

Aus der Klinik und Poliklinik für
Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Direktor: Prof. Dr. med. J.M. Rueger

**Intramedulläre Osteosynthese von Humerusfrakturen.
Ergebnisse des Einsatzes eines langen antegraden
Verriegelungsnagel-Systems (Targon PH).**

Dissertation

Zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg
vorgelegt von

Marte Schinke, geb. Alsen
aus Hamburg

Hamburg 2006

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Hamburg am: 02.05.2007

Veröffentlicht mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. J. M. Rueger

Prüfungsausschuss: 2. Gutachter/in: Prof. Dr. Dr. M. Heiland

Prüfausschuss: 3. Gutachter/in: PD Dr. D. Sommerfeldt

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	5
1.1 Fallbeispiel.....	9
1.2 Anatomie des Humerus.....	10
1.3 Die Rolle der Osteoporose.....	12
1.4 Die pathologische Humerusfraktur.....	13
1.5 Diagnose der Humerusfraktur.....	13
1.6 Therapieoptionen.....	14
1.7 Allgemeine Komplikationen der Humerusfraktur.....	16
1.8 Zielsetzung.....	17
2 Methodik	18
2.1 Implantat.....	18
2.2 Operationstechnik.....	18
2.3 Nachbehandlung.....	20
2.4 Inhalt der Nachuntersuchungen.....	22
2.4.1 Anamnese.....	22
2.4.2 Körperliche Untersuchung.....	22
2.4.3 Prüfung der Beweglichkeit.....	23
2.4.4 Kraftmessung.....	24
2.4.5 Subjektive Beurteilung der Schulterfunktion.....	24
2.5 Bewertung der funktionellen Ergebnisse.....	24
2.5.1 Score nach Constant und Murley.....	25
2.5.2 Neer-Score.....	27

3 Patienten	29
4 Ergebnisse	33
4.1 Patientenkollektiv.....	33
4.2 Operationszeiten.....	34
4.3 Analyse der Rehabilitation.....	35
4.4 Funktionelle Ergebnisse.....	36
4.4.1 Funktionelle Ergebnisse der ersten Nachuntersuchung.....	36
4.4.2 Funktionelle Ergebnisse der zweiten Nachuntersuchung.....	40
4.5 Subjektive Bewertung des Patienten.....	43
4.6 Subjektive Bewertung des Untersuchers.....	44
4.7 Komplikationen.....	45
4.8 Fallbeispiel.....	46
5 Diskussion	48
6 Zusammenfassung	58
7 Literaturverzeichnis	60
8 Danksagung	69
9 Lebenslauf	70
10 Eidesstattliche Erklärung	71

1 Einleitung

Die Frakturen des Humerus sind häufig. Die Fraktur des proximalen Humerus ist, neben der des coxalen Femures und den Radiusfrakturen, eine der häufigsten Frakturen des alten Menschen (Habermeier et al., 1989; Resch et al., 1997; Szyskowitz et al., 1999). Ihre Inzidenz steigt mit dem höheren Lebensalter (Damanakis, 1996). War man lange Zeit der Ansicht, dass sich bei geringer Dislokation und Achsabweichung der größte Anteil, bis ca. 80 % der proximalen Humerusfrakturen, gut konservativ versorgen ließe (Habermeier et al., 1989; Jakob et al., 1990), so wird heute eine Operationsindikation großzügiger gestellt. (Habernek et al., 1991; Hawkins et al., 1991, Stedtfeld et al., 2003). Auch die Humerusschaftfrakturen galten als vergleichsweise problemlos und wurden von Lorenz Böhler 1964 als die gutartigsten aller Frakturen bezeichnet (Böhler, 1964), doch auch hier zeichnet sich eine Tendenz zur vermehrten operativen Versorgung ab. Aufgrund unbefriedigender Resultate der konservativen Behandlung bei proximalen kopfnahen Frakturen, bei Querfrakturen und bei Frakturen des adipösen Patienten (Brug et al., 1994) wurden die bereits als anerkannt geltenden Operationsindikationen in den letzten Jahren wesentlich erweitert. Dabei stellen nach wie vor komplexe Frakturen des Humeruskopfes und -schaftes mit Verdrehung und/oder Verschiebung der einzelnen Fragmente eine operative Herausforderung dar. Laut einer Sammelstudie der „Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese“ (kurz AO) wurden 1991 schon 50 % der Humerusschaftfrakturen operativ versorgt (Nast-Kolb et al., 1991). Die Erfahrung zeigt, dass die meisten älteren Patienten nicht die Erfordernisse für die konservative Therapie erfüllen. Der oftmals allgemein herabgesetzte Gesundheitszustand, die in der Regel herabgesetzte Knochendichte, die mangelnde Compliance in Hinsicht auf die erforderliche Physiotherapie, sowie der aufgrund des hohen Kostendruckes angestrebte kurze Krankenhausaufenthalt des Patienten, erschweren die adäquate konservative Therapie des alten Menschen. Nicht nur berufstätige Menschen, sondern insbesondere auch ältere Menschen sind auf ein funktionsfähiges Schultergelenk und dessen Halte- und Greiffunktionen angewiesen. Dies ist eine wichtige Voraussetzung zum Erhalt der Unabhängigkeit im täglichen Leben. Bei höherer Lebenserwartung der Gesamtbevölkerung kommt nicht zuletzt auch volkswirtschaftlich dem Erhalt der Selbstversorgung des Betroffenen eine eminente Bedeutung zu. Nur ein gutes funktionelles Ergebnis kann dies gewährleisten (Damanakis, 1996). Die allgemein zunehmende Unzufriedenheit gegenüber den konservativen Verfahren in speziellen Fraktursituationen des Humerus bildete die Grundlage, geeignete operative Verfahren zu etablieren.

Es wurden eine Reihe operativer Versorgungen beschrieben, die allerdings jeweils mit spezifischen Nachteilen verbunden sind (Lin et al., 1997; Blum et al., 1998; Becker et al., 2002). Dazu gehören Weichteilverletzung und Nervenirritationen, Implantatversagen oder Durchspießung des Implantates nach außen, sowie schlechte Verankerungsmöglichkeiten im osteoporotischen Knochen (Rommens et al., 1998; Wu, 1996; Brug et al., 1994; Henley et al., 1992). Küntscher-Nägel schienen im Humerus keine ausreichende Stabilität zu gewährleisten, und Lockerungen der Nägel, die dann unter anderem Irritationen im Gelenkspalt mit sich zogen, waren häufig (Christensen, 1976; Henley et al., 1992). Bei der antegraden Stabilisierung mittels Seidel-Nagel wurde eine gute Stellung der Kopffragmente erreicht (Crolla et al., 1993; Habernek et al., 1991), allerdings ging diese mit Einschränkung der Schulterbeweglichkeit einher (Evans et al., 1993; Ingman et al., 1994), und distale Fragmente wurden nicht ausreichend gefasst (Riemer et al., 1994). Mit der retrograden Marknagelung lassen sich hingegen distale Fragmente sehr gut fassen, und das Implantat bietet eine ausreichende Stabilität. Frakturen im Kopfbereich allerdings erreicht man mit diesen Verfahren nicht, und es wurden hier häufig Irritationen des Nervus radialis beschrieben (Rommens et al., 1998). Bei Patienten mit guter Knochensubstanz haben die minimalinvasiven Techniken noch die besten Ergebnisse gezeigt (Siebler et al., 1989). Diese schienen aber bei alten Menschen, welche den weitaus größeren Anteil der Patienten ausmachen, mit einer hohen Rate zu versagen (Lill et al., 2001; Resch et al., 1997). Zusammenfassend haben sich die Methoden der operativen Rekonstruktion vielfach als sehr komplikationsträchtig erwiesen, und die objektiven funktionellen Ergebnisse sind unter Anwendung spezifischer Scores relativ enttäuschend geblieben.

Ziel war es, ein intramedulläres Fixierungssystem zu entwickeln, das den Anforderungen der osteoporotischen Humerusfraktur alter Menschen gerecht wird (Stedtfeld et al., 2003). Es ist nur schwerlich möglich, osteoporotische Fragmente mit zertrümmerten Rändern wirksam unter Kompression gegeneinander abzustützen. So erscheint es erforderlich, die reponierten Fragmente und damit die anatomische Grundstruktur wenigstens nach dem Stellschraubenprinzip zu halten. Die zentrale Lage eines intramedullären Stellgerüsts hat den Vorteil, über kürzere Hebelarme zu verfügen. Es nutzt außerdem den naturgegebenen axialen Stabilisierungseffekt eines Nagels im Markraum. Der zentrale Nagel ist in der Lage, die zirkulär angeordneten Protuberanzen (Kalotte, Anteile des Tuberculum majus, Tuberculum minus) zu erfassen und in reponierter Position zu halten (Abbildung 1).

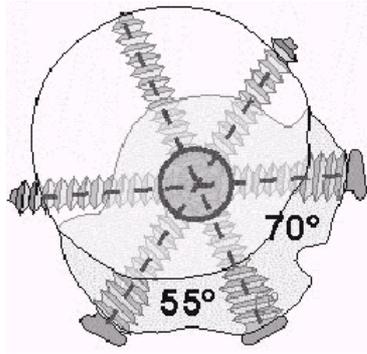


Abbildung 1: Sternförmige Verteilung der Fixierungsschrauben auf die Humeruskopfanteile aus kranial-kaudaler Sicht. Der Schraubenüberstand ist in der Graphik nur zur Verdeutlichung der Winkelverteilung belassen; tatsächlich bleiben die Schraubenenden unter der Kortikalis der Kalotte. Die Schrauben laufen durch die gewindetragenden Nagellöcher und sind dadurch gleit- und winkelstabil. Die von den Schrauben erfassten Humeruskopfelemente sind gegenüber dem Nagel als zentrale Kraftträger nach dem Stellschraubenprinzip fixiert (Stedtfeld et al., 2003).

Die antegrade Nageleinbringung hat, wie vielfach in der Literatur diskutiert (Rommens et al., 1998; Siebert et al., 1996; Lin et al., 1997), den Nachteil der Penetration der Bursa subacromialis und, falls noch intakt, der Rotatorenmanschette. Andererseits ist es ohnehin erforderlich, bei den dislozierten 3- und 4-Segmentfrakturen die Fragmente über einen schonenden Zugang zu reponieren. Des weiteren ist die Rotatorenmanschette bei komplexen Frakturen zumeist gerissen und muss genäht werden, außerdem sind bei schonendem Umgang mit Bursa und Rotatorenmanschette diese unter frühen Bewegungsübungen schnell ausgeheilt. Als Eingangsstelle wird nicht der Sulcus zwischen Tuberculum majus und der Kopfkalotte gewählt, da diese durch ihre Lage einen Sprengeneffekt auf den geschädigten Humeruskopf implizieren könnte. Ist der Nagel gerade, hat dies gegenüber einem gebogenen Implantat den Vorteil, dass sich der Nagel, am Apex der Kalotte eingebracht, an der Stabilisierung des Kalottenfragmentes beteiligt. Das Kalottenfragment wird von mehreren divergierenden Stellschrauben erfasst, so dass es dreidimensional gegen Verkipfung und Rotation abgestützt wird. Die Fixierungsschrauben sollen neben der Stellfixation des Kalottenfragmentes gleichzeitig die Stellfixation der Tuberkelfragmente ermöglichen. Dementsprechend erschien die antegrade Verriegelung mit einem stabilen Marknagel als bester Weg zur Versorgung von Frakturen des Humeruskopfes. Gerade bei speziellen Fraktursituationen, wie die der proximalen Humerusfraktur mit gleichseitiger Humerusschaftfraktur, müssen distale Fragmente ausreichend sicher und gut zu erfassen sein. Eine ausreichende Rotationsstabilität spielt auch hier eine wichtige Rolle. Der aus diesen

Überlegungen von Stedtfeld konzipierte Targon-PH-Nagel (proximaler Humerus, Hersteller: Aeskulap AG & Co. KG, Tuttlingen, Deutschland) soll diesen Ansprüchen an ein modernes Implantat gerecht werden. Da dieses intramedulläres Verriegelungsnagel-System in verschiedenen Längen erhältlich ist, können mit einem solchen Implantat sowohl Frakturen des proximalen Humerus, als auch Frakturen im distalen Schaftbereich versorgt werden. Die distalen Verriegelungsschrauben bieten auch bei Schaftfragmenten eine ausreichende Stabilität. Deshalb bietet sich das Implantat in langer Ausführung insbesondere bei speziellen Fraktursituationen, wie der proximalen Humerusfraktur bei gleichzeitiger Humerusschaftfraktur, zur operativen Versorgung an. Letzteres gilt im Besonderen für die Versorgung von osteoporotischen Frakturen, und pathologischen Frakturen auf dem Boden von Osteolysen im Humerusknochen mit schlechter Knochenqualität des Humerus.

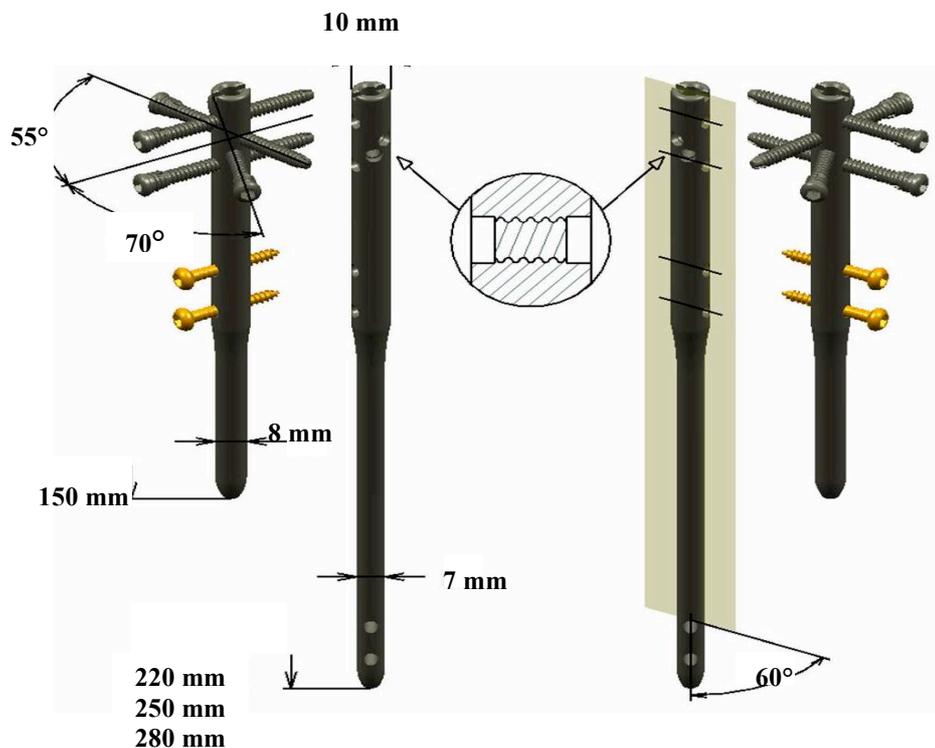


Abbildung 2: Erläuterung des Targon-PH-Verriegelungsnagels. Am oberen Anteil stellen sich die 4 optionalen Fixierungsschrauben und die 2 Transfixationsschrauben dar. Zwischen beiden Schraubengruppen liegt die N.axillaris-Schonungszone. Gemäß der Tuberkelanordnung verlaufen auch die Querbohrungen. Dies ergibt die Notwendigkeit einer Ausführung für die linke bzw. rechte Körperseite. Weiter distal gelegene Fragmente können aufgrund der verschiedenen Längenausführungen (150-280 mm) ausreichend gefasst werden. Die zusätzlichen unteren Bohrungen gewährleisten Rotationsstabilität bei weit distal verlaufenden Frakturen.

1.1 Fallbeispiel

Die Abbildung 3 zeigt ein Beispiel für die Problematik, die sich bei der operativen Versorgung komplexer Fraktursituationen am Humerus ergibt.

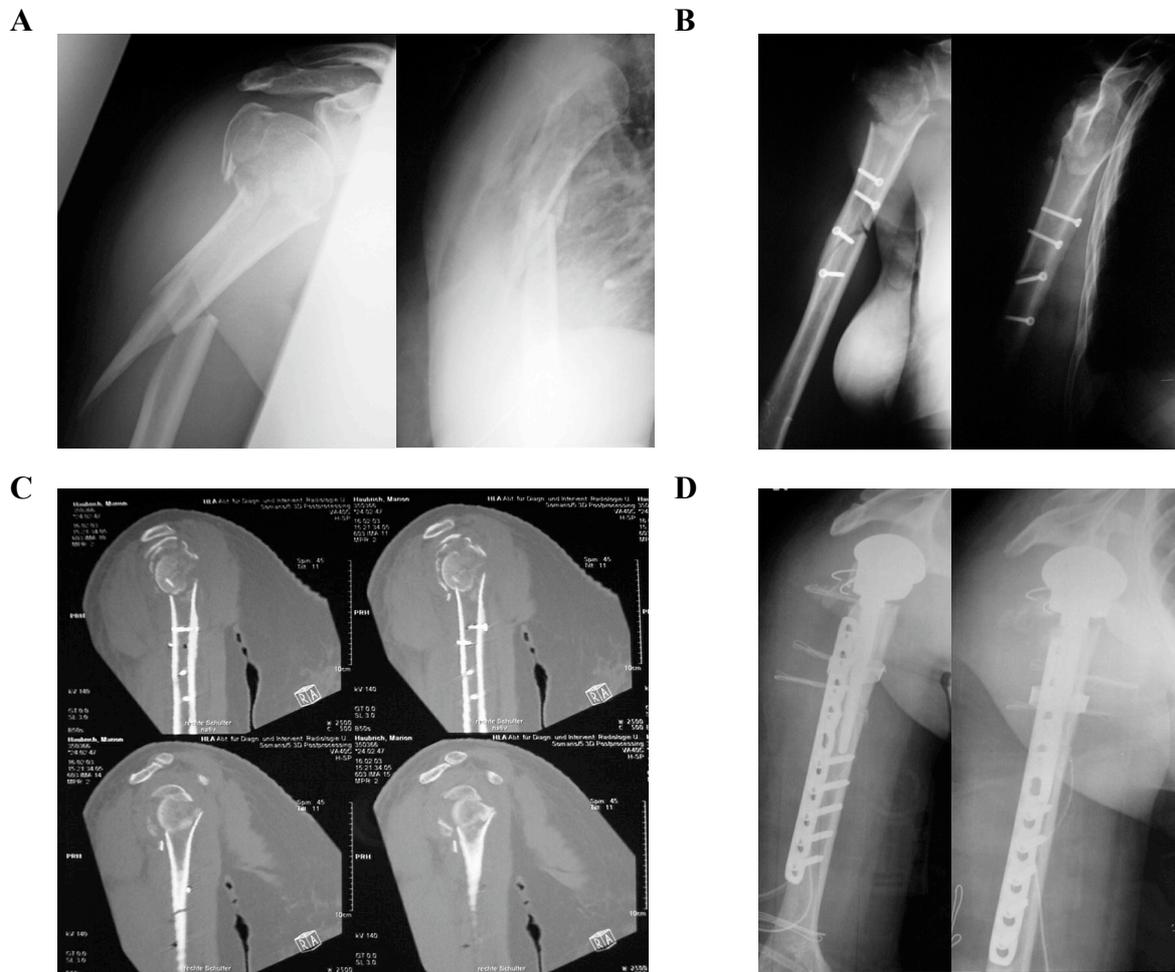


Abbildung 3: Beispiel für die Problematik der komplexen Humerusfraktur. Bei einer 55-jährigen Patientin wurde nach einem Skiunfall eine kombinierte Fraktur des Humeruskopfes und ipsilateralen Humerusschaftfraktur diagnostiziert (A zeigt die präoperativen Röntgenaufnahmen am Unfalltag). Nach Primärversorgung am Unfallort mittels offener Reposition und Schraubenosteosynthese stellte sich die stark schmerzgeplagte Patientin nach einigen Tagen in unserer Klinik vor, wobei sich im radiologischen Befund eine komplette Zerstörung des Humeruskopfes zeigte (B). Der CT-Befund verdeutlicht die Anatomie der dislozierten Humeruskopfmehrfragmentfraktur (C). Da eine Wiederherstellung bei diesem ausgeprägten Befund und Alter der Fraktur nicht mehr möglich war, erfolgte die Implantation einer Schulterendoprothese, und der Humerusschaft wurde mittels LCP (locked compression plate) osteosynthetisch versorgt (D).

Die hier vorgestellte 55-jährige Patientin zog sich im Rahmen eines Skiunfalls eine kombinierte Fraktur des proximalen Humerus mit ipsilateraler Humerusschaftfraktur zu. Noch

am Unfallort erfolgte die offene Reposition und Schraubenosteosynthese im Schaftbereich. Einige Tage nach der operativen Versorgung stellte sie sich bei persistierenden, starken Schmerzen in unserer Klinik vor. Bei veralteter grob dislozierter Humeruskopf-Mehrfragmentfraktur erfolgte die Implantation einer Schulterendoprothese und Reosteosynthese im Schaftbereich mit LCP und Spongiosa-Plastik. In der Nachuntersuchung ein Jahr postoperativ erreichte die Patientin einen seitenadaptierten Constant-Score von 63 % und eine Neer-Score von 70,3 %. Inwieweit bei dieser Patientin durch Primärversorgung unter Gelenkerhalt und intramedullärer Osteosynthese ein besseres Ergebnis erzielt worden wäre, bleibt offen.

1.2 Anatomie des Humerus

Wie bei den meisten langen Röhrenknochen sind auch am Humerus die proximale und distale Epiphyse und Metaphyse von der Diaphyse zu unterscheiden. Die proximale Epiphyse wird vom kugelförmigen Caput humeri (Humeruskopf) gebildet, der den Gelenkkopf des Schultergelenks darstellt und durch das ringförmige Collum anatomicum vom Humerusschaft getrennt ist. Unterhalb des Caput humeri liegen zwei knöcherne Ausbuchtungen, die Tubercula. Diese dienen als Ansatzpunkte für die Muskeln der Rotatorenmanschette. Das Tuberculum majus dient dem M. supraspinatus (Abduktion), infraspinatus und teres minor als Ansatz (beide Außenrotation), am Tuberculum minus setzt der M. subscapularis (Innenrotation) an. Diese erste Muskelschicht der Rotatorenmanschette ist lateral und dorsal vom M. deltoideus umhüllt. Letzterer ist der stärkste Abduktor im Schultergelenk und wird vom N. axillaris innerviert. Da der N. axillaris durch die laterale Achsellücke um das Collum chirurgicum zieht, ist er bei Humeruskopffrakturen und offener Reposition besonders gefährdet. Zum Verständnis der Humeruskopffrakturen ist nicht nur die Kenntnis der Knochen, sondern auch die der Weichteilstrukturen wichtig, da die Muskeln der Rotatorenmanschette bei Frakturen die typische Richtung der Dislokation bestimmen (Loitz et al., 2001). Von den im Bereich des Schultergürtels vorkommenden Schleimbeuteln sind die Bursa subacromialis und die Bursa subdeltoidea die Wichtigsten. Sie kommunizieren zwar nicht mit dem Schultergelenk, doch funktionieren sie wie ein Nebengelenk und bei Verklebungen oder Weichteilschwellungen verursachen sie Bewegungseinschränkung und Schmerzen. Zwischen den beiden Tubercula verläuft im Sulcus bicipitalis die lange Bizepssehne, die intraartikulär am Oberrand des Glenoids inseriert. Sie wird intraoperativ häufig als anatomische Leitstruktur angesehen, da der Sulcus bicipitalis gleichzeitig eine

anatomische Grenzlinie zwischen den Hauptfragmenten darstellt. Das Corpus humeri ist proximal nahezu zylindrisch und distal dreiseitig aufgebaut. Der distal der Tubercula folgende Übergang von Humeruskopf zum Humerusschaft wird als Collum chirurgicum bezeichnet, da proximale Frakturen des Humerus in dieser Region sehr häufig auftreten. Medial-distal vom Ansatzpunkt des M. deltoideus (Tuberositas deltoidea) liegt zwischen den Ursprungsfeldern des medialen und lateralen Trizepskopfes eine flache spiralförmig verlaufende Vertiefung. Diese Rinne wird als Sulcus nervi radialis bezeichnet, da in ihr der N. radialis eingebettet ist. Der N. radialis windet sich in einer langen Spirale dorsal um das mittlere Humerusdrittel. Dadurch ist der Nerv sowohl durch das Frakturgeschehen selbst, als auch durch gedeckte oder offene Manipulationen Druck- und Traktionsschäden ausgesetzt. Das distale Ende des Humerus wird vom Condylus humeri gebildet, welcher mit seinen Gruben und Gelenkflächen für die Bildung des Ellenbogengelenkes maßgeblich ist. Dort befinden sich auch die prominenten Epicondylen, die Ursprungsbereiche der Strecker- und Beugemuskeln des Unterarmes sind. Auf der lateralen Seite des Epicondylus medialis ist ebenfalls regelmäßig eine Rinne zu erkennen, der Sulcus n. ulnaris, in der der N. ulnaris verläuft. In seltenen Fällen findet man proximal des Epicondylus medialis einen knöchernen Fortsatz, Processus supracondylaris, von dem ein Band zum Epicondylus medialis zieht (Struthers-Ligament). Im osteofibrösen Kanal zwischen Processus supracondylaris, Struthers-Ligament und Humerus verlaufen der N. medianus und die A. brachialis. Das Band dient dem M. pronator teres als Ursprung. Bei Ausbildung eines prominenten Processus supracondylaris kann es zu Druckschäden des N. medianus und des N. ulnaris kommen, was zum einem funktionellen Defizit im sensorischen und motorischen Versorgungsgebiet des Unterarms führt. Das proximale und distale Humerusende sind im Schaftbereich gegeneinander verdreht. Beim Erwachsenen bildet eine durch die Epicondylen verlaufende transversale Achse eine Projektionslinie, die das Tuberculum majus mit der Mitte des Humeruskopfes in einem Winkel von durchschnittlich 16° verbindet. Am distalen Ende des Humerus sind der Epicondylus medialis in voller Ausdehnung und der Epicondylus lateralis teilweise zu palpieren. Der vorspringende Epicondylus medialis ist aufgrund seiner kräftigen Ausprägung deutlich sichtbar (Schittko 2003; McKoy et al., 2000; Müller, 2001).

1.3 Die Rolle der Osteoporose

Die Osteoporose ist eine systematische Skeletterkrankung, charakterisiert durch eine Verminderung der Knochenmasse und Verschlechterung der Mikroarchitektur des Knochengewebes mit entsprechend reduzierter Festigkeit und erhöhter Frakturneigung. (Consensus Development Conference 1993, Hong Kong)

Die Osteoporose ist heute ein weltweites Gesundheitsproblem. Die WHO (World Health Organisation) hat sie deshalb auf die Liste der 10 wichtigsten Volkskrankheiten gesetzt. Patienten mit Osteoporose haben einen porösen, instabilen Knochen und leiden an Knochenfrakturen (Bartl, 2001). Die Frakturen betreffen häufig Wirbelkörper, Handgelenk und Oberschenkelhals (Damanakis, 1996). In Deutschland sind jede dritte Frau und jeder fünfte Mann von der Osteoporose betroffen, insgesamt leiden ca. 7 Millionen Menschen an Osteoporose (Bartl, 2001). Eine 50-jährige Frau kaukasischer Herkunft erleidet mit einer Wahrscheinlichkeit von 45 % in ihrem Leben eine osteoporotische Fraktur (Rodan et al., 2000). Bei den 150000 deutschen Patienten pro Jahr mit Oberschenkelhalsfrakturen verlieren mehr als ein Drittel ihre funktionale Selbstständigkeit und es besteht eine erhöhte Mortalität von 10-20 % (Oberender et al., 2003). Die Morbidität und Mortalität in der Folge von proximalen Femurfrakturen steigt steil mit dem Alter an (Center et al., 1999; Nguyen et al., 2001). Wichtige Todesursachen sind Embolien, Pneumonien oder Dekompensationen vorbestehender internistisch-geriatrischer Grunderkrankungen. Mit weiter ansteigender Lebenserwartung und der demographischen Entwicklung wird die Osteoporose ein noch ernsteres gesundheitspolitisches Problem werden. Es ist davon auszugehen, dass die Zahl der mit Osteoporose assoziierten Frakturen sich in den nächsten 50 Jahren verdoppeln wird, mit der Folge einer erheblichen Steigerung der Kosten. Bereits jetzt verursacht die Osteoporose in Deutschland pro Jahr ca. 4,5 Mrd. Euro an direkten und indirekten Kosten (Oberender et al., 2003). Auch deshalb ist die optimale Versorgung der Frakturen, wie auch die der Humerusfraktur, von entscheidender Bedeutung.

1.4 Die pathologische Humerusfraktur

Viele verschiedene Tumoren neigen dazu, ins Skelettsystem zu metastasieren; häufig Mamma- und Prostata-Karzinom (50-85 %), gefolgt vom Bronchial, Nierenzell- und Schilddrüsenkarzinom (39-50 %), selten Pankreas-, kolorektales, Magen-, Leber- und Ovarialkarzinom (2-10 %) (Abrahms et al., 1950; Krempien et al., 1992; Nystrom et al., 1977). Nach dem Befall der Wirbelsäule und Rippen treten Skelettmetastasen besonders an den Extremitäten auf (Mutschler et al., 1997). Dabei wiederum sind die Orte mit hoher Konzentration von gut durchblutetem hämatopoetischen Knochenmark, d.h. die proximalen Enden der langen Röhrenknochen, am häufigsten betroffen. Aufgrund der besonderen biomechanischen Funktion wird eine Metastasierung im Bereich des Femurs und des Humerus schneller manifest und klinisch bedeutsam. Die Durchsetzung des Knochens mit Metastasen bewirkt eine Herabsetzung der Knochenstabilität durch Veränderung der Knochenstruktur. Schon geringfügige Traumata, ähnlich der Frakturen auf dem Boden der Osteoporose, verursachen eine pathologische Fraktur. Die wesentlichen Probleme in der Behandlung der Patienten mit pathologischer Fraktur sind: Die Patienten sind schmerzgeplagt und in der betroffenen Gliedmaße bewegungseingeschränkt. Die Stabilisierung der Fraktur rückt im Behandlungsplan des Patienten vorübergehend in den Vordergrund. Die Metastasierung ist oftmals ein Ausdruck für die Generalisierung des Tumors. Ausgedehnte Behandlungsverfahren erscheinen im Hinblick auf die Lebensqualität des Patienten, welcher meist bereits hospitalisiert ist, nicht angezeigt (Mutschler, 1989). Der allgemein reduzierte Zustand des Patienten in somatischer und psychischer Hinsicht erlaubt häufig nur einen Eingriff. Ein sicheres Operationsverfahren sollte gewählt werden und das Operationsverfahren sollte eine primäre oder frühe Belastungsstabilität gewährleisten (Friedl, 1992; Sabo et al., 1998).

1.5 Diagnose der Humerusfraktur

Schon die klinische Verdachtsdiagnose kann beim wachen Patienten anhand der typischen Schonhaltung des verletzten Armes gestellt werden. Der Patient hält den Arm an den Thorax gepresst und unterstützt den im Ellenbogen gebeugten und supinierten Unterarm mit der Hand der Gegenseite. Bei der proximalen Humerusfraktur lässt sich durch Druck über dem Humeruskopf ein Schmerz provozieren (Schittko, 2003; Müller, 2001). Schmerzen, Schwellung und Hämatom geben die Verletzungslokalisation vor, lassen jedoch nicht immer

eine sichere Differenzierung zwischen Prellung, Distorsion, Luxation, Rotatorenmanschettenläsion oder Fraktur zu. Eine Selbstverständlichkeit ist die Untersuchung der Durchblutung, der Motorik und der Sensibilität. Bei der Oberarmschaftfraktur muss besonderer Wert auf die klinische neurologische Untersuchung gelegt und gezielt auf Radialispareesen geachtet werden. Auch mögliche Ulnarisläsionen bei distaler Fraktur sollten einbezogen werden. Fehlende peripher tastbare Pulse der A. radialis stellen eine Indikation zur Angiographie dar. Eine zentrale Bedeutung hat die Röntgendiagnostik. Prinzipiell sollten mindestens zwei senkrecht zueinander stehende Röntgenaufnahmen in korrekter Einstellung erfolgen. Die Röntgendiagnostik kann eventuell noch ausgeweitet werden. Eine Computertomographie kann, auch zur Operationsplanung, bei Mehrfragmentfrakturen hilfreich sein (Loitz et al., 2001).

1.6 Therapieoptionen

Zur Auswahl des geeigneten Therapieverfahrens besteht die Möglichkeit des konservativen und des operativen Vorgehens. Bei der konservativen Therapie der Oberarmschaftfraktur wird häufig die sogenannte „Sarmiento-Brace“ als Standardverfahren genannt (Sarmiento et al., 1977). Voraussetzungen sind die Schmerzarmut und die Fähigkeit des Patienten zu aktiver Muskularbeit. Primär wird den Patienten ein Oberarmgips in 90° Ellenbogenbeugung für 9 Tage angelegt. Anschließend erfolgt die Anlage der Sarmiento-Brace, sowie die Stabilisierung in der Schlinge. Die sich ändernden Weichteilverhältnisse können vom Patienten mittels der angebrachten Klettverschlüsse angepasst werden. Nach klinischer und radiologischer Kontrolle wird die Brace im Mittel nach 12 Wochen abgenommen (Sarmiento et al., 2002).

In unserem Haus ist die konservative Therapie mittels Ruhigstellung im Gilchrist-Verband mit gleichem Vorgehen des langsamen Bewegungsaufbaus üblich. Ähnliche Voraussetzungen ergeben sich für die konservative Therapie der proximalen Humerusfraktur. Besonders wichtig ist hier allerdings eine geringe Dislokation der Fraktur auf Höhe der gelenkbildenden Knochen. Bei der unkomplizierten proximalen Humerusfraktur hat sich die konservative Therapie mittels Gilchrist-Verband durchsetzen können. Der verunfallte Arm wird dazu zunächst für 10-14 Tage in einem Gilchrist-Verband ruhiggestellt. Wenn Schwellung und Schmerzen nachgelassen haben und der Patient es toleriert, kann mit der Physiotherapie begonnen werden. Diese beginnt mit vorsichtigen, anfangs passiven und später auch aktiven Pendelbewegungen. Regelmäßige Röntgenkontrollen müssen zur Beobachtung der

Bruchstellung und zum Ausschluss einer Sekundärdislokation angefertigt werden. Jede Verschiebung und Instabilität der Fraktur kann einen Verfahrenswechsel hin zur operativen Versorgung bedeuten. Die Pendelbewegungen können langsam soweit gesteigert werden, dass Beweglichkeit in allen Ebenen, mit Flexion, Extension, Abduktion, Innen- und Außenrotation möglich ist. Vorausgesetzt ist, dass der Patient dieses tolerieren kann, und eine Kontrolle der Fragmentstellung mittels Röntgen-Untersuchung erfolgt. Nach 6 Wochen sollte die Fraktur ausgeheilt sein. Eine fortführende Krankengymnastik kann bei Bedarf erfolgen (McKoy et al., 2000).

Unter Berücksichtigung der Ausschlusskriterien für die konservative Therapie, wie Dislokation der Fragmente, Complianceprobleme des Patienten usw., ergibt sich eine differenzierte Indikationsstellung für die operative Behandlung der Humerusfraktur. Auf der Suche nach geeigneten operativen Verfahren, die eine optimale Stabilität, eine möglichst geringe Verletzung der Weichteile und bestmögliche anatomische Wiederherstellung der Schulter-Armregion gewährleisten, wurde eine Reihe von Operationsverfahren entwickelt und vorgestellt.

Die Plattenosteosynthese galt jahrelang als das Mittel der Wahl bei der operativen Versorgung von Humerusfrakturen, sowohl für die proximalen Frakturen, als auch für die Frakturen im Schaftbereich des Humerus. In einer großen AO-Sammelstudie (Kuner et al., 1987) zeigten sich beim Vergleich von Minimalosteosynthesen und Plattenosteosynthesen bei der Versorgung proximaler Humerusluxationsfrakturen Vorteile der Minimalosteosynthesen in Bezug auf das funktionelle Ergebnis. Seit dieser Publikation im Jahr 1987 hat sich in der Versorgung proximaler Humerusfrakturen eine zunehmende Trendwende vollzogen. Gleiches gilt für die operative Versorgung der Humeruschaftfrakturen. Auch hier wurde die Plattenosteosynthese lange Zeit favorisiert (Bäthis et al., 2001; Fuchs et al., 2003). Doch hat die DC- (dynamic compression) Platte trotz ihrer eindeutigen hohen Stabilitätspotenz nicht uneingeschränkt Akzeptanz finden können (Blum et al., 1998; Nast-Kolb et al., 1991; Siebert et al., 1996; Bell et al., 1985). Dafür ist wohl die hohe Rate an Läsionen des N. radialis hauptverantwortlich (Kocher et al., 1980). Dieser läuft in engem Kontakt mit dem Humeruschaft und kann insbesondere bei der dorsalen Plattenosteosynthese leicht verletzt werden, da einzelne Fragmente nur schlecht dargestellt werden können (Köstler et al., 2002). So lag nach einer anderen AO-Multicenterstudie die Rate iatrogenen Verletzungen des N. radialis zwischen 3 und 29 % (Nast-Kolb et al., 1991) und in einer Studie nach Rommens et al. bei 12,3 % (Rommens et al., 1998).

Mit diesen Kenntnissen konzentrierte man sich zunehmend auf die Entwicklung minimal-invasiver Operationstechniken (Resch et al., 1997; Khodadadyan-Klostermann et al., 2002; Kristiansen, 1988; Rasmussen et al. 1992). Aufgrund der im Vergleich zu alternativen Verfahren geringeren Komplikationsrate, wird immer wieder kontrovers diskutiert, dass die konservative Therapie vielleicht doch in jedem Fall die bessere Alternative darstellen könnte (Lill et al., 2001; Habermeyer et al., 1991; Heppert et al., 2000). Man erprobte den Fixateur externe, der einen festen Stellenwert in der Traumatologie hat. Bei der Versorgung der Oberarmfraktur konnte er sich allerdings nicht behaupten und kommt nur bei Ausnahmeindikationen zum Einsatz (Mostafavi et al., 1997; Choong et al., 1988; Levin et al., 1990). Therapieansätze mit der percutanen Bohrdrahtosteosynthese (Resch et al., 1997) resultieren häufig in Drahtwanderung, sowie sekundären Repositionsverlusten, bei gleichzeitig bestehender potenzieller Infektionsquelle. Die unverriegelten Markraumschienen, wie von Hackethal, Rush und Ender vorgestellt, sichern die axiale Stellung der Fraktur, doch bieten sie nicht genügend Rotationsstabilität. Außerdem weisen sie eine Protrusionstendenz nach proximal oder distal auf, mit resultierender Beeinträchtigung der Schulter- und Ellenbogenbeweglichkeit (Durbin et al., 1983; Kocher et al., 1980; Zifko et al., 1992).

Die größte klinische und biomechanische Vielfalt bietet die ebenfalls seit Jahrzehnten bekannte Gruppe der intramedullären Implantate für den Humerus. Kaum ein Kliniker wird all diese Verfahren aus eigener operativer Erfahrung kennen. Erstmals von Seidel (Seidel, 1989) speziell für den Humerus vorgestellt, wurde eine Reihe verschiedenartiger Verriegelungsnägel erprobt. Diese bieten durch proximal und distal eingebrachte Verriegelungsbolzen eine Rotationsstabilität. Es wurden seitdem Implantate für den antegraden als auch den retrograden Zugang diskutiert. Beide Zugangswege schienen jedoch jeweils ihre eigenen Komplikationen zu haben.

1.7 Allgemeine Komplikationen der Humerusfraktur

Als Hauptprobleme bei den dislozierten, proximalen Humerusfrakturen gelten langfristige Funktionseinschränkung und Weichteilverklebungen. Ursächlich sind Weichteilkontrakturen, periartikuläre Verkürzungen, Pseudarthrosen, posttraumatische Fehlstellungen und Humeruskopfnekrosen. Pseudarthrosen im proximalen Humerusbereich führen fast immer zu schmerzhaften Funktionsstörungen. Bei den komplexen Frakturen finden sich zudem nicht selten Gefäß- und Nervenverletzungen. Neurologische Defizite des Plexus brachialis und des N. axillaris werden mit einer Häufigkeit von bis zu 30 % beobachtet (Siebenrock et al., 1992).

Große prognostische Bedeutung für die Entwicklung schmerzhafter Funktionseinschränkung wird der Kopfnekrose zugeordnet. Entscheidend für die Genese ist die Beeinträchtigung der Humerusvaskularität. Als dominierendes Gefäß im Kopfbereich gilt der R. ascendens der A. circumflexa humeri anterior.

Im Schaftbereich werden Achsabweichungen von bis zu 10° bei Kindern und bis zu 30° bei Erwachsenen ohne Funktionseinbuße toleriert. Primäre Radialisläsionen bei Oberarmschaftfrakturen liegen im Mittel bei 11 % (Pollock et al., 1981). Bei distalen diaphysären Frakturen des Humerus treten Radialisläsionen bei bis zu 30 % der Patienten auf (Brug et al., 2002). Nach Böhler (Böhler, 1964) erholen sich 80-90 % der primären Radialispareesen spontan. Sollte sich der Nerv allerdings nicht in den ersten 8 Wochen bis 6 Monaten erholen, ist eine Spätrevision angezeigt. Im Falle einer Nervenruptur scheint die primäre Naht der sekundären Versorgung überlegen (Alnot et al., 2000). Sekundäre Nervenschädigungen werden sehr selten durch kallöse Ummauerung und konsekutive Druckschädigung des Nerven durch den Frakturkallus verursacht. Eine Neurolyse des Nerven ist nötig, aber technisch sehr anspruchsvoll. Sekundäre Nervenschäden werden mit einer Inzidenz von 3 % beobachtet (Alnot et al., 2000).

1.8 Zielsetzung

In der hier vorliegenden Dissertation erfolgte die prospektive Untersuchung von Patienten, die bei speziellen Fraktursituationen des Humerus mit Hilfe der langen Version (220-250 mm) des Targon-PH-Nagels (Aeskulap AG & Co. KG, Tuttlingen, Deutschland) operativ versorgt wurden. Zur Objektivierung des Ergebnisses wurden dabei zwei etablierte und standardisierte Scores (Constant/Murley-Score; Neer-Score) benutzt. Die Datenerhebung erfolgte zu zwei Zeitpunkten, zunächst sechs Monate nach der Operation, sowie zwölf Monate postoperativ. Von besonderem Interesse war neben den funktionellen Ergebnissen, die Beobachtung des Verlaufs der Rekonvaleszenz der Patienten und die Herausstellung möglicher Früh- und Spätkomplikationen. Im Anschluss wurden die erhobenen Daten mit den Ergebnissen anderer Verfahren abgeglichen, um herauszustellen, ob das angewandte Verfahren eine sinnvolle Alternative zu bereits erprobten Verfahren darstellt.

2 Methodik

2.1 Implantat

Alle hier vorgestellten Patienten wurden mit dem Targon-PH-Nagel (Aesculap AG & Co. KG, Tuttlingen, Deutschland) operativ versorgt. Dieser besteht aus einer Titanlegierung und ist in den Längen 150-280 mm erhältlich. Der Durchmesser beträgt im oberen Teil 10 mm und im unteren Teil 8 mm, bzw. 7 mm in den Langversionen. Im oberen Bereich sind vier gewindetragende Querbohrungen (1-4) angelegt. Die Bohrung 2 ist um 55° nach dorsal und die Bohrung 3 um 70° nach ventral gegenüber den Bohrungen 1 und 4 versetzt. Die beiden oberen Bohrlöcher nehmen die Fixierungsschrauben (Stellschrauben) für die Tubercula und die Kalotte wegen des Gewindevorbundes gleit- und winkelstabil auf. Anatomisch ergibt sich deshalb für die Lochanordnung eine Links- und eine Rechtsversion. In der Nagelmitte liegen zwei weitere Querbohrungen mit geringem Durchmesser und ohne Innengewinde für die Aufnahme von 3,5 mm-Verriegelungsschrauben. Bei der langen Version befinden sich ebenfalls zwei Bohrungen im 60° Winkel ventral zur zusätzlichen Verriegelung der Schaftfragmente. Eine koaxiale kraniale Bohrung erlaubt mit einer Adapterschraube die Ankopplung an ein Zielgerät (siehe dazu Abbildung 2).

2.2 Operationstechnik

Alle Patienten wurden in Rückenlage und mit 45° aufgerichtetem Oberkörper in der Beach-Chair-Technik mit einer leichten Elevation der verletzten Schulter auf dem strahlendurchlässigen Teil des Operationstisches gelagert. Es erfolgte zunächst die approximative Reposition der Fraktur. Der Deltoid-Split-Zugang, ausgehend vom Vorderrand des Acromion nach lateral, wurde als Standardzugang gewählt. Nach sorgfältiger Blutstillung wurde stumpf auf den Deltoideus vorpräpariert. Anschließend erfolgte die Eröffnung der Bursa subacromialis. Bei intakter Rotatorenmanschette erfolgte eine Längsinzision der Manschette 1 cm dorsal des ertasteten Sulcus bicipitalis (intertubercularis) in Faserverlauf nach medial. Nach dem Anschlingen der Inzisionsränder und der Darstellung der Kalotte erfolgte die Reposition des Humeruskopfes unter Bildwandlerkontrolle. Bei defekter Rotatorenmanschette und dislozierten Tubercula wurde eine Erweiterung des Rotatorenmanschettenrisses durch Schnitt in Faserverlauf durchgeführt.

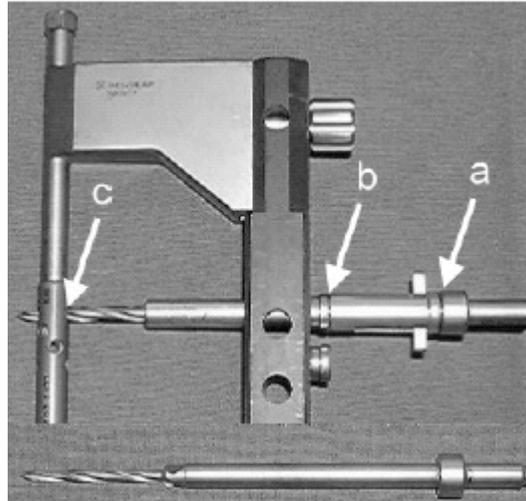


Abbildung 4: Der Zentrierbohrer (isolierte Darstellung im unteren Bildabschnitt) läuft auf den äußeren Teil der Gewebeschutzhülse auf (a), welcher wiederum auf den Zielaufsatz aufläuft (b). Dadurch wird verhindert, dass der breitere Teil des Zentrierbohrers das Gewinde im Nagel touchiert (c) und beschädigt (Abbildung nach Stedtfeld et al., 2003).

Der intraoperativ ausgewählte Nagel wurde an einen Zielgerät-Grundkörper angeschlossen, den wurde ein Zielaufsatz aufgeschraubt wurde. Ein Tellerspieß wurde eingebracht. Dessen korrekte Positionierung wurde mit dem C-Bogen kontrolliert. Im nächsten Schritt erfolgte die Eröffnung durch Überbohren mit der Hohlfräse. Der Nagel wurde über das Kalottenloch in den Markraum eingebracht. Bei richtiger Wahl von Eintrittsstelle und -winkel richtet sich das Kopffragment orthograd über dem Schaft des Humerus auf. Es war darauf zu achten, dass der Nagel nicht über die Kalotte hinausragt. Die Einsenktiefe des Nagels unter das Knorpelniveau, gemessen mit der Tiefenlatte, sollte 3-4 mm nicht überschreiten, um die Kalottenstabilisierung durch das obere Nagelende sicherzustellen. Das Einbringen der ersten Fixierschrauben erfolgte zunächst durch Vorantreiben des Zentrierbohrers (siehe auch Abbildung 4) bis zum Anschlag, anschließendem Aufbohren des Schraubenkanals mit dem Spiralbohrer und Einbringen der ersten Fixierschraube. Je nach Frakturtyp wiederholte sich dieser Vorgang bis zu viermal, wenn die Option der vierfachen Verriegelung gewählt wurde. Bei Bedarf konnten Fixierschrauben zum Fixieren einzelner Fragmente verwendet werden. Die Fraktur im Schaftbereich konnte durch zusätzliche Schrauben stabilisiert werden. Die Besetzung der Transfixationslöcher erfolgte ebenfalls über das Zielgerät. Anschließend wurde das Zielgerät entfernt, die Rotatorenmanschette und der M. deltoideus adaptiert und nach Einlage einer subkutanen Wunddrainage die Haut verschlossen (siehe hierzu auch Abbildung 5). Unmittelbar postoperativ wurden die Patienten mit einem Gilchrist-Verband versorgt.

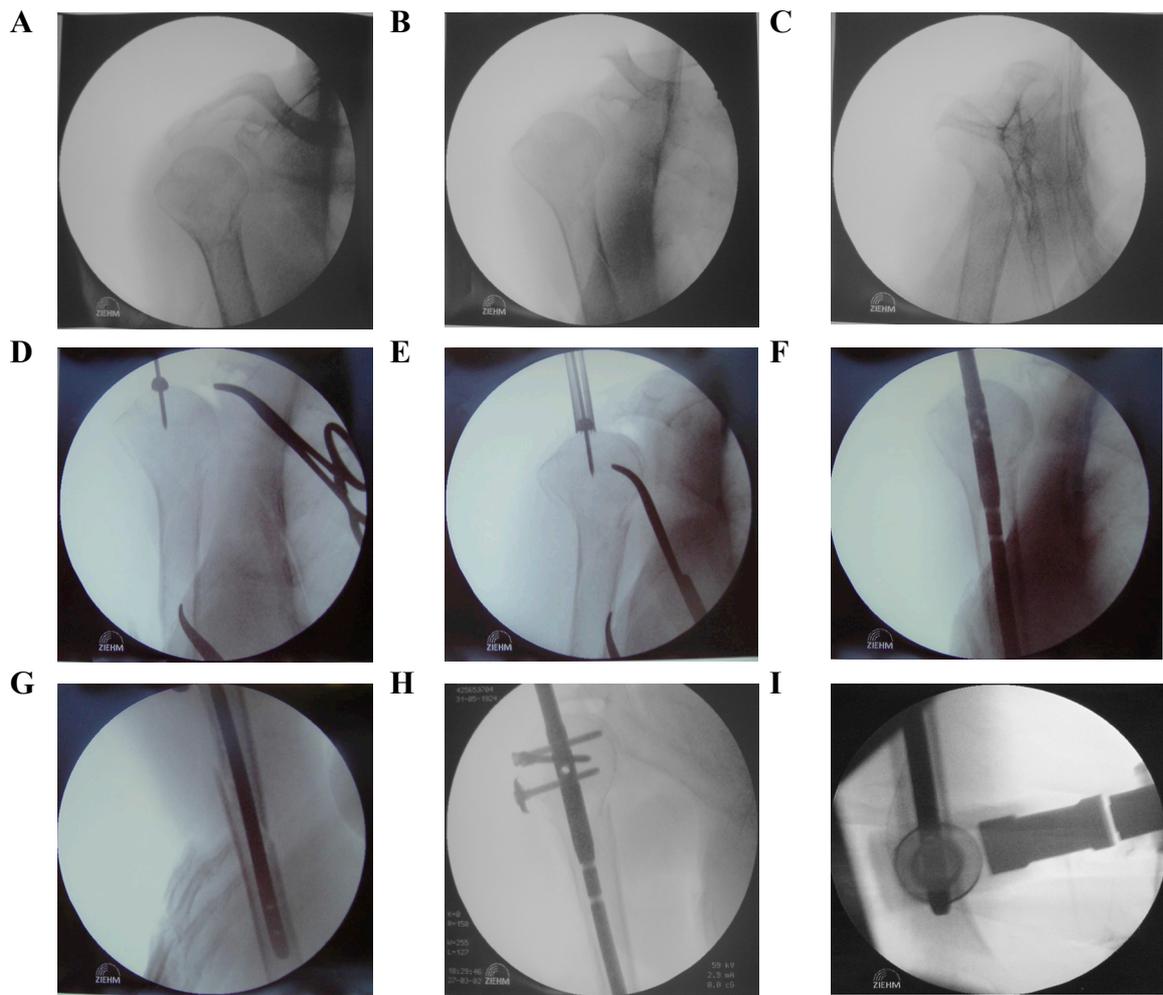


Abbildung 5: Darstellung der Operationstechnik. Die einzelnen Operationsschritte konnten mit Hilfe des Bildwandlers kontrolliert und dokumentiert werden. A-C: Zunächst erfolgte die geschlossene Reposition des Humeruskopfes und der Schaftfragmente. D: Unter Kontrolle des Bildwandlers wurde der Tellerführungsspieß platziert. E: Die Kopfkalotte wurde mit der Hohlfräse eröffnet. F-G: Dann konnte das individuell für die Fraktursituation intraoperativ ausgewählte Implantat leicht eingeführt und die Fraktur aufgefädelt werden. H: Es erfolgte das Einbringen der Fixierschrauben am Humeruskopf. I: Die abschließende Freihandverriegelung am distalen Humerusende mit den Verriegelungsbolzen soll maximale Stabilität und Sicherheit des Implantates gewährleisten.

2.3 Nachbehandlung

Nach der operativen Versorgung des Patienten wurde dieser mit einem Gilchrist-Verband versorgt. Je nach Ausmaß des unfallbedingten und chirurgischen Traumas und nach persönlichem Ermessen des Operators, konnten die Patienten bereits am ersten postoperativen Tag unter Anleitung der Physiotherapeuten mit Pendelübungen aus dem

Verband heraus beginnen. Während das Bewegungsausmaß zu Beginn der Serie für die ersten 6 Wochen auf 60° Abduktion und Elevation limitiert wurde, erfolgte zunehmend die Nachbehandlung unter völliger Freigabe des Bewegungsausmaßes. Maximale Rotationsausschläge sollten für 6 Wochen vermieden werden. Der Gilchrist-Verband wurde in den ersten 1-2 Wochen angelegt. Später musste dieser nur noch zur Nacht getragen werden. Der frühe Beginn der Physiotherapie sollte die Bewegungseinschränkung aufgrund von Weichteilverklebungen im Bereich der Rotatorenmanschette und der Bursa subacromialis sowie überschüssige Kallusbildung verhindern. Wichtig war es dabei, ein Gleichgewicht zwischen früher Belastung und ausreichender Schonung zu finden. Durch die guten Verankerungsmöglichkeiten des Implantates im Markraum konnte man ein zügiges Mobilisieren des verletzten Oberarmes verantworten. Die Patienten wurden durch die Physiotherapeuten zu ersten Übungen angeleitet, und eine anschließende ambulante Physiotherapie wurde empfohlen. Ausreichende Analgesierung des Patienten wegen der anfänglichen Schmerzen aufgrund des Weichteilschadens und des Operationstraumas erbrachte eine gute Kooperation der Patienten. In den Nachuntersuchungen wurde der Verlauf der Rehabilitation der Patienten dokumentiert und auf individuelle Probleme eingegangen. Nach Abschluss der Rehabilitation wurden die Anzahl der Stunden Krankengymnastik notiert.

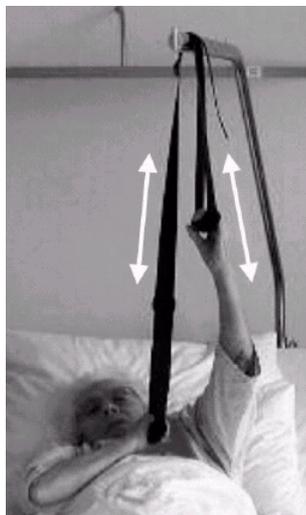


Abbildung 6: Beispiel für Frührehabilitation. Aktive, selbstassistierte Bewegungsübungen mit Hilfe eines Übungsbandes, das über einen Bettholmen gelegt wird, werden nach Möglichkeit vom 2. postoperativen Tag durchgeführt. Der gesunde Arm unterstützt dabei aktiv den frisch operierten (Stedtfeld et al., 2003).

2.4 Der Inhalt der Nachuntersuchungen

Mittelpunkt der Nachuntersuchung war das Gespräch mit dem Patienten. Es wurde darauf geachtet, dass eine ruhige, entspannte und persönliche Atmosphäre herrschte. Es sollte genügend Zeit sein, einzelne Fragen zu beantworten. Der Patient sollte möglichst unbeeinflusst den Heilungsverlauf darstellen können. Die Untersuchungen ließen sich grob in Anamnese, körperliche Untersuchung der Schulter-Arm-Region, Messung der Bewegungsumfänge, Kraftmessung und abschließende Beurteilung gliedern. Zusätzlich wurde die Funktion der betroffenen Schulter statisch foto- und teils dynamisch videodokumentiert.

2.4.1 Anamnese

Die Schmerzanamnese beinhaltete die Häufigkeit des Auftretens der Schmerzen, die Art der Schmerzen und den Verlauf der Schmerzintensität. Es wurde zwischen belastungsabhängigem Schmerz, Ruheschmerz, Schmerzen während der Nacht und Schmerzen am Morgen unterschieden. Mittels einer Markierung innerhalb einer Skala von 0 bis 15 konnte der Patient die Schmerzausprägung optisch darstellen. Eine Beurteilung der Schmerzen durch den Untersucher erfolgte anhand des Anamnesegespräches.

Dann erfolgte die Schlafanamnese, um Schlafstörungen herauszustellen. Es wurde dabei zwischen Einschlaf- und Durchschlafstörungen unterschieden. Ein weiteres Augenmerk wurde auf die Ausübung von Alltagsaktivitäten der Patienten gelegt. Der Patient sollte angeben, in welchem Höhengausmass ein Arbeiten ohne Probleme möglich war. Es erfolgte die abgestufte Beurteilung, von der Gürtellinie bis über den Kopf.

2.4.2 Körperliche Untersuchung

Die körperliche Untersuchung untergliederte sich in die Palpation der knöchernen Strukturen, sowie in eine Palpation der Schulterweichteile. Bei der Palpation stellte sich der Untersucher hinter den Patienten und legte seine Hände auf den M. deltoideus und das Acromion. Vom Sternum ausgehend wurde dann in Richtung Schulter vorgetastet. Man konnte dadurch gut die anatomischen Strukturen der Schulter erfassen. Dabei wurde sorgfältig auf Druckschmerzhaftigkeit geachtet, um mögliche Komplikationen oder Missstände frühzeitig herauszustellen. Es erfolgte dann die Palpation der Weichteilregionen mit der

Rotatorenmanschette, den Bursae, den Strukturen der Axilla und den Hauptmuskeln des Schultergürtels. Festgestellt wurde Tonus, Konsistenz, Größe und Form der Muskeln sowie ihr Zustand. Da die Rotatorenmanschette direkt unter dem Acromion liegt, wurde diese herausgedreht, bevor sie ertastet werden konnte. Die passive Streckung machte die Rotatorenmanschette zugänglich. Verklebungen im Bereich der Bursae und der Rotatorenmanschette konnten durch zwei verschiedene Untersuchungen nachgewiesen werden.

a) Impingement-Test nach Neer

Das Schulterblatt wurde mit einer Hand fixiert, mit der anderen Hand wurde der Arm des Patienten ruckartig nach vorne, im Sinne einer sehr schnellen Flexionsbewegung, geführt. Wurde dadurch ein Bewegungsschmerz ausgelöst, sprach dies für ein Impingement-Syndrom, das heisst, dass es zur Irritation im Bereich der Bursa subacromialis gekommen war. Die Ursachen hierfür konnten zum Beispiel Weichteilverklebungen oder ein Durchspießen des Implantates nach kranial sein.

b) Fallarmtest (drop-arm-sign)

Mit diesem Test bestimmt man, ob Rupturen der Rotatorenmanschette bestehen. Die Patienten wurden aufgefordert, den Arm aus einer abduzierten Armstellung heraus langsam zu senken. Bei einem Riss in der Rotatorenmanschette fällt der Arm aus der Abduktionsstellung von 90° herab. Der Patient ist somit nicht in der Lage, den Arm langsam und allmählich zu senken.

2.4.3 Prüfung der Beweglichkeit

Eine leichte und schnelle objektive Beurteilung des Bewegungsumfanges ist die Bestimmung mit Hilfe des Winkelmessers nach der Neutral-Null-Methode. Die Beweglichkeit wurde vergleichend für beide Schultern durchgeführt. Dabei wurde ausschließlich die schmerzfreie, aktive Beweglichkeit gemessen und nach der Neutral-Null-Methode dokumentiert.

Tabelle 1: Normwerte des Bewegungsumfanges des Schultergelenkes nach der Neutral-Null-Methode

Abduktion/Adduktion	180° - 0° - 45°
Flexion/Extension	180° - 0° - 45°
Aussenrotation/Innenrotation	80° - 0° - 95°

2.4.4 Kraftmessung

Die Kraftmessung wurde mit einer Federwaage als isometrische Kraftmessung durchgeführt. Der Arm wurde dazu ventral der Scapulaebene in einer schmerzfrei erreichbaren Position bis möglichst 90° eleviert. Die isometrische Kraftmessung erfolgte über eine Schlaufe peripher am Handgelenk für jeweils 5 Sekunden und wurde fünf mal wiederholt. Die so ermittelte durchschnittliche Kraft wurde mit dem dazugehörigen Punktwert dokumentiert.

2.4.5 Subjektive Beurteilung der Schulterfunktion

In jeder Untersuchung erfolgte die subjektive Beurteilung der Untersuchungsergebnisse durch den Patienten und den Untersucher. Die Patienten wurden aufgefordert, die eigene Zufriedenheit bezüglich der Beweglichkeit, der Kraft, der Schmerzausprägung, der Belastbarkeit im Alltag, sowie das Aussehen der verletzten Schulter zu beurteilen. Wie bei der qualitativen Bewertung nach Neer standen die Einstufungen sehr gut, gut, befriedigend und schlecht, zur Auswahl. Der Untersucher sollte das Ergebnis subjektiv beurteilen. Dessen Beurteilung setzte sich dabei aus zwei Noten zusammen: der anatomischen, radiologischen Beurteilung und der Beurteilung des Ergebnisses von Funktion, Kraft, Schmerzausprägung und Alltagsbelastbarkeit. Diese beiden Noten ergaben die Endnote in der subjektiven Beurteilung durch den Untersucher. Zur Beurteilung der anatomischen Situation dienten jeweils die aktuellsten Röntgenbilder.

2.5 Bewertung der funktionellen Ergebnisse

Um die Ergebnisse zu objektivieren und mit anderen Autoren vergleichen zu können, wurde die Nachuntersuchung anhand der Bewertungskriterien von Constant und Murley (Constant et al., 1987) und von Neer (Neer, 1970) ausgewertet. Die Erhebung der Scores erfolgte aus den Daten der Untersuchung des Patienten und der Befragung zu subjektiver Zufriedenheit und Lebensqualität.

2.5.1 Score nach Constant und Murley

Dieser weit akzeptierte klinische Score beinhaltet zu 35 % subjektive und zu 65 % objektive Komponenten. Er setzt sich zusammen aus vier Parametern (in Klammern angegeben ist die Kriteriengewichtung des jeweiligen Parameters): Schmerzstärke (15 %), Alltagsaktivität (20 %), Beweglichkeit (50 %), Kraft (25 %).

Tabelle 2: Bewertungskriterien des Constant/ Murley-Scores

1. Schmerzpotential	max. 15
2. Tägliche Aktivitäten	max. 20
a) Arbeitsfähigkeit	(4)
b) Freizeitaktivität	(4)
c) Schlaf	(2)
d) Arbeitshöhe	(10)
3. Bewegungsumfang	max. 40
a) Flexion	(10)
b) Abduktion	(10)
c) Außenrotation	(10)
d) Innenrotation	(10)
4. Kraft	max. 25
	<hr/>
	Summe 100

Die Ermittlung des Punktwertes für den Schmerz erfolgte durch zwei Fragen, die den Schmerz während normaler Aktivitäten des täglichen Lebens beurteilen. Zunächst wurde der Patient gefragt, ob er Schmerzen hat oder nicht. Falls während normaler Aktivitäten kein Schmerz vorhanden war, erhielt er 15 Punkte. Je nach geringen, mäßigen oder schweren Schmerzen erhielt er entsprechend der Antwort 10, 5 oder 0 Punkte. Anschließend wurde der Patient gebeten, seine Schmerzen auf einer linearen Skala zwischen 0 und 15 einzustufen. Für die Ermittlung der Gesamtpunktzahl wurde dann der Mittelwert der beiden Schmerzbewertungen herangezogen und dokumentiert. Die Alltagsaktivität wurde gegliedert

in Arbeitsfähigkeit, Freizeit und Schlaf. Die schmerzfreie Aktivität und Beweglichkeit beinhaltete die Daten der Bewegungsumfang-Messung mit dem Winkelmesser nach der Neutral-Null-Methode, mit Flexion, Abduktion, Innenrotation und Außenrotation. Hierbei waren jeweils maximal 10 Punkte erreichbar. Der Patient beurteilte außerdem noch selbst, welche Arbeitshöhe ohne Schulterprobleme erreichbar war, wiederum mit 10 maximalen Punkten. Der vierte Parameter Kraft wurde mit der Federwaage bestimmt und erhielt je nach erreichter Zugkraft abgestuft Punkte von 0 bis 25. Die einzelnen Punkte wurden im festgelegten Schema je nach Ausprägung und Güte vergeben. Es waren mindestens 0 und maximal 100 Punkte zu erzielen (Constant et al., 1987).

In Anbetracht der naturgegebenen verminderten Kraft- und Bewegungsleistung der Schulter mit zunehmenden Alter, hielten wir es für sinnvoll, grundsätzlich den ermittelten Scorewert der betroffenen (operierten) Seite in ein prozentuales Verhältnis zur nichtbetroffenen (unverletzten und nicht operierten) Gegenseite zu setzen. Dieses ergab den relativen Wert in Prozent.

Je nach erreichtem Punktwert ließ sich nun eine qualitative Aussage des Ergebnisses der Untersuchung machen, im Sinne einer Benotung nach dem Schulnoten-System. Die Punktwerte wurden dazu in vier Gruppen eingeteilt und mit dem Ausdruck einer Schulnote in der Qualität veranschaulicht (siehe dazu Tabelle 3). Wir hielten dafür, die für diesen Score gebräuchliche Punktgrenze analog dem von Neer entwickelten und nachfolgend vorgestellten Score bei.

Tabelle 3: Qualitative Bewertung nach Punktgrenze

Umwandlung der Punktzahl in eine Note

> 89	sehr gut
89-80	gut
79-70	befriedigend
< 70	schlecht

2.5.2 Neer-Score

Beim Neer-Score handelt es sich ebenfalls um einen 100-Punkte-Score mit 65 % subjektiver und 35 % objektiver Komponente.

Tabelle 4: Bewertungskriterien des Neer-Scores

1. Schmerzlosigkeit	max. 35
2. Funktion	max. 30
a) Kraft	(10)
b) Bewegungsausmaß im Alltag	(10)
c) Schulterstabilität	(10)
3. Bewegungsumfang	max. 25
a) Flexion bzw. Elevation	(6)
b) Retroversion	(3)
c) Abduktion	(6)
d) Außenrotation	(5)
e) Innenrotation	(5)
4. Anatomische Veränderungen	max. 10

Summe 100

(Anmerkung: In dieser Studie lag die Höchstsumme bei 90 Punkten, da die anatomischen Veränderungen nicht berücksichtigt wurden.)

Die Patienten trafen eine Aussage zu eventuellen Schmerzen und sollten diese, ähnlich wie im Constant-Score, in ihrer Intensität beurteilen. Es erfolgte eine abgestufte Punktvergabe (kein Schmerz- hohe Punktzahl, intensive Schmerzen- niedrige Punktzahl). Die Beurteilung der Gelenkfunktion war in drei Kategorien untergliedert. Es wurden isoliert Punkte für die Kraft, das Bewegungsausmaß im Alltag und die Schulterstabilität vergeben. Die Punktvergabe war wiederum subjektiv geprägt, durch die Angaben des Patienten und dem Eindruck des Untersuchers. Die objektiven Komponenten des Scores bildeten sich aus der Bestimmung des Bewegungsumfanges mit Hilfe des Winkelmessers nach der Neutral-Null-Methode und durch

die radiologische Beurteilung der Fragmentstellung und der anatomischen Wiederherstellung der Schulter. Wiederum war ein Erreichen von 100 Punkten möglich, mindestens werden 0 Punkte vergeben (Neer, 1970). Da Röntgenbilder aus rechtlichen Gründen bei fehlender Indikation wie anhaltenden Schmerzen, extremer Bewegungseinschränkung oder ähnlichem nicht angefertigt wurden, wurde die Anatomie analog der Studie von Kristiansen et al. (Kristiansen et al., 1989) aus der Beurteilung ausgeschlossen. Abzüglich der 10 maximalen Punkte für die Anatomie war so nur eine Punktzahl von 0 bis 90 Punkten erreichbar. Das ergibt, dass sich der Neer-Score in unserem Fall aus 72 % subjektiver Beurteilung durch den Patienten und nur aus 28 % objektivierbarer Beurteilung zusammensetzt. Die qualitative Bewertung erfolgte analog der Punktgrenzen nach Neer (Tabelle 3) unter Berücksichtigung der unverletzten Schulter nach Berechnung des relativen Wertes im prozentualen Verhältnis zur unverletzten Gegenseite.

3 Patienten

In der Zeit vom Mai 2000 bis Mai 2004 wurden in der Klinik für Unfall, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf (Direktor: Prof. Dr. med. J.M. Rueger) 56 Patienten mit einer langen (220-250 mm) Version des antegraden Verriegelungsnagel-Systems (Targon-PH) operativ versorgt. Dabei handelte es sich in 23 Fällen um eine Humerusschaftfraktur, in 13 Fällen um subcapitale Humerusfrakturen und bei 11 Patienten um eine Kombination aus subcapitaler und diaphysärer Humerusfraktur. Bei 9 Patienten diente das Implantat dazu, eine pathologische Fraktur bei osteolytischen Knochenmetastasen zu stabilisieren. Das Patientenkollektiv setzte sich aus 16 Männern und 40 Frauen zusammen. Das durchschnittliche Alter betrug 70,6 +/-16,3 Jahre (von 35 bis 95 Jahre).

Tabelle 5: Vorstellung des Patientenkollektiv und der Operationsindikationen

Geschlecht	männlich	16
	weiblich	40
	gesamt	56
Altersmedian	(Jahre)	70,6 +/-16,3 (35-95)
Art der Fraktur	subcapitale Humerusfraktur	13
	Humerusschaftfraktur	23
	Humeruskopf- und Schaftfraktur	11
	pathologische Fraktur	9

Die Anamnese zeigte, dass sich 40 (71,2 %) Patienten die Fraktur durch Sturz in der häuslichen Umgebung oder auf der Strasse zugezogen hatten. Bei 5 (8,8 %) Patienten war ein Anpralltrauma ursächlich, 2 (4 %) waren im Sinne eines Polytraumas mehrfachverletzt, 9 (16 %) weitere Patienten hatten eine pathologische Fraktur im Rahmen von Metastasen im Bereich des Humerus. Bei 47 (84 %) Patienten wurde zur Stabilisierung der Fraktur die 220 mm lange Implantatversion verwendet, bei 9 (16 %) Patienten reichte diese Länge nicht aus, um ausreichende Stabilität zu gewährleisten, und die 250 mm Version musste implantiert werden. Zur Rekrutierung wurden die Patienten zumeist direkt während des stationären

Aufenthaltes in der Klinik auf der Station besucht. Dort erfolgte dann im persönlichen Gespräch die Kontaktaufnahme und Erklärung der Studie. Die Patienten wurden über die Nachuntersuchungen informiert, und die Wichtigkeit einer konstanten Teilnahme wurde erläutert. Die Einladung zur Nachuntersuchung erfolgte zunächst schriftlich, mit der Aufforderung, einen Untersuchungstermin im direkten Telefonat zu vereinbaren.

Dieser Aufforderung folgten bei der ersten Folgeuntersuchung nach 6 Monaten 24 Patienten und bei der zweiten Untersuchung nach 12 Monaten 18 Patienten. 8 Patienten reagierten auch nach mehrmaliger schriftlicher Aufforderung nicht auf das Schreiben und konnten auch telefonisch nicht erreicht werden, 5 Patienten waren in der Zwischenzeit unbekannt verzogen, 4 Patienten waren in der Zwischenzeit an ihrem Grundleiden verstorben, 6 Patienten konnten aufgrund eines massiven dementiellen Syndroms nicht ausreichend kooperieren, und eine Beurteilung war so nicht möglich, und 5 Patienten lehnten eine Mitarbeit in der Nachuntersuchungsstudie ab. Die Rückläuferquote lag somit bei 50 % bei einem Ausgangskollektiv von 56 Patienten. Eine wichtige Rolle bei dieser niedrig erscheinenden Quote spielte hauptsächlich die Tatsache des hohen Lebensalters der Patienten.

Viele Patienten waren in der Zwischenzeit wegen anderer Erkrankungen in stationärer Behandlung oder waren aufgrund ihres geistigen Zustandes nicht in der Lage, an der Studie teilnehmen. Vor Beginn der Untersuchung wurde von allen in die Studie aufgenommenen Patienten das Einverständnis eingeholt, die ermittelten Befunde wissenschaftlich auszuwerten. Die Nachuntersuchungen fanden entweder in den Räumen der unfallchirurgischen Poliklinik statt oder in Form von Hausbesuchen in der heimischen Umgebung des Patienten.

Bei der Nachuntersuchung lagen die Patientenakte über den stationären Verlauf, sowie die prä- und postoperativ angefertigte Röntgendiagnostik (angefertigt von der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf; Direktor: Prof. Dr. med. G. Adam) vor. Diese umfasste zumindest konventionelle Röntgenbilder in zwei Ebenen. War eine gute Beurteilung der Fraktur allein durch die konventionellen Bilder nicht ausreichend gegeben, wurde oftmals zusätzlich eine Computertomografie, vermehrt auch in 3D-Rekonstruktion, angefertigt.

Tabelle 6: Vorstellung des Patientenkollektivs unter Berücksichtigung der Nichtteilnahme

Nr.	Alter (Jahre)	Geschlecht w=weiblich m=männlich	Frakturursache	Frakturform	Teilnahme	Grund für Nichtteilnahme
1	63	w	Sturz	Humerusschaftspiralfaktur	ja	
2	86	w	Sturz	Humerusschaftfraktur	ja	
3	62	w	pathologisch	Osteolysen	ja	
4	72	w	Sturz	Humerusschaftspiralfaktur	ja	
5	79	m	Sturz	subcapitale Humerusfraktur	ja	
6	67	m	Sturz	Kopf/Schaftfraktur	ja	
7	50	w	Anpralltrauma	subcapitale Humerusfraktur	ja	
8	79	w	Sturz	subcapitale Humerusfraktur	ja	
9	66	w	pathologisch	Osteolysen	nein	verstorben
10	82	w	Sturz	Humerusschaftspiralfaktur	ja	
11	88	m	Sturz	Humerusschaftspiralfaktur	nein	verzogen
12	81	w	pathologisch	Osteolysen	nein	verzogen
13	87	w	pathologisch	Osteolysen	nein	verzogen
14	87	m	Sturz	Humerusschaftfraktur	ja	
15	74	m	Sturz	subcapitale Humerusfraktur	nein	abgelehnt
16	46	m	pathologisch	Osteolysen	nein	keine Antwort
17	47	m	Sturz	Humerusschaftspiralfaktur	nein	keine Antwort
18	50	m	Sturz	Kopf/Humerusschaftfraktur	nein	verstorben
19	54	w	Anpralltrauma	Kopf/Humerusschaftfraktur	ja	
20	77	w	Sturz	Kopf/Humerusschaftfraktur	ja	
21	35	w	Anpralltrauma	Humerusschaftspiralfaktur	nein	keine Antwort
22	52	w	Sturz	Humerusschaftfraktur	nein	verzogen
23	75	w	Sturz	Humerusschaftfraktur	nein	abgelehnt
24	57	w	pathologisch	Osteolysen	ja	
25	74	m	Sturz	Kopf/Humerusschaftfraktur	ja	
26	81	w	Sturz	Humerusschaftspiralfaktur	ja	
27	83	w	Sturz	Humerusschaftspiralfaktur	nein	Demenz
28	93	m	Sturz	subcapitale Humerusfraktur	nein	verstorben
29	84	w	Sturz	Humerusschaftspiralfaktur	nein	Demenz
30	91	m	Sturz	subcapitale Humerusfraktur	nein	Demenz
31	92	w	Sturz	Kopf/Humerusschaftfraktur	nein	keine Antwort
32	65	m	Anpralltrauma	subcapitale Humerusfraktur	ja	
33	73	w	Sturz	subcapitale Humerusfraktur	nein	verzogen
34	52	m	Sturz	Kopf/Humerusschaftfraktur	ja	
35	59	w	Sturz	subcapitale Humerusfraktur	ja	
36	70	w	pathologisch	Osteolysen	ja	
37	70	w	Sturz	Humerusschaftspiralfaktur	ja	
38	73	w	Sturz	Humerusschaftspiralfaktur	ja	
39	50	w	pathologisch	Osteolysen	nein	verstorben

Intramedulläre Osteosynthese von Humerusfrakturen.

40	55	w	Sturz	Kopf/Humerusschaftfraktur	ja	
41	90	w	Sturz	Humerusschaftspiralfaktur	nein	Demenz
42	93	w	Sturz	subcapitale Humerusfraktur	ja	
43	42	w	Sturz	Kopf/Humerusschaftfraktur	ja	
44	40	m	Polytrauma	subcapitale Humerusfraktur	nein	keine Antwort
45	61	m	Polytrauma	Humerusschaftfraktur	ja	
46	37	w	Sturz	Kopf/Humerusschaftfraktur	ja	
47	95	w	Sturz	Humerusschaftfraktur	nein	Demenz
48	94	w	pathologisch	Osteolysen	nein	abgelehnt
49	80	w	Sturz	Humerusschaftspiralfaktur	nein	keine Antwort
50	78	m	Sturz	subcapitale Humerusfraktur	nein	abgelehnt
51	90	w	Sturz	Humerusschaftspiralfaktur	nein	Demenz
52	84	w	Sturz	Kopf/Humerusschaftfraktur	ja	
53	72	w	Sturz	Humerusschaftfraktur	nein	keine Antwort
54	77	w	Sturz	subcapitale Humerusfraktur	nein	abgelehnt
55	63	w	Anpralltrauma	Humerusschaftfraktur	ja	
56	79	w	Sturz	Humerusschaftfraktur	nein	keine Antwort

4 Ergebnisse

Die im Rahmen der Nachuntersuchung erhobenen Daten werden gemäß folgender Struktur dargestellt: Zunächst erfolgt die Charakterisierung des Patientenkollektivs, dann werden die Verletzungsmuster beschrieben und das therapeutische Vorgehen erläutert. Abschließend werden die funktionellen Ergebnisse der Nachuntersuchungen in der Gesamtübersicht demonstriert.

4.1 Patientenkollektiv

24 Patienten konnten durchschnittlich 6,4 Monate nach dem Unfallereignis untersucht werden. Der kürzeste Zeitraum bis zur Nachuntersuchung betrug 5 Monate, der längste Zeitraum betrug 8 Monate. Das Lebensalter der Patienten in der ersten Nachuntersuchung lag dabei zwischen 37 und 93 Jahren und somit bei einem Durchschnittsalter von 68,8 +/-14 Jahren. Bei 18 weiblichen und 6 männlichen Patienten betrug die prozentuale Geschlechterverteilung im Kollektiv der ersten Nachuntersuchung 75 % weibliche zu 25 % männlichen Patienten.

Bei 9 Patienten lag eine Fraktur des Humerusschaftes vor, bei 6 Patienten handelte es sich um eine subcapitale Humerusfraktur. In 7 Fällen war es zu einer kombinierten Fraktur gekommen, also einer Fraktur des Kopfbereiches mit Beteiligung der distalen Metaphyse, oder mit zusätzlichem Bruch der Diaphyse, oder mit Einbruch bis in die Diaphyse. Bei 2 weiblichen Patientinnen lag eine pathologische Fraktur bei Knochenmetastasen aufgrund eines Mamma-Carcinoms vor.

Bei 17 Patienten war ein Sturzereignis ursächlich für die Fraktur, wobei es sich bei den meisten der Patienten um einen Sturz in häuslicher Umgebung handelte. Die männlichen und jüngeren Patienten hatten eher ein Sturzereignis von höherer Energie erlitten, wie zum Beispiel ein Sturz vom Baum oder von einem Klettergerüst. Bei 4 Patienten war ein reines Anpralltrauma, zum Beispiel gegen eine Badewannenkante oder ein Fahrzeug, für die Fraktur ursächlich. Ein Patient hatte sich die Verletzung im Rahmen eines Motorrad-Unfalles zugezogen und war mehrfach verletzt.

Zur zweiten Untersuchung konnten 18 Patienten durchschnittlich 13,3 Monate nach dem Unfall gewonnen werden, wobei es sich nicht ausschließlich um Patienten handelte, die bereits in der ersten Untersuchung teilgenommen hatten. Dabei lag der Termin frühestens bei 12 Monaten und spätestens bei 17 Monaten nach dem Verletzungsereignis. Das Lebensalter

der Patienten in der zweiten Nachuntersuchung lag dabei zwischen 42 und 82 Jahren, entsprechend einem durchschnittlichen Lebensalter von 67 Jahren \pm 11,4. Bei 13 weiblichen und 5 männlichen Patienten betrug die prozentuale Geschlechterverteilung im Kollektiv der zweiten Nachfolgeuntersuchung weiblich zu männlich 72 % zu 28 %. Bei 6 Patienten lag eine Fraktur des Humerusschaftes vor, bei 4 Patienten handelte es sich um eine subcapitale Humerusfraktur, in 7 Fällen war es zu einer kombinierten Fraktur des Oberarmkopfes und -schaftes gekommen. Bei einer weiblichen Patientin lag eine pathologische Fraktur bei Knochenmetastasen vor. Bei 15 Patienten hatte sich der Unfall im Rahmen eines einfachen Sturzes in häuslicher Umgebung ereignet, 2 Patienten waren auf der Strasse gestürzt.

4.2 Operationszeiten

Die Dauer der Operation betrug durchschnittlich 94,3 Minuten. Die kürzeste Operationszeit betrug 45 Minuten, und die längste Operation dauerte 220 Minuten. Die durchschnittliche präoperative Liegezeit betrug 1,5 Tage (0 bis 11 Tage \pm 1,9), wobei 17 (30 %) Patienten am Tag des Unfalls operativ versorgt wurden. Nach der Operation gestaltete sich der Verlauf unproblematisch, so dass die Patienten nach anfänglicher Mobilisierung und Anleitung zur Physiotherapie durchschnittlich nach 10,4 Tagen die Klinik verlassen konnten. Die längste postoperative Verweildauer betrug 31 Tage, wobei es sich hier um einen Patienten mit Polytrauma und umfangreichen Begleitverletzungen handelte. Die kürzeste stationäre Behandlung betrug 3 Tage bei einer jungen Patientin mit pathologischer Fraktur.

Tabelle 7: Operationszeiten bei Implantation des langen Targon-PH-Nagels (220-250 mm)

Schnitt-Naht-Zeit	Anzahl	(%)	kumulativ (%)
45-70 min	13	23	23
71-90 min	20	36	59
91-110 min	12	21	80
111-130 min	5	9	89
> 130 min	6	11	100
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	56	100	100

4.3 Analyse der Rehabilitation

Die Analyse der Rehabilitation ergab für die nachuntersuchten Patienten eine durchschnittliche Anzahl von 40 Physiotherapie-Sitzungen. Eine Sitzung wurde dabei festgelegt als eine Therapieeinheit von 45 Minuten.

Die kürzeste Dauer der Rehabilitation lag bei 0 Sitzungen und die längste Dauer bei 150 Sitzungen bis zur abgeschlossenen Rehabilitation. Die meisten Patienten konnten die Physiotherapie sofort nach der Operation beginnen. 2 (7,1 %) Patienten hatten ihre Therapie zum Zeitpunkt der Datenerhebungen noch nicht abgeschlossen und sind nicht bei dieser Angabe berücksichtigt.

Tabelle 8: Darstellung des stationären Verlaufs, operativen Vorgehens und der Rehabilitation

Nr.	Latenz Unfall/OP (Tage)	stationäre Verweildauer (Tage)	OP-Zeit (Minuten)	Implantat-Länge (mm)	Physiotherapie-Sitzungen (Anzahl)
1	1	12	45	220	30
2	2	10	65	220	0
3	3	21	130	250	130
4	2	8	110	220	40
5	3	17	135	220	0
6	0	9	130	220	20
7	3	12	70	220	30
8	0	11	220	220	70
9	0	3	70	220	
10	1	11	90	220	60
11	1	10	85	220	
12	7	12	85	220	
13	2	6	80	220	
14	5	11	60	220	30
15	2	8	105	220	
16	1	11	95	220	
17	0	10	85	220	
18	0	6	80	220	
19	0	8	110	220	90
20	1	15	72	220	50
21	1	8	80	250	
22	1	6	95	220	
23	0	10	75	250	
24	0	8	85	220	20

Intramedulläre Osteosynthese von Humerusfrakturen.

25	0	13	120	220	40
26	1	6	110	220	0
27	0	7	75	220	
28	3	9	65	220	
29	0	9	90	220	
30	4	9	80	220	
31	0	10	60	220	
32	1	9	185	250	20
33	1	10	165	220	
34	1	5	70	220	20
35	0	9	125	220	150
36	1	7	55	220	32
37	1	19	55	250	30
38	0	8	116	250	80
39	0	5	90	220	
40	11	8	100	220	18
41	2	11	50	250	
42	2	14	110	220	nicht abgeschlossen
43	1	8	80	220	40
44	2	31	135	220	
45	2	12	97	220	73
46	1	7	108	220	0
47	1	12	169	220	
48	1	12	90	220	
49	2	15	94	220	
50	2	15	85	250	
51	1	9	90	220	
52	1	14	75	220	30
53	0	6	95	220	
54	4	11	56	220	
55	0	8	50	220	nicht abgeschlossen
56	1	7	76	250	

4.4 Funktionelle Ergebnisse

Die Erhebung und Bewertung der funktionellen Ergebnisse erfolgte anhand des Constant/Murley-Scores und des Neer-Scores. Beide Arme wurden vergleichend untersucht. Das Score-Ergebnis der verletzten Seite wurde zu der unverletzten Seite in Relation gesetzt, unter der Annahme, dass die unverletzte Seite den individuellen Normwert darstellt.

4.4.1 Funktionelle Ergebnisse der ersten Nachuntersuchung

Wie in Tabelle 9 dargestellt ergab sich in der Halbjahresuntersuchung für die 24 Patienten ein durchschnittlicher Constant-Score von 65,7 +/-18,4 Punkten für die verletzte Seite und ein durchschnittlicher Constant-Score von 86,8 +/-13 Punkten für den unverletzten Arm. Die Score-Punkte der verunfallten Schulter variierten von 31 bis maximal 97 Punkte. Im Bezug zur unverletzten Seite, bei der Punkte von 45 bis 100 erreicht wurden, bedeutet dieses einen relativen Wert von 75,9 % mit Werten von 41,9 bis 100 % im Constant-Score.

So waren die Resultate im Constant-Score für 8 Patienten sehr gut (33,3 %) und für 4 gut (16,6 %). 3 Patienten erreichten das Resultat befriedigend (12,5 %) und 9 Patienten (37,5 %) hatten ein schlechtes Resultat zu diesem Zeitpunkt des Heilungsverlaufes.

Im Neer-Score lag der durchschnittliche Wert bei 67,9 Punkten mit einer Standardabweichung von 15,3 für die verunfallte Seite, mit Werten von mindestens 39 und maximal 90 Punkte. Die unverletzte Seite erzielte ein durchschnittliches Score-Ergebnis von 83,3 +/-8,2 Punkten. Es wurden zwischen 53 und 90 Punkte erreicht. In Relation zur unverletzten Gegenseite ergab sich ein durchschnittlicher seitenadaptierter Neer-Score von 81,5 % +/-16,4. Die relativen Werte im Neer-Score sechs Monate nach der operativen Versorgung variierten bei den einzelnen Patienten von 47,6-100 %. So ergaben sich für die Patienten der Halbjahresuntersuchung folgende Resultate gemäß der qualitativen Beurteilung nach Punktgrenze: 11 Patienten (45,8 %) wiesen ein sehr gutes Ergebnis auf, 4 Patienten (16,6 %) hatten ein gutes Resultat. 3 Patienten (12,5 %) gingen mit einem befriedigenden Ergebnis aus der Untersuchung, und 6 Patienten (25 %) erreichten ein schlechtes Resultat.

Tabelle 9: Ergebnisse der ersten Nachuntersuchung (n=24)

	durchschnittlicher Constant-Score	durchschnittlicher Neer-Score
verletzte Seite (erreichte Punktzahl)	65,7+/-18,4	67,9+/-15,3
unverletzte Seite (erreichte Punktzahl)	86,8+/-13	83,3+/-8,2
seitenadaptierter Wert (in Prozent der Gegenseite)	75,9+/-17,7	81,5+/-16,4
min-max. Abweichung (des seitenadaptierten Wertes)	41,9-100	47,6-100

Tabelle 10: Gesamtübersicht der funktionellen Ergebnisse der ersten Nachuntersuchung im Constant-Score und im Score nach Neer

Nr.	Zeitraum OP/Untersuchung (Monate)	relativer Constant-Score (Prozent der Gegenseite)	qualitative Bewertung Constant-Score	relativer Neer-Score (Prozent der Gegenseite)	qualitative Bewertung Neer-Score	subjektive Beurteilung Patient	subjektive Beurteilung Untersucher
1	7	56,3	schlecht	77,8	befriedigend	befriedigend	gut
2	6	92,2	sehr gut	94,2	sehr gut	gut	gut
5	8	56,6	schlecht	47,6	schlecht	befriedigend	schlecht
7	6	89,6	sehr gut	100	sehr gut	sehr gut	gut
8	6	41,9	schlecht	53	schlecht	schlecht	schlecht
10	6	62,2	schlecht	60,5	schlecht	befriedigend	gut
14	5	61,3	schlecht	80,3	gut	gut	befriedigend
19	6	74	befriedigend	81,8	gut	gut	gut
20	6	95	sehr gut	97,6	sehr gut	sehr gut	sehr gut
24	6	72,3	befriedigend	97,7	sehr gut	sehr gut	sehr gut
25	6	73	befriedigend	81,3	gut	gut	befriedigend
26	6	84,4	gut	89,7	gut	gut	gut
32	5	86,7	gut	90,9	sehr gut	gut	sehr gut
34	6	89,8	sehr gut	89,6	sehr gut	gut	sehr gut
35	7	52	schlecht	53,3	schlecht	schlecht	schlecht
36	6	73,4	befriedigend	75,3	befriedigend	befriedigend	befriedigend
37	8	57,6	schlecht	64,7	schlecht	befriedigend	gut
38	8	95,8	sehr gut	97,7	sehr gut	gut	sehr gut
40	7	96	sehr gut	96,6	sehr gut	gut	gut
42	6	100	sehr gut	90,9	sehr gut	befriedigend	gut
45	6	46,2	schlecht	62	schlecht	schlecht	schlecht
46	6	85,7	gut	96,2	sehr gut	schlecht	gut
52	7	88,8	gut	79,8	befriedigend	befriedigend	gut
55	7	90,6	sehr gut	97,7	sehr gut	gut	sehr gut

Betrachtet man nun das funktionelle Ergebnis der Patienten mit kombinierter Humerusfraktur, zeigt sich, dass diese Patienten keinesfalls ein schlechteres Ergebnis erzielten als die Patienten mit einer isolierten Frakturform, unabhängig davon, ob letztere proximal oder distal am Humerus gelegen war. Dieses besondere Patientenkollektiv (Nrn.: 19, 20, 25, 34, 40, 46, 52) hatte für sich separat gesehen einen relativen (operierte Seite zur nichtoperierten Seite in Relation gesetzt) Constant-Score von 86 %, wobei die Patienten bereits durchschnittlich auf der verletzten Seite einen Punktwert von 79,4 Punkten erreichten. Dieser Wert entspricht gemäß der qualitativen Bewertung nach Punktgrenze (Benotung) einem guten Ergebnis 6 Monate postoperativ.

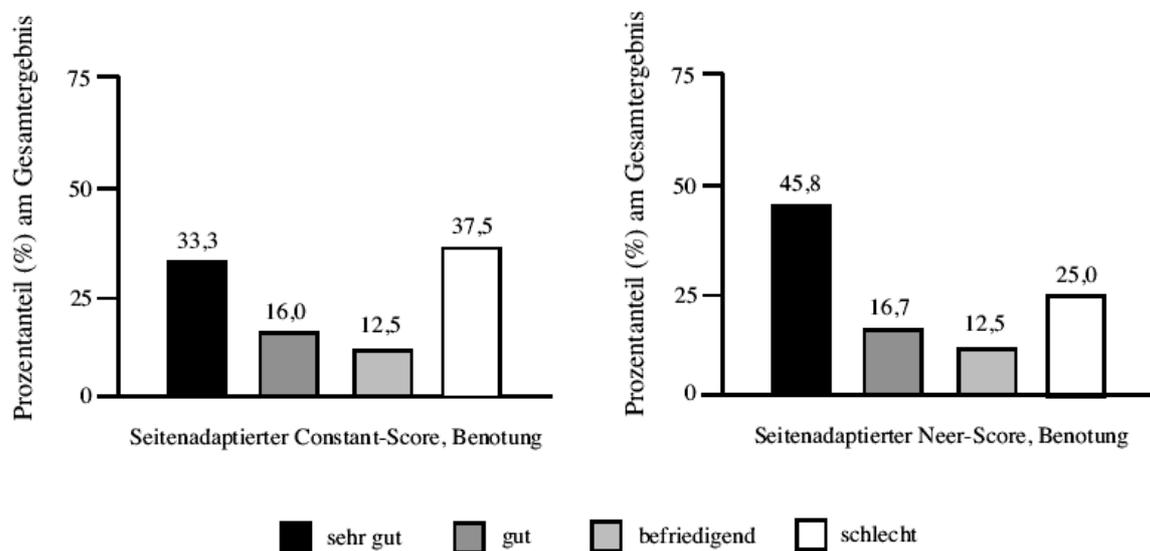


Abbildung 7: Graphische Darstellung der funktionellen Ergebnisse 6 Monate nach der operativen Versorgung. Die qualitative Beurteilung erfolgte analog der vorgegebenen Punktgrenze nach Neer seitenadaptiert im Constant-Score (links) und im Neer-Score (rechts). Es zeigten sich im Constant-Score 50 % gute und sehr gute Ergebnisse und im Neer-Score über 60 % gute und sehr gute Ergebnisse, was einer vollständigen Wiederherstellung der verunfallten Schulter entspricht.

4.4.2 Funktionelle Ergebnisse der zweiten Nachuntersuchung

Einjahresergebnisse konnten von 18 Patienten ermittelt werden. Wie bei der vorhergehenden Untersuchungsreihe wurde jeweils der Constant-Score und der Neer-Score vergleichend für beide Arme bestimmt und in Relation zueinander gesetzt. Der Constant-Score der verunfallten Seite betrug durchschnittlich 76 +/-12 Punkte, bei Werten zwischen 53 und 99 Punkten. Die gesunde Seite erzielte einen Score-Wert von 87,2 +/-8,9 Punkten, und es wurden dabei

mindestens 71 und höchstens 100 Punkte erzielt. In Relation zueinander erreichten die Patienten durchschnittlich einen Constant-Wert von 86,9 % +/-8,8. Unter Berücksichtigung der qualitativen Beurteilung nach Punktgrenze sind dies Resultate von 7 Patienten (38,9 %) mit sehr gutem Ergebnis, 7 Patienten (38,9 %) mit gutem Ergebnis, 3 Patienten mit befriedigendem (16,7 %) und einem Patient mit schlechtem (5,5 %) Resultat. Der Neer-Score ergab für diese Patientengruppe folgendes durchschnittliches Ergebnis der verletzten Seite: 76,7 +/-8,8 bei mindestens 59 erreichten Scorepunkten. Es wurden bis zu 88 Punkte (bei höchstens 90 möglichen Punkten nach Abzug der anatomischen Veränderungen) des Neer-Scores auf der verletzten Seite erreicht. Die unverletzte Seite erlangte durchschnittlich 86,3 +/-2,6 Punkte. So lautete der relative (seitenadaptierte) Neer-Score im 12 Monatsergebnis 89,2 % +/- 8,7. Elf Patienten hatten nach einem Jahr ein sehr gutes Ergebnis (61 %), 4 Patienten erlangten das Resultat gut (22,2 %), und 3 Patienten (16,7 %) hatten ein befriedigendes Resultat. Kein Patient wies ein schlechtes Ergebnis in dieser Phase auf.

Tabelle 11: Ergebnisse der zweiten Nachuntersuchung (n=18)

	durchschnittlicher Constant-Score	durchschnittlicher Neer-Score
verletzte Seite (erreichte Punktzahl)	76+/-12	76,7+/-8,8
unverletzte Seite (erreichte Punktzahl)	87,2+/-8,9	86,3+/-2,6
seitenadaptierter Wert (in Prozent der Gegenseite)	86,9+/-8,8	89,2+/-8,7
min-max. Abweichung (des seitenadaptierten Wertes)	66,7-101,2	72,3-100

Tabelle 12: Gesamtübersicht der funktionellen Ergebnisse der zweiten Nachuntersuchung im Constant-Score und im Score nach Neer

Nr.	Zeitraum OP/Untersuchung (Monate)	relativer Constant-Score (Prozent der Gegenseite)	qualitative Bewertung Constant-Score	relativer Neer-Score (Prozent der Gegenseite)	qualitative Bewertung Neer- Score	subjektive Beurteilung Patient	subjektive Beurteilung Untersucher
1	17	91,3	sehr gut	94,4	sehr gut	gut	gut
3	16	86,4	gut	84,9	gut	sehr gut	gut
4	12	89,5	sehr gut	96,6	sehr gut	sehr gut	sehr gut
5	16	74,6	befriedigend	73,8	befriedigend	befriedigend	gut
6	12	82,6	gut	90,1	sehr gut	gut	gut
8	12	78,9	befriedigend	84,3	gut	gut	sehr gut

10	12	77,6	befriedigend	72,3	befriedigend	befriedigend	gut
19	12	89	gut	94,4	sehr gut	gut	gut
20	14	96,7	sehr gut	100	sehr gut	sehr gut	sehr gut
25	12	88,8	gut	87,4	gut	gut	gut
26	12	96,2	sehr gut	95,4	sehr gut	sehr gut	sehr gut
32	14	98	sehr gut	95,4	sehr gut	sehr gut	gut
34	14	82,1	gut	94,3	sehr gut	gut	gut
35	16	89,9	sehr gut	94,3	sehr gut	gut	gut
37	12	66,7	schlecht	80,5	gut	gut	gut
38	12	101,2	sehr gut	100	sehr gut	sehr gut	sehr gut
40	12	87,9	gut	76,1	befriedigend	befriedigend	gut
43	12	86	gut	91,6	sehr gut	gut	gut

Bei der Betrachtung der funktionellen Ergebnisse der Patienten mit kombinierter Humerusfraktur (Nrn: 6, 19, 20, 25) zeigte sich ein Jahr nach der operativen Versorgung ein relativer (seitenadaptierter) Constant-Scorewert von im Mittel 87,6 % und ein relativer Neer-Wert von durchschnittlich 90,6 %.

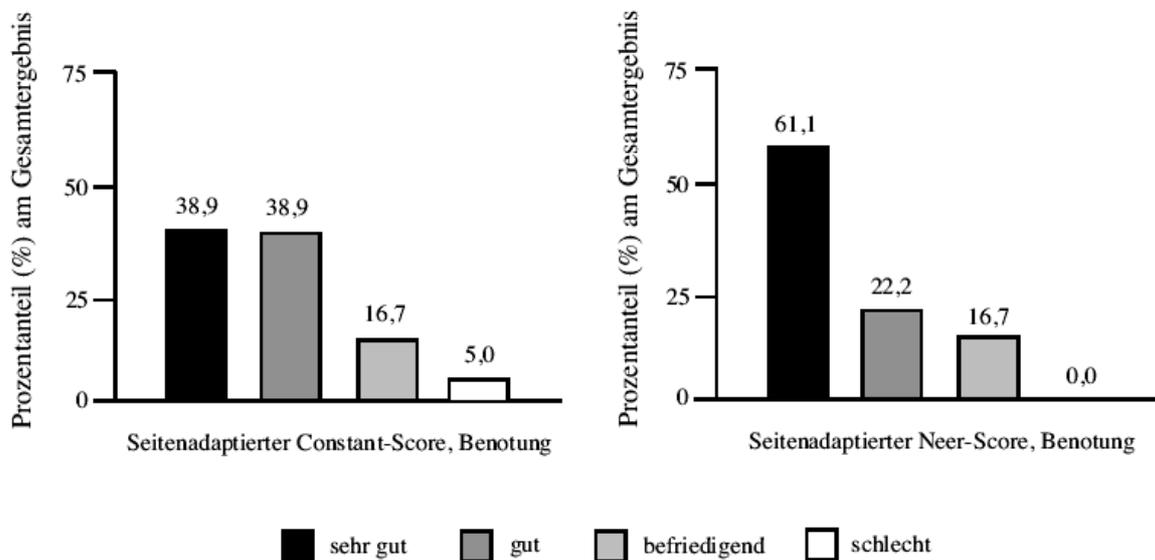


Abbildung 8: Graphische Darstellung der funktionellen Ergebnisse 12 Monate nach der operativen Versorgung. 72 % der Patienten erreichten in der qualitativen Beurteilung analog der vorgegebenen Punktgrenze im Constant-Score (links) gute und sehr gute Ergebnisse und im Neer-Score (rechts) über 80 % sehr gute und gute Ergebnisse, gleichbedeutend einer vollständigen Wiederherstellung der Schulterfunktion. Im Neer-Score ergab sich kein schlechtes Ergebnis.

Zusammenfassend war eine Steigerung der funktionellen Ergebnisse, innerhalb des Beobachtungszeitraumes zu verzeichnen. Lagen die seitenadaptierten Werte im Constant-Score und im Neer-Score nach einem halben Jahr postoperativ zwischen 75 und 81 %, was einem im Durchschnitt befriedigenden bis guten qualitativen Ergebnis entspricht, so lagen die Durchschnittswerte im relativen Constant- und im Neer-Score nach einem Jahr postoperativ bei 86-89 %, was qualitativ einem guten bis sehr guten Ergebnis der Patienten insgesamt gleichkommt. Das gesamte nachuntersuchte Patientenkollektiv erlangte innerhalb eines halben Jahres eine Steigerung des funktionellen Resultates um bis zu 11 % (siehe dazu Abbildung 9).

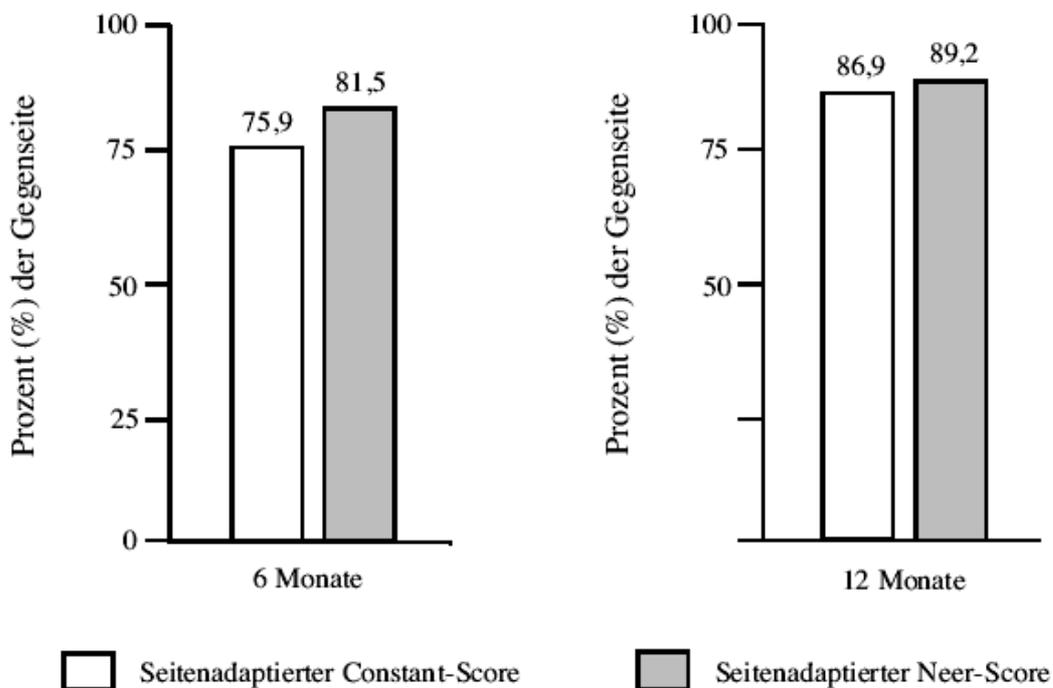


Abbildung 9: Graphische Darstellung der Ergebnisse im Constant- und im Neer-Score. Dargestellt sind die seitenadaptierten Durchschnittswerte der Ergebnisse in der ersten Nachuntersuchung nach 6 Monaten und der zweiten Nachuntersuchung nach 12 Monaten. Es zeigte sich eine Steigerung der relativen Score-Werte um bis zu 11 % in der Zeit zwischen den beiden Untersuchungen.

4.5 Subjektive Beurteilung des Patienten

Die ebenfalls in den Nachuntersuchungen durchgeführten Beurteilungen der Schulterfunktion durch den Patienten ergab 6 Monate nach der Operation folgende Ergebnisse: 4 Patienten waren mit der Funktion der Schulter auch im Hinblick auf vorhandene Schmerzen und der dadurch resultierenden Einschränkung nicht zufrieden und stuften das Ergebnis mit „schlecht“ (16,7 % des Gesamtkollektives) ein. 7 Patienten (29 %) beurteilten die Schulter befriedigend. 13 Patienten (54,1 %) hielten die wiedererlangte Funktion und die Alltagsbelastbarkeit der Schulter für gut bis sehr gut.

In der Nachuntersuchung nach einem Jahr beurteilten die Patienten ihre Schulter subjektiv folgendermaßen: Kein Patient hielt das Ergebnis nach 12 Monaten für schlecht. Drei der Patienten (16,7 %) waren bei vorhandenen Einschränkungen zufrieden und beurteilten das Ergebnis auch mit befriedigend. Mit einem guten bis hervorragenden Ergebnis beurteilten 15 Patienten (83,3 %) das Ergebnis hinsichtlich der Schulterfunktion, der Schmerzausprägung und der Belastbarkeit in Alltagssituationen (siehe dazu Abbildung 10).

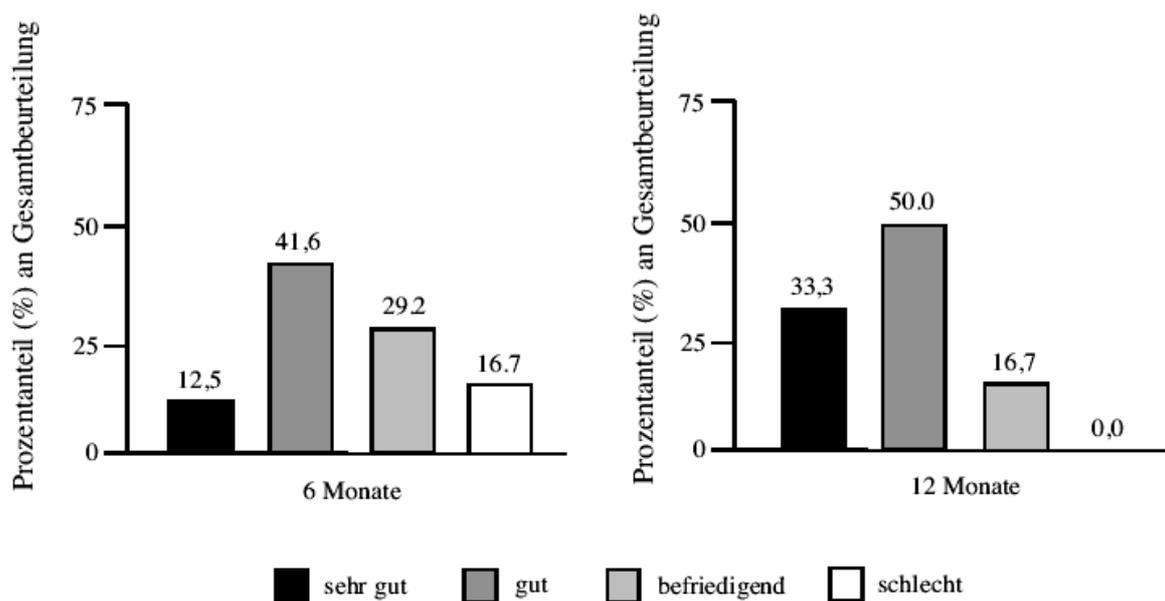


Abbildung 10: Graphische Darstellung der Ergebnisse der subjektiven Beurteilung durch den Patienten (prozentuale Verteilung). Die Patienten konnten nach der Untersuchung die Wiederherstellung der verunfallten Schulter imm Sinne des Schulnotensystems beurteilen. Nach 6 Monaten urteilten über 50 % der Patienten mit sehr guten und guten Noten. Nach weiteren 6 Monaten der Rekonvaleszenz stieg die subjektive Patientenzufriedenheit weiter an. Kein Patient beurteilte mit “schlecht“, über 80 % der Patienten waren mit dem Ergebnis der Wiederherstellung sehr, bzw. äußerst zufrieden.

4.6 Subjektive Beurteilung des Untersuchers

Die im Anschluss durchgeführte subjektive Beurteilung durch den Untersucher ergab für die erste Nachuntersuchung 6 Monate postoperativ folgende Verteilung. Nach subjektiver Einschätzung des Untersuchers wiesen 4 Patienten (16,7 %) ein schlechtes Resultat auf. Bei drei Patienten (12,5 %) stufte der Untersucher das Ergebnis als zufriedenstellend ein. Siebzehn Patienten (70,8 %) waren bereits weit fortgeschritten in Funktion, Kraft, Alltagsbelastbarkeit und zeigten ein geringes Schmerzpotential. Auch die radiologische Beurteilung ergab eine gute Stellung der Fragmente. Sie erhielten sehr gute bis gute Beurteilungen durch den Untersucher. Nach 12 Monaten konnten 18 Patienten beurteilt werden. Kein Ergebnis der Schulterwiederherstellung wurde durch den Untersucher subjektiv mit schlecht oder zufriedenstellend beurteilt. Alle Patienten erhielten eine gute oder sehr gute Note (100 %). Die Ergebnisse sind zur Veranschaulichung graphisch in der Abbildung 11 dargestellt.

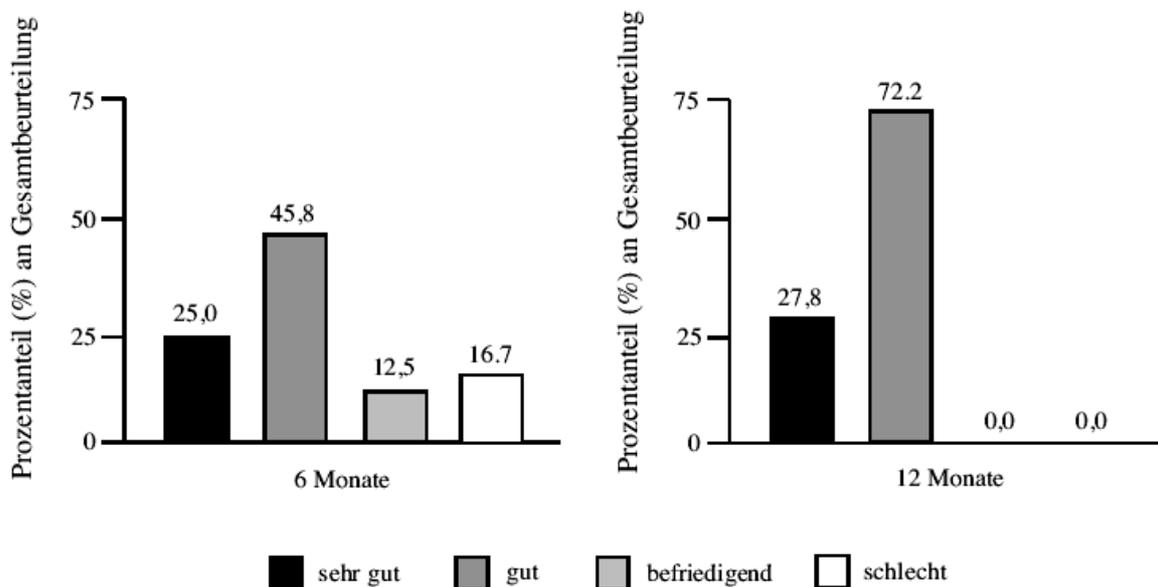


Abbildung 11: Graphische Darstellung der Ergebnisse der subjektiven Beurteilung durch den Untersucher (prozentuale Verteilung). Der Untersucher hatte ebenfalls nach der Untersuchung die Möglichkeit, die Wiederherstellung der untersuchten Schulter zu beurteilen.. In der ersten Untersuchung nach 6 Monaten wurden noch knapp 30 % befriedigende und schlechte Ergebnisse nach Ansicht des Untersuchers verzeichnet. Nach 12 Monaten postoperativ wurde kein funktionelles Ergebnis mehr vom Untersucher als zufriedenstellend oder schlecht beurteilt, alle Ergebnisse fielen gut oder sehr gut aus.

4.7 Komplikationen

Bei einer Patientin (Nr. 8) fiel in der Nachuntersuchung eine besondere Einschränkung der Beweglichkeit im Schultergelenk auf, welche sich mittels Arthrolyse operativ beheben ließ. Bei einem multimorbiden Patienten (Nr. 28) kam es direkt nach der Operation zum Ausbruch des Materials und zur Durchspießung des Nagels durch die Kopfkalotte. Aufgrund der ausgeprägten Porosität des Knochens entschied man sich zum Wechsel auf die Resektionsarthroplastik. Bei einer Patientin (Nr. 36) fiel bei andauernder Bewegungseinschränkung, trotz intensiver Krankengymnastik und eher jungen Alters, eine Pseudarthrose, unter Einnahme von NSAR (Nichtsteroidalen Antirheumatika) aufgrund vorbestehender rheumatischer Arthritis, im Bereich des Humerusschaftes auf. Es erfolgte die Revision und zusätzliche Spongiosaplastik. Bei einem Patienten (Nr. 46) kam es zur Ausbildung eines Impingement-Syndroms. Die Krankengymnastik hatte nicht direkt nach der operativen Versorgung erfolgen können, da sich der Patient die Fraktur im Rahmen eines Polytraumas zugezogen hatte. Aufgrund der nur gering ausgeprägten Symptomatik wünschte der Patient keinen weiteren Eingriff. Die Rate an revisionspflichtigen Komplikationen lag demnach bei 3 von 56 Patienten (5 %). In keinem Fall kam es zu Infektionen und/oder Blutungen.

4.8 Fallbeispiel

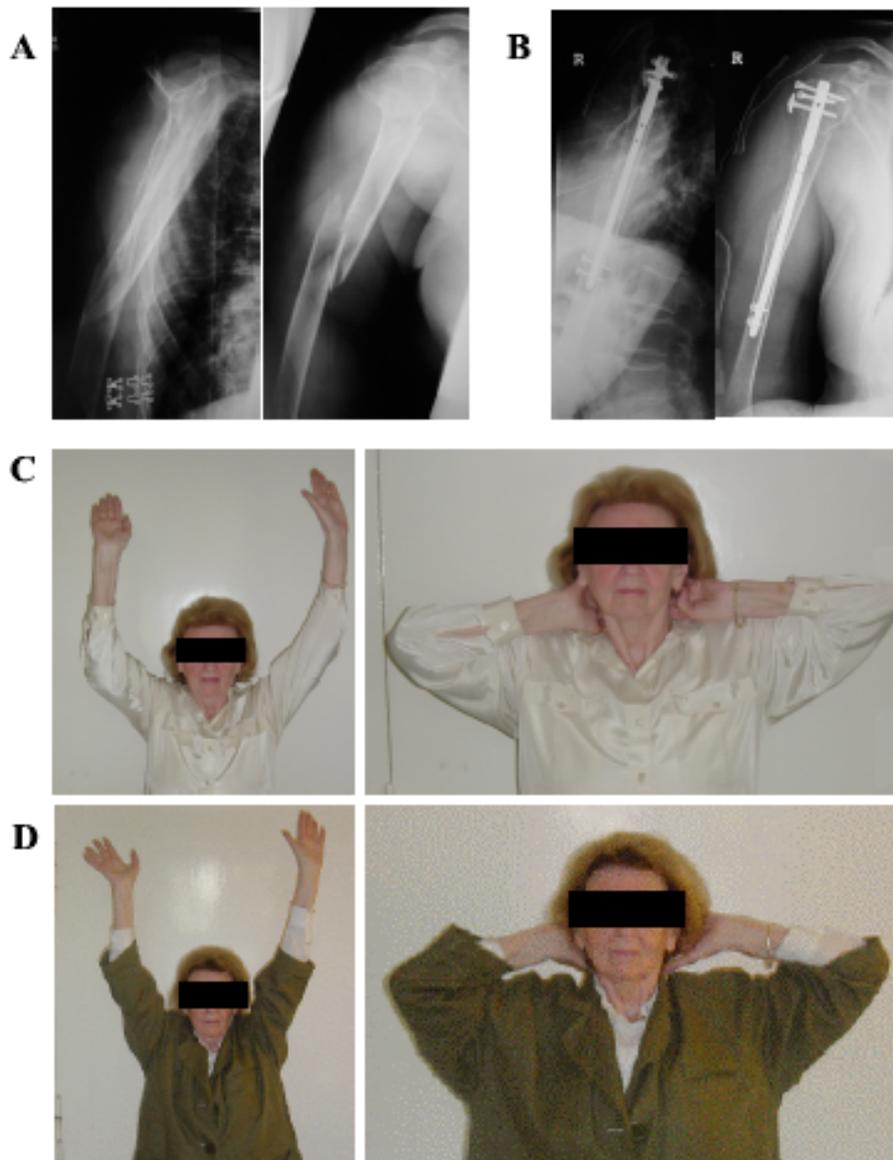


Abbildung 12: Beispiel einer 74-jährigen Patientin (Nr. 20) mit kombinierter Humerusfraktur. Die Patientin hatte sich im Rahmen eines einfachen Sturzes eine kombinierte Fraktur des Humeruskopfes mit ipsilateraler Schaftfraktur zugezogen (A zeigt die präoperativen Aufnahmen am Unfalltag). Die Patientin wurde operativ mit einem langen Targon-PH-Nagel (220 mm) versorgt (B zeigt die Aufnahmen am ersten postoperativen Tag). In der ersten Nachuntersuchung erreichte sie einen Constant-Score-Wert von 79 Punkten und einen Neer-Score-Wert von 84 Punkten auf der operierten Seite. Im Bezug auf die unverletzte Schulter ergab sich ein relativer Constant-Score Wert von 95 % und ein relativer Neer-Score-Wert von 98 %, was nach 6 Monaten postoperativ einer vollständigen Wiederherstellung der verunfallten Schulter entspricht (C zeigt die Fotodokumentation der Funktion nach 6 Monaten). Auch in der nachfolgenden Untersuchung war die Patientin beschwerdefrei und sehr zufrieden mit dem Ergebnis der Behandlung. Die relativen Score-Werte (also im prozentualen Verhältnis zur Gegenseite gesetzt) lagen bei 97 % im Constant-Score und 100 % im Score nach Neer (D zeigt die Fotodokumentation am Untersuchungstag 12 Monate postoperativ)

Die 74-jährige Patientin stellte sich schmerzgeplagt in unserer Notaufnahme vor, nachdem sie in häuslicher Umgebung gestolpert und auf die rechte Körperseite gefallen war. Die rechte Schulter war bei Aufnahme geschwollen, es zeigte sich ein Hämatom in der Axilla. Eine Bewegung der Schulter und des Arms war aufgrund der starken Schmerzen weder passiv noch aktiv möglich. Es bestand kein Sensibilitätsdefizit.

Die angefertigte Nativdiagnostik zeigte die komplette Zerstörung des Humeruskopfes (4-Segment-Fraktur) mit ipsilateraler Fraktur im Bereich der mittleren Diaphyse. Die Patientin wurde am selben Tag mit der 220 mm langen Version des Targon-PH-Nagels operativ versorgt. Im Bereich des Tuberkulum majus wurde ein Knochenfragment zusätzlich mittels Unterlegscheibe fixiert. Distal wurden zwei Verriegelungsschrauben zur Stabilisierung der Fragmente verwendet. Die Patientin konnte am ersten postoperativen Tag mit Bewegungsübungen beginnen. Der stationäre Verlauf gestaltete sich unauffällig. In der Nachuntersuchung 6 Monate nach der Operation erreichte die Patientin einen Constant-Score von 75 Punkten und einen Neer-Score von 84 Punkten. Dies entspricht in Relation zum unverletzten Arm einem Constant-Score von 95 % und einem relativen Neer-Score von 98 %. Die Patientin war äußerst zufrieden. Nach 12 Monaten hatte die Patientin noch zusätzlich an Kraft und Funktion erlangt. Der relative Constant-Score lag bei 98 % und im Neer-Score bei 100 % im Verhältnis zur nicht verunfallten linken Schulter. Es zeigte sich ein freier und flüssiger Bewegungsablauf. Während des Zeitraumes der Datenerfassung kam es zu keinen Komplikationen bei dieser Patientin (siehe dazu Abbildung 12).

5 Diskussion

Menschen jenseits des 65. Lebensjahres stellen mit über 80 % den Großteil derer, die von der Fraktur des Humerus betroffen sind (Lind et al., 1989). Frauen wiederum sind zwei bis dreimal häufiger betroffen als Männer (Nordquist et al., 1995; Rose et al., 1982). Eine Erklärung für die Prädisposition des weiblichen Geschlechts liegt in der Osteoporose begründet. Dabei ist die Fraktur des proximalen Humerus eine der häufigsten des alten Menschen, neben der Fraktur des coxalen Femurendes und den Radiusfrakturen (Habermeyer et al., 1989; Resch et al., 1997; Szyskowitz et al., 1999). Ihre Inzidenz steigt mit dem höheren Lebensalter (Damanakis, 1996). Daraus resultierend gilt die operative Versorgung der Humerusfraktur bei meist schlechter Knochenqualität und herabgesetztem Allgemeinzustand des Patienten nach wie vor als Herausforderung. Die Schulter verfügt aufgrund einer komplexen Anatomie, dem feinem Zusammenspiel aus Muskulatur und Knochen, gelenkbildenden Komponenten und Nebengelenken, über ein hohes Maß an Beweglichkeit. Sie ist für die Selbstständigkeit im täglichen Leben von entscheidender Bedeutung. Jeder Mensch, ob alt oder jung, ist auf die Funktion der Schulter-/Armregion angewiesen (Damanakis, 1996). Doch die optimale Versorgung der Humerusfraktur muss nicht nur diesen Anspruch berücksichtigen. Aufgrund des steigenden Druckes in Hinsicht auf Kosteneffizienz der Behandlung, muss sie zudem günstig, sicher und leicht durchführbar sein.

In der hier vorliegenden Studie wurden 56 Patienten mit Frakturen des Humerus operativ mit Hilfe eines antegraden Verriegelungsnagel-Systems operativ versorgt. Es handelte sich dabei um die lange Version (220-250 mm) des Targon-PH-Nagels (Aeskulap AG & Co. KG, Tuttlingen, Deutschland). Dieser ist so konzipiert, dass er aufgrund der Länge und des antegraden Zugangsweges in der Lage ist, sowohl die proximalen Frakturen, als auch Frakturen in den distalen Schaftanteilen zu versorgen. Bei den Patienten des hier untersuchten Kollektivs handelte es sich um 13 Patienten mit subcapitaler Humerusfraktur, 25 Patienten mit komplexer, oftmals spiralförmig bis proximal windender, Humerusschaftfraktur, 11 Patienten mit einer Kombination aus subcapitaler und diaphysärer Humerusfraktur, sowie zusätzlich 9 Patienten, die sich eine pathologische Fraktur am Humerus aufgrund von Osteolysen zugezogen hatten. Die Patienten waren bezüglich des Durchschnittsalters von 70,6 Jahren und bei einem Frauenanteil von 71,4 % mit denen im Schrifttum veröffentlichten Studien gut vergleichbar. Da es sich bei dieser Patientengruppe aber um ein heterogenes Kollektiv mit meist komplexen und selten anzutreffenden Frakturen handelte, ist ein direkter Vergleich zu Patientengruppen anderer Studien nur bedingt möglich. In letzteren handelte es

sich in der Beobachtungsgruppe meist entweder um Frakturen des proximalen oder des distalen Humerus. Mit den hier zur objektiven Betrachtung des funktionellen Ergebnisses der operierten Schulter eingesetzten Scores ließen sich aufgrund der analogen Vorgehensweise in den bereits veröffentlichten Studien gute Rückschlüsse zu unserem Verfahren ziehen.

Immer wieder zur Diskussion standen und stehen die konservativen Vorgehensweisen bei den verschiedenen Frakturformen des Humerus. Weitgehende Einigkeit besteht darin, dass bei den nicht oder gering dislozierten Humerusfrakturen eine konservativ-funktionelle Behandlung sinnvoll erscheint (Köstler et al., 2002; Bächli et al., 2001; Habermeyer et al., 1989). Anders verhält es sich bei den komplexen Frakturen des Humerus mit Dislokation, Fehlstellungen und Achsabweichungen. Aufgrund unbefriedigender Resultate bei der konservativen Therapie zeichnet sich die Tendenz zur großzügigen Stellung einer Operationsindikation ab (Habernek et al., 1991; Brug et al., 1994; Siebenrock et al., 1992; Rasmussen et al., 1992). Die Ergebnisse der konservativen Therapie komplexer Humerusfrakturen wurden in vielfältigen Studien vorgestellt und beschrieben.

Lill et al. untersuchten 37 Patienten (Altersmedian 75 Jahre, 31 weibliche und 6 männliche Patienten) retrospektiv durchschnittlich 20 Monate nach dem Frakturgeschehen (Lill et al., 2001). Alle Patienten hatten sich eine dislozierte, proximale Humerusfraktur zugezogen und waren konservativ mit konsequenter Ruhigstellung und anschließender 6-wöchiger Ruhigstellung in der Schiene behandelt worden. Im Constant-Score erreichten die Patienten des Kollektivs ungefähr zur Hälfte gute und sehr gute, und zur anderen Hälfte befriedigende und schlechte Ergebnisse. Bei frakturspezifischer Betrachtung entfielen dabei die meisten guten und sehr guten Ergebnisse auf die 2- und 3-Segmentfrakturen (zwei Drittel des Patientenkollektivs). Die 4-Segmentfrakturen wiesen die meisten schlechten Ergebnisse auf. Trotz diverser Komplikationen, wie klinisch manifestem Impingementsyndrom bei 9 Patienten, andauernden Schmerzen bei 11 Patienten, Achsfehlstellungen größer 50° bei 23 Patienten und Humeruskopfnekrose bei 8 Patienten, befanden Lill et al. die konservative Therapie der proximalen Humerusfraktur bei den 2- und 3-Segmentfrakturen als geeignetes Verfahren, sehen allerdings eine Operationsindikation bei den 4-Segmentfrakturen.

Sarmiento et al. (Sarmiento et al., 1977 und 2002) beschreiben in einem Verfahren mit der nach Sarmiento benannten Oberarmschiene sehr gute und gute Ergebnisse im hohen Prozentsatz bei der konservativen Frakturversorgung von Patienten mit Humerusschaftfraktur. Auch hier erfolgte die Behandlung der Patienten durch absolute Ruhigstellung der verunfallten Schulter und des Armes über mindestens 12 Wochen. Bei dieser konservativen Therapieform mit der Sarmiento-Schiene wird vorausgesetzt, dass die Patienten zu

regelmäßigen Röntgenkontrollen in die Klinik kommen können. Eine ständige Anpassung der Schiene an die sich verändernden Weichteilverhältnisse ist erforderlich.

Es bleibt die Frage, ob man die konservative Therapie bei komplexeren Frakturen heute noch empfehlen kann. Im Hinblick auf die Kosteneffizienz moderner Behandlungsverfahren erscheint es nicht sinnvoll, den Patienten über Wochen zur Nachbehandlung und Kontrolle in die Klinik zu bestellen. Bei den genannten konservativen Therapieverfahren zur Behandlung der Humerusfraktur ist es zudem erforderlich, dass der Patient über Wochen gänzlich auf die verunfallte Schulterarmregion verzichten kann, den Arm konsequent schont, regelmäßig in der Klinik erscheint und erst dann mit dem Wiederaufbau der Muskulatur in der Physiotherapie beginnt. Aufgrund der langen Nachbehandlungszeit und der Notwendigkeit einer optimalen Compliance des Patienten bei der konservativen Therapie wurde dementsprechend eine rasche Frakturversorgung gefordert, die eine frühe Belastbarkeit und gute Funktion der verletzten Schulter, sowie minimale Schmerzhaftigkeit sicherstellt.

Eine hohe Primärstabilität selbst im osteoporotischen Knochen, scheinen die neueren winkelstabilen Platten zu gewährleisten. Allerdings muss hierbei ein großer Zugang gewählt werden, woraus sich Komplikationen ergeben. Hohe Blutverluste, große Narben sowie häufigeres Auftreten von Humeruskopfnekrosen und Pseudarthrosen wurden bereits beschrieben (Habermeyer et al., 1991; Kristansen et al., 1986; Köstler et al., 2003).

Bäthis et al. (Bäthis et al., 2001) stellen in ihrer Studie die Frage, ob man die Frakturversorgung am proximalen Humerus mittels T-Platte heute noch als zeitgemäß betrachten kann. Von Bäthis und Mitarbeitern wurden 51 Patienten durchschnittlich 4,1 Jahre nach der operativen Versorgung mit T-Platte, Minimalosteosynthese oder Humeruskopfprothese retrospektiv untersucht. Dabei waren knapp 63 % mit Platte versorgt worden. Der Alterdurchschnitt lag bei 55 Jahren, bei einem Frauenanteil von 75 %. Die Patienten mit T-Platten-Versorgung zeigten in der Nachuntersuchung einen durchschnittlichen Constant-Score von 78 % im Vergleich zur nichtoperierten Gegenseite. Dieser sank aber bei mittels T-Platte-versorgten Patienten mit 4-Segmentfrakturen auf nur noch 57 % der nichtverletzten Gegenseite. Gemeinsam erreichten Patienten, die mit T-Platte versorgt worden waren, zu 59 % sehr gute und gute Ergebnisse. Die Patienten der Studie von Bäthis et al., die mit Minimalosteosynthese operativ versorgt worden waren, erlangten bei durchschnittlich 92 % im Vergleich zur unverletzten Gegenseite im Constant-Score deutlich bessere Ergebnisse. Die Patienten mit Prothesenversorgung schnitten hinsichtlich der Ergebnisse im Constant-Score deutlich schlechter ab als die Patienten mit Versorgung durch Plattenosteosynthese. Sie erlangten durchschnittlich nur 59 % des Scorewertes der

unverletzten Gegenseite. Bähris et al. beobachteten außerdem bei 23 % der Patienten, die mit T-Platte versorgt worden waren, die Ausbildung von Humeruskopfnekrosen. Die Humeruskopfnekrose wird auch in anderen Studien als häufige Komplikation bei der Plattenosteosynthese herausgestellt (Kuner et al., 1987; Fuchs et al., 2003).

Martinez et al. (Martinez et al., 2004) beschrieben ebenfalls hohe Raten an Komplikationen bei der operativen Versorgung der Humerusschaftfraktur mittels T-Platte. Martinez und seine Mitarbeiter verglichen in ihrer Studie T-Platte und intramedulläre Marknagelung als Verfahren zur Stabilisierung von Humerusschaftfrakturen. Beide Verfahren erwiesen sich darin als effektiv, doch wurden eine schnellere Heilungstendenz und weniger Komplikationen bei der Marknagelung durch Martinez et al. beobachtet. Dabei betrug die Rate an kompletten Ausheilungen der Frakturen 94 % bei der Marknagelung und 90 % bei der Plattenosteosynthese. Bei der Plattenosteosynthese kam es laut Martinez et al. besonders häufig zu iatrogenen Läsionen des Nervus radialis (5 % der Patienten).

Für die komplexen Frakturen des Humeruskopfes (3- bis 4-Segmentfraktur) bei geriatrischen Patienten wird in der Literatur häufig eine Frakturprothese als Primärtherapie empfohlen, und es werden dabei Constant-Scorewerte von durchschnittlich 60 Punkten (45-65 Punkte) beschrieben (Becker et al., 2002; Bosch et al., 1996; Robinson et al., 2003). Die Autoren heben die schnelle Schmerzarmut hervor, was wir aus eigener Erfahrung bestätigen können. Weit hinter den Erwartungen eines innovativen Implantates bleibt allerdings die Funktion der Schulter zurück. Dies können wir auch aus eigenen Untersuchungen von Patienten nach Versorgung mit der Humeruskopfprothese bestätigen. Die durchschnittlichen seitenadaptierten Score-Ergebnisse lagen bei unseren Patienten nach einem Jahr noch zwischen 65 % und 75 % der Gegenseite. Die Patientenzufriedenheit war schlecht. Als besondere Einschränkung im Alltag gaben die von uns untersuchten Patienten die mangelnde Kraft und damit die einhergehende Bewegungseinschränkung in der verunfallten Schulter an. Diese Beobachtungen hat auch Jerosch (Jerosch, 2005) in seiner Studie mit 95 Patienten (durchschnittlich 74 Jahre) in einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren machen können. Die nach 2-5 Jahren nachuntersuchten Patienten erreichten einen mittleren Constant-Score von knapp 62 Punkten nach Frakturversorgung mit der Humeruskopfprothese. Jerosch berichtete über 15,4 % prothesenbedingte und 4,6 % prothesenunabhängige Komplikationen, außerdem diskutiert er die in anderen Studien beobachteten Komplikationen. Er verzeichnete bei seinem Patientenkollektiv 4,6 % inferiore Luxationen, 7,7 % superiore Instabilitäten mit nachfolgender Schulterdachplastik und eine Schaftfraktur. In den von Jerosch diskutierten Studien schienen die schlechte Funktion, die Ausbildung von Humeruskopfnekrosen,

Rotatorenmanschetten-Instabilitäten, Luxationen des Implantates, Infektionen und perioperative Frakturen, die hauptsächlich Komplikationen bei der operativen Versorgung Humeruskopfprothese zu sein.

In der Hoffnung, dass ein geringes intraoperatives Weichteiltrauma die Verringerung postoperativer Komplikationen bedeuten würde, wurden die minimalinvasiven Verfahren vorgestellt. Doch erbrachten diese nicht die stabile Fixierung im osteoporotischem oder mit Knochenmetastasen durchsetzten Knochen (Lill et al., 2001; Koval et al., 1993).

Habernek et al. (Habernek et al., 1999) versorgten 31 Patienten bei subcapitaler Humerusfraktur mit speziellen, dünnen Spiral-Bündelnägeln, welche retrograd eingebracht wurden. Die durchschnittlich 75 Jahre alten Patienten wiesen in dieser Studie nach ungefähr 24 Monaten knapp 60 % sehr gute und gute Ergebnisse im Constant-Score auf. Doch Habernek et al. verzeichneten ebenfalls Komplikationen, wie starke Achsabweichungen in 4 Fällen, sekundären Repositionsverlust bei einem Patienten, Materiallockerungen in zwei Fällen und einen Weichteilinfekt bei einer Patientin. Dies ergibt eine Komplikationsrate von 24,8 % im untersuchten Patientenkollektiv. Bei allen Patienten der Studie kam es zur anfänglichen Streckhemmung von 10-20° im Ellenbogengelenk. Diese ließ sich nur durch die Materialentfernung beheben und war nach Aussage von Habernek et al. offensichtlich durch die Reizung der Trizepssehne zu erklären.

Im Vergleich zu minimal-invasiven Verfahren (Herscovici et al., 2000; Wheeler et al., 1997; Ruch et al., 2000; Rader et al., 1992) sorgen intramedulläre Nägel bei der proximalen Humerusfraktur für eine stabilere Fixierung. Dies konnten bereits mehrere veröffentlichte Studien zu verschiedenen intramedullären Implantaten bestätigen (Köstler et al., 2002; Wheeler et al., 1997; Rommens et al., 1998). Grundsätzlich stehen zwei Zugangswege zur Auswahl, der antegrade und der retrograde operative Zugang. Dabei steht aber in der Diskussion, welcher Zugangsweg für das Implantat wohl der bessere und komplikationsärmere sei.

In einer Studie von Petsatodes und seinen Mitarbeitern (Petsatodes et al., 2004) über den Russell-Taylor-Nagel wurden in der Zeit von 1999 bis 2002 42 Patienten mit einer Humerusschaftfraktur untersucht. Diese waren mit dem genannten antegrad eingebrachten Implantat operativ versorgt worden. Die Patienten waren durchschnittlich 59,7 Jahre alt. Nach im Mittel 25,7 Monaten erfolgte die Nachuntersuchung. Es erlangten 87,2 % der Patienten gute und sehr gute Ergebnisse, bei einem durchschnittlichen Neer-Score von 84,3 Punkten. Als Komplikationen war es dreimal zur Ausbildung eines Impingementsyndroms gekommen. Der Autor hob in seiner Studie die freie Bewegung im Ellenbogen hervor. Dieses gute

Gesamtergebnis ließ sich auch mit anderen antegraden Marknagelungssystemen erreichen (Stannard et al., 2003; Franck et al., 2003). Die größte Sorge ruft bei der antegraden Nagelung des Humerus die iatrogene Schädigung der Bursa subacromialis und der Rotatorenmanschette hervor. Einige Autoren favorisieren aufgrund dessen den retrograden Zugang (Ingman et al., 1994; Rommens et al., 1998; Blum et al., 1998).

In einer umfangreichen Studie in einer Arbeitsgruppe um Rommens (Rommens et al., 1999) wurde der unaufgebohrte Humerusnagel (UHN) vorgestellt. Dieser eignet sich zur Versorgung der Humerusschaftfrakturen. Es waren 91 Patienten in der Nachuntersuchung verfolgt worden. Das Durchschnittsalter lag bei 55,3 Jahren. Es wurden dabei 90 % sehr gute und gute Ergebnisse hinsichtlich der Funktion angegeben, allerdings bleibt leider unklar nach welchen Kriterien die Beurteilung erfolgte. Neben intraoperativen Komplikationen aufgrund von Problemen bei der Freihandverriegelung in 5 % der Fälle, Fissuren und Aussprengungen an der Nageleintrittsstelle bei 3,4 % der untersuchten Patienten und Radialisparese bei 3,4 % der Patienten, wurde als Hauptkomplikation eine verzögerte Bruchheilung bis zu 8 Monaten bei 5 Patienten (5,5 %) angegeben. Bei 10 % der nachuntersuchten Patienten kam es zur Einschränkung der Ellenbogenfunktion mit Verlust des Bewegungsausmaßes um 10 bis 30°.

Loitz et al. (Loitz et al., 1998) stellten ihre Studie nach Einsätzen mit dem retrograden Humerus-Verriegelungsnagel bei 120 Patienten vor. Nach durchschnittlich 12,3 Monaten postoperativ lagen die Constant-Werte bei 95 % der Gegenseite im Schaftbereich, im Kopfbereich des Humerus nur noch bei 78 % der Gegenseite. Der retrograde Zugangsweg erlaubte keine ausreichende Rekonstruktion im proximalen Humerus. So verzeichneten Loitz et al. auch eine höhere Komplikationsrate bei Frakturen im Humeruskopfbereich, die mittels Humerus-Verriegelungsnagel versorgt worden waren. Bei 29 von 120 untersuchten Patienten, bzw. bei 29 von 43 Patienten mit Frakturen im Bereich des Humeruskopfes kam es zu Komplikationen, entsprechend 67,1 % der Patienten mit Humeruskopffraktur. Dabei kam es in 7 Fällen zur Implantatperforation, zu Fehlstellungen (Varus >10°) bei 11 Patienten und iatrogenen Frakturen bei 4 Patienten. Bei den Patienten dieser Studie, die aufgrund einer Humerusschaftfraktur mit dem Verriegelungsnagel operativ versorgt worden waren, wiesen laut Beobachtung von Loitz et al. 18 % eine geringere Rate an Komplikationen auf. Am häufigsten waren iatrogene Frakturen beim Einbringen des Implantates (7 Patienten) und die Ausbildung von Pseudarthrosen (3 Patienten) zu verzeichnen.

Bei dem in der hier vorliegenden Studie verwendeten Implantat handelt es sich um einen antegrad eingebrachten, winkelstabilen Marknagel. Dieser ist in verschiedenen Längen erhältlich. Die Marknagelung verspricht ein hohes Maß an Primärstabilität und damit die

Möglichkeit der frühfunktionellen Nachbehandlung. Die zentrale Stellung des Marknagels in der Markhöhle und die dreidimensionale Stellfixation durch die Schrauben liefert eine gute Verankerung im osteoporotischen Knochen. Der antegrade Zugangsweg, die Stellung des Marknagels und die Ausführung in verschiedenen Längen machen den Nagel universell verwendbar. Er kann sowohl für proximale Frakturen, als auch bei weit nach distal reichenden Schaftfrakturen zur Anwendung kommen. Deshalb wurden damit die in dieser Studie beobachteten Patienten mit verschiedenen, komplexen und sonst meist schwierig zu versorgenden Frakturen behandelt. Besonderes Augenmerk legten wir dabei auf die Patienten mit einer proximalen Humerusfraktur und ipsilateraler Schaftfraktur.

Obwohl das Durchschnittsalter des Patientenkollektives im geriatrischen Bereich lag und viele der Patienten, bei osteoporotischen oder metastasierten Knochen, eine äußerst schlechte Knochenqualität aufwiesen, und es sich um komplexe Fraktursituationen handelte, lagen beide Scores nach 12 Monaten bei knapp 90 % des Score-Wertes der Gegenseite, was einer vollständigen Wiederherstellung der verletzten Schulter gleichkommt. In den ersten 12 Monaten beobachteten wir eine zusätzliche Steigerung der funktionellen Ergebnisse. Wenn man davon ausgeht, dass dieser Trend in den nachfolgenden Monaten anhält, könnte sich das Ergebnis noch verbessern. Dagegen lag bei den meisten anderen, und teilweise oben vorgestellten Studien, der durchschnittliche Zeitpunkt der Nachuntersuchungen eher bei 24 Monaten nach der Operation, was man so als Vorteil bezüglich der Ergebnisse zu unserer Studie ansehen könnte. Bei Betrachtung des Verlaufs der Scorewerte wird deutlich, dass die Patienten hinsichtlich der Funktion, der Kraft und der Schmerzen innerhalb des Beobachtungszeitraumes dazu gewinnen können. Daraus resultiert auch eine Verbesserung in den Tätigkeiten des täglichen Lebens. Die Patienten waren hinsichtlich der Altersstruktur und dem Geschlechterverhältnis, mit hohem Frauenanteil, mit den bisher veröffentlichten Studien vergleichbar.

Die Operationsdauer (Schnitt-Naht-Zeit) bei dem hier vorgestellten Verfahren lag mit median 94 Minuten im Durchschnitt der nur vereinzelt in der Literatur angegebenen Zeiten bei anderen Verfahrensweisen. Diese lagen durchschnittlich bei 60-130 Minuten (Lin, 1998; Blum et al., 1998).

Der postoperative Aufenthalt im Krankenhaus dauerte durchschnittlich 10 Tage und liegt damit im Durchschnitt der anderen Studien, bei denen die Aufenthaltszeiten mit 9 bis 15 Tagen postoperativer Liegezeit angegeben wurden (Rommens et al., 1999; Köstler et al., 2003; Haberneke et al., 1999).

Aufgrund der hohen Primärstabilität der mit dem Targon-PH-Nagel versorgten Schulter, konnten die Patienten früh funktionell üben. Die nachuntersuchten Patienten benötigten durchschnittlich 40 Physiotherapie-Sitzungen, die wir mit 45 Minuten pro Sitzung festlegten. Beim Blick auf die Patienten mit den kombinierter Fraktur von Humeruskopf und ipsilateraler Schaftfraktur zeigt sich, dass die Patienten mit durchschnittlich 31 Sitzungen (0-90 Sitzungen) poststationäre Physiotherapie unter dem Durchschnitt des Gesamtkollektives blieben. Die beiden Patienten mit dem höchsten Bedarf an poststationärer Physiotherapie (Nr. 3 und 35), deren Anzahl an Physiotherapie-Sitzungen bei 130 und 150 lagen, erreichten im Constant- und im Neer-Score ein sehr gutes bzw. ein gutes Ergebnis ein Jahr postoperativ. So korreliert die Anzahl der vom Patienten benötigten und durchgeführten Physiotherapie augenscheinlich nicht mit dem endgültigen funktionellen Ergebnis der operierten Schulter.

Die von uns untersuchten Patienten zeigten im Vergleich zu den oben vorgestellten Verfahren gleich gute oder aber deutlich bessere Ergebnisse. Ein Jahr nach der Operation beobachteten wir zu 83 % sehr gute und gute Ergebnisse im Neer-Score. Die Patientenzufriedenheit war sehr gut. Nach 12 Monaten der Rekonvaleszenz waren über 80 % der Patienten zufrieden oder sehr zufrieden. Kein Patient beurteilte die Wiederherstellung seiner Schulterfunktion in der operierten Schulter als schlecht. Bedeutsam für das schlechtere Abschneiden der Halbjahreswerte erscheint hier die zunächst herabgesetzte Kraft in der operierten Schulter. Ein frühes Einsetzen der Bewegungstherapie scheint empfehlenswert zu sein. Das etwas schlechtere Abschneiden im Constant-Score beruht am ehesten darauf, dass dieser Score aus einem höheren Anteil an objektiven Kriterien besteht als der Neer-Score. Auch die hier besonders hervorgehobenen Patienten mit den Humeruskopffrakturen bei gleichzeitiger Humerusschaftfraktur erreichen durchweg erfreuliche Ergebnisse. Sie erreichen einen seitenadaptierten Neer-Score von über 90 % nach 12 Monaten. Dies entspricht der vollständigen Wiederherstellung der verunfallten Schulter/Armregion.

Mit dem antegraden Nagel waren die Patienten bei geringer Komplikationsrate von 7 % und Revisionsrate von 5 % erfolgreich behandelbar. Doch aus dem gewählten Zugangsweg ergibt sich ein gewisses Risikoprofil. Dieses wird auch in anderen Studien beschrieben (Stedtfeld et al., 2003; Mittlmeier et al., 2003; Mathews et al., 2004), in denen die Schädigung der Rotatorenmanschette und der Bursa subacromialis genannt wird. Bei dislozierten 3- und 4-Segmentfrakturen ist es meist ohnehin erforderlich, die Fragmente über einen schonenden Zugang zu reponieren, und außerdem ist die Rotatorenmanschette oftmals bei dislozierten Frakturen gerissen und muss genäht werden (Stedtfeld et al., 2003). Der Deltoid-Split-Zugang erlaubt gegenüber dem anterioren deltoideo-pektoralen Zugang weniger invasiv, durch

leichten Zug am hängenden Arm, ohne Weichteillösung, die halboffene Reposition der dislozierten Kopfkomponten. Er macht außerdem die Sicht auf die Rotatorenmanschette frei. So kann eine gute Rekonstruktion erfolgen. Eine folgenreiche Komplikation wäre der Kollaps der Kalotte, was einen Methodenwechsel auf die Hemiprothese bedeuten würde. Die Gefahr besteht besonders bei osteoporotischen Knochen, und es empfiehlt sich auf besonders viele Fixierungsschrauben zurückzugreifen. Wie auch bei einem unserer Patienten kann es bei schlechter Knochenqualität zur Durchspießung des Implantates in den subacromialen Raum kommen, was mit ausgeprägten Schmerzen einhergehen kann. Auch hier ist auf eine zusätzliche Verankerung des Implantates zu achten. Ein Anlass zu Revisionen kann die Fehlpositionierung der Fixierungsschrauben, mit Protrusion der Spitze in den Gelenkraum, sein. Der Schraubenüberstand bedingt wie bei der Durchspießung Schmerzen und kann zur Zerstörung des Glenoidknorpels und der Kapsel führen. Die Schraubenlänge ist sorgfältig zu bestimmen und gegen Ende der Operation genau mit dem Bildwandler zu kontrollieren. Eine gefürchtete Komplikation bei proximalen Frakturen ist die Humeruskopfnekrose. Sie hat ihre Ursache in der feinen arteriellen Versorgung im Humerusbereich, welche leicht traumatisch oder intraoperativ bedingt unterbrochen werden kann. Humeruskopfnekrosen wurden bei unserer Untersuchung jedoch nicht beobachtet. Im Gegensatz zu retrograd eingebrachten Implantaten (Schittko, 2003; Rommens et al., 1998) wurde eine Schädigung des Radialnerven bei distal gelegenen Frakturen mit dieser Methode nicht beschrieben (Stedtfeld et al., 2003; Mathews et al., 2004; Mittlmeier et al., 2003) und trat auch in unserer Untersuchung nicht auf. Auch die Bewegungseinschränkung im Ellenbogengelenk stellte keine Komplikation dar. Die pathologischen Frakturen ließen sich sehr gut mit dem Verfahren versorgen. Die Patienten waren schnell schmerzfrei und gut zu mobilisieren, sie erlangten alle in kurzer Zeit eine vollkommene Wiederherstellung der Funktion. Komplikationen traten bei diesen Patienten nicht auf. Im Gegensatz zu den herkömmlich beschriebenen Verfahren zur Stabilisierung pathologischer Frakturen bei Knochenmetastasierung, wie z.B. die Verbund-Plattenosteosynthese in Kombination mit Knochenzement, ist das Verfahren der intramedullären Marknagelung deutlich weniger invasiv. Die Patienten haben weniger Blutverlust und können den betroffenen Arm schneller wieder einsetzen (Dijkstra et al., 1996; Friedl, 1992)

Der antegrade Nagel mit Verriegelungsschrauben, die die Humeruskopffragmente nach dem Stellschraubenprinzip winkel-, gleit- und rotationsstabil fixieren und im distalen Bereich durch zusätzliche Verriegelungsbolzen die Stabilität der Schaftfragmente ermöglichen, bietet einen hohen Grad an Primärstabilität und erlaubt eine früh einsetzende Übungsaktivität. Auch

daraus resultiert eine hohe Patientenzufriedenheit. Damit lassen sich auch osteoporotische Frakturen behandeln. Selbst die Versorgung der schwierigen Fraktursituation, wie sie sich beim komplexen, kombinierten Kopf- und Schaftbruch bei schlechter Knochenqualität ergibt, ließ sich auf gute Weise stabilisieren. Es zeigte sich eine geringe Rate an Komplikationen, der stationäre Aufenthalt gestaltete sich unauffällig mit moderaten Liegezeiten und überschaubarer Nachbehandlung der Patienten, wodurch sich dieses Verfahren als kosteneffizient bezeichnen lässt.

Sicher treten durch die beschränkte Fallzahl und die Heterogenität der beschriebenen Gruppe, die sich durch die Seltenheit dieser Art komplexer Frakturen ergeben, Limitationen bezüglich der Bewertung auf. Deshalb ist es angestrebt, die Beobachtungszeit auszuweiten und noch mehr Patienten in die Gruppe aufzunehmen.

6. Zusammenfassung

Eine sichere Versorgung von instabilen Humerusfrakturen geriatrischer Patienten, insbesondere bei schlechter Knochenqualität und mangelnder Compliance, war mit den bisherigen Implantaten nur unzureichend möglich. Schwierigkeiten bereiten dabei besonders die komplexen Frakturen des Humerus, wie die in dieser Studie besonders berücksichtigten kombinierten Frakturen des Humerus, bestehend aus proximaler Humerusfraktur und ipsilateraler Humerusschaftfraktur. Sie sind nicht nur seltener und deshalb nicht so erprobt, sondern auch aufgrund der ausgedehnten Fragmentierung schwieriger zu behandeln. Diese Frakturen haben sich in der Vergangenheit immer wieder als komplikationsträchtig erwiesen und die objektiven funktionellen Ergebnisse sind, unter Anwendung von Scores, relativ enttäuschend geblieben. Bei Patienten mit guter Knochensubstanz haben minimalinvasive Techniken noch die besten Ergebnisse gezeigt (Siebler et al., 1989; Bähris et al. 2001). Diese Techniken scheinen aber bei alten Menschen mit einer hohen Rate zu versagen (Lill et al., 2001; Resch et al., 1997; Stedtfeld et al., 2003). Der hohe Anteil älterer Frauen, welche unter ausgeprägter Osteoporose leiden, kennzeichnet das betroffene Patientenkollektiv. Die schlechte Knochenqualität erschwert, gerade bei den komplexen Fraktursituationen, die sichere und stabile Verankerung der eingebrachten Implantate.

In der hier vorliegenden Studie handelt es sich um eine heterogene Gruppe von 56 Patienten mit verschiedenen komplexen Frakturen des Humerus. Sie wurden in der Zeit zwischen 5/2000 bis 5/2004 in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf operativ mit dem langen (220-250 mm) Targon-PH-Verriegelungsnagel (Aeskulap AG & Co. KG, Tuttlingen, Deutschland) versorgt. Es handelte sich dabei um 13 Patienten mit subcapitaler Humerusfraktur, 25 Patienten mit Humerusschaftfraktur, 11 Patienten mit einer Kombination aus subcapitaler und diaphysärer Humerusfraktur und 9 Patienten mit einer pathologischen Fraktur. Die Patienten hatten ein Durchschnittsalter von 70,6 Jahren bei einem Frauenanteil von 71,4 %. Die Rückläuferquote lag bei 50 % des Ausgangskollektivs.

Die Patienten wurden prospektiv zu zwei Zeitpunkten klinisch nachuntersucht, und wir verwendeten zur objektiven Beurteilung der funktionellen Resultate zwei fest in der Literatur etablierte und weit verbreitete Scores (Constant/Murley-Score und Neer-Score). Die Patienten wurden nach 6 und 12 Monaten nachuntersucht. In der ersten Nachuntersuchung wurden nach 6 Monaten Daten von 24 Patienten erhoben. Diese erreichten einen durchschnittlich Constant-Score von 75,9 % der unverletzten Gegenseite. 50 % der Patienten hatten ein sehr gutes bis

gutes Ergebnis. Die andere Hälfte erreichte ein befriedigendes bis schlechtes Ergebnis. Der durchschnittliche Neer-Score lag bei 81,5 % in Verhältnis zur Gegenseite. Die Ergebnisse der Patienten fielen zu 62,4 % sehr gut bis gut aus.

In der Einjahresuntersuchung postoperativ wurden Daten von 18 Patienten ausgewertet. Der durchschnittliche Constant-Score betrug dabei 86,9 % in Relation zur unverletzten Seite, und der Neer-Score betrug durchschnittlich 89,2 % der Gegenseite. Dies bedeutet eine Steigerung der Funktion von bis zu 10 % innerhalb von 6 Monaten. Der Anteil von sehr guten bis guten Ergebnisse sowohl im Constant/Murley-Score, als auch im Neer-Score lag bei knapp 80 %, was einer vollständigen Wiederherstellung der Schulterfunktion entspricht.

Die Komplikationsrate betrug 7 % (4 von 56 Patienten). Jeweils einmal kam es zur sekundären Weichteilverklebung, und zur Ausbildung einer Impingementsymptomatik, einer Pseudarthrose und einer sekundären Dislokation des Implantates mit Revision und Durchführung einer Resektionsarthroplastik. Blutungen, Infektionen, Nervenläsionen oder Humeruskopfnekrosen wurden nicht beobachtet. Die Patientenzufriedenheit war sehr hoch. 83 % der Patienten beurteilten das Ergebnis mit gut bis hervorragend. Kein Patient urteilte mit schlechten Ergebnis. Aufgrund der hier vorgestellten Ergebnisse scheint der Targon-PH-Verriegelungsnagel ein geeignetes Implantat für die Behandlung der untersuchten Humerusfrakturen darzustellen.

7 Literaturverzeichnis

Abrahms HL, Spiro R, Goldstein N (1950) Metastasis in carcinoma: analysis of 100 autopsied cases. *Cancer* 3: 47-58

Alnot J, Osman N, Masméjean E, Wodecki P (2000) Lesions of the radial nerve in fractures of the humeral diaphysis. Apropos of 62 cases. *Rev Chir Orthop Reparat Appar Mot* 86: 143-150

Bartl R (2001) Osteoporosis. Efficiency and Safety of a bisphosphonate dosed once weekly. *Geriatrics* 56: 28-32

Bäthis H, Tingart M, Bouillon B, Tiling T (2001) Die operative Therapie der proximalen Humerusfraktur. Ist die T- Platte noch ein zeitgemäßes Osteosyntheseverfahren? *Zentralbl Chir* 126: 211-216

Becker R, Pap G, Machner A, Neumann WH (2002) Strength and motion after hemiarthroplasty in displaced four-fragment fracture of the proximal humerus. 27 patients followed for 1-6 years. *Acta Orthop Scand* 73:44-49

Bell MJ, Beauchamp CG, Kellam JK, McMurty RY (1985) The results of plating humeral shaft fractures in patients with multiple injuries. The Sunnybrook experience. *J Bone Joint Surg* 67A: 293-296

Blum J, Rommens PM, Janzing H, Langendorff HS (1998) Retrograde Nagelung von Humerusfrakturen mit dem UHN.- Eine internationale multizentrische Studie. *Unfallchirurg* 101: 342-352

Böhler L (1964) Gegen die operative Behandlung von frischen Oberarmschaftbrüchen. *Langenbecks Arch Klin Chir* 308: 465-475

Bosch U, Skutek M, Fremerey RW, Tscherne H (1998) Outcome after primary and secondary hemiarthroplasty in elderly patients with fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 7: 479-484

Brug E, Joist A, Meffert R (2002) Postoperative Radialisparese: Schicksalhaft oder fahrlässig, zuwarten oder revidieren? Unfallchirurg 105: 82-85

Brug E, Westphal T, Schäfer G (1994) Differenzierte Behandlung der Humerusdiaphysenfraktur. Unfallchirurg 97: 633-638

Center JR, Nguyen TV, Schneider D, Sambrock PN, Eisman JA (1999) Mortality after all major types of osteoporosis fracture in men and women: an observational study. Lancet. 353: 878-882

Choong PF, Griffiths JD (1988) External fixation of complex open humerus fractures. Aust N Z J Surg 58: 137-142

Christensen NO (1976) Kuntscher intramedullary reaming and nail fixation for nonunion of the humerus. Clin Orthop Relat Res 116: 222-225

Constant CR, Murley AH (1987) A clinical method of functional assessment of the shoulder. Clin Orthop Relat Res 124: 160-164

Crolla RMPH, de Vries LS, Clevers GJ (1993) Locked intramedullary nailing of the humeral fractures. Injury 24: 403-406

Damanakis K (1996) Ein modifiziertes Behandlungskonzept bei Humeruskopffrakturen des älteren Menschen. Unfallchirurg: 99: 561-568

Dijkstra S, Stapert J, Boxma H, Wiggers T (1996) Treatment of pathological fractures of the humeral shaft due to bone metastases: a comparison of intramedullary locking nail and plate osteosynthesis with adjunctive bone cement. Eur J Surg Oncol 22: 621-626

Durbin RA, Gottesman MJ, Sauders KC (1983) Hackethal stacked nailing of the humeral shaft fractures. Clin Orthop Relat Res 179: 168-174

Evans PD, Conboy V (1993) Locked nailing of humeral fractures. J Bone Joint Surg 75B: 165.

Franck WM, Olivieri M, Jannasch O, Henning FF (2003) Expandable nail system for osteoporotic humeral shaft fractures: Preliminary results. J Trauma 54: 1154-1158

Friedl W (1992) Therapie von Skelettmetastasen und pathologischen Frakturen der unteren Extremität. Chirurg 63: 897-911

Fuchs M, Losch A, Stürmer KM (2003) Die durchbohrte Winkelplatte 90° bei der dislozierten proximalen Humerusfraktur im hohen Lebensalter. Zentralbl Chir 128: 22-27

Habermeyer P, Schweiberer L (1989) Frakturen des proximalen Humerus. Orthopade 18: 200-207

Habermeyer P, Schweiberer L (1991) Oberarmkopfrakturen. Konservative und operative Differenzialtherapie. Unfallchirurg 94: 438-446

Habernek H, Orthner E (1991) A locking nail for fractures of the humerus. J Bone Joint Surg 73B: 651-653

Habernek H, Aschauer E, Kdolsky R, Weinstabl R, Schmid L, Barisani G (1999) Zur Versorgung subcapitaler Humerusfrakturen mit Spiralbündelnägeln nach Henning. Unfallchirurg 25: 19-25

Hawkins RJ, Bell RH, Gurr K (1986) The three-part fracture of the proximal part of the humerus. Operative treatment. J Bone Joint Surg 68A: 1410-1414

Henley MB, Chapman JR, Claudi BF (1992) Closed retrograde Hackethal nail stabilisation of humeral shaft fractures. J Orthop Trauma 6: 18-24

Heppert V, Hoolz F, Malze K, Wentzensen A (2000) Konservative versus operative Behandlung bei Oberarmschaftfrakturen, Fixateur externe. Trauma Berufskrankh 2: 479-484

Herscovici D, Saunders DT, Johnson MP, Sanders R, DiPasquale T (2000) Percutaneous fixation of proximal humeral fractures. Clin Orthop Relat Res 375: 97-104

Ingman AM, Waters DA (1994) Locked intramedullary nailing of humeral shaft fractures. J Bone Joint Surg 76B: 23-29

Jakob RP, Miniaci A, Anson PS, Jaberg H, Osterwalder A, Ganz R (1991) Four-part valgus impacted fractures of the proximal humerus. J Bone Joint Surg 73B: 295-298

Jerosch J (2005) Schulterendoprothetik nach Oberarmkopffrakturen. Phys Med Rehab Kuror 15: 105-113

Khodadadyan-Klostermann C, Raschke M, Fontes R, Melcher I, Sossan A, Bagchi K, Haas N (2002) Treatment of complex proximal humeral fractures with minimally invasive fixation of the humeral head combined with flexible intramedullary wire fixation- introduction of a new treatment concept. Langenbecks Arch Surg 387: 153-160

Kocher H, Ledermann M (1980) Sammelergebnisse mit der Bündelnagelung bei Oberarmschaftfrakturen. Helv Chir Acta 47: 93-96

Köstler W, Strohm PC, Südkamp NP (2002) Neue Osteosyntheseverfahren am Humerus. Chirurg 73: 969-977

Köstler W, Strohm PC, Südkamp NP (2003) Die proximale Humerusfraktur im hohen Lebensalter. Versorgung mit der winkelstabilen Plattenosteosynthese. Chirurg 74: 985-989

Koval KJ, Sanders R, Zuckerman JD, Helfet DL, Kummer F, DiPasquale T (1993) Modified tension band wiring of displaced surgical neck fractures of the humerus. J Shoulder Elbow Surg 2: 85-92

Krempien B, Manegold CH (1992) Zur Indikation einer frühen Bisphosphonattherapie bei Patienten mit soliden Tumoren. Dtsch Arztebl 89: 1414-1419

Kristiansen B, Christensen SW (1986) Plate fixation of proximal humeral fractures. Acta Orthop Scand 57: 320-323

Kristiansen B, Kofoed H (1988) Transcutaneous reduction and external fixation of displaced fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg* 5B: 821-824

Kristiansen P, Angermann P, Larsen TK (1989) Functional results following fractures of the proximal humerus. A controlled clinical study comparing two periods of immobilization. *Arch Orthop Trauma Surg* 108: 339-341

Kuner EH, Siebler G (1987) Luxationsfrakturen des proximalen Humerus.- Ergebnisse nach operativer Behandlung. *Unfallchirurg* 13: 64-71

Kuner EH, Bonnaire F, Schaefer DJ (1995) Die Plattenosteosynthese bei der Humerusschaftfraktur. *Chirurg* 66: 1085-1091

Levin LS, Goldner RD, Urbaniak JR, Nunley JA, Hardaker WT (1990) Management of severe musculoskeletal injuries of the upper extremity. *J Orthop Trauma* 4: 432-440

Lill H, Giers R, Schmidt A, Echtermeyer V (1996) Die dislozierte subcapitale Humerusfraktur. Operative Behandlung mit einer modifizierten Kirschner-Drahttechnik. *Chir Prax* 50: 427-428

Lill H, Bewer A, Korner J, Verheyden P, Hepp P, Krautheim I, Josten C (2001) Konservative Therapie dislozierter proximaler Humerusfrakturen. *Zentralbl Chir* 126: 205-210

Lill H, Korner J, Glasmacher S, Hepp P, Just A, Verheyden P, Josten C (2001) Die gekreuzte Schraubenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen. *Unfallchirurg* 104: 852-859

Lin J, Sheng- Mou H, Yi- Shiong H, Edmund YS (1997) Treatment of humeral shaft fractures by retrograde locking nailing. *Clin Orthop Relat Res* 342: 147-155

Lin J (1998) Treatment of humeral shaft fractures with humeral locked nailing and comparison with plate fixation. *J Trauma* 44: 859-864

Lind T, Kroner TK, Jensen J (1989) The epidemiology of fractures of the proximal humerus. *Arch Orthop Trauma Surg* 108: 285- 287

Loitz D, Reilmann H (2001) Frakturen des Humeruskopfes. Chirurg 72: 1514-1529

Loitz D, Könnecker H, Illgner A, Reilmann H (1998) Retrograde Marknagelung von Humerusfrakturen mit neuen Implantaten. Analyse von 120 konsekutiven Fällen. Unfallchirurg 101: 543-550

Martinez AA, Cuenca J, Herrera A (2004) Treatment of humeral shaft nonunions: nailing versus plating. Arch Orthop Trauma Surg 124: 92-95

Mathews J, Lobenhoffer P (2004) Ergebnisse der Versorgung instabiler Oberarmkopffrakturen bei geriatrischen Patienten mit einem neuen winkelstabilen Marknagelsystem. Unfallchirurg 107: 372-380

Mittlmeier WF, Stedtfeld HW, Ewert A, Beck M, Frosch B, Gradl G (2003) Stabilization of proximal humeral fractures with an angular and sliding stable antegrade locking nail (Targon PH). J Bone Joint Surg 85A: 136- 146

McKoy B, Bensen V, Langdon A, Hartsock A (2000) Fractures about the shoulder. Conservative management. Clin Orthop Relat Res 2: 205-214

Mostafavi HR, Tornetta P (1997) Open fractures of the humerus treated with external fixation. Clin Orthop Relat Res 337: 187-197

Müller M (2000/2001) Chirurgie für Studium und Praxis, 5.Aufl.: Humeruskopffraktur. Med. Verl.- und Informationsdienste, Breisach/ Rhein, S 322-324

Mutschler W (1989) Therapie von Knochenmetastasen. In: Rothmund H (Hrsg) Metastasen Chirurgie. Thieme, Stuttgart, S 81-93

Mutschler W, Wirbel R (1997) Pathologische Frakturen. Unfallchirurg 100: 410-429

Nast-Kolb D, Knoefel WT, Schweiberer L (1991) Die Behandlung der Oberarmschaftfraktur. Ergebnisse einer prospektiven AO-Sammelstudie. Unfallchirurg 94: 447-454

Neer CS, 2nd (1970) Displaced proximal humeral fractures. Classification and evaluation. J Bone Joint Surg 52A: 1077-1089

Nguyen TV, Center JR, Sambrock PN, Eisman JA (2001) Risk factors for proximal humerus, forearm, and wrist fractures in elderly men and women. Am J Epidemiol 6: 587-595

Nordquist A, Petersson CJ (1995) Incidence and causes of shoulder girdle injuries in an urban population. J Shoulder Elbow Surg 10: 7-10

Nystrom JS, Weiner JM, Heffelfinger J, Irwin LE, Bateman JR, Wolf RM (1977) Metastatic and histologic presentation in unknown primary cancer. Semin Oncol 4: 53-65

Oberender PO, Fritschi DA (2003) Disease Management und Osteoporose: Versorgungsmängel bei einer relevanten Frauenkrankheit. Dtsch Arztebl 25: 1728-1731

Petsatodes G, Karataglis D, Papadopoulos P, Christoforides J, Gigis J (2004) Antegrade interlocking nailing of humeral shaft fractures. J Orthop Sci 9: 247-252

Pollock FH, Drake D, Bovill EG, Day L, Trafton PG (1981) Treatment of radial neuropathy associated with fractures of the humerus. J Bone Joint Surg 63A: 239-243

Rader CP, Keller HW, Rehm KE (1992) Die operative Behandlung dislozierter 3- und 4-Segment-Frakturen des proximalen Humerus. Unfallchirurg 95: 613-617

Rasmussen S, Hass I, Dalsgaard J, Christensen BS, Holstad E (1992) Displaced proximal humeral fractures: results of conservative treatment. Injury 23: 41-43

Resch H, Povacz P, Frohlich R, Wambacher M (1997) Percutaneous fixation of the three- and four-part fractures of the proximal humerus. J Bone Joint Surg 79B: 295-300

Riemer BL, Foglesong ME, Burke CJ, Butterfield SL (1994) Complications of Seidel intramedullary nailing of narrow diameter humeral diaphyseal fractures. Orthopedics 17: 19-29

Robinson CM, Page RS, Hill RM, Sanders DL, Court-Brown CM, Wakefield AE (2003) Primary hemiarthroplasty for treatment of proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg* 85A: 1215-1223

Rodan GA, Martin TJ (2000) Therapeutic approaches to bone diseases. *Science* 289: 1508-1514

Rommens PM, Blum J (1999) Die retrograde Verriegelungsmarknagelung von Humerusschaftfrakturen mit dem unaufgebohrten Humerusnagel. *Operat Orthop Traumatol* 11: 268-277

Rommens PM, Blum J, Runkel M (1998) Retrograde nailing of humeral shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res* 350: 26-39

Rose SH, Melton LJ, Morrey BF (1982) Epidemiologic features of humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res* 168: 24-30

Ruch DS, Glisson RR, Marr AW, Russel GB, Nunley JA (2000) Fixation of three-part proximal humeral fractures. A biomechanical evaluation. *J Orthop Trauma* 14: 36-40

Sabo D, Bernd L (1998) Operative Therapie von Skelettmastasen der Extremitäten. *Orthopade* 27: 274-281

Sarmiento A, Kinman PB, Galvin EG, Schmitt RH, Phillips JG (1977) Functional bracing of fractures of the shaft of the humerus. *J Bone Joint Surg* 59A: 596-601

Sarmiento A, Waddell JP, Latta LL (2002) Diaphyseal humeral fractures: treatment options. *Instr Course Lect* 51: 257-269

Schittko A (2003) Humerusschaftfrakturen. *Unfallchirurg* 106: 145-160

Seidel H (1989) Humeral locking nail: a preliminary report. *Orthopedics* 12: 219-226

Siebenrock KA, Gerber C (1992) Frakturklassifikation und Problematik bei proximalen Humerusfrakturen. Orthopade 21: 98-105

Siebert CH, Heinz BC, Höfler HR, Hansis M (1996) Plattenosteosynthetische Versorgung von Humerusschaftfrakturen. Unfallchirurg 99: 106-111

Siebler G, Walz H, Kuner EH (1989) Minimalosteosynthese von Humeruskopffrakturen-Indikation, Technik, Ergebnisse. Unfallchirurg 92: 169-174

Stannard JR, Harris HW, Mc Gwin G Jr, Volgas DA, Alonso JE (2003) Intramedullary nailing of humeral shaft fractures with a locking flexible nail. J Bone Joint Surg 85A: 2103-2110

Stedtfeld HW, Attmanspacher W, Thaler K, Frosch B, (2003) Fixation von Humeruskopffrakturen mit anterograder Marknagelung. Zentralbl Chir 128: 6-11

Szyszkowitz R, Schippinger G (1999) Die Frakturen des proximalen Humerus. Unfallchirurg 102: 422-428

Wheeler DL, Colville MR (1997) Biomechanical comparison of intramedullary and percutaneous pin fixation for proximal humeral fracture fixation. J Orthop Trauma 11: 363-367

Wu CC (1996) Humeral shaft nonunion treated by a Seidel interlocking nail with supplementary staple. Clin Orthop Relat Res 326: 203-208

Zifko B, Poigenfürst J, Pezzei C (1992) Die Markdrahtung instabiler proximaler Humeruskopffrakturen. Orthopade 21: 115-120

8 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. Johannes M. Rueger für die Überlassung des Promotionsthemas und seine freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Datenerhebung.

Mein ganz besonderer Dank gilt PD Dr. med. Wolfgang Linhart, der mich als Leiter der Arbeitsgruppe engagiert und herzlich betreut hat. Die Arbeit mit ihm bleibt unvergessen.

Dank geht auch an alle im „Pavillon 11“: Alle aus meiner Arbeitsgruppe, die vielen aus den anderen Arbeitsgruppen und meinen Mann Thorsten, den ich in dieser Zeit kennen- und lieben lernen durfte.

Für die Unterstützung, Hinweise und Korrekturen, die maßgeblich für die Fertigstellung der Dissertation waren, danke ich herzlich Prof. Dr. med. Michael Amling.

Niemals genug danken kann ich meinen Eltern und meiner Familie.

9 Lebenslauf

10.09.1976	geboren in Hamburg
1983-1988	Grundschule Sievershütten, Kreis Segeberg
1988- 1994	Realschule am Marschweg, Kaltenkirchen, Kreis Segeberg
1994	Mittlere Reife
1994-1997	Fachgymnasium, sozialwirtschaftlicher Zweig der Beruflichen Schule des Kreises Segeberg
1997	Erlangung der Allgemeinen Hochschulreife
1997- 2005	Studium der Humanmedizin, Universität Hamburg
2005	Erteilung der Approbation als Ärztin
2005-2006	Weiterbildung Allgemeinmedizin, Diabetologie und Geriatrie, DKH Hamburg, Krankenhaus Bethanien
2006	Elternzeit

Hamburg, den 23.11.20006

Marte Schinke

10 Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht genutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Hamburg, den 23.11.2006

Marte Schinke