

Versagensanalyse der Versorgung proximaler Humerusfrakturen an einem Level-I-Traumazentrum

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Dr. med.

an der Medizinischen Fakultät

der Universität Leipzig

eingereicht von: Meret Koroni Huber
20.02.1990, Bielefeld

Ort der Anfertigung: Universitätsklinikum Leipzig
Klinik und Poliklinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und Plastische
Chirurgie
Direktor: Prof. Dr. med. Christoph Josten

Betreuer:

Prof. Dr. med. habil. Christoph Josten, geschäftsführender Direktor der Klinik und
Poliklinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und plastische Chirurgie des
Universitätsklinikums Leipzig

Prof. Dr. med. habil. Helmut Lill, Chefarzt der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungs-
chirurgie des DIAKOVERE Friederikenstift gGmbH, Hannover

Beschluss über die Verleihung des Doktorgrades vom: 18.06.2019

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Anatomie des proximalen Humerus.....	1
1.1.1	Knöcherne Besonderheiten	2
1.1.2	Muskulotendinöse Besonderheiten	4
1.2	Epidemiologie, Pathogenese und Ätiologie	4
1.2.1	Diagnostik und Klassifikation der PHF	5
1.2.2	Sonderformen der PHF	6
1.3	Therapie der PHF	7
1.3.1	Konservative Therapie	9
1.3.2	Operative Therapie.....	10
1.3.3	Nachbehandlung	19
1.4	Fragestellung und Hypothese	20
2	Material und Methoden	22
2.1	Studienmodell	22
2.1.1	Therapiealgorithmus am Studienzentrum.....	22
2.2	Patientenkollektiv	24
2.2.1	Datenakquise bei 627 Patienten.....	24
2.2.2	Telefonische Befragung	27
2.2.3	Postalische Kontaktaufnahme	28
2.2.4	Definition des Patientenkollektivs	29
2.3	Postalischer Fragebogen	29
2.3.1	Constant-Murley-Test (Constant Score, CS).....	29
2.3.2	Simple Shoulder Test.....	32

2.4	Verfahrenswechsel und Revision	33
2.4.1	Verfahrenswechsel.....	33
2.4.2	Revision	34
2.5	Definition von Altersgruppen.....	34
2.6	Statistische Berechnungen	34
3	Ergebnisse	36
3.1	Gesamtkollektiv.....	36
3.1.1	Folgeoperationen im Gesamtkollektiv	38
3.2	Auswertung nach Versorgungsformen	41
3.2.1	Konservative Therapie	41
3.2.2	Nagelosteosynthese.....	45
3.2.3	Plattenosteosynthese	47
3.2.4	Anatomische Prothese	50
3.2.5	Inverse Prothese	51
3.3	Auswertung der Fragebögen	53
3.3.1	Kollektivvergleich: Gesamtkollektiv und Teilgruppe mit ausgewertetem Fragebogen	53
3.3.2	Kollektivvergleich: Teilkollektive mit und ohne Erfassung des funktionellen Ergebnisses	56
3.3.3	Klinische Ergebnisse	57
3.4	Zusammenhang zwischen der Wahl des Therapieverfahrens und der Rate an Folgeoperationen	61
3.5	Korrelation zwischen Frakturmorphologie und der Rate an Folgeeingriffen	61
3.6	Einfluss der Frakturbeteiligung der medialen Kortikalis auf die Rate an Folgeoperationen	62

3.7	Korrelation von Patientenalter und der Häufigkeit von Folgeoperationen	64
3.8	Assoziation zwischen potentiellen Risikofaktoren mit Notwendigkeit der operativen Intervention	64
4	Diskussion	65
4.1	Stärken und Schwächen der Arbeit	66
4.2	Patientenkollektiv	69
4.3	Versorgungsmodalitäten und Frakturformen	70
4.4	Folgeoperationen im Gesamtkollektiv.....	71
4.4.1	Konservative Therapie	72
4.4.2	Nagelosteosynthese.....	73
4.4.3	Plattenosteosynthese	74
4.4.4	Anatomische Prothese	76
4.4.5	Inverse Prothese	77
4.5	Klinische Ergebnisse.....	77
4.5.1	Konservative Therapie	79
4.5.2	Nagelosteosynthese.....	79
4.5.3	Plattenosteosynthese	80
4.5.4	Anatomische Prothese	81
4.5.5	Inverse Prothese	81
4.6	Risikofaktoren für Therapieversagen und Revisionsoperationen	82
4.6.1	Zusammenhang zwischen der Wahl des Therapieverfahrens bzw. der Frakturmorphologie und der Rate an Folgeoperationen.....	82
4.6.2	Einfluss der Frakturbeteiligung der medialen Kortikalis auf die Rate an Folgeoperationen	83

4.6.3	Zusammenhang zwischen dem Patientenalter und Häufigkeit an Verfahrenswechseln oder Revisionseingriffen	83
4.6.4	Assoziation zwischen potentiellen Risikofaktoren mit Notwendigkeit operativer Interventionen.....	84
5	Zusammenfassung	86
6	Anhang.....	i
6.1	Positives Votum der Ethikkommission (Anhang 1).....	i
6.2	Fragebogen (Anhang 2).....	ii
6.3	Übersicht: Epidemiologie, Versorgungsformen und Frakturmorphologie (Anhang 3).....	iii
6.4	Übersicht: Revisionen in Abhängigkeit der initialen Versorgungsmodalität (Anhang 4).....	iv
6.5	Klinisches Ergebnis in Abhängigkeit der Versorgungsmodalität (Anhang 5).....	v
7	Abbildungsverzeichnis	vi
8	Tabellenverzeichnis.....	viii
9	Literaturverzeichnis	ix

Abkürzungsverzeichnis

a.p.	anterior-posterior
bzw.:	beziehungsweise
cm ³	Kubikzentimeter
CS:	Constant Score, auch Constant Murley Score
CT:	Computertomographie
Dr. med.	doctor medicinae; <i>deutsch</i> : Doktor der Medizin
et al.	et alii; <i>deutsch</i> : und andere (Mitarbeiter)
g	Gramm, Gewichtseinheit
gGmbH:	gemeinnützige Gesellschaft mit beschränkter Haftung
engl.	englisch
ICD-10-Codes:	<i>englisch</i> : International Statistical Classification of Disease and Related Health Problems; weltweit anerkanntes Diagnoseklassifikationssystem der Medizin
kg	Kilogramm; Gewichtseinheit
m	männlich
ME:	Materialentfernung oder auch Metallentfernung
mg	Milligramm
mm	Millimeter
MRT:	Magnetresonanztomographie
NY	New York; Bundesstaat der USA

Nr.	Nummer
o.g.	oben genannte/-r/-s
PHF	Proximale Humerusfraktur
Prof.	Professor
SST:	Simple Shoulder Test
USA	United States of America; <i>deutsch</i> : Vereinigte Staaten von Amerika
vgl.:	vergleiche
w	weiblich
WA	Washington; Bundesstaat der USA
z.B.:	zum Beispiel
Z.n.	Zustand nach
z.T.:	zum Teil

Bibliografische Beschreibung

Huber, Meret Koroni

Versagensanalyse der Versorgung proximaler Humerusfrakturen an einem
Level-1-Traumazentrum

Universität Leipzig, Dissertation

123 Literaturquellen, 26 Abbildungen, 16 Tabellen, 5 Anhänge

Referat:

Die Versorgung der akuten proximalen Humerusfraktur stellt aufgrund der Besonderheiten der Anatomie und des betroffenen Patientenkollektivs eine große Herausforderung dar. Der Schultergürtel zeichnet sich durch eine starke weichteilige Führung eines großen Humeruskopfs in einer kleinen Gelenkpfanne aus. Diese Besonderheit erschwert eine knöcherne Stabilisierung im Rahmen einer Frakturversorgung. Des Weiteren zeichnet sich das Patientenklientel durch ein hohes Alter und einen großen Anteil weiblicher Patienten aus. Gerade in dieser Gruppe ist die Prävalenz von Osteoporose auffallend hoch, einhergehend mit einer erschwerten Frakturversorgung.

Die Therapie der proximalen Humerusfraktur ist mangels Leitlinien und Therapiestandards trotz der Häufigkeit der Fraktur ein kontrovers diskutiertes Thema. In der vorliegenden Arbeit soll eine Evaluation eines ganzheitlichen, standardisierten Therapiekonzeptes mit Überblick über die Versorgungsrealität und die Komplikationen nach Versorgung der proximalen Humerusfraktur erfolgen. Andere veröffentlichte Studien nehmen zumeist Einschränkungen bei der Versorgungsrealität vor, so werden nur einzelne Versorgungs- oder Frakturmorphologien miteinander verglichen oder deutliche Kollektivmodifikationen bei Patientenalter oder Vorerkrankungen vorgenommen. Die vorliegende Arbeit schließt die häufigsten Versorgungsformen und Frakturmorphologien in die retrospektive Datenanalyse ein und verzichtet auf den Ausschluss relevanter Patientengruppen. Zur vollständigen Erfassung aller möglichen Folgeoperationen nach der primären Versorgung erfolgte die telefonische sowie postalische Befragung der Patienten. War keine Kontaktaufnahme möglich, so erfolgte der Ausschluss des Patienten aus dem Kollektiv.

1 Einleitung

1.1 Anatomie des proximalen Humerus

Unter einer proximalen Humerusfraktur (PHF) versteht man den Bruch des proximalen (lateinisch: *proximus* = der nächste, hier: dem zentralen Teil eines Körpergliedes bzw. der Körpermitte zu gelegen (1)), am Schultergelenk beteiligten Anteils des Humerus (lateinisch: Oberarmknochen (1)). Der proximale Humerus besteht aus einem Schaftsegment, dem sich über das Collum chirurgicum (*collum*: lateinisch für Hals (1); *chirurgicum*: chirurgisch (1)) das Tuberculum majus und minus (*Tuberculum*: lateinisch für Höckerchen (1); *majus/minus*: groß/klein (1)) anschließen. Am Collum anatomicum (*anatomicum*: anatomisch (1)) gehen die Tubercula in das Caput humeri (*Caput*: lateinisch für Kopf (1); *humeri*: sich auf den Humerus/den Oberarmknochen beziehend (1)) über (Abbildung 1).

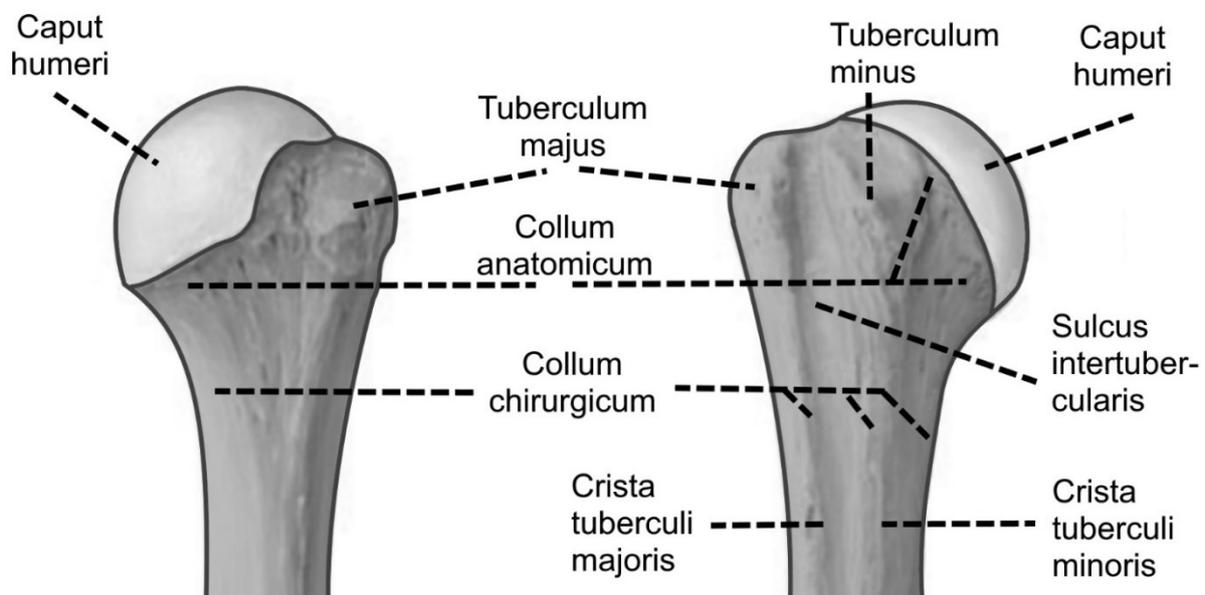


Abbildung 1: Anatomie des proximalen Humerus.
Eigene Zeichnung gemäß Prometheus LernAtlas (2)

1.1.1 Knöcherner Besonderheiten

Wissenschaftliche Untersuchungen haben über Jahrzehnte knöcherner Besonderheiten bei der Versorgung der PHF zeigen können, welche bei der Versorgung der proximalen Humerusfraktur von großer Bedeutung sind. Hier erwies sich unter anderem die Knochenqualität als entscheidend für die Verankerung von Osteosynthesematerialien. Die höchste Festigkeit des Knochens ist medial, proximal und dorsal zu erwarten (3).

1.1.1.1 Medialer Support und die Kalkarregion

Unter medialem Support versteht man die Stabilität der inferomedialen Region der Kalotte und des medialen Schafts. Diese Region ist häufig bei Varusfrakturen kompromittiert, wodurch ein weiteres, varisches Abkippen der Fragmente möglich ist (4). Bei der Versorgung der Fraktur ist die Stabilität dieser Region entsprechend ein wichtiger Parameter zur Verhinderung einer Varusdislokation.

Die Kalkarregion beschreibt ein metaphysäres Areal mit vertikaler Spongiosaausrichtung und mit großer Bedeutung für die kapsulären Gefäßanastomosen (5). Bei Beschädigung oder Zerstörung dieser Region durch die Fraktur besteht ein hohes Risiko für Durchblutungsstörungen des Humeruskopfes, die im Verlauf zu einer avaskulären Nekrose führen können.

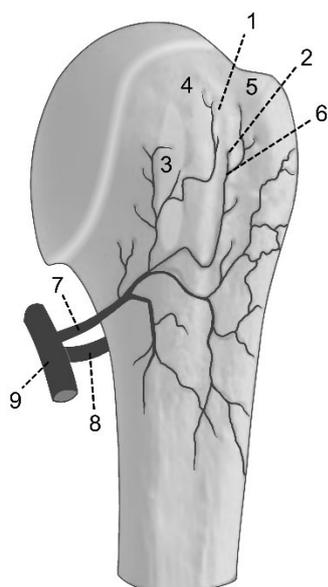
1.1.1.2 Metaphysäre Trümmerzone und mehrfragmentäre Tuberculasituation

Bei Frakturen mit metaphysärer Trümmerzone ist die arterielle Versorgung der Fragmente in diesem Bereich gefährdet, da sich an dieser Stelle die oben genannten Anastomosen befinden. Des Weiteren stellt sie durch ihre Instabilität ein Hindernis für eine stabile Rekonstruktion dar. Die Reposition und Retention ist bei mehrfragmentären Tuberculafrakturen deutlich erschwert, diese Instabilität muss bei der Wahl der Versorgungsform bedacht werden.

1.1.1.3 Durchblutung des Humeruskopfes

Die Arteria circumflexa humeri anterior versorgt das Tuberculum minus, den Sulcus intertubercularis sowie Anteile des Humeruskopfes. Die Arteria circumflexa humeri posterior versorgt das Tuberculum majus und den subchondralen Knochen der Gelenkfläche (Abbildung 2) (2, 6). Eine ausreichende Humeruskopfdurchblutung nach der Fraktur bzw. ihrer Therapie ist relevant zur Verhinderung einer avaskulären Humeruskopfnekrose (7) und zur Förderung der knöchernen Konsolidierung des Frakturspalts. Bei jüngeren Patienten, definiert als unter 60 Jahre, kommt es bei anatomischer Reposition häufig zu einer Revaskularisierung, nicht jeder intraoperative Nachweis einer Durchblutungsbehinderung führt somit zwangsläufig zu einer Fragmentnekrose (8).

Ein erhöhtes Risiko für Durchblutungsstörung der Kopffragmente besteht, wenn die Frakturlinie am medialen Kalkar proximal der Kapselinsertion (zirka 12 mm distal der Knochen-Knorpel-Grenze) verläuft (6).



- 1: Sulcus intertubercularis
- 2: Eintrittsstelle des R. ascendens in den Humerus
- 3: Ansatz der Subscapularissehen
- 4: Tuberculum minus
- 5: Tuberculum majus
- 6: Ramus ascendens
- 7: A. circumflexa humeri anterior
- 8: A. circumflexa humeri posterior
- 9: A. axillaris

Abbildung 2: Arterielle Versorgung des proximalen Humerus.
Eigene Zeichnung gemäß Gerber et al. (5)

1.1.2 Muskulotendinöse Besonderheiten

Das muskuläre Zusammenspiel der Rotatorenmanschette stabilisiert den großen Humeruskopf in der kleinen Gelenkpfanne. Die Rotatorenmanschette setzt sich aus vier Muskeln zusammen, welche an den Tubercula des proximalen Humerus inserieren:

- Musculus supraspinatus
- Musculus infraspinatus
- Musculus teres minor
- Musculus subscapularis.

Bei einer Fraktur des Tuberculum majus bewirkt der Zug des Musculus infraspinatus und des Musculus supraspinatus ein Dislozieren nach dorsokranial. Das Tuberculum minus hingegen wird bei Frakturierung durch den Zug des Musculus subscapularis nach anteromedial rotiert. Die Frakturlinie zwischen den beiden Tubercula verläuft in der Regel wenige Millimeter lateral des Sulcus intertubercularis (7). In diesem Sulcus verläuft die lange Bicepssehne, die bei Frakturen in diesem Bereich häufig affektiert wird. Sie ist außerdem bei plattenosteosynthetischer Versorgung durch die Nähe zur Platte gefährdet (4).

1.2 Epidemiologie, Pathogenese und Ätiologie

Bei der proximalen Humerusfraktur handelt es sich mit 4 - 5 % aller Frakturen des Menschen nach der distalen Radiusfraktur sowie der proximalen Femurfraktur um die 3. häufigste Fraktur (9, 10). Mehr als 70 % der Patienten sind älter als 60 Jahre (11), wobei Frauen zwei- bis dreimal häufiger betroffen sind als Männer (9, 11, 12).

Die proximale Humerusfraktur wird als Indikatorfraktur für Osteoporose bezeichnet, entsprechend sollte bei allen Patienten, bei denen Osteoporose noch nicht diagnostiziert wurde, eine Knochendichtemessung erfolgen (13).

Bei jüngeren Patienten zeigt sich ätiologisch eher ein Hochrasanztrauma, bei älteren Patienten ist aufgrund der schlechteren Knochenqualität häufig schon ein Sturz aus dem Stand (14-16) als Traumamechanismus ausreichend.

1.2.1 Diagnostik und Klassifikation der PHF

Die Diagnostik der PHF umfasst neben der Anamnese und körperlichen Untersuchung auch bildgebende Verfahren. Zur Basisdiagnostik gehört das Röntgen in mindestens zwei Ebenen:

- true-a.p.-Aufnahme (glenoidal-tangentiale Projektion; a.p. = anterior-posterior)
- y-Aufnahme (transscapuläre Projektion) und/oder
- axiale Aufnahme (17).

Insbesondere bei höhergradigen Frakturen sollte eine Computertomographie (CT) mit dreidimensionaler Rekonstruktion erfolgen, da wichtige Informationen bezüglich Fragmentanzahl, -dislokation und knöcherner Besonderheiten gewonnen werden können. Auch sind Head-Split-Frakturen häufig erst in einer CT sicher erkennbar.

In der Magnetresonanztomographie (MRT) lassen sich weichteilige Läsionen darstellen, darunter muskuläre und tendinöse Affektionen, Darstellung des Periosts zur Einschätzung der Durchblutungssituation, Läsionen des Labrums und des Knorpels sowie Einblutungen in das Gelenk (17, 18). Die MRT kann somit weitere Erkenntnisse insbesondere bei der Grenzzentscheidung zwischen Prothese und Rekonstruktion liefern (4). Es handelt sich hierbei jedoch um eine optionale Untersuchungsmethode, die bei der proximalen Humerusfraktur nicht regelhaft zum Einsatz kommt.

Nach einer sorgfältigen bildgebenden Diagnostik lässt sich die Fraktur klassifizieren. Hierzu hat Codman im Jahr 1934 eine deskriptive Klassifikation aufgestellt (19): Er beschreibt zwölf Frakturmuster, die aus vier Hauptfragmenten resultieren:

- Artikuläres Kopffragment
- Tuberculum majus
- Tuberculum minus
- Proximaler Schaft.

Darüber hinaus unterscheidet Codman zwischen extra- und intrakapsulären Frakturen.

Die deskriptive Klassifikation nach Neer (20) aus dem Jahr 1970 gehört ebenfalls zu den am häufigsten verwendeten Klassifikationen. Neer unterscheidet sechs Gruppen abhängig vom exakten Frakturlinienverlauf, basierend auf den schon von Codman definierten Hauptfragmenten. Darüber hinaus beschrieb Neer gering dislozierte Frakturen sowie die Sonderformen Luxations-, Trümmer-, und Head-Split-Frakturen.

Darüber hinaus gibt es noch weitere Klassifikationssysteme, darunter beispielsweise:

- Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (21): Fokus auf die genaue Lokalisation der Frakturlinie und die Durchblutungssituation, Beachtung einer artikulären Beteiligung oder Trümmerzone
- Klassifikation nach Hertel et al. (22): Besondere Beachtung des Risikos der gestörten Kopfdurchblutung
- HCTS-Klassifikation von Resch et al. (23): Einbeziehung des Pathomechanismus und der Art der Fehlstellung

Diese Klassifikationssysteme sind nach wie vor weniger gängig, obwohl sie den modernen Untersuchungsmethoden zum Teil besser gerecht werden, als die häufig verwendete Fraktur- und Studienklassifikation nach Neer. Majed et al. (24) schlossen aus einer Studie zur intra- und interpersonellen Reproduzierbarkeit der Eingruppierung in die Klassifikationen (englisch: intra- und interobserver Variabilität), dass keine der untersuchten Klassifikationen eine hohe Reproduzierbarkeit bietet.

1.2.2 Sonderformen der PHF

Zu den Fraktursonderformen gehört die Head-Split-Fraktur, welche durch eine Frakturierung der Gelenkfläche charakterisiert ist.

Neben der Head-Split-Fraktur zählt auch die Luxationsfraktur zu den Sonderformen. Unterschieden werden hierbei die vordere und hintere Luxation, sowie die Sonderform der Luxatio erecta. Bei letzterer handelt es sich um die Luxation nach kaudal als Folge eines Hyperabduktionstraumas (25). Bei Luxationsfrakturen besteht eine besondere Gefährdung der Durchblutung durch die mögliche Zerreißung von Gefäßen.

1.3 Therapie der PHF

Für die Versorgung der proximalen Humerusfraktur stehen diverse Verfahren zur Verfügung, darunter

- konservative Therapie
- Osteosynthese, darunter Verfahren mit Nagel- oder Plattentechnik
- prothetische Versorgung, z.B. mit anatomischer oder inverser Prothese.

Die Wahl der Versorgungsform erfolgt anhand verschiedener Kriterien (4, 26):

- Verletzungsbezogene Kriterien:
 - Fragmentanzahl und Frakturmorphologie
 - Dislokationsgrad
 - Zustand der Rotatorenmanschette
 - Durchblutungssituation der Fragmente und speziell des artikulären Kalottenfragments
- Patienten-individuelle Kriterien:
 - Alter und Allgemeinzustand des Patienten
 - Vorerkrankungen und Knochenqualität
 - Alkohol-/Drogenkonsum
 - Medikamente mit Einfluss auf Gerinnung und Immunsystem
 - Patientenwunsch und Compliance sowie Pflegebedarf des Patienten
 - Anspruch des Patienten an Funktionalität.

Mit steigendem Patientenalter und Komplexität der Fraktur steigt therapieübergreifend die Rate an Komplikationen und es muss mit Einschränkungen bei den klinischen Ergebnissen gerechnet werden (27). Jede Therapieform kann spezifische

Komplikationen nach sich ziehen, welche nicht selten anwenderbedingt sind und entsprechend durch Sorgfalt und Expertise verhindert werden können (4).

Die spezifischen Indikationen der einzelnen Therapieverfahren unterliegen insbesondere bei Grenzfällen einer kontroversen Diskussion, da es bislang keine allgemeingültigen, evidenzbasierten Therapieschemata und Leitlinien gibt (26, 28-32). In der Literatur finden sich bisher keine Versagensanalysen gesamtheitlicher Konzepte, vielmehr vergleichen viele Studien die Ergebnisse einzelner Therapien oder Frakturtypen. Erschwert wird die Erstellung eines einheitlichen Studiendesigns durch die große Variabilität der Frakturmorphologien und die hohe Anzahl an Therapieoptionen. Trotz der Häufigkeit der Fraktur mangelt es des Weiteren an aussagekräftigen randomisierten Studien (26). Zudem ist aufgrund teils weit gefasster Ausschlusskriterien, wie demenzieller Entwicklung, Alkoholabusus und Osteoporose, bei der Interpretation der Ergebnisse und der Übertragung auf allgemeine Empfehlungen Vorsicht geboten (4). Die Bedeutung dieser Studien ist unumstritten, es bleibt jedoch häufig unklar, welches Therapieverfahren bei den ausgeschlossenen Patienten angewandt wurde und welche klinischen Ergebnisse sich dort zeigten.

Bei einer Analyse publizierter Studien hinsichtlich der Komplikationsraten bei der Behandlung proximaler Humerusfrakturen von 1970 bis 2009 fanden Tepass et al. (33) eine Gesamt-Komplikationsrate von 55,9 %. Neben der konventionellen Plattenosteosynthese (87,3 %) zeigte sich bei Implantation einer anatomischen Prothese (67,8 %) die höchste Komplikationsrate. Die konservative Therapie hingegen zeigte in der Übersichtsarbeit mit 29,6 % die niedrigste Rate an Komplikationen. Die Autoren weiterer Literaturbesprechungen (zum Beispiel Acevedo et al. (34)) kamen zu dem Schluss, dass die Komplikationsrate bei 3- und 4-Part-Frakturen höher als bei anderen Frakturmorphologien ist.

Aufgrund der Entwicklung neuer Implantate um die Jahrtausendwende deutete sich ein deutlicher Trend zur operativen Therapie an, mittlerweile zeichnet sich aufgrund der zum Teil hohen Komplikationsraten jedoch wieder eine Tendenz zur konservativen Behandlung ab (29). Dies ist unter anderem durch prospektiv randomisierte Studien zu erklären, welche zeigen, dass eine konservative Therapie klinisch ähnliche Ergebnisse hervorbringt wie operative Verfahren (31, 35), wobei jedoch das operative Verfahren mit höheren Komplikations- und Versagensraten assoziiert ist (36-38).

In einer Cochrane-Analyse aus dem Jahr 2015 (30) (31 randomisierte Studien mit n=1941 Patienten) zeigte sich, dass chirurgische Verfahren im Vergleich zur konservativen Therapie kein besseres Outcome hervorbringen. Dieses Ergebnis gilt jedoch nicht für alle Frakturformen (nicht für z.B. Frakturen beider Tubercula, bei jungen Patienten, bei Head-Split-Frakturen) und gilt nur für einen Zeitraum von ein bis zwei Jahren postoperativ. Ob operative Methoden, auch in Bezug auf spezifische Frakturtypen, langfristig bessere Ergebnisse liefern, konnte nicht geklärt werden. In jedem Fall jedoch bieten sie das Risiko für operationsbedingte Komplikationen und Revisionen. Die Lebensqualität wurde durch die Patienten beim operativen Verfahren besser bewertet, als bei konservativem Vorgehen. Zusammenfassend mussten die Autoren trotzdem schließen, dass derzeit keine allgemeinen Therapieempfehlungen gegeben werden können.

1.3.1 Konservative Therapie

Die Domäne der konservativen Therapie ist die Behandlung stabiler, nicht oder kaum dislozierter Frakturen. Die Stabilität der Fraktur kann bei Bedarf für die Therapieentscheidung unter Röntgen-Durchleuchtung geprüft werden (4).

Mit der konservativen Therapie können allgemeine, aber auch Verfahrensspezifische Operationsrisiken und -komplikationen vermieden werden. Allerdings ist auch die

konservative Therapie mit potentiellen Komplikationen, insbesondere bei komplexen Frakturen, vergesellschaftet (4, 39, 40). Genannt werden beispielsweise Pseudarthrosen und Therapiewechsel auf operative Verfahren aufgrund sekundärer Dislokationen. Des Weiteren sind die zu erwartenden klinischen Ergebnisse bei höhergradigen Frakturen schlechter als bei subcapitalen Humerusfrakturen (41). Neben der Anzahl der Fragmente hat auch der Dislokationsgrad negativen Einfluss auf das klinische Ergebnis gemessen am Constant-Murley-Score (im Folgenden Constant Score, CS) (42).

Iyengar et al. (39) führten eine systematische Reevaluation von zwölf Studien mit insgesamt 650 Patienten durch. Die durchschnittliche Komplikationsrate wird mit 13 % angegeben. Die häufigste genannte Komplikation war mit 7 % die varisch fehlerheilte Fraktur, eine avaskuläre Nekrose wurde in 2 % der Fälle berichtet. Hanson et al. (40) führten in ihrer Studie mit 160 Patienten in 4,4 % die Einleitung einer sekundären operativen Therapie auf. Der adaptierte Constant Score (siehe: 2.3.2 Constant-Murley-Score) stellte sich auf der betroffenen Seite durchschnittlich mit 74 Punkten dar.

1.3.2 Operative Therapie

Die operative Therapie umfasst osteosynthetische (Versorgung beispielsweise mittels Nagel- oder Plattentechnik) und prothetische Verfahren (unter anderem anatomische und inverse Prothese). Die im betroffenen Patientenkollektiv häufig auftretende Osteoporose stellt eine große Herausforderung für die Verankerung von Implantaten dar, bei der Wahl der Therapie muss dies individuell beachtet werden (43).

Als absolute Operationsindikationen sind allgemein anerkannt (3, 4, 20, 35, 44):

- Luxationsfrakturen
- Head-Split-Frakturen
- Offene Frakturen mit schweren Weichteilverletzungen, begleitenden Gefäß-/Nervenverletzungen

- Geschlossen irreponible, dislozierte Frakturen
- Einklemmung der langen Bicepssehne oder von Fragmenten unter dem Acromion
- Dislokation des Kalottenfragments $>45^\circ$ oder ad latus Dislokation des Schafts >1 cm.

Einige Autoren definieren mittlerweile folgende Werte als Grenze zur Operationsindikation (4, 23, 45, 46)

- Fragmentdislokation ab 5 mm: Die knöcherne Konsolidierung des Fragmentes ist bei einer Distanz über 5 mm erschwert. Außerdem besteht durch die Instabilität ein erhöhtes Risiko der sekundären Dislokation
- Achsfehlstellung ab 20° : Ab einem Winkel von 20° besteht ein erhöhtes Risiko für varisches oder valgisches Abkippen, darüber hinaus ist die Gelenkfunktion eingeschränkt
- Tubercula-Dislokation ab 2 mm: Die Dislokation des Tuberculum majus nach kranial / des Tuberculum minus nach ventral führt ab zirka 2 - 3 mm zum Impingementsyndrom.

Bei nicht eindeutiger Indikation für oder gegen die operative Versorgung sollten folgende strukturellen Pathologien beachtet werden, die häufig den Ausschlag für eine operative Versorgung geben können:

- Frakturverlauf am anatomischen Hals
- Frakturlinie proximal der Kapselinsertion
- Zertrümmerung der medialen Kortikalis
- Mehrfragmentäre Tuberculafraktur.

Nach Krappinger et al. (47) gibt es vier relevante Faktoren, die das Versagen (definiert als „jede Bewegung zwischen Implantat und Knochen“) der plattenosteosynthetischen

Versorgung begünstigen:

- Patientenalter > 63 Jahre
- Knochendichte < 95 mg/cm³
- nicht-anatomische Reposition
- fehlende mediale Abstützung.

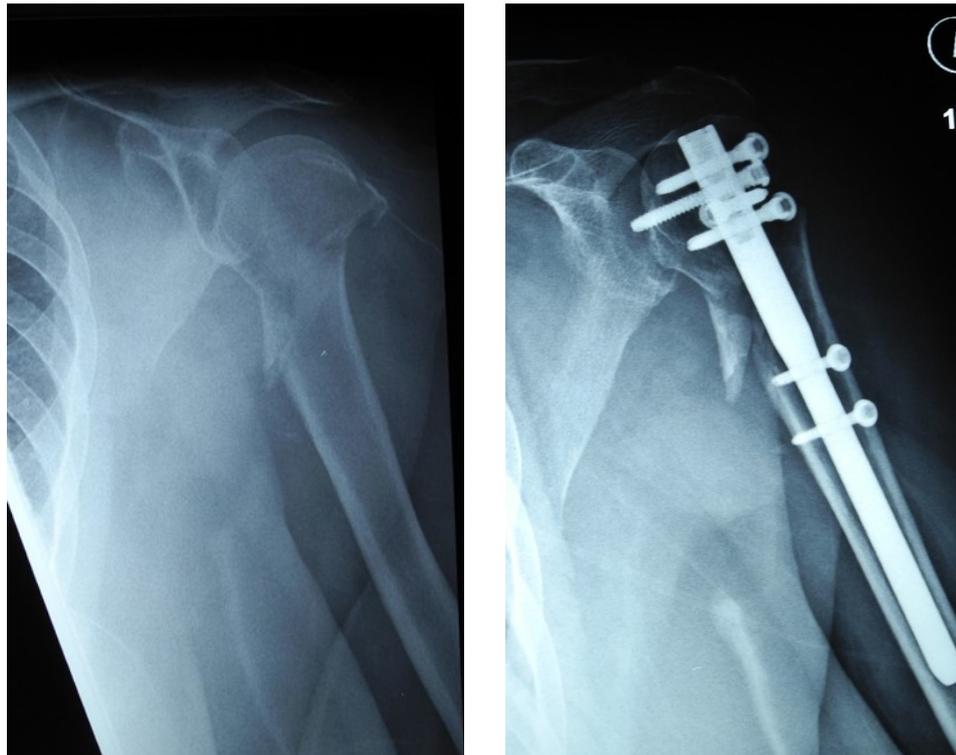
In Abhängigkeit der Anzahl der angetroffenen Faktoren steigt das Risiko für ein Versagen auf bis zu 85,7 % bei vier Faktoren. Es ist prinzipiell zu beachten, dass insbesondere bei älteren Patienten eine erhöhte Komplikationsrate und erhöhte Zahl benötigter Revisionseingriffe auftreten kann.

Maier et al. (32) zeigten in ihrer Übersichtsarbeit Komplikationsraten von 4 - 22 % für die Nagelosteosynthese und 28 - 48,8 % für die Plattenosteosynthese. Zum Teil ist knapp jede zweite Komplikation auf intraoperative technische Fehler zurückzuführen und somit prinzipiell vermeidbar (4). Tepass et al. (33) zeigten bei der kopferhaltenden Therapie in bis zu 77 % mangelhafte Frakturheilung und in bis zu 54 % Fragmentdislokationen.

1.3.2.1 Nagelosteosynthese

Bei der Nagelosteosynthese handelt es sich um ein intramedulläres Implantat (Fallbeispiel 1). Die fehlende Flexibilität führt besonders bei Osteoporose und komplexen Frakturmustern mit Head-Split oder Trümmerzone zu vermehrten Materialausbrüchen und Fragmentdislokationen, auch bedingt durch die wenigen Fixierungsmöglichkeiten (48).

Der große Vorteil der Nageosteosynthese findet sich in der minimalinvasiven Reposition einer dislozierten Fraktur mit dem Ziel den Weichteilschaden zu minimieren und die periostale Blutversorgung zu schonen. Analog zu den anderen Therapieformen ist die genaue Indikation zur nagelosteosynthetischen Versorgung Gegenstand kontroverser Diskussionen. Bei einer Analyse von 66 Publikationen mit 2155 Patienten von Lanting et al. (49) in einem Zeitraum von 20 Jahren konnte für keine Frakturmorphologie ein überlegenes Verfahren nachgewiesen werden. Es zeigte sich lediglich, dass die Versorgung mittels Nagelosteosynthese eher bei 2-Part-Frakturen angewandt wurde.



Fallbeispiel 1:
 Frau B., 73 Jahre alt, Z.n. Sturz, subcapitale Humerusfraktur links
Links: präoperatives a.p. Röntgenbild
Rechts: Versorgung mittels Nagelosteosynthese

Entsprechend aktueller Empfehlungen in der Literatur scheinen

- subcapitale 2- und 3- Part-Frakturen
- den Schaft mitbetreffende Spiralfrakturen
- Frakturen mit subcapitaler oder metaphysärer Trümmerzone
- 3-Part-Frakturen unter Einbezug eines solitären, großen Tuberculum majus Fragment

für eine Nagelosteosynthese gut geeignet zu sein (50-53).

Zhu et al. (54) verglichen in ihrer Studie Komplikationsraten nach Platten- und Nagelosteosynthese. Die Komplikationsrate lag bei der Versorgung mittels Platte mit 31 % deutlich höher als bei der Nagelosteosynthese (4 %), das klinische Ergebnis unterschied sich dabei nicht signifikant (Follow-up 3 Jahre). Aaron et al. (55) fanden in einer Literaturübersicht 4 % Frakturen die nicht, und 7,7 - 37 % Frakturen, die nur

unzureichend konsolidierten. Maier et al. (32) stellten in einer anderen Übersichtsarbeit eine Komplikationsrate von 4 % bis 22 % fest.

Bei ungeeigneter Indikationsstellung oder Wahl eines nicht optimalen Nagel-eintrittspunktes folgt häufig eine sekundäre Fragmentdislokation mit Repositionsverlust. In 11 % erfolgte ein Wechsel des Osteosyntheseverfahrens oder ein Verfahrenswechsel auf eine Prothese (4). Darüber hinaus sind intraartikuläre Schraubenperforationen, subacromialer Nagelüberstand und intraoperative Verletzung des Nervus axillaris zu vermeidende technische Operationsfehler (4).

1.3.2.2 Plattenosteosynthese

Im deutschsprachigen Raum wird bei Indikationsstellung zur operativen Therapie mit 63 % am häufigsten die Plattenosteosynthese gewählt (27; Fallbeispiel 2). Das Design der winkelstabilen Platten ermöglicht auch bei subcapitaler Trümmerzone und osteoporotischem Knochen eine stabile Kopf-Schaft-Verbindung, und stellt sich somit als geeignet bei Osteoporose dar (9, 56, 57).

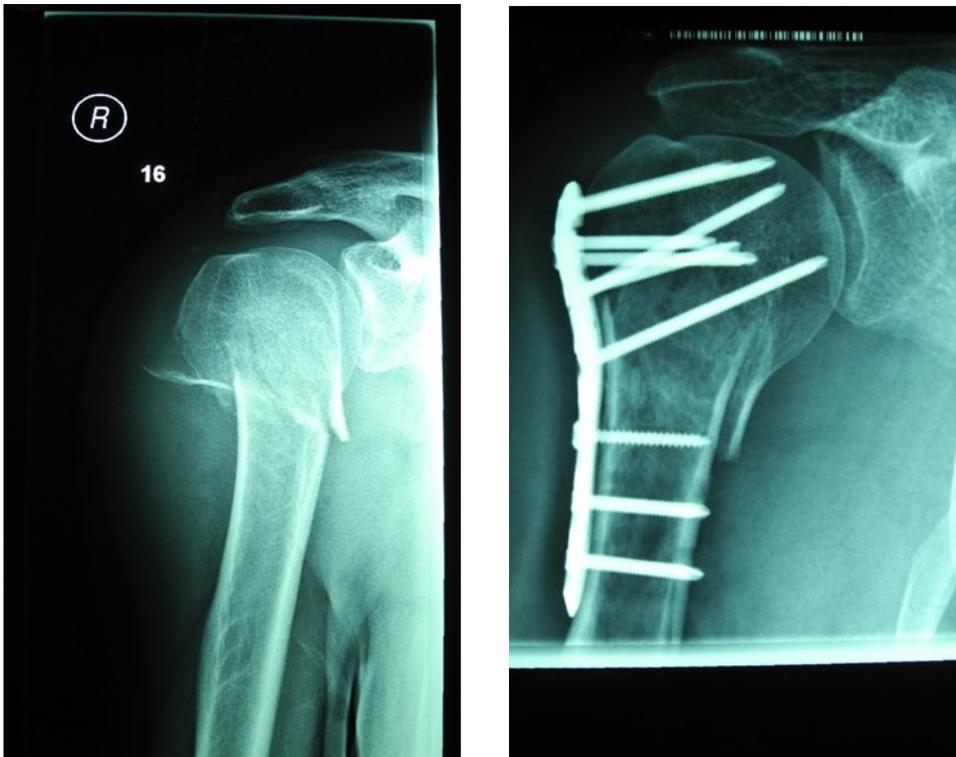
Die kopferhaltende Therapie mittels Plattenosteosynthese ist prinzipiell bei allen zumindest temporär intraoperativ anatomisch retinierbaren proximalen Humerusfrakturen einsetzbar. Ist diese Retention nicht oder nur ungenügend möglich, so sollte beim älteren Patienten (> 60 Jahre) die Indikation zur prothetischen Versorgung gestellt werden (4).

Die Hauptindikation zur Plattenosteosynthese scheint somit bei dislozierten 3- und 4-Part-Frakturen des älteren Patienten zu liegen (56, 58, 59). Bei jungen Patienten erlauben auch komplexere Frakturen wie

- Luxationsfrakturen
- Head-Split-Frakturen

die Indikation zur Plattenosteosynthese (59).

Die operative Versorgung mit der Plattenosteosynthese ermöglicht durch genügende primäre Rotationsstabilität eine rasche postoperative Mobilisation (60).



Fallbeispiel 2:

Herr B., 49 Jahre alt, Z.n. Sturz, 4-Segment-Fraktur rechts

Links: präoperatives a.p. Röntgenbild

Rechts: Versorgung mittels Plattenosteosynthese

Die Ergebnisse nach plattenosteosynthetischer Versorgung bei intraartikulären Frakturen wurden unter anderem von Brorson et al. (61) in einer Übersichtsarbeit analysiert: In 12 Studien mit 282 eingeschlossenen Frakturen zeigen sich als häufige Komplikationen

- avaskuläre Nekrosen (4 - 33 %): Anstieg der Komplikationsrate bei langem Follow-up (62)
- Schraubenperforationen (5 - 20 %)
- Implantatdislokationen / Repositionsverlust (3 - 16 %)
- Impingement (7 - 11 %)
- Infektionen (4 - 19 %)

Die Revisionsraten der analysierten Studien lagen zwischen 6 und 44 %. Diese Ergebnisse wurden auch durch andere Autoren bestätigt (27, 63).

Mehrfach wurde außerdem die Bedeutung des medialen Supports (4, 64) nachgewiesen: Bei erhaltenem medialen Support lag die Rate der Schraubenperforationen bei 6 %, bei nicht-erhaltenem Support bei 30 %.

Sproul et al. (65) berichteten eine Komplikationsrate von 49 %, darunter eine Varus-Malunion-Rate von 16 %. Die Re-Operationsrate wird hier mit 14 % angegeben.

Das durchschnittliche Ergebnis nach Plattenosteosynthese bei 3- und 4-Part-Frakturen lag bei einem Constant Score (CS) von 60 - 80 Punkten (4, 27). Bei Beachtung der bekannten Versagensmechanismen konnte ein CS von bis zu 88 erreicht werden (4).

1.3.2.3 Rekonstruktion versus Prothese

Grundsätzlich wird, insbesondere bei jüngeren Patienten (< 60 Jahre), eine Rekonstruktion angestrebt (4). Ist dies nicht oder nur schlecht möglich, ist die prothetische Versorgung indiziert (66). Dies kann bei Luxationsfrakturen zutreffen, insbesondere, wenn diese älter als 48 Stunden sind (4). Indikationen für eine prothetische Versorgung können sein (41, 52, 66-69):

- 3- und 4-Part-Frakturen
 - mit deutlicher Fehlstellung
 - bei schlechter Knochenqualität
 - mit kleinen Fragmenten
 - bei älteren Patienten
- Valgisch impaktierte 4-Fragment-Luxationsfraktur des alten Menschen
- Dislozierte Mehrfragmentfrakturen bei Osteoporose und schmaler Kalotte
- Impressionsfrakturen mit mehr als 40 % Gelenkbeteiligung
- Frakturen mit Beeinträchtigung der Kalkarregion und des medialen Spickels

Ist die Entscheidung für eine prothetische Versorgung gefallen, so bleibt die Wahl zwischen inversen und anatomischen Implantaten.

Tepass et al. (33) analysierten in einer Literatur-Analyse von 1970 bis 2009 die häufigsten Komplikationen der prothetischen Versorgung. Zusammenfassend fanden sich in bis zu

- 94 % glenoidales Notching
- 88 % mangelnde Einheilung oder Resorption der Tubercula
- 71 % Prothesen-Migration
- 66 % Prothesen-Subluxation.

1.3.2.4 Anatomische Prothese

Die erhaltene Funktion der Rotatorenmanschette ist für die anatomische Prothese essentiell (70). Hierfür bedarf es der Einheilung der refixierten Tubercula (66), welche mittels Draht- oder Kabelcerclagen an der Prothese befestigt werden (70). Erschwert ist die Einheilung bei Patienten-bezogenen Faktoren wie Alkohol- und Tabakkonsum, hohem Alter und schlechter Knochenqualität (66). Treffen diese Faktoren zu, sollte die Implantation einer inversen Prothese erwogen werden.

Es zeichnet sich ab, dass bei eher jüngere Patienten (< 70 Jahre) mit fehlender medialer Abstützung und deutlicher Varusdeformität die anatomische Prothese indiziert ist (66). Die restriktive Nachbehandlung nach Implantation einer anatomischen Prothese verlangt eine gute Compliance des Patienten.

Häufige Komplikationen der anatomischen Prothese waren gemäß Maier et al. (32):

- Glenoidale Erosion oder Arthrose (35 %)
- heterotrope Ossifikationen (30 %)
- Dislokation der Tubercula (23 %)
- Rotatorenmanschetten-Dysfunktion (23 %)
- Ausbleibende Knochenheilung (17 %)
- Instabilität (15 %).

Die Dislokation oder Resorption des Tuberculum majus wird dabei in bis zu 34 % der Fälle beobachtet. Ferrel et al. (71) berichten in einer Übersichtsarbeit von einer

Komplikationsrate von 4,1 %, zu den häufigsten Komplikationen gehören demnach Arthrofibrose und Neuropathie (je 16,7 %).

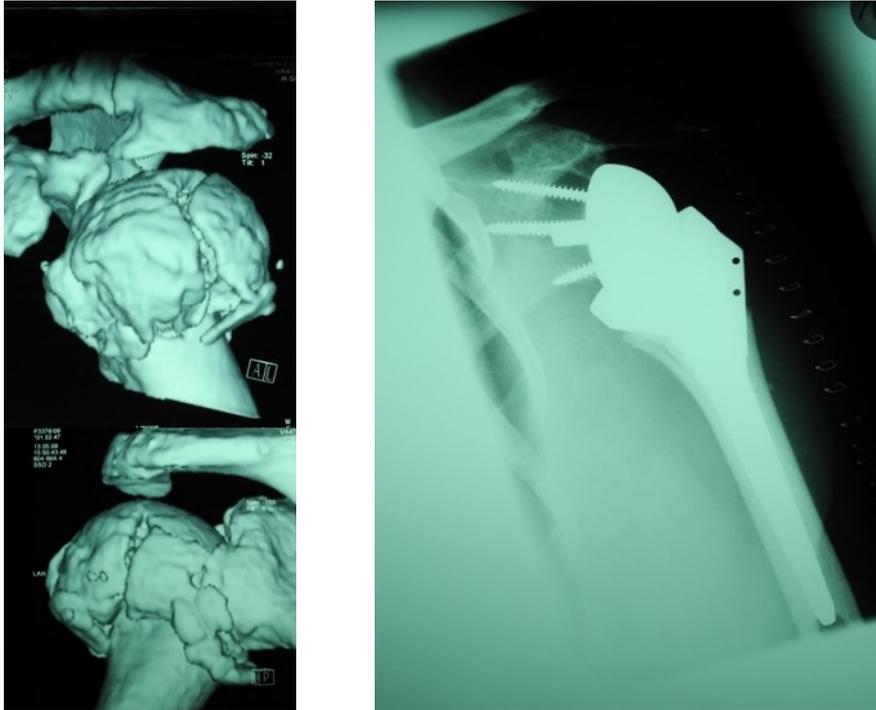
Gupta et al. (72) fanden in einer Übersichtsarbeit eine Wechselrate von anatomischer auf inverse Prothese von 1,2 %, das mittlere Follow-up umfasste 32 Monate. Bei Ferrel et al. (71) lag die Revisionsrate bei der anatomischen Prothese bei 4 %, wobei in 31,7 % ein mangelhaftes Einheilen der Tubercula ursächlich war. Nach Implantation einer anatomischen Prothese können im CS durchschnittlich Werte von 65 – 75 Punkten erreicht werden (4).

1.3.2.5 Inverse Prothese

Die durchschnittlichen Komplikationsraten nach inverser Prothese (Fallbeispiel 3) werden in verschiedenen Übersichtsarbeiten mit 9,6 - 65 %, die Revisionsraten mit 4,9 - 5,7 % angegeben (32, 71, 72).

Häufige Komplikationen sind

- Subluxation/Luxation (66 %)
- Lockerung der Glenosphäre (radiologisch bis zu 63 %)
- Glenoidales/scapuläres Notching (28 - 45 %) (34, 73).



Fallbeispiel 3:

Herr M., 62 Jahre alt, Z.n. Sturz, mehrsegmentige Trümmerfraktur links mit ausgeprägter Supraspinatussehnenverletzung

Links: präoperatives CT-Darstellung (oben: Blick von lateral; unten: p.a.-Darstellung)

Rechts: Versorgung mittels inverser Prothese

In Vergleichen zwischen Hemiprothese und inverser Prothese fallen insbesondere bei den Rotationsbewegungen Defizite bei der inversen Prothese auf (74, 75). Dies führt bei täglichen Verrichtungen (beispielsweise der Körperhygiene) zu Problemen und schränkt die Lebensqualität ein. Elevation und Abduktion hingegen werden bei der inversen Prothese als zufriedenstellender bewertet. Gupta et al. (72) sowie Ferrel et al. (71) finden keinen Unterschied bezüglich des CS zwischen beiden Versorgungsformen.

1.3.3 Nachbehandlung

Die Nachbehandlung erfolgt abhängig der gewählten Therapieform. Es wird eine zunehmende Belastbarkeit der betroffenen Schulter mittels Physiotherapie erarbeitet. Zunächst werden passive, dann aktiv-assistierte und schließlich aktive Bewegungs-

übungen durchgeführt. Grundsätzlich ist eine frühfunktionelle Mobilisation zum Erhalt der Versorgungsselbständigkeit der Patienten anzustreben (41).

In Abhängigkeit der gewählten Therapiemethode sind bestimmte Bewegungen, z. B. die Retroversion bei der inversen Prothese bis zur 7. Woche, zu vermeiden, um Komplikationen wie Luxationen zu verhindern.

1.4 Fragestellung und Hypothese

Ziel der vorliegenden Studie ist es ein ganzheitliches, standardisiertes Therapiekonzept zu evaluieren. Hierbei soll ein besonderer Fokus auf das Therapieversagen und Revisionsoperationen im Gesamtkollektiv gesetzt werden. Das sekundäre Ziel der Studie ist Risikofaktoren für das Auftreten von Therapieversagen und Revisionsoperationen zu identifizieren.

Die Hypothese besagt, dass durch Verwendung eines standardisierten Therapiealgorithmus an einem spezialisierten Level-1-Traumazentrum geringere Komplikations- und Revisionsraten bei der Therapie proximaler Humerusfrakturen beobachtet werden können, als in der Literatur beschrieben. Weiterhin besagt die Hypothese, dass die Komplexität der Fraktur (gemessen an der Anzahl der Frakturfragmente), eine Beteiligung der medialen Kalkarregion an der Fraktur, das Patientenalter, die Therapiemodalität und Risikofaktoren wie Diabetes mellitus, Osteoporose, Zigarettenrauchen und Alkoholabusus mit höheren Versagens- und Revisionsraten vergesellschaftet sein würden.

Aus dieser Hypothese werden folgende Fragestellungen generiert:

- Welche Versagens- und Revisionsraten zeigen sich an einem Level-1-Traumazentrum, wie dem DIAKOVERE Friederikenstift gGmbH, bei der Therapie der PHF im Gesamtkollektiv und bei Betrachtung einzelner Therapieformen?

- Ist die Komplexität der Fraktur gemessen an der Anzahl der Fragmente mit erhöhten Revisions- und/oder Komplikationsraten assoziiert?
- Ist eine fragmentierte mediale Kortikalis mit erhöhten Revisions- und/oder Komplikationsraten assoziiert?
- Gibt es eine Assoziation zwischen Patientenalter und erhöhten Revisions- und/oder Komplikationsraten?
- Ist die Wahl des Therapieverfahrens mit erhöhten Revisions- und/oder Komplikationsraten assoziiert?
- Kommt es bei Patienten mit den vorbestehenden Risikofaktoren Diabetes mellitus, Osteoporose, Nikotinabusus und Alkoholabusus zu erhöhten Versagens- und Revisionsraten?

2 Material und Methoden

Beim Studienzentrum handelt es sich mit dem DIAKOVERE Friederikenstift gGmbH um ein Trauma Centrum Level 1. Der Standort in Hannover versorgt gemeinsam mit anderen Kliniken in einem dichtbesiedelten Umland eine Region mit 1,1 Millionen Einwohnern.

2.1 Studienmodell

Bei dieser Studie handelt es sich um eine retrospektive Datenanalyse des Zeitraumes 01.01.2009 bis 30.06.2012 (76). Das gesamte Patientenaufkommen in diesem Zeitraum wurde mittels entsprechender ICD-10-Codes S42.2- (Fraktur des proximalen Endes des Humerus) und S42.3 (Frakturen des Humerusschaftes) gefiltert (Erläuterung ICD-10-Codes im Abkürzungsverzeichnis).

Mit Zustimmung der Ethikkommission (Antrag Nr. 1534-2012; Anhang 1: Ethikkommission) konnte mit der Datensammlung begonnen werden. Es wurden für die oben genannten Patienten Informationen aus

- der Patientenakte im Archiv
- der elektronischen Patientenakte des Patientendatenverarbeitungssystems Orbis (Firma AGFA HealthCare®, Version SP 08.04.25.01.0013400, Belgien)
- einem telefonischen Interview
- einem schriftlichen Fragebogen
- und verfügbaren Röntgen- und CT-Bildern

in einer Excel-Tabelle (Microsoft® Excel® 2013, Version 15.0.4797.1000, Microsoft® Office Professional Plus 2013, ©Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) zusammengeführt.

2.1.1 Therapiealgorithmus am Studienzentrum

Vor Studienbeginn war am DIAKOVERE Friederikenstift gGmbH, im Folgenden als Studienzentrum bezeichnet, ein standardisierter Therapiealgorithmus (Tabelle 1) für die

Behandlung proximaler Humerusfrakturen eingeführt worden (77, 78). Bei Dislokation des Kopffragments < 20°, ad-latus Dislokation des Schafts < 0,5 cm sowie Dislokation der Tubercula < 0,3 cm werden die Frakturen dabei als nichtdisloziert klassifiziert und eine konservative Therapie eingeleitet (siehe: 1.4 Therapie). Alle anderen Frakturen wurden operativ behandelt. Der Therapiealgorithmus für die operative Therapie basierte auf den Erkenntnissen der Literatur (siehe: 1.4.2 operative Therapie) sowie der eigenen Expertise und Erfahrung. Die Wahl des operativen Therapieverfahrens hing im eigenen Vorgehen maßgeblich von der Komplexität der Fraktur ab, gemessen an der Segment-Theorie von Codman. Zweite Entscheidungshilfe war das Patientenalter.

Tabelle 1: Therapiealgorithmus der operativen Therapie proximaler Humerusfrakturen des DIAKOVERE Friederikenstift gGmbH			
	18-59 Jahre	60-70 Jahre	über 70 Jahre
Isolierte Fraktur Tuberculum major	Plattenosteosynthese		
Subcapitale Humerusfraktur	Platten-/Nagel- osteosynthese	Nagel- oder Plattenosteosynthese	
3-Part-Fraktur	Platten- oder Nagelosteosynthese		
4-Part-Fraktur	Plattenosteosynthese 2. Wahl: anatomische Frakturprothese		Plattenosteosynthese 2. Wahl: inverse Prothese
Trümmer- / Head- Split-Fraktur	Osteosynthese 2. Wahl: anatomische Frakturprothese	Anatomische Frakturprothese	Inverse Prothese

In Grenzfällen zwischen Rekonstruktion und Prothese stellten sich für die Entscheidung weitere Fragen, darunter ob die Frakturlinie den anatomischen Hals oder die mediale Kortikalis betrifft. Auch war von Bedeutung, ob die Frakturlinie proximal der

Kapselinsertion verläuft oder ob das Tuberculum majus mehrfragmentär betroffen ist. Daneben spielten oben erwähnten Patienten-individuellen Kriterien (siehe: 1.3 Therapie der PHF) eine wichtige Rolle, wenn beispielsweise bei multimorbiden Patienten das Risiko einer möglichen Folgeoperation besonders geringgehalten werden musste. Die aus dem Algorithmus entstehende Therapieempfehlung war nicht bindend, die endgültige Therapieentscheidung lag beim jeweiligen Operateur insbesondere mit Blick auf die intraoperative Situation der Fraktur.

2.2 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv des Studienzentrums wurde gemäß folgender Kriterien in die Studie eingeschlossen:

- Diagnose einer proximale Humerusfraktur
- Erstbehandlung der PHF zwischen dem 01.01.2009 und 30.06.2012
- Alter zum Zeitpunkt der Erstbehandlung über 18 Jahre
- Primärtherapie der PHF am Studienzentrum.

Auf diesem Wege konnten 627 Personen eingeschlossen werden, welche die erwähnten Einschlusskriterien erfüllten. Die anschließende Datenakquise erfolgte in Kooperation mit Dr. med. Svenja Grabowski, der Autorin einer im gleichen Zeitraum angefertigten Dissertation (78).

2.2.1 Datenakquise bei 627 Patienten

Nach Formung dieses Kollektivs wurden aus Patientenakten und elektronischen Patientendaten aus dem Patientendatenverarbeitungssystem Orbis folgende Daten erfasst:

- Allgemeine Daten
 - Alter und Geburtsdatum
 - Geschlecht

- Adresse und Telefonnummer
- Händigkeit
- Vorerkrankungen: insbesondere Diabetes mellitus, Osteoporose, Nikotinabusus, Alkoholabusus
- Fraktur-bezogene Daten
 - Datum des Unfalls
 - Verletzte Seite
 - Erfassung der dokumentierten Bildgebung zur späteren Analyse der Frakturmorphologie
- Therapie-bezogene Daten
 - Durchgeführte Therapie (konservative Therapie, Nagelosteosynthese, Plattenosteosynthese, anatomische Prothese, inverse Prothese)
 - Falls erfolgt: durchgeführte Folgeoperationen an der betroffenen Schulter am Studienzentrum bis zum 30.06.2012

2.2.1.1 Auswertung der dokumentierten Bildgebung und Frakturklassifikation

Die Auswertung verfügbarer Röntgen-, CT-, sowie MRT-Bilder erfolgte zur Frakturklassifikation und umfasste folgende Einteilung:

- Isolierte Fraktur des Tuberculum majus oder Tuberculum minus
- Subcapitale Humerusfraktur
- 3-Part-Fraktur
- Höhergradige Frakturen:
 - 4-Part-Frakturen
 - Head-Split-Frakturen
 - Luxationsfrakturen
 - Frakturen mit Trümmerzone (> 5 Fragmente)

Darüber hinaus wurde der Zustand des medialen Supports bei jeder Fraktur beurteilt.

Die Auswertung und Einteilung der Bildgebung erfolgte durch einen einzigen Untersucher zur Vermeidung einer interobserver Variabilität.

3-Part-Frakturen waren definiert als eine Fraktursituation mit subcapitaler Humerusfraktur in Kombination mit gleichzeitiger Frakturierung des Tuberculum majus oder minus. 4-Part-Frakturen waren als Kombination aus subcapitaler Fraktur plus Abriss beider Tubercula definiert.

3-Part-Frakturen sowie höhergradige Frakturen werden im Folgenden als „komplexe Frakturen“ zusammengefasst.

2.2.1.2 Kollektiv nach Datenakquise

Die Analyse der Daten und dokumentierten Bildgebung ergab, dass 81 Patienten nicht eingeschlossen werden konnten. Folgende Ausschlusskriterien ergaben sich

- durch Analyse der dokumentierten Bildgebung
 - Keine proximale Humerusfraktur, sondern z.B. knöcherne Supraspinatussehnen-Ausrisse (n=29 Patienten)
 - Begleitfrakturen oder –verletzungen der betroffenen Schulter (n=8 Patienten)
- durch Therapieabweichungen
 - Abweichung vom definierten Therapiealgorithmus (n=15 Patienten)
 - Ablehnung der empfohlenen Therapie durch den Patienten (n=13 Patienten)
 - erfasste Therapie war nicht die Primärtherapie der proximalen Humerusfraktur (n=7 Patienten)
 - Verzicht auf Akuttherapie der PHF aufgrund akuter weiterer Grunderkrankung (beispielsweise Apoplex) (n=2 Patienten)
- durch Fraktursonderformen
 - pathologische Fraktur aufgrund einer malignen Grunderkrankung (n=5 Patienten)
 - dorsal verhakte Luxationsfraktur (n=2 Patienten).

Nach Ausschluss der o. g. 81 Patienten verblieben 546 Patienten im Kollektiv.

2.2.2 Telefonische Befragung

Von 490 der 546 im Kollektiv befindlichen Patienten (89,7 %) waren Telefonnummern im Patientendatenverarbeitungssystem oder der Patientenakte vermerkt. 56 Patienten waren mangels Telefonnummer demnach nicht telefonisch kontaktierbar.

Bei den 490 Patienten mit verfügbarer Telefonnummer wurden telefonische Kontaktversuche begonnen:

- 403 Patienten konnten erreicht und telefonisch befragt werden
- Bei 60 Patienten gelang trotz mindestens fünfmaligem Versuch an unterschiedlichen Tagen kein telefonischer Kontakt
- 15 Patienten wurden erreicht, lehnten jedoch die telefonische, nicht aber die schriftliche, postalische Befragung ab; hier erfolgten der Abgleich der korrekten Adresse und die Zusendung eines Fragebogens (s. unter 2.2.4 Postalische Kontaktaufnahme)
- 12 Patienten lehnten im telefonischen Kontakt die schriftliche wie telefonische Studienteilnahme ab. Diese Patienten wurden entsprechend aus der Studie ausgeschlossen.

In der telefonischen Befragung der 403 erreichten Patienten waren folgende Fragen von Bedeutung:

- Ist bei Ihnen im Anschluss an die Primärbehandlung am Studienzentrum eine (weitere) operative Therapie der betroffenen Schulter außerhalb des Studienzentrums erfolgt? Hierunter fallen nicht supportive Maßnahmen wie z.B. Physiotherapie
 - Wenn ja: Welche Behandlung war indiziert? Wann war das? Wo hat diese Therapie stattgefunden?
- Ist bei Ihnen ein Diabetes mellitus oder eine Osteoporose bekannt? Rauchen Sie regelmäßig? Trinken Sie Alkohol, wenn ja wie häufig?
- Stimmen Sie der weitergehenden postalischen Befragung durch einen Fragebogen zu?
 - bei Zustimmung: Abgleich der korrekten Adresse

Darüber hinaus wurden nach Möglichkeit fehlende Informationen aus den Akten ergänzt.

In der Gruppe der telefonisch erreichten Patienten werden auch n=36 Fälle aufgeführt, in denen die Patienten bereits verstorben waren. Hier beantworteten die Angehörigen die relevanten Fragen:

- Wurde nach der Primärtherapie am Studienzentrum bis zum Versterben des Patienten/der Patientin eine Folgetherapie durchgeführt?
 - Wenn ja: Welche Behandlung war indiziert? Wann war das? Wo hat diese Therapie stattgefunden?
- Wann ist die Patientin/der Patient verstorben? Was war die Todesursache?

2.2.3 Postalische Kontaktaufnahme

Patienten, die bei der telefonischen Befragung der postalischen Kontaktaufnahme zustimmten (n=391), erhielten

- eine schriftliche Studienerläuterung
- eine zu unterschreibende Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie
- einen Fragebogen (weitere Details zum Fragebogen unter Punkt 2.3)
- sowie einen adressierten und frankierten Rückumschlag.

Telefonisch nicht erreichbare Patienten, Patienten ohne gültige Telefonnummer, sowie Patienten, die ausschließlich postalisch an der Studie teilnehmen wollten, erhielten einen erweiterten Fragebogen. Die Erweiterung umfasste Fragen, welche sonst im Rahmen der telefonischen Befragung gestellt wurden (siehe: 2.1.3. Telefonische Befragung).

Auf diesem Wege konnten von insgesamt 213 Patienten Informationen aufgenommen werden, darunter 18 ausschließlich postalisch befragte Patienten.

2.2.4 Definition des Patientenkollektivs

Die endgültige Kollektivdefinition entstand, nachdem bei allen 546 Patienten der Versuch der telefonischen und postalischen Kontaktaufnahme abgeschlossen war.

13 Patienten (2,4 %) waren vor der Datenerhebung verstorben (Todesursache ohne Zusammenhang mit der PHF bzw. ihrer Versorgung) und es konnten keinerlei Informationen hinsichtlich Therapieversagen und Revisionsoperationen gewonnen werden. 12 Patienten (2,2 %) verweigerten die Teilnahme an der Studie.

Von den verbleibenden 521 Patienten konnten 98 Patienten trotz fünfmaligem Versuch (n=53) telefonisch oder mangels dokumentierter Telefonnummer (n=45) nicht erreicht werden und auch der zugesandte Fragebogen blieb unbeantwortet. Das endgültige Kollektiv umfasste somit 423 Patienten (81,2 % der 521 Patienten).

2.3 Postalischer Fragebogen

Der Fragebogen enthielt Fragen zu

- Name und Geburtsdatum
- Simple Shoulder Test (79) (s. 2.3.2)
- Constant-Murley-Score (80) (s. 2.3.1)

Die Analyse der klinischen Ergebnisse diente vorrangig der Beschreibung der Qualität der Versorgung und war somit nicht primäres Ziel der vorliegenden Studie.

2.3.1 Constant-Murley-Test (Constant Score, CS)

Der Constant Score (80) enthält objektive (65%) und subjektive (35%) Parameter, der erreichbare Maximalwert beträgt 100 Punkte. Dieser Wert entspricht einer voll funktionstüchtigen und schmerzfreien Schulter. Null Punkte hingegen beschreiben einen maximalen Schmerz bei quasi aufgehobener Schulterfunktion.

Der adaptierte Constant Score bezieht sich auf ein gesundes Bevölkerungsmittel gestaffelt nach Alter und Geschlecht. 100 % entspricht hierbei der durchschnittlichen Schulterfunktion gesunder Vergleichspersonen.

Zu den subjektiven Kriterien gehören

- Schmerz:
 - 15 Punkte = schmerzfrei
 - 10 = geringe Schmerzen
 - 5 = deutliche Schmerzen
 - 0 = gravierende Schmerzen bei Tätigkeiten des Alltags
- Aktivitäten des Alltags: maximal 10 Punkte
 - Arbeitsfähigkeit (maximal 4 Punkte)
 - Freizeit (maximal 4 Punkte)
 - Nachtruhe (maximal 2 Punkte)
- Arbeitshöhe (maximal 10 Punkte) (Tabelle 2)

Tabelle 2:
Arbeitshöhe: Welche Tätigkeiten können Sie mit dem Arm durchführen?

a) Sie haben keine Einschränkungen	10 Punkte
b) Arbeiten über dem Kopf ausführen	8 Punkte
c) Arbeiten bis auf Kopfhöhe ausführen	6 Punkte
d) Arbeiten bis auf Halshöhe ausführen	4 Punkte
e) Arbeiten bis auf Brusthöhe ausführen	2 Punkte
f) Arbeiten bis auf Taillenhöhe ausführen	0 Punkte

Zu den objektiven Kriterien zählen Beweglichkeit und Kraft. Die Abfrage der möglichen Bewegung erfolgte über bebilderte Darstellung der Bewegungsausführung in unterschiedlichen Ausprägungen (Anhang 2: Fragebogen).

- Beweglichkeit: maximal 40 Punkte
 - seitliche Elevation / Abduktion (maximal 10 Punkte)
 - 0-30° (0 Punkte)
 - 31-60° (2 Punkte)
 - 61-90° (4 Punkte)
 - 91-120° (6 Punkte)
 - 121-150° (8 Punkte)
 - 151-180° (10 Punkte)
 - Flexion (maximal 10 Punkte)
 - 0-30° (0 Punkte)
 - 31-60° (2 Punkte)
 - 61-90° (4 Punkte)
 - 91-120° (6 Punkte)
 - 121-150° (8 Punkte)
 - 151-180° (10 Punkte)
 - Innenrotation (maximal 10 Punkte)
 - Handrücken auf Oberschenkel-Außenseite (0 Punkte)
 - Handrücken auf Gesäß (2 Punkte)
 - Handrücken an lumbosacralem Übergang (4 Punkte)
 - Handrücken auf Gürtellinie (3. Lendenwirbel) (6 Punkte)
 - Handrücken auf 12. Rückenwirbel (8 Punkte)
 - Handrücken zwischen den Schulterblättern (10 Punkte)
 - Außenrotation (maximal 10 Punkte)
 - Hand am Hinterkopf mit Ellenbogen nach vorne (2 Punkte)
 - Hand am Hinterkopf mit Ellenbogen zur Seite (4 Punkte)
 - Hand auf dem Scheitel mit Ellenbogen nach vorne (6 Punkte)
 - Hand auf dem Scheitel mit Ellenbogen zur Seite (8 Punkte)
 - Volle Elevation vom Kopf ausgehend (10 Punkte)
- sowie Kraft: beschrieben wird das Maximalgewicht, welches bei 90° Abduktion gehalten werden kann.

Die Zusammensetzung der erreichbaren Punktzahlen stellt Tabelle 3 dar:

Tabelle 3: Zusammensetzung der Punktzahl im Constant Score	
<u>Parameter</u>	<u>Punkte</u>
Schmerzbeurteilung durch den Patienten	0-15 Punkte
Alltagsfunktionstüchtigkeit	0-20 Punkte
Schulterfunktion bei Arbeit / Freizeit / Schlaf	(0-10)
mögliche Arbeitshöhe	(0-10)
Bewegungsumfang	0-40 Punkte
Flexion	(0-10)
Abduktion	(0-10)
Elevation	(0-10)
Schürzengriff	(0-10)
Kraftmessung	0-25 Punkte

Diese Form der Selbsterhebung des Constant Score durch den Patienten basiert auf der Arbeit von Boehm et al. (81).

2.3.2 Simple Shoulder Test

Der Simple Shoulder Test (SST; Tabelle 4) umfasst zwölf Fragen, die jeweils mit "ja" oder "nein" zu beantworten waren.

Tabelle 4:
Simple Shoulder Test (SST)

1. Ist Ihre Schulter beschwerdefrei, wenn Sie Ihren Arm an der Seite ruhen lassen?
2. Erlaubt Ihre Schulter Ihnen einen ungestörten Schlaf?
3. Können Sie Ihr Kreuz erreichen, um mit Ihrer Hand ein Hemd/eine Bluse in die Hose zu stecken?
4. Können Sie Ihre Hand so hinter den Kopf führen, dass der Ellenbogen seitlich abgespreizt ist?
5. Können Sie ein Geldstück in ein Regal in Ihrer Schulterhöhe legen, ohne den Ellenbogen zu beugen?
6. Können Sie 450 g in Schulterhöhe heben, ohne den Ellenbogen zu beugen?
7. Können Sie 3,5 kg in Schulterhöhe heben, ohne den Ellenbogen zu beugen?
8. Können Sie mit dem betroffenen Arm 9 kg an Ihrer Seite tragen?
9. Denken Sie, dass Sie mit Ihrem betroffenen Arm einen Softball aus der Hüfte zirka 20 Meter weit werfen können?
10. Denken Sie, dass Sie einen Softball (Überhand) zirka 20 Meter weit werfen können?
11. Können Sie die Rückseite der gegenüberliegenden Schulter mit dem betroffenen Arm waschen?
12. Können Sie mit Ihrer Schulter in Ihrem normalen Beruf in Vollzeit arbeiten?

Für die Auswertung des Tests wird die Anzahl der mit positiv beantworteten Fragen gezählt. Dieser Wert entspricht dem Ergebnis im SST.

2.4 Verfahrenswechsel und Revision

2.4.1 Verfahrenswechsel

Ein Verfahrenswechsel (=Therapieversagen) war definiert als Wechsel von der primär eingeleiteten Therapie zu einem anderen Therapieverfahren. Ursächlich konnten

- Patienten-bezogene Faktoren (beispielsweise persistierender Schmerz und Bewegungseinschränkung),
- Fraktur-bezogene Faktoren (zum Beispiel sekundäre Fragmentdislokation) oder
- Implantat-bezogene Faktoren (zum Beispiel Materialdislokation oder -versagen)

sein.

2.4.2 Revision

Revision war definiert als operativer Folgeeingriff nach eingeleiteter Primärtherapie ohne Verfahrenswechsel. Unter Revisionen fielen unter anderem Materialentfernungen und arthroskopische Arthrolysen, aber auch Re-Osteosynthesen (mit demselben Verfahren), Knochenfragmententfernungen und Entfernung dislozierter Schrauben. Revisionsoperationen wurden unterteilt in ‚obligate‘ und ‚elektive, optionale‘ Revisionen. Arthroskopische Materialentfernungen bei endgradiger Bewegungseinschränkung wurden dabei als ‚elektive, optionale‘ Revisionen eingestuft, alle andere Revisions Eingriffe als ‚obligat‘, da medizinisch notwendig.

2.5 Definition von Altersgruppen

Für die statistischen Berechnungen mit der Fragestellung der Korrelation zum Patientenalter wurden die Patienten gemäß dem Lebensalter zum Unfallzeitpunkt in zwei Gruppen eingeteilt:

- Patienten im erwerbstätigen Alter, bis einschließlich 65 Jahre alt
- Patienten im Rentenalter, ab 66 Jahre alt

2.6 Statistische Berechnungen

Für die statistische Auswertung wurde die Statistik- und Analyse-Software IBM SPSS Statistics (Version 22, Property of IBM Corp. © Copyright IBM Corporation and others 1989, 2013, Armonk, NY, USA) verwendet. Mit dem Chi Quadrat Test (82) wurde getestet, ob eine nominale Assoziation zwischen Versorgungsmodalität und der Notwendigkeit für eine Folgeoperation sowie eine nominale Assoziation zwischen Fraktur der Kalkarregion und der Notwendigkeit für eine Folgeoperation vorlag. Kendall's Test (83) wurde verwendet, um auf eine ordinale Assoziation zwischen der Frakturkomplexität (gemessen an der Anzahl der Fragmente, siehe: 2.1.1.1 Auswertung der dokumentierten

Bildgebung und Frakturklassifikation) und der Notwendigkeit einer Folgeoperation zu prüfen. Fisher's exact Test (84) wurde genutzt, um eine mögliche Assoziation zwischen der Notwendigkeit einer Folgeoperation sowie 3-Part Frakturen und höhergradigen Frakturen festzustellen. Fisher's exact Test wurde zudem verwendet, um eine mögliche Assoziation zwischen dem Patientenalter (Bevölkerung im arbeitsfähigen bzw. Rentenalter) und der Wahrscheinlichkeit für ein Therapieversagen sowie der Wahrscheinlichkeit für eine Revisionsoperation zu testen. Eine mögliche Assoziation zwischen den potentiellen Risikofaktoren Diabetes mellitus, Osteoporose, Nikotinabusus und Alkoholabusus mit der Notwendigkeit einer operativen Intervention wurde ebenfalls mit Fisher's exact Test überprüft. Das Patientenkollektiv von Patienten mit funktionellen Ergebnissen wurde mit dem Patientenkollektiv der Patienten ohne funktionelle Ergebnisse mittels T-Test (85), Chi Quadrat Test und Fisher's exact Test verglichen.

Die funktionellen Ergebnisse der Patienten mit operativer Intervention wurden mit den Ergebnissen der Patienten ohne operative Intervention mittels t-Test verglichen. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt.

3 Ergebnisse

Nach Abschluss der Kollektivformung und Anwendung oben genannter Ein- und Ausschlusskriterien entstand ein Gesamtkollektiv von n=423 Patienten. Für dieses Kollektiv erfolgte eine ausführliche Analyse zugrundeliegender Fraktur- und verwendeter Versorgungsformen, insbesondere auch zur Erhebung von Komplikations- und Versagensraten. Darüber hinaus findet sich eine Erhebung der klinischen Ergebnisse und Berechnung statistischer Fragestellungen (siehe 1.4 Fragestellung und Hypothese).

3.1 Gesamtkollektiv

Im Gesamtkollektiv von 423 Patienten lag das Durchschnittsalter bei 68,3 Jahren. Mit 73,8 % war der Großteil der Patienten weiblich (Tabelle 5).

Tabelle 5: Epidemiologische Auswertung des Gesamtkollektivs	
Anzahl Patienten	423
Mittelwert des Patientenalters	68,3 (±14)
Alter, Min/Max	28; 102
Geschlechterverteilung weiblich: männlich % weiblich	312:111 73,8 %
Durchschnittliches Follow-Up	24,5 Monate (1,5 bis 53)

Bei Betrachtung der Verteilung der Frakturformen zeigt sich, dass, gemessen an der Frakturmorphologie, zirka 80 % der Frakturen zu den komplexen Frakturen gezählt werden müssen (Abbildung 6). Die größte Gruppe bildeten demnach die Patienten mit einer 3-Part-Fraktur, die kleinste Gruppe war die mit isolierter Fraktur eines Tuberculums (Anhang 3: Übersicht).

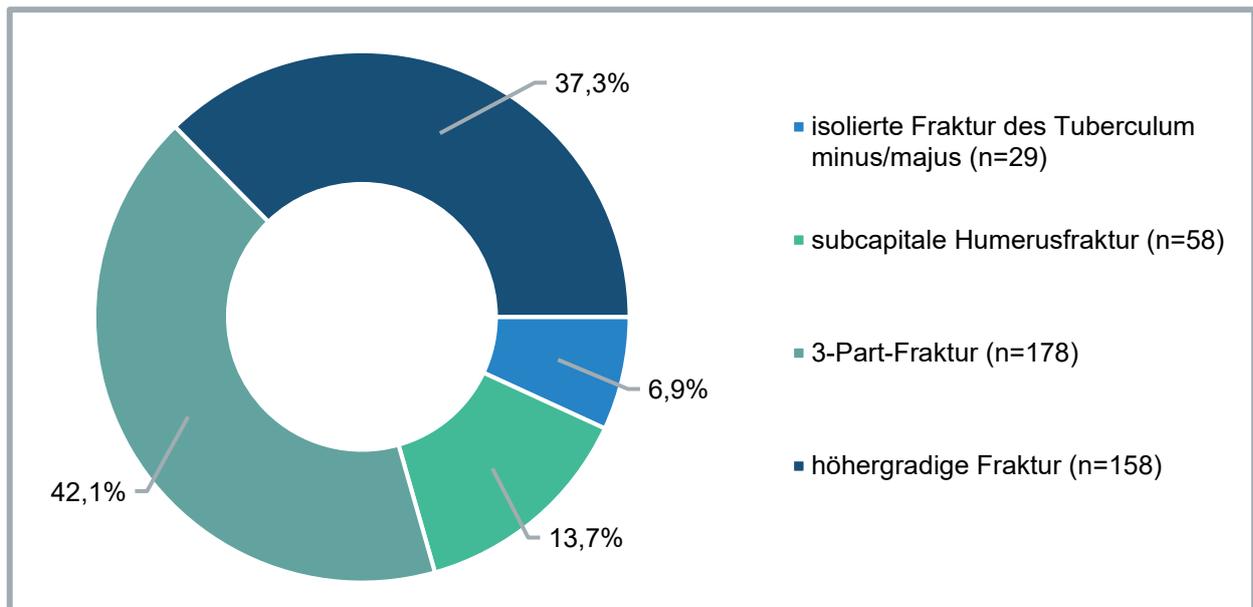


Abbildung 6: Prozentuale Verteilung der Frakturformen im Gesamtkollektiv.

Jede zweite Fraktur des Gesamtkollektivs wurde plattenosteosynthetisch versorgt, mit zirka 23 % war die konservative Frakturversorgung die zweithäufigste Therapieform (Abbildung 7). Nur jede sechste Fraktur musste prothetisch versorgt werden.

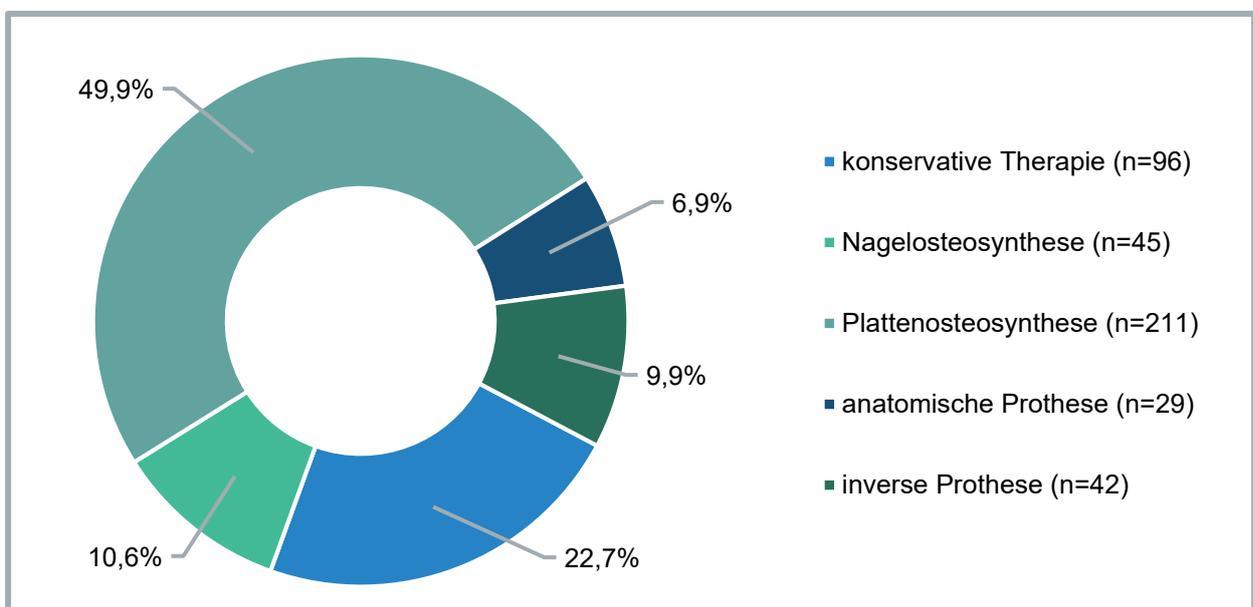


Abbildung 7: Prozentuale Verteilung der Versorgungsformen im Gesamtkollektiv.

3.1.1 Folgeoperationen

Im Gesamtkollektiv wurden bei 23,4 % (n=99) der Patienten Folgeoperationen durchgeführt. Diese Folgeoperationen teilen sich auf in 35 Patienten mit Verfahrenswechsel (8,3 %) sowie 64 Patienten (15,1 %) mit 77 Revisionsoperationen. Acht Patienten unterzogen sich sowohl einem Verfahrenswechsel als auch einem Revisions-eingriff. Insgesamt erfolgten bei 66 Patienten (15,6 %) 79 obligate Folgeeingriffe (Verfahrenswechsel sowie obligate Revisionsoperationen) nach der Primärtherapie. Bei 17,7 % der konservativ versorgten Patienten wurde eine obligate Folgeoperation durchgeführt, in der Gruppe der primär nagelosteosynthetisch versorgten Patienten waren lag diese Zahl bei 13,4 %, bei primär plattenosteosynthetisch versorgten Patienten bei 15,2 %. Die Gruppe der primären Prothetik zeigte bei der anatomischen Prothese bei 24,1 % und bei inverser Prothese bei 11,9 % obligate Folgeoperationen.

3.1.1.1 Verfahrenswechsel

Der Verfahrenswechsel erfolgte durchschnittlich $3,3 \pm 6,3$ Monate nach der Primärtherapie. Eine graphische Darstellung (Abbildung 8) der Verfahrenswechsel in Abhängigkeit der primären Versorgungsform macht deutlich, dass die konservative Therapie und die anatomische Prothese als Versorgungsformen am häufigsten von Verfahrenswechseln betroffen waren. In absoluten Zahlen erfolgten jedoch die meisten Verfahrenswechsel nach plattenosteosynthetischer Versorgung.

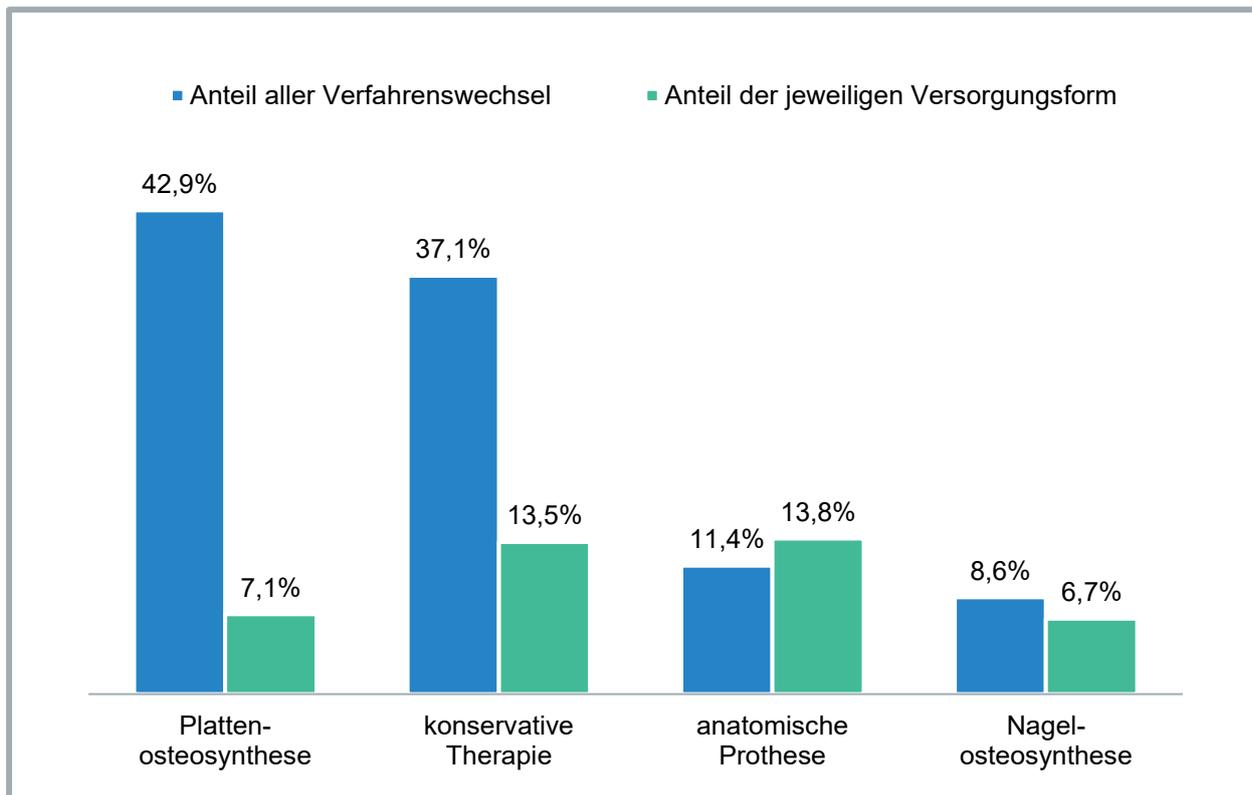


Abbildung 8: Verfahrenswechsel in Abhängigkeit der primären Versorgungsform.

3.1.1.2 Revision

Im eingeschlossenen Gesamtkollektiv erfolgten im ausgewerteten Zeitraum 77 Revisionen an 72 Patienten. Bei 32 dieser Patienten (44,4 %) war die Revisionsoperation elektiv-optional und diente der weiteren Verbesserung des funktionellen Ergebnisses (Anhang 4: Übersicht über Revisionen). Der Revisionseingriff erfolgte durchschnittlich $6 \pm 4,9$ Monate nach der Primärtherapie.

Acht der Patienten unterzogen sich neben dem Revisionseingriff einem Verfahrenswechsel.

3.1.1.2.1 Verteilung der Revisionseingriffe nach Versorgungsform

Die 72 Patienten mit Revisionseingriffen verteilten sich mit unterschiedlichen Prozentsätzen auf die verschiedenen Versorgungsformen (Abbildung 9). Auffallend war, dass zirka zwei Drittel (65,9 %) der Revisionseingriffe nach Plattenosteosynthese

erfolgten. Auch bezogen auf die Versorgungsform zeigte sich bei der Plattenosteosynthese mit 22,3 % die höchste Rate an Revisionsoperationen, somit wurde etwa jede 5. Plattenosteosynthese revidiert, jedoch nur jede 12. konservativ versorgte Fraktur.

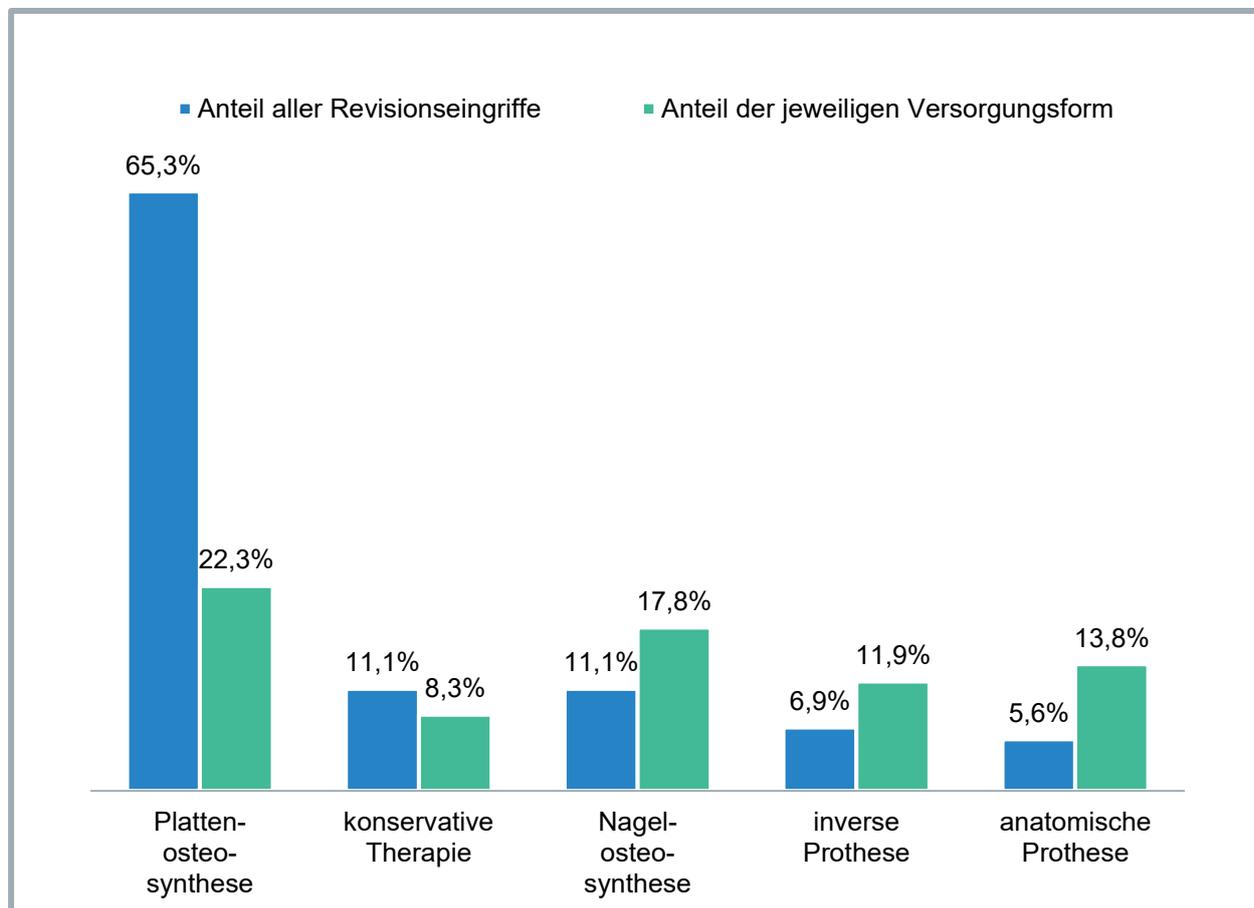


Abbildung 9: Revisionseingriffe in Abhängigkeit der primären Therapieform.

3.1.1.2.2 Verteilung der Revisionseingriffe nach Frakturmorphologie

Eine graphische Darstellung (Abbildung 10) macht deutlich, dass knapp jeder zweite (47,2 %) Revisionseingriff nach der Versorgung von höhergradigen Frakturen erfolgte. Insgesamt wurde jede fünfte (21,5 %) höhergradige Fraktur revidiert. Bei den subcapitalen Humerusfrakturen war mit 12,1 % der geringste Prozentsatz von einer Revision betroffen.

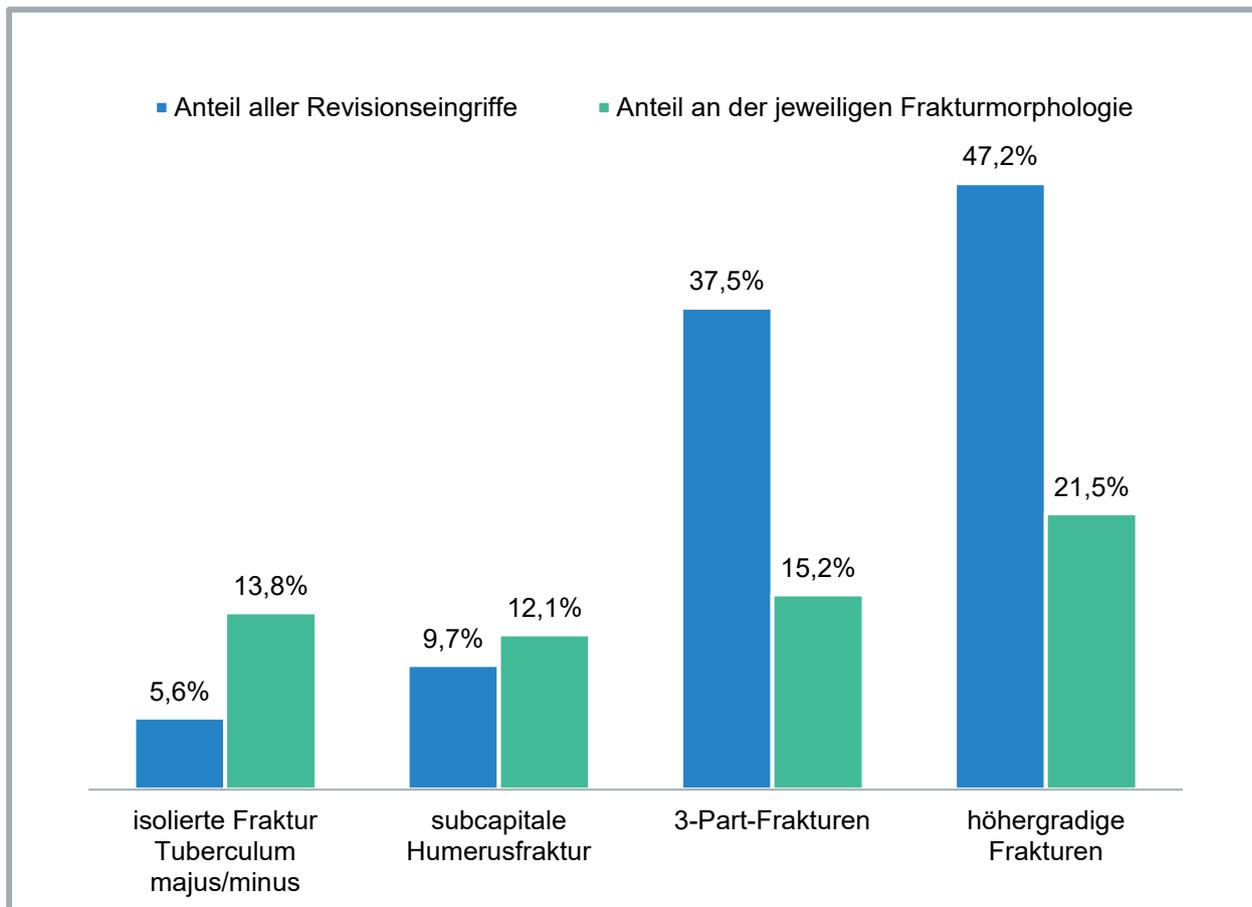


Abbildung 10: Revisionseingriffe in Abhängigkeit der zugrundeliegenden Frakturmorphologie.

3.2 Auswertung nach Versorgungsformen

3.2.1 Konservative Therapie

96 Patienten (22,7 % des untersuchten Kollektivs) wurden konservativ versorgt, und bildeten damit den zweitgrößten Versorgungszweig im eingeschlossenen Kollektiv (Abbildung 7). Das Durchschnittsalter betrug 70,5 Jahre ($\pm 13,2$) (Tabelle 6).

Tabelle 6:
Epidemiologie der konservativ versorgten Patienten

	Gesamt	Isolierte Fraktur Tuberculum majus/minus	Subcapitale Humerus- frakturen	3-Part- Frakturen	Höhergradige Frakturen
Anzahl Patienten	96	25	24	32	15
Mittelwert Patientenalter	70,5 (±13,2)	65,2 (±12,4)	77,5 (±11,8)	71,5 (±13,2)	66 (±12)
Min; Max	43; 102	44; 85	58; 96	44; 102	43; 87
Geschlechter- verteilung weiblich:männlich % weiblich	76:20 79,2 %	17:8 68 %	20:4 83,3 %	26:6 81,3 %	13:2 86,7 %

Die 3-Part-Fraktur war mit 33,3 % die häufigste konservativ versorgte Frakturform im Kollektiv (Abbildung 11).

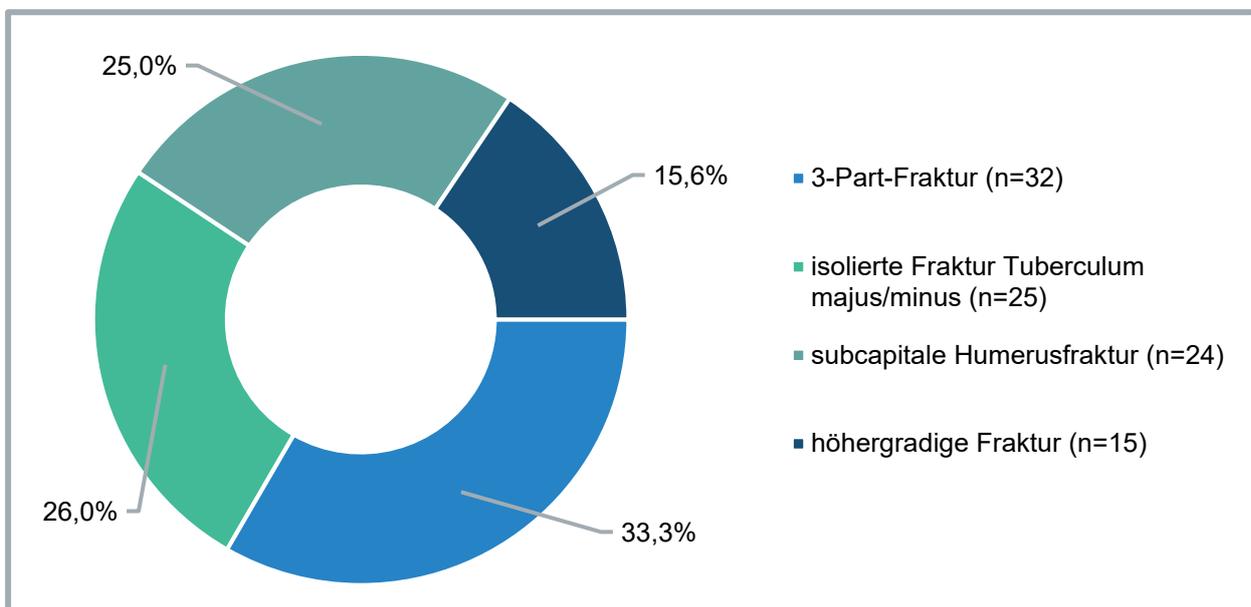


Abbildung 11: Zugrundeliegende Frakturmorphologien bei konservativer Therapie.
Summe ungleich 100% aufgrund des Rundungsphänomens

3.2.1.1 Folgeoperationen nach primär konservativer Therapie

In der Gruppe der konservativ versorgten Patienten wurden n=13 (13,5 %) Verfahrenswechsel (37,1 % aller Verfahrenswechsel) und acht Revisionseingriffe (8,3 %) durchgeführt, davon n=4 nach konservativer Behandlung und n=4 nach bereits erfolgtem Verfahrenswechsel aufgrund von Therapieversagen (Tabelle 7).

Tabelle 7:
Folgeoperationen bei konservativ versorgten Patienten

	Verfahrenswechsel	Revision
Anzahl Gesamt	13	8
Isolierte Fraktur Tuberculum majus/minus	1	2
Subcapitale Humerusfraktur	6	1
3-Part-Fraktur	4	4
Höhergradige Fraktur	2	1

Ursächlich für die Verfahrenswechsel war in zwölf Fällen eine sekundäre oder zunehmende Fragmentdislokation, ein Patient erhielt einen Verfahrenswechsel aufgrund persistierender Schmerzen. Die Wahl der Sekundärtherapie erfolgte in Abhängigkeit der zugrundeliegenden Frakturmorphologie (Abbildung 12).

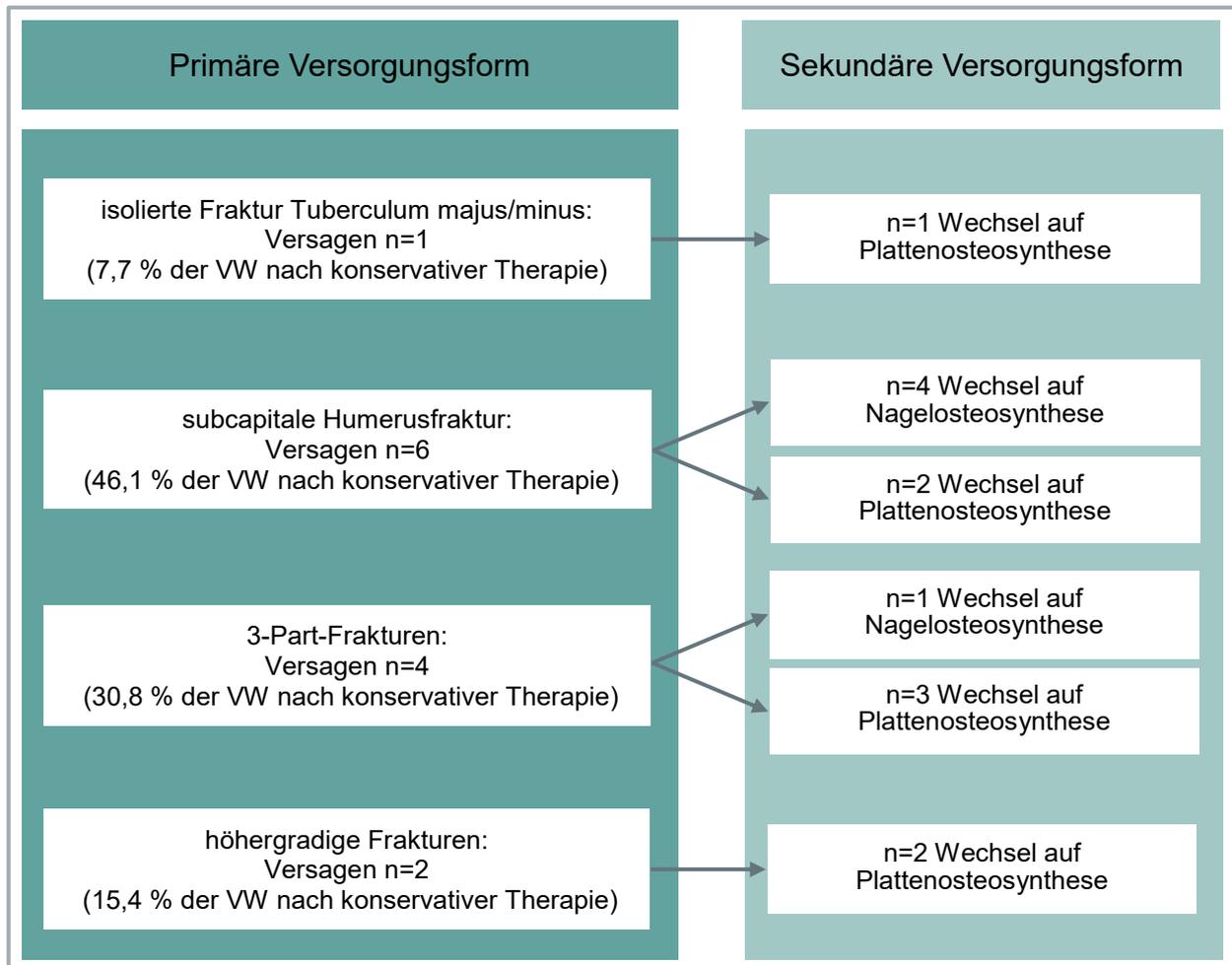


Abbildung 12: Auswertung der Verfahrenswechsel nach konservativer Therapie.

Die acht Revisionseingriffe unterschieden sich in Eingriffe nach erfolgtem Verfahrenswechsel (n=4, Wechsel jeweils auf Plattenosteosynthese) sowie ohne erfolgten Verfahrenswechsel (n=4). Die Eingriffe nach VW erfolgten als

- Materialentfernung (ME) und Arthrolyse aufgrund von Bewegungseinschränkungen (n=2)
- ME und Arthrolyse aufgrund einer verheilten Fraktursituation (n=1)
- Materialentfernung mit Re-Osteosynthese bei Humerusschaftfraktur (n=1).

Die Revisionseingriffe ohne erfolgten Verfahrenswechsel waren

- Arthroskopie aufgrund posttraumatischer Schultersteife (n=2)
- Knochenfragmententfernung (n=1)
- Subacromiale Dekompression aufgrund persistierender Schmerzen (n=1).

3.2.2 Nagelosteosynthese

Die Versorgung mittels Nagelosteosynthese wurde im untersuchten Kollektiv und Zeitraum bei 10,6 % der eingeschlossenen Patienten durchgeführt (n=45) (Abbildung 7). Das Durchschnittsalter in diesem Kollektiv lag bei 74 Jahren ($\pm 13,4$), die häufigste Frakturform bei der Nagelosteosynthese war die subcapitale Fraktur (Abbildung 13, Tabelle 8).

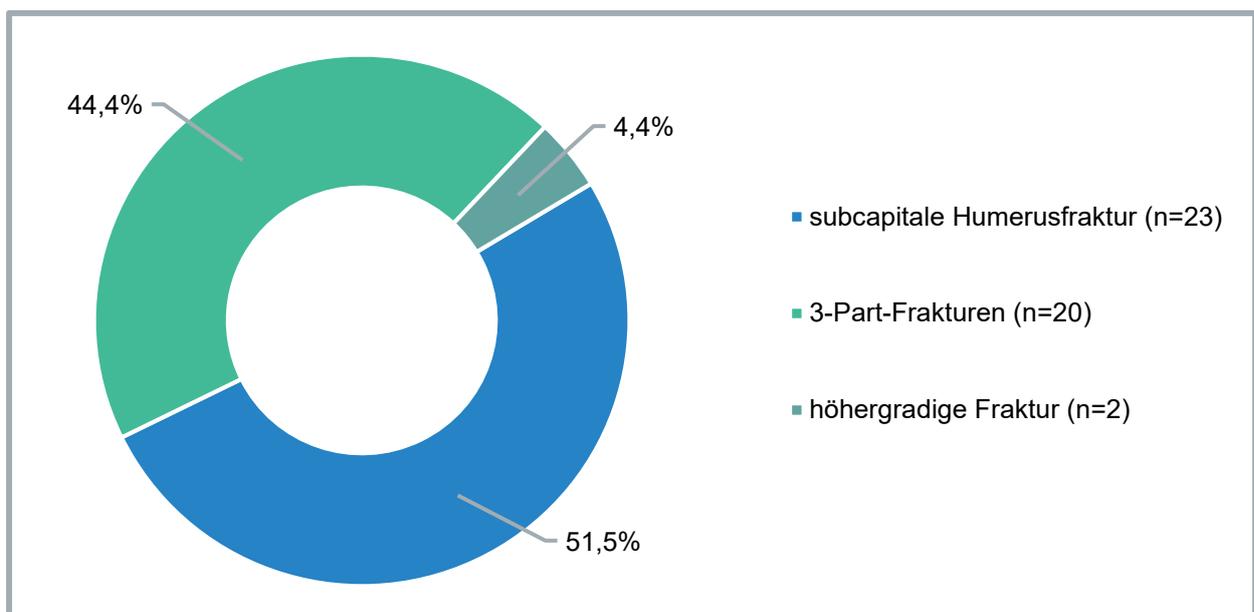


Abbildung 13: Zugrundeliegende Frakturmorphologien bei Nagelosteosynthese.

Tabelle 8:
Epidemiologie der mit Nagelosteosynthese versorgten Patienten

	Gesamt	Subcapitale Humerus- frakturen	3-Part-Frakturen	Höhergradige Frakturen
Anzahl Patienten	45	23	20	2
Mittelwert Patientenalter	74 (±13,4)	73,8 (±15,8)	73,2 (±10,6)	83,5 (±2,1)
Min; Max	31; 92	31; 92	45; 90	82; 85
Geschlechter- verteilung weiblich:männlich % weiblich	32:13 71,1 %	18:5 78,3 %	12:8 60 %	2:0 100 %

3.2.2.1 Folgeoperationen nach primärer Nagelosteosynthese

In der Gruppe der nagelosteosynthetisch versorgten Patienten mussten n=3 (6,7 %) Verfahrenswechsel (8,6 % aller Verfahrenswechsel) und acht Revisionseingriffe durchgeführt werden (Tabelle 9).

Tabelle 9:
Folgeoperationen bei nagelosteosynthetisch versorgten Patienten

	Verfahrenswechsel	Revision
Anzahl Gesamt	3	8
Subcapitale Humerusfraktur	1	4
3-Part-Fraktur	1	4
Höhergradige Fraktur	1	-

Für die Verfahrenswechsel war zweimal eine Materialfehlage oder -dislokation ursächlich, einmal wurde eine Fragmentdislokation dokumentiert. Nach subcapitaler

Humerusfraktur (n=1) wurde auf eine Plattenosteosynthese, nach 3-Part-Fraktur (n=1) bzw. höhergradiger Fraktur (n=1) auf die inverse Prothese gewechselt.

Alle acht Revisionseingriffe erfolgten ohne vorherigen Verfahrenswechsel. Die durchgeführten Revisionseingriffe waren

- ME bei Bewegungseinschränkungen / Restbeschwerden (n=6, darunter Teil-ME n=1)
- Infektrevision (n=1)
- Re-Osteosynthese bei Dislokation (n=1).

3.2.3 Plattenosteosynthese

Die plattenosteosynthetische Versorgung war mit 49,9 % (n=211) die häufigste Therapieform im eingeschlossenen Kollektiv (Abbildung 7). Mit einem Durchschnittsalter von 64,4 Jahren ($\pm 14,3$) handelte es sich dabei um die im Vergleich der Versorgungsformen jüngste Gruppe (Tabelle 10, Anhang 2: Übersicht).

Tabelle 10: Epidemiologie der plattenosteosynthetisch versorgten Patienten					
	Gesamt	Isolierte Fraktur Tuberculum majus/minus	Subcapitale Humerus- fraktur	3-Part- Frakturen	Höhergradige Fraktur
Anzahl Patienten	211	4	11	119	77
Mittelwert Patientenalter	64,4 ($\pm 14,3$)	67,3 ($\pm 5,9$)	56,5 ($\pm 13,8$)	66,2 ($\pm 13,9$)	67,3 ($\pm 14,1$)
Min; Max	28; 92	59; 73	32; 75	28; 92	28; 91
Geschlechter- verteilung weiblich:männlich % weiblich	148:63 70,1 %	4:0 100 %	7:4 63,4 %	89:30 74,8 %	48:29 62,3 %

Mit 56,4 % stellte die 3-Part-Fraktur die häufigste Frakturmorphologie bei dieser Versorgungsform dar, gefolgt von den höhergradigen Frakturen (36,5 %) (Abbildung 14).

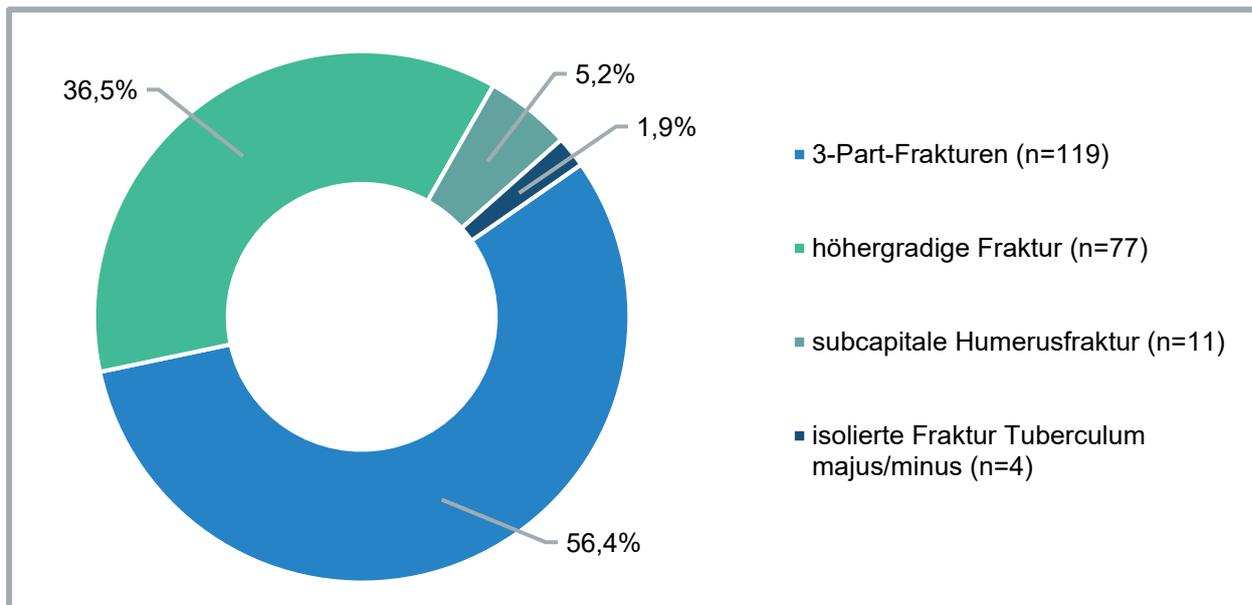


Abbildung 14: Zugrundeliegende Frakturmorphologien bei Plattenosteosynthese.

3.2.3.1 Folgeoperationen nach primärer Plattenosteosynthese

In der Gruppe der mit Plattenosteosynthese versorgten Patienten mussten n=15 (7,1 %) Verfahrenswechsel, entsprechend 42,9 % aller Verfahrenswechsel, und 47 Revisions-eingriffe durchgeführt werden (Tabelle 11).

Tabelle 11:
Folgeoperationen bei plattenosteosynthetisch versorgten Patienten

	Verfahrenswechsel	Revision
Anzahl Gesamt	15	47
Isolierte Fraktur Tuberculum majus/minus	-	2
Subcapitale Humerusfraktur	1	2
3-Part-Fraktur	7	19
Höhergradige Fraktur	7	24

Ursächlich für die Verfahrenswechsel waren

- Materialdislokationen (n=5)
- in Fehllage verheilte Fraktursituationen (n=3)
- persistierende Schmerzen und Bewegungseinschränkungen (n=2)

- Implantatversagen (n=2)
- Humeruskopfnekrose (n=1)
- sekundäre Dislokation (n=1)
- sekundäre Dekompensation (n=1).

Die Wahl der Sekundärtherapie erfolgte in Abhängigkeit der zugrundeliegenden Frakturmorphologie (Abbildung 15).

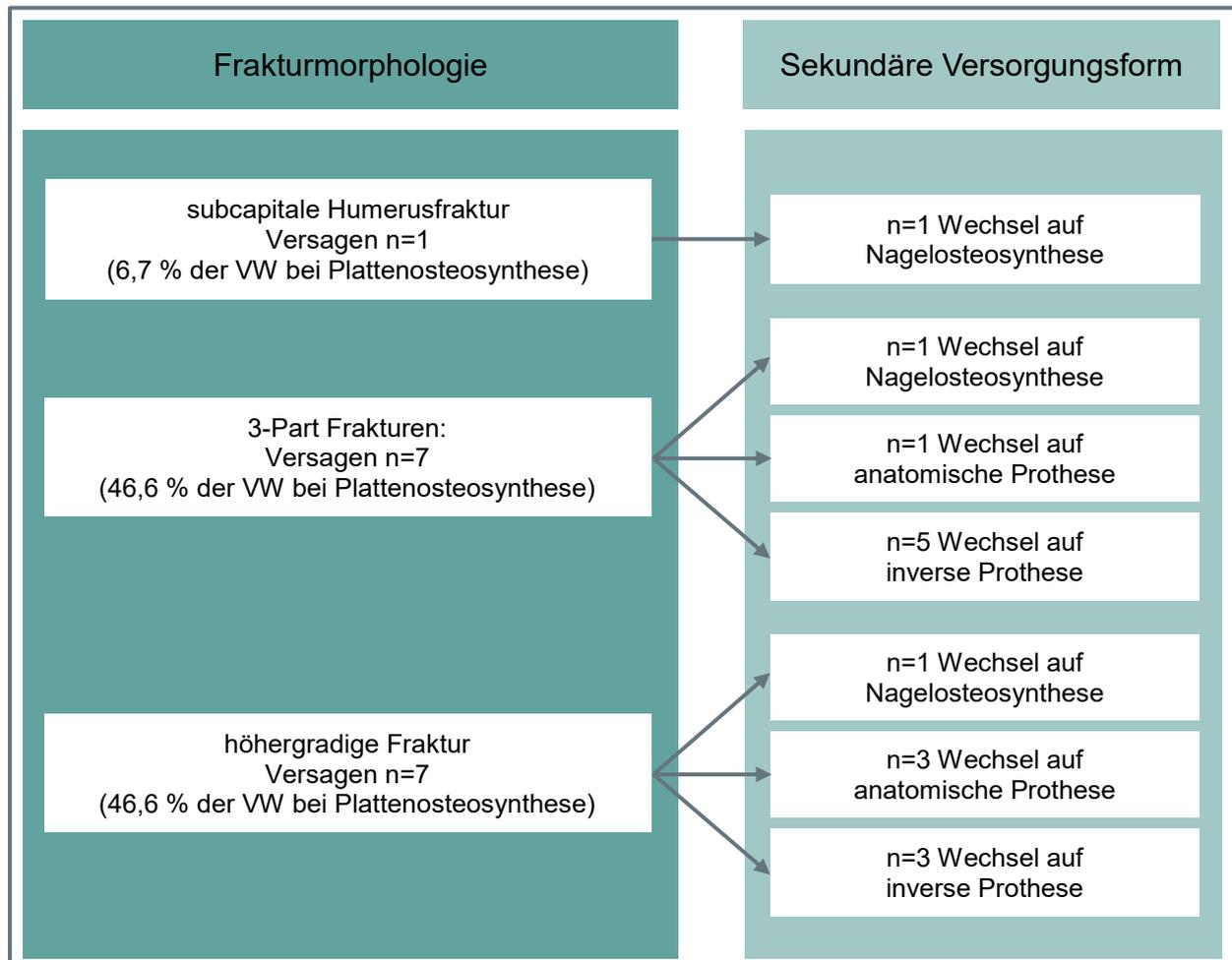


Abbildung 15: Auswertung der Verfahrenswechsel nach Plattenosteosynthese.

Bei drei Patienten mit Revisionseingriff wurde zusätzlich ein Verfahrenswechsel durchgeführt (n=2 mit Revisionseingriff vor dem Verfahrenswechsel und n=1 mit Revisionseingriff nach bereits erfolgtem Verfahrenswechsel):

- ME aufgrund von Schultersteife vor Wechsel auf anatomische Prothese (n=1)
- ME wegen Schraubenüberstand vor Wechsel auf prothetische Versorgung (n=1)
- ME auf Patientenwunsch nach Wechsel auf Nagelosteosynthese (n=1).

Bei weiteren 44 Patienten erfolgte mindestens ein Revisionseingriff (insgesamt 47 Eingriffe) ohne zusätzlichen Verfahrenswechsel.

- Materialentfernungen n=35
 - bei Bewegungseinschränkungen n=20
 - auf Patientenwunsch n=7
 - aufgrund von Schraubenüberstand n=5
 - bei Fragmentdislokation n=1
 - ME und Knochenfragmententfernung n=1
 - bei Frakturdekompensation n=1
- Re-Osteosynthese n=4
- Infektrevision n=2
- Hämatomausräumung n=2
- Knochenfragmententfernung n=1.

3.2.4 Anatomische Prothese

Die Versorgung mit anatomischer Prothese bildete mit 6,9 % (n=29) das kleinste Versorgungskollektiv (Abbildung 7). Das Durchschnittsalter betrug 64,7 Jahre ($\pm 9,2$) (Tabelle 12). Neun von zehn anatomische Prothesen (89,7 %) wurden bei höhergradiger Fraktur implantiert (Abbildung 16, Tabelle 12).

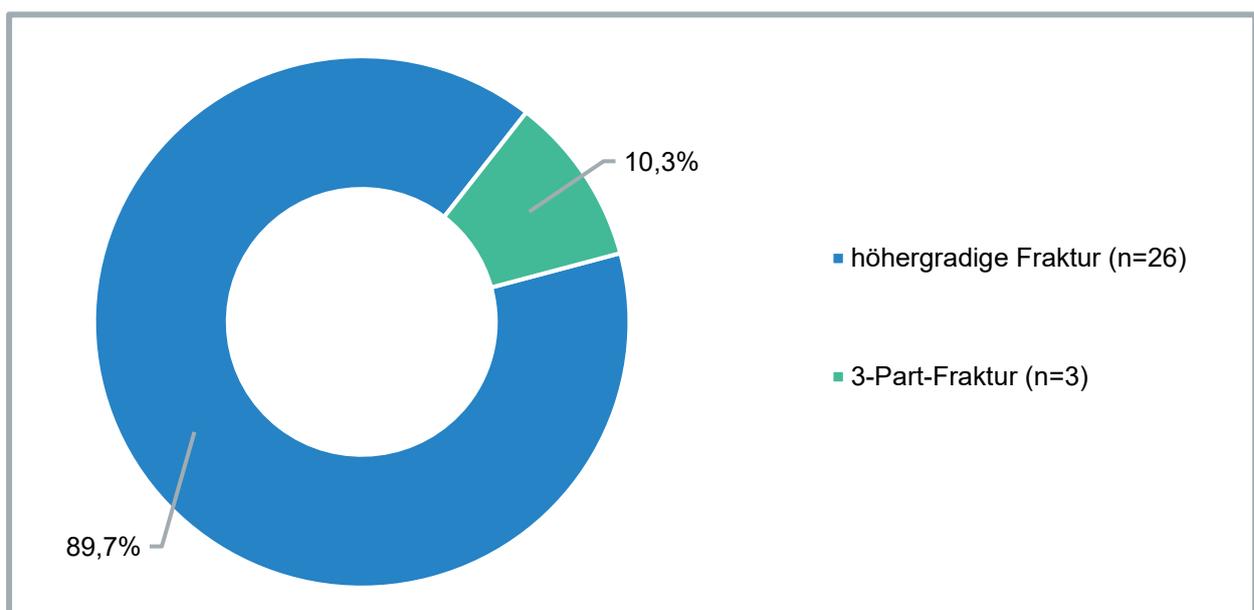


Abbildung 16: Zugrundeliegende Frakturmorphologien bei anatomischer Prothese.

Tabelle 12:
Epidemiologie der mit anatomischer Prothese versorgten Patienten

	Gesamt	3-Part-Frakturen	Höhergradige Frakturen
Anzahl Patienten	29	3	26
Mittelwert Patientenalter	64,7 (±9,2)	66,7 (±7,5)	73 (±10,8)
Min; Max	43; 84	58; 71	43; 84
Geschlechter- verteilung weiblich:männlich % weiblich	19:10 65,5 %	3:0 100 %	16:10 61,5 %

3.2.4.1 Folgeoperationen nach primärer anatomischer Prothese

Ein Verfahrenswechsel musste in n=4 (13,8 %) Fällen durchgeführt werden. Es handelt sich um die Versorgungform mit den prozentual meisten Verfahrenswechseln, die Sekundärtherapie war jeweils die inverse Prothese. Darüber hinaus zeigten sich vier Revisionseingriffe. Alle dieser Folgeoperationen lagen bei höhergradigen Frakturen vor.

Unter den vier Patienten (n=5 Eingriffe; 1,25 Eingriffe pro Patient) mit Revisionseingriffen findet sich ein Patient, der zuvor einen Verfahrenswechsel auf eine inverse Prothese erhielt. Im Rahmen des Revisionseingriffes erfolgte ein Inlaywechsel aufgrund einer Luxation. Die weiteren drei Patienten mit Revisionseingriff unterzogen sich

- einer Infektrevision n=2
- einer Entfernung von Cable Wire n=1.

3.2.5 Inverse Prothese

Die Versorgung mit inverser Prothese umfasste 9,9 % (n=42) der Versorgungsformen, es handelte sich um das älteste Patientenkollektiv (Durchschnittsalter 78,9 Jahre (±9);

Abbildung 7, Tabelle 13, Anhang 2: Übersicht). Die höhergradigen Frakturen stellten mit 90,5 % das deutlich größte Kollektiv dar, 3-Part-Frakturen machten 9,5 % aus (Abbildung 17, Tabelle 13). Die Verteilung auf die Frakturformen ist somit bei den Formen der prothetischen Versorgung vergleichbar.

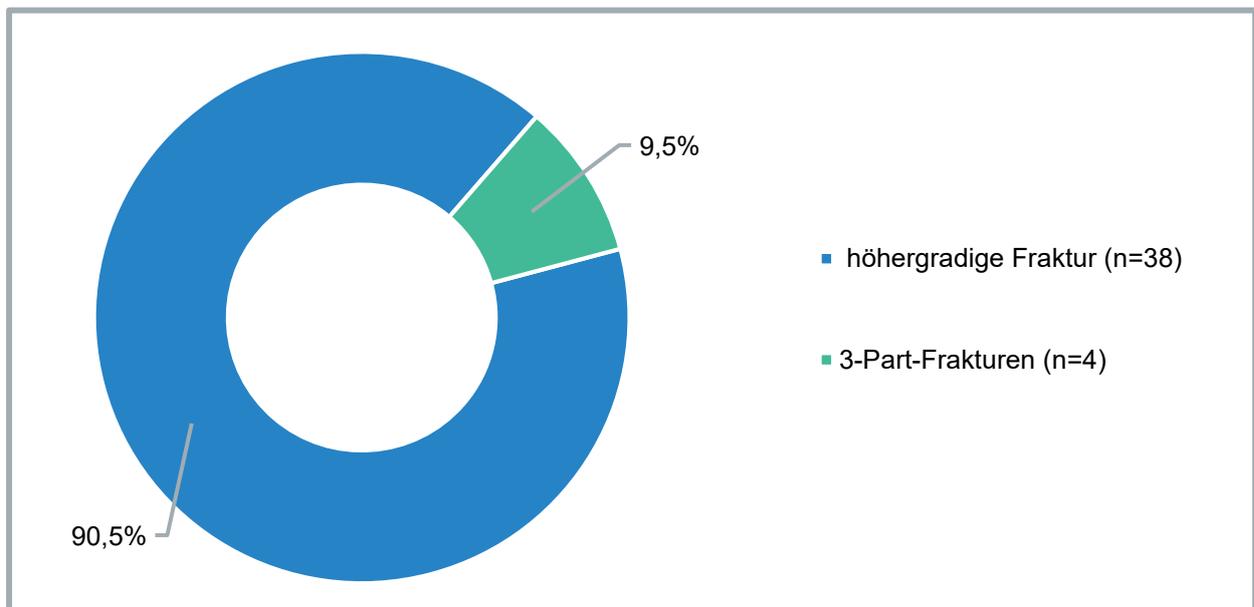


Abbildung 17: Zugrundeliegende Frakturmorphologien bei inverser Prothese.

Tabelle 13:
Epidemiologie der mit inverser Prothese versorgten Patienten

	Gesamt	3-Part-Frakturen	Höhergradige Frakturen
Anzahl Patienten	42	4	38
Mittelwert Patientenalter	78,9 (±7)	78 (±6,3)	78,8 (±7,1)
Min; Max	62; 95	74; 87	62; 95
Geschlechter- verteilung weiblich:männlich % weiblich	37:5 88,1 %	4:0 100 %	33:5 86,8 %

Im Kollektiv fanden sich keine Verfahrenswechsel, jedoch fünf Revisionseingriffe jeweils bei zugrundeliegenden höhergradigen Frakturen.

Die Revisionseingriffe an fünf Patienten erfolgten als

- Hämatomausräumung n=2
- Inlaywechsel bei Luxation n=2
- Infektrevision n=1.

3.3 Auswertung der Fragebögen

Bei 213 Patienten konnte ein vollständig ausgefüllter Fragebogen ausgewertet werden, in diesem Teilkollektiv erfolgten insgesamt zwölf (5,6 %) Verfahrenswechsel und 32 (15 %) Revisionsoperationen.

3.3.1 Kollektivvergleich: Gesamtkollektiv und Teilgruppe mit ausgewertetem Fragebogen

Eine direkte Gegenüberstellung des Gesamtkollektivs und des Patientenkollektivs mit ausgewertetem Fragebogen zeigt trotz gewisser Unterschiede eine epidemiologische Ähnlichkeit der Kollektive. Es können somit Rückschlüsse des Teilkollektivs auf das Gesamtkollektiv gezogen werden können (Tabelle 14).

Tabelle 14: Kollektivgegenüberstellung: Gesamtkollektiv und Kollektiv mit ausgewertetem Fragebogen		
	Kollektiv mit ausgewertetem Fragebogen	Gesamtkollektiv
Anzahl Patienten	213 (50,4 % des Gesamtkollektivs)	423
Mittelwert Patientenalter	66,34 ($\pm 12,47$)	68,3 (± 14)
Min; Max	28; 95	28; 102
Geschlechterverteilung weiblich:männlich % weiblich	166:47 77,9 %	312:111 73,8 %
Verfahrenswechsel	n=12 (5,6 % der Patienten mit ausgefülltem Fragebogen)	n=35 (8,3 % des Gesamtkollektivs)
Revisionsrate	n=32 (15 % der Patienten mit ausgefülltem Fragebogen)	n=72 (17 % des Gesamtkollektivs)

3.3.1.1 Vergleich der Versorgungsmodalitäten

Die Analyse der angewandten Versorgungsformen bei den Patienten mit beantwortetem Fragebogen zeigt, vergleichbar mit der Verteilung im Gesamtkollektiv, dass die Plattenosteosynthese die häufigste Therapieform war.

Die graphische Darstellung der prozentualen Aufteilung im postalisch befragten Kollektiv zeigt auch hier die Dominanz der Plattenosteosynthese (Abbildung 18), sowie die Vergleichbarkeit mit dem Gesamtkollektiv (Abbildung 19).

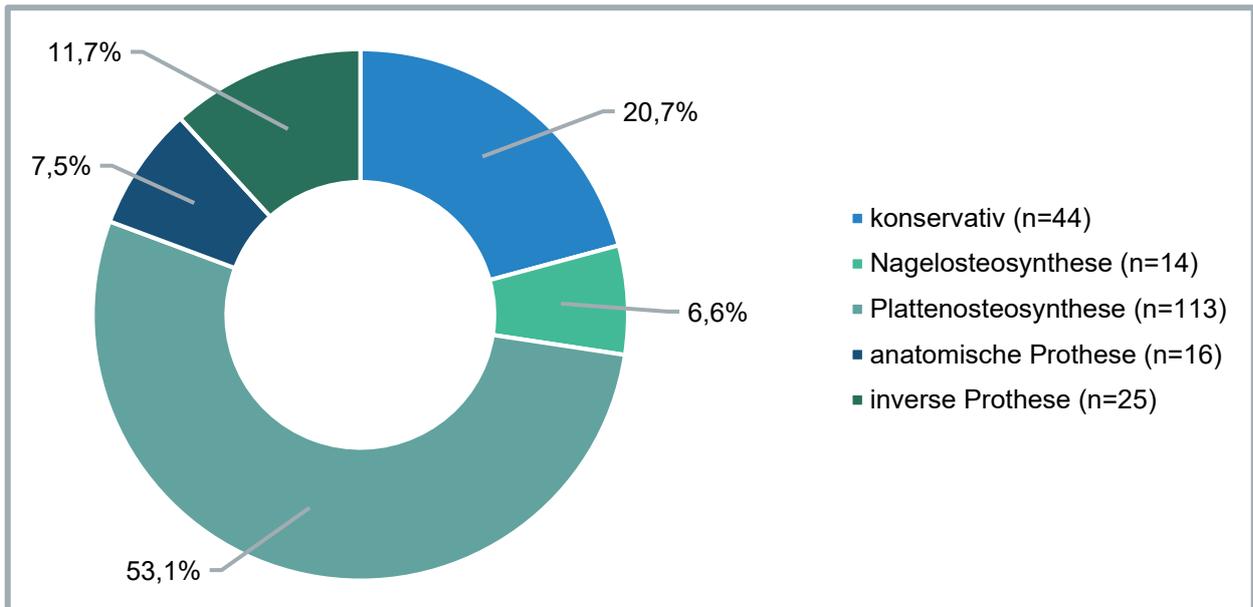


Abbildung 18: Primäre Versorgungsformen bei postalisch befragten Patienten.
Summe ungleich 100% aufgrund des Rundungsphänomens

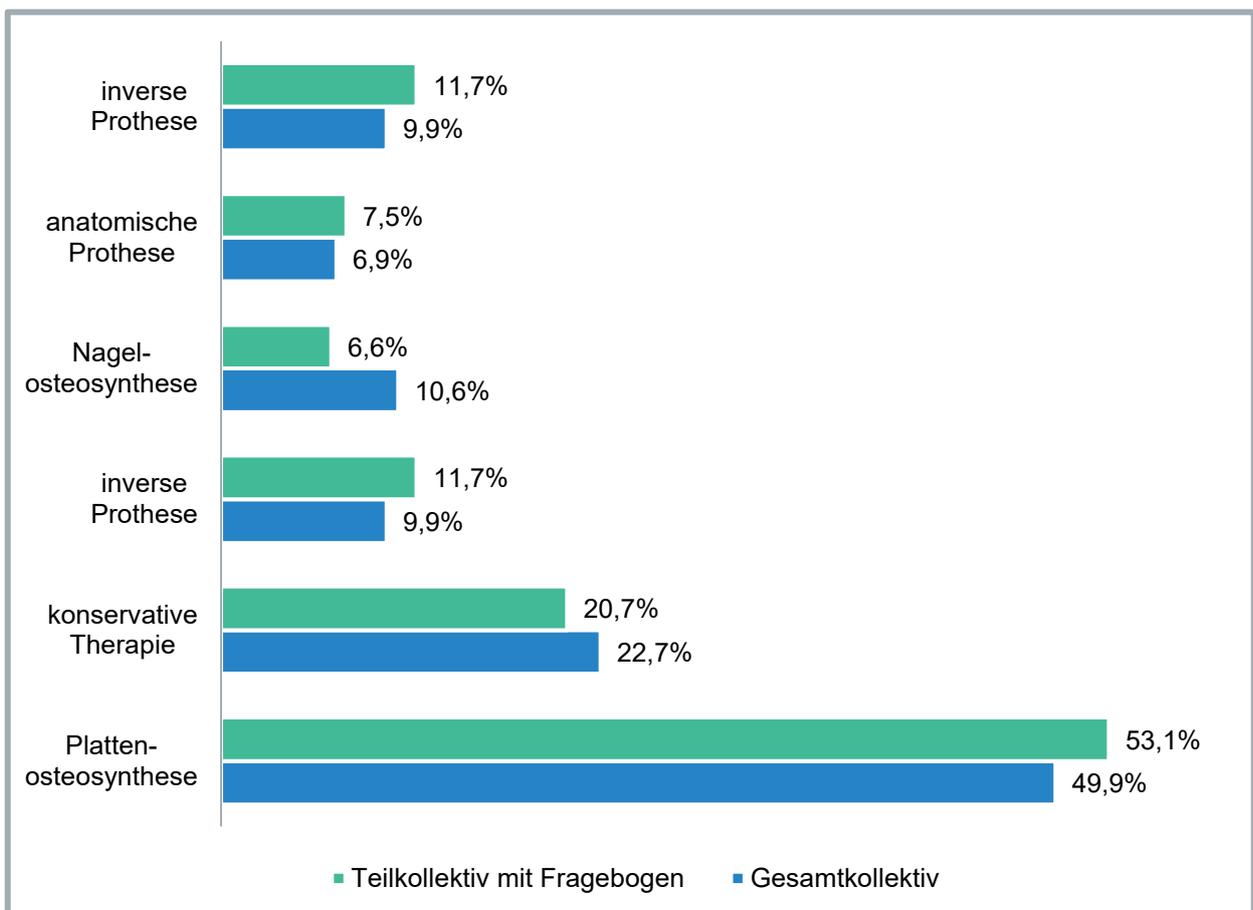


Abbildung 19: Verteilung der Versorgungsformen im Gesamtkollektiv und im Teilkollektiv mit ausgewertetem Fragebogen.
Summe ungleich 100% aufgrund des Rundungsphänomens

3.3.1.2 Vergleich der Frakturmorphologien

Ähnlich der Unterschiede im Vergleich der Versorgungsmodalitäten zeigten sich beim Vergleich der Frakturmorphologien nur kleine Unterschiede zwischen den Kollektiven (Abbildung 20).

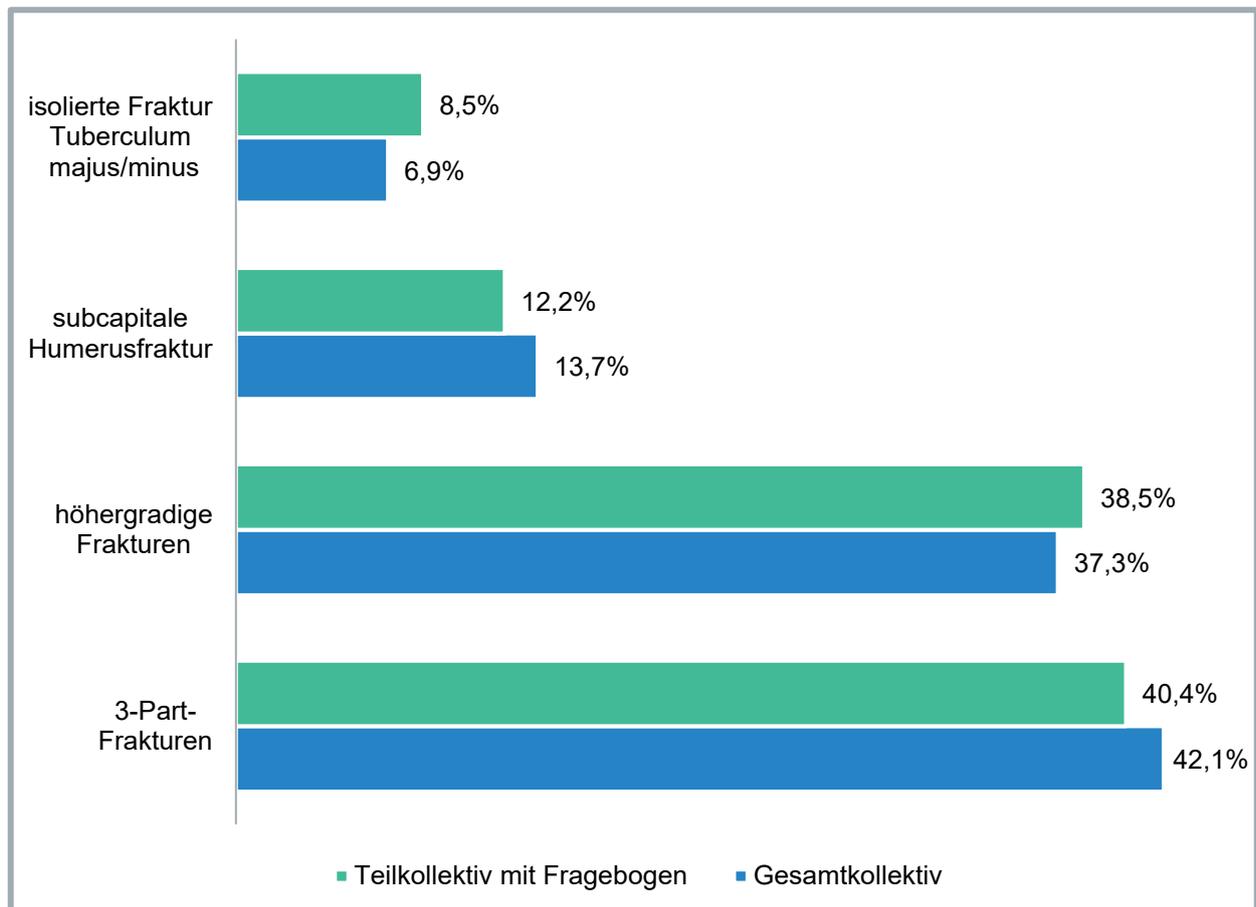


Abbildung 20: Frakturformen im Vergleich: Gesamtkollektiv und Patientenkollektiv mit ausgewertetem Fragebogen.

Summe ungleich 100% aufgrund des Rundungsphänomens

3.3.2 Statische Vergleichbarkeit der Teilkollektive mit und ohne Erfassung des funktionellen Ergebnisses

Im Gesamtkollektiv fanden sich 213 Patienten mit, und 210 Patienten ohne funktionelles Ergebnis. Hinsichtlich Alter ($p=0,86$), Geschlecht ($p=0,28$), Frakturmorphologie und Verteilung der Versorgungsform ($p>0,1$) sowie der Häufigkeit von Therapieversagen mit

Verfahrenswechsel ($p=0,26$) und Häufigkeit von Revisionsoperationen ($p=0,49$) zeigten sich in den beiden Teilkollektiven keine signifikanten Unterschiede.

3.3.3 Klinische Ergebnisse

Die klinischen Ergebnisse der Patienten wurden anhand des Constant Score und des Simple Shoulder Test (SST) gemessen (Tabelle 15). Beide Scores errechneten sich aus den durch Patienten gemachten Angaben im Fragebogen (Anhang 2: Fragebogen).

Tabelle 15:
Übersicht über klinische Ergebnisse der Patienten mit beantwortetem Fragebogen

	SST	CS absolut betroffene Seite	Adaptierter CS betroffene Seite	CS Gegenseite	Adaptierter CS Gegenseite
Mittelwert	7,9	58	68,8 %	79,3	94,2 %

SST = Simple Shoulder Test

CS = Constant Score

3.3.3.1 Constant Score

Für den Constant Score wurden absolute sowie geschlechts- und altersadaptierte Werte berechnet und in Abhängigkeit der Versorgungsform und jeweils im Vergleich zur Gegenseite dargestellt (Abbildung 21, Abbildung 22).

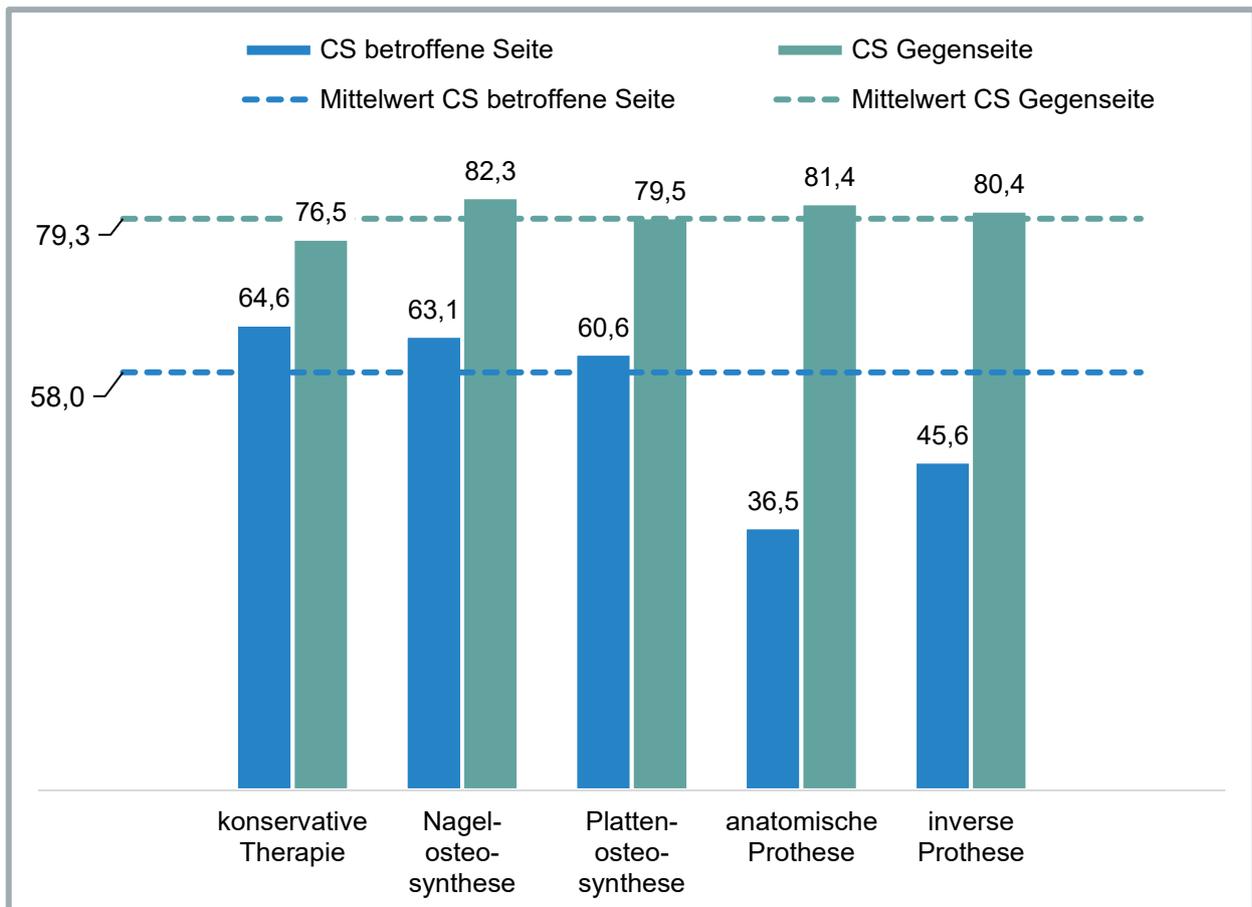


Abbildung 21: absoluter Constant Score der betroffenen sowie der Gegenseite im Vergleich der Versorgungsformen.

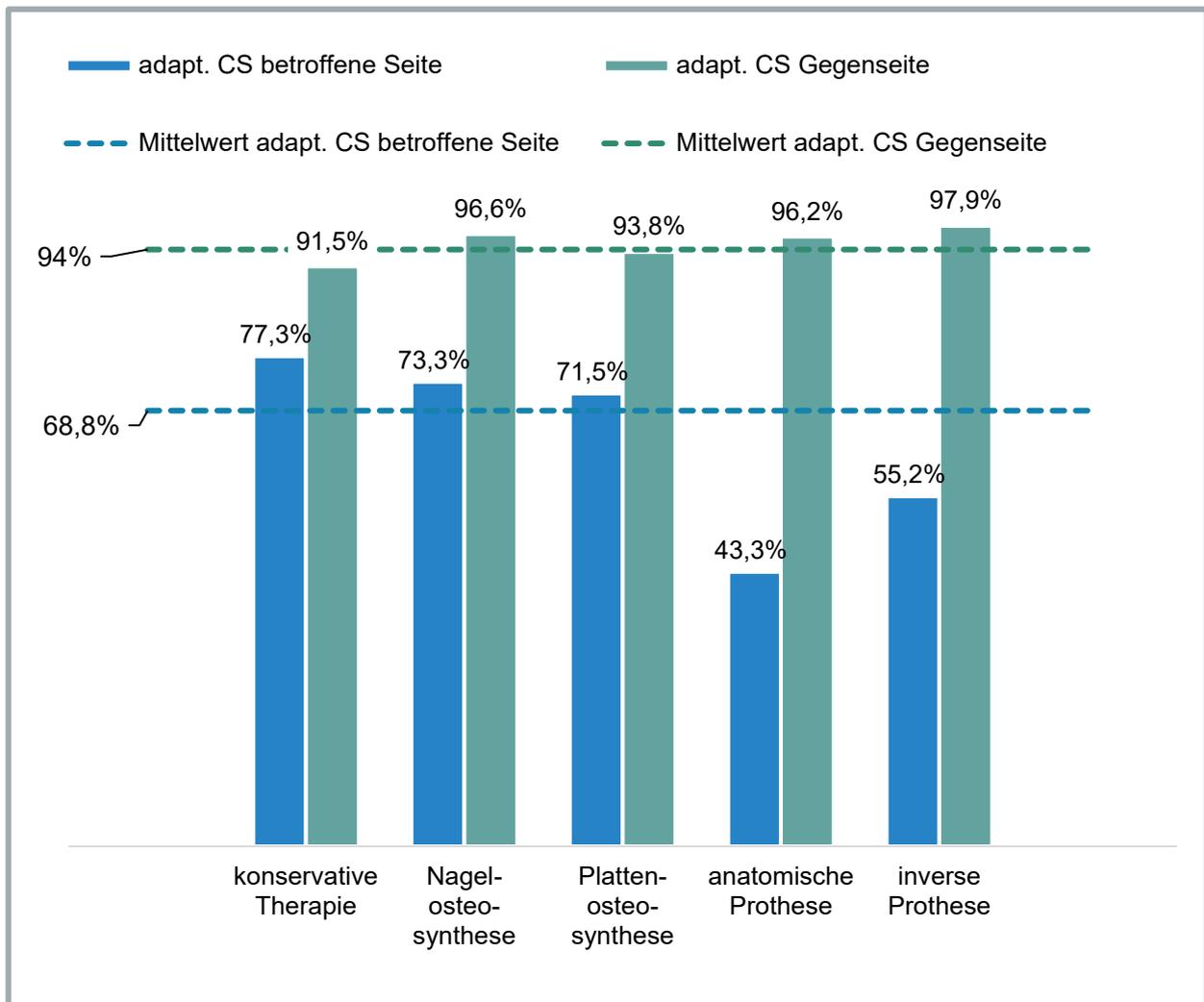


Abbildung 22: adaptierter Constant Score der betroffenen sowie der Gegenseite im Vergleich der Versorgungsformen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die besten Funktionsergebnisse bei konservativer sowie osteosynthetischer Frakturversorgung erzielt wurden. Die Prothetik schneidet insgesamt deutlich schlechter ab. Der Vergleich zur nichtbetroffenen Schulter zeigt im absoluten wie adaptierten CS ein geringfügig schlechteres Ergebnis.

Patienten mit operativem Folgeeingriff nach der Primärtherapie (n=40) hatten einen signifikant niedrigeren Constant Score (43.5 ± 24.8) als Patienten ohne operativen Folgeeingriff (n=173; Constant Score 61.3 ± 21.1 ; $p < 0.0001$).

3.3.3.2 Simple Shoulder Test

Die grafische Darstellung der Ergebnisse des SST (auf Basis der ausgewerteten Fragebögen) stellt die Unterschiede zwischen den zugrundeliegenden Versorgungsformen dar (Abbildung 23). Der maximal erreichbare Wert im SST ist 12 Punkte. Es wird deutlich, dass der Mittelwert bei der anatomischen Prothese mit 5,13 Punkten 34,7 % unterhalb des Gesamt-Mittelwertes lag.

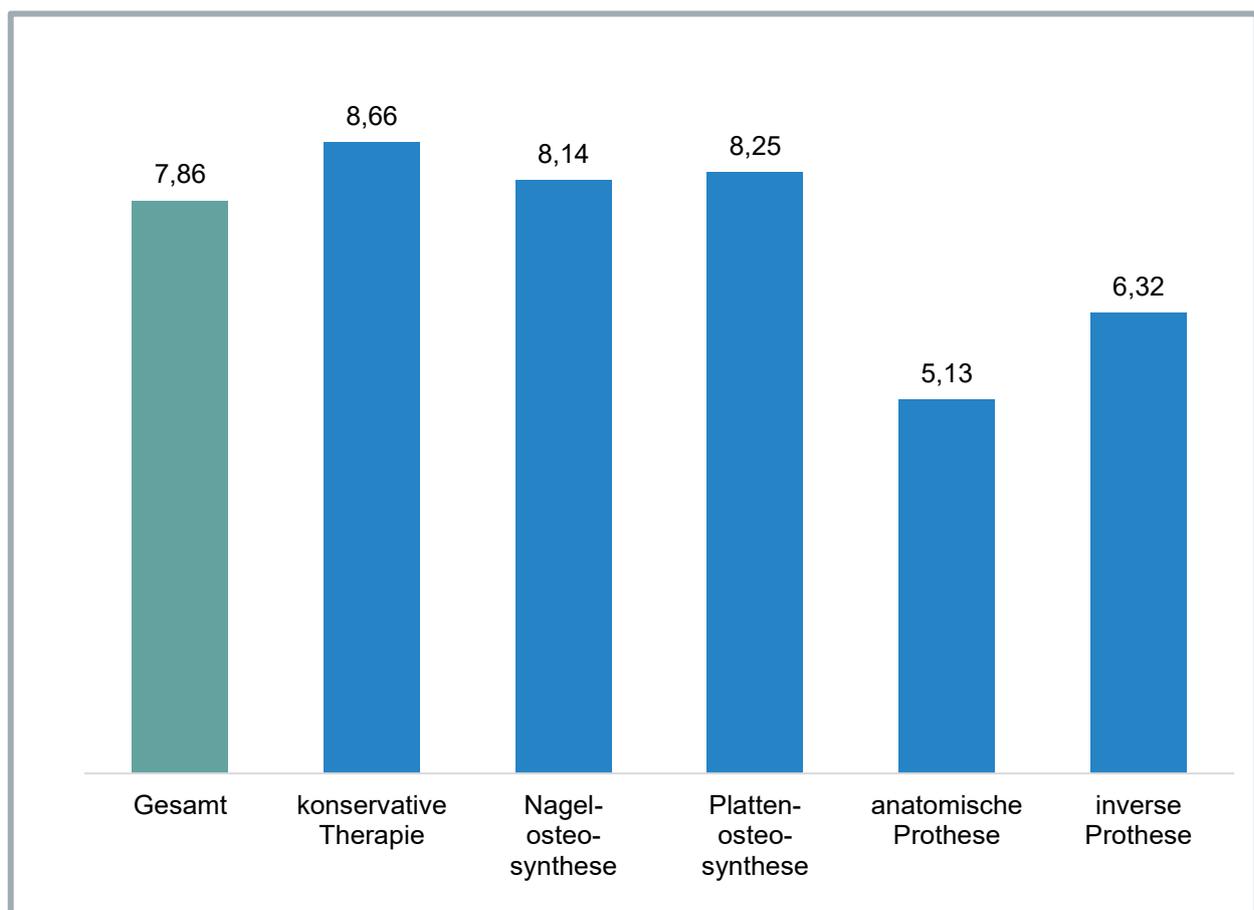


Abbildung 23: Ergebnisse des Simple Shoulder Tests nach Versorgungsformen.

Insgesamt wird deutlich, dass konservative und rekonstruktive Verfahren bessere funktionelle Ergebnisse zeigen, als die prothetische Versorgung (Anhang 5: Klinisches Ergebnis und Versorgungsform).

3.4 Zusammenhang zwischen der Wahl des Therapieverfahrens und der Rate an Folgeoperationen

Statistisch ließ sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Primärtherapie und einer gehäuften Rate an im Verlauf benötigten Folgeoperationen (Abbildung 24) nachweisen ($p=0,161$).

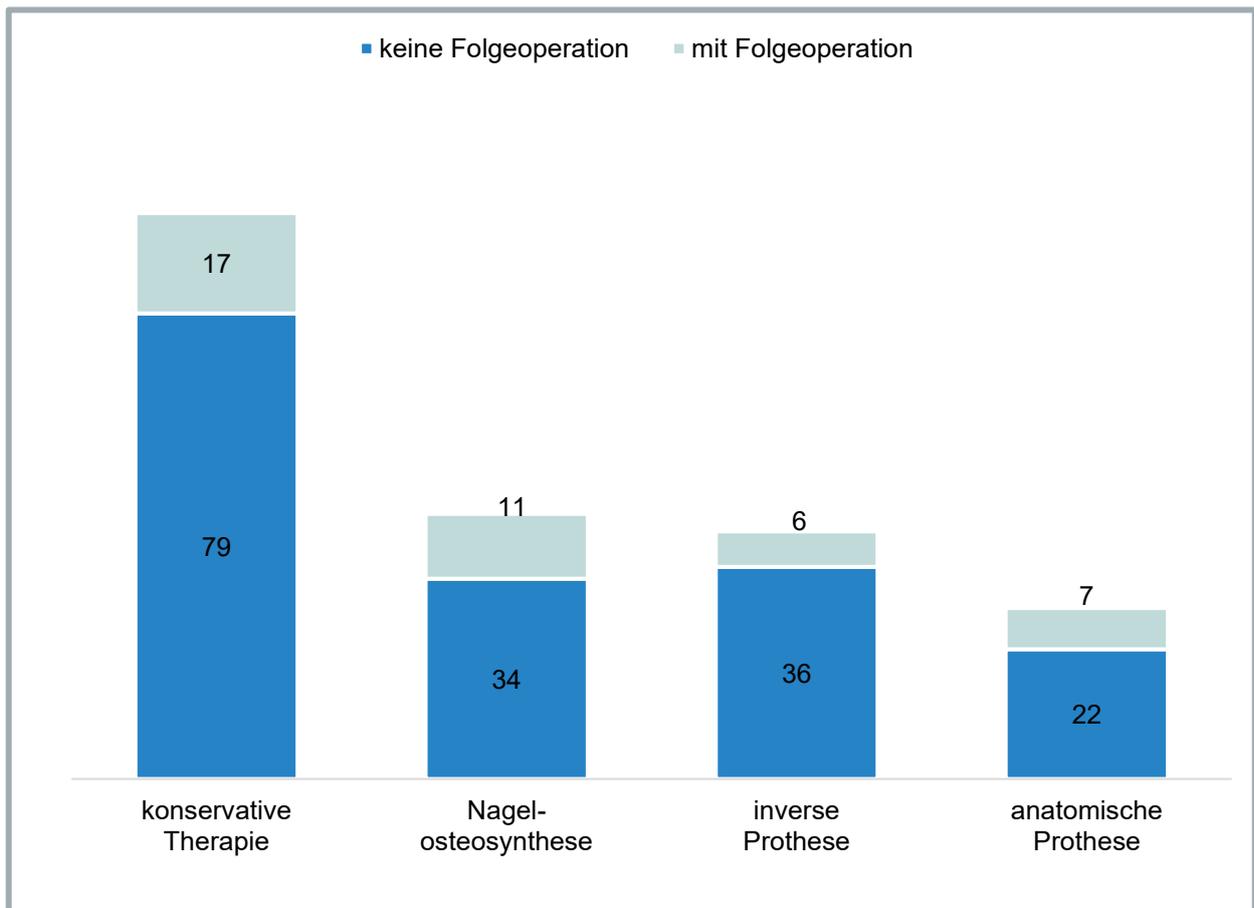


Abbildung 24: absolute Anzahl der Patienten mit und ohne Folgeoperation in Abhängigkeit der Primärtherapie.

3.5 Korrelation zwischen Frakturmorphologie und der Rate an Folgeeingriffen

Die absolute Anzahl der Revisionseingriffe sowie der Verfahrenswechsel stiegen mit der Komplexität der Fraktur (Abbildung 25). Eine signifikante ordinale Assoziation zwischen der Frakturkomplexität (gemessen an der Anzahl der Fragmente) und der Notwendigkeit

für eine chirurgische Intervention ($p=0,057$) konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Dies bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit für eine chirurgische Intervention nicht kontinuierlich mit der Anzahl der Frakturfragmente stieg. Allerdings zeigte sich bei der Auswertung der zwei häufigsten Frakturtypen (3-Part-Fraktur und höhergradige Frakturen), dass die Wahrscheinlichkeit für eine Folgeoperation bei höhergradiger Fraktur signifikant höher war als bei 3-Segment Frakturen ($p=0,048$).

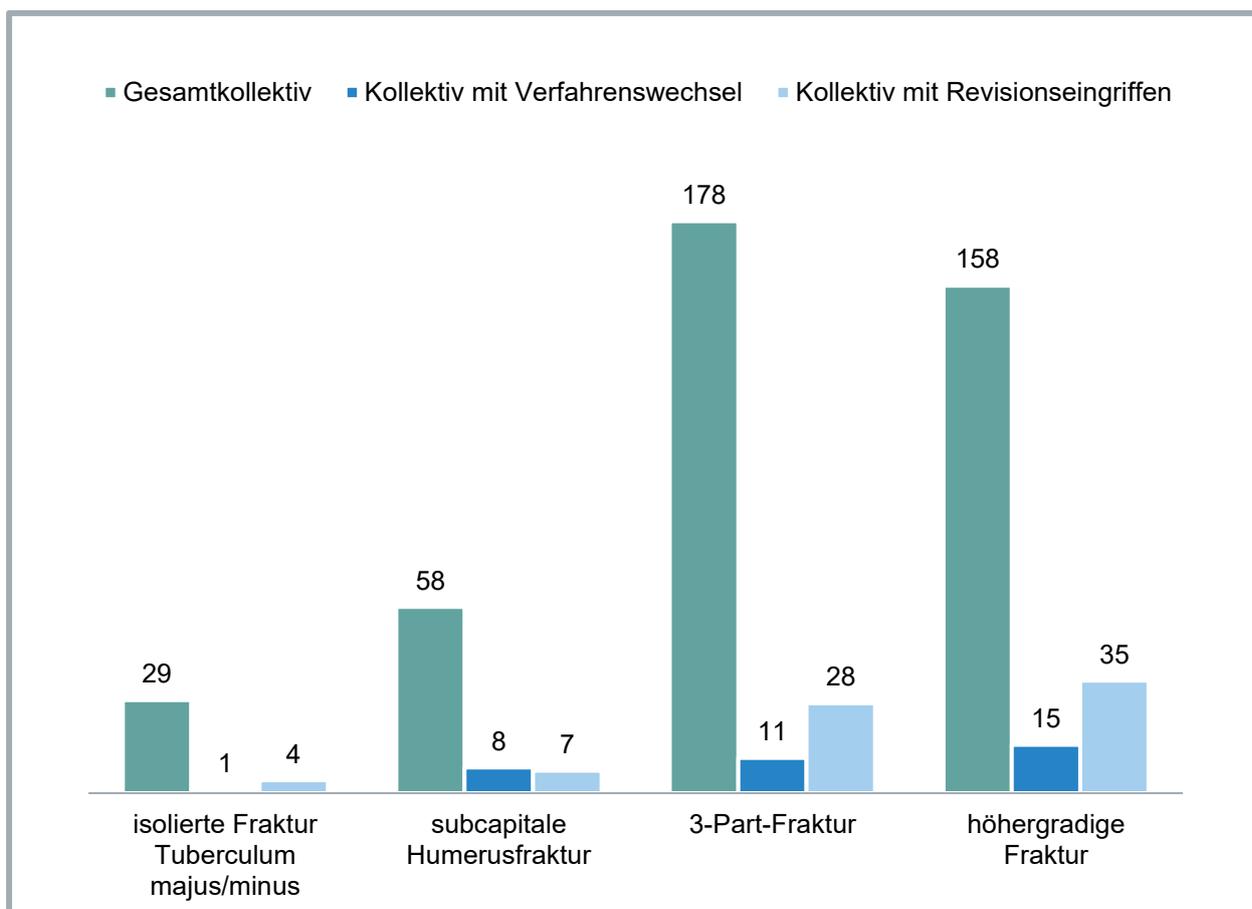


Abbildung 25: Absolute Häufigkeit der Frakturmorphologien im Gesamtkollektiv, dem Kollektiv mit Verfahrenswechseln und dem Kollektiv mit Revisionseingriffen.

3.6 Einfluss der Frakturbeteiligung der medialen Kortikalis auf die Rate an Folgeoperationen

Die Betrachtung der Folgeoperationen bei Frakturen mit beteiligter medialer Kortikalis lässt eine Korrelation vermuten. (Abbildung 26, Tabelle 16). Im Chi-Quadrat-Test konnte eine signifikante Korrelation ($p=0,016$) bestätigt werden. Eine frakturierte mediale

Kortikalis ging demzufolge mit einer signifikant erhöhten Rate an Folgeoperationen einher. Dieser Zusammenhang war unabhängig von der zugrundeliegenden Frakturmorphologie oder der Primärtherapie.

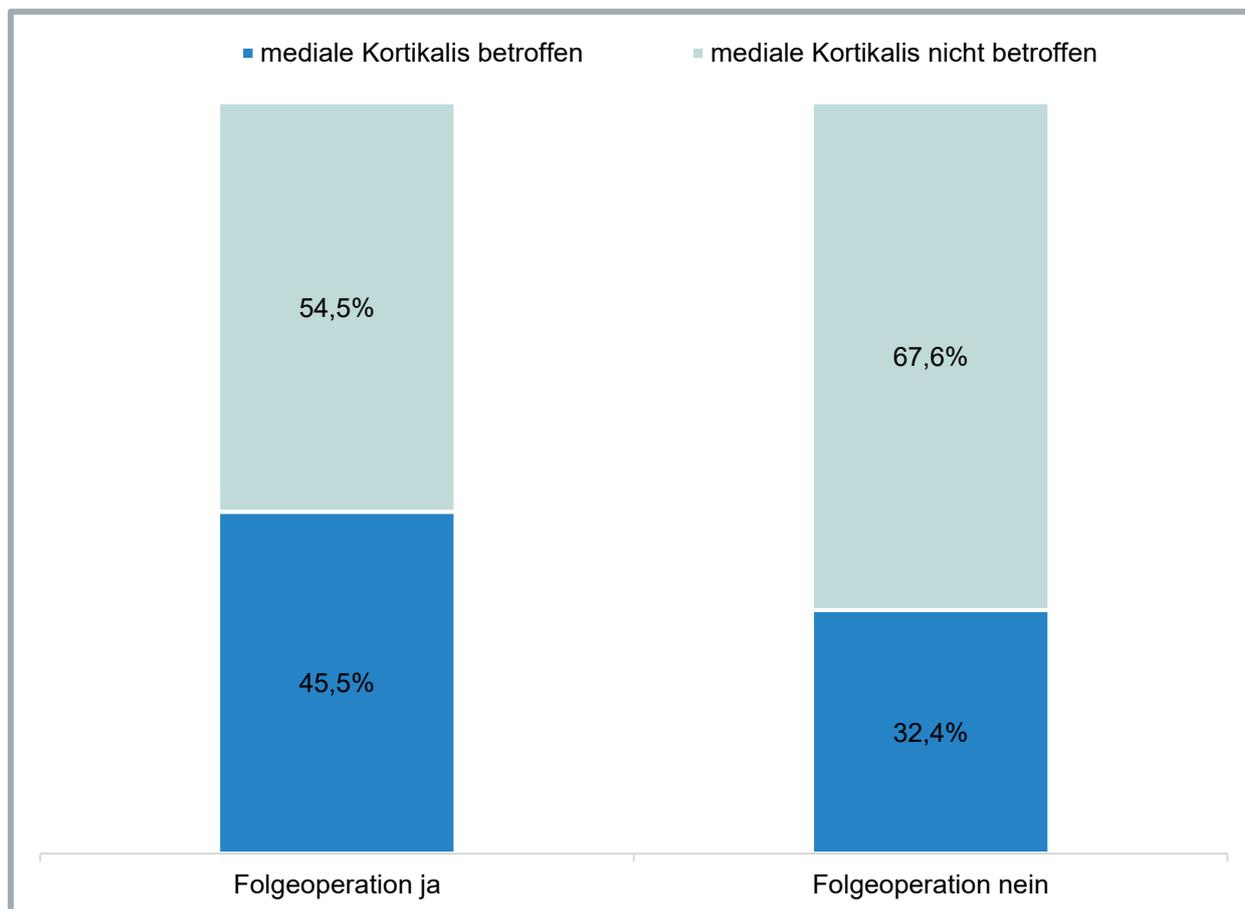


Abbildung 26: Häufigkeit der frakturierten medialen Kortikalis in Abhängigkeit von benötigter Folgeoperation.

Tabelle 16:

Auswertung des Zusammenhangs zwischen Frakturierung der medialen Kortikalis und der Anzahl an Folgeoperationen

		mediale Kortikalis		Gesamtsumme
		nicht beteiligt	beteiligt	
Folgeoperation	nein	215	103	318
	ja	55	46	101
Gesamtsumme		270	149	419

3.7 Korrelation von Patientenalter und der Häufigkeit von Folgeoperationen

Bezüglich des Patientenalters zeigte sich keine signifikante Assoziation zwischen dem Alter der Patienten und einem möglichen Therapieversagen ($p=0,46$). Die Wahrscheinlichkeit einen Revisionseingriff zu benötigen war signifikant höher für die erwerbstätige Bevölkerung als für Patienten im Rentenalter ($p<0,0001$).

3.8 Assoziation zwischen potentiellen Risikofaktoren mit Notwendigkeit der operativen Intervention

Im Gesamtkollektiv hatten 203 der 423 Patienten (47,9 %) einen oder mehrere der folgenden Risikofaktoren: Diabetes mellitus, Osteoporose, Nikotinabusus und Alkoholabusus. Unter den 99 Patienten mit operativen Folgeeingriffen nach der Primärtherapie hatten 55 mindestens einen der vorgenannten Risikofaktoren (55,6 %). Es zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorliegen von potentiellen Risikofaktoren und der Notwendigkeit für operative Folgeeingriffe ($p=0,18$). Allerdings lag bei Patienten mit operativen Folgeeingriffen signifikant häufiger einer der beeinflussbaren Risikofaktoren Nikotinabusus oder Alkoholabusus vor ($p=0,031$).

4 Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war es die Versorgungsrealität proximaler Humerusfrakturen an einem Level-1-Traumazentrum zu analysieren. Hierbei lag ein besonderer Fokus auf der Auswertung der Versagensraten. Es wurde die Hypothese formuliert, dass bei standardisierter Therapie an einem spezialisierten Traumazentrum, insbesondere hinsichtlich der operativen Therapie proximaler Humerusfrakturen, geringere Versagens- und Revisionsraten zu beobachten sind, als in der Literatur für die einzelnen Therapieformen beschrieben.

Die therapieübergreifende Versagensrate von insgesamt 423 behandelten proximalen Humerusfrakturen betrug 8,3 %. Insgesamt benötigten 15,6 % der Patienten zumindest eine obligate Folgeoperation (Verfahrenswechsel, obligate Revision) im Follow-up-Zeitraum von durchschnittlich 24,5 Monaten. Die therapieübergreifende Versagens- und Revisionsrate, insbesondere bei primär osteosynthetischer Versorgung, zeigte sich geringer, als in der Literatur beschrieben. Die konservative Therapie machte im vorliegenden Kollektiv 23 % aller Behandlungen aus und ging mit höheren Komplikationsraten einher, als zuvor beschrieben. Dies zeigte sich im Literaturvergleich möglicherweise auf die vergleichsweise hohe Frakturschwere zurück zu führen. Die Behandlung komplexester proximaler Humerusfrakturen mit einer anatomischen Frakturprothese war mit besonders hohen Komplikationsraten und meist unbefriedigenden Ergebnissen assoziiert.

Über alle Therapieformen hinweg war die Frakturierung der medialen, subcapitalen Kortikalis mit höheren Versagens- und Revisionsraten vergesellschaftet. Außerdem zeigten sich eine komplexe Frakturmorphologie und die durch den Patienten beeinflussbaren Faktoren des Nikotin- und Alkoholabusus als Risikofaktoren für eine Folgeoperation. Die Bevölkerung im arbeitsfähigen Alter (18 bis 65 Jahre) hat sich

signifikant mehr Revisionseingriffen unterzogen, als die ältere Bevölkerung. Ein bedeutender Anteil dieser Eingriffe wurde jedoch als fakultativ bewertet.

4.1 Stärken und Schwächen der Arbeit

In die vorliegende Studie wurden Ergebnisse von 423 volljährigen Patienten, welche in einem 3,5-Jahres-Zeitraum die Primärtherapie einer akuten proximalen Humerusfraktur an einem Versorgungszentrum erhielten, eingeschlossen. Diese Arbeit beschreibt eine der umfangreichsten publizierten Nachuntersuchungen bezüglich Versagens- und Revisionsraten eines einzelnen Zentrums.

Bei Betrachtung der vorhandenen Literatur zu den Ergebnissen nach Behandlung proximaler Humerusfrakturen fällt auf, dass ein Großteil der Studien als Vergleich zweier Therapieformen (beispielsweise ein Vergleich zweier Prothesentypen (71)) oder als Analyse einer spezifischen Therapieform (beispielsweise eine systematische Übersichtsarbeit zur konservativen Therapie bei proximaler Humerusfraktur (39)) aufgebaut ist.

Neben der Verfälschung der Versorgungswirklichkeit durch das Studiendesign vieler publizierter Arbeiten, gibt es auch häufig deutliche Verzerrungen durch die Ein- und Ausschlusskriterien, wobei meist eine deutliche Kollektivmodifikation ins Auge fällt. In zahlreichen Arbeiten wurden zum Teil Patienten mit Demenz oder Alkoholabusus sowie Patienten bestimmter, relevanter Altersgruppen (z.B. Ausschluss von Patienten unter 55 Jahren, die dem Kollektiv der vorliegenden Studie immerhin 16,8 % / n=71 Patienten ausmachen) ausgeschlossen (29). Andere Studien beschreiben ein beispielsweise durch geografische Besonderheiten verändertes Kollektiv: Sonderegger et al. (86) berufen sich in ihrer Studie auf Patienten eines Krankenhauses, welches in einer Wintersportregion der Schweiz liegt. Hier ist ätiologisch von einem anderen Ursprung der Fraktur auszugehen (Hochrasanztrauma sportlicher jüngerer Patienten versus Sturz aus dem

Stand bei Osteoporose als häufigster Traumamechanismus der überregionalen Versorgungsrealität). Darüber hinaus ist zu beachten, dass in einigen Meta-Analysen der Verbleib der Patienten mit Verfahrenswechsel in Bezug auf das funktionelle Ergebnis unklar bleibt oder das Kollektiv weiterhin in der initialen Kohorte verbleibt (87, 88). In der vorliegenden Studie wurden zur Vermeidung der erwähnten Verzerrungen nur wenige Ausschlusskriterien gesetzt (siehe: 2.2.2 Kollektiv nach Datenakquise).

Die vorliegende Arbeit bietet somit erstmals eine ausführliche Analyse der Versorgungsrealität der fünf häufigsten Therapieformen und der relevantesten Frakturmorphologien, und vermeidet eine Verzerrung der tatsächlichen Versorgungswirklichkeit.

Die eingeschlossenen Patienten wurden über einen Zeitraum von durchschnittlich 24 Monaten (1,5 bis 53 Monate) verfolgt. Möglicherweise wurde durch diese Limitierung nicht jede Folgeoperation erfasst, dies gilt insbesondere für die 20 Patienten mit einem Follow-up-Zeitraum von unter 6 Monaten. Es ist jedoch zu beachten, dass die Verfahrenswechsel durchschnittlich drei Monate nach Primärtherapie durchgeführt wurden. Die unterschiedlichen Nachuntersuchungszeiträume verschiedener Studien erschweren die Vergleichbarkeit: Je länger der Zeitraum ist, desto vollständiger können Probleme dokumentiert werden, außerdem treten einige Komplikationen, wie die avaskuläre Humeruskopfnekrose, typischerweise erst bei längerem Follow-up auf (62). Die Aussagekraft der vorliegenden Arbeit beschränkt sich somit auf einen Zeitraum von 24 Monaten, in welchem jedoch der Großteil der Komplikationen proximaler Humerusfrakturen zu erwarten ist.

Es handelt sich mit 423 eingeschlossenen Patienten um ein, verglichen mit der Literatur, sehr großes Patientenkollektiv: Olerud et al. (29, 89) führten zwei Studien mit 55 bzw. 60 Patienten durch, Smith et al. (90) untersuchten 82, Torrens et al. (41) lediglich 70

betroffenen Schultern. Eine Ausnahme mit einem der vorliegenden Studie vergleichbaren Kollektivgröße bildeten Südkamp et al. (91) mit 463 nachuntersuchten Patienten, wobei es sich dabei um Patienten vorausgegangener Studien handelte.

Die telefonische wie postalische Nachbefragung der Patienten ermöglichte die Erfassung auch der außerhalb des Studienzentrums durchgeführten Folgeeingriffe, sodass diese im eingeschlossenen Kollektiv vollständig registriert wurden. Dies ist als eine deutliche Stärke der vorliegenden Studie zu werten und unterscheidet diese Studie von anderen Untersuchungen, bei denen der Verbleib und das Ergebnis eines z.T. nicht unbedeutenden Teils des Kollektivs unklar bleiben.

Bislang gibt es kein allgemein anerkanntes und praktikables Klassifikationssystem der Frakturmorphologien proximaler Humerusfrakturen. Aus diesem Grund, und aufgrund der hohen Praktikabilität, verwendete die vorliegende Arbeit ein vereinfachtes Klassifikationssystem, welches an Neer und Codman (19, 20) angelehnt war. Das vierstufige System umfasste

- Isolierte Frakturen des Tuberculum majus oder minus
- Subcapitale Humerusfrakturen
- 3-Part-Frakturen
- höhergradige Frakturen.

Diese grobe Einteilung in Frakturmorphologien ermöglichte den Vergleich großer Gruppen, und verhinderte somit die Aufteilung in viele kleine Untergruppen. Als nachteilig zeigte sich der erschwerte Vergleich mit Studien, die sich auf andere Klassifikationssysteme beziehen oder eine feinere oder abweichende Einteilung verwenden.

Die klinischen Ergebnisse des untersuchten Kollektivs wurden anhand der ausgewerteten Fragebögen mittels des Constant Scores und des Simple Shoulder Test erhoben. Nicht auszuschließen ist der Einfluss der ausschließlich postalischen Erfragung

der Funktion auf die Qualität und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse im Vergleich zur Nachuntersuchung durch geschultes Personal (81).

Eine große Stärke der vorliegenden Arbeit ist insbesondere die Verbindung der Versagensanalyse mit der Auswertung klinischer Ergebnisse. Die Kombination der Kriterien „Versagen“ und „klinisches Ergebnis“ erscheint für die Frage der Qualität der medizinischen Versorgung von großer Bedeutung.

4.2 Patientenkollektiv

Das ermittelte Durchschnittsalter der Patienten dieser Studie lag bei 68,3 Jahren. Andere Autoren kamen zu ähnlichen Ergebnissen: Court-Brown et al. (12) fanden ein durchschnittliches Patientenalter von 66 Jahren, Roux et al. (92) ein Durchschnittsalter von 70 Jahren. Auch bezogen auf den Unfallmechanismus zeigte sich in der Literatur ein eindeutiges und mit der vorliegenden Untersuchung übereinstimmendes Bild: Roux et al. (92) fanden in bis zu 82 % (bei weiblichen Patienten) einen Sturz aus dem Stand als ursächlich, Court-Brown et al. (12) sahen sogar in 87 % diese Ursache der Verletzung.

Im selben Maße zeigte sich auch die Übereinstimmung bezüglich der Geschlechterverteilung der vorliegenden Arbeit mit anderen publizierten Studien. Die hier besprochene Verteilung von 73,8 % weiblichen und 26,2 % männlichen Patienten reiht sich in die Ergebnisse anderer Publikationen ein, es wird von 61,5 bis 84 % weiblichen Patienten berichtet (12, 23, 92-97). Begründung für die Dominanz des weiblichen Geschlechts ist die hier verminderte Knochendichte, insbesondere ab einem Alter von 71 Jahren (98, 99).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das in der vorliegenden Studie eingeschlossene Patientenkollektiv somit gut das zu erwartende „Normalkollektiv“ der PHF hinsichtlich Alter, Geschlecht und Traumamechanismus widerspiegelt.

4.3 Versorgungsmodalitäten und Frakturformen

Die Betrachtung der Häufigkeiten der Versorgungsmodalitäten in der vorliegenden Arbeit zeigte, dass mit 49,9 % (n=211) nahezu die Hälfte aller Patienten plattenosteosynthetisch versorgt wurden. Die konservative Therapie bildete die zweitgrößte Gruppe (22,7 %, n=96). Die Nagelosteosynthese (10,6 %, n=45) sowie die prothetische Versorgungsformen der inversen (9,9 %, n=42) und der anatomischen Prothese (6,9 %, n=29) bildeten deutlich kleinere Kollektive. Ursächlich für die deutliche Dominanz der Plattenosteosynthese scheint das große Einsatzgebiet dieser Versorgungsform zu sein (27, 56, 57).

Eine epidemiologische Gegenüberstellung der Versorgungsformen mit der aktuellen Literatur ist aufgrund unterschiedlicher Studiendesigns nur eingeschränkt möglich. Die Schwierigkeiten im Studienvergleich beschrieben auch Krettek et al. (35) bei der Frage, ob die Plattenosteosynthese der konservativen Therapie überlegen sei. Insgesamt erschweren sich unterscheidende Klassifikationssysteme der Frakturmorphologien und Scoring-Systeme für die funktionellen Ergebnisse die Vergleichbarkeit der vorhandenen Studien.

In einer aktuellen Studie von Launonen et al. (96) beschrieben die Autoren mit 78 % eine hohe Rate nicht-operativer Therapien. Von den verbleibenden 22 % seien 75 % plattenosteosynthetisch versorgt worden. 16 % der operativ versorgten Patienten wurde eine Prothese implantiert, davon 64 % bei 4-Part-Frakturen. Im Vergleich des Kollektivs von Launonen mit dem der hier vorliegenden Studie wird ein relevanter Unterschied erkennbar: Während bei der Studie von Launonen 7 % 4-Part-Frakturen berücksichtigt wurden, lag der Anteil in der vorliegenden Arbeit bei 42,1 % („höhergradige Frakturen“). Der sehr hohe Anteil konservativ behandelter Patienten im Kollektiv von Launonen war somit möglicherweise auf ein weniger komplexes Frakturbild zurück zu führen. Auch Roux et al. (92) führten 79 % konservativ versorgte Patienten auf. Die Unterverteilung der

chirurgischen Therapie zeigte hier die Dominanz der Versorgung mittels Nagelosteosynthese in der operativen Versorgung (16,3 % aller Versorgungsformen; 76,8 % der chirurgischen Versorgungsmodalitäten). Lediglich 1,2 % der Versorgung erfolgte mittels Plattenosteosynthese, auf die Prothetik entfielen insgesamt nur 3,7 %. Besonders die im Vergleich zu dem in der vorliegenden Arbeit untersuchten Kollektiv sehr geringe Rate plattenosteosynthetischer Versorgung war hier auffallend. Eine mögliche Erklärung für die sich z.T. deutlich zum Studienzentrum unterscheidende Versorgungsrealität o.g. Analysen kann in der hohen Frakturschwere im untersuchten Kollektiv gesehen werden.

4.4 Folgeoperationen im Gesamtkollektiv

In der vorliegenden Arbeit fanden sich bei 99 von 423 Patienten (23,4 %) Folgeoperationen, darunter bei n=35 Patienten (8,3 %) ein Therapieversagen (definiert als Verfahrenswechsel) und bei n=72 Patienten (17 %) mindestens ein Revisionseingriff. Acht dieser 72 Revisionseingriffe (11,1 %) erfolgten nicht im Studienzentrum. In der vorliegenden Studie benötigten 15,6 % der Patienten (mindestens) eine obligate Revisionsoperation, abhängig von der gewählten Primärtherapie lag der Wert zwischen 11,9 % und 24,1 %. Im untersuchten Kollektiv zeigten sich n=6 der Patienten (1,8 %) mit Folgeoperation aufgrund einer akuten Infektion, dieses Ergebnis liegt geringer als die publizierte Rate für Wundinfektionen von 4 % (100).

Tepass et al. (33) analysierten 2013 in einer Übersichtsarbeit der veröffentlichten Literatur ein sehr großes Patientenkollektiv (n=9377; Zeitraum 1970 bis 2009). Es erfolgte eine Therapie- und Fraktur-übergreifende Betrachtung hinsichtlich der Komplikationen und des funktionellen Outcomes. Sie konnten eine Gesamtkomplikationsrate von 55,9 % belegen. Diese Auswertung schloss sehr viele Therapiemodalitäten mit ein und ging diesbezüglich über die in der vorliegenden Arbeit eingeschlossenen Verfahren hinaus.

Eine grundlegende Schwierigkeit in der Analyse der englischsprachigen Literatur stellte die variable Verwendung von Begriffen wie „complication“, „revision“ und „failure“ dar.

- Komplikation / complication (61, 101): In der vorliegenden Studie lag der Fokus auf der Analyse der Folgeoperationen, welche eine bedeutende Untergruppe der denkbaren Komplikationen darstellen, jedoch nicht äquivalent zu interpretieren sind.
- Revision / revision: Im Englischen versteht man unter ‚revision surgery‘ neben dem Revisionseingriff auch einen Verfahrenswechsel, dies ist eine Unterscheidung zu der gewählten Definition der vorliegenden Studie.
- Versagen / failure: Das Therapieversagen ist in der englischsprachigen Literatur häufig in Kategorien wie ‚complication‘ oder ‚revision‘ aufgeführt.

4.4.1 Konservative Therapie

In der vorliegenden Arbeit zeigte die Versorgungsgruppe der konservativen Therapie mit 13,5 % nach der anatomischen Prothese die höchste Versagensrate. Die Rate an Revisionseingriffen lag hingegen lediglich bei 8,3 % und damit nur etwa halb so hoch wie im Gesamtkollektiv.

Mit fehlenden Leitlinien und Therapieempfehlungen geht auch die variable und hausindividuelle Indikation von konservativer versus operativer Therapie einher (26). Je nach Therapieregime kann so jedes Zentrum den Einsatz der konservativen Therapie mehr oder weniger großzügig setzen. Dies hat naturgemäß auch Einfluss auf die Rate an Folgeoperationen: Bei zurückhaltender Operationsindikation ist ein erhöhtes Risiko für operative Sekundärtherapie einzukalkulieren.

Eine ausführliche Therapie- und Fraktur-übergreifender Übersichtsarbeit von Tepass et al. (33) mit der Frage nach Komplikationsraten und funktionellem Outcome bietet eine gute Vergleichsmöglichkeit zu den Ergebnissen der vorliegenden Studie: Die Komplikationsrate nach konservativer Therapie lag dort bei insgesamt 29,6 %. Häufige Komplikationen waren hier die Pseudarthrose und eine Frakturdislokation. Maier et

al. (32) fanden in ihrer Übersichtsarbeit, ebenfalls einer Therapie-übergreifende Analyse der Komplikationsraten, eine Rate von Pseudarthrose bzw. ausbleibenden Knochenheilung von 7 %. Weiterhin wurden Raten von 6,5 - 21,6 % für das Risiko einer Osteonekrose nach 12 – 20 Monaten Follow-up gefunden. Iyengar et al. (39) fanden lediglich eine Komplikationsrate von 13 %, darunter 7 % Varus-Pseudarthrose. Ob, und falls ja, welche Folgeoperation hier benötigt wurde, wurde nicht berichtet. Torrens et al. (41) hingegen konnten keine ‚major complications‘ feststellen, jedoch war in der Studie dieser Ausdruck nicht explizit definiert. Bei vier der 70 Patienten (5,7 %) ließen sich radiologische Zeichen einer avaskulären Nekrose feststellen, ein Patient (1,4 %) beklagte eine Schultersteife. Zu bemerken sei hier jedoch, dass lediglich 2,9 % der eingeschlossenen Frakturen als höhergradige Frakturen klassifiziert wurden. Im Kollektiv der vorliegenden Arbeit lag dieser Anteil bei 15,6 %. Die geringe Zahl an Komplikationen lässt sich somit vermutlich durch eine geringere Frakturschwere erklären.

Hanson et al. (40) untersuchten 160 Patienten mit konservativer Therapie. Es zeigte sich, dass sieben Patienten (4,4 %) Bedarf eines Verfahrenswechsels hatten (Follow-up-Zeitraum: 1 Jahr).

4.4.2 Nagelosteosynthese

Im Rahmen dieser Studie zeigten sich unter den n=45 primär nagelosteosynthetisch versorgten Patienten n=3 (6,7 %) Verfahrenswechsel und n=8 (17,7 %) Revisionseingriffe. 12,8 % der Revisionseingriffe entfielen in die Kategorie ‚optionaler‘ Eingriffe zur Optimierung des klinischen Ergebnisses.

Maier et al. (32) zeigten in ihrer Übersichtsarbeit auf, dass bei der Nagelosteosynthese im Vergleich zur Plattenosteosynthese mit weniger Komplikationen zu rechnen sei (4 % versus 31 %; Vergleich dieser beiden Therapien bei dislozierter subcapitaler Fraktur).

Eine in die Übersichtsarbeit eingeschlossene Studie wies diesbezüglich etwas höhere Zahlen nach: Es zeigten sich 22 % Komplikationen bei der Nagelosteosynthese, 28 % bei der Plattenosteosynthese. Maier et al. (32) führten die Häufigkeit der iatrogenen Verletzung der Rotatorenmanschette durch das Einbringen des Nagels mit 2,6 % auf. Hier folgte jeweils die Nagelentfernung. Adedapo et al. (102) fanden 2001 in einer Studie mit 23 Patienten mit 3- und 4-Part-Frakturen und Nagelosteosynthesen bei n=3 (13 %) eine schmerzhafte Schraubendislokation, in allen Fällen waren die Schmerzen nach Schraubenentfernung rückläufig. Ein Patient (4,3 %) erlitt eine avaskuläre Nekrose mit subacromialen Impingement, hier erfolgte eine komplette Materialentfernung. Eine Schwierigkeit im Vergleich mit in der Literatur beschriebenen Komplikationsraten liegt hier in der häufigen Zusammenfassung von Nagel- und Plattenosteosynthese zu einer Gruppe sowie der Beschränkung auf einzelne Frakturtypen (60, 103, 104).

4.4.3 Plattenosteosynthese

Im Kollektiv der vorliegenden Arbeit wurde bei 7,1 % der Plattenosteosynthesen ein Verfahrenswechsel und bei 22,3 % ein Revisionseingriff durchgeführt. 11,1 % der Revisionen fielen unter fakultative Indikationsstellungen und zielten auf Verbesserung des klinischen Ergebnisses. Insgesamt waren in der vorliegenden Arbeit bei primärer Plattenosteosynthese 15,2 % obligate Folgeoperationen indiziert. Ursächlich für die Verfahrenswechsel waren in 33,3 % eine Materialdislokation und in 20 % eine in Fehllage verheilte Fraktursituation. Der Wechsel erfolgte in 53,3 % auf eine inverse Prothese, in 26,7 % auf eine anatomische Prothese sowie in 20 % auf eine Nagelosteosynthese. Bei den Revisionen wurden 76,6 % (n=36) als Materialentfernungen dokumentiert.

Tepass et al. (33) fanden für die Plattenosteosynthese in ihrer zusammenfassenden Übersicht Komplikationsraten von 87,3 %. Häufig waren hierbei Beschädigungen der Rotatorenmanschette, Pseudarthrose, Frakturdislokation sowie sekundäre Schrauben-

perforation zu beobachten. Maier et al. (32) zeigten in ihrer Übersichtsarbeit, dass bis zu 48 % der Komplikationen durch intraoperative technische Fehler verursacht wurden, darunter 14 % Schraubenperforationen als häufigste Komplikation. Bei ungefähr 20 % der Patienten sind Folgeoperationen dokumentiert worden. In der selben Übersichtsarbeit werden Gesamtkomplikationsraten nach Plattenosteosynthese von 34 bis 48,8 % angegeben. Letztere Angabe enthält eine Revisionsrate von 13,8 %.

Olerud et al. (29) verglichen in einer Studie Plattenosteosynthese mit konservativer Therapie bei dislozierten 3-Part-Frakturen. Hier zeigten sich im Kollektiv der plattenosteosynthetisch versorgten Patienten (n=29) neun Folgeoperationen (31 %). Die Folgeoperationen unterteilen sich in n=1 Verfahrenswechsel auf anatomische Prothese (Ursache Humeruskopfnekrose; Wechselrate im Kollektiv: 3,4 %), sowie n=8 Revisionseingriffe (Revisionsrate im Kollektiv: 27,6 %). Hierunter finden sich n=5 Materialentfernungen, n=2 Wundrevisionen und n=1 Re-Osteosynthese aufgrund ausbleibender Knochenheilung. Eine aktuelle Studie von Silverstein et al. (105) zeigte eine Folgeoperationsrate von 20 % bei einem Follow-up von 12 Monaten.

Auch Egol et al. (106) untersuchten die Komplikationen nach Plattenosteosynthese (51 Patienten, Follow-Up 16 Monate). Sie fanden bei n=12 (23,5 %) Patienten Komplikationen, davon n=8 (66,7 %) Schraubenperforationen. Es zeigten sich 15,7 % Folgeoperationen im Kollektiv: 2 % der Patienten unterzogen sich einem Verfahrenswechsel und 13,7 % erhielten einen Revisionseingriff. Mit lediglich n=6 (11,8 %) 4-Part-Frakturen stellte sich hier das untersuchte Kollektiv als nicht so schwer betroffen dar. Eine erhöhte Frakturschwere im vorliegenden Kollektiv ist eine mögliche Erklärung für die etwas höheren Versagensraten.

Unter Berücksichtigung der aufgeführten Überlegungen ergeben die gefundenen Werte damit geringere Komplikationsraten als in aktuellen Übersichtsarbeiten (61, 65, 107).

4.4.4 Anatomische Prothese

Im untersuchten Kollektiv war die Rate an Verfahrenswechseln (n=4) nach anatomischer Prothese mit 13,8 % die Höchste im Vergleich der Therapieoptionen, die Revisionsrate lag bei ebenfalls 13,8 % (n=4). Es waren sieben Patienten (24,1 %) von insgesamt acht Folgeoperationen betroffen, entsprechend erfolgte bei einem Patienten zunächst einen Verfahrenswechsel (auf inverse Prothese) und anschließend noch einen Revisions-eingriff (Inlaywechsel).

Die Analyse von Tepass et al. (33) ergab eine Komplikationsrate von 67,8 %, darunter insbesondere häufig Tubercula-Pseudarthrosen, Tubercula-Lysen, Prothesenmigration sowie Tubercula-Dislokationen. Smith et al. (90) beschrieben in ihrer Studie ähnliche hohe Komplikationsraten von 63,6 % (n=14 von 22), wovon n=2 (14,3 %) aufgrund von Wundinfekten eine Folgeoperation benötigten. Die Hälfte der Komplikationen war auf mangelhaftes Einheilen der Tubercula zurückzuführen. Sieben der 22 nachuntersuchten Schultern zeigten Subluxationen, welche ebenfalls auf technische Operationsfehler zurückzuführen sein können. Gupta et al. (72) wiesen im Jahr 2015 deutlich niedrigere Werte nach: Sie fanden eine Komplikationsrate von 11,3 %. Die Rate der Reoperationen wird mit 4,9 % angegeben, in 1,2 % erfolgte ein Verfahrenswechsel zur inversen Prothese. Bei Sebastia-Forcada et al. (108) lag die Wechselrate auf inverse Prothese bei 6 von 31 (19,4 %; in der vorliegenden Studie 13,8 %). Mansat et al. (109) fassten in einer Übersichtsarbeit die Ergebnisse nach anatomischer und inverser Prothese zusammen. Sie zeigten, dass bei 85 % trotz z.T. zufriedenstellender Ergebnisse persistierende Schmerzen angegeben wurden. Die Komplikationsraten schwankten zwischen 20 und 48 %, die Revisionsraten wurden mit 3,5 - 35 % angegeben. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie fügen sich gut in die bisherige Literatur ein.

4.4.5 Inverse Prothese

Die Evaluation der Versorgung mit inverser Prothese bei PHF am Studienzentrum zeigte eine Revisionsrate von 11,9 % auf. Es fand sich kein Verfahrenswechsel in dieser Versorgungsgruppe, wobei ein Verfahrenswechsel wohl nur im Sinne einer Resektionsarthroplastik oder Arthrodesse möglich wäre.

Sebastiá-Forcada et al. (108) haben im Jahr 2014 anatomische und inverse Prothesen in einer kontrolliert-randomisierten prospektiven Studie verglichen. Bei den inversen Prothesen (n=31) fiel lediglich bei einem Patienten ein scapuläres Notching auf, bei einem weiteren Patienten ein ausgeprägtes Hämatom, sowie bei einem dritten Patienten eine tiefe Wundinfektion, die durch ein zweizeitiges Vorgehen und eine Re-Implantation der Prothese versorgt wurde. Es zeigte sich in 19,3 % eine Pseudarthrose der Tubercula. Maier et al. (32) fanden in ihrer Übersichtsarbeit hingegen ganz andere Ergebnisse: In den meisten Studien wurde von scapulärem Notching mit einer Prävalenz von zirka 65 % berichtet, vereinzelt fanden sich geringere Werte von zum Teil nur 44 %. 22 % der Patienten klagten über transiente neurologische Defizite im Bereich des Armplexus. In publizierten Arbeiten werden Raten für Folgeoperationen von 0,92 - 6,5 % angegeben (71, 108, 110).

4.5 Klinische Ergebnisse

Der therapieübergreifende Mittelwert des Constant Scores auf der betroffenen Seite lag bei 58 Punkten / 68,8 %. Auffällig bei den klinischen Ergebnissen war, dass die konservative Therapie absolut und alters- und geschlechtsadaptiert die höchsten Werte erreichte, auch die osteosynthetischen Verfahren stellen sich mit überdurchschnittlichen Punktwerten dar. Dies entspricht den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen (39, 65, 107, 111). Deutlich unterdurchschnittlich hingegen präsentierten sich die prothetischen

Versorgungsformen, wobei insbesondere die anatomische Prothese mit 36,5 Punkten / 43,3 % deutlich die schlechtesten Werte erreichte. Verglichen mit Ergebnissen anderer Studien waren diese Werte recht niedrig, möglicherweise ist auch dies auf die hohe Komplexität der in der vorliegenden Studie versorgten Frakturen zurück zu führen (71, 72, 108, 112). Patienten mit einer Folgeoperation gaben in der Befragung signifikant schlechtere funktionelle Ergebnisse an, als Patienten ohne Folgeoperation. Andererseits konnte auch in publizierten Arbeiten gezeigt werden, dass klinische und funktionelle Ergebnisse durch fakultative Eingriffe wie arthroskopische Materialentfernungen verbessert werden können (113-115). Hierfür ist jedoch eine Erfassung der klinischen und funktionellen Scores vor sowie nach einer möglichen Folgeoperation notwendig.

Die klinischen Ergebnisse basieren in der vorliegenden Untersuchung auf Selbstangaben des Patienten, viele Studien berufen sich hingegen auf Nachuntersuchungen durch geschultes Fachpersonal. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist dadurch möglicherweise eingeschränkt (81).

Das klinische Ergebnis der Versorgung war in der vorliegenden Studie nicht primäres Interesse, es sollte lediglich gezeigt werden, dass die Ergebnisse denen der bisher publizierten Studien prinzipiell entsprechen. Grundsätzlich muss diskutiert werden, dass der Vergleich der gefundenen funktionellen Ergebnisse einzelner Therapiemodalitäten mit der Literatur aufgrund der unterschiedlichen Indikationsstellung und der unterschiedlichen Therapiealgorithmen der verschiedenen Versorgungszentren kaum möglich ist.

4.5.1 Konservative Therapie

Die konservative Therapie brachte mit 64,6 Punkten / 77,3 % im untersuchten Kollektiv die besten Ergebnisse hervor.

In publizierten Studien (39, 91) zeigte diese Therapieform Werte von 72,3 und 74 Punkte. Bei der Interpretation der Ergebnisse der Studie von Südkamp et al. (91) muss berücksichtigt werden, dass Patienten mit einer zu erwartenden verlangsamten Knochenheilung ausgeschlossen wurden. Hierunter waren Patienten mit bekannter Alkoholabhängigkeit, Multipler Sklerose, Lähmungen und anderen neurologischen Vorerkrankungen. Maier et al. (32) gaben einen adaptierten Wert von 74 % an. Torrens et al. (41) präsentierten Fraktur-abhängig Werte von 33,7 (4-Part-Frakturen) über 54,6 (3-Part-Frakturen) bis 71 Punkte (2-Part-Frakturen). In diese Studie flossen Angaben von Patienten im Lebensalter von 60-85 Jahre ein. Mit einem hohen Anteil schwerer Fraktur-morphologien (15,6 % höhergradiger und 33,3 % 3-Part-Frakturen) im untersuchten Kollektiv der vorliegenden Arbeit scheinen die gefundenen Punktwerte vergleichbar mit Ergebnissen in der Literatur zu sein.

4.5.2 Nagelosteosynthese

Die funktionellen Ergebnisse der Nagelosteosynthese waren mit 63,1 Punkten / 73,3 % gemessen an den Durchschnittswerten des untersuchten Kollektivs deutlich überdurchschnittlich. Im Vergleich mit der Literatur finden sich z.T. etwas abweichende Angaben: Südkamp et al. (91) wiesen einen Punktwert von 75,4 bei ähnlicher Verteilung der Fraktur-morphologien nach. Hier gilt jedoch, ähnlich der konservativen Therapie, dass das Kollektiv hinsichtlich Vorerkrankungen der Patienten eingeschränkt wurde. Maier et al. (32) zeigten in ihrer Übersichtsarbeit bei 2-Part-Frakturen einen Wert im CS von 93,3 Punkten, bei gemischten Fraktur-morphologien lag der Wert altersadaptiert bei 81 % und geschlechtsadaptiert bei 75 %. Adedapo et al. (102) erzielten nach einem Follow-Up von

einem Jahr bei 3-Part-Frakturen einen Wert von 88,3 Punkten, die 4-Part-Frakturen lagen mit 67 Punkten im Constant Score deutlich darunter. Bei dieser Studie wurden, ähnlich zur vorliegenden Studie, pathologische Frakturen ausgeschlossen. Auch wurden Patienten mit einem Follow-up-Zeitraum von unter einem Jahr nicht in der Analyse berücksichtigt.

4.5.3 Plattenosteosynthese

Die klinischen Ergebnisse nach Plattenosteosynthese zeigten sich im Kollektiv der vorliegenden Studie mit 60,6 Punkten / 71,5 % leicht überdurchschnittlich. El-Sayed et al. (59) untersuchten das klinische Ergebnis nach 3- und 4-Part-Frakturen und bei Frakturen mit Head-Split-Anteil bei Patienten mit einem Alter bis zu 55 Jahren. Es zeigte sich bei der 3-Part-Fraktur ein Constant Score von 75 Punkten, bei 4-Part-Frakturen 67 Punkten und bei Head-Split-Frakturen 62 Punkte. Das durchschnittliche Follow-Up war mit 42 Monaten ungefähr anderthalb Jahre länger als in der vorliegenden Untersuchung. Moonot et al. (116) zeigten nach einem Follow-Up von elf Monaten Constant Score Werte von 66,5 Punkten bei 3- und 4-Part-Frakturen, wobei in dieser Studie 43,8 % der Patienten unter 60 Jahre alt waren. Auch einige andere Autoren fanden klinische Ergebnisse im Constant Score zwischen 53 und 75 Punkten (32, 61, 67, 72, 91). Bei diesen Studien werden z.T. nur Follow-up-Zeiträume über einem Jahr verfolgt oder spezifische Frakturtypen eingeschlossen. Insbesondere bei Gupta et al. (72) werden Patienten mit Revisionen, Knochenfehlheilung oder Pseudarthrose, sowie 2-Part-Frakturen und Varus-Frakturen ausgeschlossen. Möglicherweise ist gerade das klinische Ergebnis bei Patienten mit Knochenheilungsstörungen reduziert, diese werden hier entsprechend nicht mit abgebildet. Die im Rahmen der vorliegenden Studie gefundenen Ergebnisse fügen sich somit gut in die in der Literatur beschriebenen Ergebnisse ein.

4.5.4 Anatomische Prothese

Mit 36,5 Punkten beziehungsweise 43,3 % im Constant Score erreichte die anatomische Prothese im vorliegenden Kollektiv nicht nur deutlich unterdurchschnittliche, sondern auch die schlechtesten Ergebnisse im Versorgungsvergleich. Es handelte sich mit 29 Patienten um das kleinste Kollektiv und hatte mit einem Anteil von zirka 90 % höhergradiger Frakturen, ähnlich dem Kollektiv der mit inverser Prothese versorgten Patienten, ein sehr komplexes Frakturbild. Auch erfolgten in diesem Kollektiv mit 13,8 % die meisten Verfahrenswechsel im Vergleich der Versorgungsformen.

Die klinischen Ergebnisse nach Versorgung mit anatomischer Prothese reichten in der Literatur von 39 bis zu 66,3 Punkten im Constant Score (71, 72, 74). Bei der Arbeit von Ferrel et al. (71) zeigte sich bei der genauen Betrachtung der Ein- und Ausschlusskriterien eine Kollektivmodifikation. Ein Follow-up von einem Jahr durfte nicht unterschritten werden, ebenso waren Revisionseingriffe ein Ausschlusskriterium aus der Studie.

Grundsätzlich fallen bei dieser Versorgungsform hohe Raten für Folgeoperationen und schlechte funktionelle Ergebnisse auf. Die Indikation zu dieser Versorgung sollte entsprechend kritisch gestellt werden.

4.5.5 Inverse Prothese

Die klinischen Ergebnisse im Constant Score nach inverser Prothese sind, ebenso wie bei anatomischer Prothese, mit 45,6 Punkten beziehungsweise 55,2 % deutlich unterdurchschnittlich. Zu erwähnen ist in diesem Kollektiv das hohe durchschnittliche Patientenalter von 78,9 Jahren und die hohe Rate an komplexen Frakturen (90,5 % höhergradige Frakturen; 9,5 % 3-Part-Frakturen).

Bei Betrachtung der Literatur fiel eine große Streubreite der klinischen Ergebnisse auf; es werden Werte von 39 bis 69,7 Punkten berichtet (32, 71, 72, 74). Bei der Interpretation der gefundenen Ergebnisse ist zu beachten, dass unter anderem bei Ferrel et al. (71) sowie Gupta et al. (72) durch Ausschlusskriterien, darunter z.B. erforderliche Revisionseingriffe, eine deutliche Kollektivmodifikation stattgefunden hat. Der Vergleich der Frakturmorphologien zeigt, dass auch in der Literatur bei der Versorgung durch inverse Prothesen häufig höhergradige Frakturen berücksichtigt wurden.

4.6 Risikofaktoren für Therapieversagen und Revisionsoperationen

4.6.1 Zusammenhang zwischen der Wahl des Therapieverfahrens bzw. der Frakturmorphologie und der Rate an Folgeoperationen

Die biometrischen Berechnungen zeigten keine signifikante Korrelation zwischen einem der Therapieverfahren und der Rate an Folgeeingriffen. Die absolute Zahl der Revisionseingriffe sowie der Verfahrenswechsel stieg mit der Komplexität der Fraktur, dieser Zusammenhang war jedoch nicht signifikant ($p=0,057$). Die Auswertung der beiden häufigsten Frakturmorphologien (3-Part-Fraktur und höhergradige Fraktur) ergab hingegen, dass die höhergradige Fraktur mit signifikant mehr Folgeeingriffen einherging, als die 3-Part-Fraktur ($p=0,048$).

Der Vergleich mit der Literatur stellt sich schwierig dar, da es, wie bereits oben beschrieben, an Übersichten über die Versorgungsrealität mit Einbeziehung der verbreitetsten Versorgungsformen und aller Frakturmorphologien fehlt. Zum Teil wird beispielsweise die Plattenosteosynthese im Vergleich zu anatomischen Prothese mit weniger Komplikationen angegeben (100), zum Teil werden signifikant mehr Re-Operationen berichtet (31, 72).

4.6.2 Einfluss der Frakturbeteiligung der medialen Kortikalis auf die Rate an Folgeoperationen

Die nachgewiesene Signifikanz in der Korrelationsberechnung zwischen Frakturierung der medialen Kortikalis und der Rate an Folgeoperationen bestätigt die in der Literatur gefundenen Angaben über die Relevanz dieses Areals: Gardner et al. (117) zeigten, dass die Zerstörung dieses Bereichs ein signifikanter Prädiktor für die Komplikation des „loss of reduction“ war. Patientenalter, -geschlecht, Frakturmuster und Augmentation mit Zement waren gemäß dieser Studie nicht signifikant mit einem Höhenverlust vergesellschaftet. Matassi et al. (118) konnten an 17 Patienten mit Plattenosteosynthese zeigen, dass bei Stärkung des medialen Supports mittels Fibulaspan bei keinem Patienten ein Höhenverlust des Humeruskopfes von mehr als 2 mm entstand. Osterhoff et al. (119) untersuchten das klinische Ergebnis bei 74 Patienten in Abhängigkeit von der Beeinträchtigung des medialen Supports. Sie wiesen bei Beeinträchtigung des Supports eine signifikante Reduktion des Constant Scores nach. Der absolute Constant Score war von 75,7 Punkte auf 65,5 Punkte erniedrigt, der adaptierte Score reduzierte sich ebenfalls deutlich um 12,1 Prozent von 89,1 auf 77 Prozent.

Die diagnostische Erkennung einer Kompromittierung dieser Region sowie die therapeutische Korrektur der Instabilität sind entscheidende Wegpunkte zur Verhinderung möglicher Folgeoperationen und zur Erzielung erfreulicher klinischer Ergebnisse.

4.6.3 Zusammenhang zwischen dem Patientenalter und der Häufigkeit an Verfahrenswechseln oder Revisionseingriffen

Neben der medialen Stabilität hatte auch das Patientenalter einen signifikanten Einfluss auf die Rate an Revisionseingriffen, nicht jedoch auf die Rate an Verfahrenswechseln: Patienten im berufstätigen Alter hatten im untersuchten Kollektiv eine erhöhte Rate an

Revisionseingriffen. Ursächlich für diese Auffälligkeit sind möglicherweise die höheren Anforderungen an das klinische Ergebnis im Alltag (darunter Bewegungsausmaß und Einsatzfähigkeit bei Sport und im Beruf) auf Seiten des Patienten und auch des Chirurgen. Für die Ergebnisoptimierung wurden im untersuchten Kollektiv entsprechend bei jüngeren Patienten häufiger optionale Revisionen wie Materialentfernungen durchgeführt. In anderen Studien sind die optionalen Operationen häufig nicht aufgeführt, was die Vergleichbarkeit der Revisionsrate deutlich erschwert. Farmer et al. (120) konnten zeigen, dass bei Plattenosteosynthesen signifikant mehr radiologische Komplikationen, darunter „loss of reduction“ und „loss of fixation“, bei Patienten über 60 Jahren im Vergleich zu jüngeren Patienten nachweisbar sind. Hierbei ging es insbesondere um eine Analyse bei 3- und 4-Part-Frakturen.

4.6.4 Assoziation zwischen potentiellen Risikofaktoren mit Notwendigkeit einer Folgeoperation

Im Kollektiv der Patienten mit Folgeoperation traf bei 55,6 % zumindest einer der Risikofaktoren Diabetes mellitus, Osteoporose, Nikotinabusus oder Alkoholabusus zu. Überraschend war die geringe Rate an Patienten mit diagnostizierter Osteoporose (16 %). Wie bereits erwähnt gilt die PHF als Indikatorfraktur für Osteoporose, sodass möglicherweise bei einem hohen Anteil der Patientin bis zur Fraktur eine subklinische Reduktion der Knochendichte vorlag. Bei Patienten mit Folgeeingriff lag signifikant gehäuft ein beeinflussbarer Risikofaktor (Nikotin-/Alkoholabusus) vor ($p=0,031$). Diese Ergebnisse werden auch von anderen Studien unterstützt, welche ebenfalls Nikotin- und Alkoholabusus als Risikofaktoren bei der operativen Behandlung von PHF identifizieren konnten (121-123).

Insgesamt zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorliegen der Risikofaktoren und der Notwendigkeit für Folgeoperationen ($p=0,18$).

Bemerkenswerterweise gilt dies ebenso für Osteoporose, auch wenn dies als Risikofaktor für Komplikationen nach Versorgung einer proximalen Humerusfraktur beschrieben wird (11).

5 Zusammenfassung

Die Behandlung proximaler Humerusfrakturen ist aufgrund ihrer Komplexität nach wie vor Gegenstand kontroverser Diskussionen in der Fachliteratur. Mit dieser Komplexität gehen auch zum Teil hohe publizierte Komplikationsraten einher. Die Vergleichbarkeit der veröffentlichten Studien ist durch uneinheitliche Frakturklassifikationen und eine große Variabilität der Studiendesigns deutlich erschwert. Die vorliegende Studie eines Versorgungszentrums gibt mit weit gefassten Einschlusskriterien, der Betrachtung der wichtigsten Therapieoptionen und Einschluss eines Großteils der Frakturtypen eine gute Übersicht über die Versorgungsrealität. Darüber hinaus wird die Analyse der Folgeoperationen durch die Auswertung der klinischen Ergebnisse ergänzt. Das Studiendesign der vorliegenden Arbeit umfasst eine retrospektive Datenanalyse mit Einbeziehung gespeicherter Patientendaten, Nachbefragung der Patienten sowie eine detaillierte Analyse vorhandenen Bildmaterials (Röntgen, MRT, CT). Das Gesamtkollektiv umfasst n=423 Patienten mit primärer Versorgung einer proximalen Humerusfraktur in einem Zeitraum von 3,5 Jahren. Die Therapieentscheidung folgte einem Therapiealgorithmus des untersuchten Versorgungszentrums, hierbei wurde die Frakturmorphologie ebenso berücksichtigt wie das Alter der Patienten.

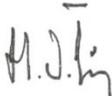
Im gesamten untersuchten Kollektiv liegt die Versagensrate unter 10%, ohne dass hierbei eine der untersuchten operativen und nichtoperativen Versorgungsformen eine signifikant erhöhte oder erniedrigte Komplikationsrate erreichte. Nach primär konservativer Therapie bzw. primär operativer Therapie zeigte sich eine vergleichbare Rate an Folgeoperationen. Der Literaturvergleich ergab eine vergleichsweise niedrige Folgeoperationsrate im primär operativ versorgten Teilkollektiv. Bei Betrachtung der Ergebnisse bei anatomischer Prothese fällt jedoch auf, dass hier hohe Komplikations-

raten und schlechte funktionelle Ergebnisse berichtet werden. Die Indikation zu dieser Versorgungsform sollte somit kritisch diskutiert werden.

Eine Analyse der Risikofaktoren für Folgeoperationen zeigte Fraktur-bezogene und Patienten-bezogene Faktoren. Zum einen sind hier die Beteiligung der medialen Kortikalis an der Fraktur und komplexe Frakturmorphologien zu nennen. Darüber hinaus sind auch Lifestyle-Einflüsse wie Nikotin- und Alkoholkonsum mit einem signifikant erhöhten Risiko für einen Folgeeingriff vergesellschaftet. Außerdem ergab die Analyse nach Altersschwerpunkten, dass das Patientenkollektiv im arbeitsfähigen Alter häufiger von Revisionseingriffen betroffen war. Diesen Eingriffen lag meist nicht ein direktes Therapieversagen zugrunde, vielmehr handelte es sich häufig um fakultative Eingriffe. Als Erklärung für dieses Phänomen kommen hohe Funktionsansprüche im (Berufs-)Alltag der Patienten in Betracht.

6 Anhang

6.1 Positives Votum der Ethikkommission (Anhang 1)

Eingegangen 28. Aug. 2012 Sekr. Prof. Lill	MHH	Medizinische Hochschule Hannover
MHH Ethikkommission OE 9515 30623 Hannover	Ethikkommission Vorsitzender: Prof. Dr. H. D. Tröger	Sekretariat: Rita Landowski Telefon: 0511 532-3443 Fax: 0511 532-5423 ethikkommission@mh-hannover.de
Herrn Prof. Dr. H. Lill Klinik für Unfall- und Wieder- herstellungschirurgie Diakoniekrankenhaus Friederikenstift gGmbH Postfach 2040 30020 Hannover	Carl-Neuberg-Straße 1 30625 Hannover Telefon: 0511 532-0 www.mh-hannover.de	
	24.08.12/La	
Therapiepfade, Erfolgsanalyse, Revisionsosteosynthesen und deren Ergebnisse bei proximalen Humerusfrakturen Nr. 1534-2012		
Sehr geehrter Herr Kollege Lill,		
als Vorsitzender habe ich im Auftrag der Mitglieder der Ethikkommission Ihr Schreiben eingegangen am 24.08.12 und die Ausführungen zum o. g. Vorhaben geprüft. Es bestehen keine ethisch-rechtlichen Bedenken gegenüber dem geplanten Vorgehen.		
Darf ich nochmals darauf hinweisen, dass alle Einreichungen auch in elektronischer Form (CD oder Email) erfolgen müssen. Ich bitte dies zukünftig zu beachten.		
Mit besten Grüßen bin ich Ihr		
		
Prof. Dr. H. D. Tröger Vorsitzender der Ethikkommission		
Nachrichtlich: Frau PD Dr. Christine Voigt Klinik für Unfall- und Wieder-herstellungschirurgie Diakoniekrankenhaus Friederikenstift gGmbH Postfach 2040 30020 Hannover		

6.2 Fragebogen (Anhang 2)

Fragebogen:

Erfassung der klinischen Ergebnisse nach proximaler Humerusfraktur

1. Name:
2. Geburtsdatum:
3. Was waren/sind Sie von Beruf?

4. Sind Sie Links- oder Rechtshänder? rechts links

5. Ist eine der folgenden Erkrankungen bei Ihnen bekannt?

- Osteoporose
- Diabetes mellitus
- Nikotinkonsum
- regelmäßiger Alkoholkonsum
- Tumorerkrankung

welche: _____

6. Mussten Sie nach der ersten Behandlung des Bruches am Oberarmkopf (ein weiteres Mal) an der betroffenen Schulter operiert werden?

- ja

Was wurde durchgeführt?

Wo wurde die Operation durchgeführt?

Wann wurde die Operation durchgeführt?

- nein

7. Haben Sie aktuell noch Schmerzen in der betroffenen Schulter?

ja, bei folgender Bewegung:

nein

8. Können Sie aktuell folgende Bewegungen durchführen?

Bei der folgenden Tabelle bitte immer nur „ja“ oder „nein“ ankreuzen. Die Fragen beziehen sich nur auf die betroffene Schulter

	ja	nein
Ist Ihre Schulter beschwerdefrei, wenn Sie Ihren Arm an der Seite ruhen lassen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erlaubt Ihre Schulter Ihnen einen ungestörten Schlaf?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie Ihr Kreuz erreichen, um mit Ihrer Hand ein Hemd/eine Bluse in die Hose zu stecken?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie Ihre Hand so hinter den Kopf führen, dass der Ellenbogen seitlich abgespreizt ist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie ein Geldstück in ein Regal in Ihrer Schulterhöhe legen, ohne den Ellenbogen zu beugen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie 450 g in Schulterhöhe heben, ohne den Ellenbogen zu beugen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie 3,5 kg in Schulterhöhe heben, ohne den Ellenbogen zu beugen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie mit dem betroffenen Arm 9 kg an Ihrer Seite tragen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<i>Fortsetzung</i>	ja	nein
Denken Sie, dass Sie mit Ihrem betroffenen Arm einen Softball aus der Hüfte zirka 20 Meter weit werfen können?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Denken Sie, dass Sie einen Softball (Überhand) zirka 20 Meter weit werfen können?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie die Rückseite der gegenüberliegenden Schulter mit dem betroffenen Arm waschen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie mit Ihrer Schulter in Ihrem Beruf Vollzeit arbeiten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Wenn Sie die Stärke der Schmerzen aktuell einschätzen sollen, welche der hier genannten Zahlen würden Sie den Schmerzen zuordnen?

Schmerzen		
keine	15 Punkte	___ Punkte an der betroffenen Seite
leicht	10 Punkte	___ Punkte an der Gegenseite
mäßig	5 Punkte	
stark	0 Punkte	

10. Bitte kreuzen Sie für beide Schultern an, inwieweit Sie im Alltag/Beruf durch den Gebrauch der Schulter eingeschränkt sind

	betroffene Seite	Gegenseite
normal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
leicht eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
stark eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht arbeitsfähig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11. Bitte kreuzen Sie an, inwieweit Sie die Beschwerden in der jeweiligen Schulter zurzeit bei Freizeitaktivitäten einschränken

	betreffene Seite	Gegenseite
normal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
leicht eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
stark eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Freizeitaktivitäten nicht möglich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. Bitte kreuzen Sie an, inwieweit zurzeit Ihre Schlafposition auf der jeweiligen Seite durch Beschwerden der Schulter gestört ist

	betreffene Seite	Gegenseite
normal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gestört und dadurch unterbrochen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schlaf stark eingeschränkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. Bitte kreuzen Sie an, welche der folgenden Tätigkeiten Sie mit dem jeweiligen Arm durchführen können

	betreffene Seite	Gegenseite
Keine Einschränkungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arbeiten über Kopf ausführen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arbeiten bis auf Kopfhöhe ausüben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arbeiten auf Halshöhe ausüben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arbeiten auf Brusthöhe ausüben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arbeiten auf Taillenhöhe ausüben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

14. Wenn Sie eine Tasche an ihren zur Seite ausgestreckten Arm in der unten abgebildeten Stellung halten, welches Gewicht dürfte diese maximal haben?



	Betroffene Seite	Gegenseite
Gewicht in Kilogramm		

15. Mit den nachfolgenden Bildern wird die Beweglichkeit abgefragt

Kreuzen Sie bitte an, wie weit Sie den rechten und linken Arm seitlich heben können (Abduktion)



Links	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	Links	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	Links	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Rechts	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	Rechts	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	Rechts	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein



Links	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Rechts	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein



Links	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Rechts	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein



Links	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Rechts	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

Kreuzen Sie bitte an, wie weit Sie den rechten und linken Arm nach vorne heben können (Anteversion)



Links	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Rechts	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein



Links	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Rechts	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein



Links	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Rechts	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

		
Links <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Rechts <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	Links <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Rechts <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	Links <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Rechts <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

Kreuzen Sie bitte an, wie weit Sie den rechten und linken Arm am Rücken hochführen können („Schürzengriff“)

		
Links <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Rechts <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	Links <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Rechts <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	Links <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Rechts <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein



Links	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	Links	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Rechts	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	Rechts	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

Kreuzen Sie bitte an, wie weit Sie den rechten und linken Arm hinter den Kopf bewegen können („Nackengriff“)



Links	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	Links	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Rechts	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	Rechts	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

	
Links <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	Links <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Rechts <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	Rechts <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

Bitte tragen Sie zum Schluss noch das Datum ein, an dem Sie den Fragebogen ausgefüllt haben. _____._____.20____

Haben Sie noch Anmerkungen oder Hinweise für uns?

Herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit!

Anhang 3: Übersicht über Epidemiologie, Versorgungsformen und Frakturmorphologien.

Versorgungs- Modalität	Anzahl Patienten	Kollektiv- anteil (%)	Geschlechter- verteilung w= weiblich m= männlich	Durchschnitts- alter (Jüngster - ältester Patient)	Frakturtypen (prozentuale Verteilung in der Gruppe)
Konservativ	96	22.7%	76w 20m	70.5 Jahre (43-102)	n=25 isolierte Frakturen eines Tuberculums (26%) n=24 subcapitale Frakturen (25%) n= 32 3-Part-Frakturen (33.3%) n= 15 höhergradige Frakturen (15.6%)
Nagelosteo- synthese	45	10.6 %	32w 13m	74 Jahre (31-92)	n=23 subcapitale Frakturen (51.1%) n= 20 3-Part-Frakturen (44.4%) n= 2 höhergradige Frakturen (4.4%)
Plattenosteo- synthese	211	49.9 %	148w 63m	64.4 Jahre (28-92)	n=4 isolierte Frakturen eines Tuberculums (1.9%) n=11 subcapitale Frakturen (5.2%) n=119 3-Part-Frakturen (56.4%) n= 77 höhergradige Frakturen (36.5%)
Anatomische Frakturprothese	29	6.9 %	19w 10m	64.7 Jahre (43-84)	n=3 3-Part-Frakturen (10.3%) n=26 höhergradige Frakturen (89.7%)
Inverse Frakturprothese	42	9,9 %	37w 5m	78.9 Jahre (82-95)	n=4 3-Part-Frakturen (9.5%) n=38 höhergradige Frakturen (90.5%)

6.3 Übersicht: Epidemiologie, Versorgungsformen und Frakturmorphologie (Anhang 3)

6.4 Übersicht: Revisionen in Abhängigkeit der initialen Versorgungsmodalität (Anhang 4)

Anlage 4: Übersicht: Revisionen in Abhängigkeit der initialen Versorgungsmodalität				
Versorgungs- modalität (n= Gesamtanzahl in der Gruppe)	Anzahl Patienten mit Revision der Primärtherapie	Anteil des Versorgungs- kollektivs (%)	Obligate Revisionseingriffe (n=31; 49%)	Fakultative Revisionen (n=32; 51%)
konservativ (n= 96)	4	4.2 %	n=2 arthroskopische Arthrolyse bei Bewegungseinschränkung n=1 Entfernung eines dislozierten Knochenfragments n=1 subacromiale Dekompression	n=5 arthroskopische Implantat- entfernung (11.1%)
Nagelosteo- synthese (n=4)	8	17.8%	n=1 Revision aufgrund von Reduktionsverlust n=1 arthroskopische Arthrolyse bei Bewegungseinschränkung n=1 Wundspülung bei Infekt	

**Fortsetzung Anlage 4:
Übersicht über Revisionen in Abhängigkeit der Versorgungsmodalität**

Versorgungsmodalität (n= Gesamtanzahl in der Gruppe)	Anzahl Patienten mit Revision der Primärtherapie	Anteil des Versorgungs- kollektivs (%)	Obligate Revisionseingriffe (n=31; 49%)	Fakultative Revisionen (n=32; 51%)
Plattenosteosynthese (n=211)	44	20.9 %	n=5 Implantatentfernung bei Schraubenperforation n=4 Revision aufgrund von Reduktionsverlust n=2 Wundspülung bei Infekt n=2 Wundspülung bei Hämatom n=2 arthroskopische Arthrolyse bei Bewegungseinschränkung n=1 arthroskopische Arthrolyse bei Bewegungseinschränkung n=1 Entfernung eines dislozierten Knochenfragments	n=27 arthroskopische Implantat- entfernung (12.8%)
Anatomische Frakturprothese (n=29)	3	10.3 %	n=2 Wundspülung bei Infekt n=1 Entfernung bei Cerclagen- Dislokation	
Inverse Frakturprothese (n=42)	5	11.9%	n=2 Wundspülung bei Hämatom n=2 Inlaywechsel n=1 Wundspülung bei Infekt bei Infekt	

6.5 Klinisches Ergebnis in Abhängigkeit der Versorgungsmodalität (Anhang 5)

Anlage 5: Klinisches Ergebnis in Abhängigkeit der Versorgungsmodalität				
	Anzahl Patienten	mittlerer Constant Score (maximal 100 Punkte)	mittlerer adaptierter Constant Score alters- und geschlechtsadaptiert	mittlerer Simple Shoulder Test (maximal 12 Punkte)
konservativ	44	64.6	77.3 %	8.7
Nagelosteo- synthese	14	63.1	73.3 %	8.1
Plattenosteo- synthese	113	60.6	71.5 %	8.3
Anatomische Prothese	16	36.5	43.3 %	5.1
Inverse Prothese	25	45.6	55.2%	6.3

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anatomie des proximalen Humerus.....	1
Abbildung 2: Arterielle Blutversorgung des proximalen Humerus.....	3
Abbildung 3: Fallbeispiel zur Nagelosteosynthese.....	13
Abbildung 4: Fallbeispiel zur Plattenosteosynthese.....	15
Abbildung 5: Fallbeispiel zur inversen Prothese.....	19
Abbildung 6: Prozentuale Verteilung der Frakturformen im Gesamtkollektiv.....	37
Abbildung 7: Prozentuale Verteilung der Versorgungsformen im Gesamtkollektiv.....	37
Abbildung 8: Verfahrenswechsel in Abhängigkeit der primären Versorgungsform.....	39
Abbildung 9: Revisionseingriffe in Abhängigkeit der primären Therapieform.....	40
Abbildung 10: Revisionseingriffe in Abhängigkeit der zugrundeliegenden Frakturmorphologie.....	41
Abbildung 11: Zugrundeliegende Frakturmorphologien bei konservativer Therapie....	42
Abbildung 12: Auswertung der Verfahrenswechsel nach konservativer Therapie.....	44
Abbildung 13: Zugrundeliegende Frakturmorphologien bei Nagelosteosynthese.....	45
Abbildung 14: Zugrundeliegende Frakturmorphologien bei Plattenosteosynthese.....	48
Abbildung 15: Auswertung der Verfahrenswechsel nach Plattenosteosynthese.....	49
Abbildung 16: Zugrundeliegende Frakturmorphologien bei anatomischer Prothese.....	50
Abbildung 17: Zugrundeliegende Frakturmorphologien bei inverser Prothese.....	52
Abbildung 18: Primäre Versorgungsformen bei postalisch befragten Patienten.....	55

Abbildung 19: Verteilung der Versorgungsformen im Gesamtkollektiv und im Teilkollektiv mit ausgewertetem Fragebogen.....	55
Abbildung 20: Frakturformen im Vergleich: Gesamtkollektiv und Patientenkollektiv mit ausgewertetem Fragebogen	56
Abbildung 21: absoluter Constant Score der betroffenen sowie der Gegenseite im Vergleich der Versorgungsformen.....	58
Abbildung 22: adaptierter Constant Score der betroffenen sowie der Gegenseite im Vergleich der Versorgungsformen.....	59
Abbildung 23: Ergebnisse des Simple Shoulder Tests nach Versorgungsformen.....	60
Abbildung 24: absolute Anzahl der Patienten mit und ohne Folgeoperation in Abhängigkeit der Primärtherapie.....	61
Abbildung 25: Absolute Häufigkeit der Frakturmorphologien im Gesamtkollektiv, dem Kollektiv mit Verfahrenswechseln und dem Kollektiv mit Revisionseingriffen.....	62
Abbildung 26: Häufigkeit der frakturierten medialen Kortikalis in Abhängigkeit von benötigter Folgeoperation.....	63

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Therapiealgorithmus der operativen Therapie proximaler Humerusfrakturen des DIAKOVERE Friederikenstift gGmbH	23
Tabelle 2: Arbeitshöhe: Welche Tätigkeiten können Sie mit dem Arm durchführen?.....	30
Tabelle 3: Zusammensetzung der Punktzahl im Constant Score.....	32
Tabelle 4: Simple Shoulder Test (SST)	33
Tabelle 5: Epidemiologische Auswertung des Gesamtkollektivs.....	36
Tabelle 6: Epidemiologie der konservativ versorgten Patienten.....	42
Tabelle 7: Folgeoperationen bei konservativ versorgten Patienten.....	43
Tabelle 8: Epidemiologie der mit Nagelosteosynthese versorgten Patienten.....	46
Tabelle 9: Folgeoperationen bei nagelosteosynthetisch versorgten Patienten.....	46
Tabelle 10: Epidemiologie der plattenosteosynthetisch versorgten Patienten.....	47
Tabelle 11: Folgeoperationen bei plattenosteosynthetisch versorgten Patienten.....	48
Tabelle 12: Epidemiologie der mit anatomischer Prothese versorgten Patienten.....	51
Tabelle 13: Epidemiologie der mit inverser Prothese versorgten Patienten.....	52
Tabelle 14: Kollektivgegenüberstellung: Gesamtkollektiv und Kollektiv mit ausgewertetem Fragebogen.....	54
Tabelle 15: Übersicht über klinische Ergebnisse der Patienten mit beantwortetem Fragebogen.....	57
Tabelle 16: Auswertung des Zusammenhangs zwischen Frakturierung der medialen Kortikalis und der Anzahl an Folgeoperationen.....	63

9 Literaturverzeichnis

1. Bibliographisches Institut GmbH - Dudenverlag. Accessed 06/21, 2016. <http://www.duden.de/>.
2. Schünke M, Schulte E, Schumacher U editors. PROMETHEUS Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2014.
3. Lill H, Josten C. Conservative or operative treatment of humeral head fractures in the elderly? *Chirurg*. 2001;72(11):1224-1234.
4. Katthagen JC, Voigt C, Lill H. Frakturen des proximalen Humerus. In: Scheibel M, Brunner U, ed. *Expertise Orthopädie und Unfallchirurgie: Schulter*. Georg Thieme Verlag; 2019 (in print).
5. Gerber C, Schneeberger AG, Vinh T-S. The arterial vascularization of the humeral head. An anatomical study. *J Bone JT Surg Ser A*. 1990;72 A(10):1486-1494.
6. Duparc F. Proximal humerus arterial blood revised. In: Boileau PW, Molè D, eds. *Shoulder concepts 2008 proximal humerus fractures and fractures sequelae*. Montpellier: Sauramps Medical; 2008:31-37.
7. Tauber M, Resch H. Frakturbiologie und -morphologie. In: Lill H, Scheibel M, Voigt C, eds. *Die proximale Humerusfraktur*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2014:1-17.
8. Bastian JD, Hertel R. Initial post-fracture humeral head ischemia does not predict development of necrosis. *J Shoulder Elbow Surg*. 2008;17(1):2-8.
9. Bell J-E, Leung BC, Spratt KF, et al. Trends and variation in incidence, surgical treatment, and repeat surgery of proximal humeral fractures in the elderly. *J Bone Jt Surg Ser A*. 2011;93(2):121-131.

10. Ricchetti ET, Warrender WJ, Abboud JA. Use of locking plates in the treatment of proximal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19(2 SUPPL.):66-75.
11. Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J. Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 2006(442):87-92.
12. Court-Brown CM, Garg A, McQueen MM. The epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand.* 2001;72(4):365-371.
13. D'Elia G, Roselli G, Cavalli L, Innocenti P, Brandi ML. Severe osteoporosis: Diagnosis of non-hip non-vertebral (NHNV) fractures. *Clin Cases Miner Bone Metab.* 2010;7(2):85-90.
14. Matz T. Klinische Ergebnisse der Behandlung von proximalen Humerusfrakturen. Eine Untersuchung unter besonderer Betrachtung der Lebensqualität. [Dissertation] Berlin: Medizinische Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin; 2011.
15. Lill H, Josten C. Proximal and distal humeral fractures in the elderly. *Orthopade.* 2000;29(4):327-341.
16. Szyszkowitz R, Schippinger G. Fractures of the proximal humerus. *Unfallchirurg.* 1999;102(6):422-428.
17. Ellwein A, Lill H, Voigt C. Prä-/intra- und postoperative Diagnostik. In: Lill H, Scheibel M, Voigt C, eds. *Die proximale Humerusfraktur.* Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2014:19-27.
18. Voigt C, Ewig M, Vosshenrich R, Lill H. Value of MRI in preoperative diagnostics of proximal humeral fractures compared to CT and conventional radiography. *Unfallchirurg.* 2010;113(5):378-385.
19. Codman E, ed. *The shoulder rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa.* Malabar, Florida: Robert E. Krieger Publishing Company; 1934.

20. Neer CS. Displaced proximal humeral fractures. I. classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am.* 1970;52(6):1077-1089.
21. Müller M, Heim S, Serge Nazarian S, Koch P, Schatzker J. The comprehensive classification of fractures of long bones. Springer; 1990:216.
22. Hertel R. Fractures of the proximal humerus in osteoporotic bone. *Osteoporosis Int.* 2005;16(SUPPL. 2):S65-S72.
23. Hirzinger C, Tauber M, Resch H. Proximal humerus fracture: New aspects in epidemiology, fracture morphology, and diagnostics. *Unfallchirurg.* 2011;114(12):1051-1058.
24. Majed A, Macleod I, Bull AMJ, et al. Proximal humeral fracture classification systems revisited. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20(7):1125-1132.
25. Imrecke J, Voigt C, Lill H, Gerhardt C, Scheibel M. Besonderheiten. In: Lill H, Scheibel M, Voigt C, eds. *Die proximale Humerusfraktur.* Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2014:105-131.
26. Burkhart KJ, Dietz SO, Bastian L, Thelen U, Hoffmann R, Müller LP. The treatment of proximal humeral fracture in adults. *Dtsch Arztebl Inter.* 2013;110(35-36):591-597.
27. Werth M, Scheibel M, Katthagen C, et al. Osteosynthesen: Wann und wie? In: Lill H, Scheibel M, Voigt C, eds. *Die proximale Humerusfraktur.* Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2014:45-104.
28. Fjalestad T, Hole MØ, Hovden IAH, Blücher J, Strømsøe K. Surgical treatment with an angular stable plate for complex displaced proximal humeral fractures in elderly patients: A randomized controlled trial. *J Orthop Trauma.* 2012;26(2):98-106.

29. Olerud P, Ahrengart L, Ponzer S, Saving J, Tidermark J. Internal fixation versus nonoperative treatment of displaced 3-part proximal humeral fractures in elderly patients: A randomized controlled trial. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20(5):747-755.
30. Handoll HH, Brorson S. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;11:CD000434.
31. Sanders RJ, Thissen LG, Teepen JC, van Kampen A, Jaarsma RL. Locking plate versus nonsurgical treatment for proximal humeral fractures: Better midterm outcome with nonsurgical treatment. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20(7):1118-1124.
32. Maier D, Jaeger M, Izadpanah K, Strohm PC, Suedkamp NP. Current concepts review proximal humeral fracture treatment in adults. *J Bone Jt Surg Ser A.* 2014;96(3):251-261.
33. Tepass A, Rolauuffs B, Weise K, Bahrs SD, Dietz K, Bahrs C. Complication rates and outcomes stratified by treatment modalities in proximal humeral fractures: A systematic literature review from 1970-2009. *Patient Saf Surg.* 2013;7(1).
34. Acevedo DC, VanBeek C, Lazarus MD, Williams GR, Abboud JA. Reverse shoulder arthroplasty for proximal humeral fractures: Update on indications, technique, and results. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 2014;23(2):279-289.
35. Krettek C, Wiebking U. Proximal humerus fracture: Is fixed-angle plate osteosynthesis superior to conservative treatment? *Unfallchirurg.* 2011;114(12):1059-1067.
36. Jia Z, Li W, Qin Y, et al. Operative versus nonoperative treatment for complex proximal humeral fractures: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Orthopedics.* 2014;37(6):e543-e551.
37. Launonen AP, Lepola V, Flinkkilä T, Laitinen M, Paavola M, Malmivaara A. Treatment of proximal humerus fractures in the elderly. *Acta Orthop.* 2015;86(3):280-285.

38. Rabi S, Evaniew N, Sprague SA, Bhandari M, Slobogean GP. Operative vs non-operative management of displaced proximal humeral fractures in the elderly: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *World J Orthop.* 2015;6(10):838-846.
39. Iyengar JJ, Devcic Z, Sproul RC, Feeley BT. Nonoperative treatment of proximal humerus fractures: A systematic review. *J Orthop Trauma.* 2011;25(10):612-617.
40. Hanson B, Neidenbach P, de Boer P, Stengel D. Functional outcomes after nonoperative management of fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009;18(4):612-621.
41. Torrens C, Corrales M, Vilà G, Santana F, Cáceres E. Functional and quality-of-life results of displaced and nondisplaced proximal humeral fractures treated conservatively. *J Orthop Trauma.* 2011;25(10):581-587.
42. Court-Brown CM, Cattermole H, McQueen MM. Impacted valgus fractures (B1.1) of the proximal humerus. *J Bone Jt Surg Ser B.* 2002;84(4):504-508.
43. Hepp P, Josten C. Biology and biomechanics in osteosynthesis of proximal humerus fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2007;33(4):337-344.
44. Franke S, Ambacher T. Proximal humeral fractures - conservative versus surgical treatment: When and which procedure? *Obere Extremität.* 2012:1-7.
45. Park T-S, Choi I-Y, Kim Y-H, Park M-R, Shon J-H, Kim S-I. A new suggestion for the treatment of minimally displaced fractures of the greater tuberosity of the proximal humerus. *Bull Hosp Jt Dis.* 1997;56(3):171-176.
46. Lill H, Voigt C. Proximal humeral fracture. *Z Orthop Unfall.* 2010;148(3):353-360; quiz 361-362.

47. Krappinger D, Bizzotto N, Riedmann S, Kammerlander C, Hengg C, Kralinger FS. Predicting failure after surgical fixation of proximal humerus fractures. *Injury*. 2011;42(11):1283-1288.
48. Katthagen JC, Voigt C, Jensen G, Lill H. Nail osteosynthesis of proximal humerus fractures. *Obere Extremität*. 2012:1-9.
49. Lanting B, MacDermid J, Drosdowech D, Faber KJ. Proximal humeral fractures: A systematic review of treatment modalities. *J Shoulder Elbow Surg*. 2008;17(1):42-54.
50. Karataglis D, Stavridis SI, Petsatodis G, Papadopoulos P, Christodoulou A. New trends in fixation of proximal humeral fractures: A review. *Injury*. 2011;42(4):330-338.
51. Blum J, Hansen M, Rommens PM. Angle-stable intramedullary nailing of proximal humerus fractures with the PHN (proximal humeral nail). *Oper Orthop Traumatol*. 2009;21(3):296-311.
52. Mittlmeier WF, Stedtfeld H-W, Ewert A, Beck M, Frosch B, Gradl G. Stabilization of proximal humeral fractures with an angular and sliding stable antegrade locking nail (targon PH). *J Bone Jt Surg Ser A*. 2003;85(SUPPL. 4):136-146.
53. Murray IR, Amin AK, White TO, Robinson CM. Proximal humeral fractures: Current concepts in classification, treatment and outcomes. *J Bone Jt Surg Ser B*. 2011;93 B(1):1-11.
54. Zhu Y, Lu Y, Shen J, Zhang J, Jiang C. Locking intramedullary nails and locking plates in the treatment of two-part proximal humeral surgical neck fractures: A prospective randomized trial with a minimum of three years of follow-up. *J Bone Jt Surg Ser A*. 2011;93(2):159-168.
55. Aaron D, Shatsky J, Paredes JC, Jiang C, Parsons BO, Flatow EL. Proximal humeral fractures: Internal fixation. *Instr Course Lect*. 2013;62:143-154.

56. Lungershausen W, Bach O, Lorenz CO. Locking plate osteosynthesis for fractures of the proximal humerus. *Zentralbl Chir.* 2003;128(1):28-33.
57. Agudelo J, Schürmann M, Stahel P, et al. Analysis of efficacy and failure in proximal humerus fractures treated with locking plates. *J Orthop Trauma.* 2007;21(10):676-681.
58. Schliemann B, Siemoneit J, Theisen Ch, Kösters C, Weimann A, Raschke MJ. Complex fractures of the proximal humerus in the elderly-outcome and complications after locking plate fixation. *Musculoskeletal Surg.* 2012;96(SUPP):S3-S11.
59. El-Sayed MM. Surgical management of complex humerus head fractures. *Orthop Rev (Pavia).* 2010;2(2):e14.
60. Foruria AM, Carrascal MT, Revilla C, Munuera L, Sanchez-Sotelo J. Proximal humerus fracture rotational stability after fixation using a locking plate or a fixed-angle locked nail: The role of implant stiffness. *Clin Biomech.* 2010;25(4):307-311.
61. Brorson S, Rasmussen JV, Frich LH, Olsen BS, Hróbjartsson A. Benefits and harms of locking plate osteosynthesis in intraarticular (OTA type C) fractures of the proximal humerus: A systematic review. *Injury.* 2012;43(7):999-1005.
62. Greiner S, Kääh MJ, Haas NP, Bail HJ. Humeral head necrosis rate at mid-term follow-up after open reduction and angular stable plate fixation for proximal humeral fractures. *Injury.* 2009;40(2):186-191.
63. Plecko M, Kraus A. Internal fixation of proximal humerus fractures using the locking proximal humerus plate. *Oper Orthop Traumatol.* 2005;17(1):25-50.
64. Burke NG, Kennedy J, Green C, Dodds MK, Mullett H. Locking plate fixation for proximal humerus fractures. *Orthopedics.* 2012;35(2):e250-e254.

65. Sproul RC, Iyengar JJ, Devcic Z, Feeley BT. A systematic review of locking plate fixation of proximal humerus fractures. *Injury*. 2011;42(4):408-413.
66. Brunner U. Primäre Prothetik: Wann und welche? In: Lill H, Scheibel M, Voigt C, eds. *Die proximale Humerusfraktur*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2014:133-155.
67. Königshausen M, Kübler L, Godry H, Citak M, Schildhauer TA, Seybold D. Clinical outcome and complications using a polyaxial locking plate in the treatment of displaced proximal humerus fractures. A reliable system? *Injury*. 2012;43(2):223-231.
68. Nho SJ, Brophy RH, Barker JU, Cornell CN, MacGillivray JD. Management of proximal humeral fractures based on current literature. *J Bone Jt Surg Ser A*. 2007;89(SUPPL. 3):44-58.
69. Resch H. Fractures of the humeral head. *Unfallchirurg*. 2003;106(8):602-617.
70. Lill H, Ellwein A, Katthagen C, Voigt C. Osteoporotic fractures of the proximal humerus. *Chirurg*. 2012;83(10):858-865.
71. Ferrel JR, Trinh TQ, Fischer RA. Reverse total shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for proximal humeral fractures: A systematic review. *J Orthop Trauma*. 2015;29(1):60-68.
72. Gupta AK, Harris JD, Erickson BJ, et al. Surgical management of complex proximal humerus fractures - A systematic review of 92 studies including 4500 patients. *J Orthop Trauma*. 2015;29(1):54-59.
73. Mata-Fink A, Meinke M, Jones C, Kim B, Bell J-E. Reverse shoulder arthroplasty for treatment of proximal humeral fractures in older adults: A systematic review. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2013;22(12):1737-1748.

74. Gallinet D, Clappaz P, Garbuio P, Tropet Y, Obert L. Three or four parts complex proximal humerus fractures: Hemiarthroplasty versus reverse prosthesis: A comparative study of 40 cases. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2009;95(1):48-55.
75. Smith CD, Guyver P, Bunker TD. Indications for reverse shoulder replacement: A systematic review. *J Bone Joint Surg Br.* 2012;94(5):577-583.
76. Katthagen JC, Huber M, Grabowski S, Ellwein A, Jensen G, Lill H. Failure and revision rates of proximal humeral fracture treatment with the use of a standardized treatment algorithm at a level-1 trauma centre. *J Orthop Traumatolog* (2017) 18:265-274.
77. Katthagen JC, Grabowski S, Huber M, Jensen G, Voigt C, Lill H. Epidemiology and treatment reality of proximal humeral fractures at a level-1 trauma centre. *Obere Extremität* (2016) 11:112-118.
78. Grabowski S. Epidemiologie und Versorgungsrealität proximaler Humerusfrakturen an einem spezialisierten Level-1 Traumazentrum. [Dissertation]. Leipzig: Universität Leipzig, Medizinische Fakultät; 2016.
79. Matsen FA III, Lippitt SB, Sidles JA, Harryman DT II. *Practical Evaluation and Management of the Shoulder.* Washington: Saunders (W.B.) Co Ltd; 1994
80. Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res.* 1987;(214)(214):160-164.
81. Boehm D, Wollmerstedt N, Doesch M, Handwerker M, Mehling E, Gohlke F. Development of a questionnaire based on the constant-murley-score for patient self-evaluation of shoulder function. *Unfallchirurg.* 2004;107(5):397-402.
82. Kelvis L, Fitzgerald G, Francis W. *On the Criterion that a given System of Deviations from the Probable in the Case of a Correlated System of Variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from Random Sampling.* The London,

- Edinburgh and Dublin philosophical magazine and journal of science 1900;5th ser. v. 50 July-Dec 1900.
83. Kendall MG. A New Measure of Rank Correlation. *Biometrika* 1938;30(1):81-93.
 84. Fisher RA. *Statistical methods for research workers*. 2nd edition. Edinburgh, London: Oliver and Boyd; 1928.
 85. Student. The Probable Error of a Mean. *Biometrika* 1908;6(1):1-25.
 86. Sonderegger J, Simmen H-P. Epidemiology, treatment and results of proximal humeral fractures: Experience of a district hospital in a sports- and tourism area. *Zentralbl Chir.* 2003;128(2):119-124.
 87. Launonen AP, Lepola V, Flinkkilä T, et al. Conservative treatment, plate fixation, or prosthesis for proximal humeral fracture. A prospective randomized study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2012;13.
 88. Den Hartog D, Tuinebreijer WE, Polinder S, et al. Primary hemiarthroplasty versus conservative treatment for comminuted fractures of the proximal humerus in the elderly (ProCon): A multicenter randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.* 2010;11.
 89. Olerud P, Ahrengart L, Ponzer S, Saving J, Tidermark J. Hemiarthroplasty versus nonoperative treatment of displaced 4-part proximal humeral fractures in elderly patients: A randomized controlled trial. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20(7):1025-1033.
 90. Smith AM, Mardones RM, Sperling JW, Cofield RH. Early complications of operatively treated proximal humeral fractures. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 2007;16(1):14-24.

91. Südkamp NP, Audigé L, Lambert S, Hertel R, Konrad G. Path analysis of factors for functional outcome at one year in 463 proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20(8):1207-1216.
92. Roux A, Decroocq L, El Batti S, et al. Epidemiology of proximal humerus fractures managed in a trauma center. *Orthop Traumatol : Surg Res.* 2012;98(6):715-719.
93. Dimai HP, Svedbom A, Fahrleitner-Pammer A, et al. Epidemiology of proximal humeral fractures in austria between 1989 and 2008. *Osteoporosis Int.* 2013;24(9):2413-2421.
94. Guggenbuhl P, Meadeb J, Chalès G. Osteoporotic fractures of the proximal humerus, pelvis, and ankle: Epidemiology and diagnosis. *Joint Bone Spine.* 2005;72(5):372-375.
95. Kim SH, Szabo RM, Marder RA. Epidemiology of humerus fractures in the united states: Nationwide emergency department sample, 2008. *Arthritis Care and Research.* 2012;64(3):407-414.
96. Launonen AP, Lepola V, Saranko A, Flinkkilä T, Laitinen M, Mattila VM. Epidemiology of proximal humerus fractures. *Arch Osteoporosis.* 2015;10(1):1-5.
97. Van Staa TP, Dennison EM, Leufkens HGM, Cooper C. Epidemiology of fractures in england and wales. *Bone.* 2001;29(6):517-522.
98. Tingart MJ, Apreleva M, von Stechow D, Zurakowski D, Warner JJ. The cortical thickness of the proximal humeral diaphysis predicts bone mineral density of the proximal humerus. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series B.* 2003;85(4):611-617.
99. Lill H, Hepp P, Gowin W, et al. Age- and gender-related distribution of bone mineral density and mechanical properties of the proximal humerus. *RoFo Fortschr Geb Rontgenstr Bildgebenden Verfahren.* 2002;174(12):1544-1550.

100. Blonna D, Barbasetti N, Banche G, et al. Incidence and risk factors for acute infection after proximal humeral fractures: A multicenter study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2014;23(4):528-535.
101. Petrigliano FA, Bezrukov N, Gamradt SC, SooHoo NF. Factors predicting complication and reoperation rates following surgical fixation of proximal humeral fractures. *J Bone Jt Surg Am Vol.* 2014;96(18):1544-1551.
102. Adedapo AO, Ikpeme JO. The results of internal fixation of three- and four-part proximal humeral fractures with the polarus nail. *Injury.* 2001;32(2):115-121.
103. Gradl G, Dietze A, Kääh M, Hopfenmüller W, Mittlmeier T. Is locking nailing of humeral head fractures superior to locking plate fixation? *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(11):2986-2993.
104. Konrad G, Audigé L, Lambert S, Hertel R, Südkamp NP. Similar outcomes for nail versus plate fixation of three-part proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(2):602-609.
105. Silverstein MP, Yirenkyi K, Haidukewych G, Koval KJ. Analysis of failure with the use of locked plates for stabilization of proximal humerus fractures. *Bull Hosp Jt Dis.* 2015;73(3):185-189.
106. Egol KA, Ong CC, Walsh M, Jazrawi LM, Tejwani NC, Zuckerman JD. Early complications in proximal humerus fractures (OTA types 11) treated with locked plates. *J Orthop Trauma.* 2008;22(3):159-164.
107. Thanasas C, Kontakis G, Angoules A, Limb D, Giannoudis P. Treatment of proximal humerus fractures with locking plates: A systematic review. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009;18(6):837-844.

108. Sebastia-Forcada E, Cebrian-Gomez R, Lizaur-Utrilla A, Gil-Guillen V. Reverse shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for acute proximal humeral fractures. A blinded, randomized, controlled, prospective study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2014;23(10):1419-1426.
109. Mansat P, Bonneville N. Treatment of fracture sequelae of the proximal humerus: Anatomical vs reverse shoulder prosthesis. *Int Orthop.* 2015;39(2):349-354.
110. Mersch D, Stangl R. Stability and functional aspects after reversed modular fracture arthroplasty in case of 3- and 4-part fractures of the humeral head. *Obere Extremität.* 2014;9(4):280-288.
111. Wong J, Newman JM, Gruson KI. Outcomes of intramedullary nailing for acute proximal humerus fractures: A systematic review. *J Orthop Traumatol.* 2015.
112. Shukla DR, McAnany S, Kim J, Overley S, Parsons BO. Hemiarthroplasty versus reverse shoulder arthroplasty for treatment of proximal humeral fractures: A meta-analysis. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015.
113. Kim KC, Rhee KJ, Shin HD, Kim YM. Arthroscopic removal of an intramedullary nail in the humerus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy.* 2007;15(7):922-926.
114. Voigt C, Geisler A, Lill H. Arthroscopic locking plate removal after proximal humeral fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2010;130(3):391-395.
115. Dines JS, Hettrich CM, Kelly BT, Savoie III FH, Lorch DG. Arthroscopic removal of proximal humerus locking plates. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy.* 2010;18(3):409-411.
116. Moonot P, Ashwood N, Hamlet M. Early results for treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus using the PHILOS plate system. *J Bone Jt Surg Ser B.* 2007;89(9):1206-1209.

117. Gardner MJ, Weil Y, Barker JU, Kelly BT, Helfet DL, Lorich DG. The importance of medial support in locked plating of proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma*. 2007;21(3):185-191.
118. Matassi F, Angeloni R, Carulli C, et al. Locking plate and fibular allograft augmentation in unstable fractures of proximal humerus. *Injury*. 2012;43(11):1939-1942.
119. Osterhoff G, Hoch A, Wanner GA, Simmen H-P, Werner CML. Calcar comminution as prognostic factor of clinical outcome after locking plate fixation of proximal humeral fractures. *Injury*. 2012;43(10):1651-1656.
120. Farmer KW, Wright TW. Three- and four-part proximal humerus fractures: Open reduction and internal fixation versus arthroplasty. *J Hand Surg (USA)*. 2010;35(11):1881-1884.
121. Boesmueller S, Wech M, Gregori M, et al. Risk factors for humeral head necrosis and non-union after plating in proximal humeral fractures. *Injury*. 2015.
122. Pross C, Platz A, Rufibach K, Lattmann T, Forberger J, Dietrich M. The PHILOS plate for proximal humeral fractures-risk factors for complications at one year. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012;72(3):783-792.
123. Neuhaus V, Swellengrebel CHJ, Bossen JKJ, Ring D. What are the factors influencing outcome among patients admitted to a hospital with a proximal humeral fracture? *general*. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(5):1698-1706.

Eigenständigkeitserklärung

Erklärung über die eigenständige Abfassung der Arbeit

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Die aktuellen gesetzlichen Vorgaben in Bezug auf die Zulassung der klinischen Studien, die Bestimmungen des Tierschutzgesetzes, die Bestimmungen des Gentechnikgesetzes und die allgemeinen Datenschutzbestimmungen wurden eingehalten. Ich versichere, dass ich die Regelungen der Satzung der Universität Leipzig zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis kenne und eingehalten habe.

Datum

Unterschrift

Lebenslauf

Persönliche Angaben

Name: Meret Koroni Huber

Geburtsdatum: 20.02.1990

Geburtsort: Bielefeld, Deutschland

Staatsangehörigkeit: deutsch und niederländisch

Eltern: Dr. med. Bernd Walter Huber, Henrika Johanna Maria van den Broek

Email: Huber.Meret@mh-hannover.de

berufliche Ausbildung

- | | |
|---------------------|--|
| 10/2016 bis heute | Assistenzärztin in der Neurologie
an der Medizinischen Hochschule Hannover |
| 08/2012 bis heute | Promotion
in der Unfallchirurgie des
DIAKOVERE Friederikenstift, Hannover |
| 10/2009 bis 06/2016 | Studium der Humanmedizin
an der Medizinischen Hochschule Hannover |

weitere medizinische Berufserfahrungen

- | | |
|---------------------|--|
| 10/2014 bis 05/2015 | Studentische Hilfskraft
Funktionsabteilung für Elektrokardiographie
Vinzenzkrankenhaus Hannover gGmbH |
| 05/2011 bis 05/2014 | Studentische Hilfskraft
Assistenz im Operationssaal
Department für Endoprothetik
Orthopädisches Fachkrankenhaus Annastift Hannover |
| 10/2010 bis 03/2011 | Studentische Hilfskraft
Zentrum für Anatomie der MHH: Modul Zellbiologische
und genetische Grundlagen der Medizin
Tutorin zur Begleitung des Praktikums der Zellbiologie |

schulische Ausbildung

06/2009

Abitur

Friedrich-von-Bodenschwingh Schulen Bielefeld-Bethel

Leistungskurse: Mathematik und Physik

Abschlussnote: 1,6

08/1996 bis 07/2000

Grundschule

Martinschule Bielefeld

Hannover, den 16.10.2018

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. habil. Christoph Josten, Geschäftsführender Direktor der Klinik und Poliklinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und plastische Chirurgie des Universitätsklinikums Leipzig, für die Überlassung des Themas und die Möglichkeit der Bearbeitung an seiner Klinik bedanken.

Herrn Prof. Dr. med. habil. Helmut Lill, Chefarzt der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des DIAKOVERE Friederikenstift gGmbH, danke ich für die Überlassung des Themas sowie für die Betreuung bei dieser spannenden Arbeit.

Herrn Dr. med. Jan Christoph Katthagen spreche für Rat und Tat bei der Bearbeitung des Themas einen großen Dank aus. Außerdem danke ich dem gesamten Team der Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des DIAKOVERE Friederikenstift gGmbH, für die Unterstützung bei der vorliegenden Arbeit. So wurden stets Arbeitsräumlichkeiten ermöglicht, Fragen beantwortet und geduldig technische Schwierigkeiten erläutert.

Meiner Kommilitonin und Freundin Frau Dr. med. Svenja Grabowski danke ich für die gegenseitige Unterstützung und die gemeinsame Freude bei der Datenerhebung.

Bei Herrn Bernhard Vaske, ehemaliger Mitarbeiter des Zentrums für Biometrie, Medizinische Informatik und Medizintechnik der Medizinischen Hochschule Hannover, bedanke ich mich außerordentlich für die stets freundliche und prompte Beratung bei der statistischen Auswertung gewünschter Fragestellungen.

Meiner Familie möchte ich ganz besonders herzlich danken für die uneingeschränkte Unterstützung während meines gesamten Studiums. Ohne sie wäre diese Arbeit so nicht möglich gewesen. Außerdem danke ich meinen Freunden und meinem Freund, die mich nicht nur während sehr arbeitsintensiven Phasen stets mit Rat und Tat unterstützt haben.