

**Proximale Humerusfraktur beim älteren Patienten:  
Monoverletzung oder Verlust der Selbstständigkeit?**  
**Outcome nach inverser Schulterprothese, offener Reposition  
mit winkelstabiler Plattenosteosynthese und konservativer  
Therapie**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. med.)

der Medizinischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

Bonn

**Carolin Müller**

aus Arnstadt

2026

Angefertigt mit der Genehmigung  
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: PD Dr. Koroush Kabir
2. Gutachter: Prof. Dr. Hartmut Vatter

Tag der Mündlichen Prüfung: 21.01.2026

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie,  
Universitätsklinikum Bonn

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>6</b>
1.1 Anatomische Grundlagen der Schulter .....	7
1.2. Proximale Humerusfrakturen .....	8
1.3. Therapiekonzepte .....	9
1.3.1. Konservativ .....	10
1.3.2. Gelenkerhaltende Osteosynthese.....	11
1.3.3. Prothesen .....	12
Anatomische Prothese.....	13
Inverse Prothese.....	13
1.4. Risiken und Komplikationen.....	14
1.5. Fragestellung .....	15
<b>2. Material und Methoden</b> .....	<b>16</b>
2.1 Studiendesgin .....	16
2.2. Patientenkollektiv .....	16
2.2.1. Offene Reposition und interne Fixation.....	17
2.2.2 Inverse Schulterprothese .....	17
2.2.3 Konservativ .....	18
2.3. Messparameter .....	18
Klinische Messparameter.....	19
ASA-Score .....	19
Radiologische Messparameter .....	20
2.4. Statistische Analyse.....	22
2.5 Patientenkollektiv .....	22
<b>3. Ergebnisse</b> .....	<b>24</b>
3.1. Klinische Ergebnisse.....	24
3.2. Radiologische Ergebnisse .....	25
3.3. Komplikationen .....	25
3.4. Postoperatives Management .....	28
<b>4. Diskussion</b> .....	<b>30</b>
<b>5. Zusammenfassung</b> .....	<b>37</b>

<b>6. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>39</b>
<b>7. Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>40</b>
<b>8. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>41</b>
<b>9. Erklärung zum Eigenanteil .....</b>	<b>46</b>

## Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
a.p.	anteriorposterior
ASA	American Society of Anesthesiologists
CSA	Critical Shoulder Angle
CT	Computertomografie
DTI	Deltoid-Tuberositas-Index
M.	Musculus
min.	Minuten
Mm.	Musculi
N.	Nervus
Nn.	Nervi
OP	Operation
ORIF	Offene Reposition und Interne Fixation
ROM	Range of Motion

## 1. Einleitung

Die Fraktur des proximalen Humerus stellt weltweit die vierthäufigste Fraktur dar (Court-Brown und Caesar, 2006). Epidemiologisch sind häufig ältere Patienten betroffen, mit einem Peak zwischen 73 und 78 Jahren (Palvanen et al., 2006). Die Versorgung dieser Fraktur ist jedoch keinesfalls einheitlich, sondern weist diverse Strategien auf, zwischen denen sorgfältig abgewogen und patientenbezogen entschieden werden sollte. Bei der Therapie stehen neben nicht-invasiven Verfahren auch eine Vielfalt an operativen Verfahren zur Auswahl. Die Verfahrensauswahl hängt von diversen Faktoren ab. Im Hinblick auf das ältere Patientenkollektiv treten altersabhängiger Faktoren in den Vordergrund. Zu diesen zählen zum Beispiel eine abnehmende Knochendichte (Cazeneuve und Cristofari, 2011) und eine oftmals erweiterte Krankheitsanamnese. Somit ergibt sich häufig eine komplexe Multimorbidität der betroffenen Patienten, aufgrund derer man zunächst zwischen einer konservativen und einer operativen Therapie entscheiden sollte. Bei der operativen Therapie besteht einerseits die Möglichkeit einer gelenkerhaltenden Osteosynthese wie die offene Reposition mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese. Die Alternative ist die Implantation einer Endoprothese. Gerade bei älteren Patienten wird hier oftmals die inverse Schulterprothese bevorzugt. Hierfür ist keine intakte Rotatorenmanschette, welche im Alter oftmals vorgeschädigt ist (Milgrom et al., 1995), notwendig. Bei diesem Verfahren wird die Anatomie der Schulter umstrukturiert und das Verhältnis von Gelenkpfanne zu Gelenkkopf vertauscht, sowie das Drehzentrum des Gelenks verlagert. Trotz der möglichen operativen Komplikationen kann eine operative Therapie (Hanson et al., 2009) die Wiederherstellung der Selbstständigkeit unterstützen. Der operative Eingriff erfordert jedoch das Miteinhergehen von der Belastung einer Narkose sowie einen Krankenhausaufenthalt, der ebenfalls oft mit Infektionsgeschehen und einer psychischen Belastung der Patienten verbunden ist. Diese Risiken braucht man bei der Wahl des konservativen Verfahrens nicht eingehen, jedoch sehen sich die betroffenen Patienten einer längeren Ruhigstellung des Armes gegenüber, wodurch ein Verlust von Selbstständigkeit im Alltag auftreten könnte. Somit sollte gerade im Hinblick auf den Anteil des älteren Patientenkollektivs neben Faktoren wie Schmerzen, Funktion und Komplikationsraten auch der Erhalt eines unabhängigen Lebensstils im Fokus der Therapie stehen (Hodgson, 2006; Fink et al., 2003). Ebenfalls spielt eine

altersentsprechende Knochensubstanzveränderung eine entscheidende Rolle bei der Frakturversorgung (Fink et al., 2003; Mansat und Bonneville, 2015; Young und Wallace, 1985). Durch Osteoporose, und der damit verbundenen verminderten Knochenqualität, ist eingebrachtes Material anfälliger für Ausrisse und Lockerungen (Ferrel et al., 2015). Unter Berücksichtigung aller Faktoren eines älteren Patientenlientels könnte die Therapie der proximalen Humerusfraktur optimiert werden. Der größtmögliche und schnellstmögliche Funktionserhalt der Schulter würde die betroffenen Patienten vor einem Verlust ihrer Selbstständigkeit bewahren. Somit könnten sie unabhängig von Pflegeeinrichtungen und der Notwendigkeit einer Pflegestufe bleiben. Ebenfalls könnte sich somit auch für das Gesundheitssystem eine ökonomischere Therapieauswahl ergeben (Mellstrand Navarro et al., 2018).

### 1.1 Anatomische Grundlagen der Schulter

Die Schulter setzt sich aus mehreren Gelenken zusammen und bildet die Verbindung zwischen dem Rumpf und der oberen Extremität. Diese Verbindung wird zunächst durch die beteiligten Knochen, Clavicula, Humerus und Scapula gebildet. Die Clavicula verbindet das Sternum mit der Scapula, welche wiederum muskulär und ligamentär mit dem Humerus verbunden ist. Das Zusammenspiel von den drei beinhalteten Gelenken (Acromioclaviculargelenk, Sternoclaviculargelenk und Glenohumeralgelenk) mit den führenden Haltemuskeln, der Rotatorenmanschette (M. infraspinatus, M. supraspinatus, M. teres minor, M. subscapularis), den Muskelschlingen der Schulter (Mm. rhomboidei, M. serratus anterior, M. trapezius, M. pectoralis minor, M. levator scapulae) sowie dem von außen dominierenden M. deltoideus ermöglicht einen erhöhten Bewegungsumfang des Schultergelenks unter Einbeziehung des Schultergürtels. Ebenso besonders ist eine sehr kleine Gelenkfläche, gebildet durch die Scapula, in der ein verhältnismäßig großer Gelenkkopf, gebildet durch das Caput humeri, artikuliert. Das Schultergelenk ist eines der beweglichsten Gelenke des Menschen und dadurch auch eines der Verletzungsanfälligsten.

Der Humerus lässt sich von proximal nach distal in einen Humeruskopf (Caput humeri), einen Humerushals (Collum humeri) und einen Humerusschaft (Corpus humeri) einteilen. Der Humeruskopf ist hierbei um 14-20 Grad zum Schaft nach hinten gedreht (Retrotorsion). Proximal des Humerushalses liegen die zwei Apophysen des Humerus,

die Tuberositas major und minor, zwischen denen eine Rinne, der Sulcus intertubercularis verläuft. Distal des Humerushalses befindet sich das Collum chirurgicum und das Collum anatomicum, jeweils wenige Millimeter breite Einziehungen. Die distale Epiphyse des Humerus wird gebildet durch zwei Epikondylen sowie die Trochlea humeri und das Capitulum humeri. Diese Epiphyse artikuliert mit Radius und Ulna und bildet das Ellenbogengelenk. Der Humerus verknöchert an drei verschiedenen Stellen, welche dadurch Prädilektionsstellen für Frakturen bilden (Schlegel und Hawkins, 1994).

Der Humeruskopf wird durch drei arterielle Hauptzuflüsse versorgt. Die A. circumflexa humeri anterior gibt in ihrem Verlauf die A. arcuata interossär ab, welche die gesamte Epiphyse versorgt (Gerber et al., 1990; Brooks et al., 1993). Diese Arterie ist bei Humeruskopffrakturen mit Dislokation hauptsächlich gefährdet (Schai et al., 1995), und verursacht bei einer Ruptur eine Nekrose als Komplikation (Gerber et al., 1990; Brooks et al., 1993). Einen weiteren arteriellen Zufluss bildet die A. circumflexa humeri posterior, sowie ,als dritten Zufluss, von den versorgenden Gefäßen der Rotatorenmanschette (Gerber et al., 1990).

Einer der Hauptnerven im Bereich der Schulter ist der N. axillaris, welcher schräg in der Achselhöhle verläuft und an der Rückseite des Humeruskopfes Äste zur Versorgung des M. teres minor und M. infraspinatus abgibt. An der Vorderseite der Schulter verläuft außerdem der N. musculocutaneus, welcher motorisch den M. coracobrachialis, den M. biceps brachii und den M. brachialis innerviert. Sensibel versorgt er außerdem die Gelenkkapsel des Ellenbogengelenks und zugehörige Hautareale. An der Rückseite der Schulter liegt der N. suprascapularis, welcher den M. infraspinatus und M. supraspinatus versorgt. Weitere kleinere Nervenäste zur Innervation der Schulter sind z.B. die Nn. subscapulares.

## 1.2. Proximale Humerusfrakturen

Proximale Humerusfrakturen entstehen oftmals bei älteren Patienten durch niedrig-energetische Unfallhergänge (Court-Brown et al., 2001), häufig in Assoziation mit Osteoporose (Kristiansen et al., 1987; Horak und Nilsson, 1975), während andere Arten der Humerusfrakturen eher bei jüngeren Patienten nach Hochrasanztraumata vorkommen (Schlegel und Hawkins, 1994). Die Einteilung erfolgt nach Neer in die Gruppen I-VI (Neer, 1970; Müntz und Kuner, 1992) (Abbildung 1). Hierbei wird die Frakturart und die Anzahl

der Fragmente nach Codman berücksichtigt. Die möglichen Fragmente sind Humeruskopf, Tuberculum majus und minus, sowie der Schaft (Schlegel und Hawkins, 1994). Durch die ansetzenden Muskeln dislozieren diese Fragmente oftmals in typischer Richtung. Somit kippt das Tuberculum majus oft nach dorsokraniel, durch den Zug von M. supraspinatus und M. infraspinatus. Das Tuberculum minus dagegen wird durch den Zug vom M. subscapularis nach anteromedial disloziert, genauso wie der Schaft durch die Krafteinwirkung des M. pectoralis major. Der Humeruskopf erfährt bei einer Fraktur und die damit verbundene Eintauchung typischerweise eine varische Verkipfung. Eine Fraktur der Gruppe I nach Neer weist keine oder eine minimale Dislokation auf und ist eine Ein-Part-Fraktur. Eine Fraktur der Gruppe II nach Neer ist eine dislozierte 2-Part-Fraktur am Collum anatomicum. Die Gruppe III nach Neer ist eine 2-Part-Fraktur am Collum chirurgicum und wird mit A-C noch nach Dislokationsart klassifiziert. Die Gruppe IV nach Neer beinhaltet eine 2- bis 4-Part-Fraktur mit Abriss des Tuberculum majus, Gruppe V mit Abriss des Tuberculum minus. Die Gruppe VI wird durch Luxationsfrakturen gebildet. Zusätzliche Frakturarten werden in Gruppe IV bis VI mittels den Nummern 2-4 noch benannt. Die proximale Humerusfraktur kann auch nach der AO- Klassifikation eingeteilt werden.

Bei proximalen Humerusfrakturen kann zusätzlich eine Schädigung der naheliegenden neurovaskulären Leitungsbahnen erfolgen. Besonders gefährdet ist hierbei der N. axillaris im Verlauf um das Collum chirurgicum (Schlegel und Hawkins, 1994). Weitere Strukturen sind die A. circumflexa humeri anterior und posterior, hierbei kann vor allem die A. arcuata bei einer Fraktur des Collum anatomicum perforiert werden (Schai et al., 1995; Brooks et al., 1993).

### 1.3. Therapiekonzepte

In der klinischen Erstversorgung wird die betroffene Schulter zunächst immobilisiert und es erfolgt eine bedarfsadaptierte Analgetikagabe nach WHO-Stufenschema zur Verminderung des Risikos für die Entstehung eines chronischen Schmerzsyndroms. Die proximale Humerusfraktur kann konservativ oder operativ therapiert werden. Operativ kann wiederum gelenkerhaltend vorgegangen werden. Als weitere operative Alternative steht der Gelenkersatz dem gegenüber, welcher als anatomische Hemiprothese oder als Totalprothese in Form einer inversen Schulterprothese durchgeführt wird. Im Folgenden

werden die Verfahren erläutert, sowie deren spezifische Risiken und Kontraindikationen dargestellt.

### 1.3.1. Konservativ

Die konservative Therapie erfolgt bei einer stabilen, reponiblen und gering dislozierten Fraktur oder aufgrund von Kontraindikationen für eine operative Versorgung, wie z.B. ausgedehnte Hautinfektionen im Operationsbereich oder ein zu hohes Risiko aufgrund von Vorerkrankungen (Young und Wallace, 1985). Die Definition für die maximale Dislokation ist hierbei in der Literatur variabel. Laut Neer wird eine deutlich größere Dislokation und Abkipfung noch für eine konservative Therapie toleriert (bis zu 1cm Dislokation und bis zu 45 Grad Abkipfung, (Stoddart et al., 2020)), leitliniengerecht wird eine Fragmentdislokation bis zu 5mm und eine Abkipfung bis zu 20 Grad konservativ behandelt. Bei höhergradigen Abkipfungen erfolgt vor Ruhigstellung eine geschlossene Reposition in Analgosedierung oder Narkose. Bei medialisiertem Schaft kann hierzu eine Rolle als Hypomochlion verwendet werden, im Falle einer Varusabkipfung des Kopffragmentes wird eine Abduktionsschiene verwendet (Franke und Ambacher, 2012).

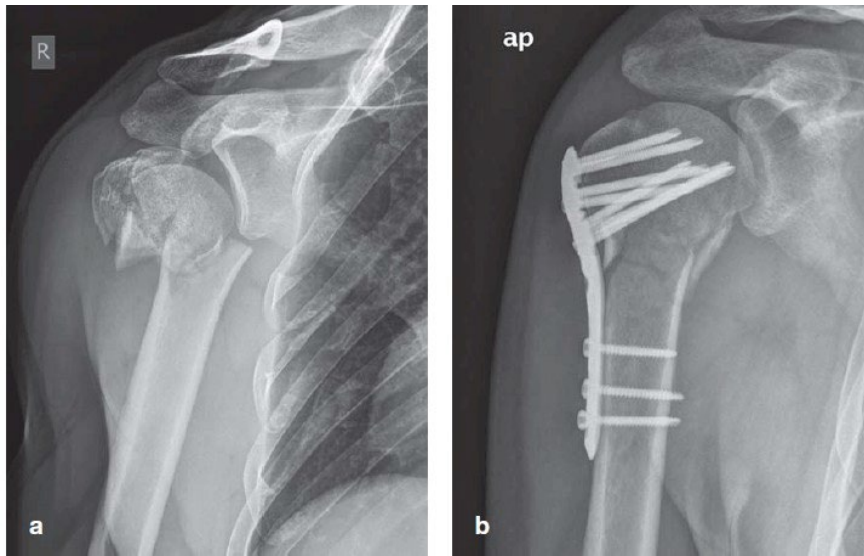
Bei der konservativen Therapie erfolgt eine frühfunktionelle Behandlung, welche vor allem nur eine kurze Immobilisation beinhaltet (Hodgson, 2006). In der 1. bis ca. 3. Woche wird der Arm lagerungsstabil ruhiggestellt, z.B. mittels Gilchrist- Verbands oder Desaultverbands (Abbildung 2). Das Ellenbogengelenk und die Hand sollten hierbei weiterhin aktiv bewegt werden. Zudem können ab der 2. Woche Säge-/ Pendelübungen selbstständig oder unter physiotherapeutischer Aufsicht erfolgen. Auch wird die Orthese, die Durchblutung und die Nervenfunktion regelmäßig kontrolliert. Bis zu drei Röntgenkontrollen sind in dieser Phase indiziert. In der 3. Bis 6. Woche wird der Arm bewegungsstabil beübt unter Physiotherapie. Hierbei können geführte Bewegungen bis zu 90° Abduktion erfolgen. Ab der 8. Woche kann der Arm belastungsstabil bis zur Vollbelastung selbstständig mobilisiert, ab der 11. Woche dann trainingsstabil, patientenabhängig Rehasport- angebunden belastet werden (Hodgson, 2006).

### 1.3.2. Gelenkerhaltende Osteosynthese

Die gelenkerhaltende Osteosynthese kann auf drei verschiedene Arten mit weiteren variablen Formen erfolgen, als minimalinvasive Schraubenosteosynthese, als Plattenosteosynthese oder als Marknagelung (Solberg et al., 2009). Die Plattenosteosynthese ist konventionell, winkelstabil und mit zementiert augmentierten Schrauben möglich (Solberg et al., 2009; Brunner et al., 2009).

Die minimalinvasive Schraubenosteosynthese wird vor allem bei isolierten, dislozierten Tuberculum majus- Frakturen eingesetzt (Solberg et al., 2009). Hierbei werden arthroskopisch oder perkutan über Stichinzisionen größere Fragmente über Zugschrauben und kleinere Fragmente über Knochenanker oder intraossäre Nähte fixiert. Es kann eine perkutane K- Drahtosteosynthese durchgeführt werden, welche sich vor allem bei Frakturen ohne metaphysäre Trümmerzone eignet.

Bei einer offenen Plattenosteosynthese wird entweder minimal invasiv oder nach einer offenen Reposition der Humeruskopf mit seinen Knochenfragmenten mittels Schrauben und Platten fixiert und stabilisiert (Clavert et al., 2010; Solberg et al., 2009) (Abbildung 3). Über einen deltoidektoralen oder transdeltoidektoralen (Delta-Split) Zugang werden anatomisch vorgeformte Platten eingebracht (Brunner et al., 2009). Dabei sollte die Platte ca. 5- 8mm unterhalb des Tuberculum majus liegen. Die anatomisch vorgeformten Platten können mit Fadencerclagen kombiniert werden. Die Marknagelung erfolgt über einen anterolateralen Zugang. Die offene Reposition ermöglicht eine bessere Manipulation der Frakturfragmente, wodurch auch kompliziertere Frakturtypen versorgt werden können. Die Implantate können in einer ambulanten Zweitoperation entfernt werden. Durch die Kombination von Plattenosteosynthese mit Schraubenosteosynthesen wird bei der Versorgung des proximalen Humerus eine bessere Kraftverteilung erzielt.



**Abb. 1a;b:** 53-jähriger Patient, valgisch impaktierte 3-Fragmentfraktur des proximalen Humerus, 3b: Versorgung mittels offener Reposition und winkelstabiler Platte. (16.03.2021, Abbildungen entstammen der Studienarbeit aus den genutzten Patientenunterlagen und wurden bereits im dazugehörigen Paper verwendet, (Ott et al., 2022) )

### 1.3.3. Prothesen

Bei der prothetischen Versorgung unterscheidet man Hemiprothesen von totalen Prothesen, sowie anatomische Prothesen von inversen Prothesen. Bei Hemiprothesen wird nur ein Teil des Gelenks ersetzt, bei den totalen Prothesen sowohl Gelenkkopf als auch Gelenkpfanne. Als Prothesenmaterial werden Titan- oder Chrom-Kobalt-Legierungen verwendet, gegebenenfalls kommt auch Keramik zum Einsatz. Der endoprothetische Ersatz der Schulterpfanne besteht dagegen normalerweise aus einem speziellen, sehr harten Kunststoff wie Polyethylen, der den Gelenkknorpel des natürlichen Schultergelenks nachahmt und so als Gleitfläche dient.

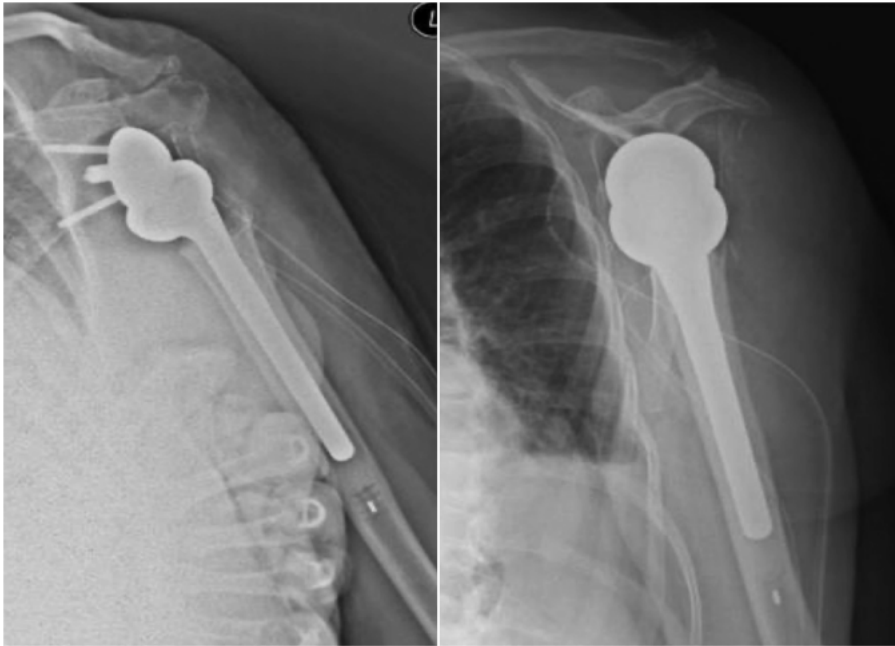
Bei der Oberarmkopfkomponente handelt es sich entweder lediglich um eine Metallkappe, die als Oberflächenersatz auf den natürlichen Oberarmkopf aufgesetzt (Kappenprothese) bzw. mit Schrauben im Oberarmkopf fixiert (schaftlose Prothese) wird, oder um einen Metallkopf, der auf einen zuvor im Oberarmknochen implantierten Prothesenschaft aufgesteckt wird. Als Prothesenschaft stehen prinzipiell Kurzschaftprothesen, konventionelle Schaftprothesen oder Langschaftprothesen zur Auswahl. Bei einer Schultertotalendoprothese (Schulter-TEP) wird zusätzlich als Gegenlager für den Metallkopf der Oberarmkopfprothese eine künstliche Schulterpfanne (Glenoidersatz) implantiert.

### Anatomische Prothese

Bei der Versorgung der proximalen Humerusfraktur mittels anatomischer Prothese wird der Humeruskopf durch eine Metallhalbkugel ersetzt. Diese wird entweder mit einem Schaft im Knochen fixiert oder als schafffreie Prothese bzw. Kappenprothese implantiert. Das Glenoid wird bei einer Totalendoprothese mit einer oft aus Kunststoff bestehenden Gelenkpfanne versehen. Die anatomischen Gegebenheiten bleiben hierbei bestehen. Die Implantatgröße, Resektionshöhe und Inklination der Prothese werden somit an den vorherigen Gegebenheiten angepasst um dadurch eine möglichst genaue Rekonstruktion des Schultergelenks zu erhalten. Die Planung erfolgt präoperativ an Röntgenbildern in zwei Ebenen, in einer „true a.p“ - Aufnahme in leichter Außenrotation und einer axialen Aufnahme (Vogt et al., 2016).

### Inverse Prothese

Bei der Versorgung der proximalen Humerusfraktur mittels einer inversen Prothese wird durch Umstrukturierung von Gelenkpfanne und Gelenkkopf eine Medialisierung des Drehzentrums des Gelenks und damit verbesserte Funktionalität erreicht (Abbildung 5) (Grammont und Baulot, 1993). Dazu werden Pfanne und Kopf durch Prothetik in ihrer Funktion vertauscht (Abbildung 4). Der Abstand vom Schulterdach zum Humerus vergrößert sich, wodurch der M. deltoideus eine höhere Spannung erfährt und die verletzte Rotatorenmanschette teilweise kompensieren kann. Es entsteht ein verlängerter Hebelarm, wodurch eine verbesserte Elevation des Armes möglich wird (Gallinet et al., 2018; Grammont und Baulot, 1993). Dieses Verfahren ist somit auch möglich, wenn eine Schädigung der Rotatorenmanschette vorliegt (Boyle et al., 2013; Giardella et al., 2017). Als aktuelle Prothese wird eine On-lay-Prothese verwendet, bei der das Drehzentrum minimal aus der Glenoidebene lateralisiert wird und sich bei einem Schaft-Hals-Winkel von  $145^\circ$  keine eingeschränkte Rotationsamplitude wie bei dem Vorgängermodell, der In-Lay-Prothese Delta-III nach Grammont ergibt.



**Abb. 2:** A.p. und axiale Aufnahme nach Implantation einer inversen Prothese (Abbildungen entstammen der Studienarbeit aus den genutzten Patientenunterlagen und wurden bereits im dazugehörigen Paper verwendet, (Ott et al., 2022))

Bei einem deltopektoralen Zugang und der Ablösung der Subscapularis-Sehne, kann diese für eine verbesserte Innenrotation und erhöhte Gelenksstabilität wieder refixiert werden nach Einbringen der Prothese (Friedman et al., 2017). Die Nachbehandlung der Frakturversorgung mittels inverser Prothese gliedert sich in eine erste postoperative Phase, in der eine passive Schultergelenksmobilisation wieder möglich ist, sowie eine anschließende zweite Phase mit aktiver Gelenkbeweglichkeit. Da das Einsetzen einer inversen Schulterprothese die Abduktion, jedoch nicht die Außen- oder Innenrotation verbessert, kann bei bereits präoperativem Defizit der Aussenrotation ein Latissimus-dorsi/ Teres- major- Transfer nach L'Episcopo durchgeführt werden. Alltagshandlungen wie einen Löffel zum Mund führen oder die Durchführung der Körperhygiene bleiben somit weiterhin für die betroffenen Patienten durchführbar (Beauchamp et al., 1998; Gerhardt et al., 2010).

#### 1.4. Risiken und Komplikationen

Zu den Risiken und Komplikationen einer nicht-operativen Therapie gehören vor allem bleibende Bewegungseinschränkungen und Schultersteife (Greiner et al., 2014). Ebenfalls kann sich eine Pseudarthrose oder sekundäre Omarthrose bilden (Clavert et al.,

2010). Auch kann eine Heilung in Fehlstellung erfolgen, sowie sich eine Oberarmkopfnekrose entwickeln (Brooks et al., 1993).

Bei der operativen Therapie mittels Osteosynthese sind die häufigsten Komplikationen ebenfalls eine Bewegungseinschränkung (Marotte et al., 1978; Sebastia-Forcada et al., 2017). Auch kann die eingesetzte Schraube oder Platte dislozieren oder brechen. Durch eine vorbestehende schlechte Knochenqualität kann es nach Einbringung des Materials zu Sinterungen kommen (Clavert et al., 2010; Brunner et al., 2009). Ebenfalls möglich ist ein resultierendes Impingement (Agudelo et al., 2007). Durch die Osteosynthese kann es außerdem zu einer verzögerten Knochenheilung, und darüber ebenfalls wie bei der nicht-operativen Therapie zur Ausbildung einer Pseudarthrose oder sekundären Omarthrose kommen (Clavert et al., 2010; Agudelo et al., 2007). Auch die Nekrosenentstehung kann die Folge einer Osteosynthese sein (Dines et al., 1993; Schai et al., 1995; Brooks et al., 1993; Brunner et al., 2009). Weitere generelle Risiken durch eine Operation sind Infekte und Läsionen im Operationsbereich (Cazeneuve und Cristofari, 2011, 2014).

Bei der prothetischen Versorgung sind erneut Komplikationen wie eine Bewegungseinschränkung (Marotte et al., 1978; Willis et al., 2012) oder Infekte zu nennen. Speziell besteht außerdem das Risiko einer Protheseninstabilität oder Prothesenlockerung (Hawkins und Switlyk, 1993; Cazeneuve und Cristofari, 2011). Ebenfalls kann es zu einer periprothetischen Fraktur kommen.

Allgemein gibt es auch mögliche Dauerfolgen wie eine posttraumatische Arthrofibrose, weiter bestehende chronifizierende Schulterschmerzen (Cazeneuve und Cristofari, 2011), eine bleibende Kraftminderung des Armes oder auch dauerhafte Nervenausfälle (Dines et al., 1993; Hawkins und Switlyk, 1993).

### 1.5. Fragestellung

Proximale, mehrfragmentäre Humerusfrakturen treten häufig beim älteren oder geriatrischen Patienten auf. Die Versorgung dieser Frakturen ist nicht einheitlich geklärt, sondern es existieren diverse Therapiemöglichkeiten. Gerade beim älteren Patienten zielt die Therapie auf den Erhalt von Selbstständigkeit und eine an die körperliche Verfassung angepasste Verfahrensauswahl ab. Im Hinblick auf geriatrische Patienten müssen hierfür andere Rahmenbedingungen und dadurch entstehende Komplikationen beachtet werden.

Somit sollte das Verfahren gewählt werden, welches die geringsten Komplikationen bei gleichzeitig kürzestem Krankenhausaufenthalt und schnellstmöglichem Wiedererlangen der Funktionalität aufweist, sodass die Patienten nicht länger als notwendig in ihrer Selbstständigkeit eingeschränkt werden. Welche Therapiemöglichkeit jedoch am besten im Hinblick auf das Outcome der Patienten ist, ist nicht abschließend geklärt. Diese Studie stellt drei verschiedene Versorgungsarten von proximalen Humerusfrakturen beim geriatrischen Patienten gegenüber. Neben der konservativen Therapie werden die prothetische Versorgung mittels inverser Prothese sowie die gelenkerhaltende Versorgung mittels offener Reposition und osteosynthetischer Fixierung mit winkelstabiler Platte verglichen. Hierbei liegt der Fokus auf dem postoperativen Management und den Komplikationen der jeweiligen Verfahren. Zur Vergleichbarkeit werden Schwerpunkte auf objektive Parameter wie die Operationszeiten gesetzt.

## **2. Material und Methoden**

Diese Studie wurde statistisch ausgewertet und bedarf als retrospektiver statistischer Studie keiner ethischen Prüfung laut Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Rheinischen Friedrich- Wilhelms- Universität Bonn.

### **2.1 Studiendesgin**

Diese Studie wurde retrospektiv statistisch durchgeführt. Als Grundlage wurde sich hierfür auf die Patientenakten des Johanniter Krankenhauses Bonn und des Ev. Waldkrankenhauses Bonn bezogen.

### **2.2. Patientenkollektiv**

Die untersuchten Patientenkohorten wurden zwischen 2016 und 2018 im Johanniter Krankenhaus Bonn und dem Ev. Waldkrankenhaus Bonn der Johanniter GmbH behandelt und retrospektiv mittels des ICD-Codes S42.21 ermittelt. Als Einschlusskriterien war die Diagnose einer 3- oder 4-Part Fraktur des Humeruskopfes nach Neer. Ebenfalls mussten die Patienten zum Zeitpunkt der Behandlung 70 Jahre oder älter sein. Ausgeschlossen von der Studie wurden Patienten mit Demenz oder pathologischen Frakturen. Die Altersverteilung lag im Durchschnitt bei 83,7 Jahre. In der Geschlechterverteilung dominierte der Anteil an weiblichen Patienten mit über 80%. Die Patienten wurden postoperativ entweder nach Hause entlassen, in eine Rehabilitations-Einrichtung oder in

ein Pflegeheim verlegt. Präoperativ wurde in 127 Fällen eine anästhesiologische Einschätzung miteinbezogen durch Erhebung des ASA-Scores und somit eine Vergleichbarkeit bezüglich des operativen Outcomes nach inverser Prothese oder offener Reposition und interner Fixation geschaffen. Jegliche intra- oder postoperativen aufgetretenen Komplikationen wurden erhoben.

#### 2.2.1. Offene Reposition und interne Fixation

In der Kohorte der Patienten mit offener Reposition und interner Fixation mittels Plattenosteosynthese erfolgte zur Operation die Lagerung des Patienten in Beach-Chair-Position. Der Zugang erfolgte als deltoideopectoraler Zugang lateral des Processus coracoideus. Die Faszie wurde freipräpariert und schließlich unter Darstellung der V. cephalica eröffnet. Zwischen M. pectoralis major und M. deltoideus wurde die Fraktur freigelegt und reponiert. Gegebenfalls wurde mittels FiberWire-Faden eine Zuggurtung angelegt um die Platte im Verlauf heranziehen zu können. Mittels Rasparatorium wurde nun das Plattenlager vorbereitet und eine Platte (Johnson&Johnson, Synthes, PHILOS, West Chester, Pennsylvania) eingebracht. Anschließend wurde die Platte mit Kortikalisschrauben unter Bildwandlerkontrolle in zwei Ebenen fixiert. Insgesamt wurde die Platte winkelstabil angebracht und abschließend erneut in 3 Ebenen radiologisch kontrolliert. Die Operation wurde immer von jeweils einem Hauptoperateur und einem Assistenten durchgeführt. Im stationären Verlauf erfolgte eine Teilbelastung mit maximal 2 kg für 6 Wochen. Ab der 7. Woche war jeweils eine Vollbelastung möglich. Ab dem ersten postoperativen Tag erfolgten eine Krankengymnastik und eigenständige Bewegungen. Zur Lagekontrolle erfolgte nach 1 Woche und nach 6 Wochen eine Röntgenkontrolle in 2 Ebenen. Zwischen der Frakturentstehung und der Frakturversorgung lag hier im Durchschnitt ein Zeitintervall von 3 Tagen.

#### 2.2.2 Inverse Schulterprothese

Bei der Frakturversorgung mit inverser Schulterprothese wurden die Patienten in Beach-Chair-Position gelagert. Der Zugang erfolgte lateral des Processus coracoideus als deltoideopectoraler Zugang. Abhängig von den Weichteilverhältnissen erfolgte bei manchen Patienten auch ein transdeltoidaler Zugang. Darauf folgend wurde auf den M. deltoideus präpariert und die Gelenkkapsel eröffnet. Als nächster Operationsschritt erfolgte die Tenotomie der langen Bizepssehne und die Darstellung des M. subscapularis. Unter Außenrotation wurde der Humeruskopf luxiert und mittels Schaftbohrer der Schaft

aufgebohrt. Nach Abtrennung des Humeruskopfes am Collum anatomicum erfolgte die Präparation des Glenoids unter Abtrennung der langen Bizepssehne an ihrem Ursprung. Nach Einbringung des zentralen Bohrdrabtes entknorpelte man das Glenoid und bohrte das zentrale Zapfenloch für die Metaglène, welche daraufhin eingesetzt wurde. Man setzte verriegelte Schrauben (2 x 3,5mm) sowie nicht-verriegelte Schrauben (2 x 3,5mm) ein. Nachfolgend wurde die Glenosphäre (exzentrisch oder zentrisch, 42mm) eingebracht, ebenfalls so der Schaft. Nach Einbringung der Prothese mittels Zementierung (Palacos R.G; Heraeus GmbH, Wehrheim, Deutschland) wurde die Refixation der Tuberkula mittels zwei horizontaler Nähte und zwei Cerclagen vorgenommen. Hierfür wurde nicht resorbierbares Material verwendet (FiberWire, Arthrex, Naples Florida). Abschließend erfolgte die Testung der Außenrotation bis 20 Grad und das Schließen der Wunde. Als Prothesenmaterial wurde das Delta Xtend System der Firma DePuy France oder der Firma Johnson & Johnson verwendet. Die Operationen wurden jeweils immer von demselben 1. Operateur durchgeführt mit Assistenz eines 2. Operateurs. Die Patienten durften hiernach bei freier ROM bis zu 5kg heben und bekamen eine AV-Impulstherapie bis zu 3h pro Tag. Es erfolgte postoperativ ein Röntgen der Schulter in 2 Ebenen und eine bedarfsgerechte Analgesie. Nach 6 bis 8 Wochen wurde jeweils eine Verlaufskontrolle samt Röntgenbild vorgenommen. Die Frakturversorgung erfolgte jeweils bis maximal 7 Tage nach Frakturstellung.

### 2.2.3 Konservativ

Die konservative Therapie bestand aus dem 4-wöchigen Tragen einer Schlinge und einer regelmäßigen Mobilisation im Rahmen einer Physiotherapie. Bei der operativen Therapie wurden sowohl die Patienten mit einer offenen Reposition und internen Fixation, als auch mit einer inversen Prothese ab dem 1. Tag mobilisiert.

### 2.3. Messparameter

Perioperativ wurden der ASA-Score, die Operationszeit und die Länge des stationären Aufenthaltes erhoben. Retrospektiv wurden außerdem postoperative Komplikationen untersucht und der poststationäre Verlauf der Patienten verfolgt. Die Knochendichte als prognostischer Faktor wurde mittels Deltoid-Tuberositas-Index hinzugezogen sowie als zusätzlichen radiologischen Parameter der Critical Shoulder Angle ausgemessen.

### Klinische Messparameter

Bei Betrachtung des Alters verändert sich einer der ausschlaggebendsten Faktoren für die Verfahrenswahl, die Knochenqualität, enorm. Gerade bei Frauen tritt häufig durch ein Absinken des Östrogenspiegels postmenopausal Osteoporose auf (Srivastava und Deal, 2002; Coughlan und Dockery, 2014). Osteoporose ist eine der verbreitetsten Volkskrankheiten (Fink et al., 2003). Bei dieser durch Knochenabbau definierte Erkrankung erfolgt eine Auflockerung und Erweichung des Knochens, was zu vermehrten Frakturen, besonders der proximalen Humerusfraktur, führt (Fink et al., 2003). Somit ist auch das Outcome beim Einbringen von Osteosynthesen und Prothesen maßgeblich beeinflusst (Ferrel et al., 2015; Fink et al., 2003; Reuther et al., 2019), sowie die Heilung des frakturierten Knochens. Somit wurde als weiterer Faktor die Knochendichte durch die Messung des Deltoid-Tuberositas-Index ermittelt und hinzugezogen.

Bei dieser Studie wurde ebenfalls die OP- Dauer betrachtet. Eine längere OP- Zeit steht häufig in Verbindung mit weiteren Risiken, wie zum Beispiel erhöhtes Infektionsrisiko (Cheng et al., 2017). Diese Infektionen können ebenfalls einen großen Einfluss auf die Heilung und den Erfolg von Osteosynthesen und Prothesen nehmen, sowie einen Teil zu den postoperativen Risiken bei der Versorgung der proximalen Humerusfraktur beitragen, wie Nekrosen und verzögerte Knochen- und Wundheilung.

### ASA-Score

Um bezüglich der Evidenz der Ergebnisse dieser Studie und der Aussagekraft der aufgetretenen Komplikationen und Operationslängen ein mögliches Bias zu vermeiden, wurde in dieser Studie die anästhesiologische Patienteneinschätzung mittels ASA- Score miteinbezogen. Die ASA- Klassifikation dient der Einteilung von Patienten und ihrem körperlichen Zustand. Dieser Score wird vor allem in der Anästhesie vor einer anstehenden Narkose ermittelt, um anhand von systemischen Erkrankungen das Risiko hinsichtlich der Sedierung, Analgesie und Relaxierung einzuteilen (Cevik und Yuce, 2018; Hackett et al., 2015). In dieser Einteilung gibt es 6 Gruppen, ASA 1 bis ASA 6 (Hackett et al., 2015). ASA 1 betrifft einen normalen, sonst gesunden Patienten. Patienten mit einer leichten Allgemeinerkrankung werden als ASA 2 klassifiziert, mit einer schweren Allgemeinerkrankung als ASA 3. Die Einteilung als ASA 4 erfolgt bei Patienten mit einer ständigen Lebensbedrohung, hervorgerufen durch eine schwere Allgemeinerkrankung. In

der Gruppe der ASA 5- Patienten fallen diejenigen, welche als moribunder Patient erklärt werden, also nicht überlebensfähig ohne die anstehende Operation. Patienten mit einem ASA- Score von 6 sind hirntote Patienten. Der ASA- Score ist sehr subjektiv, da es keine klare Differenzierung zwischen leichten und schweren Allgemeinerkrankungen gibt, und somit stark abhängig von dem jeweiligen behandelnden Anästhesisten ist. Somit sollten weitere Faktoren, wie Alter, Art und Dauer des Eingriffs, sowie das perioperative Risiko berücksichtigt werden (Cevik und Yuce, 2018).

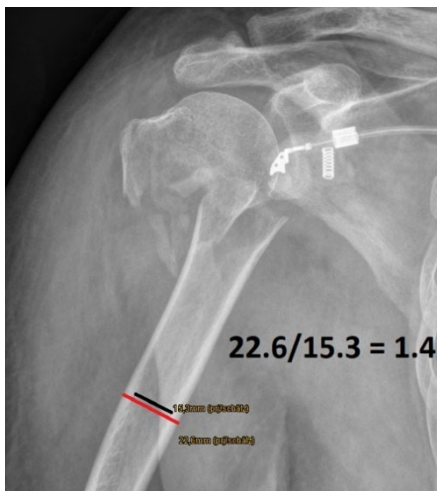
### Radiologische Messparameter

Bei allen Patienten dieser Studie erfolgte prä- und postoperativ eine radiologische Bildgebung als true-ap.-Aufnahme. Ebenfalls wurden CT- Scans bei allen Patienten angefertigt und durch einen unabhängigen Radiologen bewertet und nach Neer eingestuft.

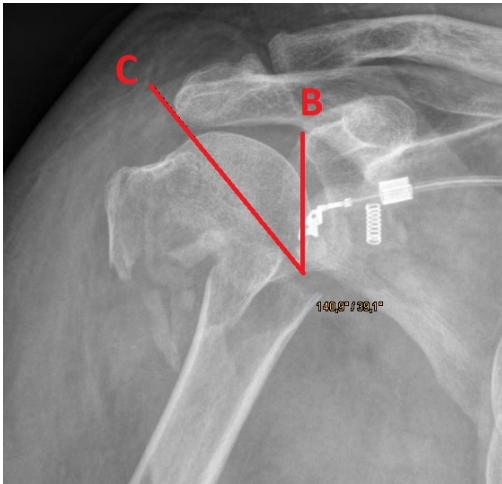
Um die Knochenqualität objektivieren zu können, wurde in dieser Studie der Deltoid-Tuberositas-Index (DTI) anhand der präoperativen Röntgenbilder in true-a.p.-Aufnahme bestimmt (Abbildung 6). Zur Ermittlung des DTI misst man am oberen Ende der Tuberositas deltoidea das Verhältnis vom Durchmesser der äußeren kortikalen Schicht zum Durchmesser der inneren endostalen Schicht, was in der Röntgenaufnahme durch die verschiedenen Dichten der jeweiligen Schichten gut sichtbar erfolgen kann (Spross et al., 2015)(Abbildung 4). Als Messwert wird ein DTI unter 1,4 assoziiert mit geringerer Knochendichte (Spross et al., 2015). Mit dem DTI kann die Knochenqualität am Ort der Fraktur zuverlässig ermittelt werden, und in die Betrachtung als Screening für bestehende Osteoporose bei der Verfahrenswahl miteinfließen (Spross et al., 2015; Kim et al., 2020).

Ein weiterer Parameter, welcher die Wahl der Therapie von proximalen Humerusfrakturen beeinflusst, ist der Status der Rotatorenmanschette. Eine intakte Rotatorenmanschette ist Voraussetzung für eine konservative Therapie, sowie eine anatomische Prothese oder die Frakturversorgung mittels Plattenosteosynthese (Giardella et al., 2017; Boyle et al., 2013; Sebastiá-Forcada et al., 2014; Reuther et al., 2019; Verdano et al., 2018). Um schon vor der Operation eine Prädisposition für eine degenerative und instabile Rotatorenmanschette zu erkennen, kann radiologisch im Vorfeld der Critical Shoulder Angle (CSA) bestimmt werden (Abbildung 7) (Loriaud et al., 2020). Zur Berechnung des

CSA wird in der a.p.- Röntgenaufnahme eine Linie zwischen dem oberen und unteren Ende der Fossa glenoidea und eine weitere Linie zwischen dem unteren Ende der Fossa glenoidea und dem äußersten Punkt des Acromions gezogen. Der Winkel zwischen den beiden Linien wird bestimmt und stellt den CSA dar (Loriaud et al., 2020; Li et al., 2018)(Abbildung 5). Der CSA beinhaltet somit sowohl die Inklination des Glenoids sowie die laterale Extension des Akromions. Generell ist ein höherer CSA mit vermehrten Rotatorenmanschetten-Degenerationen in Verbindung zu setzen (Moor et al., 2013). Gerade ein CSA höher als 40 Grad wird assoziiert mit vermehrten Verletzungen der Supraspinatus- und Infraspinatus-Sehne (Blonna et al., 2016). Liegt der CSA unter 30 Grad, so kann eine Korrelation mit einer vorliegenden Osteoarthritis des Schultergelenks festgestellt werden (Loriaud et al., 2020; Li et al., 2018; Blonna et al., 2016). Bereits vor Auftreten von Frakturen zeigt sich im älteren Patientenkontext eine erhöhte Prozentzahl von klinisch unauffälligen vorgeschädigten Rotatorenmanschetten (Milgrom et al., 1995),



**Abb. 3:** Beispiel Messung des Deltoid-Tuberositas-Index (Abbildungen entstammen der Studienarbeit aus den genutzten Patientenunterlagen und wurden bereits im dazugehörigen Paper verwendet, (Ott et al., 2022))



**Abb. 4:** Beispiel Messung des Critical-Shoulder-Angles (Abbildungen entstammen der Studienarbeit aus den genutzten Patientenunterlagen und wurden bereits im dazugehörigen Paper verwendet, (Ott et al., 2022))

#### 2.4. Statistische Analyse

Für die statistische Analyse der Daten wurde SPSS Statistics benutzt. Mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests wurde die Normalverteilung festgelegt. Um signifikante statistische Unterschiede feststellen zu können wurden der Mann-Whitney-U- Test sowie der Chi-Quadrat-Test nach Pearson durchgeführt, wodurch ebenfalls der Korrelationskoeffizient festgelegt wurde. Das Signifikanzniveau ( $\alpha$ -Niveau) wurde definiert als  $p < 0.05$ .

#### 2.5 Patientenkollektiv

Es wurden im Vorfeld 244 Patienten mit einer 3- oder 4-Part- Fraktur nach Neer mittels ICD Code S42.21 ermittelt. Zur Studie wurden 190 Patienten eingeschlossen, 54 Patienten wurden von der Studie ausgeschlossen aufgrund einer dementiellen Vorerkrankung oder pathologischen Frakturen. Von den 190 Patienten wurden 29 konservativ behandelt und 161 operativ. Von den Patienten, die operativ therapiert wurden, bekamen 90 Patienten eine inverse Prothese und 71 behandelte man mittels Plattenosteosynthese (Tabelle 1). Das Durchschnittsalter der untersuchten Patienten lag in der Gruppe der konservativ Behandelten bei 87 Jahren, der jüngste Patient war zum Zeitpunkt der Therapie 72, der älteste Patient 98. Im Vergleich dazu betrug das Durchschnittsalter in der mittels inverser Prothese behandelten Gruppe 82,3 Jahre, mit dem jüngsten Patienten von 72 Jahren und dem ältesten Patienten von 99 Jahren. Bei

den Patienten mit einer osteosynthetischen Versorgung als Behandlung war das Durchschnittsalter 81,9 Jahre, der jüngste Patient war hier 71 und der älteste Patient 99.

**Tab. 1:** Tabellarische Darstellung der Patientengruppen, eingeteilt nach der Verfahrensmethode

Verfahren	Häufigkeit	Prozent
Offene Reposition und winkelstabile Plattenosteosynthese	90	47,4
Inverse Schulterprothese	71	37,4
konservativ	29	15,3
Gesamt	190	100,0

Bezüglich des Geschlechts dominierten in allen drei Gruppen die weiblichen Patienten, aufsteigend gegliedert waren am wenigsten Frauen mit einem Prozentsatz von 78,9 % in der Gruppe der Behandlung mittels inverser Prothese. Bei den Patienten, welche konservativ behandelt wurden, waren es 82,8 %. Der höchste Anteil an weiblichen Patienten war in der Gruppe der Patienten zu finden, welche mittels offener Reposition und interner Fixation therapiert wurden, hier betrug er 84,4 %.

Nach dem Aufenthalt im Krankenhaus der Akutversorgung variierten die Patienten im weiteren Verlauf in der Folgeversorgung. Bei einem Teil der untersuchten Patienten erfolgte die Entlassung ins häusliche Umfeld. Andere wurden zur geriatrischen Anschlussbehandlung verlegt oder gingen in die Kurzzeitpflege.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Klinische Ergebnisse

Zur stationären und ambulanten Behandlung wurde jeweils eine strukturierte Anamnese durchgeführt und diese, sowie eine Dokumentation der postoperativen Rehabilitation für diese Studie herangezogen. Präoperativ wurde bei insgesamt 127 der Patienten mit operativer Frakturversorgung der ASA- Score ermittelt. Davon hatten 3,9 % einen ASA-Score von I, der ASA-Score betrug II bei 35,8% der Patienten und III bei 26,3%. Der höchste ASA- Score in der Patientengruppe dieser Studie betrug IV und war bei 2,1% der Patienten verzeichnet. Ein ASA- Score von V kam im Patientenkollektiv nicht vor. Beim Vergleich zwischen der Kohorte mit Plattenosteosynthese und der Kohorte mit inverser Prothese als Therapie war bezüglich der ASA- Score Verteilung kein evidenter Unterschied (Tabelle 2).

**Tab. 2:** Tabellarische Auswertung ASA-Score mit inverser Prothese und ORIF im Vergleich

Verfahren	Mittelwert	N	Standardabweichung
Offene Reposition und winkelstabile Plattenosteosynthese	2,3676	68	,64425
Inverse Schulterprothese	2,4746	59	,59758
Insgesamt	2,4173	127	,62286

Bei Betrachtung der Operationszeit betrug die Durchschnittslänge einer Plattenosteosynthese 72 min. und einer inversen Prothese 87,3 min. Die kürzeste Operation einer offenen Reposition und interner Fixation lag hier bei 36 min. und die längste Operation bei 150 min. Die kürzeste prothetische Versorgung dauerte 42 min. und die längste prothetische Versorgung 154 min. Somit liegt eine durchschnittlich signifikant längere Operationsdauer in der Patientengruppe mit inverser Prothese als Frakturtherapie vor.

Im Hinblick auf den stationären Aufenthalt betrug die durchschnittliche Länge bei Behandlung mit offener Reposition und interner Fixation 8,7 Tage und bei Behandlung mit inverser Prothese 11,5 Tage. Der kürzeste Verbleib im Krankenhaus war hierbei 1 Tag in

der Gruppe mit osteosynthetischer Frakturversorgung und 3 Tage in der Gruppe mit prothetischer Versorgung. Maximal blieben Patienten mit offener Reposition und interner Fixation 22 Tage und mit inverser Prothese 29 Tage im Akutkrankenhaus. Der stationäre Aufenthalt war in der Behandlungsgruppe mit inverser Prothese somit signifikant länger als mit offener Reposition und interner Fixation.

### 3.2. Radiologische Ergebnisse

In der Gruppe der Patienten, welche mittels inverser Prothese behandelt wurden, lag der durchschnittlich gemessene DTI bei 1,4, genauso wie in der Gruppe mit offener Reposition und interner Fixation als Therapie. Der geringste Index lag bei den Patienten mit inverser Prothese als Behandlung bei 1,2, der größte Index bei 1,7. Im Vergleich dazu war der niedrigste DTI in der Gruppe mit offener Reposition und interner Fixation 1,2 und der höchste Index 1,8.

Sowohl zwischen der ASA- Score Verteilung und der Verfahrenswahl als auch zwischen dem DTI und der Verfahrenswahl konnte keine Korrelation beobachtet werden.

### 3.3. Komplikationen

Sowohl bei den Patienten, welche mittels inverser Prothese versorgt wurden, als auch bei denen, die mittels offener Reposition und interner Fixation versorgt wurden, traten insgesamt ähnliche Komplikationsraten auf. In der Patientengruppe mit inverser Prothese waren es 15%. Bei Therapie mittels osteosynthetischer Versorgung entsprach die Komplikationsrate 15,6 %. Zu den Komplikationen bei der Frakturversorgung durch eine inverse Prothese kam es in einem Fall von Hämatombildung, in einem Fall von Infektion und in zwei zu Nervenläsionen. Zwei der Patienten starben und vier Patienten hatten ein Delir. Bei insgesamt 2,8% der Patienten aus der Gruppe mit inverser Prothese als Frakturversorgung musste eine zweite Operation erfolgen, dies war sowohl bei Hämatombildung als auch bei Infektion notwendig. In der folgenden Revisions-Operation, welche spätestens zwei Wochen nach der primären Operation erfolgte, wurden die Prothesen- Komponenten ausgetauscht und bei Infektion das Wundgebiet saniert. Die aufgetretenen Komplikationen in Bezug auf die Behandlung als offene Reposition und interner Fixation mittels winkelstabiler Platte bestanden in zwei Fällen aus Hämatombildung, in fünf Fällen aus Nekrosenbildung und in acht Fällen aus fehlgeschlagenen Osteosynthesen. Die Nekrosenbildung wurde hier drei Monate

postoperativ bis zu einem Jahr postoperativ beobachtet. Die Gründe für das Fehlschlagen der Osteosynthese waren Brüche der verwendeten Platte oder ein Materialausriss aus dem Knochen. Die Osteosynthesen-Fehlschläge traten bis zu drei Monate nach Primäroperation auf. Bei 11,1% der Patientenfälle mit offener Reposition und interner Fixation musste eine Revisions-Operation erfolgen. Dies war sowohl bei den fehlgeschlagenen Osteosynthesen als auch bei zwei Fällen der Osteonekrosen notwendig. Bei den sekundären Operationen wurde in zwei Fällen das Osteosynthesematerial entfernt und ersetzt, in acht Fällen wurde das Verfahren zur Implantation einer inversen Prothese gewechselt (Tabelle 3,4).

In der Gruppe der Patienten, welche eine osteosynthetische Frakturversorgung bekamen, traten als Komplikationen weder Tod noch Delir auf. Die Mortalität bei der inversen Prothese lag bei 2,8% und das Risiko eines Delirs durch die Operation einer inversen Prothese lag bei 5,6%.

**Tab. 3:** Tabellarische Darstellung Komplikationsraten bei der operativen Versorgung mittels Inverser Prothese und ORIF

Komplikation	Häufigkeit	Prozent
keine	61	85,9
Hämatom	1	1,4
Infekt	1	1,4
Nervenläsion	2	2,8
Delir	4	5,6
Tod	2	2,8
Gesamt	71	100,0

Verfahren: Inverse Schulterprothese

Komplikation	Häufigkeit	Prozent
keine	77	85,6
Hämatom	1	1,1
Nekrose	4	4,4
Implantatversagen	8	8,9
Gesamt	90	100,0

Verfahren: Offene Reposition und winkelstabile Plattenosteosynthese

Bei der Gruppe mit konservativer Therapie kam es in 10,3 % (3 von 29 Patienten) der Fälle zu einem Verfahrenswechsel. In allen Verfahrenswechsel wurde eine inverse Prothese implantiert.

**Tabelle 4:** Tabellarische Darstellung notwendiger Verfahrenswechsel bei Inverser Schulterprothese, Offener Reposition und winkelstabiler Plattenosteosynthese sowie Konservativer Therapie

Primäres Verfahren	Sekundäres Verfahren	Häufigkeit	Prozent
Offene Reposition und winkelstabile Plattenosteosynthese	Kein Wechsel	85	88,5
	Inverse Schulterprothese	9	9,4
	Notwendige Materialentfernung	2	2,1
	Gesamt	96	100,0
Inverse Schulterprothese	Kein Wechsel	72	100,0
Konservativ	Kein Wechsel	26	89,7
	Inverse Schulterprothese	3	10,3
	Gesamt	29	100,0

### 3.4. Postoperatives Management

Postoperativ gab es verschiedene Möglichkeiten, wohin die Patienten nach ihrem stationären Aufenthalt entlassen wurden. So wurden manche nach Hause entlassen, für andere folgte eine Verlegung in die Geriatrie, und ein weiterer Teil ging in die Kurzzeitpflege oder ins Pflegeheim (Abbildung 5,6).

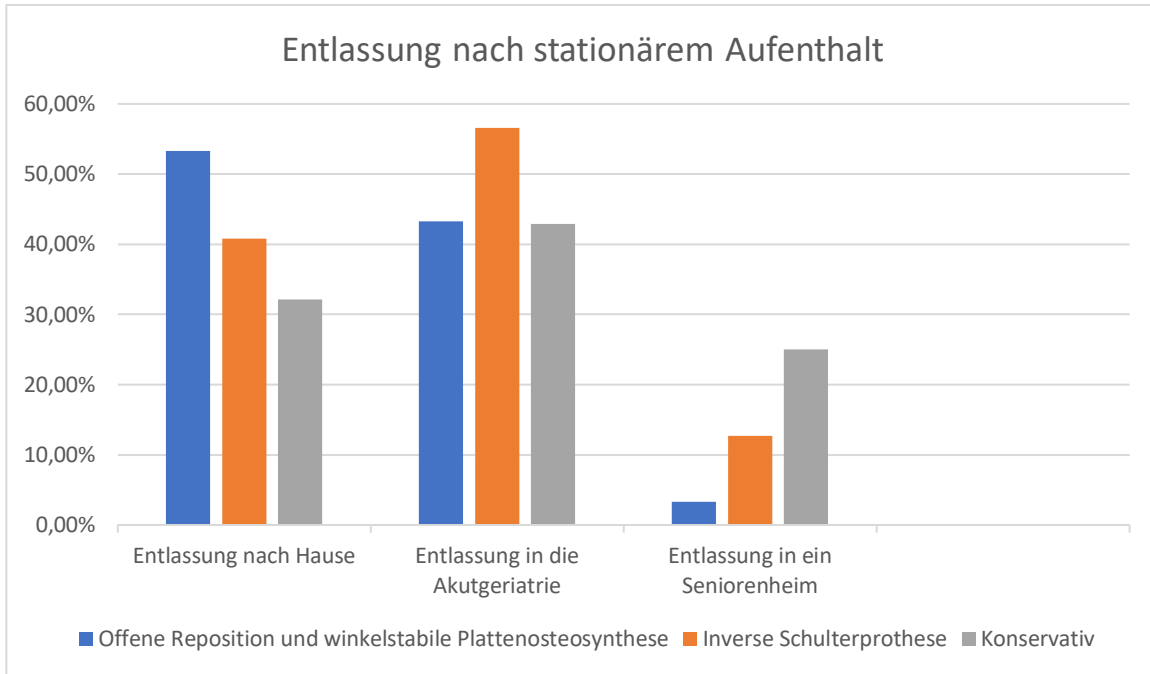
In der Gruppe der Patienten, welche mit einer offenen Reposition und internen Fixation behandelt wurden, konnten 53,3% nach Hause entlassen werden. Für weitere 43,3 % wurde ein stationärer geriatrischer Aufenthalt angeschlossen. 3,3% wurden ins Pflegeheim entlassen. Von den Patienten, die geriatrisch nachbehandelt wurden, konnten 23,3 % nach Hause entlassen werden, drei Patienten wurden in ein anderes Krankenhaus verlegt. Ein Patient wurde nach dem Geriatrie- Aufenthalt ins Pflegeheim entlassen, drei Patienten bekamen einen Aufenthalt in der Kurzzeitpflege. Für 11 Patienten lagen post-geriatrisch keine Daten vor.

Unter den Patienten mit einer inversen Prothese als Therapie wurde der Großteil der Kohorte in die Geriatrie zur Anschlussbehandlung verlegt. 40,8% konnten direkt nach Hause entlassen werden. Neun Patienten gingen ins Pflegeheim. Von den Patienten, welche in die Geriatrie zur Nachbehandlung verlegt wurden, konnten 11 nach Hause entlassen werden, 10 Patienten gingen in die Kurzzeitpflege und sieben Patienten ins Pflegeheim. Ein Patient wurde in ein anderes Krankenhaus verlegt. Von acht Patienten lagen nach der Geriatrie keine Daten vor.

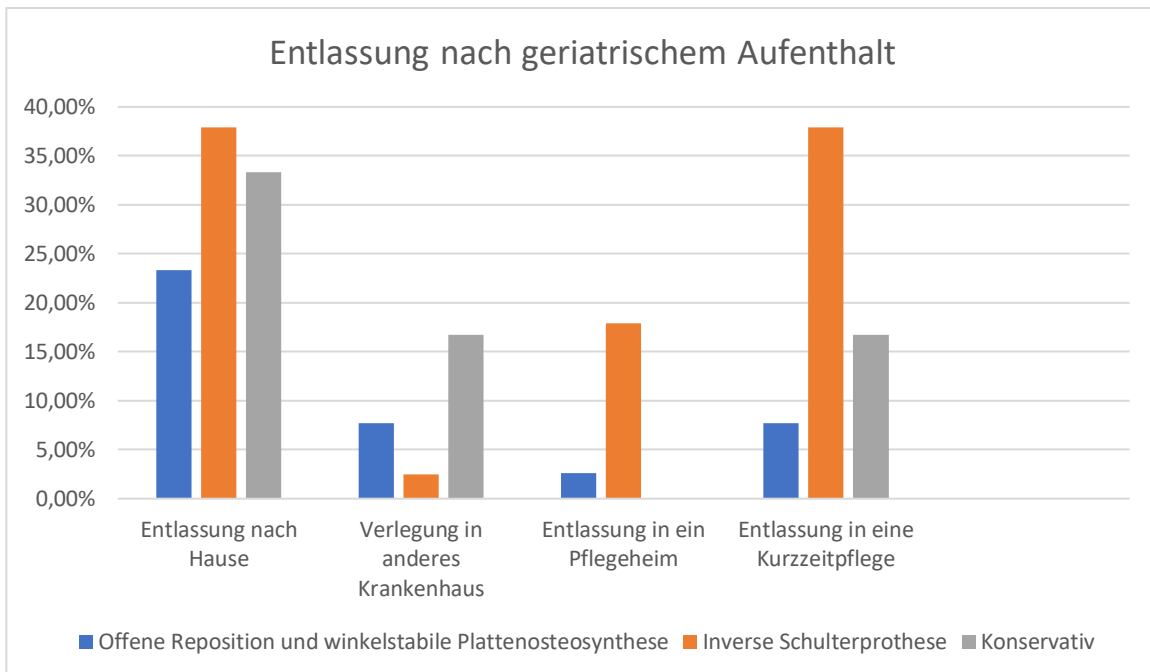
Von den konservativ behandelten Patienten gingen ebenfalls die meisten Patienten in die Geriatrie. Neun Patienten wurden direkt nach Hause entlassen, sieben Patienten gingen ins Pflegeheim und ein Patient wurde in ein anderes Krankenhaus verlegt. Von denjenigen, die eine Anschlussbehandlung in der Geriatrie bekamen, konnten danach vier Patienten nach Hause entlassen werden, zwei Patienten gingen anschließend in die Kurzzeitpflege, zwei weitere Patienten in ein anderes Krankenhaus. Von drei Patienten lagen post-geriatrisch keine Daten vor.

Im Hinblick auf die Erhaltung der Selbstständigkeit nach Frakturversorgung konnten Patienten mit offener Reposition und interner Fixation öfter nach Hause entlassen werden als mit einer inversen Prothese, jedoch konnte hier kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Nach einem Aufenthalt in einer geriatrischen Rehabilitation konnten

Patienten mit einer offenen Reposition und interner Fixation öfter ins häusliche Umfeld entlassen werden, als Patienten mit einer inversen Prothese, hier konnte im Zusammenhang ein signifikanter Unterschied gemessen werden.



**Abb. 5:** Auswertung Entlassung Patientenverteilung nach stationärem Aufenthalt



**Abb. 6:** Auswertung Entlassung Patientenverteilung nach geriatrischem Aufenthalt

#### **4. Diskussion**

Proximale Humerusfrakturen sind vor allem in der älteren Bevölkerung häufig. Gerade Patienten mit Osteoporose als Vorerkrankung und dadurch bedingt gehäufte Frakturen sind dem ständigen Risiko ausgesetzt, einen Teil ihrer Selbstständigkeit durch entstehende Immobilisierung und Funktionsverlusten zu verlieren (Castricini et al., 2013; Einsiedel et al., 2006; Wolfensperger et al., 2017; Giardella et al., 2017). Um diesen Verlust zu minimieren und diesen Patienten die risikoärmste Versorgung zu ermöglichen, muss zunächst die korrekte Indikation zur operativen Versorgung bestehen (Ferrel et al., 2015). In der hier dargestellten Studie konnten zwei Schlussfolgerungen gefunden werden. Zum einen, dass die Versorgung mittels inverser Schulterprothese und mittels offener Reposition und interner Fixation nahezu identische Raten an Komplikationen haben. Zum anderen waren in der Kohorte, welche mittels offener Reposition und interner Fixation versorgt wurde, die Operationszeiten und der stationäre Aufenthalt signifikant kürzer im Vergleich zur Kohorte mit inverser Prothese. Die meisten Patienten mit einer Plattenosteosynthese als Frakturversorgung konnten zurück in das häusliche Umfeld entlassen werden. Jedoch mussten diese Patienten auch prozentual häufiger erneut operiert werden und gegebenenfalls auf eine inverse Schulterprothese bei Versagen der Osteosynthese umgestellt werden. Bei der Entscheidung zur offenen Reposition und internen Fixation mittels Plattenosteosynthese sollte also das höhere Risiko einer erneuten notwendigen Operation berücksichtigt werden. Bei der operativen Indikationsstellung und dem daraus folgenden operativen Procedere ist häufig ein Kritikpunkt, dass klare Behandlungsalgorithmen fehlen würden. Oftmals ist die Verfahrenswahl abhängig vom operierenden Chirurgen. Diese Studie beinhaltete jedoch ausschließlich Patienten, welche durch einen einzigen Chirurgen operiert wurden, wodurch ein eventuell fehlender einheitlicher Behandlungsalgorithmus vernachlässigt werden kann. Für eine präoperative Einschätzung wurde in dieser Studie der ASA-Score anästhesiologisch erhoben. Hierdurch sollten die aufgetretenen Komplikationen in Relation zu eventuell stärker vorerkrankten Patienten und damit risikoreicheren Grundvoraussetzungen gesetzt werden. Im Vergleich war der ASA-Score in dieser Studie ohne signifikanten Unterschied zwischen den operativen Kohorten. Somit ist nicht davon auszugehen, dass es zu verfälschten Verfahrenswahlen aufgrund subjektiver Einschätzungen der Patienten gekommen ist. In Vergleichsstudien wurde statt des ASA-

Scores auch noch andere Scores zum Einschätzen der präoperativen Verfassung der Patienten genutzt. Klug et al. benutzten in ihrer Studie den Charlson-Komorbiditätsindex (Klug et al., 2019). Je höher der Charlson-Komorbiditätsindex, desto höher war die Komplikationsrate. Der Charlson-Komorbiditätsindex ermittelt genauer als der ASA-Score mittels Punktesystem und Vorerkrankungen den präoperativen Status eines Patienten. Somit konnte auch klarer differenziert werden, welche Krankheiten vor allem zu hohen Komplikationsraten führten. Am meisten traf dies in der Studie von Klug et al. für Patienten mit Diabetes mellitus Typ 2 zu. Von diversen Studien wurde eine zuverlässige Frakturversorgung von proximalen Humerusfrakturen mittels inverser Schulterprothese gezeigt (Einsiedel et al., 2006; Wolfensperger et al., 2017; Maier et al., 2015). Jedoch haben hierbei weniger Studien einen Fokus auf die Komplikationsraten beim älteren Patienten gelegt. Diese Studie konnte zeigen, dass zwischen den Kohorten, welche mittels inverser Prothese beziehungsweise Osteosynthese behandelt wurden, in der Anzahl der aufgetretenen Komplikationen kein signifikanter Unterschied liegt. Jedoch unterschieden sich die Komplikationen in der qualitativen Art. Die Revisionsrate war in der Kohorte der Patienten mit Osteosynthese signifikant höher. Klug et al. fanden in ihrer Studie für die Versorgung mittels inverser Prothese signifikant weniger Komplikationen und notwendige Revisionseingriffe (Klug et al., 2020). Ebenfalls konnten sie in ihrer Studie sogar weniger Komplikationen bei Versorgung mittels inverser Prothese im Vergleich zur Plattenosteosynthese beim älteren Patienten finden (Klug et al., 2019). Vergleicht man die in dieser Studie die Komplikationsraten, konnte Giardella et al. generell bei beiden operativen Verfahrenswahlen weniger Komplikationen finden als in dieser Studie (Giardella et al., 2017). Im Hinblick auf die Anzahl von auftretenden Komplikationen traten in den Studienergebnissen von Suroto et al. in der Frakturversorgung mittels inverser Schulterprothese mehr Komplikationen als bei der osteosynthetischen Versorgung auf (Suroto et al., 2021). Diese Komplikationen traten vor allem aufgrund des Scapula-Notching, ein konstruktionsbedingter Kontakt der Prothese und des Scapula-Halses (Jerosch und Engelhardt, 2020), bei Abduktion auf. Scapula-Notching führte zu Knochenverlust und Implantat-Lockerungen. In der Studie von Peters et al. erfolgten deutlich mehr offene Repositionen mit winkelstabiler Platte als inverser Schulterprothesen (Peters et al., 2020). Es zeigten sich hohe Revisionsraten und Komplikationsraten. Führende Komplikation war hier eine entstehende Pseudarthrose. Dieses Phänomen

konnte auch in der hiesigen Studie als Implantatversagen bei Osteosynthese gefunden werden, war jedoch nicht die häufigste Komplikation. Zu erwähnen ist allerdings, dass die Studie von Peters et al. sich nicht auf speziell geriatrische Patienten bezog und vor allem Mehrfragment-Frakturen mit speziell Frakturlinie im Gelenk beinhaltete (Peters et al., 2020). Die Revisions-Operationen hatten außerdem unabhängig vom zuvor durchgeführten Verfahren ein schlechteres Outcome bezüglich Komplikationen und Bewegungsumfang. Cappellari et al. fanden bei der inversen Prothesenversorgung am älteren Patienten am häufigsten als Komplikation ebenfalls das Scapula-Notching (Cappellari et al., 2020). Am Zweithäufigsten traten neurologische Ausfälle auf, welche auch in der hiesigen Untersuchung zu finden waren. Weitere Komplikationen in der Studie von Cappellari et al. waren die Dislokation der Prothese, intraoperative Diaphysenfrakturen und A. subclavia- Verletzungen (Cappellari et al., 2020). Ebenfalls traten Infektionen auf. Wie auch in der hier diskutierten Studie traten bei der inversen Prothesenversorgung weder Lockerungen noch Brechungen der Prothese auf. Als zweite Hauptkomplikation neben Bluttransfusionen führte die Studie von Cvetanovich et al. die postoperative Sepsis an (Cvetanovich et al., 2016). Hier konnte eine längere Operationszeit in Verbindung mit dieser auftretenden Sepsis gebracht werden. Die Operationszeit war ebenfalls ein Kriterium in der hiesig durchgeführten Studie. Hier erforderte die Versorgung mittels inversen Schulterprothesen durchschnittlich eine längere Operationszeit als bei der osteosynthetischen Versorgung. Beide Studien zusammen ergeben aneinander anknüpfend eine höhere Komplikationsrate von Sepsis und Transfusionen bei der inversen Prothese als Frakturbehandlung. Es lässt sich schlussfolgern, dass die klinischen Resultate bei der Versorgung mittels inverser Prothese besser sind, als bei der Plattenosteosynthese (Giardella et al., 2017). Neben den hier gezeigten ähnlichen Raten an Komplikationen zeigte diese Studie eine geringere Revisionsrate nach Implantation einer inversen Schulterprothese. Luciani et al haben bei beiden Verfahren zufriedenstellende klinische Resultate gefunden bei ebenfalls geringeren Revisionsraten in der Kohorte mit inverser Prothese (Luciani et al., 2020). In der hiesigen Studie konnte die Mehrheit in der Patientengruppe mit einer Plattenosteosynthese als Frakturversorgung nach Hause entlassen werden. Es zeigte sich, dass Patienten mit einer Plattenosteosynthese sowie in Kombination mit einer frühgeriatrischen Anschlussbehandlung eine hohe Chance hatten, eine vergleichbare

Selbstständigkeit wiederzuerlangen. Im Vergleich zu dieser Studie konnten weitere Studien ebenfalls gute klinische Resultate für die Versorgung mittels inverser Prothese finden (Castricini et al., 2013; Wolfensperger et al., 2017; Ferrel et al., 2015; Grubhofer et al., 2016; Luciani et al., 2020; Maier et al., 2015; Neer, 2002; Bigliani et al., 1991; Spross et al., 2015; Klug et al., 2019). Rotman et al haben in ihrer Studie keinen signifikanten Unterschied bezüglich der 1-Jahres-Mortalität zwischen den Kohorten mit inverser Prothese und konservativer Therapie gefunden (Rotman et al., 2018). Es konnte jedoch ein leichter Trend zu einer niedrigeren Mortalität in der operativen Kohorte festgestellt werden. Im Vergleich zu dieser Studie fanden auch Suroto et al heraus, dass bei Verwendung der inversen Schulterprothese als primäres Verfahren weniger Revisions-Operationen erfolgen mussten als bei einer osteosynthetischen Versorgung oder einer konservativen Behandlung (Suroto et al., 2021). Eine in der hiesigen Studie häufig auftretende Komplikation bei der osteosynthetischen Versorgung mittels einer winkelstabilen Platte war die Notwendigkeit einer Revision. Bei der primären Prothesenversorgung traten diese Komplikationen deutlich seltener auf. Im Anschluss an eine osteosynthetische Versorgung musste oft ein Verfahrenswechsel zur inversen Prothesenversorgung erfolgen. Auch Luciani et al fanden vergleichbare Ergebnisse (Luciani et al., 2020). Hier konnte nach einem Follow-Up von 37 Monaten mit klinischer Untersuchung und ermittelten Freiheitsgraden ebenfalls die inverse Prothese als primäres und nicht nur als sekundäres Verfahren nach fehlgeschlagener osteosynthetischer Frakturbehandlung empfohlen werden. Zu demselben Schluss kamen Nelson et al (Nelson et al., 2020). Sie untersuchten vor allem den Verlauf von primären gegenüber sekundären Prothesenversorgungen bei der proximalen Humerusfraktur. Die Gründe zum Entschluss einer notwendigen Revision unterscheiden sich in den Studien. In der hier durchgeführten Studie führte vor allem eine Materiallockerung zur Revision, dahinter Osteonekrosen. In der Studie von Klug et al war der Hauptgrund für eine Revision ein persistierendes Bewegungsdefizit (Klug et al., 2019). Erst danach wurden die Materiallockerungen, in Korrelation mit einer Osteoporose, sowie Infektionen angeführt. Ein Faktor als Komplikation, welcher ebenfalls wichtig für das postoperative Outcome ist, ist der Blutverlust der Patienten. Cvetanovich et al untersuchten dies im Vergleich zwischen einer inversen Prothese und einer Plattenosteosynthese bei proximalen Humerusfrakturen (Cvetanovich et al., 2016). Hier zeigte sich, dass bei einer offenen

Reposition und winkelstabilen Fixierung weniger Blutverlust auftrat. Es mussten weniger Transfusionen erfolgen. Bezüglich der längerfristigen Funktionsprüfung waren der hier retrospektiven Studie Limitierungen geboten. In der Studie von Rotman et. al waren 84% der Patienten, welche eine inverse Schulterprothese erhielten, nach 6 Monaten wieder bei ihrem Aktivitätslevel angelangt, welches sie vor dem Auftreten der Humerusfraktur hatten (Rotman et al., 2018). Suroto et. al fanden ebenfalls bei Betrachtung von 3- oder 4-Part-Frakturen nach Neer heraus, dass durch eine inverse Schulterprothese eine bessere Flexion erzielt werden konnte, jedoch eine schlechtere Rotation im Vergleich mit einer offenen Reposition und Versorgung mittels winkelstabiler Platte (Suroto et al., 2021) In Abduktion waren die Ergebnisse vergleichbar. Zur Vergleichbarkeit wurde der Constant Murley Score verwendet. Ähnliche Ergebnisse fanden auch Pizzo et al. heraus (Pizzo et al., 2021) . Ebenfalls untersuchten Garcia-Fernandez et al. den Constant Murley Score an Patienten, welche nach fehlgeschlagener offener Reposition und Versorgung mittels winkelstabiler Platte sich einer sekundären inversen Prothesenversorgung unterzogen (García-Fernández et al., 2018). Hier konnte eine deutliche Verbesserung in der Funktion anhand des Scores gesehen werden. Bei näherer Betrachtung der hier aufgeführten konservativen Ergebnisse muss man eine Begrenzung in der Aussagekraft sehen, da im Vergleich weniger Patienten einer konservativen Therapie zugeführt wurden. Verhältnismäßig viele konservativ behandelten Patienten konnten jedoch gerade im Vergleich mit einer operativen Versorgung weder unmittelbar nach stationärem Aufenthalt noch nach einer Akutgeriatrie in die vorher bestehende Häuslichkeit entlassen werden. Dies sollte gerade beim geriatrischen Patienten berücksichtigt werden, da dies uns einen Hinweis auf eine mögliche gefährdete Selbstständigkeit geben kann. Vor allem gerade der Verlust der Mobilität scheint einer der Hauptgründe für die Notwendigkeit der Aufgabe des selbstständigen Hausstandes (Wetterling und Schürmann) zu sein. Bei einem präoperativ höherem Aktivitätslevel und sozialer Integrität zeigt sich in anderen Studien ein besseres Outcome nach konservativer Therapie, was einen weiteren Faktor in der Entscheidungsfindung für die Therapie zeigt (Miquel et al., 2021). Zieht man weitere Studien hinzu, welche sich hauptsächlich mit einer konservativen Therapie bei proximalen Humerusfrakturen beschäftigt haben, wird gerade in der höheren Altersgruppe ein eher schlechtes Outcome festgestellt (Goudie et al., 2022), gerade bei den hier besprochenen mehrfragmentären Frakturen (Lill et al., 2001) und multiple vorerkrankten Patienten

(Fernández-Cortiñas et al., 2021). Viele der bereits getätigten Studien beziehen sich sowohl auf alte aber auch auf junge Patienten, bei denen die o.g. Komorbiditäten wie schlechteres Knochenmaterial und multiple Vorerkrankungen weniger Bedeutung haben. Oftmals ergibt sich aus operativen Risiken eine erhöhte Mortalität in der Behandlung (Fu et al., 2019). Weitere Studien wiesen wiederum eine höhere Mortalität bei nicht-operativer Therapie auf aufgrund der erhöhten Immobilität und sich daraus ergebende Risiken wie die Ausbildung von Lungenarterienembolien (Katthagen et al., 2024). Größere 10-Jahres Studien konnten eine Gleichwertigkeit von konservativer und operativer Therapie feststellen (Brouwer et al., 2019). Somit gibt es aktuell keine einheitliche Studienlage und Therapieempfehlung. Worüber sich jedoch multiple Studien einig waren, ist, dass eine Entscheidung in der Therapie gerade beim geriatrischen Patienten unbedingt individuell getroffen werden muss und nicht pauschal beantwortet werden kann (Maier et al., 2012; Jia et al., 2014).

Die durchgeführte Studie hat im Hinblick auf eine alternde Bevölkerung das bestmögliche Resultat im Bezug auf den Erhalt der Lebensqualität bei der Versorgung der proximalen Humerusfraktur gesucht. Von der klinischen Seite aus ist dies bei der primären Versorgung mittels inverser Prothese der Fall. Ein weiterer Parameter für die Erhaltung bzw. Verbesserung der Lebensqualität sind QALYs (Quality adjusted life years). Austin et al haben diese im Hinblick auf die Versorgung von Humerusfrakturen gemessen (Austin et al., 2020) . Bei der Frakturversorgung mittels inverser Prothese resultierten höhere QALYs als bei der offenen Reposition und Fixation mittels winkelstabiler Platte. Die QALYs wurden in Relation zu den Kosten für das Gesundheitssystem gesetzt. Hier war auch die Relation bei der inversen Prothesenversorgung effektiver als bei der osteosynthetischen Versorgung bei allen Patienten über 65 Jahren und unabhängig vom ermittelten Charlson Score. Hasty et al bezogen sich auf die Kosten ermittelt von den US-amerikanischen Krankenkassen. Dort wurde die inverse Prothesenversorgung als teuerstes Prozedere gerechnet (Hasty et al., 2017). Bei vergleichbaren Werten für Deutschland ist somit die sekundäre Prothesenversorgung aus Kostengründen für das Gesundheitssystem zu vermeiden.

In dieser Studie war der stationäre Aufenthalt und das damit verbundene Risiko, seine Selbstständigkeit zu verlieren, in der Kohorte mit Plattenosteosynthese als

Frakturversorgung signifikant geringer. Im Gegensatz zu der Kohorte mit einer inversen Prothese als Frakturversorgung konnte in der Kohorte mit Plattenosteosynthese kein Delir als postoperative Komplikation festgestellt werden. Postoperatives Delir ist assoziiert mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität (Witlox et al., 2010; Inouye et al., 2014). Ebenfalls treten bei postoperativem Delir häufiger anhaltende kognitive Defizite und Demenz sowie dadurch bedingte verzögerte Wiederherstellung der Mobilität sowie ein verlängerter stationärer Aufenthalt auf (Raats et al., 2015). Delir ist einer der Hauptfaktoren, dass ältere Patienten ihre Selbstständigkeit verlieren und in Pflegeheime untergebracht werden müssen (Einsiedel et al., 2006; Rotman et al., 2018). Es ergibt sich also, dass das Risiko für ein Delir im Hinblick auf die Indikationsstellung für eine operative Therapie beachtet werden sollte. Bezüglich eines Funktionsverlust ist die Studienlage sich aktuell uneinig. (Haupt et al., 2023; Goudie et al., 2022; Weber et al., 2023) Hierfür sind in Zukunft deutlich größere konservative Kohortenstudien und ausführlichere Dokumentation der Bewegungsumfänge und Schmerzskalen notwendig. In der vorliegenden Studie wurde jedoch eine häufigere Entlassung in ein Seniorenheim gezeigt sowie eine erhöhte Notwendigkeit von weiteren Verlegungen in andere Krankenhäuser. Dies könnte ein Marker für eine abnehmende Selbstständigkeit sowie gegebenenfalls die Progredienz einer Morbidität sein bei notwendiger erweiterter stationärer Versorgung. Für eine operative Therapie spricht eine verbesserte Rückkehr in die vorherigen häuslichen Verhältnisse, wie sich in dieser Studie zeigte. Jedoch sind für den Erhalt der Selbstständigkeit noch weitere Faktoren zu berücksichtigen, wie etwa das Minimieren eines bestehenden Sturzrisikos. Einsiedel et al. zeigten, dass bei Patienten nach einer proximalen Humerusfraktur eine erhöhte Angst zu Fallen besteht. Bei 17% der Patienten musste aufgrund dessen der zuvor selbstständig geführte Haushalt aufgegeben werden (Einsiedel et al., 2006). Gerade auch zuvor aufgetretene Unfallhergänge durch das Fallen steigern die Unsicherheit und Angst in Bezug auf das erneute Fallen mitsamt einhergehenden Verletzungen wie zum Beispiel Frakturen (Vitorino et al., 2017). Was das Risiko zu Fallen begünstigt, ist eine geminderte Lauffähigkeit. In der Studie von Einsiedel et al. zeigte sich, dass nach einer Verletzung in 28% der Patienten zwei oder mehr neue Sturzereignisse folgten (Einsiedel et al., 2006). Unter Berücksichtigung dieser Beobachtungen sollte die optimale Versorgung einer proximalen Humerusfraktur auch in

der Prävention von einer geminderten Lauffähigkeit und damit verbundene Prävention von weiteren Sturzereignissen bestehen.

## **5. Zusammenfassung**

In dieser Studie wurden stationär auftretende Komplikationen und das postoperative Management in der Versorgung von Patienten ab 70 Jahre mit 3- oder 4-Part-Frakturen nach Neer untersucht und zwischen der Frakturversorgung mittels Osteosynthese, inverser Prothese und konservativer Versorgung unterschieden. Hierbei wurde außerdem die Operationszeit, der ASA-Score zur Einschätzung des bestehenden präoperativem Risikos und radiologisch der DTI und Critical Shoulder Angle ermittelt. In diese Studie wurden 190 Patienten, die zum Zeitpunkt ihrer Fraktur 70 Jahre oder älter waren, eingeschlossen. Von 190 Patienten bekamen 90 Patienten eine offene Reposition mit interner Fixation und 71 Patienten eine inverse Prothese als Frakturversorgung. 29 Patienten wurden konservativ behandelt. Die Patienten waren im Durchschnitt 82 Jahre alt. Hinsichtlich der präoperativen Knochenqualität und der anästhesiologisch eingeschätzten Verfassung mittels ASA-Score konnten keine signifikanten Unterschiede oder Korrelationen bezüglich der Verfahrenswahl festgestellt werden. Quantitativ zeigte sich in den Komplikationsraten kein Unterschied, jedoch in der Qualität der Komplikationen, zum Beispiel war das Delirrisiko bei endoprothetischer Versorgung deutlich erhöht und das Risiko für einen sekundären Eingriff bei initialer osteosynthetischer Versorgung erhöht. Die Operationsdauer war in der Gruppe der Patienten mit osteosynthetischer Versorgung geringer. Auch der stationäre Aufenthalt war in der Gruppe der Patienten mit Osteosynthese signifikant kürzer. Postoperativ konnten mehr Patienten mit einer offenen Reposition und internen Fixation ins selbstständige häusliche Umfeld entlassen werden. Somit kommt man zu dem Ergebnis, dass bei niedrigerer Revisionsrate mittels inverser Prothese als Frakturversorgung eine sekundäre Operation vermieden werden kann. Im Hinblick auf eine generelle Entscheidung zwischen einer operativen und einer konservativen Behandlung sprechen negative Prädiktoren wie eine schlechtere Knochenqualität und eine Multimorbidität gegen eine operative Therapie. Die konservative Therapie kann jedoch auch zu einem Verlust einer noch vorher gegebenen Selbstständigkeit führen. Zusammenfassend sind sowohl die inverse Schulterprothese als auch die Osteosynthese effektive Behandlungsmöglichkeiten für ältere Patienten mit proximaler Humerusfraktur. Entscheidend für den klinischen Alltag ist

eine Patienten-zentrierte Therapieentscheidung unter Berücksichtigung aller zuvor aufgeführten Indikationen und Risiken.

## 6. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1a;b: 53-jähriger Patient, valgisch impaktierte 3-Fragmentfraktur des proximalen Humerus, b: Versorgung mittels offener Reposition und winkelstabiler Platte. (16.03.2021).....	10
Abbildung 2: A.p. und axiale Aufnahme nach Implantation einer inversen Prothese .....	12
Abbildung 3: Beispiel Messung des Deltoid-Tuberositas-Index .....	19
Abbildung 4: Beispiel Messung des Critical-Shoulder-Angles.....	19
Abbildung 5: Auswertung Entlassung Patientenverteilung nach stationärem Aufenthalt	27
Abbildung 6: Auswertung Entlassung Patientenverteilung nach geriatrischem Aufenthalt .....	27

## 7. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Tabellarische Darstellung der Patientengruppen, eingeteilt nach der Verfahrensmethode.....	21
Tabelle 2: Tabellarische Auswertung ASA-Score mit inverser Prothese und ORIF im Vergleich.....	22
Tabelle 3: Tabellarische Darstellung Komplikationsraten bei der operativen Versorgung mittels Inverser Prothese und ORIF .....	24
Tabelle 4: Tabellarische Darstellung Verfahrenswechsel ORIF, Inverser Prothese, konservativ.....	25

## 8. Literaturverzeichnis

- Agudelo J, Schürmann M, Stahel P, Helwig P, Morgan SJ, Zechel W, Bahrs C, Parekh A, Ziran B, Williams A, Smith W. Analysis of efficacy and failure in proximal humerus fractures treated with locking plates. *J Orthop Trauma* 2007; 21: 676–681
- Austin DC, Torchia MT, Tosteson ANA, Gitajn IL, Tapp SJ, Bell J-E. The Cost-Effectiveness of Reverse Total Shoulder Arthroplasty Versus Open Reduction Internal Fixation for Proximal Humerus Fractures in the Elderly. *Iowa Orthop J* 2020; 40: 20–29
- Beauchamp M, Beaton DE, Barnhill TA, Mackay M, Richards RR. Functional outcome after the L'Episcopo procedure. *J Shoulder Elbow Surg* 1998; 7: 90–96
- Bigliani LU, Ticker JB, Flatow EL, Soslotsky LJ, van Mow C. The Relationship of Acromial Architecture to Rotator Cuff Disease. *Clin Sports Med* 1991; 10: 823–838
- Blonna D, Giani A, Bellato E, Mattei L, Caló M, Rossi R, Castoldi F. Predominance of the critical shoulder angle in the pathogenesis of degenerative diseases of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg* 2016; 25: 1328–1336
- Boyle MJ, Youn S-M, Frampton CMA, Ball CM. Functional outcomes of reverse shoulder arthroplasty compared with hemiarthroplasty for acute proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; 22: 32–37
- Brooks CH, Revell WJ, Heatley FW. Vascularity of the humeral head after proximal humeral fractures. An anatomical cadaver study. *J Bone Joint Surg Br* 1993; 75: 132–136
- Brouwer ME, Reininga IHF, El Moumni M, Wendt KW. Outcomes of operative and nonoperative treatment of 3- and 4-part proximal humeral fractures in elderly: a 10-year retrospective cohort study. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2019; 45: 131–138
- Brunner F, Sommer C, Bahrs C, Heuwinkel R, Hafner C, Rillmann P, Kohut G, Ekelund A, Müller M, Audigé L, Babst R. Open reduction and internal fixation of proximal humerus fractures using a proximal humeral locked plate: a prospective multicenter analysis. *J Orthop Trauma* 2009; 23: 163–172
- Cappellari A, Trovarelli G, Andriolo M, Berizzi A, Ruggieri P. Reverse shoulder arthroplasty for treatment of proximal humerus complex fractures in elderly: A single institution experience *Inj* 2020
- Castricini R, Gasparini G, Di Luggo F, Benedetto M de, Gori M de, Galasso O. Health-related quality of life and functionality after reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; 22: 1639–1649
- Cazeneuve J-F, Cristofari D-J. Long term functional outcome following reverse shoulder arthroplasty in the elderly. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011; 97: 583–589
- Cazeneuve J-F, Cristofari D-J. 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* 2014; 100: 93–97
- Cevik B, Yuçe Y. Risk Assessment in Surgical Patients: American Society of Anesthesiologist's (ASA) Classification vs Intraoperative Therapeutic and Diagnostic Interventions (I-ITS). *Am J Clin Med Res* 2018; 6: 15–19
- Cheng H, Chen BP-H, Soleas IM, Ferko NC, Cameron CG, Hinoul P. Prolonged Operative Duration Increases Risk of Surgical Site Infections: A Systematic Review. *Surg Infect* 2017; 18: 722–735
- Clavert P, Adam P, Bevort A, Bonnomet F, Kempf J-F. Pitfalls and complications with locking plate for proximal humerus fracture. *J Shoulder Elbow Surg* 2010; 19: 489–494
- Coughlan T, Dockery F. Osteoporosis and fracture risk in older people. *Clin Med (Lond)* 2014; 14: 187–191
- Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Inj* 2006; 37: 691–697
- Court-Brown CM, Garg A, McQueen MM. The epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand* 2001; 72: 365–371
- Cvetanovich GL, Chalmers PN, Verma NN, Nicholson GP, Romeo AA. Open reduction internal fixation has fewer short-term complications than shoulder arthroplasty for proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 2016; 25: 624-631.e3

- Dines DM, Warren RF, Altchek DW, Moeckel B. Posttraumatic changes of the proximal humerus: Malunion, nonunion, and osteonecrosis. Treatment with modular hemiarthroplasty or total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 1993; 2: 11–21
- Einsiedel T, Becker C, Stengel D, Schmelz A, Kramer M, Däxle M, Lechner F, Kinzl L, Gebhard F. Frakturen der oberen Extremität beim geriatrischen Patienten - Harmlose Monoverletzung oder Ende der Selbstständigkeit? Eine prospektive Studie zum Outcome nach distaler Radius- und proximaler Humerusfraktur bei über 65-jährigen. *Z Gerontol Geriatr* 2006; 39: 451–461
- Fernández-Cortiñas AB, Vidal Campos J, Marco Martínez F. Proximal humeral fracture in patients with high Charlson comorbidity index: mortality rate according to treatment choice. *Muskuloskelet Surg* 2021; 105: 167–172
- Ferrel JR, Trinh TQ, Fischer RA. Reverse total shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for proximal humeral fractures: a systematic review. *J Orthop Trauma* 2015; 29: 60–68
- Fink HA, Ensrud KE, Nelson DB, Kerani RP, Schreiner PJ, Zhao Y, Cummings SR, Nevitt MC. Disability after clinical fracture in postmenopausal women with low bone density: the fracture intervention trial (FIT). *Osteoporos Int* 2003; 14: 69–76
- Franke S, Ambacher T. Die proximale Humerusfraktur. *Obere Extrem* 2012; 7: 137–143
- Friedman RJ, Flurin P-H, Wright TW, Zuckerman JD, Roche CP. Comparison of reverse total shoulder arthroplasty outcomes with and without subscapularis repair. *J Shoulder Elbow Surg* 2017; 26: 662–668
- Fu B-S, Jia H-L, Zhou D-S, Liu F-X. Surgical and Non-Surgical Treatment for 3-Part and 4-Part Fractures of the Proximal Humerus: A Systematic Review of Overlapping Meta-Analyses. *Orthop Surg* 2019; 11: 356–365
- Gallinet D, Ohl X, Decroocq L, Dib C, Valenti P, Boileau P. Is reverse total shoulder arthroplasty more effective than hemiarthroplasty for treating displaced proximal humerus fractures in older adults? A systematic review and meta-analysis. *Orthop Traumatol Surg Res* 2018; 104: 759–766
- García-Fernández C, Lopiz Y, Rizo B, Serrano-Mateo L, Alcobía-Díaz B, Rodríguez-González A, Marco F. Reverse total shoulder arthroplasty for the treatment of failed fixation in proximal humeral fractures. *Inj* 2018; 49 Suppl 2: S22-S26
- Gerber C, Schneeberger AG, Vinh TS. The arterial vascularization of the humeral head. An anatomical study. *J Bone Joint Surg (US)* 1990; 72: 1486–1494
- Gerhardt C, Lehmann L, Lichtenberg S, Magosch P, Habermeyer P. Modified L'Episcopo tendon transfers for irreparable rotator cuff tears: 5-year follow-up. *Clin Orthop rel res* 2010; 468: 1572–1577
- Giardella A, Ascione F, Mocchi M, Berlusconi M, Romano AM, Oliva F, Maradei L. Reverse total shoulder versus angular stable plate treatment for proximal humeral fractures in over 65 years old patients. *Muscles Ligaments Tendons J* 2017; 7: 271–278
- Goudie EB, MacDonald DJ, Robinson CM. Functional Outcome After Nonoperative Treatment of a Proximal Humeral Fracture in Adults. *J Bone Joint Surg (US)* 2022; 104: 123–138
- Grammont PM, Baulot E. Delta shoulder prosthesis for rotator cuff rupture. *Orthop* 1993; 16: 65–68
- Greiner S, Uschok S, Herrmann S, Gwinner C, Perka C, Scheibel M. The metaphyseal bone defect predicts outcome in reverse shoulder arthroplasty for proximal humerus fracture sequelae. *Arch Orthop Trauma Surg* 2014; 134: 755–764
- Grubhofer F, Wieser K, Meyer DC, Catanzaro S, Beeler S, Riede U, Gerber C. Reverse total shoulder arthroplasty for acute head-splitting, 3- and 4-part fractures of the proximal humerus in the elderly. *J Shoulder Elbow Surg* 2016; 25: 1690–1698
- Hackett NJ, Oliveira GS de, Jain UK, Kim JYS. ASA class is a reliable independent predictor of medical complications and mortality following surgery. *J of Surg (UK)* 2015; 18: 184–190
- Hanson B, Neidenbach P, Boer P de, Stengel D. Functional outcomes after nonoperative management of fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 2009; 18: 612–621

- Hasty EK, Jernigan EW, Soo A, Varkey DT, Kamath GV. Trends in Surgical Management and Costs for Operative Treatment of Proximal Humerus Fractures in the Elderly. *Orthopedics* 2017; 40: e641-e647
- Haupt S, Weber S, Frima H, Hutter R, Grehn H, Sommer C. Proximal humeral fracture-dislocation: Outcome analysis in osteosynthesis and arthroplasties. *Eur J Orthop Traumatol* 2023; 33: 305–314
- Hawkins RJ, Switlyk P. Acute prosthetic replacement for severe fractures of the proximal humerus. *Clin Orthop Relat Res* 1993: 156–160
- Hodgson S. Proximal humerus fracture rehabilitation. *Clin Orthop Relat Res* 2006; 442: 131–138
- Horak J, Nilsson BE. Epidemiology of fracture of the upper end of the humerus. *Clin Orthop Relat Res* 1975: 250–253
- Inouye SK, Westendorp RGJ, Saczynski JS. Delirium in elderly people. *The Lancet* 2014; 383: 911–922
- Jerosch J, Engelhardt LV von. Die Rolle des Scapula-Notching bei inverser Schulterendoprothese. *Die Rolle des Scapula-Notching bei inverser Schulterendoprothese* 2020: 36–42
- Jia Z, Li W, Qin Y, Li H, Wang D, Zhang C, He Q, Ruan D. Operative versus nonoperative treatment for complex proximal humeral fractures: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Orthop* 2014; 37: e543-51
- Katthagen JC, Raschke MJ, Fischhuber K, Iking J, Marschall U, Sußiek J, Faldum A, Stolberg-Stolberg J, Köppe J. Conservative Versus Operative Treatment of Proximal Humerus Fractures in Older Individuals. *Dtsch Arztebl Int* 2024; 121: 454–460
- Kim DM, Park D, Kim H, Lee E-S, Shin MJ, Jeon I-H, Koh KH. Risk Factors for Severe Proximal Humerus Fracture and Correlation Between Deltoid Tuberosity Index and Bone Mineral Density. *Geriatr Orthop Surg Rehabil* 2020; 11: 2151459320938571
- Klug A, Harth J, Hoffmann R, Gramlich Y. Surgical treatment of complex proximal humeral fractures in elderly patients: a matched-pair analysis of angular-stable plating vs. reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2020; 29: 1796–1803
- Klug A, Wincheringer D, Harth J, Schmidt-Horlohé K, Hoffmann R, Gramlich Y. Complications after surgical treatment of proximal humerus fractures in the elderly-an analysis of complication patterns and risk factors for reverse shoulder arthroplasty and angular-stable plating. *J Shoulder Elbow Surg* 2019; 28: 1674–1684
- Kristiansen B, Barfod G, Bredesen J, Erin-Madsen J, Grum B, Horsnaes MW, Aalberg JR. Epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scan* 1987; 58: 75–77
- Li X, Olszewski N, Abdul-Rassoul H, Curry EJ, Galvin JW, Eichinger JK. Relationship Between the Critical Shoulder Angle and Shoulder Disease. *JBJS rev* 2018; 6: e1
- Lill H, Bewer A, Korner J, Verheyden P, Hepp P, Krautheim I, Josten C. Konservative Therapie dislozierter proximaler Humerusfrakturen. *Zentralbl Chir* 2001; 126: 205–210
- Loriaud A, Bise S, Meyer P, Billaud A, Dallaudiere B, Silvestre A, Pesquer L. Critical shoulder angle: what do radiologists need to know? *Skel Rad* 2020; 49: 515–520
- Luciani P, Procaccini R, Rotini M, Pettinari F, Gigante A. Angular stable plate versus reverse shoulder arthroplasty for proximal humeral fractures in elderly patient. *Musc Surg* 2020
- Maier D, Jäger M, Strohm PC, Südkamp NP. Treatment of proximal humeral fractures - a review of current concepts enlightened by basic principles. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2012; 79: 307–316
- Maier MW, Zeifang F, Caspers M, Dreher T, Klotz MC, Rettig O, Wolf SI, Kasten P. Can reverse shoulder arthroplasty in post-traumatic revision surgery restore the ability to perform activities of daily living? *Orthop Traumatol Serch Res* 2015; 101: 191–196
- Mansat P, Bonnevalle N. Treatment of fracture sequelae of the proximal humerus: anatomical vs reverse shoulder prosthesis. *Int Orthop* 2015; 39: 349–354
- Marotte JH, Lord G, Bancel P. L'arthroplastie de Neer dans les fractures et fractures-luxations complexes de l'épaule. A propos de 12 cas. *Chir* 1978; 104: 816–821

- Mellstrand Navarro C, Brolund A, Ekholm C, Heintz E, Hoxha Ekström E, Josefsson PO, Leander L, Nordström P, Zidén L, Stenström K. Treatment of humerus fractures in the elderly: A systematic review covering effectiveness, safety, economic aspects and evolution of practice. *PLoS One* 2018; 13: e0207815
- Milgrom C, Schaffler M, Gilbert S, van Holsbeeck M. Rotator-cuff changes in asymptomatic adults. The effect of age, hand dominance and gender. *Bone Joint J* 1995; 77-B: 296–298
- Miquel J, Elisa C, Fernando S, Alba R, Torrens C. Non-medical patient-related factor influence in proximal humeral fracture outcomes: a multicentric study. *Arch Orthop Trauma Surg* 2021; 141: 1919–1926
- Moor BK, Bouaicha S, Rothenfluh DA, Sukthankar A, Gerber C. Is there an association between the individual anatomy of the scapula and the development of rotator cuff tears or osteoarthritis of the glenohumeral joint?: A radiological study of the critical shoulder angle. *Bone Joint J* 2013; 95-B: 935–941
- Münst P, Kuner EH. Osteosynthesen bei dislozierten Humeruskopffrakturen. *Orthopäde* 1992; 21: 121–130
- Neer CS. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *Bone Joint J* 1970; 52: 1077–1089
- Neer CS. Four-segment classification of proximal humeral fractures: purpose and reliable use. *J Shoulder Elbow Surg* 2002; 11: 389–400
- Nelson PA, Kwan CC, Tjong VK, Terry MA, Sheth U. Primary Versus Salvage Reverse Total Shoulder Arthroplasty for Displaced Proximal Humerus Fractures in the Elderly: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Shoulder Elbow Arthroplasty* 2020; 4: 2471549220949731
- Ott N, Müller C, Jacobs A, Paul C, Wegmann K, Müller LP, Kabir K. Outcome of geriatric proximal humeral fractures: a comparison between reverse shoulder arthroplasty versus open reduction and internal fixation. *OTA international : OTA Int* 2022; 5: e188
- Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J. Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clin Orthop Rel Res* 2006; 442: 87–92
- Peters P-M, Plachel F, Danzinger V, Novi M, Märdian S, Scheibel M, Moroder P. Clinical and Radiographic Outcomes After Surgical Treatment of Proximal Humeral Fractures with Head-Split Component. *J Bone Joint Surg* 2020; 102: 68–75
- Pizzo RA, Gianakos AL, Haring RS, Gage MJ, Stevens NM, Liporace FA, Yoon RS. Are Arthroplasty Procedures Really Better in the Treatment of Complex Proximal Humerus Fractures? A Comprehensive Meta-Analysis and Systematic Review. *J Orthop Trauma* 2021; 35: 111–119
- Raats JW, van Eijnden WA, Crolla RMPH, Steyerberg EW, van der Laan L. Risk Factors and Outcomes for Postoperative Delirium after Major Surgery in Elderly Patients. *PLoS One* 2015; 10: e0136071
- Reuther F, Petermann M, Stangl R. Reverse Shoulder Arthroplasty in Acute Fractures of the Proximal Humerus: Does Tuberosity Healing Improve Clinical Outcomes? *J Orthop Trauma* 2019; 33: e46-e51
- Rotman D, Giladi O, Senderey AB, Dallich A, Dolkart O, Kadar A, Maman E, Chechik O. Mortality After Complex Displaced Proximal Humerus Fractures in Elderly Patients: Conservative Versus Operative Treatment With Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *Ger Orthop Surg Reh* 2018; 9: 2151459318795241
- Schai P, Imhoff A, Preiss S. Comminuted humeral head fractures: A multicenter analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 1995; 4: 319–330
- Schlegel, Hawkins. Displaced Proximal Humeral Fractures: Evaluation and Treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 1994; 2: 54–78
- Sebastia-Forcada E, Lizaur-Utrilla A, Cebrian-Gomez R, Miralles-Muñoz FA, Lopez-Prats FA. Outcomes of Reverse Total Shoulder Arthroplasty for Proximal Humeral Fractures: Primary Arthroplasty Versus Secondary Arthroplasty After Failed Proximal Humeral Locking Plate Fixation. *J Orthop Trauma* 2017; 31: e236-e240

- Sebastiá-Forcada E, Cebrián-Gómez R, Lizaur-Utrilla A, Gil-Guillén V. Reverse shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for acute proximal humeral fractures. A blinded, randomized, controlled, prospective study. *J Shoulder Elbow Surg* 2014; 23: 1419–1426
- Solberg BD, Moon CN, Franco DP, Paiement GD. Surgical treatment of three and four-part proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg* 2009; 91: 1689–1697
- Spross C, Kaestle N, Benninger E, Fornaro J, Erhardt J, Zdravkovic V, Jost B. Deltoid Tuberosity Index: A Simple Radiographic Tool to Assess Local Bone Quality in Proximal Humerus Fractures. *Clin Orthop Rel Res* 2015; 473: 3038–3045
- Srivastava M, Deal C. Osteoporosis in elderly: prevention and treatment. *Clin Ger Med* 2002; 18: 529–555
- Stoddart M, Pearce O, Smith J, McCann P, Sheridan B, Al-Hourani K. Proximal Humerus Fractures: Reliability of Neer Versus AO Classification on Plain Radiographs and Computed Tomography. *Cur* 2020; 12: e8520
- Suroto H, Vega B de, Deapsari F, Prajasari T, Wibowo PA, Samijo SK. Reverse total shoulder arthroplasty (RTSA) versus open reduction and internal fixation (ORIF) for displaced three-part or four-part proximal humeral fractures: a systematic review and meta-analysis. *EFORT* 2021; 6: 941–955
- Verdano MA, Aliani D, Galavotti C, Maroun C, Vaienti E, Ceccarelli F. Grammont versus lateralizing reverse shoulder arthroplasty for proximal humerus fracture: functional and radiographic outcomes. *Musc surg* 2018; 102: 57–65
- Vitorino LM, Teixeira CAB, Boas ELV, Pereira RL, Santos NOD, Rozendo CA. Fear of falling in older adults living at home: associated factors. *Rev Esc Enferm USP* 2017; 51: e03215
- Vogt W, Wasmaier J, Buchmann S. Totalendoprothetik der Schulter anatomisch und invers. *Orthop Rheuma* 2016; 19: 28–37
- Weber S, Grehn H, Hutter R, Sommer C, Haupt S. Shoulder arthroplasty for proximal humeral fracture treatment: a retrospective functional outcome analysis. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2023; 33: 1581–1589
- Wetterling T, Schürmann A. Gründe für eine Heimeinweisung bei stationär aufgenommenen gerontopsychiatrischen Patienten. *Z Gerontol Geriatr* 1997; 30: 469–473
- Willis M, Min W, Brooks JP, Mulieri P, Walker M, Pupello D, Frankle M. Proximal humeral malunion treated with reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2012; 21: 507–513
- Witlox J, Eurelings LSM, Jonghe JFM de, Kalisvaart KJ, Eikelenboom P, van Gool WA. Delirium in elderly patients and the risk of postdischarge mortality, institutionalization, and dementia: a meta-analysis. *JAMA* 2010; 304: 443–451
- Wolfensperger F, Grüniger P, Dietrich M, Völlink M, Benninger E, Schläppi M, Meier C. Reverse shoulder arthroplasty for complex fractures of the proximal humerus in elderly patients: impact on the level of independency, early function, and pain medication. *J Shoulder Elbow Surg* 2017; 26: 1462–1468
- Young TB, Wallace WA. Conservative treatment of fractures and fracture-dislocations of the upper end of the humerus. *J Bone Joint Surg* 1985; 67: 373–377

## 9. Erklärung zum Eigenanteil

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig und ohne unzulässige Hilfe angefertigt habe. Alle verwendeten Quellen und Hilfsmittel sind vollständig und korrekt angegeben. Die Arbeit wurde in dieser oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Die Dissertation basiert in wesentlichen Teilen auf einer wissenschaftlichen Publikation, an der ich als Zweitautor beteiligt bin:

Outcome of geriatric proximal humeral fractures after reverse shoulder arthroplasty versus open reduction and internal fixation, Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 2021, Ott et al.

Bei der zugrunde liegenden Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Studie. Mein Eigenanteil umfasst insbesondere:

- Mitwirkung an der Konzeption und Planung der Studie
- eigenständige Durchführung der Datenerhebung aus vorhanden Datensätzen und Patientenakten
- eigenständige Interpretation der Ergebnisse im klinischen Kontext
- substanzielle Mitwirkung an der Erstellung und Überarbeitung des Manuskripts

Die Verschriftlichung der vorliegenden Dissertation erfolgte vollständig eingeständig durch mich.

Beiträge anderer Autoren und Autorinnen sind entsprechend gekennzeichnet. Ich versichere, dass ich alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus anderen Quellen übernommen wurden, als solche kenntlich gemacht habe.