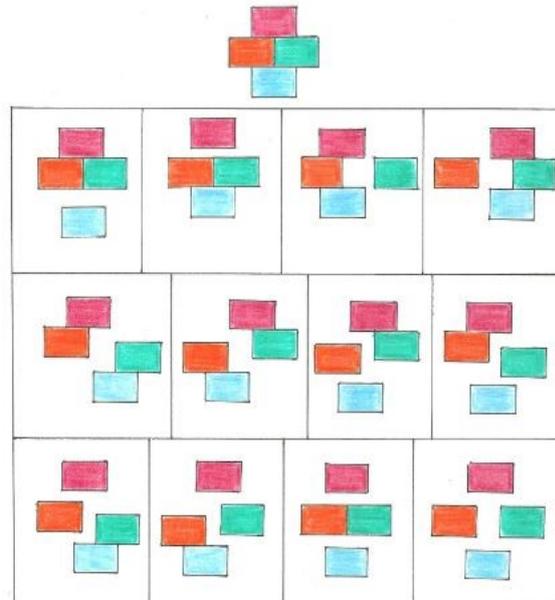


Abbildung 3: Lego-Klassifikation

Zusätzlich wird das Nekroserisiko betrachtet. Als Risikofaktoren betrachtet Hertel hierbei Frakturen des anatomischen Halses, eine Kalkarlänge  $< 8$  mm und eine

Verschiebung des medialen Hinges um  $> 2$  mm (36). Sowohl die Klassifikationseinteilung als auch das Nekroserisiko werden anhand von zwei Fragebögen erhoben (siehe Tabelle 2 und 3).

Zuordnungsfragen für das Binary-Description-System		
Fraktur zwischen Tuberculum majus und Kopf?	Ja	Nein
Fraktur zwischen Tuberculum majus und Schaft?	Ja	Nein
Fraktur zwischen Tuberculum minus und Kopf?	Ja	Nein
Fraktur zwischen Tuberculum minus und Schaft?	Ja	Nein
Fraktur zwischen Tuberculum minus und majus?	Ja	Nein

Tabelle 2: Zuordnungsfragen für das Binary-description-System (48)

<b>Fragen zum Humeruskopfnekrose-Risiko</b>
Wie lang ist die posteromediale metaphysäre Ausdehnung des Kalottenfragments?
Wie weit ist der Schaft gegen das mediale Ende der Kalotte disloziert?
Wie weit sind die Tubercula gegenüber der Kalotte disloziert?
Abkipfung der Kalotte nach Richtung und Grad?
Luxation des Kopfes?
Kopfmpressionsfraktur?
Headsplit?

*Tabelle 3: Fragen zum Humeruskopfnekrose-Risiko (48)*

Bei allen Klassifikationssystemen ist jedoch zu beachten, dass die Inter- und Intraobserver-Reliabilität nur unzureichend ist (36, 48). Studien konnten ebenfalls zeigen, dass trotz zusätzlicher Einschätzung mittels CT die Reliabilität nicht nennenswert erhöht werden konnte (48). Somit können die Klassifikationssysteme zwar zur Therapieentscheidung und -planung beitragen, jedoch hängt die Prognose von vielen Faktoren wie der Knochenqualität, der Durchblutungssituation, der Stabilität, der Reposition und weiteren Faktoren ab (48).

### **1.4.3. Therapieoptionen**

Zur Versorgung der proximalen Humerusfraktur gibt es vielfältige Therapieoptionen, die zum einen konservative und zum anderen operative Optionen enthalten.

Konservative Behandlungsformen werden aktuell bei nicht oder gering dislozierten Frakturformen empfohlen, welche folgendermaßen definiert werden: Kalottenabkipfung  $< 20^\circ$ , -dislokation  $< 5$  mm, Tuberculadislokation  $< 2$  mm (66). Bei den operativen Verfahren gibt es eine Vielzahl verschiedener Möglichkeiten, zu denen es allerdings keine Richtlinie, sondern eher eine Vielzahl von Empfehlungen gibt. Die operativen Optionen beinhalten: Schraubenosteosynthesen und arthroskopische Suture-bridge-Techniken, minimal invasive Techniken, Plattenosteosynthese, Marknagelung und eine endoprothetische Versorgung in Form von Hemi- oder Totalendoprothesen (36). Für die operative Entscheidung ist es dabei generell wichtig, individuelle, patientenspezifische Faktoren zu berücksichtigen. Dazu gehören Alter, Komorbiditäten, Compliance und der Funktionsanspruch an die Schulter (36, 84). Weitere

wichtige Entscheidungsfaktoren sind neben den individuellen Faktoren der Grad der Dislokation und die Anzahl der Fragmente. Unabhängig vom Alter werden folgende Frakturformen als Indikationen für eine operative Therapie angesehen: Headsplit-Frakturen, offene Frakturen, Luxationsfrakturen, nicht reponierbare Schaftdislokationen  $> 50^\circ$  und pathologische Frakturen (36). Jedoch herrscht bei der Versorgung von dislozierten Drei- bis Vierfragmentfrakturen keine Einigkeit über die Versorgungsart und über die möglichen Osteosyntheseverfahren (16, 36, 51, 57, 88).

Gerade bei der Frage nach der Art der endoprothetischen Versorgung spielen zusätzlich die Erfahrung des Operateurs, die Integrität der Rotatorenmanschette oder der Tubercula und eine begleitende Glenoidfraktur eine entscheidende Rolle (84).

Die inverse Prothese hat sich in den letzten Jahren vor allem bei Patienten über 75 Jahren und insuffizienter Rotatorenmanschette, sowie schlechter Knochenqualität als primäre Versorgungsoption etabliert. Jedoch ist noch nicht klar, ob die inverse Prothese die vielversprechenden kurz- und mittelfristigen Ergebnisse auch langfristig halten kann (84).

Unsere Arbeit liefert weitere wertvolle Informationen über die kurz- und mittelfristigen Ergebnisse der Versorgung mit einer inversen Prothese bei proximalen Humerusfrakturen. Zudem betrachten wir vor allem den Verlauf dieser Ergebnisse, welche Vermutungen für den Verlauf eines längeren Zeitraums zulassen können.

## **2. Methoden**

In diesem Teil werden das Patientenkollektiv sowie das Vorgehen, die Methode und die Erhebungsscores der Untersuchung genauer vorgestellt. Auch das OP-Verfahren und die statistische Auswertung werden beschrieben.

### **2.1. Patientenkollektiv**

#### **2.1.1. Nachuntersuchungszeitraum und -rate**

In dem Zeitraum von Juni 2012 bis Dezember 2016 wurden insgesamt 78 Patienten nach einer Fraktur des proximalen Humerus in der Raphaelsklinik mit einer inversen Prothese versorgt.

Präoperativ wurde ein Röntgenbild der betroffenen Schulter angefertigt und falls möglich der Constant-Score für beide Schultern erhoben.

Die Patienten wurden nach sechs Monaten zur Nachuntersuchung in die Raphaelsklinik einbestellt. Hierbei wurde ein Röntgenbild angefertigt, um den Sitz und die Einheilung der Prothese, eventuelle Lockerungszeichen und die Adaptation der Tubercula zu beurteilen. Zusätzlich wurde bei der Untersuchung der Constant-Score beider Seiten erhoben.

Die zum oben genannten Zeitraum in der Raphaelsklinik operierten Patienten wurden nach mindestens zwölf Monaten erneut kontaktiert und nachuntersucht.

Von Interesse bei der aktuellen Nachuntersuchung waren hierbei die Ergebnisse im zeitlichen Verlauf und die nun aktuellen Ergebnisse der Scoresysteme im Vergleich zu den vorherigen Werten. Zusätzlich wurden bei Einwilligung mittels eines aktuellen Röntgenbildes relevante Parameter beurteilt.

34 Patienten mit 35 Fällen aus dem oben genannten Kollektiv waren bereit, an einer erneuten Untersuchung teilzunehmen. Die Nachuntersuchungen fanden zwischen November 2016 und Dezember 2017 statt. Der Nachuntersuchungszeitraum beträgt im Mittel  $31,5 \pm 11,5$  Monate (Median 29, Minimum 12, Maximum 61) (siehe Tabelle 4). Die Patienten erhielten ihre Prothese zwischen Oktober 2012 und Oktober 2016. Die 34 Patienten stammen aus einem Gesamtkollektiv von 78 Patienten. Dementsprechend liegt ein „loss to follow-up“ von 44 vor. Hierfür gab es verschiedene Gründe. Sieben Patienten war es aus gesundheitlichen Gründen nicht möglich, an der Studie teilzunehmen. Zwölf waren zum aktuellen Zeitpunkt verstorben.

Weitere 16 Patienten konnten nicht erreicht werden und neun Patienten hatten kein Interesse an einer Teilnahme (siehe Tabelle 5).

Bei der Untersuchung erfolgte die Erhebung des Constant-Score und des ASES-Score. Außerdem wurden die Patienten gebeten, ein aktuelles Röntgenbild (nicht älter als zwölf Monate) zur Untersuchung mitzubringen oder nach der Untersuchung anzufertigen und der Praxis zukommen zu lassen. Insgesamt waren 19 Patienten bereit, ein neues Röntgenbild zu machen. 16 war dies leider nicht möglich oder sie wollten aus verschiedenen Gründen kein neues Röntgenbild machen lassen.

In diesem Gesamtkollektiv unterschieden wir zwei verschiedene Gruppen. Zum einen die Patienten, die mit einer Delta Xtend der Firma Depuy versorgt worden sind und Patienten mit einer Univers Revers der Firma Arthrex. Die Nachuntersuchungsrate dieser beiden Gruppen wird im Folgenden beschrieben.

In der Zeit von November 2016 bis November 2017 haben wir 29 Patienten, die mit einer Delta Xtend (Fa. Depuy) versorgt worden sind, nachuntersucht. Hierbei hatten die Patienten eine Prothesenlaufzeit von mindestens 24 Monaten. Die Teilnehmer erhielten ihre Prothese in dem Zeitraum von Juni 2012 bis November 2015. Es ergab sich dabei ein mittleres Follow-Up von 34,6 Monaten (siehe Tabelle 4). Das Gesamtkollektiv hat sich über die Zeit von der präoperativen Untersuchung mit 70 Probanden zu der aktuellen Untersuchung auf 29 Teilnehmer reduziert. Somit liegt ein „loss to follow-up“ von 41 vor. Gründe hierfür waren folgende: Elf Patienten waren zum Zeitpunkt der Kontaktaufnahme verstorben. Sieben konnten aufgrund eines schlechten Gesundheitszustandes nicht an der Untersuchung teilnehmen. Zusätzlich war es bei 15 Patienten trotz mehrfacher Versuche nicht möglich, diese zu erreichen. Zuletzt waren acht Patienten leider nicht bereit, an der Studie teilzunehmen. Gründe hierfür sind ein entfernter Wohnort, der zeitliche Aufwand oder eine eingeschränkte Mobilität (siehe Tabelle 5).

Neben der Delta Xtend (Fa. Depuy) Prothese untersuchten wir Patienten, die mit der Univers Revers der Firma Arthrex versorgt worden sind.

Die Patienten dieser Gruppe wurden in dem Zeitraum von Februar 2016 bis Dezember 2016 in der Raphaelsklinik operiert. In diesem Zeitraum wurden neun Patienten, die unseren Kriterien entsprachen, operiert. Von diesen waren sechs Patienten bereit, an einer Nachuntersuchung in der orthopädischen Praxisklinik teilzunehmen. Somit kommt es zu einem „loss to follow-up“ von drei Probanden. Gründe hierfür waren, dass ein Patient nicht erreicht werden konnte, ein

Patient kein Interesse an einer Teilnahme hatte und ein Patient bereits verstorben war (siehe Tabelle 5). Die Nachuntersuchungen fanden in dem Zeitraum von Oktober 2017 bis April 2018 statt. Die durchschnittliche Zeit von Operation bis Nachuntersuchung liegt in dieser Gruppe bei  $16,5 \pm 3,1$  Monaten (Median 17). Die Mindestzeit liegt bei 12 Monaten und die maximale Zeit bei 20 Monaten (siehe Tabelle 4).

<b>Nachuntersuchungszeitraum</b>			
	Gesamt	Delta Xtend – Fa. Depuy	Uniers Revers – Fa. Arthrex
N	35	29	6
Mittelwert	31,5	34,6	16,5
Median	29	31,0	17
Standardabweichung	11,5	10,1	3,1
Varianz	132,0	101,1	9,5
Minimum	12	23	12
Maximum	61	61	20

*Tabelle 4: Nachuntersuchungszeitraum*

<b>Gründe für die Reduktion des Patientenkollektivs</b>			
	Gesamtkollektiv	Delta Xtend – Fa. Depuy	Uniers Revers – Fa. Arhtrex
Nicht erreicht	16	15	1
Gesundheitliche Gründe	7	7	-
Kein Interesse	9	8	1
Verstorben	12	11	1

*Tabelle 5: Gründe für die Reduktion des Patientenkollektivs*

## **2.1.2. Geschlechts- und Altersverteilung**

In der Gesamtgruppe waren 31 Patienten mit 32 Prothesen weiblich und nur drei Patienten männlich. Das Alter bei der OP betrug insgesamt im Mittel  $77,5 \pm 5,7$  Jahre (Median 78, Minimum 64, Maximum 87). Die Frauen waren bei der Prothesenimplantation im Durchschnitt

77,6 ± 5,9 Jahre alt (Median 78, Minimum 64, Maximum 87). Das Alter der Männer betrug zum Zeitpunkt der OP im Mittel 77 ± 3,5 Jahre (Median 75, Minimum 75, Maximum 81) (siehe Tabelle 6).

In der Gruppe der Delta Xtend (Fa. Depuy) betrug das durchschnittliche Alter der Probanden zum Zeitpunkt der Prothesenimplantation 78 ± 5,6 Jahre (Median 79). Das maximale Alter betrug hierbei 87 Jahre. Der jüngste Patient war bei der Implantation 64 Jahre alt. Von den Probanden waren drei Patienten männlich und 26 weiblich. Der Anteil der Männer lag somit bei 10,3 % und der Anteil der Frauen bei 89,7 %. Das durchschnittliche Alter der Frauen lag bei 78,1 ± 5,8 Jahren (Median 79) und das durchschnittliche Alter der Männer 77 ± 3,5 Jahren (Median 75) (siehe Tabelle 6).

Die Patienten, die mit der Univers Revers (Fa. Arhtrex) versorgt worden sind, waren alle weiblich. Das durchschnittliche Alter der Probanden betrug bei OP 75,2 ± 6,3 Jahre (Median 76). Die jüngste Patientin war bei der Implantation 67 Jahre und die älteste Patientin 85 Jahre alt (siehe Tabelle 6).

Alter bei OP									
	Männer + Frauen			Männer			Frauen		
	GK	DX	UR	GK	DX	UR	GK	DX	UR
Mittelwert	77,5	78	75,2	77	77	-	77,6	78,1	75,2
Median	78	79	76	75	75	-	78	79	76
Standardabweichung	5,7	5,6	6,3	3,5	3,5	-	5,9	5,8	6,3
Varianz	32,4	30,9	39,4	12	12	-	34,7	33,5	39,4
Minimum	64	64	67	75	75	-	64	64	67
Maximum	87	87	85	81	81	-	87	87	85

Tabelle 6: Alter bei OP; GK = Gesamtkollektiv, DX = Delta Xtend (Fa. Depuy), UR = Univers Revers (Fa. Arhtrex)

## **2.2. Datenerhebung**

### **2.2.1. Constant-Score**

Der Constant Score ist eine Methode zur Untersuchung der Schulterfunktion, die unabhängig von der vorliegenden Diagnose ist. Dies gilt allerdings nicht für eine Schulterinstabilität, wie durch Conboy et al. gezeigt wurde (27). Die Methode wurde 1987 von Constant und Murley entwickelt und funktioniert nach einem einfach durchzuführenden System mit einem geringen systematischen Fehler (27). Insgesamt ist es möglich, bei diesem Test 100 Punkte zu erreichen. 65 % dieser Punkte sind objektive und 35 % subjektive Parameter (58).

Der subjektive Teil besteht aus den Punkten Schmerz und Alltagsaktivität. Es können in diesem Teil maximal 35 Punkte erreicht werden. Der Schmerz wird mittels einer Ratingskala von null bis 15 ermittelt. Null bedeutet hierbei, dass der Patient keine Schmerzen hat und wird reziprok mit 15 Punkten vergütet. Dementsprechend ergeben eine Schmerzangabe von 15 null Punkte und beispielsweise eine Schmerzangabe von fünf somit zehn Punkte.

Im Punkt der Alltagsaktivität lassen sich vier verschiedene Kategorien erfassen. Der erste Punkt ist die Arbeitsfähigkeit. Diese wird mit null bis vier Punkten bewertet, wobei null eine schlechte und vier eine gute Arbeitsfähigkeit bedeutet. Durch das höhere Alter der Probanden erfolgte eine Erweiterung des Begriffes der Arbeitsfähigkeit auf Tätigkeiten in Haus und Garten.

Der nächste Punkt ist die Sportfähigkeit. Diese wird ebenfalls mit null bis vier Punkten ermittelt. Auch hier schien eine altersgerechte Erweiterung sinnvoll. Die Sportfähigkeit wurde somit auch Tätigkeiten wie gymnastische Übungen, Schwimmen oder auf Spaziergänge erweitert.

Die Schlaffähigkeit wird mit null bis zwei Punkten bewertet. Mit den genannten Punkten lässt sich somit die alltägliche Schulterfunktion erfassen.

Der letzte der vier Punkte ist die Handreichweite. Eine Reichweite bis zur Gürtellinie entspricht zwei Punkten, bis zum Xiphoid vier Punkten, bis zum Hals sechs Punkten, bis zum Scheitel acht Punkten und über den Kopf zehn Punkten. Dieser Aspekt zielt darauf ab, zu erfassen, in welchen Höhen der Patient Aufgaben vollführen können. Somit steht hier eher das komplexe Zusammenspiel aller Bewegungsebenen und weniger das einzelne Bewegungsausmaß im Vordergrund.

Der objektive Teil besteht aus der Erhebung der Motilität in verschiedenen Ebenen: Hierbei werden die Flexion, Abduktion, Innen- und Außenrotation erfasst. Ein zusätzlicher Teil ist hierbei die Ermittlung der Kraft. Der Proband führt die Bewegungen hierbei selbst, also aktiv, aus. Insgesamt können im objektiven Teil 65 Punkte erreicht werden.

Bei der Flexion und Abduktion erfolgt die Punktevergütung abhängig von der Reichweite, mittels Winkelmesser an der Gradzahl gemessen. Eine Flexion oder Abduktion von 0-30° entspricht null Punkten, 31-60° zwei Punkten, 61-90° vier Punkten, 91-120° sechs Punkten, 121-150° acht Punkten und 151-180° zehn Punkten. Somit können in beiden Bewegungsmaßen maximal je zehn Punkte erreicht werden.

Zur Untersuchung der Außenrotation sind fünf Bewegungsmuster vorgegeben, die jeweils zwei Punkten entsprechen. Der Proband wird aufgefordert, die Hand auf den Scheitel und danach auf den Hinterkopf zu legen. Beide Bewegungen sind jeweils mit Ellenbogen nach vorne und zur Seite durchzuführen. Zusätzlich bedeutet eine uneingeschränkte Überkopfbeweglichkeit ebenfalls zwei Punkte. Für jede ausgeführte Bewegung gibt es zwei Punkte, die nach anschließender Addition maximal zehn Punkte ergeben.

Zur Bewertung der Innenrotation vergibt man ähnlich wie bei der Handreichweite aufsteigend zur entsprechenden Ausführung null bis zehn Punkte in Zweiserschritten. Hierbei erfolgt allerdings nicht wie bei der Außenrotation eine Addition, sondern eine unterschiedliche Bepunktung abhängig, von der erreichten Stufe (Handrücken auf die Außenseite des Oberschenkels: null Punkte, Handrücken auf das Gesäß: zwei Punkte, Handrücken auf den lumbosakralen Übergang: vier Punkte, Handrücken auf der Gürtellinie (LWK 3): sechs Punkte, Handrücken auf den zwölften Rückenwirbel: acht Punkte und Handrücken zwischen den Schulterblättern: zehn Punkte).

Die Bestimmung der Kraft erfolgt mittels einer Federwaage. Hierbei sind in der Literatur zwei verschiedene Messpunkte üblich. Es ist möglich, die Kraftmessung entweder am Handgelenk oder am Deltaansatz durchzuführen. Eine Vergleichbarkeit beider Messpunkte ist dennoch durch die lineare Regression zwischen den Kraftwerten der beiden Punkte möglich ( $MP1 = 2,5 \times MP2$ ;  $MP2 = 0,4 \times MP1$ ) (96). In dieser Studie erfolgte die Messung am Handgelenk, da diese durch die eindeutige Festlegung des Messpunktes leichter zu reproduzieren ist und es somit seltener zu Variationen des Lastarms führt (96). Dementsprechend ist zur Kraftbestimmung die Federwaage mit Schlaufe am Handgelenk der Probanden angebracht. Der stehende Patient hält den gestreckten Arm mit 90° Abduktion in Skapulaebene. Die Federwaage hängt senkrecht zum Arm nach unten. Der Untersucher wirkt nun durch Zug nach unten Kraft auf den Arm aus.

Sobald der Proband nicht mehr in der Lage ist, ausreichend Kraft aufzubringen, um den Arm in der beschriebenen Position zu halten, ist die Kraftmessung beendet. Maximal können bei dieser Messung 25 Punkte erreicht werden. Ein Punkt entspricht dabei einem britischen Pfund, also 0,45 kg.

Da der Constant-Score geschlechts- und altersabhängigen Faktoren unterliegt, haben wir in unserer Arbeit ebenfalls den relativen Constant-Score berechnet. Dabei verwendeten wir das in folgender Tabelle dargestellte Referenzkollektiv nach Constant et al. (siehe Tabelle 7) (28). Somit können die Ergebnisse im Verhältnis zur durchschnittlichen Schulterfunktion der Normalbevölkerung betrachtet werden.

<b>Relativer Constant-Score</b>				
Altersgruppe	Männlich		Weiblich	
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
21 – 30 J.	98	4,2	97	4,7
31 – 40 J.	93	3,4	90	4,1
41 – 50 J.	92	3,6	80	3,8
51 – 60 J.	90	3,1	73	2,8
61 – 70 J.	83	4,2	70	4,0
71 – 80 J.	75	3,6	69	3,9
81 – 90 J.	66	3,1	64	2,9
91 – 100 J.	56	4,3	52	5,1

*Tabelle 7: Referenzkollektiv zur Berechnung der relativen Constant-Scores nach Constant et al. (28); SD=Standardabweichung*

## **2.2.2. ASES-Score**

Der ASES-Score wurde 1993 von der Society of the American Shoulder and Elbow Surgeons als standardisiertes Mittel zu Bewertung der Schulterfunktion entwickelt (58). Auch dieser Test ist wie der Constant-Score unabhängig von der vorliegenden Erkrankung.

Der eigentliche Test besteht aus einem untersucherabhängigen Teil und einem Teil, den der Patient eigenständig ausfüllt. In unserer Studie verwendeten wir hierbei den rein subjektiven Teil, da eine objektive Prüfung von Bewegungsausmaß und Kraft bereits im Constant-Score abgedeckt ist. Dieser objektive Teil wird zudem nicht mit einem Score bewertet und hat somit

keinen Einfluss auf den Gesamt-Score (58).

Der Test besteht aus drei Punkten. Diese sind der Schmerz in der betroffenen Schulter, die Instabilität und die Frage nach der Bewältigung von Alltagsaktivitäten (ADL).

Die Bewertung des Schmerzes erfolgt mittels einer Skala von null bis zehn Punkten. Null bedeutet kein Schmerz und zehn ein sehr starker Schmerz. Weitere Fragen an den Probanden sind, ob nachts Schmerzen in der Schulter auftreten und ob narkotisierende oder nicht narkotisierende Medikamente eingenommen werden und wenn ja, in welcher Menge. Die zuletzt genannten Punkte gehen allerdings nicht in den Gesamt-Score ein.

Zusätzlich sollen die Patienten die Stabilität der mit der Prothese versorgten Schulter beurteilen. Die Bewertung dieser erfolgt ebenfalls mit einer Skala von null bis zehn Punkten, wobei ein hoher Wert eine hohe Instabilität bedeutet. Auch der Faktor der Instabilität geht nicht in die Wertung des Gesamt-Scores mit ein.

Im letzten Teil erfolgt die Befragung der Probanden zu alltäglichen Aktivitäten. Dabei handelt es sich um zehn verschiedene Alltagsaktivitäten wie Rücken waschen, ein hohes Regal erreichen und einen Mantel anziehen. Die Probanden haben die Möglichkeit, diese mit Punkten von null bis drei zu bewerten. Null Punkte bedeuten, dass die Aktivität nicht ausführbar ist, ein Punkt, dass die Aktivität nur sehr schwer ausführbar ist, zwei Punkte, dass diese mit leichten Schwierigkeiten verbunden ist und drei, dass sie leicht durchzuführen ist. Für diesen Teil erfolgt die Befragung für beide Schultern, wobei nur die Punkte der betroffenen Seite in den Gesamt-Score mit eingehen (siehe Anhang).

Der Teil der Schmerzangabe und die ADL nehmen im Gesamt-Score jeweils 50 % ein. Absolut sind im Schmerzteil jedoch maximal zehn Punkte und im ADL-Teil maximal 30 Punkte erreichbar. Um eine gleichwertige Verteilung zu erreichen, wird der erste Teil mit fünf multipliziert und der zweite Teil mit 5/3, welches in folgender Formel zusammengefasst ist:  
$$[(10\text{-Visuelle Schmerzskala}) \times 5] + [(5/3) \times \text{ADL Score}] = \text{Gesamt-Score.}$$

### **2.2.3. Röntgenaufnahmen**

Die Teilnehmer der Studie wurden nach ausführlicher Aufklärung über eine Durchführung einer Röntgenuntersuchung gebeten, ein aktuelles Röntgenbild bei ihrem Hausarzt oder Orthopäden anfertigen zu lassen. Wenn innerhalb der letzten zwölf Monate bereits ein Röntgenbild von der

betroffenen Schulter gemacht worden war, konnten die Probanden auch dieses für unsere Untersuchung zur Verfügung stellen.

In den aktuellen Aufnahmen wurden Skapula-Notching, die Einheilung der Tubercula und Lockerungszeichen beurteilt. Außerdem wurden diese Bilder mit den vorherigen Bildern verglichen und Veränderungen zu diesen beurteilt.

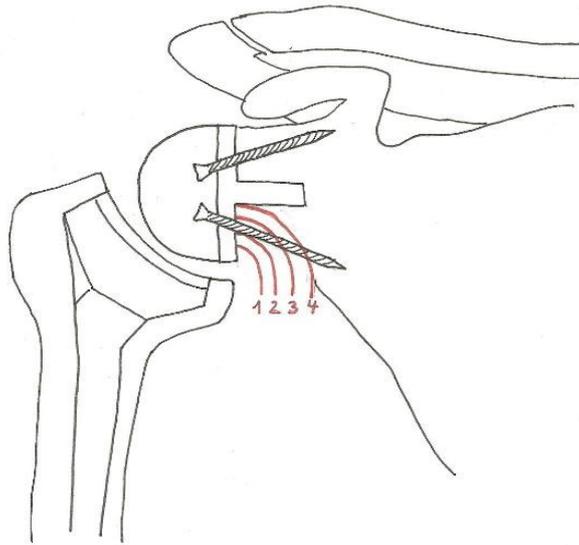
Insgesamt standen uns zur Auswertung 19 Röntgenbilder nach mehr als 12 Monaten zur Verfügung. 16 Patienten wollten oder konnten aus verschiedenen Gründen kein neues Röntgenbild anfertigen lassen. Zum postoperativen Zeitpunkt lagen uns 34 Röntgenbilder von 35 Schultern vor und nach circa sechs Monaten 27 Röntgenbilder.

### **2.2.3.1. Skapula-Notching**

Wie oben beschrieben handelt es sich beim Skapula-Notching um ein häufiges Problem bei der Versorgung mit inversen Prothesen.

Die Beurteilung des Skapula-Notching wird anhand eines Röntgenbilds in AP-Aufnahme durchgeführt. Die Einteilung erfolgt anhand der Klassifikation von Sirveaux et al. (93). Bei Grad eins handelt es sich lediglich um einen Defekt, der sich nur auf den Sockel des Skapulahalses begrenzt. Eine Ausweitung des Defekts bis auf die untere Schraube der Basisplatte wird durch Typ 2 beschrieben. Typ 3 des Skapula-Notching beschreibt die Ausdehnung des Defekts über die untere Schraube hinaus. Bei der vierten Stufe erreicht der Defekt die zentrale Schraube der Basisplatte (siehe Abbildung 4).

Der Einfluss des Skapula-Notching auf das klinische Outcome wird in der Literatur kontrovers diskutiert und verschiedene Ergebnisse über den Einfluss liegen vor (65, 77, 81), weshalb das Skapula-Notching auch eher als Problem und weniger als wirkliche Komplikation anzusehen ist.



*Abbildung 4: Skapula-Notching*

## **2.2.4. Nachuntersuchung**

Alle Patienten wurden detailliert über Ablauf, Ziele und Nutzen der Studie aufgeklärt. Auch Risiken, die jedoch nur durch eine Röntgenaufnahme entstehen konnten, wurden ausführlich erläutert. Nach Vorstellung der nötigen Informationen hatten die Patienten zusätzlich ausreichend Zeit, Fragen zu stellen und eventuelle Unklarheiten zu beseitigen. Nach Unterzeichnung der Einwilligung zur Studienteilnahme wurden der Constant- und ASES-Score gemeinsam mit dem Probanden erhoben. Dafür beantworteten die Probanden einen Fragebogen. Sie schätzten selbstständig die jeweiligen Situationen ein und bestimmten eigenständig den jeweiligen Punktwert. Der Untersucher hatte hierbei nur eine erklärende Funktion. Zur Erhebung des Bewegungsausmaßes der beiden Schultern wurden dem Patienten die Bewegungen vorgemacht, woraufhin der Patient diese dann selber durchführte. Die Untersuchung wurde stets vom selben Untersucher durchgeführt, um eine möglichst hohe Reliabilität in diesem Punkt zu erreichen.

## 2.3. Operationstechnik

Für die Implantation der inversen Prothese werden die Patienten in einer flachen Beach-Chair-Lagerung gelagert und anschließend nach mehrfachem Jodieren steril abgedeckt. Als Zugangswege stehen verschiedene Optionen zu Verfügung. Diese sind zum einen der deltoideopektorale Zugang und zum anderen der antero-superiore Delta-Split-Zugang. Der Standardzugang in unserer Studie ist der deltoideopektorale Zugang (siehe Abbildung 5), welcher einige Vorteile bietet. Beispielsweise ist es durch diesen Zugang leichter, ein Kapselrelease durchzuführen oder die periartikuläre Muskulatur zu lösen, um vor allem bei Erkrankungen, die mit einer eingeschränkten, passiven Beweglichkeit

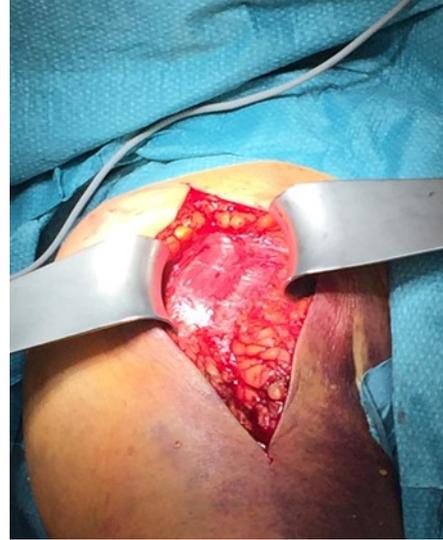


Abbildung 5: Zugang

des Schultergelenks einhergehen, einen guten Überblick zu erhalten. Außerdem ist es möglich den N. Axillaris gut darzustellen und dementsprechend zu schonen (52).

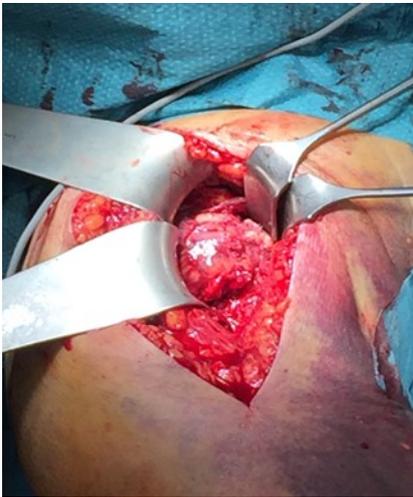


Abbildung 6: Darstellung der Humeruskopffraktur

Für den Zugang wird ein Schnitt circa einen Zentimeter lateral des Processus coracoideus begonnen und dann etwa 10 cm in Richtung des Humerusschaftes fortgesetzt. Nach Koagulation oberflächlicher Gefäße wird der Sulcus deltoideopectoralis mit der V. cephalica aufgesucht.

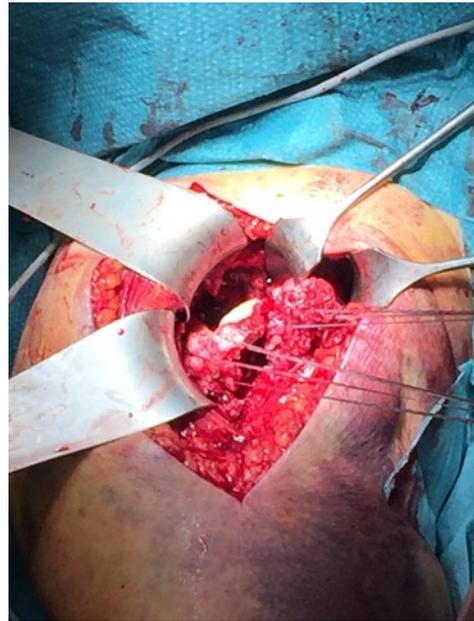
Der Sulcus wird im Folgenden von proximal nach distal stumpf eröffnet und die Vene dabei nach lateral gelagert. Nach Einbringen von Langenbeck-Haken erfolgt ein Release der Bursa subacromialis und subdeltoidea. In Fraktursituationen liegt außerdem meist ein traumabedingtes Hämatom vor, welches ausgeräumt werden muss. Anschließend kann der Humeruskopf lateral

der Sehnen des Mm. biceps brachii und coracobrachialis dargestellt werden (siehe Abbildung 6).

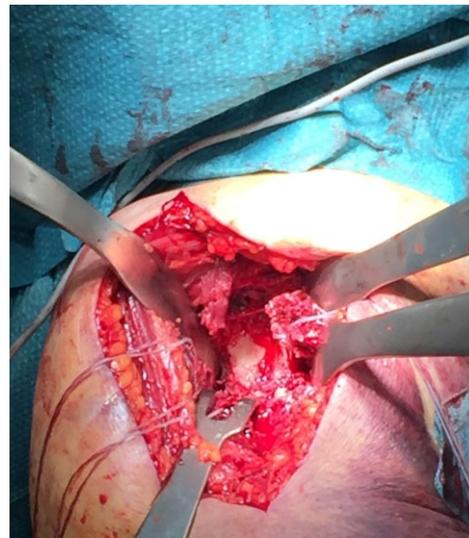
In dieser Phase ist es wichtig, den N. axillaris aufzusuchen und korrekt darzustellen. Dieser wird bei weiteren Präparationen mit einem Homann- oder Langenbeck-Haken zum Schutz vorsichtig zur Seite gehalten, um eine Schädigung zu vermeiden.

Im nächsten Schritt folgt die Durchführung einer Tenotomie der langen Bizepssehne. Der Verlauf der Bizepssehne kann beim Aufsuchen der Tubercula hilfreich sein. Als nächstes wird die vorliegende Fraktur beurteilt und versucht die einzelnen Fragmente darzustellen. Sowohl das Tuberculum minus als auch das Tuberculum majus müssen hierbei aufgesucht werden. Sobald dies geschehen ist, wird beurteilt, ob eine Refixierung dieser möglich ist, oder ob aufgrund verschiedener Faktoren wie

beispielsweise der Knochenqualität oder der Größe der Fragmente eine Refixierung nicht sinnvoll erscheint. Wird sich für eine Refixierung entschieden, müssen die Anteile mobilisiert werden. Hierfür werden die Tubercula osteotomiert. Dabei ist es wichtig, dass die entstehenden Tubercula ausreichend Knochensubstanz besitzen, damit später eine adäquate Refixierung möglich ist. Die Tubercula werden daraufhin mit den entsprechenden Anteilen der Rotatorenmanschette mobilisiert und anschließend mit nicht-resorbierbaren Fäden angeschlungen (siehe Abbildung 7). Dadurch ist der Blick auf weitere Frakturfragmente und den Humerusschaft möglich. Ist dies geschehen, folgt als nächstes das Aufsuchen und Entfernen der Humeruskalotte. Aus dieser kann bei Bedarf Spongiosa entnommen werden, um damit später eventuelle Lücken zwischen den Tubercula und dem Schaft zu füllen. Im nächsten Schritt folgt die Darstellung der Gelenkpfanne (siehe Abbildung 8). Dafür werden mehrere Homann-Haken eingebracht, um eine gute Übersicht zu erlangen. Als nächstes wird



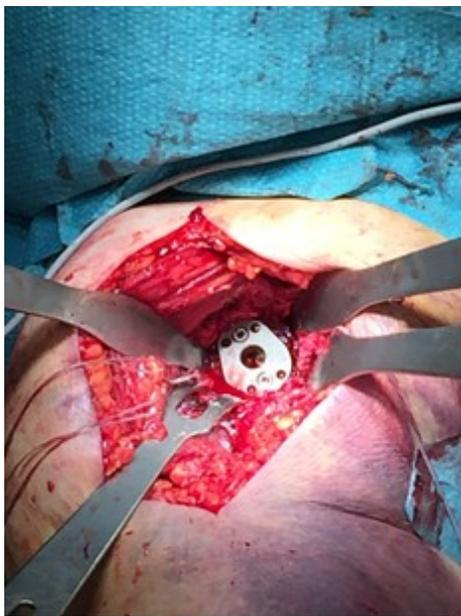
*Abbildung 7: Anschlagung der Tubercula*



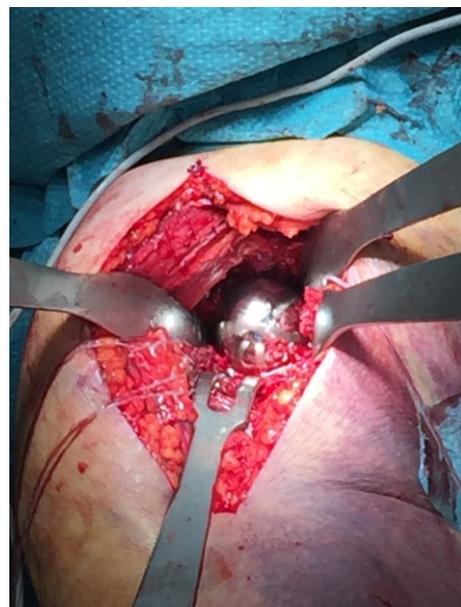
*Abbildung 8: Darstellung der Gelenkpfanne*

die Subscapularissehne von der Kapsel gelöst, das Labrum wird reseziert. Kaudal wird die inferiore Kapsel gelöst und die Trizepssehne eingekerbt. Bei dieser Präparation ist es wichtig, den N. axillaris darzustellen und mithilfe eines Homann-Hakens zur Seite zu halten, da der Nerv sehr nah an der inferioren Kapsel verläuft.

Nachdem die Pfanne optimal dargestellt wurde, wird zentral ein K-Draht eingebracht. Dabei muss beachtet werden, dass dieser sicher im Knochen zu liegen kommt und in Richtung des Glenoidhalses liegt. Zusätzlich sollte streng horizontal oder gegebenenfalls mit einem Anstieg von 5° gebohrt werden. Des Weiteren sollte durch die Positionierung des K-Drahtes eine ausreichend inferiore Position der Glenosphäre erreicht werden. Diese Position trägt zur Minimierung des inferioren Notching/Skapula-Notching bei. Anschließend folgt über den liegenden K-Draht eine Bohrung für den Zapfen der Basisplatte. Daraufhin wird über den gleichen Draht die Pfanne angefräst. Nun wird die Basisplatte in das vorbereitete Glenoid eingeschlagen und mittels zwei oder mehr Schrauben fixiert (siehe Abbildung 9). Auf der Basisplatte selbst wird dann die Glenosphäre fixiert (siehe Abbildung 10), welche in verschiedenen Größen und auch Ausrichtungen verfügbar sind. Diese werden abhängig von der Anatomie der Schulter ausgewählt.

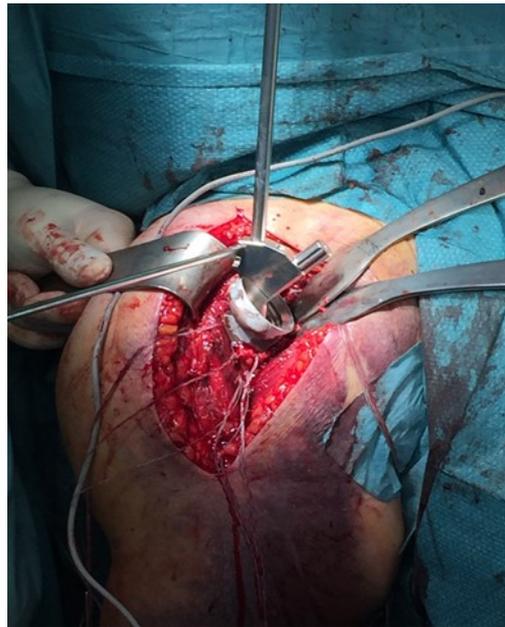


*Abbildung 10: Basisplatte*



*Abbildung 9: Glenosphäre*

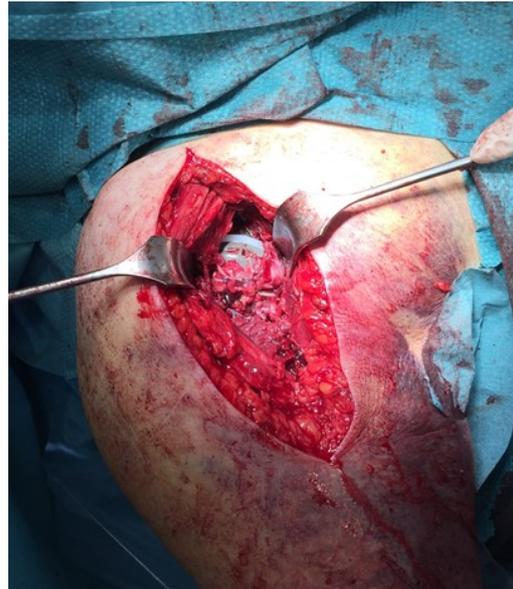
Nach diesen Schritten folgt die weitere Präparation des Humerus. Dafür wird der Humerus erneut in die vorherige Position luxiert. Daraufhin folgt das Ausfräsen des Markraumes mit Formraspeln in aufsteigender Größe. Dies wird so lange gemacht, bis die richtige Größe des Formraspeln erreicht ist. Dabei wird in der Regel eine Retroversion zwischen 0 und 20° eingestellt, die anhand des Unterarms bestimmt wird (siehe Abbildung 11). Die Einstellung der Prothese erfolgt mithilfe eines Zielinstrumentariums, welches in Abbildung 11 zu sehen ist. Mit dem Probeschaft wird eine Probereposition durchgeführt, um die Höhe der Schaftkomponente zu prüfen. Als nächstes werden für die Refixation der Tubercula zwei Löcher lateral in den Humerusschaft gebohrt. Anschließend wird der Originalschaft implantiert. Hierbei gibt es bei vielen Modellen die Möglichkeit, mit oder ohne Zement zu arbeiten. Bei schweren Frakturformen kann es sich dabei durchaus anbieten, Zement zu verwenden, da durch fehlende Knochenelemente oft wichtige fixierende Strukturen fehlen. Ist dies geschehen, wird ein Probeinlay in den humeralen Teil eingelegt, um das passende Inlay zu finden. Die Inlays werden in verschiedenen Höhen und Ausrichtungen angeboten. Während der Probereposition wird der Arm in verschiedene Richtungen durchbewegt, um den optimalen Sitz der Prothese zu überprüfen und gegebenenfalls ein anderes Inlay zu verwenden. Hierbei ist außerdem auch auf die Spannung des Deltamuskels und der zusammengehörigen Sehnen zu achten, welche für die Funktion der inversen Prothese entscheidend ist. Nachdem das passende Inlay ausgewählt wurde, wird dieses im Original eingebaut und die Prothese final reponiert.



*Abbildung 11: Einstellung der Prothese*

Die armierten Tubercula können nun mittels der Fäden an der Prothese und am Humerus befestigt werden. Hierfür liegen in den meisten Prothesenmodellen extra kleine Löcher vor, um dort die Fäden durchzuführen. Die Fäden, die durch die Löcher am Humerusschaft geführt wurden, müssen gegebenenfalls vor Einbau der finalen Prothese durch die Löcher der Prothese geführt werden. Insgesamt ist auf den richtigen Verlauf der Fäden zu achten, damit die Tubercula schlussendlich an der richtigen Position zu liegen kommen. Gegebenenfalls können die Tubercula mit der zuvor gewonnenen Spongiosa unterfüttert werden. Die Fäden werden mit

mehreren Knoten gesichert (siehe Abbildung 12). Bei den verwendeten Fäden handelt es sich um die Orhtocordfäden der Firma Depuy, die teilweise resorbierbar sind. Wenn keine Refixierung der Tubercula möglich ist, entfällt dieser Schritt. Nach Refixierung der Tubercula wird die Schulter erneut durchbewegt und die Fixierung der Tubercula beurteilt. Anschließend wird nach einer Drainageeinlage die Wunde verschlossen und mit einem Verband versorgt.



*Abbildung 12: reponierte Prothese*

Der Arm wird im Anschluss an die Operation mit einer Orthese in Funktionsstellung mit leichter Abduktion und Neutralrotation gelagert. Das Tragen der Orthese ist in der Regel drei Wochen nach der Operation nötig. Zum Therapieregime der Nachbehandlung gehören in den ersten drei Wochen Lymphdrainage, Kältetherapie und Mobilisation. Ab der vierten Woche wird mit einer aktiv-assistierten Mobilisation begonnen. Hierbei sollen die Bewegungsausmaße der Flexion und Abduktion auf  $90^\circ$  und das der Außenrotation auf  $0^\circ$  beschränkt werden. Ab der siebten Woche kann mit einer freien Mobilisation begonnen werden. Ziel ist eine freie Beweglichkeit in allen Ebenen. In der darauffolgenden Zeit werden die Bewegungsausmaße weiter trainiert. Vor allem eine weitere Optimierung der Kraftentwicklung und Koordination des Deltamuskels haben hier Priorität. Zusätzlich wird die Ausübung alltäglicher Aufgaben, wie sie auch im Constant-Score erhoben werden, trainiert, um eine möglichst schnelle Wiedereingliederung in den Alltag zu ermöglichen (52).

## **2.4. Statistische Datenauswertung**

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mit dem Programm SPSS (Version 25) der Softwarefirma IBM. Die Daten wurden auf Normalverteilung getestet. Hierbei wurden die Histogramme betrachtet, die Schiefe und Kurtosis erhoben und zusätzlich der Kolmogorov-Smirnov-Test und der Shapiro-Wilk-Test durchgeführt. Nach Betrachtung aller relevanten Merkmale und Einbeziehen der jeweiligen Stichprobengröße wurde über die Verwendung der

Tests entschieden. Die Hypothese wird mittels Wilcoxon-Test für nicht normalverteilte, verbundene Daten, mit einem zweiseitigen Signifikanzniveau von 5 % und einer Power von 80 % geprüft. Bei nichtnormalverteilten, unverbundenen Gruppen wurde der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt.

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Constant-Score

Der Constant-Score kann wie oben beschrieben absolut oder relativ angegeben werden. Um den relativen Constant-Score zu ermitteln, wird der absolute Constant-Score mit der entsprechenden Alters- und Geschlechtsgruppe in Beziehung gesetzt. In dieser Arbeit haben wir das von Constant et al. (28) erhobene Referenzkollektiv verwendet. Durch den Vergleich des absoluten Constant-Scores mit der entsprechenden Vergleichsgruppe ergibt sich der alters- und geschlechtsadaptierte Score (AES).

Für eine qualitative Übersicht und weitere Einordnung der Ergebnisse des absoluten Constant-Scores haben wir die Punkte des Scores entsprechend der Studie von Tingart et al. eingeteilt (> 89 „sehr gut“, 89-80 „gut“, 79-70 „befriedigend“, < 70 „schlecht“) (97).

#### 3.1.1. Gesamt-Score

Das gesamte Patientenkollektiv erreichte im Mittel einen Constant-Score von  $62,1 \pm 16,1$  Punkten (Median 65). Mit einem Maximum von 83 Punkten und einem Minimum von 29 Punkten (siehe Abbildung 13 und Tabelle 8).

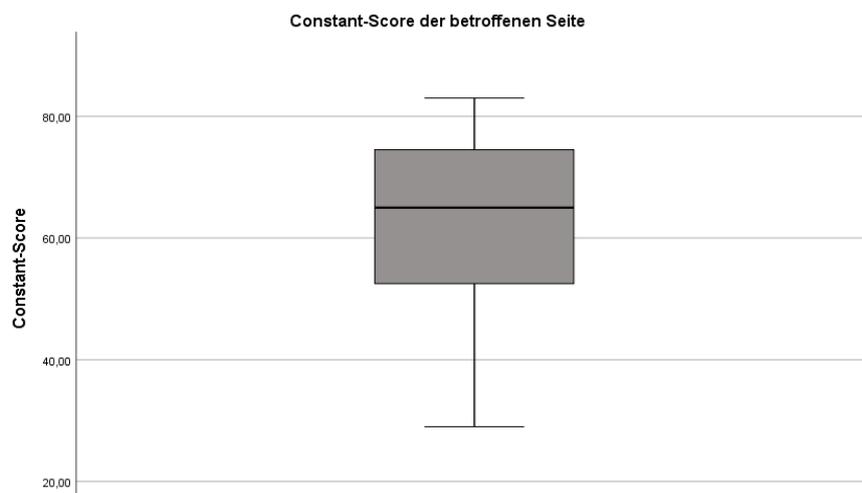


Abbildung 13: Constant-Score der betroffenen Seite

Auf der Gegenseite erreicht das Kollektiv durchschnittlich  $75,6 \pm 11,4$  Punkte (Median 80) mit einem Minimum von 43 Punkten und einem Maximum von 91 Punkten (siehe Tabelle 8 und Abbildung 14).

In Bezug auf die Gegenseite waren auch hier zum Teil Erkrankungen bekannt, die womöglich einen Einfluss auf die Werte haben könnten. Insgesamt war bei 10 der 34 Probanden eine Erkrankung oder Verletzung der Gegenseite bekannt.

<b>Absoluter Constant-Score</b>		
	Betroffene Seite	Gegenseite
N	35	35
Mittelwert	62,2	75,7
Median	65	80
Standardabweichung	16,2	11,4
Varianz	261,5	130,5
Minimum	29	43
Maximum	83	91

Tabelle 8: absoluter Constant-Score

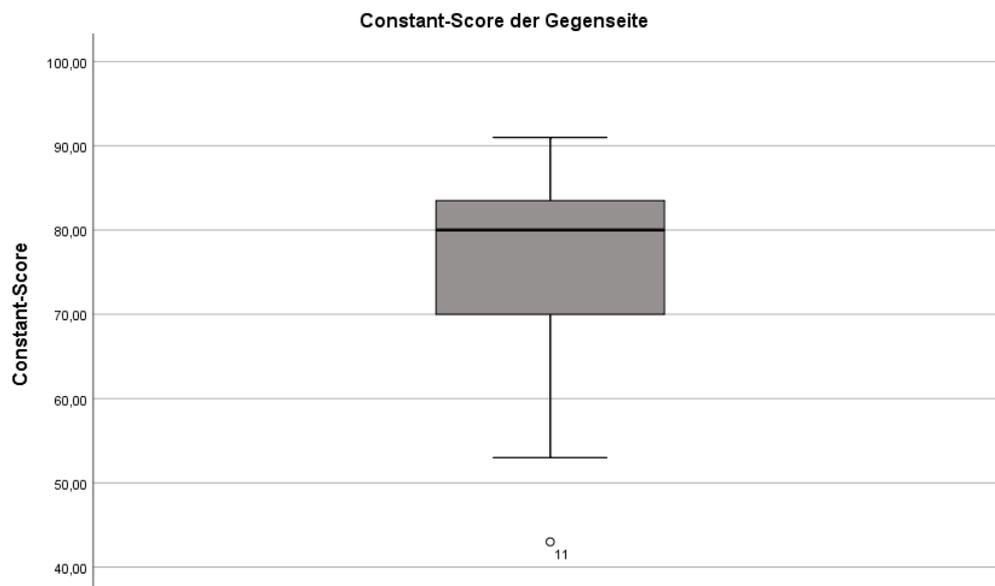


Abbildung 14: Constant-Score der Gegenseite

Der relative Constant-Score für die betroffene Seite betrug im Mittel  $92,8 \% \pm 23,6 \%$  (Median 101,4 %, Minimum 42,0 %, Maximum 128,1 %). Für die Gegenseite lagen die Werte bei 113,2

$\% \pm 17,8 \%$  (Median 118,8 %, Minimum 57,3 %, Maximum 135,9 %) (siehe Tabelle 9).

<b>Relativer Constant-Score</b>		
	Betroffene Seite (%)	Gegenseite (%)
N	35	35
Mittelwert	92,9	113,3
Median	101,4	118,8
Standardabweichung	23,6	17,9
Varianz	555,0	391,1
Minimum	42,0	57,3
Maximum	128,1	135,9

Tabelle 9: Relativer Constant-Score

### 3.1.2. Schmerz

Wie im Methodenteil beschrieben wurden die Schmerzen anhand einer Skala von null bis 15 Punkten erfasst und die Punkte zur Auswertung jeweils reziprok dazu vergeben. 15 Punkte bedeuten also eine Schmerzangabe von null und null Punkte eine Schmerzangabe von 15.

Beim Gesamtkollektiv wurden durchschnittlich  $12,5 \pm 3,1$  Punkte (Median 15) erreicht. Dies entspricht also einer durchschnittlichen Schmerzangabe von 2,5. Das Minimum betrug 7 Punkte und das Maximum 15 Punkte (siehe Tabelle 10).

<b>Schmerz Angabe in Punkten</b>	
N	35
Mittelwert	12,5
Median	15
Standardabweichung	3,1
Varianz	9,5
Minimum	7
Maximum	15

Tabelle 10: Constant-Score: Schmerz

### 3.1.3. Alltagsaktivitäten

Die Alltagsaktivitäten wurden in Form von vier Bereichen abgefragt: Arbeitsfähigkeit, Freizeit- und Sportfähigkeit, Schlaffähigkeit und Handreichweite. Die Punkte wurden entsprechend dem Alter der Probanden angepasst. Dies heißt beispielsweise, dass die Arbeitsfähigkeit eher mit Arbeit im Haushalt oder Ähnlichem gleichgesetzt wurde.

Alltagsaktivitäten				
	Arbeitsfähigkeit (0-4 Punkte)	Freizeit- und Sportfähigkeit (0-4 Punkte)	Schlaffähigkeit (0-2 Punkte)	Handreichweite (0-10 Punkte)
N	35	35	35	35
Mittelwert	2,6	2,5	1,2	9,3
Standardabweichung	1,1	1,2	0,8	1,2

Tabelle 11: Constant-Score: Alltagsaktivitäten gesamt

Im Bereich der Arbeitsfähigkeit wurden im Mittel  $2,6 \pm 1,1$  von vier möglichen Punkten angegeben. Kein Patient musste hierbei eine Unfähigkeit der Arbeitsfähigkeit angeben.

Für den Bereich Freizeit- und Sportfähigkeit lagen die Punkte im Mittel bei  $2,5 \pm 1,2$  Punkten. Hierbei gaben die meisten Probanden (11 Probanden) zwei Punkte an. Zwei Patienten gaben sogar an, keinen Sport mehr machen zu können beziehungsweise bei Freizeit und Sportaktivitäten sehr stark eingeschränkt zu sein. Acht Probanden gaben an, keinerlei Einschränkungen zu haben.

Bei dem Punkt der Schlaffähigkeit konnten die Patienten null bis zwei Punkte vergeben. Im Durchschnitt lagen die Angaben hier bei  $1,2 \pm 0,8$  Punkten für die betroffene Seite. Neun Probanden gaben an, nicht auf der betroffenen Seite schlafen zu können. Weitere neun hatten Probleme beim Schlafen auf der betroffenen Schulter. Die Mehrheit der Probanden (17 Probanden) gaben an, keine Probleme zu haben.

Im letzten Punkt der Alltagsaktivitäten wurde die Handreichweite des betroffenen Armes geprüft. Hierbei konnten wie oben beschrieben die Punkte Gürtellinie (2 Punkte), Xiphoid (4 Punkte), Hals (6 Punkte), Scheitel (8 Punkte) und über Kopf (10 Punkte) gewählt werden. Im

Mittel erreichten die Probanden  $9,3 \pm 1,2$  Punkte. Eine Handreichweite bis über den Kopf wurde hierbei von 25 Probanden erreicht. Acht Probanden hatten eine Handreichweite bis zum Scheitel und zwei Probanden lediglich bis zum Hals. Kein Proband erreichte schlechtere Werte (siehe Tabelle 11).

Insgesamt konnten bei den Alltagsaktivitäten 20 Punkte erreicht werden. Das Kollektiv erreichte hierbei  $15,7 \pm 3,6$  Punkte (Minimum 8, Maximum 20) (siehe Tabelle 12).

<b>Alltagsaktivitäten gesamt</b>	
N	35
Mittelwert	15,7
Standardabweichung	3,6
Minimum	8
Maximum	20

Tabelle 12: Constant-Score: Alltagsaktivitäten gesamt

### 3.1.4. Motilität

Im Bereich der Mobilität wurden ebenfalls vier Bereiche geprüft: Flexion, Abduktion, Außenrotation und Innenrotation. Die Patienten wurden gebeten, diese Bewegungen aktiv und ohne Schmerzen auszuführen.

<b>Motilität</b>				
	Flexion (0-10 Punkte /0-180°)	Abduktion (0-10 Punkte/ 0-180°)	Außenrotation (0-10 Punkte)	Innenrotation (0-10 Punkte)
N	35	35	35	35
Mittelwert	8,1/143,7°	7,0/125,3°	7,1	5,7
Standardabweichung	2,2/37,0°	2,2/35,3°	3,0	2,9
Minimum	4/70°	4/75°	0	0
Maximum	10/180°	10/180°	10	10

Tabelle 13: Constant-Score: Motilität

Bei der Flexion konnten wie oben beschrieben null bis zehn Punkte erreicht werden, welche anhand des Bewegungsausmaßes bestimmt wurden. Die Probanden erreichten bei der Flexion durchschnittlich  $8,2 \pm 2,2$  Punkte (Median 10, Minimum 4, Maximum 10). Formuliert als Gradzahl erreichten die Probanden im Mittel  $143,7^\circ \pm 37,0^\circ$  (Median  $160^\circ$ ). Das Minimum lag bei  $70^\circ$  und das Maximum bei  $180^\circ$ . Auf der Gegenseite betragen diese Werte  $163^\circ \pm 19,68^\circ$  (Median  $180^\circ$ ) mit einem Minimum von  $80^\circ$  und einem Maximum von  $180^\circ$ .

Bei der Abduktion erreichten die Probanden im Schnitt  $7,0 \pm 2,2$  Punkte (Median 8, Minimum 4, Maximum 10). Hier wurden die Punkte ebenfalls genau wie bei der Flexion bestimmt. Ausgedrückt in der Gradzahl erreichten die Probanden durchschnittlich  $125,3^\circ \pm 35,3^\circ$  (Median  $125^\circ$ ) mit einem Minimum von  $75^\circ$  und einem Maximum von  $180^\circ$ . Auf der Gegenseite betragen die Werte  $157,9^\circ \pm 40,3^\circ$  (Median  $180^\circ$ , Minimum  $20^\circ$ , Maximum  $180^\circ$ ).

Der dritte Punkt der Motilität war die Prüfung der Außenrotation. Hier wurden für jede durchführbare Bewegung zwei Punkte vergeben, die dann addiert wurden. Insgesamt konnten hierbei zehn Punkte erreicht werden. Das Kollektiv erreichte hierbei durchschnittlich  $7,1 \pm 3,0$  Punkte (Median 8, Minimum 0, Maximum 10).

Der letzte Punkt der Motilität war die Innenrotation. Hierbei wurden aufsteigend null bis zehn Punkte in Zwischenschritten für eine durchgeführte Bewegung vergeben. Es wurden im Mittel  $5,7 \pm 2,9$  Punkte erreicht (Median 6, Minimum 0, Maximum 10). Damit liegt der Mittelwert zwischen vier Punkten, was „Handrücken auf lumbosakralen Übergang“ entspricht und sechs Punkten, welche für „Handrücken auf Gürtellinie (3. LWK)“ stehen (siehe Tabelle 13).

### **3.1.5. Kraft**

Der letzte Punkt des Constant-Score war die Kraftbestimmung. Diese wurde wie oben beschreiben durchgeführt. Ein Punkt entspricht hierbei einem Pfund, also 0,45 kg. Der Mittelwert des Kollektivs lag hierbei bei  $6,0 \pm 3,0$  Punkten, was 2,7 kg entspricht (Median 6). Das Minimum lag bei einem Punkt, also 0,45 kg und das Maximum bei 14 Punkten und entsprechend 6,3 kg (siehe Tabelle 14).

<b>Kraft</b> Angabe in Punkten	
N	35
Mittelwert	6,0
Standardabweichung	3,0
Minimum	1
Maximum	14

Tabelle 14: Constant-Score: Kraft

### 3.1.6. Scorebasierte Auswertung

Wie bereits erwähnt wurde der Constant-Score für eine qualitative Auswertung nach folgenden Kriterien aufgeteilt: > 89 „sehr gut“, 89-80 „gut“, 79-70 „befriedigend“, < 70 „schlecht“. Dabei zeigte sich, dass fünf Patienten einen guten Wert erreichten, neun einen befriedigenden Wert und 21 Patienten einen schlechten Wert (siehe Tabelle 15). Für die scorebasierte Auswertung verwendeten wir den absoluten Constant-Score.

<b>Scorebasierte Auswertung</b>	
	Absoluter Constant Score
Sehr gut	-
Gut	5
Befriedigend	9
Schlecht	21

Tabelle 15: Constant-Score: scorebasierte Auswertung

### 3.1.7. Auswertung nach Geschlecht

Der Constant-Score wurde ebenfalls in Bezug auf das Geschlecht betrachtet. Der Constant-Score der weiblichen Probanden lag im Mittel bei  $61,4 \pm 16,5$  Punkten (Median 65, Minimum 29, Maximum 83). Die männlichen Probanden erreichten im Mittel  $70 \pm 12,1$  Punkte (Median 68, Minimum 59, Maximum 83) (siehe Tabelle 16 und Abbildung 15). Eine Signifikanztestung in Bezug auf das Geschlecht war aufgrund der kleinen Gruppe der männlichen Probanden nicht möglich.

Constant-Score: Auswertung nach Geschlecht		
	Weiblich	Männlich
N	32	3
Mittelwert	61,4	70
Median	65	68
Standardabweichung	16,5	12,1
Varianz	270,8	147
Minimum	29	59
Maximum	83	83

Tabelle 16: Constant-Score: Auswertung nach Geschlecht

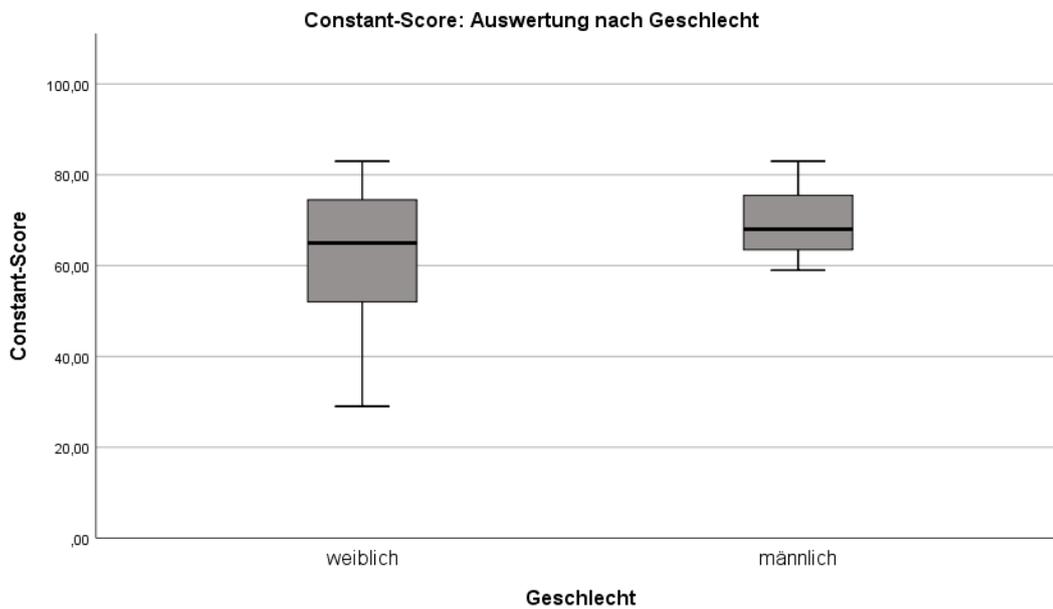


Abbildung 15: Constant-Score: Auswertung nach Geschlecht

### 3.1.8. Auswertung nach Alter

Die Probanden wurden abhängig vom Alter in zwei verschiedene Gruppen eingeteilt. Hierbei beinhaltet Gruppe eins alle Patienten, die 77 Jahre oder jünger sind. Gruppe zwei umfasst alle Patienten, die älter als 77 Jahre sind. In der Gruppe eins betrug der Constant-Score im Mittel  $65,3 \pm 17,5$  Punkte (Median 71, Minimum 29, Maximum 83) (siehe Tabelle 17 und Abbildung 16). Der relative Constant-Score betrug in derselben Gruppe  $93,4 \% \pm 25,0 \%$  (Median 101,4 %, Minimum 42,0 %, Maximum 120,3 %). In der Gruppe zwei erreichten die Probanden durchschnittlich  $59,2 \pm 14,7$  Punkte (Median 62,5, Minimum 31, Maximum 82). Für den relativen Constant-Score lag der Mittelwert bei  $92,4 \% \pm 22,8 \%$  (Median 99,2 %, Minimum 48,4 %, Maximum 128,1 %) (siehe Tabelle 17 und Abbildung 17).

<b>Constant-Score: Auswertung nach Alter</b>				
	$\leq 77J$		$> 77J$	
	Absoluter Constant-Score (Punkte)	Relativer Constant-Score (%)	Absoluter Constant-Score (Punkte)	Relativer Constant-Score (%)
N	17	17	18	18
Mittelwert	65,3	93,4	59,2	92,4
Median	71	101,4	63,5	99,2
Standardabweichung	17,5	25,0	14,7	22,8
Varianz	307,1	625,9	215,0	520,3
Minimum	29	42,0	31	48,44
Maximum	83	120,3	82	128,1

Tabelle 17: Constant-Score: Auswertung nach Alter

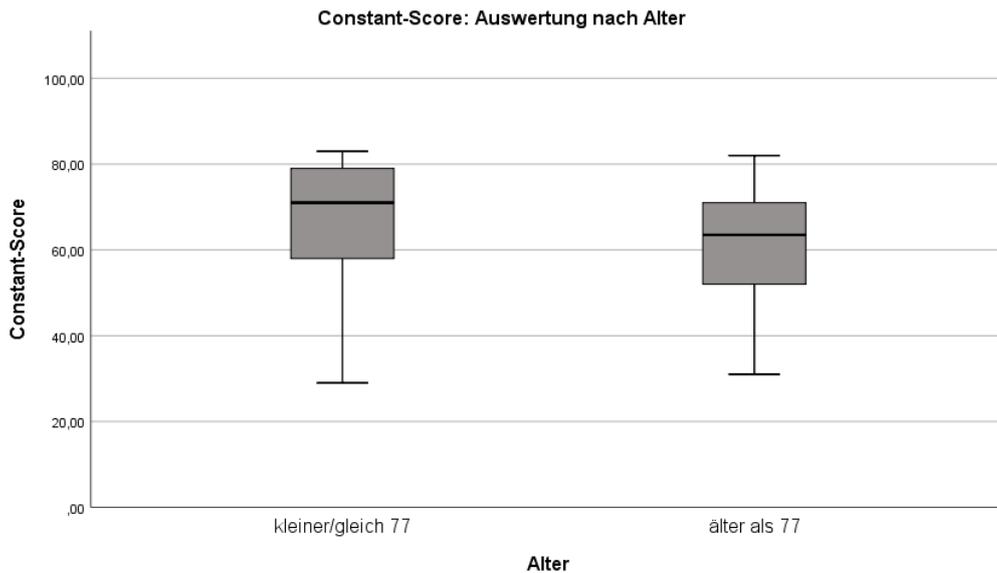


Abbildung 16: Constant-Score: Auswertung nach Alter

Um auf einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen zu testen, wandten wir den Mann-Whitney-U-Test an. Für den absoluten Constant-Score ergab sich eine asymptotische Signifikanz (zweiseitig) von 0,13 und eine exakte Signifikanz von 0,13 mit einer mittleren Effektstärke von  $r = 0,26$ . Aufgrund eines  $p = 0,05$  muss die Nullhypothese angenommen werden. Die besagt, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen vorliegt.

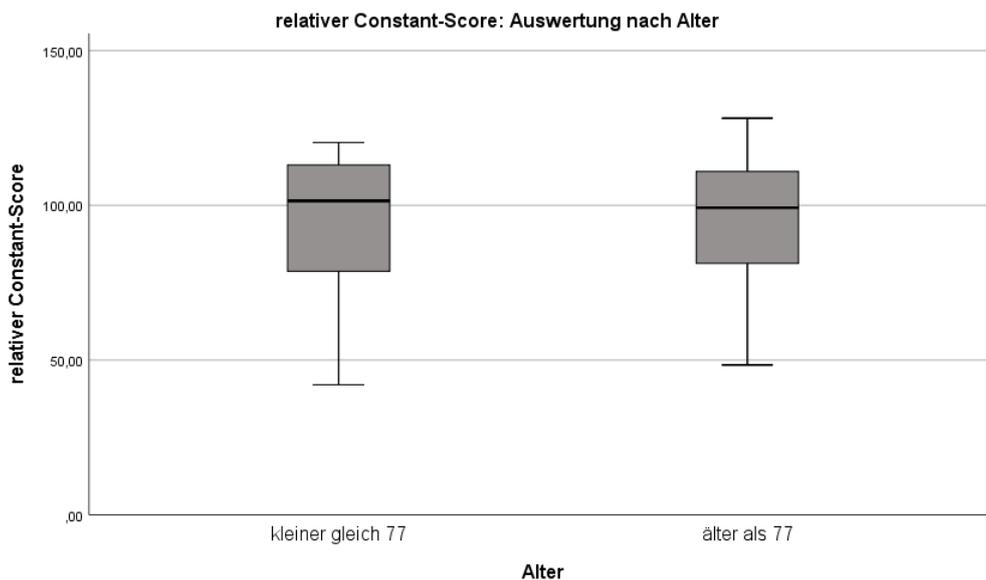


Abbildung 17: relativer Constant-Score: Auswertung nach Alter

Für den relativen Constant-Score ergab sich eine asymptotische Signifikanz (zweiseitig) von 0,741 und exakte Signifikanz von 0,757 mit einer schwachen Effektstärke von  $r = 0,06$ . Dementsprechend wird auch hier die Nullhypothese angenommen.

### 3.1.9. Auswertung nach Nachuntersuchungszeitraum

Des Weiteren betrachteten wir die Unterschiede der Ergebnisse abhängig vom Nachuntersuchungszeitraum. Dafür wurden die Probanden ebenfalls in zwei Gruppen eingeteilt. Gruppe eins beschreibt Probanden, die einen Nachuntersuchungszeitraum von 29 Monaten oder weniger haben. Gruppe zwei umfasst dementsprechend alle Probanden mit mehr als 29 Monaten Nachuntersuchungszeitraum. In Gruppe eins lag der Constant-Score durchschnittlich bei  $59,2 \pm 15,5$  Punkte (Median 64, Minimum 29, Maximum 82). In Gruppe zwei lag der Mittelwert bei  $65,7 \pm 16,8$  Punkten (Median 72, Minimum 33, Maximum 83) (siehe Tabelle 18 und Abbildung 18).

<b>Constant-Score: Auswertung nach Nachuntersuchungszeitraum</b>		
	$\leq 29$ Monate	$> 29$ Monate
N	19	16
Mittelwert	59,2	65,7
Median	64	72
Standardabweichung	15,5	16,8
Varianz	239,8	280,6
Minimum	29	33
Maximum	82	83

*Tabelle 18: Constant-Score: Auswertung nach Nachuntersuchungszeitraum*

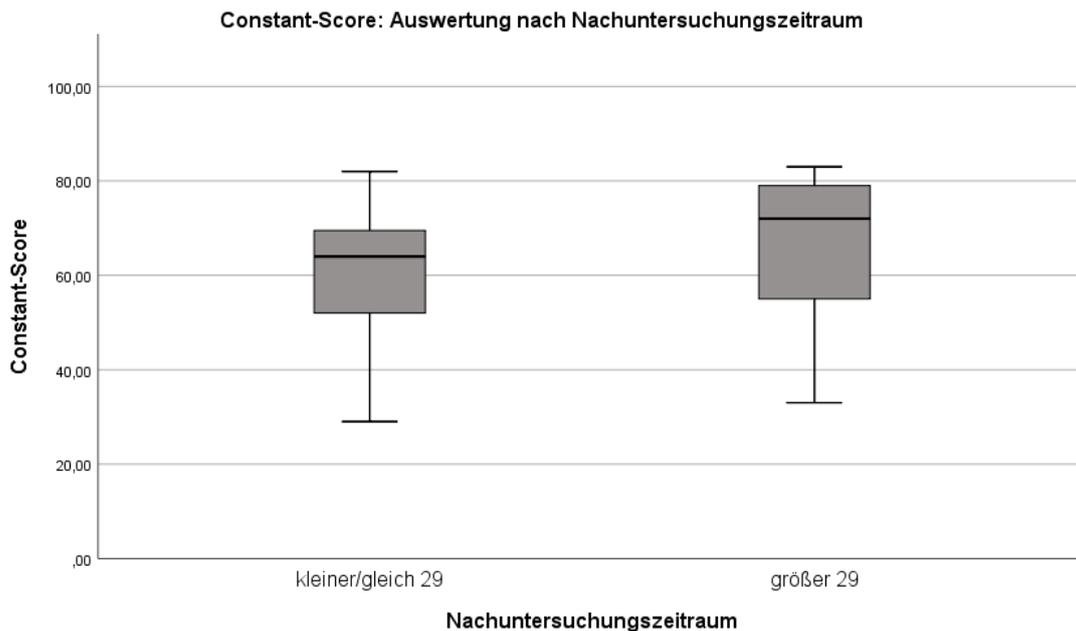


Abbildung 18: Constant-Score: Auswertung nach Nachuntersuchungszeitraum

Für die Prüfung der Signifikanz verwendeten wir den Mann-Whitney-U-Test. Dabei ergab sich eine asymptotische Signifikanz (zweiseitig) von 0,14, und eine exakte Signifikanz von 0,14 mit einer mittleren Effektstärke von  $r = 0,26$ . Dementsprechend muss die Nullhypothese, die besagt, dass keine signifikanten Unterschiede vorliegen, angenommen werden.

### 3.1.10 Constant-Score im zeitlichen Verlauf

Für die Betrachtung des zeitlichen Verlaufs des Constant-Scores werden im Folgenden die Ergebnisse der Delta Xtend (Fa. Depuy) betrachtet. Von 26 Patienten liegen uns drei verschiedene Constant-Scores zu unterschiedlichen Zeitpunkten vor. Von den anderen drei Patienten liegen nur Constant-Scores zu zwei Zeitpunkten vor. Der erste Wert wurde präoperativ erhoben, der zweite nach circa sechs Monaten nach Implantation und der dritte nach mindestens 24 Monaten. Die ersten beiden Werte wurden hierbei nicht vom selben Untersucher wie bei der dritten Auswertung erhoben. Auch in dieser Gruppe haben wir den relativen Constant-Score nach oben beschriebener Methode bestimmt und ebenfalls eine qualitative Einordnung vorgenommen.

Zum präoperativen Zeitpunkt erreichten die Patienten einen absoluten Constant-Score von  $9,5 \pm 3,8$  Punkten (Median 10). Das Minimum lag hierbei bei zwei Punkten und das Maximum bei 18 Punkten. Nach sechs Monaten nach der OP lag dieser Wert bei  $63,8 \pm 12,9$  (Median 65,5), mit einem Minimum von 40 und einem Maximum von 90 Punkten. Zuletzt wurde der Constant-Score nach mindestens 24 Monaten erhoben. Hierbei erreichten die Patienten  $62,8 \pm 16,9$  Punkte (Median 66). Das Minimum lag bei 29 und das Maximum bei 83 Punkten. Somit hat der Constant-Score vom Zeitpunkt sechs Monate zu mehr als 24 Monate um 1,1 Punkte abgenommen (siehe Tabelle 19 und Abbildung 19).

<b>Absoluter Constant-Score im zeitlichen Verlauf</b>			
	Präoperativ	Nach sechs Monaten	Nach > 24 Monaten MW: 31,5 Monate
N	29	26	29
Mittelwert	9,5	63,8	62,8
Median	10	65,5	66
Standardabweichung	3,8	12,9	16,9
Varianz	14,8	166,3	287,2
Minimum	2	40	29
Maximum	18	90	83

Tabelle 19: Absoluter Constant-Score im zeitlichen Verlauf MW: Mittelwert

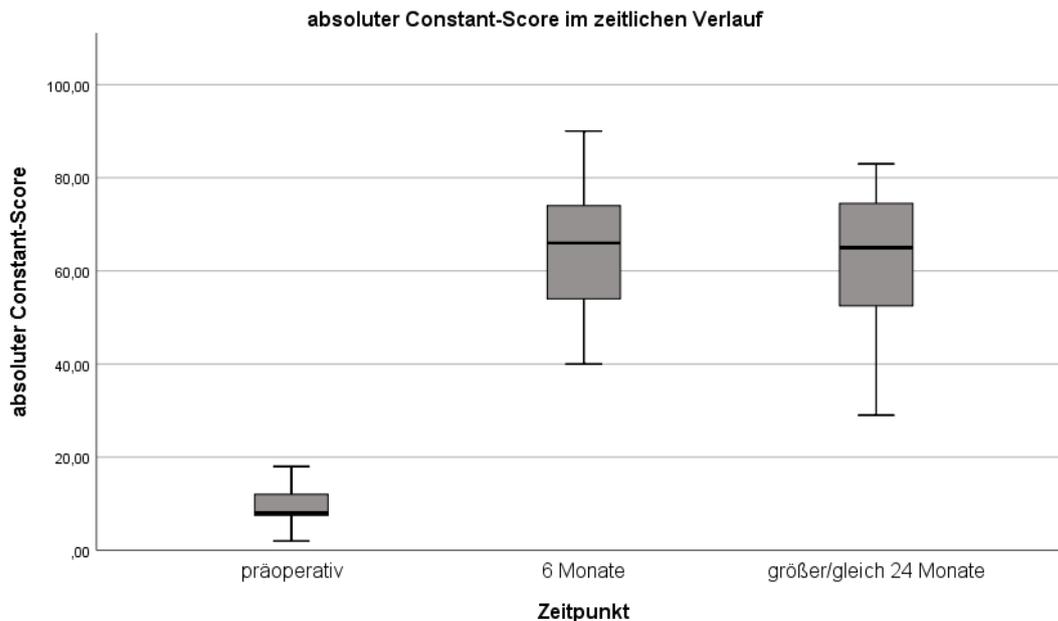


Abbildung 19: Absoluter Constant-Score im zeitlichen Verlauf

Hierbei lautete die Arbeitshypothese H0: Der Constant-Score zum Zeitpunkt sechs Monate post-OP ist gleich dem Constant-Score zum Zeitpunkt  $\geq 24$  Monate post-OP. Ziel war es, die obige Nullhypothese zu prüfen. Die Hypothese wurde mittels Wilcoxon-Test mit zweiseitigem Signifikanzniveau von 5 % getestet. Die asymptotische Signifikanz (zweiseitig) ergab hierbei einen Wert von 0,875 und die exakte zweiseitige Signifikanz betrug 0,883 mit einer schwachen Effektstärke von  $r = 0,029$ . Entsprechend dieses Ergebnisses wird die Nullhypothese beibehalten und es liegt kein statistisch signifikanter Unterschied vor.

Der AES betrug präoperativ im Mittel  $14,1 \% \pm 5,7 \%$  (Minimum 2,9 %, Maximum 25,7 %, Median 14,5 %). Sechs Monate nach der OP betrug der relative Constant-Score  $75,9 \% \pm 17,5 \%$  (Minimum 49,4 %, Maximum 114,3 %, Median 76,8 %). Nach mindestens 24 Monaten nach der OP betrug die Werte  $94,1 \% \pm 24,5 \%$  (Minimum 42,0 %, Maximum 128,1 %, Median 101,6 %) (siehe Tabelle 20 und Abbildung 20).

<b>Relativer Constant-Score im zeitlichen Verlauf</b>			
	Präoperativ (%)	sechs Monate postoperativ (%)	$\geq 24$ Monate postoperativ (%)
N	29	26	29
Mittelwert	14,1	75,9	94,1
Median	14,5	76,8	101,6
Standardabweichung	5,7	17,5	24,5
Varianz	33,0	307,5	599,0
Minimum	2,9	49,4	42,0
Maximum	25,7	114,3	128,1

*Tabelle 20: Relativer Constant-Score im Verlauf*

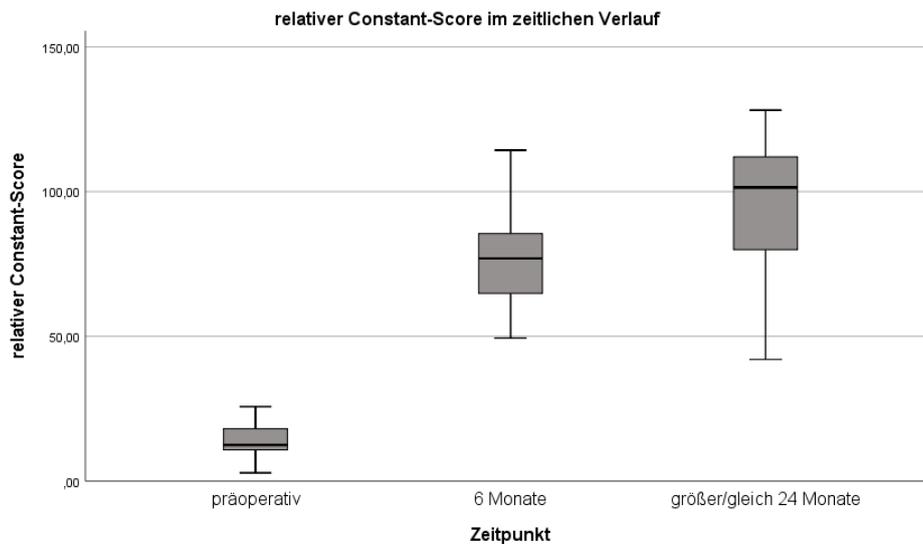


Abbildung 20: Relativer Constant-Score im zeitlichen Verlauf

Auch beim relativen Constant Score wurde die  $H_0$ -Hypothese mittels Wilcoxon-Test getestet. Hierbei ergab sowohl die asymptotische zweiseitige Signifikanz, als auch die exakte zweiseitige Signifikanz 0,0 mit einer starken Effektstärke von  $r = 0,65$ . Den Ergebnissen entsprechend muss in diesem Fall die Nullhypothese abgelehnt werden. Somit wird mit einem Signifikanzniveau von 5 % die Gegenhypothese angenommen, welche besagt, dass der relative Constant-Score nach mehr als 24 Monaten nicht gleich dem nach mindestens sechs Monaten ist.

## 3.2. ASES-Score

Für die 34 Teilnehmer unserer Studie wurde ebenfalls der ASES-Score für 35 Schultern bestimmt, welcher im Folgenden genauer betrachtet wird.

### 3.2.1. Gesamt-Score

Insgesamt können beim ASES-Score, wie oben beschrieben, 100 Punkte erreicht werden. Die einzelnen Kategorien sind Schmerzen, Medikamente, Instabilität und Alltagsaktivitäten.

Das Kollektiv erreichte beim Gesamt-Score der betroffenen Seite durchschnittlich  $75,0 \pm 18,5$  Punkte (Median 80). Das Minimum betrug hierbei 18,3 Punkte und das Maximum 98,3 (siehe Tabelle 21).

<b>ASES-Score gesamt</b>	
N	35
Mittelwert	75,0
Median	80
Standardabweichung	18,5
Varianz	342,8
Minimum	18,3
Maximum	98,3

*Tabelle 21: ASES-Score: gesamt*

### **3.2.2. Schmerz, Medikamente, Instabilität**

Die Probanden wurden zu Beginn zu Schmerzen und nächtlichen Schmerzen in der betroffenen Schulter befragt. Hierbei gaben 13 Patienten an, Schmerzen in der Schulter zu haben und 22 Patienten gaben keine Schmerzen an. Auf die Frage nach nächtlichen Schmerzen gaben zehn Patienten Schmerzen in der Nacht an und 25 keine. Die darauf folgende Frage richtete sich nach der Einnahme von Schmerztabletten. Zehn Patienten gaben an, regelmäßig Schmerztabletten einzunehmen. Bei drei von diesen Patienten ist bekannt, dass die Tabletten aufgrund einer anderen Schmerzproblematik eingenommen wurden. 25 Patienten nahmen keine Schmerztabletten ein. Von den 34 Patienten mit 35 untersuchten Schultern gaben drei Patienten an, narkotisierende Schmerzmittel einzunehmen, 29 Patienten nahmen keine narkotisierenden Medikamente ein und bei drei weiteren gab es keine Angabe bezüglich narkotisierender Medikamente. Von den drei Patienten, die narkotisierende Schmerzmedikamente einnahmen, ist von einem Patienten ein anderer Grund für die Einnahme bekannt. Zuletzt wurden die Patienten nach der Anzahl der Schmerztabletten befragt. Hierbei gaben fünf Patienten an, die Tabletten bei Bedarf einzunehmen, bei drei Patienten gab es keine Angabe. Jeweils ein Patient gab an eine, zwei, drei beziehungsweise vier Tabletten pro Tag einzunehmen (siehe Tabelle 22).

<b>Schmerzen und Medikamente</b>				
	Schmerz	Nachtschmerz	Schmerzmedikamente	Narkotisierende Medikamente
Ja	13 (37,1 %)	10 (28,6 %)	10 (28,6 %)	3 (8,6 %)
Nein	22 (62,9 %)	25 (71,4 %)	25 (71,4 %)	29 (82,9 %)
Keine Angabe	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	3 (8,6 %)

*Tabelle 22: ASES-Score: Schmerzen und Medikamente*

Des Weiteren wurden die Probanden mittels Ratingskala von null bis zehn nach ihren Schmerzen befragt. Eine Schmerzangabe von null wurde entsprechend mit zehn Punkten bewertet und eine Schmerzangabe von zehn entsprechend mit null Punkten. Die Probanden gaben hierbei durchschnittlich  $0,7 \pm 1,6$  (Median 0) auf der Ratingskala an, was 14,3 Punkten entspricht. Das Minimum auf der Ratingskala lag bei null und das Maximum bei sieben (siehe Tabelle 23).

<b>Schmerzskala Angabe in Punkten</b>	
N	35
Mittelwert	0,7
Median	0
Standardabweichung	1,6
Varianz	2,5
Minimum	0
Maximum	7

*Tabelle 23: ASES-Score: Schmerzskala*

Des Weiteren wurden die Patienten nach der Stabilität ihrer Schulter befragt. Auch hier wurde die Stabilität mittels visueller Analogskala erfasst. Eine Angabe von null bedeutet eine hohe Stabilität und zehn eine hohe Instabilität. 33 Patienten gaben null Punkte an und lediglich zwei Patienten gaben einen Punkt an. Somit lag die Angabe durchschnittlich bei  $0,1 \pm 0,2$  Punkten (Median 0, Minimum 0, Maximum 1).

### 3.2.3. Alltagsaktivitäten

Der letzte Abschnitt des ASES-Score waren die Alltagsaktivitäten. Diese teilen sich wie oben beschrieben in zehn Unterpunkte ein und werden jeweils mit null bis drei Punkten bewertet. Insgesamt können pro Seite 30 Punkte erreicht werden.

Auf der betroffenen Seite betrug der Gesamtwert der Alltagsaktivitäten im Schnitt  $17,0 \pm 8,3$  Punkte (Median 18). Das Minimum betrug zwei Punkte und das Maximum 29 (siehe Tabelle 24).

ADL gesamt		
	Betroffene Seite	Gegenseite
N	35	35
Mittelwert	17,0	23,5
Median	18	26
Standardabweichung	8,3	6,5
Varianz	69,1	42,4
Minimum	2	7
Maximum	29	30

*Tabelle 24: ASES-Score: ADL gesamt*

In den einzelnen Kategorien erreichten die Probanden beim Punkt „einen Mantel anziehen“ den höchsten Mittelwert mit 2,2 Punkten. Darauf folgten die Punkte „einen Ball hoch werfen“ mit 2,2 Punkten und „alltägliche Arbeit vollbringen“ mit 2,1 Punkten. Der geringste Mittelwert wurde in der Kategorie „4,5 kg über Schulterhöhe“ erreicht. Dieser lag hier bei 0,4 Punkten. Die zweit schlechteste Kategorie war der Punkt „Rücken waschen“ mit im Mittel einem Punkt (siehe Tabelle 25).

Alltagsaktivitäten		
	Mittelwert	Standardabweichung
Einen Mantel anziehen (0-3 Punkte)	2,2	0,8
Auf der betroffenen Seite schlafen (0-3 Punkte)	1,9	1,1
Rücken waschen (0-3 Punkte)	1	1,1
Toilettengang managen (0-3 Punkte)	1,9	1,3
Haare kämmen (0-3 Punkte)	1,9	1,1
Ein hohes Regal erreichen (0-3 Punkte)	1,7	1,4
4,5 kg über Schulterhöhe heben (0-3 Punkte)	0,4	0,7
Einen Ball hoch werfen (0-3 Punkte)	2,2	1,1
Alltägliche Arbeit vollbringen (0-3 Punkte)	2,1	0,8
Sport treiben (0-3 Punkte)	1,6	1,0

*Tabelle 25: ASES-Score: Alltagsaktivitäten gesamt*

Auf der Gegenseite lag der Mittelwert der gesamten Alltagsaktivitäten bei  $23,5 \pm 6,5$  Punkten (Median 26) mit einem Minimum von sieben und einem Maximum von 30 Punkten.

### 3.2.4. Auswertung nach Geschlecht

Der ASES-Score wurde ebenfalls abhängig vom Geschlecht betrachtet. Hierbei zeigte sich, dass die weiblichen Patienten im Mittel einen ASES-Score von  $74,2 \pm 19,0$  Punkten erreichten (Median 80, Minimum 18,3, Maximum 98,3). Der ASES-Score lag bei der männlichen Gruppe bei  $83,3 \pm 10$  Punkten (Median 83,3, Minimum 73,3, Maximum 93,3) (siehe Tabelle 26 und Abbildung 21). Da in der männlichen Gruppe nur drei Probanden vorhanden waren, war eine Signifikanztestung nicht möglich.

ASES-Score: Auswertung nach Geschlecht		
	Weiblich	Männlich
N	32	3
Mittelwert	74,2	83,3
Median	80	83,3
Standardabweichung	19,0	10
Varianz	362,148	100
Minimum	18,3	73,3
Maximum	98,3	93,3

Tabelle 26: ASES-Score: Auswertung nach Geschlecht

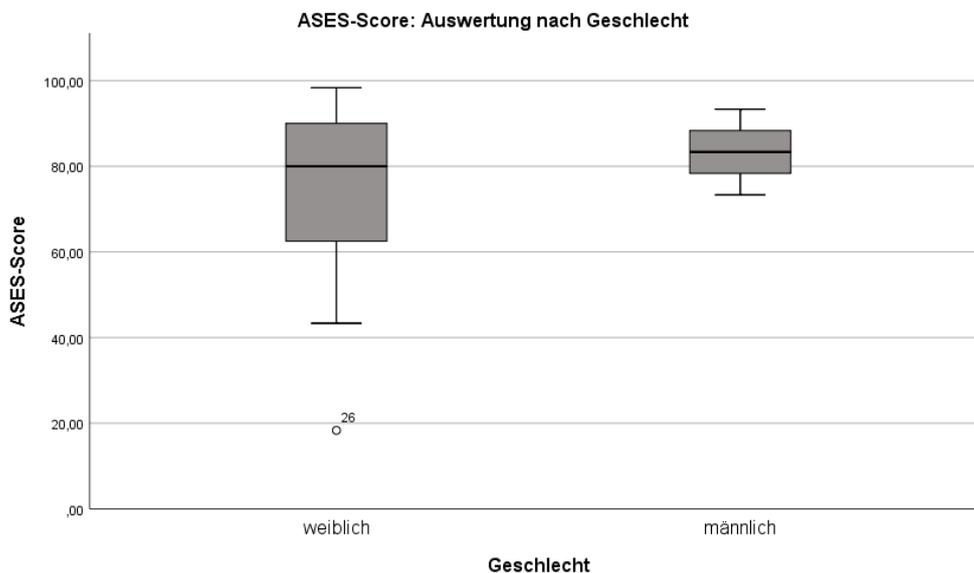


Abbildung 21: ASES-Score: Auswertung nach Geschlecht

### 3.2.5. Auswertung nach Alter

Des Weiteren untersuchten wir den Einfluss des Alters auf den ASES-Score. Genau wie beim Constant-Score unterteilten wir die Patienten in zwei Gruppen. Auch hier wählten wir die Grenze 77 Jahre. In Gruppe eins erreichten die Probanden im Mittel  $79,3 \pm 17,2$  Punkte (Median 88,3, Minimum 43,3, Maximum 98,3). In Gruppe zwei lag der Mittelwert bei  $70,9 \pm 19,2$  Punkten (Median 70, Minimum 18,3, Maximum 93,3) (siehe Tabelle 27 und Abbildung 22).

ASES-Score: Auswertung nach Alter		
	$\leq 77J$	$> 77J$
N	17	18
Mittelwert	79,3	70,9
Median	88,3	70
Standardabweichung	17,2	19,2
Varianz	296,2	370,5
Minimum	43,3	18,3
Maximum	98,3	93,3

Tabelle 27: ASES-Score: Auswertung nach Alter

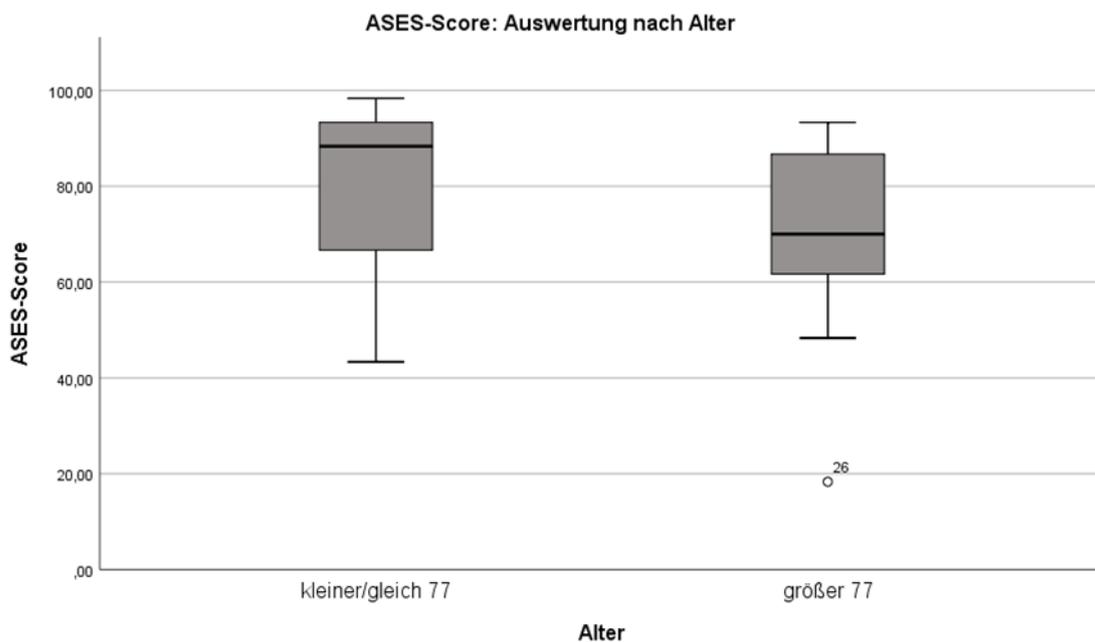


Abbildung 22: ASES-Score: Auswertung nach Alter

Für die Testung auf signifikante Unterschiede verwendeten wir den Mann-Whitney-U-Test. Dabei ergab sich eine asymptotische Signifikanz von 0,15 und eine exakte Signifikanz von 0,15 mit einer mittleren Effektstärke von  $r = 0,25$ . Dementsprechend muss die Nullhypothese, die besagt, dass keine signifikanten Unterschiede vorliegen, angenommen werden.

### 3.2.6. Auswertung nach Nachuntersuchungszeitraum

Neben den oben genannten Punkten untersuchten wir den Einfluss des Nachuntersuchungszeitraumes auf den ASES-Score. Die Einteilung erfolgte ebenfalls wie beim Constant-Score. In Gruppe eins (Nachuntersuchungszeitraum  $\leq 29$ ) lag der Mittelwert bei  $70,9 \pm 19,7$  Punkten (Median 80, Minimum 18,3, Maximum 93,3). Bei den Patienten mit einem Nachuntersuchungszeitraum von mehr als 29 Monaten betrug der ASES-Score im Mittel  $79,9 \pm 16,2$  Punkte (Median 88,3, Minimum 48,3, Maximum 98,3) (siehe Tabelle 28 und Abbildung 23).

ASES-Score: Auswertung nach Nachuntersuchungszeitraum		
	$\leq 29$ Monate	$> 29$ Monate
N	19	16
Mittelwert	70,9	79,9
Median	80	88,3
Standardabweichung	19,7	16,2
Varianz	388,2	263,9
Minimum	18,3	48,3
Maximum	93,3	98,3

Tabelle 28: ASES-Score: Auswertung nach Nachuntersuchungszeitraum

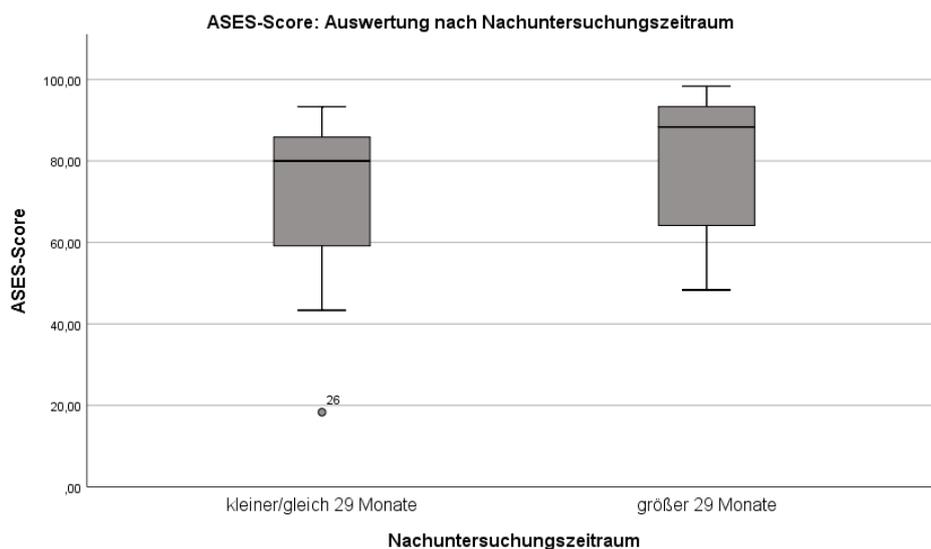


Abbildung 23: ASES-Score: Auswertung nach Nachuntersuchungszeitraum

Für die Prüfung auf signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen verwendeten wir den Mann-Whitney-U-Test. Dabei ergab sich eine asymptotische Signifikanz von 0,097 und eine exakte Signifikanz von 0,102 mit einer mittleren Effektstärke von  $r = 0,28$ . Dementsprechend muss die Nullhypothese, die besagt, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen vorliegen, angenommen werden.

### **3.3. Ergebnisse der radiologischen Kontrollen**

Radiologische Kontrollen wurden im Gesamtkollektiv zu drei verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt. Zum postoperativen Zeitpunkt lagen uns insgesamt 34 Röntgenbilder vor. Davon 29 mit einer Delta Xtend Prothese (Fa. Depuy) (DX) und fünf mit einer Univers Revers Prothese (Fa. Arthrex) (UR). Hierbei wurde die Rekonstruktion der Tubercula geprüft. Nach sechs Monaten nach Operation lagen noch 28 Röntgenbilder vor (24 DX, vier UR). Leider waren zum letzten Zeitpunkt nur noch 19 Patienten bereit, ein Röntgenbild anfertigen zu lassen (13 DX, sechs UR). Sowohl nach sechs Monaten als auch zum letzten Zeitpunkt wurden Skapula-Notching, Lockerungszeichen und die Einheilung der Tubercula überprüft.

#### **3.3.1. radiologische Ergebnisse postoperativ**

Postoperativ wurde bei den Patienten eine radiologische Untersuchung der betroffenen Schulter durchgeführt. Uns lagen zu diesem Zeitpunkt Röntgenbilder von 34 Patienten zur Auswertung vor (29 DX, fünf UR). Hierbei wurde die Rekonstruktion der Tubercula beurteilt. Es zeigte sich, dass in vier Fällen keine Rekonstruktion der Tubercula durchgeführt wurde. In 17 Fällen wurde nur das Tuberculum majus (zwölf DX, fünf UR), in einem Fall nur das Tuberculum minus und in zwölf Fällen wurden beide Tubercula rekonstruiert (siehe Abbildung 24). Somit wurde das Tuberculum majus insgesamt in 29 Fällen rekonstruiert und das Tuberculum minus in insgesamt 13 Fällen. Bei der Univers Revers (Fa. Arthrex) wurde dementsprechend in allen Fällen nur das Tuberculum majus rekonstruiert.

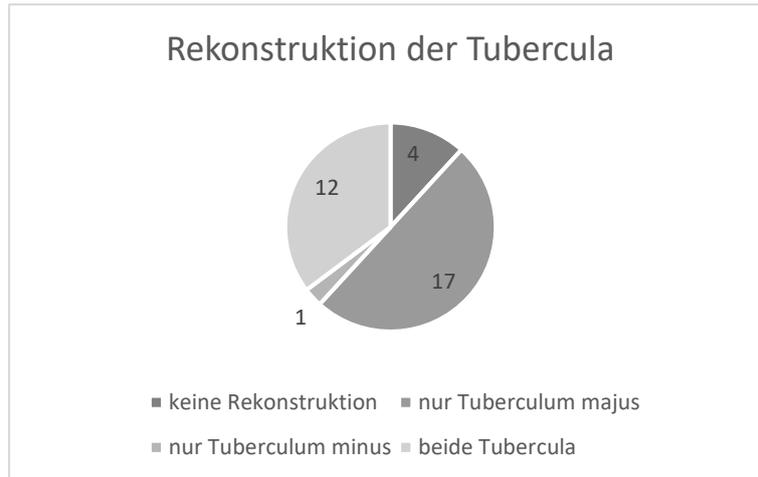


Abbildung 24: Rekonstruktion der Tubercula

### 3.3.2. radiologische Ergebnisse zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt

#### 3.3.2.1. Skapula-Notching

In unserer Studie wurde zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt bei insgesamt sieben Teilnehmern ein Skapula-Notching nachgewiesen. Hiervon hatten vier Patienten ein Notching Grad eins, zwei Patienten ein Notching Grad zwei und ein Patient ein Skapula-Notching von Grad drei. Bei keinem der Patienten ließ sich ein Notching Grad vier nachweisen (siehe Abbildung 25). Somit lag bei zwölf Patienten kein Skapula-Notching vor. Dabei ist zu bemerken, dass alle sechs Fälle mit einer Unvers Revers (Fa. Arthrex) kein Skapula-Notching aufwiesen.

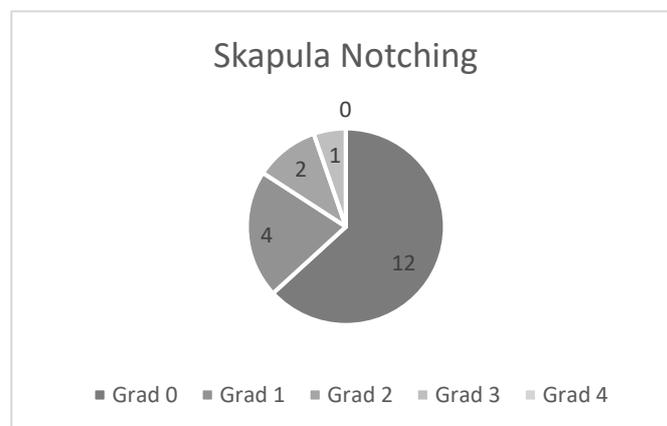


Abbildung 25: Skapula-Notching

### 3.3.2.2. Tuberculaeinheilung

Bei der Untersuchung der Röntgenbilder wurde ebenfalls die Einheilung der Tubercula beurteilt. Dabei wurden die Tubercula separat betrachtet. Das Tuberculum majus war bei sechs (31,6 %) der 19 Patienten nicht nachweisbar. Bei fünf (26,3 %) Patienten konnte eine Dislokation nachgewiesen werden. Insgesamt waren acht Tubercula majores eingeheilt, von denen fünf (26,3 %) substanzgemindert und drei (15,8 %) anatomisch eingeheilt waren. Beim Tuberculum minus waren in neun (47,4 %) Fällen keine Tuberculum nachweisbar. Bei sechs (31,6 %) Tubercula ist es zu einer Dislokation gekommen. Insgesamt waren vier der Tubercula minores eingeheilt. Jeweils zwei (10,5 %) substanzgemindert und zwei (10,5 %) anatomisch (siehe Tabelle 29).

Tuberculaeinheilung		
	Tuberculum majus	Tuberculum minus
Nicht nachweisbar	6 (31,6%)	9 (47,4 %)
Disloziert	5 (26,3 %)	6 (31,6 %)
Substanzgemindert eingeheilt	5 (26,3 %)	2 (10,5 %)
Anatomisch eingeheilt	3 (15,8 %)	2 (10,5 %)
Gesamt	19 (100 %)	19 (100 %)

Tabelle 29: Tuberculaeinheilung

### 3.3.2.3. Lockerungszeichen

Zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt wurde in einem von 19 Fällen eine komplette Schaftlockerung nachgewiesen, welche im folgenden Röntgenbild deutlich an einem röntgendurchlässigen Saum um die Prothese zu erkennen ist. Die Prothesenlockerung trat bei einer Univers Revers Prothese (Fa. Depuy) auf (siehe Abbildung 26).



Abbildung 26: positives Lockerungszeichen

### 3.3.3. Röntgenuntersuchung im zeitlichen Verlauf

Für die Betrachtung des zeitlichen Verlaufs der Röntgenuntersuchung wurden die Befunde der Delta Xtend Prothese beurteilt. Bei insgesamt zwölf der Patienten mit einer Delta Xtend (Fa. Depuy) Prothese lag zu allen drei Zeitpunkten ein Röntgenbild vor.

#### 3.3.3.1. Skapula-Notching

Das Skapula-Notching wurde zu den zwei oben beschriebenen Zeitpunkten bestimmt. Bei zwölf Patienten war dieser Vergleich möglich. Im Verlauf ist es zu keiner Veränderung des Skapula-Notching gekommen (siehe Tabelle 30).

Skapula-Notching im zeitlichen Verlauf		
	Sechs Monate	24 Monate
Kein Notching	5	5
Grad 1	3	3
Grad 2	3	3
Grad 3	1	1
Grad 4	0	0

Tabelle 30: Skapula-Notching im zeitlichen Verlauf

#### 3.3.3.2. Tubercula

Im Verlauf wurde ebenfalls die Einheilung der Tubercula beurteilt. Dabei zeigte sich in der radiologischen Bildgebung, dass in einem Fall keine Rekonstruktion durchgeführt wurde, in vier Fällen wurde nur das Tuberculum majus und in einem Fall nur das Tuberculum minus rekonstruiert. Beide Tubercula wurden in sechs Fällen rekonstruiert. Also wurde das Tuberculum majus nach radiologischer Beurteilung insgesamt zehnmal rekonstruiert und das Tuberculum minus siebenmal.

Von den zehn rekonstruierten Tubercula majores waren zum letzten Zeitpunkt insgesamt sechs eingehilt und von den sieben Tubercula minores waren es vier. In der Entwicklung der Kriterien bezüglich der zwei Untersuchungspunkte ist eine Aussage schwierig, da es sich nur um geringe Fallzahlen handelt. Auch die Verläufe zwischen Tuberculum majus und minus sind nicht gleichgerichtet (siehe Tabelle 31).

<b>Einheilung der Tubercula im zeitlichen Verlauf</b>				
	Tuberculum majus		Tuberculum minus	
	sechs Monate	24 Monate	sechs Monate	24 Monate
Nicht nachweisbar	2	4	6	4
Disloziert	4	2	3	4
Substanzgemindert eingeheilt	3	4	2	2
Anatomisch eingeheilt	3	2	1	2

*Tabelle 31: Einheilung der Tubercula im zeitlichen Verlauf*

### **3.3.3.3. Lockerungszeichen**

Auf den Bildern nach sechs Monaten nach der OP wurde in zwei Fällen ein Lysesaum nachgewiesen, einmal proximal und einmal distal. In den aktuellen Bildern wurden in keinem Fall ein Lysesaum beschrieben.

### **3.3.4. Tuberculaeinheilung im Vergleich zu den klinischen Scores**

Es wurden die klinischen Scores und die Tuberculaeinheilung des letzten Untersuchungszeitpunktes miteinander verglichen. Insgesamt kam es bei acht Patienten zu einer Einheilung des Tuberculum majus, bei elf Patienten war das Tubculum majus disloziert oder nicht nachweisbar. Zum Vergleich zogen wir den absoluten und relativen Constant-Score und den ASES-Score heran. In allen drei Scores zeigte sich, dass bei einer Einheilung des Tubculum majus etwas bessere Mittelwerte vorlagen als bei einem Tuberculum majus, was disloziert und nicht nachweisbar war (siehe Tabelle 32). Zudem zeigte sich jedoch bei der Betrachtung der maximalen Werte, dass zwischen den beiden Gruppen kaum Unterschiede vorlagen. Lediglich im ASES-Score war die Gruppe mit eingeheiltem Tubculum majus um einen Punkt besser. Dagegen zeigten sich bei den minimalen Werten größere Unterschiede (siehe Tabelle 32). Aufgrund der geringen Kohortengröße der beiden Gruppen war eine Signifikanztestung nicht möglich.

Tuberculaeinheilung gegenüber klinischen Scores						
	Tuberculum majus eingeheilt			Tuberculum majus disloziert oder nicht nachweisbar		
	Absoluter Constant-Score	Relativer Constant-Score	ASES-Score	Absoluter Constant-Score	Relativer Constant-Score	ASES-Score
N	8	8	8	11	11	11
Mittelwert	65,5	96,0	81,0	63,5	93,0	79,1
Median	67,5	100,1	81,7	65,0	101,4	80,0
Standardabweichung	14,0	19,3	10,7	16,2	24,0	16,9
Varianz	195,4	371,9	114,2	261,5	574,4	284,3
Minimum	41	64	67	35	51	50
Maximum	83	120	98	83	120	97

Tabelle 32: Tuberculaeinheilung gegenüber klinischen Scores

### 3.4. Frakturtyp

Präoperativ wurde bei den Patienten der Frakturtyp erhoben. Einmal lag eine Zweifragmentluxationsfraktur vor, acht Patienten hatten eine Dreifragmentfraktur und bei 25 Patienten wurde eine Vierfragmentfraktur dokumentiert. Bei einem Patienten lag keine Angabe bezüglich des Frakturtyps vor (siehe Abbildung 27).

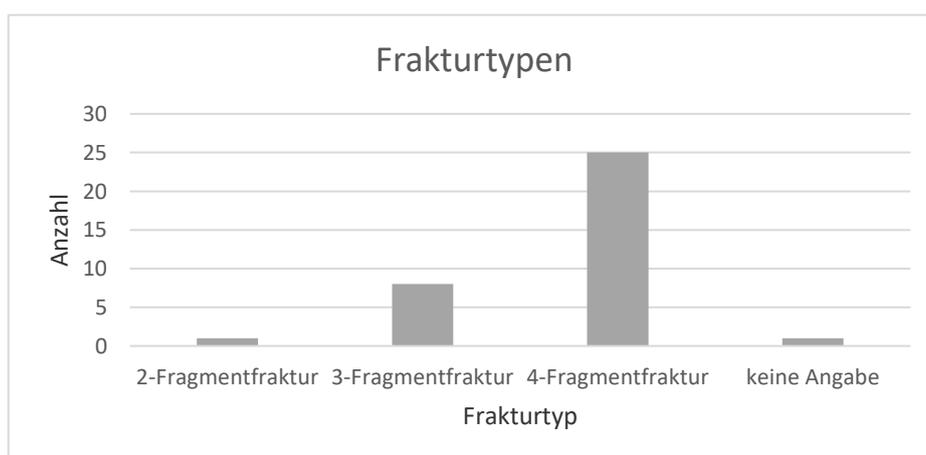


Abbildung 27: Frakturtypen des Gesamtkollektivs

### 3.5. Komplikationen

Insgesamt kam es in vier Fällen zu neurologischen Komplikationen (11,4%). Bei einem Patienten kam es eine Woche nach der OP zu einem N. ulnaris Syndrom und bei einem weiteren kam es zu einer Parese des N. axillaris. In einem Fall sind eine Plexusläsion und eine proximale Radiusläsion dokumentiert. Ein weiterer Proband gab zum aktuellen Zeitpunkt ein Kribbelgefühl im Bereich der Schulter an, welches Richtung Hals zieht. Jedoch war bei diesem Probanden zum Zeitpunkt der ersten Nachuntersuchung keine Komplikation dokumentiert worden.

Zwei Patienten entwickelten postoperativ ein starkes Hämatom infolgedessen ein Revisionseingriff nötig war (5,7%).

Bei einem weiteren Patienten zeigte sich im aktuellen Röntgenbild ein Lockerungszeichen (2,9%). Diese Lockerung machte sich in Form von Schmerzen im Bereich des Schaftbereichs bemerkbar. Aufgrund der Symptomatik zählen wir das Lockerungszeichen zu den Komplikationen und nicht zu den rein deskriptiven radiologischen Zeichen (siehe Tabelle 33).

<b>Komplikationen</b>		
	Absolute Anzahl	Anteil am Gesamtkollektiv
Neurologische Komplikationen	4	11,4%
Hämatom mit Revision	2	5,7%
Lockerungszeichen im Röntgenbild	1	2,9%
Gesamt	7	20%

*Tabelle 33: Komplikationen im Gesamtkollektiv*

### 3.6. Verteilung der Prothesenmodelle

Die Patienten dieser Studie wurden mit zwei verschiedenen Prothesenmodellen versorgt. 29 der Patienten erhielten eine Delta Xtend Prothese der Firma Depuy. Sechs Patienten wurden mit der Univer Revers der Firma Arthrex versorgt (siehe Abbildung 28).

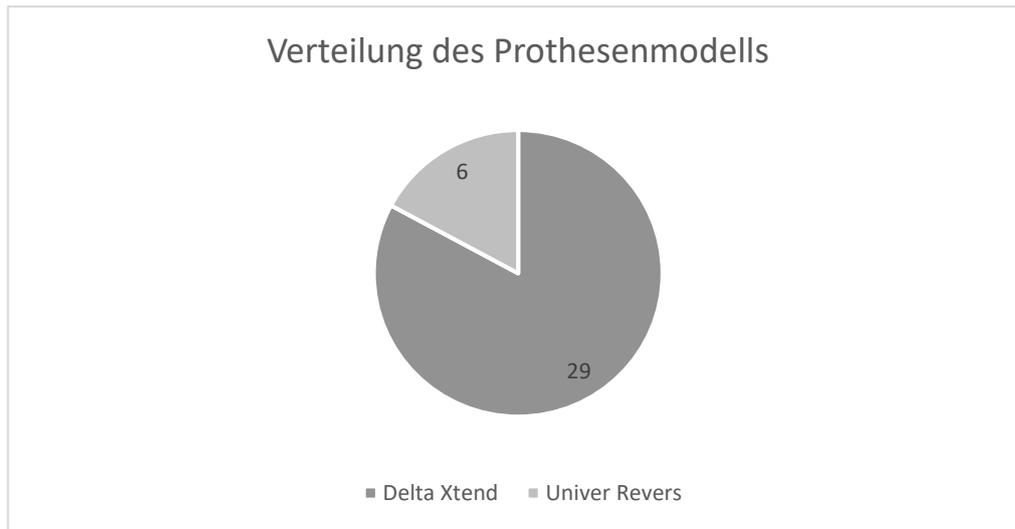


Abbildung 28: Verteilung des Prothesenmodells im Gesamtkollektiv

## **5. Diskussion**

### **5.1. Wissenschaftliche Fragestellung und Epidemiologie**

Die proximale Humerusfraktur ist eine sehr häufige Fraktur. Sie ist die dritthäufigste aller Frakturen und kommt vor allem in der höheren Altersgruppe vor (74). Court-Brown et al. zeigten in ihrer Arbeit, dass das durchschnittliche Alter für proximale Humerusfrakturen bei 64,8 Jahren lag und dass 77,7% der Patienten über 50 Jahre alt waren (29). Aufgrund des demografischen Wandels ist somit von einem weiteren Anstieg der Inzidenz und Prävalenz dieser Frakturen auszugehen. Palvanen et al. (82) gehen aufgrund ihrer erhobenen Ergebnisse ebenfalls davon aus, dass sich die Zahl dieser Frakturen in den nächsten 30 Jahren sogar verdreifachen könnte. Des Weiteren sei zu erwähnen, dass die Osteoporose bei diesen Frakturen einen bedeutenden Risikofaktor darstellt, weshalb Frauen bis zu dreimal häufiger betroffen sind (74). Diese Daten spiegeln sich auch in den von erhobenen Daten wider. Unser Gesamtkollektiv war bei der OP durchschnittlich 77,51 Jahre alt. Zudem waren 31 der 34 Patienten weiblich, wobei eine Patientin zwei Schulterprothesen erhalten hatte, die beide in unsere Datenerhebung eingingen. In vergleichbaren Studien lag das durchschnittliche Alter zwischen 70 und 79 Jahren (siehe Tabelle 34).

Diese Informationen zeigen die Relevanz einer guten Versorgung dieses Krankheitsbildes. Somit ist klar, dass eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Versorgung dieser Frakturen von hoher Wichtigkeit ist.

In dieser Arbeit untersuchten wir 34 Patienten mit 35 Schulterprothesen, die nach einer proximalen Humeruskopffraktur primär mit einer inversen Schulterprothese versorgt worden sind. Die Ergebnisse berücksichtigen vor allem die klinische Schulterfunktion sowie radiologische Kriterien. Besondere Beachtung fanden hierbei der Verlauf der Werte des Constant-Score und der radiologischen Bildgebung.

Ziel war es, dazu beizutragen, eine valide Datenlage für die Behandlung proximaler Humerusfrakturen zu entwickeln, um behandelnden Ärzten eine bessere Entscheidungsbasis zu bieten. Die Ergebnisse unserer Arbeit werden im Folgenden genauer betrachtet und diskutiert und mit bestehenden Studien verglichen.

## 5.2. Einordnung der Ergebnisse

In der Zeit von November 2016 bis Dezember 2017 wurden in unserer Studie 34 Patienten mit 35 Schulterprothesen untersucht. Mit dieser Patientengröße liegt unsere Studie im Vergleich zu anderen Studien, die Tabelle 35 aufgeführt sind im mittleren Bereich. Beispielsweise untersuchten Grubhofer et al. (44) 51 Patienten. Dagegen liegen auch Studien vor, bei denen 13 (83) oder 16 Patienten (40) untersucht wurden. Die mittlere Nachuntersuchungszeit des Gesamtkollektivs beträgt 31,5 Monate und lässt so eine Aussage über mittelfristige Ergebnisse zu. In der Gruppe Delta Xtend (Fa. Depuy) beträgt der Nachuntersuchungszeitraum im Mittel 34,6 Monate, sodass hier ebenfalls eine mittelfristige Aussage möglich ist. In der Gruppe Univers Revers (Fa. Arthrex) liegt der Nachuntersuchungszeitraum lediglich bei 16,5 Monaten. Dies ist vor allem dadurch zu begründen, dass die Univers Revers (Fa. Arthrex) erst seit 2015 in der orthopädischen Praxisklinik Verwendung findet. Hier sind somit eher Aussagen über kurzfristige Ergebnisse möglich. Der Nachuntersuchungszeitraum liegt im Vergleich zu anderen Studien ebenfalls im mittleren Bereich. Cazeneuve et al. zeichnen sich durch einen hohen Nachuntersuchungszeitraum von 86 und 79,2 Monaten aus (22, 20, 23). Jedoch liegen andere Studien unter unserem Follow-Up (17, 40, 63, 83, 99).

### 5.2.1. Klinische Schulterfunktion

#### 5.2.1.1. Constant-Score

##### Gesamtwert des Constant-Score

Der Constant-Score des Gesamtkollektivs lag zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei 62,2 Punkten für die betroffene Seite. Für die Gegenseite lag der Wert bei 75,7 Punkten. Somit liegt der Constant-Score bei circa 82,2 % der gesunden Seite. Im Vergleich zu den von uns untersuchten Studien liegen die Constant-Werte in ähnlichen Bereichen. Beispielsweise erreichten die Probanden in der Studie von Cazeneuve et al. einen mittleren Constant-Score von 60 (23). In der Arbeit von Grubhofer et al. lag dieser Wert bei 62 Punkten (44). Auch weitere Studien, die wir zum Vergleich heranzogen, berichten von Constant-Werten im Bereich von 44 bis 70,9 Punkten (siehe Tabelle 34).

Der relative Constant-Score unserer Studie betrug 92,9 % und für die Gegenseite 113,2 %.

Dieser Wert liegt im Vergleich oberhalb der angegebenen Werte anderer Studien (siehe Tabelle 35). Beispielsweise lag bei Grubhofer et al. der Wert bei 86 % (44) und bei Ross et al. bei 88 % (88). Ein Grund hierfür mag ein unterschiedliches Referenzkollektiv zur Berechnung des relativen Constant-Score sein, da das mittlere Alter dem in unserer Studie ähnlich ist.

### Schmerz

Die ermittelten Schmerzen betragen im Gesamtkollektiv unserer Studie 2,5/15. Dies entspricht 12,49 Punkten. Auch in anderen Studien wird von ähnlichen Angaben berichtet. Die von uns verglichenen Studien geben in diesem Bereich zwischen 12 bis 14,1 Punkten an (siehe Tabelle 35). Somit liegen in unserer Studie vergleichbare Werte vor. Dies spricht insgesamt für die gute Schmerzreduktion durch die Versorgung mit einer inversen Prothese.

Jedoch gab es acht Patienten, die in diesem Punkt nur sieben bis neun von 15 Punkten erreichten. Bei Betrachtung dieser Patienten fiel auf, dass die meisten neben den Schmerzen auch generell einen geringen Constant-Score erreichten. Beispielsweise lagen die Werte dieser Probanden nur zwischen 29 und maximal 66 Punkten. Eine eingeschränkte Motilität und Schmerzen der betroffenen Schulter beeinflussen sich womöglich gegenseitig. Die Schmerzen führen zu geringerer Motilität des Patienten, aber auch die verringerte Motilität wird vermutlich langfristig die Schmerzsituation negativ beeinflussen. Zudem lagen bei diesen Probanden eher komplizierte Frakturen vor, wie zum Beispiel Humerustrümmerfrakturen, Mehrfragmentfrakturen oder grob dislozierte Humerusfrakturen. Diese komplexen Fraktursituationen können das Outcome und die Entwicklung des Schmerzes beeinflusst haben. Zudem sind bei einigen dieser Patienten auch Begleitverletzungen bekannt. Beispielsweise erlitt ein Patient zusätzlich eine distale Radiusfraktur oder ein anderer Patient eine distale Radiusfraktur der Gegenseite. Dies spricht vermutlich für stärkere Traumata, welche entsprechend auch stärkere Verletzungen der Schulter hervorgerufen haben können. Zudem könnten Begleiterkrankungen den Genesungsprozess beeinflusst haben.

### Alltagsaktivitäten

Bei den Alltagsaktivitäten konnten maximal 20 Punkte erreicht werden. Das Kollektiv erreichte im Mittel 15,7 Punkte. Dabei lag der Wert der Arbeitsfähigkeit bei 2,6 von vier Punkten. Kein Patient gab dabei eine totale Einschränkung, also null Punkte, an. Dies zeigt, dass die Probanden in der Lage waren bestimmte Tätigkeiten mit gewissen Einschränkungen

durchzuführen. Jedoch muss dieser Punkt auch kritisch betrachtet werden, da die Patienten unseres Kollektivs aufgrund des Alters nicht mehr erwerbstätig waren. Zwar definierten wir die Arbeitsfähigkeit für das Kollektivs mit Arbeiten in Haushalt und Garten, doch die Vergleichbarkeit ist dennoch gegebenenfalls eingeschränkt.

Im Bereich Freizeit und Sport wurden im Mittel 2,5 von vier Punkten erreicht. Zwei Probanden gaben in diesem Punkt eine totale Einschränkung an. Acht dagegen hatten überhaupt keine Einschränkungen. Insgesamt sind somit relativ gute Ergebnisse in diesem Bereich zu verzeichnen. Allerdings ist auch hier zu bemerken, dass die Erhebung Schwächen aufweist, da einige Patienten gar keinen Sport betrieben und auch das Ausmaß der sportlichen Betätigung in dieser Gruppe sehr unterschiedlich ausfiel.

Die Schlaffähigkeit wurden im Mittel mit 1,1 Punkten bewertet. Neun Patienten gaben an, auf der betroffenen Seite gar nicht schlafen zu können. 17 Patienten gaben an, keine Einschränkungen zu haben. Dies zeigt, dass auch hier unterschiedliche Ausprägungen der Ergebnisse zu verzeichnen sind.

Bei der Handreichweite erzielten die Probanden im Schnitt gute Ergebnisse. Durchschnittlich erreichte sie 9,3 von zehn Punkten. Insbesondere die Handreichweite „über Kopf“, die zehn Punkten entspricht, ist eine sehr wichtige Funktion für alltägliche Aufgaben.

Der Gesamtwert der Alltagsaktivitäten liegt oberhalb der Werte der von uns untersuchten Studien. In diesen zeigten sich Werte von 10,9 bis 13,2 (siehe Tabelle 35). Es ist möglich, dass die verschiedenen Aspekte der Alltagsaktivitäten von den jeweiligen Patienten sehr unterschiedlich beurteilt wurden. Auch ist wie oben beschrieben eine genaue Vergleichbarkeit erschwert, da die Patienten oft nicht mehr erwerbstätig sind. Dies kann die Beurteilung ebenfalls beeinflussen.

### Motilität

Bei der Flexion erreichte unser Kollektiv 143,7°. Dies entspricht ca. 88,2 % der Gegenseite. In den Vergleichsstudien lagen die Bewegungsausmaße für die Flexion zum Teil deutlich unter den unsrigen. Es werden Werte zwischen 97 und 122,7° angegeben (siehe Tabelle 34). Auch bei der reinen Punkteangabe bezüglich der Flexion sieht es ähnlich aus. Hier liegt unser Kollektiv bei 8,2 Punkten. Die Werte anderer Studien liegen bei 6,5 bis 7,5 Punkten.

Im Punkt der Abduktion lagen die Werte unseres Kollektivs bei 125,3°, was 79,4 % der

Gegenseite entspricht. In den absoluten Punktwerten waren es 7,0 Punkte. Insgesamt wurden hier also nicht so gute Werte erreicht wie bei der Flexion. Auch in den anderen Studien ist zu sehen, dass die Bewertung der Abduktion im Schnitt schlechter ausfiel als die der Flexion (siehe Tabelle 34).

In den Vergleichsstudien wird von Bewegungsausmaßen von 91 bis 113° berichtet beziehungsweise von 6,5 von zehn Punkten. Auch hier liegen unsere Werte zum Teil deutlich über denen der anderen Studien (siehe Tabelle 34).

Die Außenrotation wurde ausschließlich anhand der Punkte und nicht mittels Gradzahlen bestimmt. Hier wurden im Schnitt 7,1 Punkte erreicht. Es ist ein Vergleich mit den Studien von Cazeneuve möglich (20, 22, 23). Dieser berichtet in seiner Studie von einem beziehungsweise 1,1 von zehn Punkten. In den anderen Studien wird von einer Außenrotation von 9 bis 30° berichtet. Valenti et al. (99) beschreiben eine Außenrotation bei Abduktion von 55°.

Auch wenn hier kein direkter Vergleich zu allen Studien möglich ist, zeigen sich jedoch im Vergleich zu Cazeneuve et al. beträchtliche Unterschiede (20, 22, 23).

Bei der Innenrotation erreichte unser Kollektiv durchschnittlich 5,7 von zehn möglichen Punkten. Diese Angabe liegt zwischen „Handrücken auf lumbosakralen Übergang“ und „Handrücken auf Gürtellinie“. Das ist gerade für alltägliche Anforderungen sehr wichtig und ein bedeutender Faktor für die Selbstständigkeit und Unabhängigkeit der Patienten.

In den Studien von Cazeneuve werden ein bis 2,4 von zehn Punkten angegeben (20, 22, 23). In der Studie von Grubhofer et al. liegen die Werte bei fünf von zehn Punkten (44). Somit liegen die Ergebnisse unserer Studie sehr nahe an denen von Grubhofer et al..

Insgesamt zeigt sich also, dass die Bewegungsausmaße unserer Studie zum Teil deutlich über denen anderer Studien liegen.

Mögliche Ursachen können die Einheilungsraten der Tubercula sein. Gallinet et al. zeigten in ihrer Studie, dass bei einer anatomischen Rekonstruktion der Tubercula bessere Werte bei den Bewegungen erreicht wurde als bei einer Fehleinheilung oder gar keiner Einheilung der Tubercula (39). Ähnliches beschreiben auch Valenti et al.. Sie zeigen, dass Patienten, bei denen eine Refixierung der Tubercula durchgeführt worden war, bessere Ergebnisse bei der Außenrotation erreichten (99). Dagegen konnten Bufquin et al. keine signifikanten Unterschiede in der Außenrotation bei Einheilung der Tubercula versus keine Einheilung der Tubercula feststellen, auch wenn bei einer Einheilung etwas bessere Werte erzielt wurden (17). Die Beeinflussung der Innenrotation ist aufgrund des Prothesenmodells nur schwer möglich. Eine

Kompensation durch anteriore Teile des Deltamuskels sei laut Boileau et al. schwierig und auch ein möglicherweise verbliebener M. subscapularis hat laut den Autoren vermutlich einen geringeren Effekt bei der Innenrotation (13). Möglicherweise könnte ein adäquat refixiertes Tuberculum minus die Innenrotation positiv beeinflussen. Eine Refixation der Tubercula sollte somit immer angestrebt werden, auch wenn diese keinen so großen Einfluss auf das Ausmaß der Abduktion haben, da hier vor allem der Deltamuskel entscheidend ist (2, 54). Zudem sorgen adäquat eingehheilte Tubercula vermutlich für eine höhere Stabilität und beeinflussen so gegebenenfalls die Komplikationsrate positiv (68). Zusätzlich könnte durch eine Fixation die Größe der Wundhöhle verringert werden, was sich vorteilhaft auf die Vermeidung von Hämatomen auswirken könnte. Laut Ortmaier et al. sei der Hohlraum entscheidend für die Ausbildung eines Hämatoms (81). In unserer Studie entwickelte sich beispielsweise bei einer Patientin ein Hämatom, bei der eine Refixation der Tubercula nicht durchführbar war. Möglicherweise wäre es bei einer Refixation nicht zu dieser Komplikation gekommen. Ackland et al. entdeckten in ihrer Studie, dass der M. pectoralis major nach inverser Prothese eine wichtige Funktion bei der Flexion einnimmt. Des Weiteren zeigten sie, dass der M. subscapularis in ihren Erhebungen eine wichtige Rolle als Ab- und Adduktor sowie als Extensor einnahm. Sie schlussfolgerten, dass ein größtmöglicher Erhalt des M. pectoralis major und des M. subscapularis angestrebt werden sollte, da diese womöglich einen großen Einfluss auf Mobilität und Stabilität der Schulter haben (2). Dies passt ebenfalls zu unseren Ergebnissen der Motilität, die im Vergleich zu anderen Studien relativ gut abschneiden. In unserer Studie wurde der M. pectoralis major routinemäßig nur minimal eingekerbt. Routman et al. beschreiben in ihrer Studie jedoch, dass die Rolle des M. subscapularis abhängig vom jeweiligen Prothesendesign ist. Bei einem medialisierten Design ist die Rolle des M. subscapularis wichtiger als bei einem lateralisierten Design (89).

In unserer Studie lag bei den untersuchten Patienten eine Einheilungsrate von 42,1 % der Tubercula majores vor und eine Rate von 21,1 % der Tubercula minores. Eine Erklärung der Ergebnisse der Motilität gegenüber den Vergleichsstudien ist also durch diesen Punkt allein nicht möglich.

Auch können Komorbiditäten der Patienten die Ergebnisse beeinflussen, die aufgrund des Alters nicht selten sind. Diese können die rehabilitativen Prozesse beeinflussen. Das Alter unseres Kollektivs war hierbei jedoch nicht wesentlich anders als das der anderen Studien. Womöglich waren die Probanden unserer Studie in einem vergleichsweise guten physischen Zustand und noch körperlich aktiv. Patienten, die körperlich in einem guten Zustand sind, sind eventuell eher

bereit, an der Studie teilzunehmen und den Weg in die Praxis auf sich zu nehmen. Kranke und körperlich eingeschränkte Patienten sind vermutlich seltener bereit dazu. Durch dieses Setting kann es zu einem Selektionsbias gekommen sein, die bei der Interpretation der Ergebnisse mit einbezogen werden muss. Dies spiegelt sich zum Teil auch in der Nachuntersuchungsquote unserer Studie wider. Von insgesamt 78 Probanden konnten 34 Patienten untersucht werden. Dabei gaben sieben Patienten an, aus gesundheitlichen Gründen nicht teilnehmen zu können.

Ein anderer Faktor könnte der Zugangsweg sein. Durch einen deltoideopektoralen Zugang kann der M. deltoideus, der entscheidend für die Motilität ist, besser geschont werden. Auch ist es bei einem deltoideopektoralen Zugang einfacher eine inferiore Positionierung der Metaglène zu erreichen und somit das Skapula-Notching besser vorzubeugen (81). Valenti et al. zeigen in ihrer Studie, dass eine geringere Medialisierung die Außenrotation verbessert. Des Weiteren konnten sie zum Zeitpunkt ihrer Nachuntersuchungen (mindestens 24 Monate) kein Scapula-Notching nachweisen (100). Zudem zeigten Cazeneuve et al. in einer weiteren Studie, dass die Innenrotation durch ein weniger medialisiertes Design und ein erhöhtes humerales Offset verbessert werden kann zit.n.: (22). In unserer Studie wurde ausschließlich der deltoideopektorale Zugang verwendet, welcher somit ein möglicher Faktor für die guten Ergebnisse der Motilität sein könnte.

In unserer Studie wurden bei der Delta Xtend (Fa. Depuy) kein vermehrtes Offset und eine klassische Inklination von  $155^\circ$  verwendet. Bei der Univers Revers (Fa. Arthrex) wurde dagegen eine lateralisierte Glenosphäre und eine Inklination von  $135^\circ$  verwendet. Die Inklinationswinkel unterscheiden sich also bei den beiden Gruppen. Dies wäre auch ein möglicher Grund, weshalb es in der Gruppe der Univers Revers (Fa. Arthrex) zum letzten Untersuchungszeitpunkt zu keinem Skapula-Notching gekommen ist. Um einen direkten Vergleich der Motilität dieser beiden Gruppen durchzuführen, wären größere Patientenzahlen in der Gruppe der Univers Revers (Fa. Arthrex) nötig.

Diese festgestellten Unterschiede erklären jedoch nicht die generell guten Ergebnisse des Gesamtkollektivs, welches zum Großteil mit der Delta Xtend (Fa. Depuy) versorgt worden ist. Somit scheint der Inklinationswinkel und das Offset nicht der entscheidende Grund für die Motilitätsergebnisse unseres Kollektiv zu sein.

Ein weiterer Grund für die Ergebnisse könnte zudem die hohe Expertise der Operateure an der Raphaelsklinik sein. Drei Operateure waren verantwortlich für die Operationen dieser Studie. In der verantwortlichen Abteilung werden pro Jahr über 400 Schulterprothesen durchgeführt.

## Kraft

In der Kraftprüfung erreichten die Probanden im Schnitt 2,7 kg. Dies entspricht im Mittel sechs Punkten. Im Vergleich zu anderen Studien ist dieser Wert sehr niedrig. Zum Beispiel berichten Cazeneuve von 16,1 Punkten im Bereich der Krafterhebung (23). Mögliche Ursachen für die Unterschiede in Bezug auf dieses Ergebnis sind verschiedene Messmethoden. Wie oben beschrieben kann die Messung entweder am Deltaansatz oder am Handgelenk erfolgen, woraus sich unterschiedliche Werte in der Kraftmessung ergeben. Jedoch gab es in den Studien von Cazeneuve et al. keine genauen Angaben, ob die Kraftprüfung am Handgelenk oder am Deltaansatz erfolgte und ein Vergleich ist somit schwierig.

Die Ergebnisse in der Kraftbestimmung von Valenti et al. (3,6 Punkte) und Bufquin et al. (4,59 Punkte) liegen dagegen näher an den Werten unserer Studie (siehe Tabelle 35). Doch auch bei diesen Studien lagen uns bezüglich der Bestimmungsmethode keine genauen Informationen vor.

Eine weitere mögliche Ursache wäre die Beeinflussung der Ergebnisse durch den Untersucher auch wenn Conboy et al. einen geringen Inter- und Intraobserverfehler angeben (27).

## Scorebasierte Auswertung

In der scorebasierten Auswertung nach Tingart et al. (97) zeigten sich ernüchternde Ergebnisse. Lediglich fünf Probanden erreichten der Studie zufolge ein gutes Ergebnis. Neun Patienten erreichten ein befriedigendes Ergebnis und 21 ein schlechtes. Jedoch seien die Patienten laut Tingart et al. tendenziell zufriedener gewesen als es die Scores absolut beschrieben (97). Die schlechten Werte mögen daran liegen, dass es sich bei der Auswertung von Tingart et al. um eine Einteilung der absoluten Constant-Werte handelt. Alter und Geschlecht werden demnach nicht betrachtet, was in unserem Kollektiv jedoch ein wichtiger, einflussreicher Faktor war. Zudem besteht die Frage, welches Gewicht man dieser Einteilung geben möchte, da wie durch Tingart et al. beschrieben die subjektive Zufriedenheit von den absoluten Werten abweichen kann. Hier wäre zum genaueren Vergleich eine Erhebung der subjektiven Zufriedenheit sinnvoll gewesen. Mit dem ASES-Score lässt sich lediglich eine grobe Einschätzung der subjektiven Zufriedenheit vornehmen. Der ASES-Score lag in unserer Studie bei durchschnittlich 75 von 100 Punkte, was auch den Werten anderer Studien entspricht (siehe Tabelle 34). Übernehme man für diesen Punkt die Einteilung von Tingart et al., läge dieser Wert im befriedigenden Bereich. In den von uns untersuchten Studien konnten wir keine ähnliche Einteilung finden, die es uns ermöglicht hätte, einen Vergleich anzustellen.

### Einfluss von Alter, Geschlecht und Nachuntersuchungszeitraum

Zudem prüften wir den Einfluss von Geschlecht, Alter und Nachuntersuchungszeitraum auf den Constant-Score.

In der Auswertung nach dem Geschlecht zeigte sich, dass die männlichen Probanden im Schnitt einen höheren Score (70 Punkte) erzielten als die weiblichen Probanden (61,4 Punkte). Jedoch war eine Signifikanztestung aufgrund der geringen Anzahl der männlichen Probanden nicht möglich, womit diesbezüglich keine klare Aussage möglich ist.

In allen anderen Kategorien zeigte sich, dass keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf den Constant-Score vorlagen. In der Kategorie Alter wurden die Patienten in die Gruppen 77 Jahre oder jünger und älter als 77 eingeteilt. In der Gruppe mit 77 Jahren oder jünger erreichten die Probanden einen mittleren Constant-Score von 65,3 Punkten. Dieser lag etwas höher als in der Gruppe älter als 77 (59,2 Punkte). Jedoch ist dieser Unterschied nicht signifikant. Für den relativen Constant-Score lagen die Werte der Gruppe 77 Jahre oder jünger bei 93,4 % und für die Gruppe älter als 77 bei 92,4 %. Somit zeigte sich auch beim relativen Constant-Score, dass in der älteren Gruppe etwas schlechtere Ergebnisse vorliegen als in der jüngeren Gruppe. Beim relativen Constant-Score waren die Unterschiede jedoch ebenfalls nicht signifikant.

Bufquin et al. kamen in diesem Punkt zu einem ähnlichen Ergebnis: Sie unterteilten die Patienten in die Gruppen älter und jünger als 75. Den Autoren zufolge war der Constant-Score in der jüngeren Gruppe etwas höher, aber auch nicht signifikant (17). Lopiz et al. konnten in ihrer Studie sogar signifikante Unterschiede bei Patienten älter und jünger als 80 Jahre feststellen. Bis auf Schmerzen und die Abduktion waren die Ergebnisse des Constant-Score in der Gruppe der älteren Patienten signifikant schlechter (69). Hier wäre es interessant, herauszufinden, ab welchem Alter eine inverse Prothese zur Versorgung einer proximalen Humerusfraktur nicht mehr sinnvoll ist, weil der Nutzen das Risiko nicht mehr überwiegt. Jedoch ist wiederum in einer höheren Altersgruppe das Primärziel die Schmerzfreiheit mit einer geringen Komplikationsrate, was wie oben beschrieben durch eine inverse Prothese gut möglich ist. Somit ist es umso wichtiger, herauszufinden, welche Funktionsansprüche vom Patienten gewünscht sind und ob eine reine Schmerzfreiheit für den einzelnen Patienten ausreichend ist.

Der Nachuntersuchungszeitraum hatte in unserer Studie nach Testung ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf den Constant-Score, auch wenn die Probanden mit einer Laufzeit von 29 Monaten oder weniger etwas schlechtere Ergebnisse erzielten (59,21 Punkte) als Probanden mit einer Laufzeit von mehr als 29 Monaten (65,69 Punkte). Anders zeigte es sich in der Studie

von Cazenueve et al.. Dort wurde deutlich, dass der Constant-Score von einem Follow-Up von zwölf Monaten mit 55 Punkten abnahm. Zum letzten Follow-Up mit durchschnittlich 86 Monaten war der Constant-Score auf 53 Punkte gesunken (22). Gründe hierfür könnten eine zunehmende altersbedingte Atrophie der Muskeln, insbesondere des Deltamuskels sein.

#### **5.2.1.1.1. Constant-Score im zeitlichen Verlauf**

Ein besonderes Augenmerk unserer Arbeit lag auf den Constant-Werten der Delta Xtend Prothese (Fa. Depuy). Hier lagen präoperative Werte und Werte nach je sechs und 24 Monaten vor.

Auf der betroffenen Seite lag der präoperative Wert bei 9,5 Punkten. Nach sechs Monaten lag dieser Wert bereits bei 63,8 Punkten. Dies zeigt eine Mittelwertdifferenz von 54,3 Punkten. Nach mindestens 24 Monaten war es jedoch zu einer geringen Verschlechterung des absoluten Constant-Wertes gekommen, der zu diesem Zeitpunkt bei 62,8 Punkten lag.

Hier mussten wir dementsprechend unsere Hypothese, die besagt, dass ein signifikanter Unterschied zwischen sechs Monaten und mindestens 24 Monaten post-OP besteht, ablehnen. Auch bei Cazenueve et al. zeigte sich im längeren Follow-Up eine Verschlechterung des Constant-Score gegenüber den vorherigen Werten (22).

Jedoch zeigte sich auf der Gegenseite ebenfalls eine Abnahme des Constant-Score über die Zeit (präoperativ:  $87,8 \pm 12,0$ , sechs Monate:  $85,6 \pm 11,9$ , mindestens 24 Monate:  $75,2 \pm 12,4$ ).

Dementsprechend ist der relative Constant-Score interessant, welcher geschlechts- und altersadaptiert ist. Hier ergaben sich für die betroffene Seite folgende Werte: präoperativ: 14,1 %, sechs Monate: 75,9 %, mindestens 24 Monate: 94,1 %. Hier lässt sich also eine Verbesserung von sechs Monaten auf mindestens 24 Monate verzeichnen. Dies bestätigt ebenfalls die Signifikanztestung, welche zeigt, dass zwischen diesen beiden Gruppen signifikante Unterschiede vorliegen.

Dagegen kam es bei Cazenueve et al. zu keiner Verbesserung im adjustierten Constant-Score. In der Studie der Autoren kam es zu einer Verschlechterung von 71 % auf 68 % (22). Hier wären weitere Studien nötig, um einen besseren Vergleich in diesem Punkt zu ermöglichen.

Auf der Gegenseite kam es dagegen auch beim relativen Constant-Score zu keiner Verbesserung (Präoperativ: 129,9 %, sechs Monate: 126,0 %, mindestens 24 Monate: 113,2 %). Dies bestätigt

unser Ergebnis, dass es im relativen Constant-Score zu einer signifikanten Verbesserung der betroffenen Seite nach mindestens 24 Monaten gekommen ist. Zudem fällt auf, dass der relative Constant-Score unseres Kollektivs insgesamt sehr hoch ist. Auf der Gegenseite liegen die Werte zu allen Zeitpunkten bei über 100 % und somit über dem Referenzkollektiv. Dies lässt vermuten, dass unser Patientenkollektiv vor allem Probanden mit körperlich gutem Zustand umfasst.

Zuerst scheint es verwunderlich, dass es beim relativen Constant-Score zu einer Verbesserung gekommen ist, aber beim absoluten zu einer Verschlechterung. Jedoch scheint hier das Alter einen bedeutenden Faktor darzustellen, da es auf der gesunden Seite sowohl beim absoluten als auch beim relativen Constant-Score zu einer Verschlechterung gekommen ist. Dies zeigt, dass der absolute Constant-Score allein gesehen gegebenenfalls nicht optimal ist, um die Verbesserung der Schulterfunktion nach einer längeren Prothesenlaufzeit zu beurteilen.

### **5.2.1.2. ASES-Score**

#### Gesamtscore

Der ASES-Score lag beim Gesamtkollektiv bei 75,0 Punkten. Ähnliche Werte finden sich auch in anderen Studien. Klein et al. berichten von einem ASES-Score von 68 Punkten (59), Lenarz et al. berichten von 78 Punkten (63) und Ross et al. von 89,3 Punkten (88) (siehe Tabelle 34). Interessant ist der Vergleich der Ergebnisse nach Versorgung mit einer inversen Prothese bei Defektarthropathie, welche eine der häufigsten Verwendungsoptionen der inversen Prothese ist. Frankle et al. berichten in ihrer Studie von einem ASES-Score von 68,2 Punkten, bei Patienten, die mit einer inversen Prothese bei Defektarthropathie behandelt worden sind. Das mittlere Follow-Up lag bei 33 Monaten (37). Somit erreicht unsere Studie in Vergleich zu der bewährten Indikation der inversen Prothese gute Ergebnisse.

#### Schmerz

Bei 62,9 % der Patienten führte die Behandlung zu einer Schmerzfreiheit, welche ein wesentlicher Aspekt der Versorgung mit einer inversen Prothese ist. 37,1 % gaben an, weiterhin Schmerzen zu haben und 28,6 % berichteten von Nachtschmerzen. Zehn Patienten (28,6%) nahmen zum Zeitpunkt der Untersuchung regelmäßig Schmerzmedikamente ein. Bei drei von

diesen war bekannt, dass die Schmerzmedikamente aufgrund einer anderen Ursache eingenommen wurden. Bei diesen Fällen ist nicht bekannt, inwiefern sich diese Einnahme auf die Schmerzwahrnehmung in der Schulter auswirkt. Um diesbezüglich eine definitive Aussage treffen zu können, liegen uns nicht genügend Daten vor. Drei Patienten (8,6%) gaben an, narkotisierende Schmerzmedikamente einzunehmen. Auch unter diesen Probanden war einer, der die Medikamente aufgrund einer anderen Problematik eingenommen hatte. Es ist nicht eindeutig zu klären, wie stark sich dies auf die Schmerzwahrnehmung in der Schulter auswirkt.

Zusätzlich wurden die Schmerzen anhand einer VAS erhoben. Hierbei gaben die Patienten im Schnitt 0,7 von zehn Punkten an. Dies unterstreicht erneut die oben beschriebene Rate der Schmerzfreiheit. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Lenarz et al. Bei ihnen ergab sich eine Schmerzangabe im ASES-Score von 0,7 (63).

### Instabilitätsgefühl

Das Instabilitätsgefühl wurde ebenfalls mittels VAS erhoben. Die Patienten gaben im Mittel 0,1 an. Nur zwei Probanden gaben überhaupt eines an. Die restlichen Patienten berichteten von einem kompletten Stabilitätsgefühl. Dies ist nach einer durchschnittlichen Follow-Up Zeit von 31,5 Monaten sehr erfreulich, da Instabilitäten ein durchaus schwerwiegendes Problem in der Versorgung darstellen. Zudem sind die Ergebnisse sehr interessant, da man bei Frakturen ohne metaphysären Knochen eigentlich mit einem erhöhten Risiko für Instabilitäten rechnen würde. Wichtig für die Stabilität scheinen Kompressionskräfte, die Tiefe der Gelenkpfanne und der Radius der Glenosphäre zu sein. Auch die Lokalisation des Rotationszentrums und der Inklinationswinkel haben Einfluss auf die Stabilität (3). Dabei zeigten Gutierrez et al. in ihrer Studie, dass die Kompressionskräfte den größten Einfluss auf die Stabilität hatten (46). Diese Kompressionskräfte sind vor allem von der Deltaspannung abhängig. Diese Spannung kann intraoperativ durch verschieden große Inlays optimiert werden. Doch für die richtige Einschätzung der Spannung des Deltamuskels ist vor allem die Erfahrung des Operateurs entscheidend (81). Somit könnte die hohe Expertise unserer Operateure, die über 400 Schulterprothesen im Jahr durchführen, ein möglicher Grund für das gute Stabilitätsgefühl der Probanden sein. Dagegen zeigten Boileau et al., dass ein deltoideopektoraler Zugang, der ebenfalls in unserer Studie verwendet wurde, mit mehr Luxationsraten assoziiert ist als ein anterosuperiorer Zugang (12). Insgesamt wäre hier interessant, wie sich dieser Aspekt bei einer längeren Laufzeit entwickelt und ob es nach längerer Zeit zu Veränderungen in diesem Wert kommt.

### Alltagsaktivitäten

Im Bereich der Alltagsaktivitäten erreichten die Probanden im Mittel 17,0 von 30 möglichen Punkten. Die Werte der Gegenseite betragen 23,5 Punkte. Die größten Probleme bereiteten hierbei die Aufgaben „4,5 kg über Schulterhöhe heben“ und „Rückenwaschen“. Der erste Punkt spiegelt sich ebenfalls in den geringen Kraftwerten beim Constant-Score (2,69 kg) wider. Der zweite Punkt bestätigt, dass die inverse Prothese vor allem Einschränkungen bei der Innenrotation zeigt.

Dagegen wurden bei den Alltagsaktivitäten „einen Mantel anziehen (2,2), „einen Ball hochwerfen“ (2,2) und „alltägliche Arbeit vollbringen“ (2,1) gute Werte erzielt. Dies bestätigt, dass durch die Prothese viele Aufgaben zufriedenstellend ausgeführt werden können. Jedoch scheint es hier kontrovers, dass die Aufgabe „einen Mantel anziehen“ so positiv ausfällt, da hierfür eine gute Funktion der Außenrotation und Innenrotation nötig ist, welche bei der inversen Prothese oft eingeschränkt ist. Jedoch gaben viele Patienten an, den Mantel so anzuziehen, dass eine starke Außenrotation der betroffenen Seite nicht nötig ist. Dies mag die Einschätzung der Probanden gegebenenfalls beeinflusst haben.

### Einfluss von Geschlecht, Alter und Nachuntersuchungszeitraum

Auch der Einfluss der Aspekte Geschlecht, Alter und Nachuntersuchungszeitraum auf den ASES-Score wurde untersucht.

Die weiblichen Probanden erreichten beim ASES-Score durchschnittlich 74,2 Punkte. Damit haben die Frauen ein schlechteres Ergebnis als die Männer erzielt, welche 83,3 Punkte erreichten. Da die Gruppe der Männer sehr klein war, wurde keine Signifikanztestung durchgeführt. Ähnliches zeigten Wong et al. in ihrer Studie. In dieser erreichten die Männer sogar einen signifikant besseren ASES-Score nach Versorgung mit einem inversen Prothesensystem als Frauen. Jedoch waren die Ergebnisse in den Punkten Schmerzen und Bewegungsausmaß ähnlich (99).

Genau wie beim Constant-Score erreichten die Probanden mit einem Alter von 77 Jahre oder jünger bessere Werte (79,3 Punkte) als die Patienten, die älter als 77 Jahre waren (70,9 Punkte). Dies könnte daran liegen, dass es im Alter zunehmend zu einer Atrophie des Deltamuskels kommt. Da dieser entscheidend für die Funktion der inversen Prothese ist, würde eine Atrophie dieses Muskels sich negativ auf die Funktion der Schulter auswirken. Auch ist es möglich, dass ein genereller Abbau der Beweglichkeit und Muskelkraft im Alter der Grund für diese

Unterschiede ist. Dies kann man auch an den abnehmenden Werten des Constant-Score der Gegenseite beobachten. Bei unserem Kollektiv kam es auf der Gegenseite zu einer Verschlechterung des Constant-Score vom präoperativen Zeitpunkt im Vergleich zum Score des letzten Zeitpunktes. Jedoch sind die Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen nicht signifikant. Dies lässt sich mit den oben beschriebenen Ergebnissen im Constant-Score vereinen.

Auch beim ASES-Score zeigte sich, dass die Probanden mit einem Nachuntersuchungszeitraum von mehr als 29 Monaten bessere Werte erreichten (79,9 Punkte) als die Probanden mit einer kürzeren Laufzeit (70,9 Punkte). Jedoch konnte hier kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Auch dieses Ergebnis passt zu den Ergebnissen des Constant-Score.

Bei Betrachtung unserer Ergebnisse zeigt sich somit, dass Alter, Geschlecht und Nachuntersuchungszeitraum sowohl beim ASES- als auch beim Constant-Score keinen signifikanten Einfluss haben. Jedoch haben sich bei beiden Scores vor allem in den Punkten Alter, Geschlecht und Nachuntersuchungszeitraum tendenzielle Unterschiede gezeigt. Deswegen können wir nicht abschließend feststellen, welchen Einfluss das Geschlecht, Alter und die Nachuntersuchungszeit haben. Hier wären größere Patientenkollektive nötig, um einen Zusammenhang sicher untersuchen zu können.

Vor allem das Alter ist hier ein wichtiger Aspekt, den es weiter zu verfolgen gilt, da die inverse Prothese vor allem bei Patienten ab 75 Jahren empfohlen wird (84). Hierbei wäre es interessant zu klären, ob jüngere Patienten ebenfalls von einer Versorgung mit einer inversen Prothese profitieren würden oder nicht. Beispielsweise lag bei der jüngsten Probandin unserer Studie ein Constant-Score von 71 Punkten und ein ASES-Score von 95 Punkten vor. Das Alter der Probandin betrug zum Zeitpunkt der OP 64 Jahre und liegt somit deutlich unter dem empfohlenen Alter. Jedoch sind die Ergebnisse sehr zufriedenstellend und die Probandin scheint von der Versorgung mit einer inversen Prothese profitiert zu haben.

Allgemeine Daten und Beweglichkeit in der Vergleichsliteratur										
Autor/ Jahr	Anzahl Patienten (=N) / (w:m)	Ø Alter (J.)	Ø FU (Mon.)	Ø CS (Pkt.)	Modi- fied CS	Ø ASES (Pkt.)	ROM Flex.	ROM Abd.	ROM ARO	ROM IRO (Höhe)
Cazen- euve et al. (2011) (22)	35 (33:2)	75	86	53	68 %	-	7,5/1 0	6,5/1 0	1/10	1/10
Cazen- euve et al. (2014) (23)	23 (21:2) 16 (für die Ana- lyse)	75,5	86	60	-	-	6,5/1 0	6,5/1 0	1,1/10	2,4/10
Cazen- euve et al. (2010) (20)	36 (34:2)	75	79,2	53	69,3 %	-	7,5/1 0	6,5/1 0	1/10	1/10
Buf- quin et al. (2007) (17)	43	78	22	44	66 %	-	97°	-	30°	-
Galli- net et al. (2009) (40)	16 (13:3)	74	12,4	53	-	-	97,5°	91°	9°	31°
Klein et al. (2008) (59)	20 (14:6)	74,85	33,29	67,85	-	68	122,6 7°	112,5 °	-	-
Grub- hofer et al. (2016) (44)	51(52 Prothe- sen) (45:6)	77	35	62	86 %	-	118°	111°	18°	5/10
Ross et	28 (29)	79	54,9	70,9	88 %	89,3	130°	113°	30°	-

al. (2015) (88)	Prothesen									
Lenarz et al. (2011) (63)	30	77	23	-	-	78	139°	-	27°	-
Reitman et al. (2011) (83)	13 (8:5)	70	28,8	67	-	-	125°	-	-	-
Valenti et al. (2012) (99)	27	78	22,5	54,8	80,27 %	-	112°	97°	12,7° (Arm an der Seite) 55° (bei 90° Abduktion)	-
Durchschnitt	29,27	75,76	43,92	58,56	76,26 %	78,43	-	-	-	-

Tabelle 34: Allgemeine Daten und Beweglichkeit in der Vergleichsliteratur

J.=Jahre, Mon.=Monate, CS=Constant-Score, ROM=Range of Motion, Pkt.=Punkte, Flex.=Flexion, Abd.=Abduktion, ARO=Außenrotation, IRO=Innenrotation

Constant-Score in der Vergleichsliteratur						
Autor	Constant gesamt	Relativer Constant	Constant Schmerz	Constant Aktivität	Constant Mobilität	Constant Kraft
Cazeneuve et al. (2011) (22)	53	68 %	13	13	16	11
Cazeneuve et al. (2014) (23)	60	-	14,1	13,3	16,5	16,1
Cazeneuve et al. (2010) (20)	53	69,3 %	12	13	16	12
Bufquin et	44	66 %	12,5	10,9	17,6	3,6

al. (2007) (17)						
Gallinet et al. (2009) (40)	53	-	13,1	13,2	21	4,8
Klein et al. (2008) (59)	67,85	-	-	-	-	-
Grubhofer et al. (2016) (44)	62	86 %	14	-	-	-
Ross et al. (2015) (88)	70,9	88 %	-	-	-	-
Lenarz et al. (2011) (63)	-	-	Im ASES 0,6 und VAS 1,0	-	-	-
Reitman et al. (2011) (83)	67	-	-	-	-	-
Valenti et al. (2012) (99)	54,8	80,27 %	13,5	14	23,07	4,59

Tabelle 35: Constant-Score in der Vergleichsliteratur

## 5.2.2. Radiologische Beurteilung

### Skapula-Notching

Eines der häufigsten Probleme nach Einbau eines inversen Prothesenmodells ist das Skapula-Notching (34). Angaben zur Häufigkeit liegen bei 0 bis 96 % (81). Erstmals wurde dieses Problem durch Sirveaux 1997 beschrieben zit. n.: (64, 65, 77).

Meist tritt die Komplikation nach circa sechs bis 14 Monaten nach der OP auf, also im frühen postoperativen Zeitraum (77).

Skapula-Notching entsteht durch repetitives Anschlagen des superior-medialen Humerus an den inferioren lateralen Teil des Skapulahalses (77, 81). Hierbei ist laut Lädemann et al. vermutlich nicht nur die Adduktion ursächlich, sondern auch andere Bewegungen und

Bewegungskombinationen des Schultergelenks (60). Durch das wiederholte Impingement kann es zu Osteolysen und Abrieb des Polyethyleninlays kommen (81).

In unserem Kollektiv lag das Skapula-Notching bei 36,84 %. Dabei ist zu bemerken, dass in der Gruppe der Univers Revers (Fa. Arthrex) kein Skapula-Notching auftrat. Aufgrund des frühen Auftretens des Skapula-Notching sollte die Nachuntersuchungszeit unserer beiden Gruppen keinen relevanten Unterschied spielen. Die Nachuntersuchungszeit betrug bei der Delta Xtend (Fa. Depuy) im Durchschnitt circa 34,6 Monate und bei der Gruppe der Univers Revers (Fa. Arthrex) 16,5 Monate. Da das Skapula-Notching in der Regel zwischen sechs bis 14 Monaten auftritt, hätte es in der Gruppe der Univers Revers (Fa. Arthrex) zum Nachuntersuchungszeitraum bereits zu einem Auftreten gekommen sein müssen. Ein anderer Grund für das Fehlen von Skapula-Notching kann der Inklinationwinkel der Univers Revers (Fa. Arthrex) sein. Bei der Univers Revers (Fa. Arthrex) wurde in allen Fällen ein Inklinationwinkel von  $135^\circ$  verwendet. Laut Gutierrez wirkt sich ein varischer Halsschaftwinkel positiv auf eine impingementfreie Adduktion aus (47). Gutierrez et al. formulierten weitere Faktoren zur Prävention des Auftretens eines Skapula-Notching. Dazu gehören eine inferiore Positionierung der Glenosphäre, ein laterales Offset und ein inferiorer Inklinationwinkel (47). Für eine inferiore Position der Glenosphäre empfehlen Ortmaier et al. den deltoideopektoralen Zugang, welcher eine bessere Darstellung der Glenoids erlaubt (81). Levigne et al. (64) zeigten zudem, dass bei der anterosuperiore Zugang zu 86 % mit Skapula-Notching assoziiert war und der deltoideopektorale Zugang nur zu 56 %.

In den Vergleichsstudien lagen die Werte des Skapula-Notching bei 0 bis 78,95 %. Die Studie mit der geringsten Rate in unseren Vergleichsstudien (99) berichtet, dass bei Verwendung einer weniger medialisierten Prothese kein Skapula-Notching nachgewiesen werden konnte. Dies entspricht auch den Ergebnissen, die durch Gutierrez et al. beschrieben wurden.

Trotz der zum Teil hohen Raten des Skapula-Notching wird dessen Bedeutung in der Literatur kontrovers diskutiert. Beispielsweise konnten Levigne et al. in ihrer Studie keine Korrelation zwischen dem Auftreten von Skapula-Notching und dem Constant Score oder dem Ausmaß der Motilität zeigen (64). Ebenso konnten auch Boileau et al. keinen Zusammenhang zeigen (13). Dagegen beschrieben Sirveaux et al. eine Korrelation zwischen Skapula-Notching und dem Constant-Score (93). Auch das Fortschreiten des Grades des Skapula-Notching ist noch nicht eindeutig geklärt (77). Jedoch sind einige Einflussfaktoren bekannt, die ein Skapula-Notching begünstigen. Diese sind beispielsweise eine Arthropathie der Rotatorenmanschette, die fettige Infiltration des M. infraspinatus, eine superiore Erosion des Glenoids oder ein verringerter

Abstand des acromiohumeralen Abstandes (34, 77). In den Untersuchungsgruppen liegen uns zusätzlich zu den Bildern des letzten Zeitpunkts auch Bilder nach sechs Monaten vor. Somit konnte bei zwölf Patienten der Verlauf des Skapula-Notching von sechs Monaten mit dem zum späteren Zeitpunkt verglichen werden. Im Verlauf ist es zu keinen Veränderungen des Skapula-Notching gekommen. Cazeneuve et al. berichten in ihrer Studie, dass der Progress des Skapula-Notching mit der Länge des Zeitraums zunahm (22). Gleiches berichten auch Levigne et al. (65). Dagegen berichten Bufquin et al., dass es bei Patienten mit Skapula-Notching, welches vor dem ersten Jahr aufgetreten war, zu keiner Ausweitung des Notching kam (17). In unserer Studie ist es über die Zeit zu keiner Verschlechterung gekommen ist.

### Einheilung der Tubercula

Des Weiteren untersuchten wir die Einheilung der Tubercula. Es zeigte sich, dass es bei insgesamt fünf Tubercula zu einer anatomischen Einheilung gekommen war (drei Tubercula majores und zwei Tubercula minores). Weitere sieben heilten substanzgemindert ein (fünf/zwei). Elf Tubercula waren disloziert (fünf/sechs) und weitere 15 nicht nachweisbar (sechs/neun).

Bei Bufquin et al. kam es bei 19 von 43 Patienten zu einer sekundären Dislokation, bei fünf Patienten zu einer Fehleinheilung und bei 14 Patienten zu gar keiner Einheilung (17). Reitman et al. berichten in ihrer Studie bei 13 Patienten von fünf Einheilungen, vier Resorptionen und von vier Fällen, in denen es zu keiner Einheilung kam (83). Ein direkter Vergleich der Einheilungsraten ist jedoch schwierig, da der Erfolg der Einheilung stark von der vorliegenden Fraktur und weiteren Faktoren abhängt.

Grubhofer et al. geben in ihrer Studie an, dass sie bei den Patienten, bei denen es zu einer sekundären Dislokation der Tubercula gekommen war und bei denen keine Rekonstruktion möglich war, zu signifikant schlechteren Ergebnissen im Constant-Score kam (44).

Bufquin et al. zeigen in ihrer Studie, dass die Außenrotation besser war, wenn es zu einer anatomischen Einheilung des Tuberculum majus gekommen war (17). Gallinet et al. konnten in ihrer Studie zeigen, dass bei eingehheilten Tubercula bessere Ergebnisse der Motilität und des Constant-Score vorlagen (39).

Im Vergleich zu der anatomischen Frakturprothese ist die Einheilung der Tubercula in der inversen Prothese nicht von so großer Wichtigkeit für die Abduktion (68). Durch eine Rekonstruktion der Tubercula ist jedoch vermutlich auch die Stabilität erhöht und der

entstehende Totraum ist kleiner als ohne Rekonstruktion. Auch wenn im Vergleich die Einheilung nicht so eine große Relevanz wie in der Hemiprothese hat, sollte eine Rekonstruktion aufgrund der gezeigten Vorteile angestrebt werden.

#### Einheilung der Tubercula im Verlauf

Für die Beurteilung lagen ebenfalls Röntgenaufnahmen vom Zeitpunkt sechs Monate nach der Operation vor. Hierbei betrachteten wir, ob es bei der Tuberculaeinheilung zu Veränderungen gegenüber den Bildern nach mindestens 24 Monaten gekommen war. Bei zwölf Patienten lagen uns Bilder zu allen drei Untersuchungszeiten vor.

In der Gruppe der Delta Xtend (Fa. Depuy) waren insgesamt zehn Tubercula majores rekonstruiert worden und sieben Tubercula minores. Zu den jeweils letzten Zeitpunkten waren bei den Tubercula majores nur sechs eingehilt (60 %) und bei den Tubercula minores nur vier (57,1 %).

Die Zahl der nicht nachweisbaren Tubercula majores nahm um zwei zu. Die Zahl der dislozierten nahm dagegen um zwei Tubercula ab. Insgesamt veränderte sich die Anzahl der eingehielten Tubercula nicht, jedoch waren nur noch zwei anatomisch eingehilte Tubercula nachweisbar, im Gegensatz zu drei zum vorherigen Zeitpunkt. Bei den substanzgeminderten Tubercula nahm die Zahl um eins zu.

Bei den Tubercula minores verhielt sich dies ein wenig anders. Zum ersten Zeitpunkt waren sechs Tubercula nicht nachweisbar und nach mindestens 24 Monaten nur noch vier. Die Zahl der substanzgemindert eingehielten Tubercula änderte sich nicht. Bei den anatomisch eingehielten Tubercula stieg die Anzahl um eins an. Auch bei den dislozierten war es zum letzten Untersuchungszeitpunkt ein Tuberculum mehr.

Diese unerwartete Entwicklung der Tubercula minores kann verschiedene Gründe haben: So wurden die Röntgenbilder nicht immer von derselben radiologischen Praxis durchgeführt. Zudem kann bei den Bildern jeweils eine veränderte Projektion im Vergleich zu den Vorbildern vorliegen, sodass Tubercula, die vorher nicht zu sehen waren, auf dem jeweils anderen Bild zu sehen waren. Auch sind die Tubercula minores sehr klein und teilweise schwierig von dem umgebenden Knochengewebe abzugrenzen. Zudem wird das Tuberculum minus intraoperativ bewusst etwas ausgedünnt, um eine mögliche Steife zu verhindern. Dies erschwert zusätzlich das Erkennen auf dem Röntgenbild. Bei den Tubercula majores ist der Verlauf tendenziell eher der zu erwartende gewesen.

Insgesamt sind die Daten zu den Verlaufswerten der Tubercula zu gering, um diesbezüglich eine genaue Aussage treffen zu können. Für fundierte Aussagen wären größere Fallstudien nötig.

#### Einheilung des Tuberculum majus in Bezug auf klinische Scores

Neben dem Verlauf der Einheilung der Tubercula prüften wir, ob es einen Zusammenhang zwischen der Einheilung des Tuberculum majus und den klinischen Scores gab.

Es zeigte sich, dass bei einem eingeheilten Tuberculum majus bei allen drei Scores etwas bessere Mittelwerte erzielt wurden als in der Gruppe, in der das Tuberculum majus disloziert oder nicht nachweisbar war (siehe Tabelle 36). Jedoch waren diese Unterschiede nicht sehr groß, was vermuten lässt, dass womöglich kein deutlicher Vorteil der Einheilung des Tuberculum majus gegenüber einem Nicht- oder Fehleinheilen besteht. Eine Signifikanztestung war aufgrund der geringen Kohortengröße leider nicht möglich. Somit können wir an dieser Stelle nicht prüfen, ob eine Einheilung des Tuberculum einen deutlichen Nutzen hat oder nicht. Zudem zeigte sich, dass die maximalen Werte beider Gruppen kaum Unterschiede aufwiesen. Dies lässt vermuten, dass auch bei nicht eingeheilten Tubercula klinisch gute Ergebnisse möglich sind und dass die Schulterfunktion nicht so stark von der Einheilung der Tubercula abhängig ist. Longo et al. beschreiben in ihrem Review ebenfalls, dass nicht- oder fehleingeheilte Tubercula nicht so starke negative Effekte bei der Versorgung mit einer inversen Prothese haben (68). Bei den minimalen Werten der beiden Gruppen zeigten sich jedoch größere Unterschiede. In der Gruppe mit disloziertem oder nicht nachweisbarem Tuberculum majus wurde für alle drei Scores jeweils der geringste Wert nachgewiesen. Dies lässt den möglichen Schluss zu, dass es bei nicht eingeheilten Tubercula eine größere Streuung der klinischen Funktion der Schulter gibt. Dementsprechend lässt sich die Hypothese aufstellen, dass eine adäquate Einheilung des Tuberculum majus eine besser vorhersagbare Funktion der klinischen Ergebnisse zulässt. Dagegen scheinen auch ohne eine adäquate Einheilung der Tubercula gleichwertige Ergebnisse möglich zu sein, allerdings mit einer größeren Streuung und einem höheren Risiko von schlechteren Werten. Jedoch lässt sich diese Hypothese aufgrund der geringen Fallzahl nicht prüfen. Weitere Studien wären nötig, um dem weiter nachzugehen.

<b>Tuberculaeinheilung gegenüber klinischen Scores</b>						
	Tuberculum majus eingeheilt			Tuberculum majus disloziert oder nicht nachweisbar		
	Absoluter Constant-Score	Relativer Constant-Score	ASES-Score	Absoluter Constant-Score	Relativer Constant-Score	ASES-Score
N	8	8	8	11	11	11
Mittelwert	65,5	96,0	81,0	63,5	93,0	79,1
Median	67,5	100,1	81,7	65,0	101,4	80,0
Standardabweichung	14,0	19,3	10,7	16,2	24,0	16,9
Varianz	195,4	371,9	114,2	261,5	574,4	284,3
Minimum	41	64	67	35	51	50
Maximum	83	120	98	83	120	97

*Tabelle 36: Tuberculaeinheilung gegenüber klinischen Scores*

### Lockerungszeichen

In der Gruppe der Delta Xtend (Fa. Depuy) konnte bei keinem Patienten zu beiden Zeitpunkten ein Lockerungszeichen nachgewiesen werden. In der Gruppe der Univers Revers (Fa. Arthrex) lag bei einem der sechs Patienten zu beiden Zeitpunkten eine komplette Schaftlockerung vor. Hierbei handelt es sich vermutlich um eine septische Lockerung, welche jedoch nicht diagnostisch gesichert werden konnte, da die Patientin eine weitere Therapie und Diagnostik verweigerte. Im Falle einer septischen Lockerung, wäre diese Komplikation auch bei einem anderen Prothesenmodell möglich. Bei zwei Patienten wurden in den Röntgenbildern nach sechs Monaten Lysesäume am distalen beziehungsweise proximalen Schaft beschrieben. In beiden Fällen wurde der Prothesenschaft zementiert. Die Lysesäume könnten ein Zeichen für die Veränderung der Lastverteilung sein. Zudem wurden diese bei den letzten Röntgenbildern nicht beschrieben. Grund hierfür mag auch die unterschiedliche Qualität der Aufnahmen sein. Jedoch ließ sich in unseren Gruppen somit nicht zeigen, dass es im Verlauf zu einer Häufung der Lockerung der Prothese kam. Allerdings ist das beschriebene Kollektiv zu klein um diesbezüglich eine definitive Aussage treffen zu können.

In den Vergleichsstudien wird ebenfalls selten von kompletten Lockerungen des Schafts berichtet. Jedoch treten Lysesäume des Öfteren auf. Beispielsweise wird bei Cazeneuve einem Follow-Up von 86 Monaten von sechs humeralen Lysesäumen berichtet bei (22) oder bei

Gallinet et al. von fünf bei einem Follow-Up von 12,4 Monaten (40). Dagegen ist es bei Lenarz et al. (Follow-Up 23 Monate) und Klein et al. (Follow-Up 33,29 Monate) weder zu Lockerungszeichen noch zu Lysesäumen gekommen (59, 63) (siehe Tabelle 37). Der Einfluss des Follow-Up kann hier noch nicht abschließend geklärt werden, da die Zahl der radiologischen Auffälligkeiten in den Vergleichsstudien keinen klaren Trend erkennen lässt.

<b>Radiologische Ergebnisse in der Vergleichsliteratur</b>			
Autor	Skapula-Notching (n) = Gesamtzahl Patienten	Tubercula	Lockerungszeichen
Cazeneuve et al. (2011) (22)	20/57 % (35) 8xI, 5xII, 4xIII, 3xIV	-	1 (Metaglène), 6 humeraler Lysesaum, 4 humeraler Knochenschwund
Cazeneuve et al. (2014) (23)	11/47,83 % (23)	-	1 (Glenoid), 5 humeraler Lysesaum
Cazeneuve et al. (2010) (20)	19/52,78 % (36)	-	1 (Basisplatte), 1 Lysesaum Glenoid, 1 humeraler Lysesaum
Bufquin et al. (2007) (17)	10/25 % (43) Feststellung vor Ende des ersten Jahres	19/53 % sekundäre Dislokationen mit 5x falscher Einheilung 14x keine Einheilung	1 glenoidaler Lysesaum
Gallinet et al. (2009) (40)	15/78,95 % (19) (6xI, 6xII, 3xIII)	-	5 humeraler Lysesaum
Klein et al. (2008) (59)	1 /4,76 %(21) 1xI		Kein Lysesaum, keine Lockerung

Grubhofer et al. (2016) (44)	33/63 % (52) 18xI, 9xII, 2xIII, 4xIV	44 eingehheilte Tubercula, 4 sekundäre Dislokation des Tub. maj, 4 keine Rekonstruktion (bei diesen 8 war der CS signifikant schlechter)	Keine Lockerung
Ross et al. (2015) (88)	4/13,79 % (29) , 4x Grad I, (25x Grad 0)	10x Auflösung der Tub. maj., 5x beim Tub. Min.	3 glenoidaler Lysesaum, 2 humeraler Lysesaum
Lenarz et al. (2011) (63)	1 / 3,33 % (1xI) (30)	1x Fehleinheilung des Tub. Maj	Kein Lyseaum, keine Lockerung
Reitman et al. (2011) (83)	3 /23,08 % (13)	5x Einheilung der Tubercula, 4x keine Einheilung, 4x Resorption	Keine Lockerung
Valenti et al. (2012) (99)	0/0 % (weniger medialisierte Prothese) (30)	2x Resorption	1 glenoidaler Lysesaum

Tabelle 37: Radiologische Ergebnisse in der Vergleichsliteratur

Tub. maj. = Tuberculum majus, Tub. min.= Tuberculum minus, CS = Constant-Score

### 5.3. Komplikationen

Insbesondere zu Beginn der Verwendung der inversen Prothese ist es zu vielen Komplikationen gekommen. Durch Verbesserung des Designs und der Biomechanik konnte die Rate an Komplikationen verringert werden. Diese sind aber wie oben beschrieben immer noch höher als bei anatomischen Prothesen (34, 81) und sollen im Folgenden erklärt werden.

### Glenoidkomponente

Das Glenoid ist eine häufige Lokalisation von Komplikationen. Hier kann es zu Glenoidlockerung, -dissoziation, Skapulahalsfrakturen und Lösen der Schrauben kommen (34). Die Lockerung des Glenoids ist dabei die häufigste Komplikation. In der Studie von Guery et al. wurde diese mit einer Prävalenz von 16 % beschrieben zit.n.: (81). Späte Lockerungen treten oft infolge glenoidaler Knochenverluste auf, die beispielsweise durch Skapula-Notching entstehen (81). Risikofaktoren für die Glenoidlockerungen sind ein weibliches Geschlecht, ein Alter von weniger als 70 Jahren und ein superolateraler Zugang (34). Faktoren, die sich ebenfalls negativ auf die Stabilität der Basisplatte auswirken, sind knöchernen Defekte des Glenoids und eine schlechte Knochenstruktur desselben. In diesen Fällen kann je nach Ausmaß des Schadens eine Maßnahme zum Knochenaufbau nötig werden (81).

Die Ergebnisse der Studie von Gutierrez et al. zeigen, dass ein inferiorer Inklinationwinkel und eine Glenosphäre im unteren Teil des Glenoids bezüglich Kraftverteilung und Mikrobewegungen die beste Option darstellen (46). Auch in einer weiteren Arbeit zeigten Gutierrez et al., dass sich ein inferiorer Inklinationwinkel günstig auf die Kraftverteilung auswirkt. Ebenfalls wirkt sich laut Boileau et al. eine Lateralisation des Drehzentrums positiv auf die Stabilität aus und reduziert zudem das Auftreten von Skapula-Notching (10).

### Hämatome

Nach Einbau einer inversen Prothese kommt es relativ häufig zu Ausbildungen von Hämatomen. Diese werden mit einer Häufigkeit von 1 bis 20 % beschrieben (25). Als möglicher Grund für die Entwicklung von Hämatomen wird von Cheung et al. das höhere Risiko eines Hohlraums bei inversen Prothesen im Vergleich zu anatomischen Prothesen aufgeführt (25). Durch ein Hämatom besteht eine erhöhte Gefahr für die Ausbildung von Infektionen, da es für Keime ein gutes Milieu bietet (26). Des Weiteren kann ein erneuter Eingriff mit Hämatomausräumung nötig werden. Deshalb ist auf eine gute Blutstillung und die Einlage von Drainagen zu achten (81). Außerdem wird die präoperative Prüfung der Blutgerinnung und eine eventuell nötige Verbesserung empfohlen (81). In unserer Studie ist es zu einer Ausbildung von zwei Hämatomen gekommen.

## Infektionen

Infektionen bei inversen Prothesen werden wie oben erwähnt mit einer Häufigkeit 1 bis 15 % beschrieben (5). Es handelt sich um schwerwiegende Komplikationen, die weitere Probleme zu Folge haben können. Daher sollte die Prophylaxe von Infektionen einen hohen Stellenwert im prä-, peri- und postoperativen Management haben. Dazu gehören beispielsweise eine intravenöse Antibiotikaprophylaxe, der präoperative Ausschluss von Infektionen und Verfahren zur Reduktion der Häufigkeit von Hämatomen (81). Faktoren, die mit einer erhöhten Rate an Infektionen einhergehen sind Begleiterkrankungen wie Diabetes mellitus, rheumatoide Arthritis, Übergewicht und weitere (81). Ebenfalls werden Hämatome und Revisionseingriffe mit einer erhöhten Rate von Infektionen in Verbindung gebracht (25).

Zu den typischen Erregern für Infektionen gehören neben *Staphylococcus aureus* und *Staphylococcus epidermidis* auch *Propionibacterium acnes* (81). Dieses Bakterium verursacht vor allem low-grade Infektionen, die spät auftreten und oft chronisch verlaufen und stellt somit eine besondere klinische Herausforderung dar (34).

## Instabilitäten

Nach Einbau einer inversen Prothese kann es außerdem zu Instabilitäten kommen. Luxationsraten werden mit einer Häufigkeit von 0 bis 14 % (34) und 2 bis 31 % beschrieben (81) und treten meist nach 48 Stunden bis fünf Monate postoperativ auf (3). In den meisten Fällen sind die Ursachen atraumatisch (3). Alikhah et al. beschreiben, dass es in den letzten Jahren eher zu rückläufigen Zahlen der Instabilität gekommen sei (3). Gründe für eine Instabilität sind zu geringe kompressive Kräfte durch eine unzureichende Deltaspannung oder eine nicht ausreichende Humerussockeltiefe (34, 81). Weitere Faktoren, die die Ausbildung von Instabilitäten beeinflussen, sind Infektionen, Muskelfunktionsstörungen und Nervenläsionen (81). Zusätzliche Aspekte, die die Stabilität beeinflussen, sind die Prothesenkomponenten selbst, abhängig von ihrer Ausrichtung und Größe. Auch ein Impingement von knöchernen Strukturen und Weichteilen steht in der Diskussion, die Stabilität zu beeinflussen (5). Des Weiteren werden patientenspezifische Faktoren beschrieben, die mit einem erhöhten Risiko für Instabilitäten einhergehen. Diese sind unter anderem das männliche Geschlecht, ein junges Alter, ein hoher präoperativer passiver Bewegungsumfang und vorangegangene operative Eingriffe (3). Im Fall einer Luxation ist eine frühzeitige Reposition mit anschließender Immobilisation angezeigt (3).

### Neurologische Komplikationen

Des Weiteren werden nach dem Einsetzen inverser Prothesen neurologische Probleme beschrieben. Diese betreffen vor allem den Plexus brachialis und seine abgehenden Nerven, wie den Nn. Axillaris, radialis, ulnaris und musculocutaneus (34). Oft handelt es sich bei den neurologischen Komplikationen um transiente Formen, die sich selbst wieder zurückbilden (25, 34, 81). Bufquin et al. berichten in ihrer Studie zu inversen Prothesen nach Drei- und Vierfragmentfrakturen von fünf neurologischen Komplikationen bei insgesamt 43 Patienten. Bei nur zwei Patienten kam es zu bleibenden Parästhesien in den Fingern (17). Lädemann et al. konnten in einer Untersuchung von insgesamt 41 Patienten zeigen, dass es bei Versorgung mit einer inversen Prothese signifikant öfter zu neurologischen Schäden gekommen ist als bei anatomischen Prothesen. Als möglicher Grund hierfür wird die Verlängerung des Arms und die damit einhergehende Dehnung der Nerven diskutiert (61). Gerade bei Frakturen des proximalen Humerus ist die präoperative Prüfung des neurologischen Status wichtig, da oft bereits durch den Traumamechanismus neurologische Schäden auftreten können.

### Intra- und postoperative Frakturen

Einige weitere Komplikationen sind intra- oder postoperative Frakturen. Diese können wie oben beschrieben am Humerus, der Skapula, am Glenoid und am Akromion entstehen (5, 25, 32).

Glenoidfrakturen entstehen vor allem intraoperativ beispielsweise durch falsches „Reaming“ (25). Intraoperative Humerusfrakturen entstehen meist durch starke Hebelkräfte bei Präparation des Humerus. Periprothetische und postoperative Humerusfrakturen sind eher am distalen Teil des Prothesenschaftes lokalisiert (81).

Des Weiteren besteht die Gefahr von Akromionfrakturen. Diese werden mit einer Häufigkeit von 3 % beschrieben (25). Grund hierfür mag die erhöhte Deltaspannung bei einem bereits vorgeschädigten Akromion sein (5).

Obwohl die Komplikationsraten hoch sind, werden diese aufgrund der guten funktionellen Ergebnisse in Kauf genommen. Jedoch sollten Komplikationen durch verschiedene Maßnahmen möglichst geringgehalten werden, da die Funktionsergebnisse vor allem nach Revisionen durch eine Komplikation deutlich eingeschränkt sind (34).

In unserer Studie kam es bei sieben von 35 Patienten zu einer Komplikation. Somit liegt die Komplikationsrate bei 20 %. Bei vier der Komplikationen handelte es sich neurologische

Komplikationen (11,4 %), bei zwei Patienten kam es zu einem Hämatom mit Revisionseingriff (5,7 %). Bei einem Patienten zeigte sich im letzten Röntgenbild eine Lockerung (2,9 %) (siehe Tabelle 38).

<b>Komplikationen</b>	
Neurologische Komplikationen	4/11,4%
Hämatom mit Revision	2/5,7%
Lockerungszeichen im Röntgen	1/2,9%
Gesamt	7/20%

*Tabelle 38: Komplikationen des Gesamtkollektivs*

Im Vergleich zu anderen Studien liegen die Komplikationsraten unserer Studie in ähnlichen Bereichen (siehe Tabelle 39). Die untersuchten Studien zeigen Komplikationsraten, die von 3,6 bis 30,8 % reichen.

Einen großen Anteil nehmen in unserem Kollektiv mit 11,4 % die neurologischen Komplikationen ein. Bei einem Patienten kam es eine Woche nach der Operation zu einem N. ulnaris Syndrom. Bei einem weiteren Patienten lag eine Parese des N. axillaris vor. Ein weiterer Patient gab in der aktuellen Nachuntersuchung Kribbelparästhesien im Schulterbereich an. Diese waren in der vorherigen Nachuntersuchung nach sechs Monaten nicht dokumentiert worden. Hier ist also nicht klar, aus welchem Grund es zu diesen Beschwerden gekommen ist und wann genau diese das erste Mal auftraten. Somit kann nicht klar bestätigt werden, dass diese Symptome Folge der Implantation sind oder festgestellt werden, ob sie eine andere Genese haben. Bei dem vierten Patienten waren eine Plexusläsion und eine proximale Radialisläsion bekannt. Die Parese des N. axillaris und die Plexusläsion mit proximaler Radiusläsion stellen hier die schwerwiegenden Komplikationen unserer Studie dar. Bei den genannten neurologischen Komplikationen gilt es zu bedenken, dass die Patienten unserer Studie standardmäßig mit einer interskalenären Nervenblockade versorgt wurden. Hierbei können ebenfalls neurologische Komplikationen auftreten. Borgeat et al. berichten beispielsweise von Plexusläsionen, Neuropathien und dem komplexen regionalen Schmerzsyndrom nach einer interskalenären Nervenblockade. Dabei war nach neun Monaten allerdings nur noch die Plexusläsion symptomatisch (15). Ähnliche Werte neurologischer

Komplikationen liegen bei Bufquin et al. vor, die bei 41 Patienten von fünf neurologischen Komplikationen (12,2 %) berichten (17). In anderen Studien werden keinen neurologischen Komplikationen beschrieben (22, 23, 40, 59). Eine Begründung dieser großen Unterschiede ist schwierig. Ein Kritikpunkt unserer Erhebung ist, dass aus uns vorliegenden Daten nicht klar hervor ging, ob eventuell doch präoperative Verletzungen vorlagen. Auch wäre hier interessant zu wissen, ob bei diesen Patienten eventuell eine deutlich größere Verlängerung des Humerus vorlag als bei den anderen Patienten, was wie oben beschrieben eine mögliche Ursache für die Komplikation sein kann. Zudem ist es möglich, dass neurologische Komplikationen durch einen interskalenären Schmerzkatheter beziehungsweise während dessen Anlage entstehen (15). Eine genauere Evaluation der Ursache dieser hohen Raten wäre sinnvoll.

Des Weiteren kam es in unserem Kollektiv in zwei Fällen zu Ausbildungen von Hämatomen, bei denen eine Revision nötig wurde. Diese Komplikation wurde in den untersuchten Studien nur von Reitmann et al. in einem von 70 Fällen beschrieben (83). Es ist fraglich, ob in unseren Fällen Risikofaktoren vorlagen, die die Entwicklung eines Hämatoms begünstigten. Durch die behandelnden Ärzte unseres Kollektivs wird standardmäßig bei Einbau einer inversen Prothese eine Redon-Drainage eingelegt, welche also als Prävention gegen die Ausbildung der Hämatome dient. Weiterführend wäre also eine genauere Untersuchung der Ursachen sinnvoll.

Bei einer weiteren Patientin wurde im Röntgenbild ein Lockerungszeichen festgestellt. In der klinischen Untersuchung berichtete die Patientin zudem von Schmerzen im Schaftbereich. Aufgrund dessen entschieden wir, dieses radiologische Zeichen zu den Komplikationen zu zählen. Trotz einer Revisionsempfehlung wurde auf Wunsch der Patientin eine konservative Therapie fortgeführt. Es ist möglich, dass es bei dieser Patientin zu einer septischen Lockerung gekommen ist. Hierfür sprechen erhöhte CRP-Werte im postoperativen Verlauf. Jedoch konnte dies nicht bestätigt werden, da die Patientin einer weiteren Diagnostik nicht einwilligte.

Komplikationen in Vergleichsliteratur					
Autor/Jahr	Anzahl Patienten (=N) / (w:m)	Ø Alter (J.)	Ø FU (Mon.)	Komplikationen	Prozent (%)
Cazeneuve et al. (2011) (22)	35 (33:2)	75	86	CRPS (2), Infektion (1), Dislokation (4), Lockerung der Metaglène (1)	22,9
Cazeneuve et al. (2014) (23)	23 (21:2) 16 für die Analyse	75,5	86	CRPS (2), Infektion (1), anteriore Dislokation (1)	17,4
Cazeneuve et al. (2010) (20)	36 (34:2)	75	6,6J	Infektion (1), anteriore Dislokation (1), superiore Dislokation (3), transientes CRPS (2)	19,44
Bufquin et al. (2007) (17)	41	78	22	CRPS (3), neurologische Komplikationen (5), anteriore Dislokation (1)	20,93
Gallinet et al. (2009) (40)	16 (13:3)	74	12,4	Infektion (1), oberflächliche Infektion (1), CRPS (1)	18,75
Klein et al. (2008) (59)	20 (14:6)	74,85	33,29	2 Dislokationen bei einem Patienten (1), Infektion (2)	15

Grubhofer et al. (2016) (44)	51 (52 Prothesen) (45:6)	77	35	Revision (4)	7,70
Ross et al. (2015) (88)	28 (29 Prothesen)	79	54,9	Postoperative Lähmung des N. axillaris (1)	3,45
Lenarz et al. (2011) (63)	30	77	23	CRPS (1)	3
Reitman et al. (2011) (83)	13 (8:5)	70	2,4J	Lähmung N. axillaris (2), Lähmung N. radialis (1), Hämatom mit Entleerung (1)	30,77
Valenti et al. (2012) (99)	27	78	22,5	Parese des Deltamuskels (1)	3,7

Tabelle 39: Komplikationen in der Vergleichsliteratur

FU=Follow-Up, Mon.=Monate, J.=Jahre, CRPS = complex regional pain syndrom

## 5.4. Behandlungsalternativen

Für die Behandlung einer proximalen Humerusfraktur stehen viele Therapiemöglichkeiten zur Verfügung, die neben der konservativen Therapie verschiedene operative Verfahren beinhalten. Zu diesen zählen die Schraubenosteosynthesen, minimalinvasive Techniken, die Nagelosteosynthese, die Plattenosteosynthese und endoprothetische Verfahren. Zu den endoprothetischen Verfahren gehören die Hemiprothese und die inverse Prothese. Aufgrund der Vielzahl von Behandlungsmöglichkeiten und der Komplexität der proximalen Humerusfraktur ist eine Therapieentscheidung nicht einfach. Für unsere Studie sind vor allem die konservative Therapie, die Versorgung mit einer Platten- und Nagelosteosynthese und endoprothetische Versorgungen interessant, da diese die vorrangigen Alternativen bei komplexen Humerusfrakturen bei einem älteren Patientenkollektiv sind (36). Auf diese wird im Folgenden

genauer eingegangen.

### Konservative Therapie

Die konservative Therapie proximaler Humerusfrakturen ist vor allem nicht oder gering dislozierten Humeruskopffrakturen vorbehalten (36). Auch Zweifragmentfrakturen und impaktierte Valgusfrakturen können mit zufrieden stellenden Ergebnissen konservativ behandelt werden (30, 49). Jedoch zeigten Edelson et al. (33), dass es sogar bei komplexen Frakturen des proximalen Humeruskopfes nach konservativer Behandlung zu einer akzeptablen Schmerzlinderung und einer ausreichenden Funktionalität kommt. Jedoch sind die Bewegungsausmaße stark eingeschränkt (33).

Zyto et al. (104) untersuchten in ihrer Studie die Ergebnisse von dislozierten multifragmentären Humeruskopffrakturen bei älteren Patienten mit einem minimalen Follow-Up von zehn Jahren. Hierbei ergab sich für die Gruppe der Dreifragmentfrakturen ein Constant-Score von 59 Punkten und für die Vierfragmentfrakturen ein Constant-Score von 47 (104). Song et al. zeigen dagegen in ihrer Metaanalyse, dass in den klinischen Outcomes zwischen operativer und konservativer Therapie keine signifikanten Unterschiede bestehen und dass die konservative Therapie effektiv vor weiteren Operationen und Komplikationen schützen kann. Allerdings war die inverse Prothese in der operativen Gruppe nicht vertreten (94). Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Beks et al.. In ihrer Metaanalyse zeigten sich keine Unterschiede im klinischen Outcome zwischen operativer und konservativer Therapie. Jedoch sei es in der operativen Gruppe öfter zu erneuten Eingriffen gekommen. Sie empfehlen bei Patienten über 65 Jahren mit dislozierter proximaler Humerusfraktur eine konservative Therapie (8). In einer aktuellen Studie haben Roberson et al. (85) die Unterschiede zwischen konservativer Therapie und inverser Prothese bei Drei- und Vierfragmentfrakturen verglichen. Hierbei zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in den beiden Gruppen (85). Roberson et al. schlussfolgern nur minimale Vorteile der inversen Prothese gegenüber der konservativen Therapie.

Komplikationen der konservativen Therapie betreffen keine Ausheilung der Fraktur, eine Ausheilung in Fehlstellung, ein subakromiales Impingement, einen Wechsel auf ein operatives Verfahren, Arthritis, Humeruskopfnekrose, Schulterschmerzen und Schultersteife (55, 76). Iyengar et al. zeigten in ihrer Übersichtsarbeit mit insgesamt 650 Patienten, dass die Gesamtkomplikationsrate bei 13 % lag. Hierbei war die Einheilung in Varusfehlstellung mit 7 % die häufigste (55). In Abhängigkeit von Alter, Funktionsanspruch und weiteren Faktoren ist die

konservative Therapie eine gute Alternative zu operativen Verfahren. Dieses Verfahren sollte vor allem bei geringfügigen Frakturen in Betracht gezogen werden. Jedoch kann es auch bei komplexeren Frakturen, gerade bei älteren Patienten mit geringem Funktionsanspruch, eine gute Alternative sein.

### Plattenosteosynthese

Die Plattenosteosynthese ist eine mögliche Therapieform bei Zwei-, Drei- und Vierfragmentfrakturen vor allem bei jüngeren Patienten (32). Sie ist ein gutes Verfahren, um eine anatomische Rekonstruktion und eine gute Primärstabilität zu erreichen (1). Jedoch wird dies durch komplexe Frakturen und eine osteoporotische Knochenstruktur erschwert. Gerade das ist jedoch bei einem Patientenkollektiv wie dem unseren der Fall. Viele Patienten, die dem typischen Patientenkollektiv entsprechen, sind wie oben beschrieben ältere Frauen, welche häufig von Osteoporose und einer schlechten Knochenstruktur betroffen sind. Diese Faktoren gilt es zu bedenken, wenn die Erwägung einer Versorgung mit einer Plattenosteosynthese besteht.

Im Vergleich zwischen der Plattenosteosynthese und der konservativen Therapie gibt es in der Literatur widersprüchliche Ergebnisse. Fjalestad et al. konnten in ihrer Studie keine signifikanten Vorteile für eine Plattenversorgung beweisen (35). Der Constant-Score bei konservativer Therapie nach zwölf Monaten war hier besser als der nach operativer Therapie, wenn auch nicht signifikant. Lediglich die radiologischen Ergebnisse für die operative Therapie waren signifikant besser als bei der konservativen Therapie. Dagegen zeigten Olerud et al. in den klinischen Ergebnissen ihrer Studie einen Vorteil der Plattenosteosynthese gegenüber der konservativen Therapie bei Dreifragmentfrakturen. Jedoch war bei 30 % der Patienten aufgrund von Komplikationen eine weitere Operation nötig (80). Zusätzlich geben Gupta et al. in ihrer Studie an, dass die Plattenversorgung im klinischen Outcome dem der Hemiprothese und der inversen Prothese überlegen ist (45).

Grawe et al. untersuchten in ihrer Studie Patienten mit Drei- und Vierfragmentfrakturen, die mit einer Plattenosteosynthese versorgt worden waren. Die Gruppe der Patienten unter 65 Jahre erzielte einen Constant-Score von 88 und die Patienten über 65 Jahre erreichten 82 Punkte (43). Moonot et al. beschreiben in ihrer Studie mit einem Follow-Up von 11 Monaten und Angaben von 31 Patienten einen mittleren Constant-Score von 66 Punkten. Ebenfalls zeigten sie, dass es keine signifikanten Unterschiede in diesem Score in der Gruppe „jünger als 60“ und „älter als 60“ gab (75). Es bleibt aber dennoch unklar, ob es einen signifikanten Unterschied bei anderen

Altersverteilungen gegeben hätte.

Komplikationen der Plattenosteosynthese umfassen unter anderem Schraubenpenetrationen, subacromiales Impingement, Osteonekrose, sekundären Repositionsverlust, Implantatversagen, Infektionen und Pseudarthrosen (36, 98). Beispielsweise wird die Inzidenz von avaskulären Nekrosen mit 8 % und die von Schraubenpenetrationen mit 12 % angegeben (95).

Einige dieser Komplikationen führen zu Revisionseingriffen. Thanasas et al. geben die Rate von erneuten Operationen beispielsweise mit 14 % an (95). Es wird ebenfalls in Studien, die vor allem Drei- und Vierfragmentfrakturen untersuchten, berichtet, dass ein Revisionseingriff in bis zu über 50 % nötig war (98). Vachtsevanos et al. geben an, dass dislozierte Vierfragmentfrakturen und Frakturdislokationen vor allem bei älteren Patienten mit geringen Funktionsansprüchen eher primär endoprothetisch versorgt werden sollten, anstatt mit einer Plattenosteosynthese (98).

Das Risiko eines Revisionseingriffes gilt es, vor allem für ältere Patienten zu bedenken. Aufgrund des hohen Alters und erhöhten Raten vor Komorbiditäten sollte dieses Risiko definitiv mit in die Entscheidungsfindung für die richtige Behandlung einbezogen werden.

Im Vergleich zu den Ergebnissen aus der beschriebenen Literatur stellen unsere Ergebnisse eine gute Alternative gegenüber der Plattenosteosynthese dar. Vor allem in Bezug auf das typische Patientenkollektiv proximaler Humerusfrakturen ist die inverse Prothese womöglich der Plattenosteosynthese überlegen, da diese bei osteoporotische Knochenstrukturen und komplexen Frakturtypen Schwächen aufzeigt.

### Marknagelung

Eine weitere Behandlungsmöglichkeit ist die Frakturversorgung mittels Marknagelung, welche zu den intramedullären Osteosyntheseverfahren zählt. Vorteile dieser Methode sind das minimal-invasive Verfahren, geringe Weichteilschäden und eine geringere Traumatisierung (57). Auch soll durch dieses Verfahren mehr Stabilität gewährleistet werden als durch andere minimalinvasive Verfahren (98). Eine empfohlene Indikation für die Nagelosteosynthese ist laut Katthagen et al. die dislozierte subkapitale Zweisegmentfraktur (57). Weitere Indikationen sind Dreisegmentfrakturen unter Einbeziehung des Tuberculum majus oder minus, Zwei- oder Dreisegmentfrakturen mit in den Schaft reichende Spiralfrakturen, eine metaphysäre/subkapitale Trümmerzone bei Zwei- oder Dreisegmentfrakturen und intermuskuläre meta-/diaphysäre Frakturen (57). Mittlmeier et al. zeigten in ihren Ergebnissen, dass Vierfragmentfrakturen bei

Versorgung mit einer Nagelosteosynthese tendenzielle schlechtere Constant-Scores erzielen, als Zwei- und Dreifragmentfrakturen (73). Ähnliche Ergebnisse zeigten Gradl et al. in einer prospektiv angelegten Studie. Patienten mit einer Neer-III-Fraktur erreichten 69 Punkte und Patienten mit einer Vierfragmentfraktur erreichten durchschnittlich 61 Punkte. Dementsprechend geben Gradl et al. in einer weiteren Studie an, dass bei Vierfragmentfrakturen bei Versorgung mit einer Plattenosteosynthese ein gewisser Vorteil in den Ergebnissen gegenüber der Versorgung mit einer Nagelosteosynthese vorlagen. Jedoch ließen sich bei Zwei- und Dreifragmentfrakturen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Verfahren nachweisen (42). Zudem zeigten Lange et al., dass die Ergebnisse einer Versorgung mittels Nagelosteosynthese unabhängig vom Frakturtyp nicht besser seien als die einer konservativen Therapie (62).

Auch bei der Nagelosteosynthese sind hohe Komplikationsraten bekannt. Zu den Komplikationen zählen Migration von Schrauben, Osteonekrose, Pseudarthrosen, Materialdislokationen, Wundinfektionen, Rotatorenmanschetteninsuffizienzen und Schultersteife (36, 57). Auch operative Komplikationen sind möglich. Diese umfassen Implantatüberstand und -fehlage, Verletzungen des N. axillaris und primäre Perforationen (57). Blum et al. beschreiben eine Komplikationsrate von ca. 24 % (9).

Somit scheint die Nagelosteosynthese vor allem bei den oben genannten Indikationen ein gutes Therapieverfahren zu sein. Jedoch sollte der Einsatz zuvor beschriebenen Studien zufolge bei Vierfragmentfrakturen gut überlegt sein, da sich hier Schwächen bei diesem Therapieverfahren zeigen. Da es bei einem älteren Patientenkollektiv wie oben beschrieben aufgrund der verschlechterten Knochenqualität eher zu komplexeren Frakturen kommt, ist die inverse Prothese bei diesem Patientenkollektiv der Marknagelosteosynthese tendenziell vorzuziehen.

Eine anatomische Rekonstruktion ist bei Osteosynthesen für das klinische Outcome von großer Bedeutung. Kann durch die oben genannten Verfahren keine zufrieden stellende Rekonstruktion erreicht werden, gilt es, prothetische Verfahren in Erwägung zu ziehen. Hierbei gibt es die Möglichkeit einer Hemiprothese und einer inversen Prothese.

### Hemiprothese

Die Versorgung mit einer Hemiprothese ist ein Verfahren, welches vor allem bei komplexen Frakturen des proximalen Humeruskopfes eingesetzt wird, bei denen eine anatomische Rekonstruktion mittels oben beschriebener Methoden nicht möglich ist. Diese umfassen

beispielsweise nicht rekonstruierbare Vierfragmentfrakturen, Frakturdislokationen und Head-Split-Frakturen. Auch der Einsatz als Revisionsinstrument ist möglich (98). Studien zeigten hierbei eine gute Schmerzreduktion, allerdings bei sehr unterschiedlichen Ausmaßen der Motilität (4, 86).

Von Cvetanovich et al. werden verschiedene Kriterien für das ideale Patientenkollektiv für die Hemiprothese definiert. Hierzu zählen ein Alter zwischen 50 und 70 Jahren, intakte Tubercula ohne Zertrümmerung, keine vorher bestehende Rotatorenpathologie, ein nicht rekonstruierbarer Humeruskopf und weitere (32).

Zusätzlich gibt es inzwischen Prothesenmodelle, bei denen bei Indikation ein Wechsel auf ein inverses Prothesenmodell möglich ist (36).

Zu den Komplikationen zählen das Nichteinheilen der Tubercula, Infektionen, Pseudoparalyse, Verschleiß des Glenoids, Insuffizienz der Rotatorenmanschette mit Migration des Humeruskopfes, Dislokationen, intraoperative und periprothetische Frakturen (32, 98). Die Rate von Komplikationen wird von Gupta et al. mit 11 % angegeben (45). Ebenfalls zeigten Gupta et al. in einem Review, in dem sie die Ergebnisse bei Drei- und Vierfragmentfrakturen untersuchten, dass die klinischen Ergebnisse nach Versorgung mit einer Plattenosteosynthese etwas besser waren als die der Hemiprothese oder die der inversen Prothese (45). Dagegen zeigten Cai et al., dass es in klinischen Ergebnissen und HRQoL (health related quality of life) zu besseren Ergebnissen in der Gruppe mit der Hemiprothese gekommen war, auch wenn diese meist nicht signifikant waren (18).

Olerud et al. untersuchten die Unterschiede zwischen konservativer Therapie und Versorgung mit einer Hemiprothese bei dislozierten Vierfragmentfrakturen bei älteren Patienten. Dabei ergab sich ein Vorteil in der Lebensqualität bei der Hemiprothese. Ein weiterer entscheidender Faktor war die Schmerzreduktion. Bei der ROM konnten keine Unterschiede festgestellt werden (79). Boons et al. konnten in einer ähnlichen Studie keine Unterschiede bezüglich der beiden Verfahren feststellen (14).

Entscheidend für das Outcome sind eine richtige Positionierung des Implantats und eine gute Fixierung der Tubercula (1). Eine nicht adäquate Einheilung der Tubercula hat dagegen zum Teil drastische Folgen mit deutlich schlechteren Werten in den klinischen Ergebnissen (11).

Im Gegensatz dazu ist laut Gallinet et al. das klinische Outcome bei der inversen Prothese besser vorhersagbar als bei der Hemiprothese. Auch wenn ein Nichteinheilen der Tubercula zu schlechteren Ergebnissen führt, seien diese laut den Autoren dann aber nicht so katastrophal wie

es zum Teil bei der Hemiprothese der Fall wäre (39). Entsprechend ist die inverse Prothese nicht so stark von den Einheilungsraten der Tubercula abhängig wie die Hemiprothese und wäre somit in Situationen, in denen eine adäquate Einheilung der Tubercula unwahrscheinlich scheint, überlegenswert (68). Zudem ist die Revision einer Hemiprothese mit einem Wechsel auf eine inverse Prothese mit Komplikationsraten bis zu über 30 % beschrieben (53).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Entscheidung für das jeweilige Therapieverfahren nicht einfach ist. In der Literatur liegen zum Teil widersprüchliche Ergebnisse vor, die eine Entscheidung nicht erleichtern. Eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst die Ergebnisse der jeweiligen Verfahren. Diese gilt es, präoperativ zu erfassen und anhand dieser mit dem Patienten gemeinsam eine individuelle Entscheidung zu treffen. Weitere Studien sind außerdem nötig, um bessere Entscheidungsgrundlagen zu ermöglichen.

Der Vergleich mit anderen Behandlungsverfahren zeigt, dass die inverse Prothese gerade bei komplexen Fraktursituationen ihre Berechtigung hat.

## **5.5. Zusammenfassung und Fazit**

Zwischen Juni 2012 und Dezember 2016 wurden 78 Patienten mit einer Fraktur des proximalen Humerus in der Raphaelsklinik vorstellig und mit einer inversen Prothese versorgt. Nach sechs Monaten wurden die Patienten zu einer Nachuntersuchung in die Raphaelsklinik einbestellt. Die Nachuntersuchungen zum letzten Zeitraum fanden zwischen November 2016 und Dezember 2017 in der orthopädischen Praxisklinik Münster statt. Bei dieser wurden insgesamt 34 Patienten mit 35 Schulterprothesen untersucht. Die mittlere Nachuntersuchungszeit betrug 31,5 Monate. Das mittlere Alter der Patienten lag bei 77,5 Jahren. Die klinischen Ergebnisse zum letzten Zeitpunkt zeigten einen Constant-Score von 62,2 Punkten (DX: 62,8) mit einem relativen Constant-Score von 92,9 % (DX: 94,1 %) und einem ASES-Score von 75,0 Punkten. Gerade in den Punkten der Schmerzreduktion und der Motilität konnten in unserer Studie im Vergleich zu anderen Studien gute Ergebnisse erzielt werden. Im Constant-Score lag die Schmerzangabe bei 2,5 von 15 Punkten. Ähnliches zeigte sich im ASES-Score mit 0,7 von 10 Punkten. Bei der Flexion erreichte das Gesamtkollektiv 143,7°, bei der Abduktion waren es 125,3°. Lediglich die Kraft der betroffenen Schulter scheint ein Defizit unseres Kollektivs zu sein (2,7 kg). Bei Testung des Constant- und ASES-Score gegen das Alter und den Nachuntersuchungszeitraum ließen sich keine signifikanten Unterschiede nachweisen.

Statistisch signifikante Unterschiede zeigten sich jedoch im Verlauf des relativen Constant-Score. Hier kam es zwischen sechs Monaten und mindestens 24 Monaten zu einer signifikanten Verbesserung (sechs Monate: 75,9 %, mindestens 24 Monate: 94,1 %). Dies ließ sich beim absoluten Constant-Score jedoch nicht nachweisen.

Skapula-Notching wurde insgesamt in 36,8 % der Fälle nachgewiesen. In der Gruppe der Univers Revers (Fa. Arthrex) zeigte sich bei keinem der Patienten Skapula-Notching.

Die Einheilungsraten der Tubercula lagen für das Tuberculum majus bei 42,1 %. Für das Tuberculum minus betrug die Einheilungsrate derselben Gruppe 21,1 %. Im Vergleich der Tuberculaeinheilung gegenüber klinischen Scores zeigten sich keine großen Unterschiede zwischen eingeheilten Tubercula und den Tubercula, die disloziert oder nicht nachweisbar waren. Eine Signifikanztestung war an dieser Stelle allerdings nicht möglich. Die Komplikationsraten lagen insgesamt bei 20 %.

Proximale Humerusfrakturen sind eine häufige Frakturform und werden aufgrund des demografischen Wandels auch in Zukunft eine hohe Relevanz haben. Sie gehen mit starken Bewegungseinschränkungen und Schmerzen für den betroffenen Patienten einher. Aufgrund einer Vielzahl von Behandlungsoptionen und Einflussfaktoren ist eine Therapieentscheidung nicht einfach. Die inverse Prothese ist eine relevante Therapieform in der primären Versorgung proximaler Humerusfrakturen. Ergebnisse unserer Studie bestehen den Vergleich mit bekannter Literatur und untermauern deren Ergebnisse. Zudem unterstützen sie den Trend, dass die inverse Prothese als primäre Frakturprothese gerade bei einem älteren Patientenkollektiv geeignet ist.

Aufgrund unserer Ergebnisse können wir die inverse Prothese als primäre Versorgung für proximale Humerusfrakturen für die ältere Patientengruppe empfehlen. Gerade die guten Ergebnisse der Schmerzreduktion und die Verbesserung der Motilität sprechen für die inverse Prothese. Zudem scheint sich den ersten Ergebnissen der Univers Revers (Fa. Arthrex) zufolge das Prothesenmodell in Bezug auf das Skapula-Notching positiv auszuwirken. Ebenfalls kann die inverse Prothese auch den Vergleich mit anderen Therapiemöglichkeiten bestehen. Unklar bleiben in unserer Studie jedoch der Nutzen der Refixation der Tubercula und detailliertere Ergebnisse zu der Univers Revers (Fa. Arthrex) mit geringerem Inklinationwinkel. Zudem bleiben längerfristige Ergebnisse offen. Weitere Studien sind nötig, um Leitlinien für eine patientenorientierte Therapie zu definieren. Zudem sind insbesondere langfristige Ergebnisse nötig, um die Patienten noch besser und fundierter beraten zu können.

## **5.6. Schwächen und Aussagekraft der Studie**

Neben den in dieser Arbeit diskutierten Ergebnissen möchten wir auch die Einschränkungen unserer Studie festhalten. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum in unserer Studie beträgt im Gesamtkollektiv 31,5 Monate. Dies erlaubt lediglich eine Aussage über mittelfristige Ergebnisse. Langfristige Ergebnisse bleiben offen und bedürfen weiterer Studien. Des Weiteren war die Größe unseres Kollektivs mit 35 Probanden eher gering. Auch wenn das Gesamtkollektiv mit 35 Probanden und einem „loss to follow-up“ von 44 zufriedenstellend ist, ergeben sich für die Untergruppen nur 29 und sechs Probanden, was die Aussagekraft vor allem in Bezug auf die Prothese Univers Revers (Fa. Arthrex) schwächt. Um hier klare Aussagen treffen zu können, sollte dieses Kollektiv in einer weiteren Studie genauer betrachtet werden.

Bei unserer Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Studie. Mit diesem Studiendesign ist selbstverständlich nicht eine so starke Aussagekraft möglich wie es beispielsweise bei einem prospektiven oder gar randomisierten Studiendesigns möglich wäre.

Aufgrund unseres Studiendesigns ist es möglich, dass es bei dem Patientenkollektiv zu einer gewissen Selektionsbias gekommen ist, da die Patienten für die Nachuntersuchung in die orthopädische Praxisklinik Münster kommen mussten. Kranke, multimorbide Patienten mit eventuell schlechteren Ergebnissen im klinischen Outcome sind womöglich seltener dazu bereit gewesen als gesunde Patienten. Das gilt es bei der Interpretation der Ergebnisse mit einzubeziehen.

## **6. Danksagung**



## 7. Literaturverzeichnis

- (1) Acevedo DC, Vanbeek C, Lazarus MD, Williams GR, Abboud JA (2014) Reverse shoulder arthroplasty for proximal humeral fractures: Update on indications, technique, and results. *J Shoulder Elbow Surg* 23, 2: 279–289, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2013.10.003 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (2) Ackland DC, Roshan-Zamir S, Richardson M, Pandey MG (2010) Moment arms of the shoulder musculature after reverse total shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 92, 5: 1221–1230, Online unter: doi: 10.2106/JBJS.I.00001 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (3) Alikhah A, Krukenberg A, Moroder P, Gerhardt C, Scheibel M (2017) Instabilität nach inverser Schulterendoprothetik. *Obere Extremität* 12, 1: 25–31, Online unter: doi: 10.1007/s11678-017-0394-4 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (4) Antuña SA, Sperling JW, Cofield RH (2008) Shoulder hemiarthroplasty for acute fractures of the proximal humerus: A minimum five-year follow-up. *J Shoulder Elbow Surg* 17, 2: 202–209, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2007.06.025
- (5) Barco R, Savvidou OD, Sperling JW, Sanchez-Sotelo J, Cofield RH (2016) Complications in reverse shoulder arthroplasty. *EFORT Open Rev* 1, 3: 72–80, Online unter: doi: 10.1302/2058-5241.1.160003 [Abrufdatum: 24.05.2018]
- (6) Baron JA, Karagas M, Barrett J, Kniffin W, Malenka D, Mayor M, Keller RB (1996) Basic epidemiology of fractures of the upper and lower limb among Americans over 65 years of age. *Epidemiology* 7, 6: 612–618
- (7) Baulot E, Sirveaux F, Boileau P (2011) Grammont's idea: The story of Paul Grammont's functional surgery concept and the development of the reverse principle. *Clin Orthop Relat Res* 469, 9: 2425–2431, Online unter: doi: 10.1007/s11999-010-1757-y [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (8) Beks RB, Ochen Y, Frima H, Smeeing DPJ, van der Meijden O, Timmers TK, van der Velde D, van Heijl M, Leenen LPH, Groenwold RHH, et al. (2018) Operative versus nonoperative treatment of proximal humeral fractures: A systematic review, meta-analysis, and comparison of observational studies and randomized controlled trials. *J Shoulder Elbow Surg* 27, 8: 1526–1534, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2018.03.009
- (9) Blum J, Hansen M, Rommens PM (2009) Die winkelstabile Marknagelung bei Frakturen am proximalen Humerus mit dem PHN (Proximaler Humerusnagel). *Oper Orthop Traumatol* 21, 3: 296–311, Online unter: doi: 10.1007/s00064-009-1806-4
- (10) Boileau P, Moineau G, Roussanne Y, O'Shea K (2011) Bony increased-offset reversed shoulder arthroplasty: Minimizing scapular impingement while maximizing glenoid fixation. *Clin Orthop Relat Res* 469, 9: 2558–2567, Online unter: doi: 10.1007/s11999-011-1775-4
- (11) Boileau P, Trojani C, Walch G, Krishnan SG, Romeo A, Sinnerton R (2001) Shoulder arthroplasty for the treatment of the sequelae of fractures of the proximal

humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 10, 4: 299–308, Online unter: doi: 10.1067/mse.2001.115985

(12) Boileau P, Watkinson D, Hatzidakis AM, Hovorka I (2006) Neer Award 2005: The Grammont reverse shoulder prosthesis: results in cuff tear arthritis, fracture sequelae, and revision arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 15, 5: 527–540, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2006.01.003 [Abrufdatum: 13.04.2017]

(13) Boileau P, Watkinson DJ, Hatzidakis AM, Balg F (2005) Grammont reverse prosthesis: Design, rationale, and biomechanics. *J Shoulder Elbow Surg* 14, 1 Suppl S: 147S-161S, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2004.10.006 [Abrufdatum: 13.04.2017]

(14) Boons HW, Goosen JH, van Grinsven S, van Susante JL, van Loon CJ (2012) Hemiarthroplasty for humeral four-part fractures for patients 65 years and older: A randomized controlled trial. *Clin Orthop Relat Res* 470, 12: 3483–3491, Online unter: doi: 10.1007/s11999-012-2531-0

(15) Borgeat A, Ekatodramis G, Kalberer F, Benz C (2001) Acute and Nonacute Complications Associated with Interscalene Block and Shoulder Surgery A Prospective Study. *Anesthes* 95, 4: 875–880, Online unter: <http://anesthesiology.pubs.asahq.org/data/journals/jasa/931228/0000542-200110000-00015.pdf> [Abrufdatum: 24.02.2020]

(16) Brunner UH (2012) Die proximale Humerusfraktur. *Obere Extremität* 7, 3: 122–127, Online unter: doi: 10.1007/s11678-012-0173-1 [Abrufdatum: 18.04.2017]

(17) Bufquin T, Hersan A, Hubert L, Massin P (2007) Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus in the elderly: a prospective review of 43 cases with a short-term follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 89, 4: 516–520, Online unter: doi: 10.1302/0301-620X.89B4.18435

(18) Cai M, Tao K, Yang C, Li S (2012) Internal fixation versus shoulder hemiarthroplasty for displaced 4-part proximal humeral fractures in elderly patients. *Orthopedics* 35, 9: e1340-6, Online unter: doi: 10.3928/01477447-20120822-19

(19) Carofino BC, Leopold SS (2013) Classifications in brief: The Neer classification for proximal humerus fractures. *Clin Orthop Relat Res* 471, 1: 39–43, Online unter: doi: 10.1007/s11999-012-2454-9

(20) Cazeneuve JF, Cristofari D-J (2010) The reverse shoulder prosthesis in the treatment of fractures of the proximal humerus in the elderly. *J Bone Joint Surg Br* 92, 4: 535–539, Online unter: doi: 10.1302/0301-620X.92B4.22450

(21) Cazeneuve J-F, Cristofari DJ (2009) Delta III reverse shoulder arthroplasty: radiological outcome for acute complex fractures of the proximal humerus in elderly patients. *Orthop Traumatol Surg Res* 95, 5: 325–329, Online unter: doi: 10.1016/j.otsr.2009.03.018

(22) Cazeneuve J-F, Cristofari D-J (2011) Long term functional outcome following reverse shoulder arthroplasty in the elderly. *Orthop Traumatol Surg Res* 97, 6: 583–589, Online unter: doi: 10.1016/j.otsr.2011.03.025 [Abrufdatum: 13.04.2017]

- (23) Cazeneuve J-F, Cristofari D-J (2014) Grammont reversed prosthesis for acute complex fracture of the proximal humerus in an elderly population with 5 to 12 years follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res* 100, 1: 93–97, Online unter: doi: 10.1016/j.otsr.2013.12.005
- (24) Chalmers PN, Keener JD (2016) Expanding roles for reverse shoulder arthroplasty. *Curr Rev Musculoskelet Med* 9, 1: 40–48, Online unter: doi: 10.1007/s12178-016-9316-0 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (25) Cheung E, Willis M, Walker M, Clark R, Frankle MA (2011) Complications in reverse total shoulder arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg* 19, 7: 439–449
- (26) Cheung EV, Sperling JW, Cofield RH (2008) Infection associated with hematoma formation after shoulder arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 466, 6: 1363–1367, Online unter: doi: 10.1007/s11999-008-0226-3
- (27) Conboy VB, Morris RW, Kiss J, Carr AJ (1996) An evaluation of the Constant-Murley shoulder assessment. *J Bone Joint Surg Br* 78, 2: 229–232
- (28) Constant CR, Gerber C, Emery RJH, Søjbjerg JO, Gohlke F, Boileau P (2008) A review of the Constant score: Modifications and guidelines for its use. *J Shoulder Elbow Surg* 17, 2: 355–361, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2007.06.022
- (29) Court-Brown CM, Caesar B (2006) Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury* 37, 8: 691–697, Online unter: doi: 10.1016/j.injury.2006.04.130
- (30) Court-Brown CM, Cattermole H, McQueen MM (2002) Impacted valgus fractures (B1.1) of the proximal humerus. The results of non-operative treatment. *J Bone Joint Surg Br* 84, 4: 504–508
- (31) Court-Brown CM, Garg A, McQueen MM (2001) The epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand* 72, 4: 365–371, Online unter: doi: 10.1080/000164701753542023
- (32) Cvetanovich GL, Frank RM, Chalmers PN, Verma NN, Nicholson GP, Romeo AA (2016) Surgical Management of Proximal Humeral Fractures: The Emerging Role of Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *Orthopedics* 39, 3: e465-73, Online unter: doi: 10.3928/01477447-20160324-02 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (33) Edelson G, Safuri H, Salami J, Vigder F, Militianu D (2008) Natural history of complex fractures of the proximal humerus using a three-dimensional classification system. *J Shoulder Elbow Surg* 17, 3: 399–409, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2007.08.014
- (34) Farshad M, Gerber C (2010) Reverse total shoulder arthroplasty-from the most to the least common complication. *Int Orthop* 34, 8: 1075–1082, Online unter: doi: 10.1007/s00264-010-1125-2 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (35) Fjalestad T, Hole MØ, Hovden IAH, Blücher J, Strømsøe K (2012) Surgical treatment with an angular stable plate for complex displaced proximal humeral fractures in elderly patients: A randomized controlled trial. *J Orthop Trauma* 26, 2: 98–106, Online unter: doi: 10.1097/BOT.0b013e31821c2e15

- (36) Franke S, Ambacher T (2012) Die proximale Humerusfraktur. *Obere Extremität* 7, 3: 137–143, Online unter: doi: 10.1007/s11678-012-0171-3
- (37) Frankle M, Siegal S, Pupello D, Saleem A, Mighell M, Vasey M (2005) The Reverse Shoulder Prosthesis for glenohumeral arthritis associated with severe rotator cuff deficiency. A minimum two-year follow-up study of sixty patients. *J Bone Joint Surg Am* 87, 8: 1697–1705, Online unter: doi: 10.2106/JBJS.D.02813
- (38) Friedman RJ, Barcel DA, Eichinger JK (2018) Scapular Notching in Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg*, Online unter: doi: 10.5435/JAAOS-D-17-00026
- (39) Gallinet D, Adam A, Gasse N, Rochet S, Obert L (2013) Improvement in shoulder rotation in complex shoulder fractures treated by reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 22, 1: 38–44, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2012.03.011
- (40) Gallinet D, Clappaz P, Garbuio P, Tropet Y, Obert L (2009) Three or four parts complex proximal humerus fractures: hemiarthroplasty versus reverse prosthesis: a comparative study of 40 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 95, 1: 48–55, Online unter: doi: 10.1016/j.otsr.2008.09.002
- (41) Gerber C, Schneeberger AG, Vinh TS (1990) The arterial vascularization of the humeral head. An anatomical study. *J Bone Joint Surg Am* 72, 10: 1486–1494
- (42) Gradl G, Dietze A, Kääh M, Hopfenmüller W, Mittlmeier T (2009) Is locking nailing of humeral head fractures superior to locking plate fixation? *Clin Orthop Relat Res* 467, 11: 2986–2993, Online unter: doi: 10.1007/s11999-009-0916-5
- (43) Grawe B, Le T, Lee T, Wyrick J (2012) Open Reduction and Internal Fixation (ORIF) of Complex 3- and 4-Part Fractures of the Proximal Humerus: Does Age Really Matter? *Geriatr Orthop Surg Rehabil* 3, 1: 27–32, Online unter: doi: 10.1177/2151458511430662
- (44) Grubhofer F, Wieser K, Meyer DC, Catanzaro S, Beeler S, Riede U, Gerber C (2016) Reverse total shoulder arthroplasty for acute head-splitting, 3- and 4-part fractures of the proximal humerus in the elderly. *J Shoulder Elbow Surg* 25, 10: 1690–1698, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2016.02.024 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (45) Gupta AK, Harris JD, Erickson BJ, Abrams GD, Bruce B, McCormick F, Nicholson GP, Romeo AA (2015) Surgical management of complex proximal humerus fractures—a systematic review of 92 studies including 4500 patients. *J Orthop Trauma* 29, 1: 54–59, Online unter: doi: 10.1097/BOT.0000000000000229
- (46) Gutierrez S, Keller TS, Levy JC, Lee WE3, Luo Z-P (2008) Hierarchy of stability factors in reverse shoulder arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 466, 3: 670–676, Online unter: doi: 10.1007/s11999-007-0096-0 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (47) Gutiérrez S, Levy JC, Frankle MA, Cuff D, Keller TS, Pupello DR, Lee WE (2008) Evaluation of abduction range of motion and avoidance of inferior scapular impingement in a reverse shoulder model. *J Shoulder Elbow Surg* 17, 4: 608–615, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2007.11.010

- (48) Habermeyer P, Lichtenberg S, Magosch P, Baierle T (Hrsg) (2010) *Schulterchirurgie: [mit dem Plus im Web ; Zugangscode im Buch]*. Elsevier Urban & Fischer, München, 4. Aufl.
- (49) Hauschild O, Konrad G, Audige L, Boer P de, Lambert SM, Hertel R, Südkamp NP (2013) Operative versus non-operative treatment for two-part surgical neck fractures of the proximal humerus. *Arch Orthop Trauma Surg* 133, 10: 1385–1393, Online unter: doi: 10.1007/s00402-013-1798-2
- (50) Hertel R, Hempfing A, Stiehler M, Leunig M (2004) Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 13, 4: 427–433, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2004.01.034
- (51) Hirzinger C, Tauber M, Resch H (2011) Die Fraktur des proximalen Humerus: Neue Aspekte in der Epidemiologie, Frakturmorphologie und Diagnostik. *Unfallchirurg* 114, 12: 1051–1058, Online unter: doi: 10.1007/s00113-011-2052-4 [Abrufdatum: 25.05.2018]
- (52) Holschen M, Agneskirchner JD (2014) Inverse Schulterprothese – Indikation, Operationstechnik und Ergebnisse. *Arthroskopie* 27, 1: 38–48, Online unter: doi: 10.1007/s00142-013-0771-y
- (53) Holschen M, Siemes M-K, Witt K-A, Steinbeck J (2018) Five-year outcome after conversion of a hemiarthroplasty when used for the treatment of a proximal humeral fracture to a reverse total shoulder arthroplasty. *The Bone & Joint Journal* 100-B, 6: 761–766, Online unter: doi: 10.1302/0301-620X.100B6.BJJ-2017-1280.R1
- (54) Howard D. Routman, D.O., F.A.O.A.O. (2013) Indications, Technique, and Pitfalls of Reverse Total Shoulder Arthroplasty for Proximal Humerus Fractures. *Bulletin of the Hospital for Joint Diseases* 2013;71(Suppl 2):S64-7, Online unter: <http://hjdbulletin.org/files/archive/pdfs/43.pdf> [Abrufdatum: 24.02.2020]
- (55) Iyengar JJ, Devcic Z, Sproul RC, Feeley BT (2011) Nonoperative treatment of proximal humerus fractures: A systematic review. *J Orthop Trauma* 25, 10: 612–617, Online unter: doi: 10.1097/BOT.0b013e3182008df8
- (56) Kannus P, Palvanen M, Niemi S, Parkkari J, Järvinen M, Vuori I (2000) Osteoporotic fractures of the proximal humerus in elderly Finnish persons: sharp increase in 1970-1998 and alarming projections for the new millennium. *Acta Orthop Scand* 71, 5: 465–470, Online unter: doi: 10.1080/000164700317381144
- (57) Katthagen JC, Voigt C, Jensen G, Lill H (2012) Nagelosteosynthese proximaler Humerusfrakturen. *Obere Extremität* 7, 3: 128–136, Online unter: doi: 10.1007/s11678-012-0176-y [Abrufdatum: 18.04.2017]
- (58) Kirkley A, Griffin S, Dainty K (2003) Scoring systems for the functional assessment of the shoulder. *Arthroscopy* 19, 10: 1109–1120, Online unter: doi: 10.1016/j.arthro.2003.10.030 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (59) Klein M, Juschka M, Hinkenjann B, Scherger B, Ostermann PAW (2008) Treatment of comminuted fractures of the proximal humerus in elderly patients with the Delta III

- reverse shoulder prosthesis. *J Orthop Trauma* 22, 10: 698–704, Online unter: doi: 10.1097/BOT.0b013e31818afe40
- (60) Lädermann A, Gueorguiev B, Charbonnier C, Stimec BV, Fasel JHD, Zderic I, Hagen J, Walch G (2015) Scapular Notching on Kinematic Simulated Range of Motion After Reverse Shoulder Arthroplasty Is Not the Result of Impingement in Adduction. *Medicine (Baltimore)* 94, 38: e1615, Online unter: doi: 10.1097/MD.0000000000001615
- (61) Lädermann A, Lübbecke A, Mélis B, Stern R, Christofilopoulos P, Bacle G, Walch G (2011) Prevalence of neurologic lesions after total shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 93, 14: 1288–1293, Online unter: doi: 10.2106/JBJS.J.00369
- (62) Lange M, Brandt D, Mittlmeier T, Gradl G (2016) Proximal humeral fractures: Non-operative treatment versus intramedullary nailing in 2-, 3- and 4-part fractures. *Injury* 47: S14-S19, Online unter: doi: 10.1016/S0020-1383(16)30848-8
- (63) Lenarz C, Shishani Y, McCrum C, Nowinski RJ, Edwards TB, Gobezie R (2011) Is reverse shoulder arthroplasty appropriate for the treatment of fractures in the older patient? Early observations. *Clin Orthop Relat Res* 469, 12: 3324–3331, Online unter: doi: 10.1007/s11999-011-2055-z
- (64) Levigne C, Boileau P, Favard L, Garaud P, Mole D, Sirveaux F, Walch G (2008) Scapular notching in reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 17, 6: 925–935, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2008.02.010 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (65) Levigne C, Garret J, Boileau P, Alami G, Favard L, Walch G (2011) Scapular notching in reverse shoulder arthroplasty: Is it important to avoid it and how? *Clin Orthop Relat Res* 469, 9: 2512–2520, Online unter: doi: 10.1007/s11999-010-1695-8 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (66) Lill H, Voigt C (2012) „Proximale Humerusfraktur“. *Obere Extremität* 7, 3: 116, Online unter: doi: 10.1007/s11678-012-0175-z
- (67) Loew M (Hrsg) (2010) *AE-Manual der Endoprothetik: Schulter*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, *AE-Manual der Endoprothetik / Markus Loew, Hrsg, Bd. 1*
- (68) Longo UG, Petrillo S, Berton A, Denaro V (2016) Reverse total shoulder arthroplasty for the management of fractures of the proximal humerus: A systematic review. *Musculoskelet Surg* 100, 2: 83–91, Online unter: doi: 10.1007/s12306-016-0409-0 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (69) Lopiz Y, Garcia-Coiradas J, Serrano-Mateo L, Garcia-Fernandez C, Marco F (2016) Reverse shoulder arthroplasty for acute proximal humeral fractures in the geriatric patient: Results, health-related quality of life and complication rates. *Int Orthop* 40, 4: 771–781, Online unter: doi: 10.1007/s00264-015-3085-z [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (70) Mahmood A, Malal JJG, Waseem M (2013) Reverse shoulder arthroplasty - a literature review. *Open Orthop J* 7: 366–372, Online unter: doi: 10.2174/1874325001307010366 [Abrufdatum: 13.04.2017]

- (71) Mata-Fink A, Meinke M, Jones C, Kim B, Bell J-E (2013) Reverse shoulder arthroplasty for treatment of proximal humeral fractures in older adults: A systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 22, 12: 1737–1748, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2013.08.021 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (72) Menck J, Döbler A, Döhler JR (1997) Vaskularisation des Humerus. *Langenbecks Arch Chiv* 382, 3: 123–127, Online unter: doi: 10.1007/BF02498662 [Abrufdatum: 23.05.2018]
- (73) Mittlmeier TWF, Stedtfeld H-W, Ewert A, Beck M, Frosch B, Gradl G (2003) Stabilization of proximal humeral fractures with an angular and sliding stable antegrade locking nail (Targon PH). *J Bone Joint Surg Am* 85-A Suppl 4: 136–146
- (74) Mohr J, Bockmann B, Bücking B, Zettl R, Kühne C-A, Ruchholtz S (2012) Plattenosteosynthese von proximalen Humerusfrakturen. *Obere Extremität* 7, 3: 144–149, Online unter: doi: 10.1007/s11678-012-0174-0 [Abrufdatum: 18.04.2017]
- (75) Moonot P, Ashwood N, Hamlet M (2007) Early results for treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus using the PHILOS plate system. *J Bone Joint Surg Br* 89, 9: 1206–1209, Online unter: doi: 10.1302/0301-620X.89B9.18528
- (76) Murray IR, Amin AK, White TO, Robinson CM (2011) Proximal humeral fractures: Current concepts in classification, treatment and outcomes. *J Bone Joint Surg Br* 93, 1: 1–11, Online unter: doi: 10.1302/0301-620X.93B1.25702
- (77) Nicholson GP, Strauss EJ, Sherman SL (2011) Scapular notching: Recognition and strategies to minimize clinical impact. *Clin Orthop Relat Res* 469, 9: 2521–2530, Online unter: doi: 10.1007/s11999-010-1720-y [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (78) Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P (2014) *Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie*. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, 7. Aufl.
- (79) Olerud P, Ahrengart L, Ponzer S, Saving J, Tidermark J (2011) Hemiarthroplasty versus nonoperative treatment of displaced 4-part proximal humeral fractures in elderly patients: A randomized controlled trial. *J Shoulder Elbow Surg* 20, 7: 1025–1033, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2011.04.016
- (80) Olerud P, Ahrengart L, Ponzer S, Saving J, Tidermark J (2011) Internal fixation versus nonoperative treatment of displaced 3-part proximal humeral fractures in elderly patients: A randomized controlled trial. *J Shoulder Elbow Surg* 20, 5: 747–755, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2010.12.018
- (81) Ortmaier RH, Matis N, Tauber M, Blocher M, Bogner R, Resch H (2013) *Komplikationen nach inversen Schulterprothesen - Ursache, Prävention und Behandlungsstrategien*. *Z Orthop Unfall* 151, 1: 57–65, Online unter: doi: 10.1055/s-0032-1328077 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (82) Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J (2006) Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res* 442: 87–92
- (83) Reitman RD, Kerzhner E (2011) Reverse shoulder arthroplasty as treatment for comminuted proximal humeral fractures in elderly patients. *Am J Orthop* 40, 9: 458–461

- (84) Reuther F (2012) Primäre Endoprothetik. *Obere Extremität* 7, 3: 117–121, Online unter: doi: 10.1007/s11678-012-0178-9 [Abrufdatum: 03.09.2017]
- (85) Roberson TA, Granade CM, Hunt Q, Griscom JT, Adams KJ, Momaya AM, Kwapisz A, Kissenberth MJ, Tolan SJ, Hawkins RJ, et al. (2017) Nonoperative management versus reverse shoulder arthroplasty for treatment of 3- and 4-part proximal humeral fractures in older adults. *J Shoulder Elbow Surg* 26, 6: 1017–1022, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2016.10.013
- (86) Robinson CM, Page RS, Hill RMF, Sanders DL, Court-Brown CM, Wakefield AE (2003) Primary hemiarthroplasty for treatment of proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg Am* 85-A, 7: 1215–1223
- (87) Rosas S, Law TY, Kurowicki J, Formaini N, Kalandiak SP, Levy JC (2016) Trends in surgical management of proximal humeral fractures in the Medicare population: a nationwide study of records from 2009 to 2012. *J Shoulder Elbow Surg* 25, 4: 608–613, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2015.08.011
- (88) Ross M, Hope B, Stokes A, Peters SE, McLeod I, Duke PFR (2015) Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three-part and four-part proximal humeral fractures in the elderly. *J Shoulder Elbow Surg* 24, 2: 215–222, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2014.05.022 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (89) Routman HD (2013) The role of subscapularis repair in reverse total shoulder arthroplasty. *Bull Hosp Jt Dis* (2013) 71 Suppl 2: 108–112
- (90) Schairer WW, Nwachukwu BU, Lyman S, Craig EV, Gulotta LV (2015) National utilization of reverse total shoulder arthroplasty in the United States. *J Shoulder Elbow Surg* 24, 1: 91–97, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2014.08.026
- (91) Schairer WW, Nwachukwu BU, Lyman S, Craig EV, Gulotta LV (2015) Reverse shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for treatment of proximal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 24, 10: 1560–1566, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2015.03.018
- (92) Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K (2011) *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem: 182 Tabellen*. Thieme, Stuttgart, Prometheus, *LernAtlas der Anatomie / Michael Schünke; Erik Schulte; Udo Schumacher. Ill. von Markus Voll und Karl Wesker, 3., überarb. und erw. Aufl.*
- (93) Sirveaux F, Favard L, Oudet D, Huquet D, Walch G, Molé D (2004) Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. *J Bone Joint Surg (Br)* 86, 3: 388–395, Online unter: doi: 10.1302/0301-620X.86B3.14024 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (94) Song J-q, Deng X-f, Wang Y-m, Wang X-b, Li X, Yu B (2015) Operative vs. nonoperative treatment for comminuted proximal humeral fractures in elderly patients: A current meta-analysis. *Acta Orthop Traumatol Turc* 49, 4: 345–353, Online unter: doi: 10.3944/AOTT.2015.14.0451

- (95) Thanasas C, Kontakis G, Angoules A, Limb D, Giannoudis P (2009) Treatment of proximal humerus fractures with locking plates: A systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 18, 6: 837–844, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2009.06.004
- (96) Thomas M, Dieball O, Busse M (2003) Normalwerte der Schulterkraft in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht--Vergleich zum Constant-, UCLA-, ASES-Score und SF-36 Fragebogen. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 141, 2: 160–170, Online unter: doi: 10.1055/s-2003-38662 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (97) Tingart M, Bähris H, Lefering R, Bouillon B, Tiling T (2001) Constant-Score und Neer-Score. Ein Vergleich von Scoreergebnis und subjektiver Patientenzufriedenheit. *Unfallchirurg* 104, 11: 1048–1054
- (98) Vachtsevanos L, Hayden L, Desai AS, Dramis A (2014) Management of proximal humerus fractures in adults. *World J Orthop* 5, 5: 685–693, Online unter: doi: 10.5312/wjo.v5.i5.685 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (99) Valenti P, Katz D, Kilinc A, Elkholti K, Gasiunas V (2012) Mid-term outcome of reverse shoulder prostheses in complex proximal humeral fractures. *Acta Orthop Belg* 78, 4: 442–449
- (100) Valenti P, Sauzieres P, Katz D, Kalouche I, Kilinc AS (2011) Do less medialized reverse shoulder prostheses increase motion and reduce notching? *Clin Orthop Relat Res* 469, 9: 2550–2557, Online unter: doi: 10.1007/s11999-011-1844-8 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (101) Wall B, Nové-Josserand L, O'Connor DP, Edwards TB, Walch G (2007) Reverse total shoulder arthroplasty: a review of results according to etiology. *J Bone Joint Surg Am* 89, 7: 1476–1485, Online unter: doi: 10.2106/JBJS.F.00666
- (102) Wilde L de (2017) Unresolved questions in reverse total shoulder arthroplasty. *Obere Extremität* 12, 1: 4–5, Online unter: doi: 10.1007/s11678-017-0390-8 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (103) Zumstein MA, Pinedo M, Old J, Boileau P (2011) Problems, complications, reoperations, and revisions in reverse total shoulder arthroplasty: A systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 20, 1: 146–157, Online unter: doi: 10.1016/j.jse.2010.08.001 [Abrufdatum: 13.04.2017]
- (104) Zyto K (1998) Non-operative treatment of comminuted fractures of the proximal humerus in elderly patients. *Injury* 29, 5: 349–352

## 8. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Bewegungsebenen der Schulter (78, 92) .....	4
Tabelle 2: Zuordnungsfragen für das Binary-description-System (48).....	12
Tabelle 3: Fragen zum Humeruskopfnekrose-Risiko (48) .....	13
Tabelle 4: Nachuntersuchungszeitraum .....	17
Tabelle 5: Gründe für die Reduktion des Patientenkollektivs .....	17
Tabelle 6: Alter bei OP; GK = Gesamtkollektiv, DX = Delta Xtend (Fa. Depuy), UR = Univers Revers (Fa. Arhtrex).....	18
Tabelle 7: Referenzkollektiv zur Berechnung der relativen Constant-Scores nach Constant et al. (28); SD=Standardabweichung .....	21
Tabelle 8: absoluter Constant-Score .....	32
Tabelle 9: Relativer Constant-Score .....	33
Tabelle 10: Constant-Score: Schmerz.....	33
Tabelle 11: Constant-Score: Alltagsaktivitäten gesamt .....	34
Tabelle 12: Constant-Score: Alltagsaktivitäten gesamt .....	35
Tabelle 13: Constant-Score: Motilität.....	35
Tabelle 14: Constant-Score: Kraft .....	37
Tabelle 15: Constant-Score: scorebasierte Auswertung .....	37
Tabelle 16: Constant-Score: Auswertung nach Geschlecht .....	38
Tabelle 17: Constant-Score: Auswertung nach Alter.....	39
Tabelle 18: Constant-Score: Auswertung nach Nachuntersuchungszeitraum .....	41
Tabelle 19: Absoluter Constant-Score im zeitlichen Verlauf MW: Mittelwert .....	43
Tabelle 20: Relativer Constant-Score im Verlauf .....	44
Tabelle 21: ASES-Score: gesamt .....	46
Tabelle 22: ASES-Score: Schmerzen und Medikamente .....	47
Tabelle 23: ASES-Score: Schmerzskala .....	47
Tabelle 24: ASES-Score: ADL gesamt .....	48
Tabelle 25: ASES-Score: Alltagsaktivitäten gesamt.....	49
Tabelle 26: ASES-Score: Auswertung nach Geschlecht.....	50
Tabelle 27: ASES-Score: Auswertung nach Alter .....	51
Tabelle 28: ASES-Score: Auswertung nach Nachuntersuchungszeitraum.....	52
Tabelle 29: Tuberculaeinheilung .....	55
Tabelle 30: Skapula-Notching im zeitlichen Verlauf.....	56
Tabelle 31: Einheilung der Tubercula im zeitlichen Verlauf .....	57
Tabelle 32: Tuberculaeinheilung gegenüber klinischen Scores.....	58
Tabelle 33: Komplikationen im Gesamtkollektiv.....	59
Tabelle 34: Allgemeine Daten und Beweglichkeit in der Vergleichsliteratur.....	76
Tabelle 35: Constant-Score in der Vergleichsliteratur .....	77
Tabelle 36: Tuberculaeinheilung gegenüber klinischen Scores.....	82
Tabelle 37: Radiologische Ergebnisse in der Vergleichsliteratur .....	84
Tabelle 38: Komplikationen des Gesamtkollektivs .....	88
Tabelle 39: Komplikationen in der Vergleichsliteratur.....	91

Tabelle 40: ASES Score: ADL.....	I
----------------------------------	---

Abbildung 1: Anatomie des Schultergelenks.....	3
Abbildung 2: Funktionsprinzip der inversen Prothese .....	6
Abbildung 3: Lego-Klassifikation .....	12
Abbildung 4: Skapula-Notching.....	24
Abbildung 5: Zugang.....	25
Abbildung 6: Darstellung der Humeruskopffraktur .....	25
Abbildung 7: Anschlingen der Tubercula.....	26
Abbildung 8: Darstellung der Gelenkpfanne.....	26
Abbildung 9: Glenosphäre.....	27
Abbildung 10: Basisplatte .....	27
Abbildung 11: Einstellung der Prothese .....	28
Abbildung 12: reponierte Prothese .....	29
Abbildung 13: Constant-Score der betroffenen Seite.....	31
Abbildung 14: Constant-Score der Gegenseite .....	32
Abbildung 15: Constant-Score: Auswertung nach Geschlecht .....	38
Abbildung 16: Constant-Score: Auswertung nach Alter .....	40
Abbildung 17: relativer Constant-Score: Auswertung nach Alter.....	40
Abbildung 18: Constant-Score: Auswertung nach Nachuntersuchungszeitraum.....	42
Abbildung 19: Absoluter Constant-Score im zeitlichen Verlauf .....	43
Abbildung 20: Relativer Constant-Score im zeitlichen Verlauf .....	45
Abbildung 21: ASES-Score: Auswertung nach Geschlecht .....	50
Abbildung 22: ASES-Score: Auswertung nach Alter .....	51
Abbildung 23: ASES-Score: Auswertung nach Nachuntersuchungszeitraum .....	52
Abbildung 24: Rekonstruktion der Tubercula .....	54
Abbildung 25: Skapula-Notching.....	54
Abbildung 26: positives Lockerungszeichen.....	55
Abbildung 27: Frakturtypen des Gesamtkollektivs.....	58
Abbildung 28: Verteilung des Prothesenmodells im Gesamtkollektiv .....	60

## **9. Curriculum Vitae**



## 10. Anhang

Aktivität	Rechter Arm	Linker Arm
1. Einen Mantel anziehen	0-1-2-3	0-1-2-3
2. Auf der betroffenen/schmerzenden Seite schlafen	0-1-2-3	0-1-2-3
3. Rücken waschen	0-1-2-3	0-1-2-3
4. Toilettengang managen	0-1-2-3	0-1-2-3
5. Haare kämmen	0-1-2-3	0-1-2-3
6. Ein hohes Regal erreichen	0-1-2-3	0-1-2-3
7. 4,5 kg über Schulterhöhe heben	0-1-2-3	0-1-2-3
8. Einen Ball hoch werfen	0-1-2-3	0-1-2-3
9. Alltägliche Arbeit vollbringen	0-1-2-3	0-1-2-3
10. Sport treiben	0-1-2-3	0-1-2-3

*Tabelle 40: ASES Score: ADL*