

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

DISSERTATION

Die operative Versorgung der distalen Radiusfraktur –  
funktionelle und radiologische Ergebnisse

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

David Machó

aus Dresden

Datum der Promotion: 14.02.2014

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Abstract/Zusammenfassung .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Einleitung .....</b>	<b>6</b>
2.1 <i>Die distale Radiusfraktur – Grundlagen.....</i>	6
2.1.1 Epidemiologie.....	6
2.1.2 Biomechanik .....	7
2.1.3 Die AO-Klassifikation der distalen Radiusfraktur.....	9
2.1.4 Begleitverletzungen.....	11
2.2 <i>Die Therapie der distalen Radiusfraktur .....</i>	12
2.2.1 Einführung.....	12
2.2.2 Die konservative Behandlung .....	12
2.2.3 Die Behandlung mit Kirschnerdrähten und Fixateur externe.....	14
2.2.4 Die Behandlung mittels Plattenosteosynthese .....	15
<b>3. Herleitung einer Aufgabenstellung .....</b>	<b>20</b>
<b>4. Patienten und Methodik .....</b>	<b>21</b>
4.1 <i>Populationscharakteristika .....</i>	21
4.1.1 Patientenkollektiv .....	21
4.1.2 Patientencharakteristika bei der Nachuntersuchung.....	21
4.1.3 Patientencharakteristika bei der Datenanalyse .....	25
4.2 <i>Operationsmethodik .....</i>	27
4.3 <i>Ein- und Ausschlusskriterien .....</i>	29
4.4 <i>Messung der funktionellen und radiologischen Ergebnisse.....</i>	29
4.4.1 Methodisches Vorgehen bei der Nachuntersuchung.....	29
4.4.1.1 Messung der radiologischen Ergebnisse .....	29
4.4.1.2 Ermittlung der funktionellen Ergebnisse.....	31
4.4.1.3 Erhebung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität .....	34
4.4.1.4 Erfassung von Komplikationen .....	34
4.4.2 Methodisches Vorgehen bei der Datenanalyse.....	35
4.5 <i>Statistische Auswertung.....</i>	36
<b>5. Ergebnisse .....</b>	<b>36</b>
5.1 <i>Ergebnisse der Nachuntersuchung .....</i>	36
5.1.1 Radiologische Ergebnisse bei der Nachuntersuchung.....	36
5.1.2 Funktionelle Ergebnisse bei der Nachuntersuchung .....	38

5.1.2.1 Ergebnisse der Messung des Bewegungsumfangs und der Kraft .....	38
5.1.2.2 Ergebnisse der Befragung mittels DASH-Score .....	39
5.1.2.3 Ergebnisse der Erhebung des Gartland-Werley-Scores .....	39
5.1.3 Ergebnisse der Erfassung der Lebensqualität bei der Nachuntersuchung.....	40
5.1.4 Aufgetretene Komplikationen bei der Nachuntersuchung .....	41
<i>5.2 Ergebnisse der Datenanalyse .....</i>	<i>43</i>
5.2.1 Aufgetretene Komplikationen bei der Datenanalyse .....	43
5.2.2 Radiologische Ergebnisse bei der Datenanalyse .....	46
<b>6. Diskussion .....</b>	<b>47</b>
<b>7. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>58</b>
<b>8. Eidesstattliche Versicherung .....</b>	<b>67</b>
<b>9. Lebenslauf.....</b>	<b>68</b>

## 1. Abstract/Zusammenfassung

*Introduction:* During the last decade the operative therapy of distal radius fractures gained in importance in comparison to conservative treatment (Lattmann 2011). In several studies, novel locking plates showed good functional and radiological results even in cases of complex fractures (Arora 2005). On the contrary, there are reports of high complication rates associated with locking plate osteosyntheses (Knight 2010).

The aim of this present study was the evaluation of the postoperative outcome of locking plate osteosyntheses for the treatment of distal radius fractures. Additionally, the outcome of different surgical approaches (volar versus dorsal) was evaluated and compared.

*Methods:* The postoperative functional and radiological results of patients who sustained a distal radius fracture between 2005 and 2010 and who were treated with a plate osteosynthesis in the Charité Campus Virchow Hospital were retrospectively evaluated. Evaluated data were: radiological parameters before and after the operation and at last follow-up visit (palmar tilt, radial inclination and ulna variance), operational time and complication rates, range of motion according to the neutral-zero-method and grip strength with the use of a hand dynamometer. Subjective and objective functional outcome was evaluated with the use of the DASH and the Gartland-Werley Score, respectively. Health-associated quality of life was assessed with the use of the SF-36 questionnaire.

*Results:* Overall, 276 patients with 283 fractures (220 treated via a volar (Group A) and 63 via a dorsal approach (Group B)) were included. An anatomical reduction was possible through both approaches. The complication rate in Group B was significantly higher (15.9% versus 3.6%,  $p < 0.001$ ). The most frequent complications were implant-associated complaints and tendon irritations.

Moreover, another 128 patients with 130 fractures were re-examined. Radial inclination and palmar tilt at time of follow-up were  $21.5^\circ$  and  $7.8^\circ$ , respectively. The mean ulna variance was 0.19 mm. Range of motion was reduced significantly in all planes except for pronation. This was also the case for grip strength.

The mean DASH and Gartland-Werley scores were 18.9 and 3.5 points, respectively. The mean SF-36 score (category physical functioning) was 72.5 points. The complication rate was 4.7%, with the most common complications being tendon irritations. Pain was reported by 20.3% of the patients at the last follow-up visit.

*Discussion:* The results have shown that the locking plate osteosynthesis provides a good anatomical reduction and satisfying functional results combined with low complication rates. The dorsal approach should be used only in AO C3 fractures with dorsal pathology.

*Einleitung:* Die operative Therapie distaler Radiusfrakturen hat in den letzten Jahren gegenüber konservativer Behandlungsmethoden zunehmend an Bedeutung gewonnen (Lattmann 2011). Die Verwendung winkelstabiler Plattenosteosynthesen zeigte in verschiedenen Studien gute funktionelle und radiologische Ergebnisse (Arora 2005). Demgegenüber berichten Autoren über hohe Komplikationsraten in Zusammenhang mit Plattenosteosynthesen (Knight 2010).

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Behandlungsergebnisse der osteosynthetischen Therapie distaler Radiusfrakturen zu evaluieren. Des Weiteren werden verschiedene operative Zugangswege (volarer und dorsaler Zugang) im Hinblick auf die postoperativen Ergebnisse miteinander verglichen.

*Methodik:* Es wurden die postoperativen funktionellen und radiologischen Ergebnisse von Patienten retrospektiv analysiert, die sich zwischen 2005 und 2010 eine distale Radiusfraktur zuzogen und mittels Plattenosteosynthese in der Charité Campus Virchow Klinikum behandelt wurden. Erhoben wurden radiologische Parameter (Radiusgelenkflächenwinkel und Ulnavarianz) prä- und postoperativ und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung, Komplikationsraten, Bewegungsumfänge nach der Neutral-Null-Methode und Griffstärke mittels Dynamometer.

Die subjektiven und objektiven funktionellen Ergebnisse wurden mithilfe des DASH- sowie des Gartland-Werley-Scores und die gesundheitsbezogene Lebensqualität mittels SF-36-Fragebogen evaluiert.

*Ergebnisse:* Es wurden 276 Patienten mit 283 Frakturen in die Datenanalyse eingeschlossen. Gruppe A bestand aus 220 von volar operierten Frakturen und Gruppe B aus 63 Frakturen, die von dorsal operiert wurden. Eine anatomische Reposition war über beide Zugänge möglich.

Die Komplikationsrate war in Gruppe B signifikant höher (15,9% gegenüber 3,6%,  $p < 0,001$ ). Die Rate an postoperativen Implantatentfernungen war ebenfalls signifikant höher (15,9% gegenüber 6,8%,  $p < 0,01$ ). Die häufigsten Komplikationen waren Implantatirritationen und Sehnenreizungen.

Des Weiteren wurden 128 Patienten mit 130 Frakturen zur Nachuntersuchung einbestellt. Die Radiusgelenkflächenwinkel zum Zeitpunkt der Follow-up-Untersuchung betragen  $21,5^\circ$  und  $7,8^\circ$  posteroanterior beziehungsweise seitlich, die Ulnarvarianz betrug 0,19 mm. Der Bewegungsumfang war in allen Bewegungsrichtungen außer der Pronation gegenüber der Gegenseite signifikant vermindert. Die Kraft war signifikant eingeschränkt. Der mittlere DASH-Wert betrug 18,9 Punkte, der Gartland-Werley-Score 3,5 Punkte und der SF-36-Score 72,5 Punkte in der Kategorie Körperliche Funktionsfähigkeit. Die Komplikationsrate betrug 4,7%, die häufigsten Komplikationen waren Sehnenreizungen. 20,3% der Patienten äußerten persistierende Schmerzen im Handgelenk zum Untersuchungszeitpunkt.

*Schlussfolgerungen:* Die Ergebnisse der Nachuntersuchung haben gezeigt, dass die Behandlung distaler Radiusfrakturen mit winkelstabilen Platten eine gute anatomische Reposition und zufriedenstellende funktionelle Ergebnisse bei einer geringen Komplikationsrate erlaubt. Die Verplattung von dorsal sollte C3-Frakturen mit dorsaler Pathologie vorbehalten bleiben.

## 2. Einleitung

### 2.1 Die distale Radiusfraktur – Grundlagen

#### 2.1.1 Epidemiologie

Die distale Radiusfraktur, auch als Handgelenksbruch bezeichnet, stellt mit einer Inzidenz von 9 pro 10 000 Männern und 37 pro 10 000 Frauen die häufigste Fraktur des Menschen dar (Stevenson 2009). Eine von 500 Personen erleidet im Verlauf ihres Lebens eine Fraktur des distalen Radius und 10 bis 25% aller Frakturen sind distale Radiusfrakturen (Frank 2010). Die große Anzahl von Patienten mit Frakturen des Handgelenks verdeutlicht die gesundheitliche und ökonomische Bedeutung dieser Verletzung.

Frauen über fünfzig Jahren sind besonders häufig von distalen Radiusfrakturen betroffen. Dieser Umstand ist auf die Zunahme der Osteoporoseinzidenz in der Postmenopause zurückzuführen (Liporace 2009, Willis 2006). Junge Männer zeigen ebenfalls ein erhöhtes Risiko, sich eine distale Radiusfraktur zuzuziehen, da sie bedingt durch ihr Risikoprofil häufiger Opfer von Hochenergietraumata werden (Fanuele 2009, Figl 2010).

Der häufigste Unfallmechanismus ist der Sturz auf die ausgestreckte Hand aus dem Stand, weitere häufige Ursachen stellen Sport- und Verkehrsunfälle dar (Abbildung 1, Jupiter 2009, Matschke 2011, Souer 2008).

*Aus urheberrechtlichen Gründen wird auf die Veröffentlichung der Abbildung in der Onlineversion verzichtet.*

Abbildung 1. Der häufigste Unfallmechanismus der distalen Radiusfraktur ist der Sturz auf die ausgestreckte Hand. Dabei kommt es zu einer Dislokation des distalen Radiusfragments nach dorsal. Entnommen aus Oestern 1999a, S. 1180.

### **2.1.2 Biomechanik**

Unter biomechanischen Gesichtspunkten kann das Handgelenk mithilfe des Drei-Säulen-Modells beschrieben werden. Dabei wird das Handgelenk in eine ulnare, eine intermediäre und eine radiale Säule unterteilt. (Abbildung 2, Jupiter 2010, Rikli 2007).

Die ulnare Säule wird dabei von der Ulna sowie dem TFCC (triangular fibrocartilage complex) gebildet. Der TFCC ist eine aus Bändern und fibrokartilaginärem Gewebe gebildete Struktur zwischen Ulna, Radius und Karpus (Iwasaki 2011).

Der Discus ulnocarpalis ist der Hauptbestandteil des TFCC. Er befindet sich zwischen distaler Ulna und den Ossa lunatum und triquetrum und ist an der ulnaren Seite des distalen Radius einerseits und andererseits am Processus styloideus ulnae sowie einer Vertiefung an der Basis des Griffelfortsatzes befestigt. Der Discus ulnocarpalis dient der Druckübertragung zwischen Karpus und Ulna (Nöbauer-Huhmann 2012, Abbildung 3).

*Aus urheberrechtlichen Gründen wird auf die Veröffentlichung der Abbildung in der Onlineversion verzichtet.*

Abbildung 2. Das Drei-Säulen-Modell des distalen Unterarms. Entnommen aus Rikli 2007, S. 3.

*Aus urheberrechtlichen Gründen wird auf die Veröffentlichung der Abbildung in der Onlineversion verzichtet.*

Abbildung 3. Der TFCC (Triangulärer fibro-kartilaginärer Komplex, Präparat). H: Os hamatum, L: Os lunatum, R: Radius, ECU: Sehne des Musculus extensor carpi ulnaris, Tri: Os triquetrum, Mu: Meniscus ulnocarpalis, PS: Processus styloideus ulnae, Du: Discus ulnocarpalis. Bild entnommen aus Schmidt 2004, S. 632.

Die ulnare Säule dient sowohl der Kraftübertragung von der Handwurzel auf die Ulna als auch der ulnarseitigen Stabilisierung des Karpus. Ein Großteil der auf das Handgelenk einwirkenden Kraft (bis zu 70% in Abhängigkeit von der Stellung des Handgelenks) wird über die ulnare Säule auf den Unterarm übertragen (Rikli 2007). Deswegen ist der TFCC besonderen Belastungen ausgesetzt und verändert sich im Alter degenerativ.



Die dorsalen und palmaren radioulnaren Bänder des Handgelenks sind ebenfalls Teil des TFCC. Sie verstärken den Discus ulnocarpalis und sichern das distale Radioulnargelenk bei der Pronation und Supination. Das Ligamentum collaterale carpi ulnare zieht vom Processus styloideus ulnae zu den Ossa triquetrum und pisiforme und verstärkt die Gelenkkapsel. Die Ligamenti ulnotriquetrum und ulnolunatum stabilisieren ebenfalls den TFCC (Schmidt 2004). Von Bedeutung ist auch die Sehnenscheide des Musculus extensor carpi ulnaris, die durch Faserverbindungen an dem TFCC befestigt ist und diesen unter dynamische Spannung setzt (Oestern 1999a).

Die intermedäre Säule des Handgelenks besteht aus der Fossa lunata und der sigmoid notch, dem radialen Anteil des distalen Radioulnargelenks (Rikli 2003). Ihre Funktion besteht in der Übertragung der Kraft von der Handwurzel auf den Radius (Jupiter 2010). Die Fossa lunata ist häufig eine Lokalisation von posttraumatischer Arthrose (Anderson 2005).

Die radiale Säule wird im Wesentlichen vom Processus styloideus radii sowie der Fossa scaphoidea gebildet. Sie wirkt als radiale Stütze für die Handwurzel.

Um eine ausreichende Stabilität im Handgelenk nach einer Fraktur zu gewährleisten, ist eine Stabilisierung aller drei Säulen notwendig (Rikli 2003).

### **2.1.3 Die AO-Klassifikation der distalen Radiusfraktur**

Für die Typisierung verschiedener distaler Radiusfrakturen existieren zahlreiche Namen wie Colles-, Smith- oder Chauffeur-Fraktur. Diese Art der Typisierung ist als historisch anzusehen, da sie keine präzise Beschreibung der Fraktur zulässt und keinen prognostischen Wert besitzt (Felderhoff 1999). Des Weiteren existieren zahlreiche Klassifikationssysteme, unter anderem die AO-Klassifikation (AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen), die Einteilung nach Frykman und die Mayo-Klassifikation (Pechlaner 2007). Dabei stellen die Autoren unterschiedliche Aspekte der distalen Radiusfraktur in den Vordergrund, um Ausmaß und Stabilität der Fraktur möglichst exakt zu beschreiben. Mayo- und AO-Klassifikation erlauben eine genaue Beschreibung der Radiusfraktur selbst, die Frykman-Klassifikation beschreibt zudem das Ausmaß der Schädigung der distalen Ulna (Felderhoff 1999).

Die gebräuchlichste Einteilung in Deutschland ist die AO-Klassifikation (Abbildung 4). Sie teilt die Frakturen nach dem Ausmaß der Gelenkbeteiligung in drei Typen ein (A, B und C), wobei jedem Frakturtyp drei Gruppen und diesen wiederum jeweils drei Subgruppen zugeordnet werden (Murphy 2001). Bei A-Frakturen verlaufen die Frakturlinien extraartikulär. B-Frakturen zeichnen sich durch eine partielle Gelenkbeteiligung aus. Das bedeutet, dass die Fraktur die Gelenkfläche betrifft, Teile der Gelenkfläche aber noch mit dem Radiuschaft verbunden sind. Bei C-Frakturen ist die Gelenkfläche frakturiert und komplett vom Radiuschaft abgetrennt.

*Aus urheberrechtlichen Gründen wird auf die Veröffentlichung der Abbildung in der Onlineversion verzichtet.*

Abbildung 4. Die AO-Klassifikation distaler Radiusfrakturen. Entnommen aus Oestern 1999a, S. 1186.

#### **2.1.4 Begleitverletzungen**

Zu den Begleitverletzungen bei distalen Radiusfrakturen zählen Frakturen des Processus styloideus ulnae und der distalen Ulna, TFCC-Läsionen, Frakturen und Luxationen des Karpus sowie karpale Bandinstabilitäten. Des Weiteren kann es zu einem Karpaltunnelsyndrom und Verletzungen von Nerven und Gefäßen kommen (Frank 2010). Besonders häufig treten Begleitverletzungen bei intraartikulären Frakturen und Frakturverläufen in Richtung des Karpus auf. MRT-Aufnahmen sowie die diagnostische Arthroskopie des Handgelenks sind gut geeignet, um bei klinischem Verdacht Läsionen, die auf Standardröntgenaufnahmen nicht zu erkennen sind, zu erfassen (Geissler 1996, Metz 1993).

Frakturen des Processus styloideus ulnae zählen zu den häufigsten Begleitverletzungen bei distalen Radiusfrakturen und treten etwa in der Hälfte der Fälle auf (May 2002). Verschiedene Autoren beobachteten, dass das Ausbleiben der Heilung des frakturierten Processus styloideus ulnae keine Auswirkungen auf die funktionellen Ergebnisse oder die Stabilität des distalen Radioulnargelenks hatte (Kim 2011, Souer 2009).

Andere Autoren wiesen auf der Grundlage von Studien darauf hin, dass basisnahe Frakturen des Processus styloideus ulnae eine Instabilität im distalen Radioulnargelenk verursachen können, wenn keine Frakturheilung eintritt, und empfahlen die operative Behandlung dieser Frakturen bei Auftreten von klinischen Symptomen wie Schmerzen im distalen Radioulnargelenk (Hauck 1996, May 2002, Stoffelen 1998).

Die TFCC-Läsion gehört ebenfalls zu den häufigen Begleitverletzungen bei distalen Radiusfrakturen. Bei der arthroskopischen Untersuchung von Patienten mit intraartikulären Frakturen des Handgelenks wurden TFCC-Läsionen in 60% der Fälle diagnostiziert (Hohendorff 2009, Kordasiewicz 2011).

Skapholunäre Bandläsionen gehören zu den häufigsten karpalen Begleitverletzungen (bis zu 18% aller distalen Radiusfrakturen), werden aber oft übersehen (Liporace 2009). Insbesondere auf Röntgenbildern sind diskrete Läsionen häufig schwer zu erkennen und die Arthroskopie stellt die einzig sichere Methode zur Diagnosestellung dar (Forward 2007). Nicht behandelte skapholunäre Bandverletzungen bleiben zunächst symptomlos, können aber chronifizieren und degenerative Veränderungen der Handwurzel mit konsekutiven Beschwerden wie Schmerzen und Kraftverlust im Handgelenksbereich verursachen. Deswegen ist eine stadiengerechte Therapie durch Immobilisation oder operative Reposition angezeigt (Schneiders 2005).

## **2.2 Die Therapie der distalen Radiusfraktur**

### **2.2.1 Einführung**

Für die Behandlung der distalen Radiusfraktur stehen unterschiedliche Therapiemethoden zur Verfügung. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um die geschlossene Reposition mit Ausbehandlung im Gips, die perkutane Stabilisierung mittels Kirschner-Drähten, Zugschrauben oder Fixateur externe sowie die offene Reposition und Fixierung mittels Plattenosteosynthese (Pechlaner 2007).

### **2.2.2 Die konservative Behandlung**

Die konservative Therapie distaler Radiusfrakturen wird hauptsächlich bei stabilen Frakturen angewandt (Oestern 1999a). Als Kriterien für Instabilität können dabei folgende Parameter angesehen werden (Cherubino 2010):

- Dorsale Abkipfung der Gelenkfläche über 20°
- Dorsale Trümmerzone
- Intraartikuläre Frakturlinien
- Zusätzliche Ulnafraktur
- Radiusverkürzung  $\geq 5$  mm

Die konservative Therapie umfasst in der Regel die geschlossene Reposition der Fraktur im Fall einer Dislokation. Die Einrichtung der Fraktur kann in Leitungsanästhesie, unter Verwendung der Bruchspaltanästhesie oder selten in Allgemeinnarkose erfolgen. Der Patient wird auf dem Rücken gelagert und der betroffene Arm über sogenannte Mädchenfänger am ersten, zweiten und vierten Finger aufgehängt. Daraufhin erfolgt die manuelle Reposition (Abbildung 5, Oestern 1999a). Anschließend erfolgt die Ruhigstellung im Unterarmgips für einen Zeitraum von drei bis sechs Wochen (Christensen 1995).

*Aus urheberrechtlichen Gründen wird auf die Veröffentlichung der Abbildung in der Onlineversion verzichtet.*

Abbildung 5. Die Reposition der distalen Radiusfraktur im Aushang. Der Zug erfolgt über den ersten Finger, die Aufhängung des zweiten und vierten Fingers dient der Ulnarduktion und der Verhinderung der Rotation der Handwurzel. Entnommen aus Oestern 1999a, S. 1188.

Verschiedene Arbeitsgruppen vertreten die Ansicht, dass die konservative Behandlung gegenüber anderen Therapieverfahren in Bezug auf die radiologischen und funktionellen Ergebnisse unterlegen sei und führen diesen Umstand auf eine während der Dauer der Immobilisierung des Handgelenks auftretende Sinterung und Verkürzung der Speiche zurück (Brug 2000, Rikli 2007). Kontrollierte Studien mit einer ausreichend großen Patientenzahl, die diese Behauptung überprüft haben, liegen aber zum jetzigen Zeitpunkt nicht vor (Chen 2007). Übersichtsarbeiten der Cochrane Database, die sowohl den Vergleich verschiedener konservativer Behandlungsmethoden untereinander als auch den Vergleich der konservativen Therapie mit der externen Fixation thematisierten, kamen zu dem Ergebnis, dass die Studienlage für eine abschließende Bewertung als unzureichend anzusehen ist (Handoll 2003, Handoll 2007a).

Demgegenüber äußern einige Autoren die Ansicht, dass vor allem bei Patienten über 65 Jahren trotz signifikant besserer radiologischer Ergebnisse die operative Therapie der konservativen Behandlung in Bezug auf funktionelle Ergebnisse und subjektive Parameter nicht überlegen sei (Arora 2009, Egol 2010, Synn 2009).

Arora et al. untersuchten 130 Patienten im Alter von mindestens 70 Jahren mit distaler Radiusfraktur, die entweder mittels palmarer Plattenosteosynthese oder konservativ therapiert worden waren. In der Gruppe der konservativ behandelten Patienten wurden keine Komplikationen beobachtet und das posttherapeutische Schmerzniveau war geringer. Bewegungsumfang, Griffstärke sowie der DASH-Score zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

Andere Autoren beobachteten sehr gute postoperative funktionelle und radiologische Ergebnisse der Therapie mit winkelstabilen Implantaten bei älteren Patienten und empfahlen deswegen die Verwendung von Plattenosteosynthesen bei dieser Patientengruppe (Beharrie 2004).

### **2.2.3 Die Behandlung mit Kirschnerdrähten und Fixateur externe**

Die geschlossene Kirschner- oder K-Drahtspickung stellt ein wenig aufwendiges und mit geringer Invasivität verbundenes Verfahren zur Stabilisierung extraartikulärer distaler Radiusfrakturen dar, das in Kombination mit dem Fixateur externe auch zur Behandlung intraartikulärer Frakturen geeignet ist (Liporace 2009). Smektala et al. analysierten die Behandlungsqualität bei 1201 älteren Patienten, die zwischen 2002 und 2003 wegen einer distalen Radiusfraktur behandelt wurden (Smektala 2009). Sie stellten fest, dass in 56% der Fälle auf die perkutane K-Drahtosteosynthese als Therapiemethode zurückgegriffen wurde. Rosenthal et al. verglichen in einer prospektiven Studie die konservative Behandlung distaler Radiusfrakturen mit der K-Drahtspickung und erzielten einen signifikant besseren Erhalt der palmaren Inklination und der Ulnavarianz in der zweiten Gruppe (Rosenthal 2002).

Das Einbringen der Kirschnerdrähte wird in Bruchspaltanästhesie, alternativ in Plexusanästhesie oder Allgemeinnarkose durchgeführt (Meier 2012). Die vorherige Reposition kann wie bei der konservativen Behandlung erfolgen, beispielsweise mithilfe von Mädchenfängern. Ist die Reposition nicht möglich, kann ein K-Draht in den Knochen eingebracht werden und mit diesem die Reposition erfolgen. Diese Methode wird als Joysticktechnik bezeichnet, da der Kirschnerdraht wie ein Joystick zur Reposition genutzt wird (Cherubino 2010). Ist die Reposition erfolgt, wird unter Bildwandlerkontrolle die Richtung der Drähte festgelegt. Diese werden anschließend perkutan mit einem Bohrer eingebracht. Die Entfernung der Drähte erfolgt sechs Wochen nach der Intervention (Oestern 1999b).

Bei der Methode nach Kapandji werden Kirschnerdrähte von dorsal in den Frakturspalt extraartikulärer Frakturen eingebracht und anschließend zur Reposition des distalen Frakturfragments genutzt. Anschließend werden sie proximal in die palmare Kortikalis des Radius gebohrt. Eine Verankerung im distalen Fragment ist nicht notwendig, da die K-Drähte das Repositionsergebnis stabilisieren (Liporace 2009).

Zu den spezifischen Komplikationen der Methode zählen Infektionen an den Eintrittsstellen des Materials sowie Verletzungen des Weichteilgewebes, insbesondere Läsionen des Ramus superficialis nervi radialis bei Spickung des Processus styloideus radii (Vaghela 2007).

Die externe Fixation kann statisch oder dynamisch erfolgen und wird häufig mit der K-Drahtspickung kombiniert (Cui 2011). Zunächst erfolgt die Reposition der Fraktur und anschließend die Stabilisierung mit dem Fixateur externe. Es gibt bei der externen Fixation verschiedene Techniken, wobei der Fixateur das Handgelenk überspannen oder nur auf der proximalen Seite verankert sein kann. Die distalen Pins werden bei gelenkübergreifenden Modellen im Os metacarpale II und bei nicht gelenkübergreifenden Varianten im distalen Frakturfragment verankert (Oestern 1999a).

Wegen der Gefahr der Entstehung einer Sudeck-Dystrophie sollte eine Distraction durch die Fixation unbedingt vermieden werden (Pechlaner 2007). Vorteile der Behandlung mittels Fixateur externe bestehen in der einfachen Anwendung, der geringen Invasivität des Verfahrens, der Möglichkeit einer Anpassung der Einstellung des Fixateurs auch nach dessen Anlage sowie einer frühen Mobilisation. Indikationen für die Anwendung der externen Fixation sind Frakturen mit ausgeprägtem Weichteilschaden, offene Brüche und Frakturen im Rahmen von Polytraumen (Capo 2006). Zu den Komplikationen der externen Fixation zählen Infektionen im Bereich der Eintrittsstellen der Pins, Redislokationen der Frakturfragmente, posttraumatische Arthrose durch eine ungenügende Wiederherstellung der anatomischen Verhältnisse und Verletzungen des Ramus superficialis nervi radialis (Gausepohl 2000).

#### **2.2.4 Die Behandlung mittels Plattenosteosynthese**

In der Therapie distaler Radiusfrakturen hat die Behandlung mit Plattenosteosynthesen in den letzten Jahrzehnten zunehmend an Bedeutung gewonnen (Krimmer 2004). Traditionelle Platten wurden mit Schrauben, die im Knochen verankert wurden und die Platte an den Knochen pressten, fixiert. Bei diesen Implantaten kam es häufig zu sekundären Korrekturverlusten, zudem fanden die Schrauben im osteoporotischen

Knochen nur ungenügenden Halt, was zu Schraubenlockerungen mit unzureichender Frakturstabilisierung führte (Zettl 2009). Die Einführung winkelstabiler Platten hat die Therapie der distalen Radiusfraktur revolutioniert und zu einer deutlichen Zunahme osteosynthetischer Verfahren in der Behandlung dieser Fraktur geführt (Lattmann 2011). Winkelstabile Platten sind dadurch gekennzeichnet, dass die dafür verwendeten Kopfverriegelungsschrauben durch ein Gewinde im Schraubenloch in der Platte verankert werden. Eine Instabilität der Fraktur durch Schraubenlockerung oder axiale Stauchung wird dadurch vermieden. Winkelstabile Platten sind somit geeignet, auch in osteoporotischem Knochen einen ausreichenden Halt der Frakturfragmente zu vermitteln (Jupiter 2009).

Durch die Verankerung der Schrauben sowohl im Knochen als auch in der Platte wirkt das Implantat als Fixateur interne. Das bedeutet, dass die Frakturstabilisierung nicht wie bei konventionellen Platten durch den Kontakt zwischen Platte und Knochen erreicht wird. Vielmehr erlaubt die feste Verbindung zwischen Platte und Schrauben eine Kraftübertragung vom Knochen direkt auf das Implantat. Die Anwendung winkelstabiler Platten ermöglicht so eine Schonung des Periosts und eine bessere Durchblutung der Frakturfragmente (Arora 2007a).

Plattenosteosynthesen vom Typ der Locking Compression Plate (LCP) verfügen über Kombinationsschraubenlöcher. Damit ist die Nutzung sowohl von konventionellen Schrauben als auch von winkelstabil verankerten Schrauben möglich. Konventionelle Schrauben können zudem exzentrisch eingebracht werden. Nach dem Prinzip der dynamischen Kompression kann somit eine Annäherung der Frakturfragmente durch Anziehen der Schraube erreicht werden. Außerdem ist eine Verkippung der Schrauben möglich, so dass diese in unterschiedlichem Winkel in den Knochen eingebracht werden können (Rüedi 2001, Abbildung 6).



*Aus urheberrechtlichen Gründen wird auf die Veröffentlichung der Abbildung in der Onlineversion verzichtet.*

Abbildung 6. Links: Das Kombinationsloch erlaubt die Anwendung konventioneller (oben links) und winkelstabil verankerter Schrauben (oben rechts) sowie von Plattenzugschrauben (unten links). Rechts: Konventionelle (links) und Kopfverriegelungsschraube (rechts) im Vergleich. Entnommen aus Rüedi 2001, S. 254.

Der Vorteil des Einsatzes winkelstabiler Platten gegenüber anderen Verfahren besteht in der guten anatomischen Reposition der Frakturfragmente, dem langfristigen Erhalt der Reposition und dem Erreichen sofortiger Übungsstabilität nach der Operation (Arora 2005, Kwan 2011, Oestern 1999a, Stevenson 2009). Dem gegenüber stehen die durch die Invasivität des Verfahrens bedingten hohen Komplikationsraten, wobei die Angaben diesbezüglich variieren (Matschke 2011). Knight et al. untersuchten 40 Patienten, die mittels volarer winkelstabiler Plattenosteosynthese behandelt wurden und stellten eine Komplikationsrate von 48% fest, während Phadnis et al. in einer vergleichbaren Studie mit 180 Patienten eine Komplikationsrate von 15% beobachteten (Knight 2010, Phadnis 2012).

Zu den Komplikationen der operativen Versorgung von volar zählen Wundinfektionen, Sehnenreizungen und -rupturen der Musculi extensor pollicis longus und flexor pollicis longus, das Karpaltunnelsyndrom sowie das Complex Regional Pain Syndrome (Hakimi 2010). Tenosynovitiden und Rupturen der Extensorensehnen stellen häufige Komplikationen der Verplattung von dorsal dar (Rozental 2003, Vasenius 2008).

Die Stabilisierung einer distalen Radiusfraktur mithilfe einer oder mehrerer winkelstabiler Platten kann über einen volaren, dorsalen oder einen kombinierten Zugang erfolgen (Abbildung 7 bis 9). Der Zugang von palmar bietet den Vorteil der besseren Weichteildeckung der Platte und dem damit verbundenen geringeren Risiko der Sehnenreizung. Ein Nachteil dieses Zugangswegs besteht in der fehlenden Sicht auf die Gelenkfläche. Die Frage, welcher Zugang zu bevorzugen ist, ist nicht abschließend geklärt (Wick 2006).

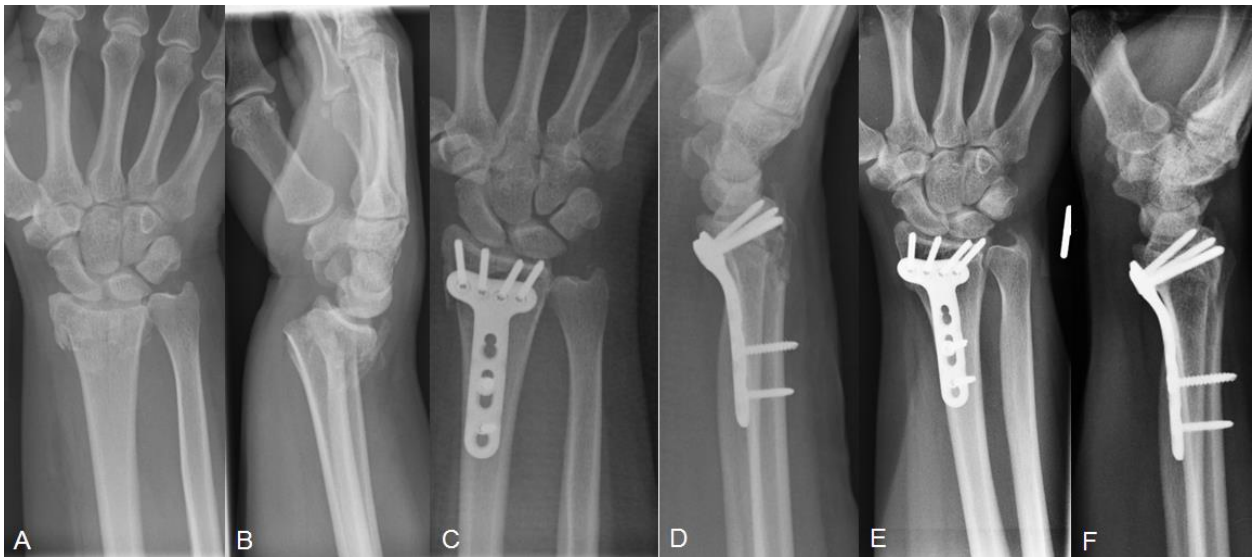


Abbildung 7. Distale Radiusfraktur, die mit einer von palmar eingebrachten winkelstabilen Plattenosteosynthese behandelt wurde. Röntgenbilder präoperativ posteroanterior (A) und seitlich (B), unmittelbar postoperativ (C,D) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (E,F, 12 Monate postoperativ). Die Aufnahmen stammen von einer 57-jährigen Patientin, die bei Glätteis gestürzt war, sich dabei eine distale Radiusfraktur (C2 nach AO-Klassifikation) zugezogen hatte und mit einer von palmar eingebrachten 2,4 mm Locking Compression Plate (LCP, Synthes®, Uttingen, Deutschland) versorgt wurde. Eigenes Bildmaterial.



Abbildung 8. Distale Radiusfraktur, die mit einer 3,5 mm Locking Compression Plate versorgt wurde. Die 78-jährige Patientin war bei Glatteis gestürzt und hatte sich dabei eine distale Radiusfraktur (A3 nach AO-Klassifikation) zugezogen, die zunächst konservativ behandelt worden war. Bei einer Röntgenkontrolle zwei Wochen nach dem Unfall zeigte sich eine deutliche Dislokation der Fraktur, so dass die Indikation zur operativen Versorgung gestellt wurde. Röntgenbilder präoperativ posteroanterior (A) und seitlich (B) sowie zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (C, D). Eigenes Bildmaterial.



Abbildung 9. Distale Radiusfraktur, die über einen dorsalen Zugang operativ versorgt wurde. Röntgenbilder präoperativ posteroanterior (A) und seitlich (B) sowie zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (C, D, 22 Monate postoperativ). Die Aufnahmen stammen von einer 51-jährigen Patientin, die sich bei einem Verkehrsunfall eine C2-Fraktur nach AO-Klassifikation zuzog und am Unfalltag mit zwei 2,4 mm Locking Compression Plates versorgt wurde. Eigenes Bildmaterial.

### 3. Herleitung einer Aufgabenstellung

Anhand der in der Einleitung dargestellten Aspekte ist zu erkennen, dass es sich bei der plattenosteosynthetischen Versorgung distaler Radiusfrakturen um eine äußerst vielversprechende Therapiemethode handelt. Obwohl in mehreren Studien die operative Therapie mittels Verplattung mit anderen Therapieverfahren verglichen wurde, bleibt der Stellenwert dieser Behandlungsart aber ungeklärt. Einheitliche Kriterien zur Entscheidung der Frage, wann die operative Therapie zu wählen ist, gibt es nicht (Geyer 2010). In der Literatur zu dem Thema werden in verschiedenen Publikationen unterschiedliche Behandlungsalgorithmen und Indikationen zur operativen Therapie diskutiert (Cherubino 2010, Geyer 2010, Jupiter 2010, Liporace 2009, Wick 2010).

Fanuele et al. analysierten die Behandlungsdaten von 107 190 Patienten in den USA, die im Zeitraum von 1998 bis 2004 wegen einer distalen Radiusfraktur therapiert wurden (Fanuele 2009). Sie stellten deutliche geographische Unterschiede in den Raten der gewählten Therapiemethoden fest. Die Arbeitsgruppe führte diese Variabilität auf einen Mangel an Evidenz sowie die zu geringe Beachtung vorhandener Evidenz für die verschiedenen Therapieoptionen zurück. Unterstützt wird die Ansicht der Autoren durch die Tatsache, dass keine Übersichtsarbeit in der Cochrane Library existiert, welche die Therapie mittels Plattenosteosynthese mit anderen Therapiemethoden vergleicht (Stand Januar 2013).

Die vorliegende Arbeit beruht auf retrospektiv gewonnenen Daten von Patienten, die aufgrund einer distalen Radiusfraktur plattenosteosynthetisch versorgt wurden. Anhand der Analyse von Daten zu den funktionellen und radiologischen Ergebnissen von 128 Patienten, die aufgrund einer distalen Radiusfraktur operiert und im Rahmen dieser Studie nachuntersucht wurden, soll die Arbeit eine Einschätzung des Stellenwerts der operativen Therapie in der Behandlung von Handgelenksbrüchen liefern.

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist es, die Therapieergebnisse in Bezug auf die Wahl des operativen Zugangs zu vergleichen. Studien zu dieser Frage zeigen uneinheitliche Ergebnisse. Es wurden mehrere Arbeiten zu der Thematik veröffentlicht, die zu unterschiedlichen Ergebnissen kamen (Chou 2011, Rein 2007, Ruch 2006, Yu 2011, Zettl 2009).

In der vorliegenden Arbeit wurden die operativen Ergebnisse von Patienten, die über einen volaren Zugang operiert wurden, mit den Ergebnissen von Patienten verglichen, die von dorsal operiert wurden. Anhand des Vergleichs der Daten soll geklärt werden, welcher operative Zugang als günstiger im Hinblick auf die postoperativen Ergebnisse zu bewerten ist.

## 4. Patienten und Methodik

### 4.1 Populationscharakteristika

#### 4.1.1 Patientenkollektiv

Es wurden 128 Patienten mit 130 Frakturen, die im Zeitraum vom Januar 2008 bis zum Dezember 2010 im Campus Virchow Klinikum der Charité Universitätsmedizin Berlin operiert wurden, zu einer Nachuntersuchung einbestellt. Zwei der Patienten hatten Frakturen an beiden Armen erlitten, die beide mit Platten versorgt worden waren.

Des Weiteren wurden die Daten von 276 Patienten mit insgesamt 283 Frakturen, die im Zeitraum vom Oktober 2005 bis zum Dezember 2007 wegen einer distalen Radiusfraktur operativ mittels einer oder mehrerer LCPs behandelt wurden, analysiert. Sieben Patienten hatten zum Unfallzeitpunkt eine distale Radiusfraktur an beiden Armen erlitten, wobei beide Frakturen mittels Plattenosteosynthese versorgt wurden.

#### 4.1.2 Patientencharakteristika bei der Nachuntersuchung

Aus dem Patientenkollektiv erschienen 128 Patienten zur Nachuntersuchung, 36 erklärten sich nicht zu einer Nachuntersuchung bereit, 44 Patienten waren nicht erreichbar und fünf Personen waren in der Zwischenzeit verstorben.

Die Patienten waren im Durchschnitt 58,5 Jahre alt (Standardabweichung 16,1 Jahre, Altersspanne 18 bis 92 Jahre), 45 Personen (35,2%) waren männlich und 83 (64,8%) weiblich. Die durchschnittliche Follow-up-Zeit betrug 22,7 Monate (Standardabweichung 10,7 Monate).

Der Großteil der Patienten (103 Personen beziehungsweise 80,5%) wurde über einen palmaren Zugang operiert, 22 Personen (17,3%) über einen dorsalen Zugang und 3 Patienten (2,3%) über einen kombinierten Zugang von dorsal und volar. Die Operationszeit betrug durchschnittlich 92,5 Minuten. Bei 29 Patienten lag ein Bruch auf der Gegenseite vor, ihre Daten wurden nicht für den Vergleich des Bewegungsumfangs und der Griffstärke der betroffenen Hand mit der Gegenseite verwendet (Tabelle 1).

**Tabelle 1. Patientencharakteristika der Personen, die zur Nachuntersuchung erschienen sind.**

<b>Allgemeine Daten</b>	
<b>Anzahl der Patienten</b>	128
<b>Anzahl der Frakturen</b>	130
<b>Durchschnittliches Alter in Jahren</b>	58,5 (SD 16,1)
<b>Altersspanne in Jahren</b>	18-92
<b>Anteil männlicher Patienten</b>	45 (35,2%)
<b>Anteil weiblicher Patienten</b>	83 (64,8%)
<b>Durchschnittliche Follow-up-Zeit in Monaten</b>	22,7 (7,0-45,6; SD 10,7)
<b>Rechte Seite betroffen</b>	56 (43,1%)
<b>Linke Seite betroffen</b>	74 (56,9%)
<b>Vorliegen mindestens einer Begleitverletzung</b>	27 (21,1%)
<b>Vorliegen mindestens einer Begleiterkrankung</b>	52 (39,8%)
<b>Fraktur auf der Gegenseite in der Anamnese</b>	29 (22,3%)
<b>Operationszeit in Minuten</b>	92,5 (SD 31,8)
<b>Verwendete Platten</b>	
<b>2,4 LCP</b>	94 (72,3%)
<b>3,5 LCP</b>	33 (25,4%)
<b>2,4 und 3,5 LCP</b>	3 (2,3%)
<b>Operativer Zugang</b>	
<b>Volar</b>	103 (80,5%)
<b>Dorsal</b>	22 (17,2%)
<b>Dorsovolar</b>	3 (2,3%)

SD: Standardabweichung, LCP: Locking Compression Plate.

Die häufigsten Frakturen gemäß der AO-Klassifikation waren A3-Frakturen (36,9%), bei 56,2% der Frakturen handelte es sich um C-Frakturen. Bei der Mehrzahl der von dorsal operierten Frakturen (86,9%) handelte es sich um C2- und C3-Frakturen. In der Gruppe der von volar operierten Patienten setzte sich der Hauptteil der Frakturen aus A3-Frakturen (45,1%) zusammen, gefolgt von C1- und C2-Frakturen (20,2 beziehungsweise 18,3%, Abbildung 10).

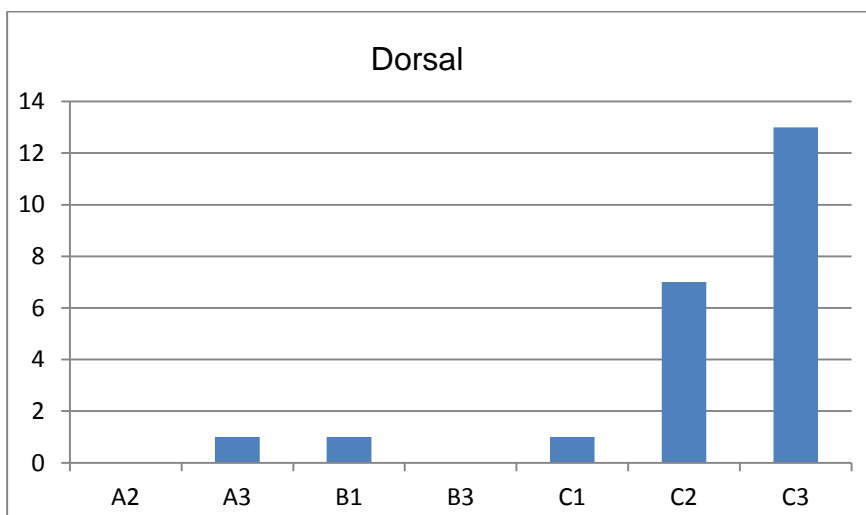
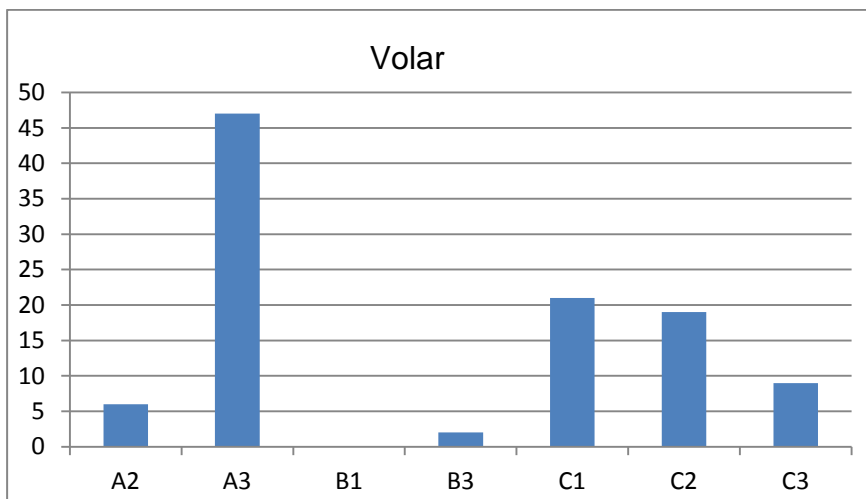
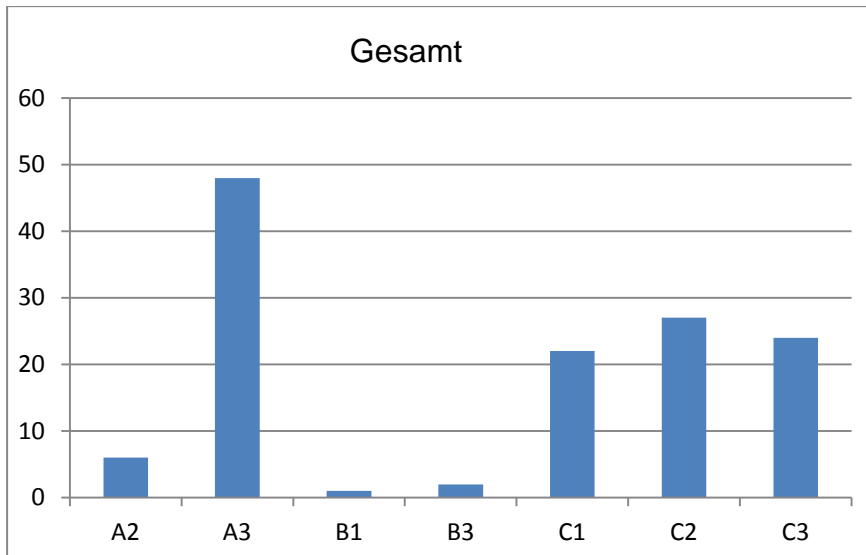


Abbildung 10. Anzahl der Frakturen, aufgeteilt nach AO-Klassifikation, insgesamt sowie in der Gruppe der von volar und von dorsal operierten Patienten. Die Gruppe der von volar operierten Patienten besteht zu einem großen Teil aus A3-Frakturen (45,2%), in der Gruppe der von dorsal operierten Patienten finden sich hauptsächlich C2- und C3-Frakturen (86,9%).

Als häufigster Unfallmechanismus (69,5%) wurde ein Sturz aus dem Stand angegeben, gefolgt von Verkehrsunfällen und Stürzen aus großer Höhe. Die meisten Patienten (62,3%) wiesen einen Weichteilschaden Grad II auf, ein Patient erlitt eine offene Fraktur (Abbildung 11).

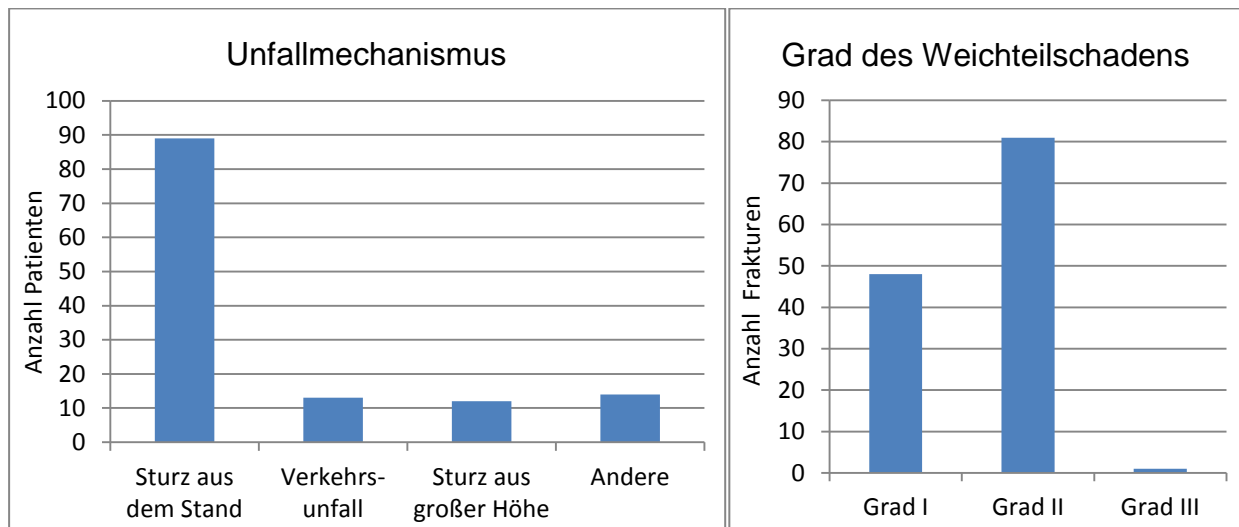


Abbildung 11. Unfallmechanismus und Grad des Weichteilschadens bei den Patienten, die zur Nachuntersuchung erschienen sind.

In 56,9% der Fälle war das linke Handgelenk betroffen. Bei der operativen Behandlung wurden in der Mehrheit der Fälle (72,3%) eine oder mehrere 2,4 mm LCP (Synthes®) verwendet. Im Rahmen des Unfalls waren bei 27 Patienten (21,1%) Begleitverletzungen aufgetreten, dabei waren Verletzungen des ipsilateralen Armes und des Schädels am häufigsten. Bei vier Patienten (3,1%) war ein Polytrauma die Ursache der distalen Radiusfraktur. Des Weiteren gaben 52 Patienten (39,8%) an, unter Begleiterkrankungen zu leiden. Zu den häufigsten Erkrankungen zählten arterieller Hypertonus und Stoffwechselerkrankungen inklusive Diabetes mellitus.



### **4.1.3 Patientencharakteristika bei der Datenanalyse**

Es wurden die retrospektiv gewonnenen Daten von 276 Patienten analysiert (2005-2007), die in zwei Gruppen eingeteilt wurden. Gruppe A (215 Personen mit 220 Frakturen) enthielt alle Patienten, die über einen volaren Zugang operiert wurden, Gruppe B (63 Personen mit 63 Frakturen) bestand aus Patienten, die von dorsal operiert wurden. Die Patientenzahl in Gruppe A und B übersteigt die Gesamtzahl von 276 Patienten, weil zwei Probanden mit beidseitigen Frakturen in beiden Gruppen vertreten sind. Die Patienten wurden telefonisch kontaktiert und nach Komplikationen befragt, dabei konnten 35 Personen nicht erreicht werden und vier Patienten waren in der Zwischenzeit verstorben.

Das Durchschnittsalter betrug insgesamt 54,6 Jahre (Standardabweichung 17,4 Jahre, Altersspanne 18 bis 93 Jahre) insgesamt sowie 55,8 Jahre (Standardabweichung 17,6 Jahre) in Gruppe A und 50,7 Jahre (Standardabweichung 16,1 Jahre) in Gruppe B. Der Altersunterschied war nicht statistisch signifikant. Der Anteil männlicher Probanden betrug 40,6% in beiden Gruppen zusammen; 36,3% in Gruppe A und 57,2% in Gruppe B (Tabelle 2). Elf Personen erlitten die Fraktur im Rahmen eines Polytraumas, sechs in Gruppe A und fünf in Gruppe B.

Die meisten Patienten (60,5%) zogen sich die Fraktur durch einen Sturz aus dem Stand zu (Tabelle 3). Der Großteil (64,9%) wurde innerhalb der ersten Woche nach dem Unfall operiert. Die Operationszeit war in Gruppe B deutlich höher als in Gruppe A (129,3 gegenüber 97,7 Minuten), insgesamt betrug sie durchschnittlich 104,9 Minuten. Der Unterschied war signifikant ( $p < 0,001$ ).

**Tabelle 2. Charakteristika der in die Datenanalyse eingeschlossenen Patienten, aufgeteilt nach Gruppen.**

	<b>Gesamt</b>	<b>Gruppe A</b>	<b>Gruppe B</b>
<b>Anzahl der Pat.<sup>1</sup></b>	276	215	63
<b>Anzahl der Frakturen</b>	283	220 (77,7%)	63 (22,3%)
<b>Durchschnittliches Alter zum Zeitpunkt des Unfalls in Jahren</b>	54,6 (SD 17,4)	55,8 (SD 17,6)	50,7 (SD 16,1)
<b>Anteil männlicher Pat.<sup>1</sup></b>	112 (40,6%)	78 (36,3%)	36 (57,2%)
<b>Anteil weiblicher Pat.</b>	164 (59,4%)	137 (63,7%)	27 (42,9%)
<b>Vorliegen min. einer Begleitverletzung</b>	84 (30,4%)	57 (26,5%)	27 (42,9%)
<b>Vorliegen min. einer Begleiterkrankung</b>	97 (35,1%)	77 (35,8%)	20 (31,7%)
<b>Operation innerhalb der ersten Woche</b>	179 (64,9%)	136 (63,3%)	43 (68,3%)
<b>Operationszeit in Min.</b>	104,9 (SD 48,2)	97,7 (SD 42,8)	129,3 (SD 57,2)
<b>Verwendete Platten</b>			
<b>2,4 LCP</b>	190 (67,1%)	131 (59,5%)	59 (93,7%)
<b>3,5 LCP</b>	89 (31,4%)	85 (38,6%)	4 (6,3%)
<b>2,4 und 3,5 LCP</b>	4 (1,4%)	4 (1,8%)	0 (0,0%)

Gruppe A: von volar operiert, Gruppe B: von dorsal operiert. SD: Standardabweichung, Pat.: Patienten, min.: mindestens, LCP: Locking Compression Plate.

<sup>1</sup> Die Patientenzahl in Gruppe A und B zusammen übersteigt die Gesamtpatientenzahl, weil zwei Patienten mit Frakturen an beiden Armen von volar und von dorsal operiert wurden.

**Tabelle 3. Unfallmechanismus und Grad des Weichteilschadens bei den Patienten, die in die Datenanalyse eingeschlossen wurden.**

<b>Unfallmechanismus</b>	<b>Gesamt</b>	<b>Gruppe A</b>	<b>Gruppe B</b>
<b>Sturz aus dem Stand</b>	167 (60,5%)	134 (62,3%)	33 (52,4%)
<b>Verkehrsunfall</b>	23 (8,3%)	19 (8,8%)	4 (6,3%)
<b>Sturz aus großer Höhe</b>	28 (10,1%)	9 (4,2%)	19 (30,2%)
<b>Andere</b>	58 (21,0%)	53 (24,7%)	7 (11,1%)
<b>Weichteilschaden</b>			
<b>Grad I</b>	109 (38,5%)	87 (39,5%)	22 (34,9%)
<b>Grad II</b>	163 (57,6%)	126 (57,3%)	37 (58,7%)
<b>Grad III</b>	4 (1,4%)	3 (1,4%)	1 (1,6%)
<b>Anzahl offener Frakturen</b>	7 (2,5%)	4 (1,8%)	3 (4,8%)

Gruppe A: von volar operiert, Gruppe B: von dorsal operiert.

Auffällig ist der hohe Anteil von Patienten in Gruppe B, die einen Sturz aus großer Höhe (Leitersturz, Sturz aus dem Fenster) als Unfallmechanismus angaben (30,2% gegenüber 4,2% in Gruppe A). Des Weiteren war in Gruppe B die Rate offener Frakturen höher (1,8% in Gruppe A gegenüber 4,8% in Gruppe B). Außerdem ist in Gruppe B ein größerer Anteil von Patienten mit C3-Frakturen (mehrfragmentäre Frakturen mit Gelenkbeteiligung) vertreten (18,2% in Gruppe A gegenüber 55,6% in Gruppe B, Tabelle 4).

**Tabelle 4. Klassifikation der Frakturen, die in die Datenanalyse eingeschlossen wurden, aufgeteilt nach Gruppen.**

Frakturklassifikation	Gesamt	Gruppe A	Gruppe B
<b>A2</b>	10 (3,5%)	10 (4,5%)	0 (0,0%)
<b>A3</b>	80 (28,3%)	78 (35,5%)	2 (3,2%)
<b>B1</b>	3 (1,1%)	2 (0,9%)	1 (1,6%)
<b>B3</b>	9 (3,2%)	9 (4,1%)	0 (0,0%)
<b>C1</b>	39 (13,8%)	33 (15,0%)	6 (9,5%)
<b>C2</b>	67 (23,7%)	48 (21,8%)	19 (30,2%)
<b>C3</b>	75 (26,5%)	40 (18,2%)	35 (55,6%)

Gruppe A: von volar operiert, Gruppe B: von dorsal operiert.

## 4.2 Operationsmethodik

Die Operation erfolgte über einen volaren, einen dorsalen oder einen kombinierten dorsovolaren Zugang. Die Indikationsstellung erfolgte durch den behandelnden Arzt. Die Operation erfolgte in Allgemeinnarkose oder Plexusblockade unter Anwendung einer Blutsperrung und unter intraoperativ verabreichter Single-Shot-Antibiose. Der palmare Zugang erfolgte zwischen der Sehne des Musculus flexor carpi radialis und der Arteria radialis. Anschließend wurde der Musculus flexor pollicis longus retrahiert, so dass der Musculus pronator quadratus zum Vorschein kam. Dieser wurde radialseitig abgelöst und nach ulnar abgeschoben, wodurch die distale Radiusfläche freigelegt wurde (Bauer 2001, Abbildung 12).

*Aus urheberrechtlichen Gründen wird auf die Veröffentlichung der Abbildung in der Onlineversion verzichtet.*

Abbildung 12. Palmarer Zugang zum distalen Radius. 1: Musculus (M.) flexor carpi radialis, 2: M. Flexor digitorum superficialis und M. pollicis longus, 3: M. pronator quadratus, 4: Distaler Radius, 5: Arteria radialis und begleitende Venen. Entnommen aus Bauer 2001, S. 289.

Daraufhin erfolgten die Reposition der Frakturfragmente und das Einbringen der Platte. Diese wurde mittels proximaler Kortikalisschrauben fixiert. Anschließend wurden die distalen Schraubenlöcher mit monokortikalen, winkelstabilen Schrauben besetzt und die korrekte Lage der Schrauben mit dem Bildwandler überprüft. Nachdem das Implantat in korrekter Lage fixiert worden war, wurde es mit dem Musculus pronator quadratus abgedeckt und der operative Zugang verschlossen (Jupiter 2009).

Der dorsale Zugang erfolgte über dem Tuberculum Listeri mit Eröffnung des Retinaculum musculorum extensorum über dem dritten Sehnenfach. Die Musculi abductor pollicis longus und extensor pollicis brevis wurden identifiziert und retrahiert, die dorsale distale Radiusfläche dargestellt und die Platte eingebracht. Falls die Notwendigkeit der Verwendung einer zweiten Platte bestand, wurde diese zwischen erstem und zweitem Sehnenfach eingebracht. Anschließend wurden Faszie und Retinaculum musculorum extensorum mittels Naht verschlossen (Jupiter 2009).

### **4.3 Ein- und Ausschlusskriterien**

In die Studie wurden Patienten eingeschlossen, die im Zeitraum vom Oktober 2005 bis zum Juni 2010 im Campus Virchow Klinikum der Charité Universitätsmedizin Berlin wegen einer distalen Radiusfraktur mittels LCP-Plattenosteosynthese von Synthes® (2,4 oder 3,5 mm, ein oder mehrere Implantate) versorgt wurden und zum Unfallzeitpunkt mindestens 18 Jahre alt waren. Ausgeschlossen wurden Patienten, von denen kein ausreichendes Bildmaterial für eine Analyse der radiologischen Ergebnisse vorhanden war (prä- und postoperative Röntgenbilder). Eine Stellungnahme der Ethikkommission wurde vor Beginn der Studie eingeholt (EA2/075/11).

### **4.4 Messung der funktionellen und radiologischen Ergebnisse**

#### **4.4.1 Methodisches Vorgehen bei der Nachuntersuchung**

Die Evaluation des Behandlungsergebnisses bei den Patienten, die zu der Nachuntersuchung einbestellt wurden, geschah unter der Berücksichtigung von drei Aspekten:

1. Radiologische Ergebnisse
2. Funktionelles Outcome
3. Gesundheitsbezogene Lebensqualität

##### **4.4.1.1 Messung der radiologischen Ergebnisse**

Die Messung der radiologischen Ergebnisse wurde anhand aktueller Röntgenbilder des betroffenen Handgelenks im posteroanterioren und im seitlichen Strahlengang vorgenommen, die während der Nachuntersuchung angefertigt wurden. Die Bilder wurden mit Röntgenaufnahmen des Handgelenks der Patienten vor der Operation und unmittelbar postoperativ verglichen. Folgende Parameter wurden anhand der Röntgenaufnahmen ermittelt: die Radiusgelenkflächenwinkel im posteroanterioren und seitlichen Strahlengang sowie die Ulnavarianz (Kreder 1996).

Für die Messung des frontalen Radiusgelenkflächenwinkels wurde die von Pechlaner et al. beschriebene Methode verwendet (Pechlaner 2007, Abbildung 13).

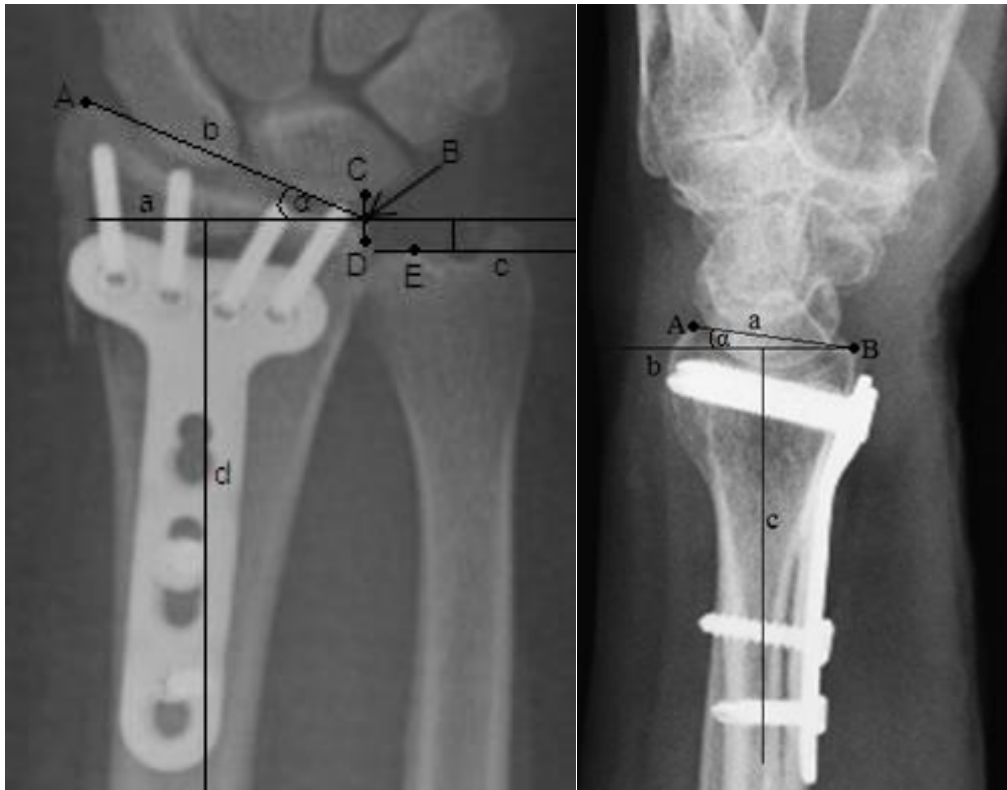


Abbildung 13. Ermittlung der radiologischen Ergebnisse. Punkte mit Großbuchstaben, Linien mit Kleinbuchstaben gekennzeichnet.

Bild links: Posteroanteriorer Strahlengang. A markiert den am weitesten distal gelegenen Punkt der Radiusgelenkfläche. B befindet sich mittig zwischen dem dorsalen (C) und dem volaren (D) Rand der ulnarseitig gelegenen radialen Gelenkfläche. E markiert den am weitesten distal gelegenen Punkt der Gelenkfläche der Ulna. Gerade b ist die Verbindungslinie von A und B. Gerade a ist eine senkrecht zum Radiuschaft (Linie d) verlaufende Linie durch Punkt B. Linie c ist eine ebenfalls senkrecht zu d verlaufende Linie durch Punkt E. Winkel  $\alpha$  ist der frontale Radiusgelenkflächenwinkel und wird von a und b gebildet. Die Ulnavarianz wird gemessen als kleinster Abstand zwischen Linie a und c.

Bild rechts: Lateraler Strahlengang. A bildet den dorsalen, B den volaren Rand der Radiusgelenkfläche. Zwischen ihnen befindet sich Linie a. Linie b ist eine Gerade senkrecht zum Radiuschaft (c). Die Linien a und b bilden gemeinsam den Winkel  $\alpha$ , der dem seitlichen Radiusgelenkflächenwinkel entspricht. Bilder von unterschiedlichen Patienten. Eigenes Bildmaterial.

Die Autoren unterscheiden zwischen einem frontalen palmaren und einen frontalen dorsalen Radiusgelenkflächenwinkel. Die Lage der palmaren Kante wird durch die Art der Fraktur und die Stellung des Arms während der Anfertigung der Aufnahme maßgeblich beeinflusst. Um Störfaktoren zu minimieren, wurde als ulnarer Messpunkt zur Ermittlung des frontalen Radiusgelenkflächenwinkels der in der Mitte zwischen dem dorsalen und dem palmaren Rand des ulnaren Radius gelegene Punkt verwendet.

Frakturen mit einem Radiusgelenkflächenwinkel von 15 bis 30° im posteroanterioren und über 0° im seitlichen Strahlengang wurden als sehr gutes Ergebnis betrachtet. In diesem Fall wurde von einer anatomischen Reposition der Fraktur ausgegangen (Geyer 2010, Tabelle 5).

Die Ulnavarianz ist ein Maß für das Längenverhältnis von Radius zu Ulna, für sie gelten Normwerte von  $\pm 2$  mm (Schmitt 2008). Eine Verkürzung der Ulna gegenüber dem Radius wird im Folgenden als negativer Wert angegeben.

Des Weiteren wurden die Frakturen anhand der Röntgenbilder nach der AO-Klassifikation eingeteilt.

**Tabelle 5. Bewertung des radiologischen Ergebnisses anhand der Radiusgelenkflächenwinkel in Grad. Modifiziert nach Geyer 2010, S. 902.**

Ergebnis	Radiusgelenkflächenwinkel	
	Posteroanterior	Seitlich
Sehr gut	15-30	$\geq 0$
Gut	10-15	-1-10
Mäßig	1-9	-11-14
Schlecht	$\leq 0$	$\leq -15$

#### 4.4.1.2 Ermittlung der funktionellen Ergebnisse

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurde bei den Patienten mittels Goniometer eine Messung des Bewegungsumfanges nach der Neutral-Null-Methode durchgeführt. Dabei wurden folgende Bewegungsumfänge erfasst: Palmarflexion/Dorsalextension sowie Pronation/Supination und Ulnarabduktion/Radialabduktion im Handgelenk. Die Messungen wurden bei 90° Flexion im Ellenbogengelenk durchgeführt. Die Probanden legten dazu ihren Unterarm auf einer Tischplatte ab. Die Messungen wurden an dem gesunden und dem betroffenen Handgelenk durchgeführt und die Werte in der Auswertung miteinander verglichen.

Des Weiteren wurden Kraftmessungen der Hand mit dem Jamar© Dynamometer (Sammons Preston, USA) durchgeführt und diese mit der kontralateralen Hand verglichen.

Patienten, bei denen anamnestisch eine Fraktur der Hand, des Unterarmes oder des Handgelenks der Gegenseite vorlag, wurden von dem Vergleich der frakturierten mit der kontralateralen Seite in Bezug auf Kraft und Bewegungsumfang ausgeschlossen.

Die Patienten sollten zudem den DASH-Score (DASH: Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) ausfüllen (Germann 1999). Dabei handelt es sich um einen Fragebogen, mit dem der Patient die Funktion der oberen Extremität bewertet. Zu diesem Zweck soll er seine Fähigkeit, Tätigkeiten aus unterschiedlichen Lebensbereichen (beispielsweise Betten machen und Garten- oder Hofarbeit) auszuführen, anhand einer Skala von einem bis fünf Punkten (eins: keine Schwierigkeiten, fünf: Tätigkeit nicht möglich) bewerten.

Außerdem wird nach weiteren für die Beurteilung des Behandlungsergebnisses wichtigen Aspekten wie Schmerzen oder Einschränkungen von sozialen Aktivitäten aufgrund von Problemen im Schulter-, Arm oder Handbereich gefragt (Hudak 1996). Das optionale Arbeits- und Berufsmodul wurde in dieser Studie nicht verwendet. Zur Ermittlung des Gesamtpunktwerts wurde folgende Formel verwendet (aus Germann 1999):

$$\text{Punktwert} = \frac{\text{Gesamtpunktzahl} - 30}{1,2}$$

Die Ergebnisspanne reicht von null (kein Einschränkung der Schulter-, Arm- und Handfunktion) bis 100 (größtmögliche Behinderung).

Als weiteres Instrument zur Erfassung des postoperativen funktionellen Ergebnisses wurde der Gartland-Werley-Score für alle Patienten erfasst. Dabei handelt es sich um ein in Bezug auf die Therapie distaler Radiusfrakturen besonders häufig verwendetes Bewertungsverfahren, in das sowohl objektive als auch subjektive Kriterien einfließen. Mithilfe des Scores wird eine Punktzahl errechnet, wobei null bis 36 Punkte vergeben werden. Null bis acht Punkte sprechen dabei für ein gutes funktionelles und radiologisches Ergebnis, eine Punktzahl über zwanzig für ein schlechtes Ergebnis (Changulani 2008).



## **Gartland-Werley-Score** (übernommen aus Gartland 1951, S. 900)

	Punkte
1. Restdeformität	
• Prominenter Processus styloideus ulnae	1
• Persistierende dorsale Abkipfung	2
• Radiale Abweichung der Hand	2-3
2. Subjektive Evaluation	
• Exzellent (keine Schmerzen, Behinderung oder Bewegungseinschränkungen)	0
• Gut (gelegentlich Schmerzen, leichte Bewegungseinschränkung, keine Behinderung)	2
• Befriedigend (gelegentlich Schmerzen, Bewegungseinschränkung, Schwächegefühl im Handgelenk, leichte Aktivitätseinschränkung)	4
• Mangelhaft (Schmerzen, Bewegungseinschränkung, Behinderung)	6
3. Objektive Evaluation	
• Dorsalextension < 45°	5
• Ulnarabduktion < 15°	3
• Supination < 50°	2
• Palmarflexion < 30°	1
• Radialabduktion < 15°	1
• Umwendbewegung im Handgelenk < 100°	1
• Schmerzen im distalen Radioulnargelenk	1
4. Komplikationen	
• Arthritische Veränderungen	
Gering	1
Gering mit Schmerzen	3
Mittelgradig	2
Mittelgradig mit Schmerzen	4
Schwer	3
Schwer mit Schmerzen	5
• Schädigung des Nervus medianus	1-3
• Durch Gipsverband bedingte eingeschränkte Funktion der Finger	1-2

Bewertung der Punktzahl:

0-2: Exzellentes Ergebnis

3-8: Gutes Ergebnis

9-20: Befriedigendes Ergebnis

>20: Mangelhaftes Ergebnis

#### **4.4.1.3 Erhebung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität**

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität wurde mithilfe des SF-36-Health Survey erfasst. Dies ist ein Fragebogen mit insgesamt 36 Fragen, der acht Bereiche erfasst (Bullinger, 2000, Ware 1992):

1. Körperliche Funktionsfähigkeit
2. Körperliche Rollenfunktion
3. Körperliche Schmerzen
4. Allgemeine Gesundheitswahrnehmung
5. Vitalität
6. Soziale Funktionsfähigkeit
7. Emotionale Rollenfunktion
8. Psychisches Wohlbefinden

In jeder Kategorie wird ein Punktwert von null bis hundert errechnet, wobei eine Punktzahl von null eine in Bezug auf den jeweiligen Bereich maximal eingeschränkte Lebensqualität bedeutet, eine Punktzahl von hundert dagegen uneingeschränkte Lebensqualität. Die Ergebnisse der Probanden wurden mit Werten aus der Literatur verglichen.

#### **4.4.1.4 Erfassung von Komplikationen**

Die Patienten wurden bei der Nachuntersuchung gefragt, ob im postoperativen Verlauf Komplikationen bei ihnen aufgetreten waren. Außerdem wurden sie gebeten, Unterlagen zur Diagnostik und Therapie von mit der Fraktur assoziierten Komplikationen zu der Nachuntersuchung mitzubringen, um eine möglichst exakte Erfassung zu gewährleisten.

Außerdem wurde nach dem Auftreten von Schmerzen im Handgelenk, Wetterfühligkeit, Parästhesien im betroffenen Arm, Einschränkungen des Bewegungsumfangs und Schwellung im Handgelenk innerhalb der letzten vier Wochen gefragt. Dabei handelt es sich um Folgeerscheinungen, die bei der operativen Behandlung von distalen Radiusfrakturen häufig auftreten (Handoll 2008, Gerald 2008).

#### **4.4.2 Methodisches Vorgehen bei der Datenanalyse**

Für die retrospektive Datenanalyse wurden die Daten von 276 Patienten ausgewertet, die aufgrund einer distalen Radiusfraktur operiert wurden. Die Daten wurden mithilfe des Patient Management Systems der Charité (SAP) zur Patientenerfassung der Abteilung für Unfallchirurgie des Virchow-Klinikums sowie des OP-Dokumentationsprogramms OpDIS 9.0 (c.a.r.u.s. HS GmbH) gewonnen. Des Weiteren wurden die Patienten telefonisch kontaktiert und das Auftreten von Komplikationen im postoperativen Verlauf erfragt.

Erhoben wurden neben demographischen Merkmalen (Alter, Geschlecht) folgende Daten:

1. Unfallmechanismus
2. Frakturtyp nach AO-Klassifikation
3. Grad des Weichteilschadens
4. Begleitende Verletzungen bei Auftreten der distalen Radiusfraktur
5. Zeitabstand zwischen Unfall und Operation
6. Vorliegende Erkrankungen zum Zeitpunkt der Operation
7. Art des operativen Zugangs (volar, dorsal)
8. Art des Implantats
9. Dauer der Operation
10. Aufgetretene Komplikationen
11. Entfernung der Platte zu einem späteren Zeitpunkt (ja/nein)

Die Einteilung nach der AO-Klassifikation anhand der präoperativen Röntgenbilder erfolgte durch zwei Ärzte der Klinik unabhängig voneinander. Die Ergebnisse wurden abgeglichen und nicht übereinstimmende Ergebnisse gemeinsam reevaluiert. Außerdem wurden prä- und postoperative Röntgenbilder analysiert und miteinander verglichen. Gemessen wurden die Ulnavarianz sowie die Radiusgelenkflächenwinkel nach Böhler zu jedem Zeitpunkt.

#### **4.5 Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS Statistics 20 (IBM, USA). Mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests wurde überprüft, ob die untersuchten Variablen einer Normalverteilung folgen. Der Vergleich zweier Gruppen wurde mittels parametrischer (t-Test) und nichtparametrischer Tests (Mann-Whitney-U-Test, Wilcoxon-Rangsummentest) durchgeführt. Nominal skalierte Daten wurden mittels Chi-Quadrat-Test und Fishertest auf Unabhängigkeit überprüft. Ein Ergebnis wurde als signifikant betrachtet, wenn die Nullhypothese mit mindestens 95% Wahrscheinlichkeit als falsch betrachtet werden konnte ( $p \leq 0,05$ ).

## **5. Ergebnisse**

### **5.1 Ergebnisse der Nachuntersuchung**

#### **5.1.1 Radiologische Ergebnisse bei der Nachuntersuchung**

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden Röntgenbilder von 116 Patienten (90,6%) erstellt. Zwölf der Patienten wurden in Pflegeheimen oder zu Hause nachuntersucht. Von diesen Patienten konnten keine Röntgenbilder erstellt werden.

Die präoperativen Radiusgelenkflächenwinkel im posteroanterioren und lateralen Strahlengang betragen  $13,6^\circ$  (Standardabweichung  $11,3^\circ$ ) beziehungsweise  $-15,4^\circ$  (Standardabweichung  $19,1^\circ$ ). Postoperativ war eine Reposition des Winkels im posteroanterioren Strahlengang möglich ( $21,5^\circ$ , Standardabweichung  $3,5^\circ$ ), dieser Wert blieb im Zeitraum bis zur Nachuntersuchung konstant. Die Frakturen waren in 93,9% der Fälle anatomisch reponiert. Der laterale Radiusgelenkflächenwinkel war nach operativer Reposition deutlich größer als präoperativ ( $9,1^\circ$  gegenüber  $-15,4^\circ$ ). Im Zeitraum bis zur Nachuntersuchung war eine Abnahme des Winkels von  $1,3^\circ$  zu erkennen (Abbildung 14). Der Unterschied war statistisch signifikant ( $p=0,01$ ).

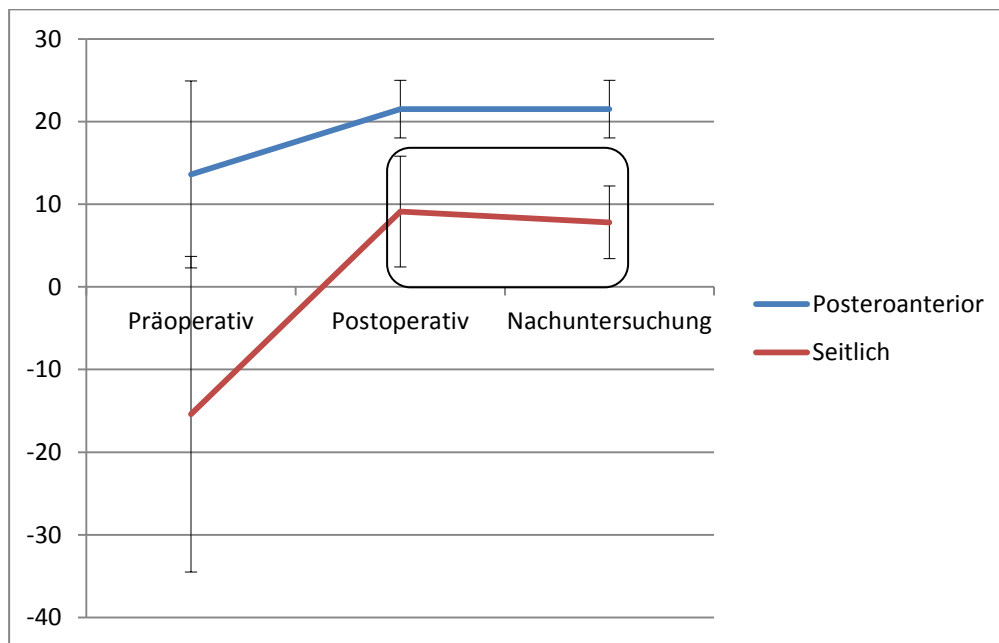


Abbildung 14. Darstellung der Radiusgelenkflächenwinkel in Grad zu verschiedenen Zeitpunkten. Die Abnahme des seitlichen Radiusgelenkflächenwinkels vom Zeitpunkt unmittelbar postoperativ bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung war signifikant (umrandet,  $p=0,01$ ).

Die Ulnavarianz näherte sich von initial 1,96 mm nach der Operation dem Nullwert an (-0,17 mm). Im Zeitraum von der Operation bis zur Nachuntersuchung nahm sie geringfügig zu, dieser Anstieg erreichte jedoch keine statistische Signifikanz ( $p=0,065$ , Tabelle 6, Tabelle 7).

**Tabelle 6. Ulnavarianz präoperativ, postoperativ und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.**

Zeitpunkt der Röntgenaufnahme	Ulnavarianz in mm
<b>Präoperativ</b>	1,96 (2,58)
<b>Postoperativ</b>	-0,17 (2,27)
<b>Bei Nachuntersuchung</b>	0,19 (2,31)

Eine Verkürzung der Ulna gegenüber dem Radius ist als negative Ulnavarianz ausgedrückt. Standardabweichung in Klammern.

**Tabelle 7. Vergleich der radiologischen Parameter unmittelbar postoperativ und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.**

Radiologische Parameter	Postoperativ	Bei Nachuntersuchung	p-Wert
Radiusgelenkflächenwinkel pa	21,5 (3,5)	21,5 (3,5)	0,47
Radiusgelenkflächenwinkel seitlich	9,1 (6,7)	7,8 (4,4)	0,01
Ulnarvarianz in mm	-0,17 (2,27)	0,19 (2,31)	0,065

Standardabweichung in Klammern. Radiusgelenkflächenwinkel in Grad, Pa: posteroanterior.

## 5.1.2 Funktionelle Ergebnisse bei der Nachuntersuchung

### 5.1.2.1 Ergebnisse der Messung des Bewegungsumfangs und der Kraft

Der Bewegungsumfang der frakturierten Seite wurde bei allen Patienten, die nachuntersucht wurden, unter Verwendung der Neutral-Null-Methode gemessen. Die Durchschnittswerte für den Bewegungsumfang und die Kraft waren durchweg niedriger auf der frakturierten Seite, verglichen mit der gesunden Seite. Signifikante Unterschiede im Vergleich mit der Gegenseite ergaben sich für die Griffstärke und alle Bewegungen außer der Pronation. Mehr als die Hälfte der Patienten (59%) wiesen eine Griffstärke von mindestens 85% der Gegenseite auf.

Es war keine Korrelation zwischen Frakturtyp nach AO-Klassifikation und Bewegungsumfang sowie Griffstärke zu erkennen. Eine Korrelation bestand zwischen Bewegungsumfang (Palmarflexion/Dorsalextension) und Alter ( $p=0,001$ , Pearson-Korrelation  $-0,328$ , Tabelle 8).

**Tabelle 8. Vergleich des Bewegungsumfangs und der Griffstärke der betroffenen mit der gesunden Seite.**

Bewegung	Betroffene Seite	Gesunde Seite	Betroffene Seite in % der Gegenseite	p-Wert
Palmarflexion	47,1 (15,0)	59,2 (13,6)	79,9	$<0,001$
Dorsalextension	53,3 (12,4)	59,2 (9,2)	90,0	$<0,001$
Ulnarabduktion	33,7 (9,5)	39,6 (8,4)	85,1	$<0,001$
Radialabduktion	18,4 (6,7)	21,8 (6,9)	84,4	$<0,001$
Pronation	87,1 (9,5)	88,6 (4,9)	97,7	0,176
Supination	71,7 (13,1)	78,9 (7,4)	90,9	$<0,001$
Griffstärke	22,9 (14,5)	27,3 (15,9)	84,2	$p=0,001$

Bewegungsumfang in Grad, Griffstärke in kg. Standardabweichung in Klammern. Patienten mit einer Fraktur auf der Gegenseite wurden von dem Vergleich ausgeschlossen. P-Werte  $\leq 0,05$  kursiv.

### 5.1.2.2 Ergebnisse der Befragung mittels DASH-Score

Der DASH-Score wurde von 114 Patienten (89,0%) komplett ausgefüllt. Bei vier Patienten konnte der DASH-Score nicht ausgewertet werden, weil sie den Fragebogen unvollständig ausfüllten. Acht Patienten lehnten das Ausfüllen des Fragebogens ab, zwei Patienten waren wegen Demenz nicht in der Lage, die Fragen zu beantworten und bei vier Patienten war die Befragung aufgrund von Sprachbarrieren nicht möglich.

Der durchschnittliche DASH-Punktwert der Patienten betrug 18,9 Punkte (Standardabweichung 21,1 Punkte). Der Durchschnittswert für die deutsche Bevölkerung beträgt 13 Punkte (Standardabweichung 15 Punkte). Die Werte aufgeteilt nach Altersgruppen sind in Tabelle 9 aufgelistet.

Zwischen Alter und DASH-Score bestand eine schwache Korrelation in dieser Studie ( $p=0,027$ , Pearson-Korrelation  $-0,205$ ). Zwischen DASH-Score und radiologischen Parametern war keine Korrelation zu erkennen. Eine signifikante Abhängigkeit zwischen Schwere der Fraktur und DASH-Score bestand ebenfalls nicht.

**Tabelle 9. DASH-Werte der nachuntersuchten Patienten, aufgeteilt nach Altersgruppen.**

Altersgruppe	DASH-Werte der vorliegenden Studie
18-29 (n=10)	8,0 (10,4)
30-49 (n=17)	18,8 (3,5)
50-65 (n=48)	17,6 (6,6)
>65 (n=39)	23,5 (9,7)

Standardabweichung in Klammern.

### 5.1.2.3 Ergebnisse der Erhebung des Gartland-Werley-Scores

Der Gartland-Werley-Score wurde für 116 Patienten (90,6%) berechnet. Bei zwölf Patienten konnten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung keine Röntgenbilder angefertigt werden, weil diese Patienten zu Hause oder in einem Pflegeheim nachuntersucht wurden. Bei diesen Patienten war die Berechnung des Gartland-Werley-Scores nicht möglich.

Der durchschnittliche Gartland-Werley-Score betrug 3,5 Punkte (Standardabweichung 4,2 Punkte), das entspricht einem guten Ergebnis nach Gartland und Werley (Gartland 1951). Die Anzahl der Patienten aufgeteilt nach erreichter Punktzahl ist in Tabelle 10 zu finden.

**Tabelle 10. Anzahl der nachuntersuchten Patienten, aufgeteilt nach erreichter Punktzahl.**

<b>Ergebnis</b>	<b>Anzahl Patienten</b>
<b>Exzellente (0-2 Punkte)</b>	68 (58,6%)
<b>Gut (3-8 Punkte)</b>	31 (26,7%)
<b>Befriedigend (9-20 Punkte)</b>	17 (14,7%)
<b>Mangelhaft (&lt;20 Punkte)</b>	0 (0,0%)

Mehr als die Hälfte der Patienten, bei denen der Score erhoben wurde (58,6%), erreichten ein exzellentes Ergebnis nach Gartland und Werley. Ein mangelhaftes Ergebnis wurde bei keinem Patienten festgestellt. Zwischen dem Frakturtyp nach AO-Klassifikation und dem Gartland-Werley-Score war eine schwache Korrelation zu erkennen ( $p=0,027$ , Spearman's Rangkorrelationskoeffizient  $-0,206$ ). Zwischen radiologischen Parametern und Gartland-Werley-Score bestand keine Korrelation.

### **5.1.3 Ergebnisse der Erfassung der Lebensqualität bei der Nachuntersuchung**

Den SF-36-Fragebogen zur Erfassung der Lebensqualität füllten 106 von 128 Patienten (82,8%) korrekt aus. Acht Patienten lehnten das Ausfüllen des Fragebogens ab, weitere acht Patienten füllten den Fragebogen nicht korrekt aus, zwei Patienten waren wegen Demenz nicht in der Lage, die Fragen zu beantworten und bei vier Patienten war die Befragung wegen Sprachbarrieren nicht möglich.

Die Ergebnisse aufgeteilt nach Bereichen, verglichen mit der Normalbevölkerung, sind in Tabelle 11 und 12 zu finden. Im Bereich Körperliche Funktionsfähigkeit erzielten die Patienten eine durchschnittliche Punktzahl von 72,5 Punkten (Standardabweichung 28,6 Punkte) und im Bereich Allgemeine Gesundheitswahrnehmung 59,2 Punkte (Standardabweichung 21,5 Punkte). Die Werte liegen unterhalb der Angaben von 87,2 Punkten (Standardabweichung 20,4 Punkte) und 64,4 Punkten (Standardabweichung 15,2 Punkte) für die deutsche Allgemeinbevölkerung (Morfeld 2005).



**Tabelle 11. Ergebnisse der Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität mittels SF-36-Fragebogen, aufgeteilt nach Bereichen.**

Bereich	Punktzahl	Werte für Normalbevölkerung <sup>1</sup>
<b>Körperliche Funktionsfähigkeit</b>	72,5 (28,6)	87,2 (20,36)
<b>Körperliche Rollenfunktion</b>	70,4 (38,7)	81,8 (23,09)
<b>Emotionale Rollenfunktion</b>	76,4 (40,4)	84,7 (22,70)
<b>Vitalität</b>	60,3 (19,9)	65,3 (18,31)
<b>Psychisches Wohlbefinden</b>	71,2 (18,4)	72,3 (17,15)
<b>Soziale Funktionsfähigkeit</b>	82,2 (22,2)	87,5 (19,25)
<b>Körperlicher Schmerz</b>	75,4 (28,3)	79,3 (25,29)

Standardabweichung in Klammern.

<sup>1</sup>Aus Morfeld 2005.

**Tabelle 12. Vergleich der Ergebnisse ausgewählter Kategorien des SF-36-Fragebogens, aufgeteilt nach Altersgruppen.**

	<45 Jahre		45-65 Jahre		>65 Jahre	
	ES	VP	ES	VP	ES	VP
<b>Körperliche Funktionsfähigkeit</b>	79,5 (25,8)	93,8	73,4 (26,5)	81,8	67,0 (32,6)	70,3
<b>Körperlicher Schmerz</b>	73,7 (26,8)	72,0	73,0 (29,1)	62,9	79,8 (28,1)	62,4
<b>Allgemeine Gesundheitswahrnehmung</b>	68,6 (22,4)	71,4	59,1 (21,9)	63,0	53,6 (18,9)	58,8

ES: Eigene Studie, VP: Vergleichspopulation (aus Kurth 2002). Standardabweichung in Klammern.

### 5.1.4 Aufgetretene Komplikationen bei der Nachuntersuchung

In der Gruppe der von volar operierten Patienten (n=103) kam es zu zwei Komplikationen, die Operationen nach sich zogen. Bei zwei Patienten trat eine Implantatirritation mit Schmerzen im Handgelenk auf, die mittels Implantatentfernung behandelt wurde. In einem Fall kam es zu einer Sehnenreizung, diese wurde bei der klinischen Untersuchung im Rahmen der Nachkontrolle festgestellt und konservativ behandelt.

In der Gruppe der von dorsal operierten Patienten (n=22) kam es ebenfalls in zwei Fällen zu Komplikationen, die eine Implantatentfernung nach sich zogen. Bei einem Patienten trat eine Reizung der Sehne des Musculus extensor pollicis longus (EPL) auf, in einem Fall kam es zu einer Extensorensehnenreizung (Tabelle 13, Tabelle 14). Zudem berichtete ein Patient über eine EPL-Sehnenreizung, die keine operative

Therapie nach sich zog. Die Komplikationsrate war höher in der Gruppe der von dorsal operierten Patienten (13,6% gegenüber 2,9% bei Operation von volar). Bei insgesamt sechs Patienten (4,7%) wurde eine Implantatentfernung vorgenommen. Gründe dafür waren in vier Fällen die oben genannten Komplikationen und in zwei Fällen der Wunsch des Patienten, die Platte entfernt zu bekommen. Drei der Patienten waren von volar operiert worden, zwei Patienten von dorsal und einer von dorsovolar.

**Tabelle 13. Aufgetretene Komplikationen bei den Patienten, die zur Nachuntersuchung erschienen sind.**

Komplikationen	Anzahl Patienten
Flexorensehnenreizung	1 (0,8%)
Extensorensehnenreizung	1 (0,8%)
EPL-Sehnenreizung	2 (1,6%)
Implantatirritation	2 (1,6%)
<b>Gesamt</b>	<b>6 (4,7%)</b>
Implantatentfernungen	6 (4,7%)
Persistierende Schmerzen <sup>1</sup>	26 (20,3%)
Parästhesien <sup>1</sup>	7 (5,5%)
Schwellung im Handgelenk	7 (5,5%)
Wetterfühligkeit	8 (6,3%)
Bewegungseinschränkungen im Handgelenk <sup>1</sup>	11 (8,6%)

EPL: Sehne des Musculus extensor pollicis longus.

<sup>1</sup>5 von 11 Patienten, die unter einer Bewegungseinschränkung litten, gaben auch persistierende Schmerzen an.

3 Patienten gaben sowohl Bewegungseinschränkungen als auch Parästhesien an.

**Tabelle 14. Charakteristika der Patienten, bei denen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung Komplikationen festgestellt wurden.**

Komplikation	Zugang	Therapie	Frakturtyp	DASH-Score
EPL-Sehnenreizung	Dorsal	IE	C2	1
EPL-Sehnenreizung	Dorsal	Keine	B1	/
Extensorensehnenreizung	Dorsal	IE	C1	18
Flexorensehnenreizung	Volar	Keine	C2	34
Implantatirritation	Volar	IE	A3	1
Implantatirritation	Volar	IE	C3	3

EPL: Sehne des Musculus extensor pollicis longus, IE: Implantatentfernung.

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden die Patienten nach dem Vorliegen häufig auftretender Operationsfolgen (Schmerzen, Schwellung, Bewegungseinschränkungen, Parästhesien und Wetterfühligkeit) in den letzten vier Wochen befragt. Dabei wurden am häufigsten (in 26 Fällen) persistierende Schmerzen angegeben. Bewegungseinschränkungen im betroffenen Handgelenk und Wetterfühligkeit wurden in elf beziehungsweise acht Fällen angegeben. Am seltensten (in je sieben Fällen) traten Parästhesien (Kribbeln, Taubheit) und Schwellungen im Handgelenk auf.

## 5.2 Ergebnisse der Datenanalyse

### 5.2.1 Aufgetretene Komplikationen bei der Datenanalyse

Insgesamt wurden 18 Komplikationen festgestellt (6,4%). Acht Komplikationen traten in Gruppe A und zehn in Gruppe B auf, das entspricht Komplikationsraten von 3,6% beziehungsweise 15,9% (Tabelle 15). Der Unterschied zwischen den Komplikationsraten war signifikant ( $p < 0,001$ ). Eine Implantatentfernung wurde in 25 Fällen postoperativ durchgeführt (8,8%), in 15 Fällen in Gruppe A (6,8%) und in zehn Fällen in Gruppe B (15,9%). Auch dieser Unterschied war signifikant ( $p < 0,01$ ). Die Implantatentfernung erfolgte in 13 Fällen aufgrund von postoperativ aufgetretenen Komplikationen und in zwölf Fällen auf Wunsch des Patienten.

**Tabelle 15. Aufgetretene Komplikationen und Implantatentfernungen bei den Patienten, die in die Datenanalyse eingeschlossen wurden.**

Komplikation	Gesamt (n=283)	Gruppe A (n=220)	Gruppe B (n=63)	Unterschied signifikant
Implantatirritation	8	5	3	
EPL-Sehnenreizung	2	0	2	
Schmerzen und Bewegungseinschränkung	2	0	2	
EPL-Sehnenruptur	1	0	1	
Refraktur	1	1	0	
Nervenkompression	1	1	0	
Dislokation eines Frakturfragments	1	1	0	
Intraartikuläre Schraubenlage	1	0	1	
Materialprobleme bei Implantatentfernung	1	0	1	
<b>Gesamt</b>	<b>18 (6,4%)</b>	<b>8 (3,6%)</b>	<b>10 (15,9%)</b>	<b>ja (<math>p &lt; 0,001</math>)</b>
<b>Implantatentfernungen</b>	<b>25 (8,8%)</b>	<b>15 (6,8%)</b>	<b>10 (15,9%)</b>	<b>ja (<math>p &lt; 0,01</math>)</b>

Gruppe A: von volar operiert, Gruppe B: von dorsal operiert. EPL: Sehne des Musculus extensor pollicis longus.

Die häufigste Komplikation war mit acht Fällen die Implantatirritation, gefolgt von Reizungen der Sehne des Musculus extensor pollicis longus und postoperativen Schmerzen mit Bewegungseinschränkungen (je zwei Fälle). Sehnenirritationen traten nur in Gruppe B auf. Alle bis auf einen Patienten in Gruppe B, bei denen postoperative Komplikationen auftraten, hatten C2- oder C3-Frakturen (Tabelle 16, Tabelle 17).

**Tabelle 16. Charakteristika der Patienten in Gruppe A, bei denen Komplikationen aufgetreten waren.**

Komplikation	Geschlecht	Frakturtyp	Therapie
Nervenkompression	w	A3	Reoperation
Refraktur	w	A3	Reosteosynthese
Dislokation eines Frakturfragments	w	C3	Reoperation
Implantatirritation	m	A2	IE
Implantatirritation	m	A3	IE
Implantatirritation	m	B1	IE
Implantatirritation	m	B3	IE
Implantatirritation	W	C1	IE

IE: Implantatentfernung, m: männlich, w: weiblich.

**Tabelle 17. Charakteristika der Patienten in Gruppe B, bei denen Komplikationen aufgetreten waren.**

Komplikation	Geschlecht	Frakturtyp	Therapie
EPL-Sehnenreizung	m	B1	Keine
EPL-Sehnenreizung	m	C3	IE
EPL-Sehnenruptur	m	C2	Sehnenrekonstruktion
Implantatirritation	m	C2	IE
Implantatirritation	w	C3	IE
Implantatirritation	m	C3	IE
Intraartikuläre Schraubenlage	w	C2	IE
Schmerzen mit Bewegungseinschränkung	m	C2	IE
Schmerzen mit Bewegungseinschränkung	w	C3	IE
Materialprobleme bei IE	w	C2	Keine

EPL : Musculus extensor pollicis longus, IE: Implantatentfernung, m: männlich, w: weiblich.

Bei der Betrachtung der Komplikationen aufgeteilt nach AO-Klassifikation zeigt sich, dass die Komplikationsrate in der Gruppe der C-Frakturen in Gruppe B signifikant höher war (15,0 gegenüber 0,9%,  $p < 0,01$ , Tabelle 18). Ein Vergleich der Komplikationsraten der A- und B-Frakturen ist nicht möglich, da lediglich zwei A-Frakturen und eine B-Fraktur in Gruppe B auftraten,

**Tabelle 18. Komplikationsraten in Prozent in den verschiedenen Gruppen, aufgeteilt nach AO-Klassifikation.**

AO-Klassifikation	Gesamt	Gruppe A	Gruppe B
A	4,4	4,5	/ <sup>1</sup>
B	25,0	18,1	/ <sup>1</sup>
C	6,1	0,9	15,0

Gruppe A: von volar operiert, Gruppe B: von dorsal operiert.

<sup>1</sup>In Gruppe B traten nur zwei A-Frakturen und eine B-Fraktur auf.

Die Patientin, bei der eine Dislokation des Frakturfragments auftrat, wies als Nebenerkrankung eine schwere Osteoporose auf. In der Verlaufskontrolle vier Wochen nach der Operation fiel bei ihr eine Abkippung des dorsalen Fragments mit Schraubenlockerung auf. Daraufhin wurde die Indikation zur Reoperation gestellt und die Stabilisierung mittels Kirschnerdrähten und Fixateur externe unter Verwendung von kortikospongiossem Beckenkamm durchgeführt.

Im Fall der Refraktur war die Patientin bei Glatteis einen Monat nach der Operation erneut auf die vorversorgte Hand gefallen, woraufhin das Implantat entfernt und die Fraktur mit einer Reosteosynthese versorgt wurde.

Der Patient, der postoperativ eine Ruptur der Sehne des Musculus extensor pollicis longus erlitt, hatte sich die distale Radiusfraktur im Rahmen eines Polytraumas zugezogen. Fünf Monate nach dem Unfall fiel dem Patienten während eines Aufenthalts in der stationären Rehabilitation eine plötzliche Schwäche des Daumens ohne vorangegangenes Trauma auf. Daraufhin erfolgte die Sehnenrekonstruktion mittels Extensor-Indicis-Plastik.

## 5.2.2 Radiologische Ergebnisse bei der Datenanalyse

Die Werte für die Radiusgelenkflächenwinkel betragen präoperativ 15,2 und -12,8° (posteroanterior beziehungsweise seitlich, Standardabweichung 9,2 beziehungsweise 17,6°) und lagen postoperativ deutlich höher (22,0° posteroanterior und 8,6° lateral, Standardabweichung 4,8 und 6,4°). Der posteroanteriore Winkel in Gruppe A war initial kleiner als der Radiusgelenkflächenwinkel in Gruppe B, nach der Operation hingegen lag er oberhalb des Werts für Gruppe B. Der seitliche Radiusgelenkflächenwinkel erreichte in Gruppe B postoperativ einen höheren Wert als in Gruppe A (10,1 gegenüber 8,1°, Standardabweichung 6,4 beziehungsweise 6,3°). Die präoperativ gemessenen Radiusgelenkflächenwinkel unterschieden sich in Gruppe A und B nicht signifikant voneinander.

Der postoperative Gelenkwinkel war posteroanterior signifikant größer in Gruppe A und lateral signifikant kleiner in Gruppe A ( $p=0,04$  beziehungsweise  $p=0,01$ , Tabelle 19). Die absolute Differenz betrug 1,2 Grad im posteroanterioren und 2,0 Grad im seitlichen Strahlengang.

**Tabelle 19. Radiusgelenkflächenwinkel prä- und postoperativ und statistische Auswertung des Vergleichs der Gruppen A und B.**

Untersuchungszeitpunkt	Gesamt	Gruppe A	Gruppe B	Unterschied signifikant
<b>Pa</b>	<b>präop.</b>	15,2 (9,2)	15,0 (8,7)	15,6 (10,7)
	<b>postop.</b>	22,0 (4,8)	22,3 (4,7)	21,1 (5,0)
<b>Seitlich</b>	<b>präop.</b>	-12,8 (17,6)	-13,0 (17,7)	-12,3 (16,6)
	<b>postop.</b>	8,6 (6,4)	8,1 (6,3)	10,1 (6,4)

Gruppe A: von volar operiert, Gruppe B: von dorsal operiert. Radiusgelenkflächenwinkel in Grad. Standardabweichung in Klammern. Pa: posteroanterior, präop.: präoperativ, postop.: postoperativ.

Die Ulnavarianz fiel von präoperativ deutlich positiven Werten (1,46 mm, Standardabweichung 2,82 mm) ab auf negative Werte (-0,35 mm, Standardabweichung 1,94 mm). In Gruppe A war die Ulnavarianz initial größer als in Gruppe B (1,63 mm gegenüber 0,88 mm, Standardabweichung 2,72 beziehungsweise 3,12 mm), fiel dann aber deutlich ab (-0,22 mm, Standardabweichung 1,85 mm). Die postoperative Ulnavarianz in Gruppe B erreichte einen vergleichsweise niedrigeren Wert (-0,78 mm, Standardabweichung 2,30 mm, Tabelle 20).

**Tabelle 20. Ulnavarianz prä- und postoperativ, aufgeteilt nach Gruppen.**

Untersuchungszeitpunkt	Gesamt	Gruppe A	Gruppe B
Präoperativ	1,46 (2,82)	1,63 (2,72)	0,88 (3,12)
Postoperativ	-0,35 (1,94)	-0,22 (1,85)	-0,78 (2,30)

Gruppe A: von volar operiert, Gruppe B: von dorsal operiert. Ulnavarianz in mm. Standardabweichung in Klammern.

Der Vergleich der Radiusgelenkflächenwinkel unter Beachtung der Frakturklassifikation zeigt, dass die Radiusgelenkflächenwinkel in der Gruppe der A-Frakturen präoperativ im Durchschnitt kleiner waren als in der Gruppe der C-Frakturen, postoperativ aber vergleichsweise größere Werte erreichten (Tabelle 21).

**Tabelle 21. Radiusgelenkflächenwinkel prä- und postoperativ, aufgeteilt nach AO-Klassifikation.**

Frakturklassifikation	Posteroanterior		Seitlich	
	präoperativ	postoperativ	präoperativ	postoperativ
A	14,6 (8,8)	22,2 (5,2)	-17,2 (17,4)	9,1 (6,4)
B	18,9 (7,8)	22,5 (2,9)	9,2 (-13,2)	8,0 (4,0)
C	15,1 (9,4)	22,0 (4,7)	-12,1 (17,2)	8,4 (6,6)

Radiusgelenkflächenwinkel in Grad. Standardabweichung in Klammern.

## 6. Diskussion

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass es sich bei der osteosynthetischen Versorgung von Handgelenksbrüchen um eine komplikationsarme Behandlungsmethode handelt, die zu guten funktionellen und radiologischen Ergebnissen und einer hohen Patientenzufriedenheit führt.

Anhand der gemessenen radiologischen Parameter ist erkennbar, dass winkelstabile Platten gut geeignet sind, eine anatomische Reposition auch komplizierter distaler Radiusfrakturen zu erreichen und das Repositionsergebnis langfristig zu halten. Klinisch bedeutsame Repositionsverluste im postoperativen Verlauf sind bei dieser Behandlungsmethode unwahrscheinlich.

Die gemessenen radiologischen Parameter weisen zudem eine gute Vergleichbarkeit auf. Kreder et al. haben gezeigt, dass die Messung der Ulnavarianz und der Radiusgelenkflächenwinkel nach Böhler eine hohe Intraobserver-Reliabilität aufweist (Kreder 1996).

Die Resultate der vorliegenden Arbeit sind vergleichbar mit den Werten anderer Studien. Knight et al. beobachteten ebenfalls deutlich positive Werte der präoperativen Ulnavarianz, die postoperativ auf Werte um null mm sanken (Knight 2010). Ähnliche Werte finden sich in vergleichbaren Studien auch für die Radiusgelenkwinkel (Geyer 2010, Kwan 2009, Osada 2008). Konstantinidis et al. führten eine Studie mit vierzig Patienten durch, die mit volaren winkelstabilen Platten versorgt wurden (Konstantinidis 2010). Sie stellten ebenfalls eine nur geringe Abnahme des lateralen Radiusgelenkflächenwinkels fest.

Des Weiteren zeigen die Ergebnisse, dass beide operative Zugänge geeignet sind, um ein gutes radiologisches Ergebnis zu erzielen. Es bestehen zwar signifikante Unterschiede bei dem Vergleich der postoperativen Radiusgelenkflächenwinkel und der Ulnavarianz zwischen den beiden Gruppen, die absoluten Differenzen sind jedoch gering und wahrscheinlich nicht von klinischer Relevanz. Andere Autoren beobachteten zum Teil deutlichere Unterschiede zwischen den von volar und von dorsal operierten Patienten (Chou 2011, Matschke 2011, Rein 2007, Ruch 2006, Tabelle 22).

**Tabelle 22. Postoperativ gemessene Radiusgelenkflächenwinkel im Vergleich mit den Ergebnissen anderer Studien.**

Studie	Anzahl Patienten	Gruppe A		Gruppe B	
		Pa	Seitlich	Pa	Seitlich
<b>Eigene Studie</b>	276	22,3	8,1	21,1	10,1
<b>Matschke 2011</b>	305	23,6	3,0	24,1	9,1
<b>Rein 2007</b>	29	22	3	22	6
<b>Ruch 2006</b>	34	23	9	19	12

Gruppe A: von volar operiert, Gruppe B: von dorsal operiert. Radiusgelenkflächenwinkel in Grad. Pa: posteroanterior.

Zettl et al. beschrieben in einer Studie mit 120 Patienten bessere radiologische Ergebnisse in der Gruppe der von volar operierten Patienten (Zettl 2009). Die Unterschiede wirkten sich jedoch nicht auf die subjektive Zufriedenheit der Patienten mit dem Behandlungsergebnis aus. Letsch et al. stellten wiederum in einer Studie mit 122 Frakturen fest, dass der dorsale Zugang bessere radiologische und funktionelle Ergebnisse zeigt (Letsch 2003). Die unterschiedlichen Ergebnisse dieser Arbeiten sind vermutlich zum Teil auf die verschiedenen Implantatdesigns zurückzuführen, die in den entsprechenden Studien verwendet wurden.



Die funktionellen Ergebnisse sprechen dafür, dass Plattenosteosynthesen gut geeignet sind, die Funktion und Belastbarkeit des Handgelenks zu einem hohen Grad wiederherzustellen. Der durchschnittliche DASH-Wert in dieser Studie betrug 18,9 Punkte. Jester et al. geben als repräsentativen Wert für die deutsche Durchschnittsbevölkerung eine Punktzahl von 13 Punkten (Standardabweichung 15 Punkte) an (Jester 2005). Zu beachten ist aber das in dieser Arbeit im Vergleich zur Studienpopulation von Jester et al. höhere Durchschnittsalter von 58,5 Jahren. Aufgrund dessen ist ein Vergleich der einzelnen Altersgruppen miteinander sinnvoll (Tabelle 23).

**Tabelle 23. Vergleich der DASH-Werte für verschiedene Altersgruppen. Werte der rechten Spalte entnommen aus Jester 2005, S. 1074.e6.**

Altersgruppe	DASH-Werte der vorliegenden Studie	DASH-Werte einer Vergleichspopulation
18-29 (n=10)	8,0 (10,4)	5,4 (7,5)
30-49 (n=20)	18,8 (3,5)	14,0 (15,4)
50-65 (n=52)	17,6 (6,6)	19,0 (18,0)
>65 (n=46)	23,5 (9,7)	Keine Werte vorhanden

Standardabweichung in Klammern.

Dabei zeigen sich schlechtere Werte im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung insbesondere bei jungen Patienten, sehr gute Werte hingegen bei den 50- bis 65-Jährigen.

Der durchschnittliche Gartland-Werley-Score betrug 3,5 Punkte, das entspricht einem guten Ergebnis nach Gartland und Werley. In Tabelle 24 werden die Werte von DASH- und Gartland-Werley-Score den Ergebnissen anderer Studien gegenübergestellt.

**Tabelle 24. Vergleich der DASH- und Gartland-Werley-Scores mit den Ergebnissen anderer Studien.**

Studie	Anzahl Patienten	DASH-Score			Gartland-Werley-Score		
		Gesamt	Volar	Dorsal	Gesamt	Volar	Dorsal
Eigene Studie	128	18,9	19,4	18,2	3,5	3,1	5,2
Jupiter 2009	150	7			2		
Kamath 2006	30	15			4		
Rein 2007	25		14	17		9	10
Ruch 2006	34		12	11		2,2	4,4

Der Vergleich der Werte des Gartland-Werley-Scores spricht für ein gutes Ergebnis. Der DASH-Score weist demgegenüber im Vergleich mit anderen Studien eine relativ hohe Punktzahl auf. Ein Grund dafür ist möglicherweise die hohe Rate an Begleitverletzungen, die sich die Patienten dieser Studie im Rahmen des Unfallereignisses zuzogen (21,1%, am häufigsten waren Verletzungen des ipsilateralen Armes). Dafür spricht, dass der mittlere DASH-Score bei dem Patientenkollektiv mit Begleitverletzungen zum Unfallzeitpunkt deutlich höher liegt als der Punktwert der Patientengruppe ohne Begleitverletzungen (Mittelwert 26,0 gegenüber 17,3 Punkten, Standardabweichung 22,7 beziehungsweise 20,5 Punkte).

Ein weiterer Grund ergibt sich eventuell aus den unterschiedlichen Studienpopulationen in den verschiedenen Arbeiten. Mehrere der oben angegebenen Studien wurden in den USA durchgeführt. Dort liegt der durchschnittliche DASH-Score in der Allgemeinbevölkerung 2,9 Punkte unterhalb des Werts der deutschen Bevölkerung (10,1 gegenüber 13 Punkten, Jester 2005, Hunsaker 2002).

Der Bewegungsumfang im Handgelenk der betroffenen Seite war zwar in allen Bewegungsrichtungen außer der Pronation signifikant vermindert, unterschritt aber in keiner Richtung den Wert von 79,9% der Gegenseite. Auch die Griffstärke erreichte 84,2% der Gegenseite und war damit nur geringfügig eingeschränkt. Andere Studien stellten deutlichere Einschränkungen des Bewegungsumfangs und der Kraft im Vergleich mit der Gegenseite fest (Arora 2007b, Hakimi 2010, Matschke 2011).

Knight et al. beobachteten Bewegungseinschränkungen von mindestens 25% in allen Bewegungsrichtungen außer der Pronation und Supination, bei denen die Einschränkung vergleichbar mit den Werten dieser Studie war (Knight 2010). Sie führten den verringerten Bewegungsumfang insbesondere der Flexion bei palmaren Platten auf die Bildung von Narbengewebe, welches das Gleiten der Sehnen über die Platte behindert, zurück. Ein weiterer Grund für die deutliche Einschränkung der Flexion besteht vermutlich darin, dass die Beugung postoperativ bedingt durch den volaren Zugang die meisten Schmerzen verursacht und deswegen vermieden wird.

Die geringe Affektion von Pronation und Supination ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass diese Bewegungen vor allem im distalen Radioulnargelenk stattfinden, welches bei distalen Radiusfrakturen häufig intakt bleibt (Swart 2012).

Die Werte der Befragung mittels SF-36-Fragebogen in Bezug auf die Kategorien Körperliche Funktionsfähigkeit und Psychisches Wohlbefinden lagen bei 72,5 beziehungsweise 71,2 Punkten und sprechen für eine hohe Lebensqualität der

Patienten zum Zeitpunkt der Follow-up-Untersuchung. Die Punktzahlen liegen deutlich über den SF-36-Werten vergleichbarer Studien. Matschke et al. untersuchten Patienten nach operativer Versorgung distaler Radiusfrakturen zu aufeinanderfolgenden Zeitpunkten (sechs Monate, ein Jahr, zwei Jahre) und führten bei jedem Untersuchungstermin Befragungen mittels SF-36-Fragebogen durch (Matschke 2011). In ihrer Studienpopulation lagen die Werte für Körperliche Funktionsfähigkeit und Psychisches Wohlbefinden zu keinem Zeitpunkt über 55 Punkten. Auch Souer et al. stellten zu keinem Zeitpunkt Werte über 57 Punkten für die genannten Kategorien fest (Souer 2010).

Die sehr guten Ergebnisse in Bezug auf die Patientenzufriedenheit sind vermutlich auch auf die geringe Einschränkung der Funktionsfähigkeit des Handgelenks zurückzuführen. Der Großteil der Patienten (91,4%) gab an, keine Bewegungseinschränkungen im Handgelenk zu verspüren. Gestützt wird diese subjektive Einschätzung durch die guten Ergebnisse der Messung des Bewegungsumfangs.

Auffällig an den Resultaten dieser Studie ist die fehlende Korrelation zwischen funktionellen Ergebnissen und Frakturtyp nach AO-Klassifikation. Dieses Ergebnis widerspricht den Resultaten anderer Arbeiten, die einen prognostischen Wert der Frakturklassifikation nach AO für das funktionelle Ergebnis nachweisen konnten (Cisneros 2010). Diese Studien schlossen aber im Gegensatz zu der vorliegenden Arbeit sämtliche Patienten eines Zeitraums ungeachtet der vorgenommenen Therapiemaßnahme ein.

Möglicherweise ist das Fehlen der Korrelation zwischen Frakturtyp nach AO-Klassifikation und den funktionellen Ergebnissen auf die Tatsache zurückzuführen, dass in diese Studie ausschließlich mittels Plattenosteosynthese behandelte Patienten eingeschlossen wurden. Andere Autoren, die Patienten nach osteosynthetischer Versorgung distaler Radiusfrakturen untersuchten, beobachteten ebenfalls keine Korrelation zwischen Frakturschwere einerseits und funktionellen Scores sowie dem Bewegungsausmaß andererseits (Souer 2009).

Moderne, vorgeformte winkelstabile Plattenosteosynthesen ermöglichen eine anatomische Reposition auch komplexer Frakturen mit Gelenkbeteiligung (Konstantinidis 2010). Dafür sprechen auch die radiologischen Ergebnisse unserer Studie. Eventuell ist also ein Grund für die vergleichbaren funktionellen Ergebnisse einfacher und komplexer Frakturen darin zu sehen, dass eine anatomische Reposition mithilfe von Plattenosteosynthesen in beiden Fällen erreichbar ist.

Die Komplikationsrate in der vorliegenden Arbeit betrug 4,7% in der Gruppe der nachuntersuchten Patienten. Sie liegt damit deutlich niedriger als die Komplikationsraten in vergleichbaren Studien (Tabelle 25).

**Tabelle 25. Vergleich der Komplikationsraten verschiedener Studien mit den Ergebnissen dieser Studie.**

Studie	Anzahl Patienten	Komplikationsrate in %	Häufigste Komplikation
<b>Eigene Studie</b>	128	5	Sehnenreizung
<b>Matschke 2011</b>	305	15/5 (volar/dorsal)	Tendinitis
<b>Kwan 2011</b>	75	13	Karpaltunnelsyndrom
<b>Knight 2010</b>	40	48	Schraubenpenetration des Radio-karpalgelenks
<b>Hakimi 2010</b>	77	13	Implantatversagen
<b>Arora 2007a</b>	114	27	Sehnenreizung

Matschke et al. führten 2011 in einer ähnlichen Studie Nachuntersuchungen an 305 Patienten mit distalen Radiusfrakturen durch, die mit LCPs über einen volaren oder einen dorsalen Zugang versorgt wurden. Sie beobachteten ein Komplikationsrisiko von 15% für den volaren und von 5% für den dorsalen Zugang. Als häufigste Komplikation gaben sie Sehnenreizungen an. Arora et al. führten Nachuntersuchungen bei 114 Patienten mit dislozierten distalen Radiusfrakturen durch, die mittels palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese behandelt wurden (Arora 2007a). Die Follow-up-Zeit betrug durchschnittlich 15 Monate. Sie stellten eine Komplikationsrate von 27% fest. Auffällig ist die von den Autoren beschriebene hohe Rate an Sehnenirritationen (57% aller Komplikationen) mit insgesamt vier Sehnenrupturen. Knight et al. beschrieben in einer Studie mit vierzig über einen Zugang von volar operierten Patienten eine Rupturrate der Sehne des Musculus extensor pollicis longus von 12,5% bei einer Gesamtkomplikationsrate von 48% (Knight 2010).

Insbesondere die beschriebenen hohen Raten an Sehnenreizungen werden durch die vorliegende Studie nicht bestätigt. Eine Sehnenruptur trat zwischen 2005 und 2007 lediglich in einem Fall auf. Bei der Nachuntersuchung der von 2008 bis 2010 behandelten Patienten wurden keine Sehnenrupturen festgestellt. Alle weiteren Fälle von Sehnenreizungen konnten mittels Implantatentfernung oder konservativer Therapie zur Ausheilung gebracht werden.

Diese Beobachtungen werden gestützt durch die Ergebnisse anderer Studien, die ebenfalls geringere Raten an Sehnenreizungen im Vergleich zu den oben genannten Studien zeigen (Souer 2011).

Geyer et al. führten eine Studie mit 47 Patienten durch, die mittels winkelstabiler palmarer Plattenosteosynthese versorgt wurden (Geyer 2010). Die Komplikationsrate betrug 14%, wobei als häufigste Komplikation Wundinfektionen auftraten. Sehnenreizungen wurden nicht beobachtet. Wick et al. beobachteten in einer vergleichbaren Studie mit 67 Patienten ebenfalls keine Sehnenreizungen (Wick 2010).

Einen möglichen Grund für die niedrige Rate an Sehnenreizungen in der vorliegenden Studie stellt das Design der verwendeten Implantate dar. Die in dieser Studie verwendeten Platten überschreiten aufgrund ihrer der Anatomie des volaren Radius angepassten Form nicht die Watershed Line. Bei dieser Struktur handelt es sich um eine Erhebung auf der volaren Seite des distalen Radius (Orbay 2005, Abbildung 15).

*Aus urheberrechtlichen Gründen wird auf die Veröffentlichung der Abbildung in der Onlineversion verzichtet.*

Abbildung 15. Darstellung der Watershed Line im Röntgenbild. Entnommen aus Ateschrang 2010, S. 320.

Distal dieser Erhebung kommt es zu einem Abfall der palmaren Radiusfläche nach dorsal (Arora 2007b, Zimmermann 2007). Platten, die weit distal der Watershed Line angebracht sind, treten in direkten Kontakt mit den Flexorensehnen. Einige Autoren sehen daher das Platzieren der Platte distal dieser Linie als Risikofaktor für das Auftreten von Sehnenreizungen, insbesondere der Sehne des Musculus flexor pollicis longus, an (Vasenius 2008).

Des Weiteren wurde bei dem Einbringen der Schrauben darauf geachtet, eine Penetration der dorsalen Kortikalis zu verhindern. Die komplizierte Anatomie der dorsalen Radiusfläche lässt eine Beurteilung der nötigen Schraubenlänge in der Durchleuchtung nur ungenügend zu. Intraoperativ wurden Schrauben verwendet, die zwei bis vier mm kürzer waren als die aktuellen Messungen, um das Risiko einer Irritation der Strecksehnen zu minimieren. Diese Strategie wurde bereits von Arora et al. beschrieben (Arora 2007b, Hennerbichler 2007).

Mehrere Autoren haben darauf hingewiesen, dass die Penetration der dorsalen Kortikalis einen Risikofaktor für die Ruptur von Strecksehnen darstellt (Jupiter 2009, Chung 2007, Vasenius 2008). Sügün et al. führten Ultraschalluntersuchungen an 46 Patienten mit winkelstabiler palmarer Plattenosteosynthese durch und stellten 59 Fälle von Schraubenpenetrationen der dorsalen Kortikalis fest (Sügün 2011). In 14 Fällen hatten sich symptomatische Sehnenreizungen entwickelt.

Die Gefahr dieser Strategie besteht in der ungenügenden Fixation der Frakturfragmente aufgrund der mangelnden Verankerung der Schrauben im Knochen (Stevenson 2009). Wall et al. wiesen aber an künstlichen Radiusmodellen nach, dass die Verwendung kürzerer Schrauben und die unikortikale Verankerung gegenüber der bikortikalen Fixation keine Unterschiede in der mechanischen Belastbarkeit nach sich ziehen (Wall 2012). Die Ergebnisse dieser Studie sprechen ebenfalls dafür, dass die unikortikale Verankerung nicht mit einer geringeren Frakturstabilisierung einhergeht. Es wurden in der Nachuntersuchung keine Fälle von Implantatversagen oder Dislokation beobachtet. Im Rahmen der Datenanalyse traten ein Fall einer Fragmentdislokation sowie eine Refraktur auf. Das entspricht einem niedrigen Anteil von 0,7% aller Frakturen.

Der Vergleich der von volar und von dorsal operierten Patientengruppen zeigt, dass beide Fälle eines Implantatversagens (Refraktur und Fragmentdislokation) in der Gruppe der von volar operierten Patienten auftraten. Bei den von dorsal operierten Patienten waren keine Fälle von Implantatversagen zu beobachten.

Momentan herrscht Unklarheit darüber, welcher Zugang eine bessere Frakturstabilisierung gewährleistet. Untersuchungen, die biomechanische Vergleiche zwischen von volar und von dorsal eingebrachten Platten durchführten, kamen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Gondusky et al. führten eine Studie mit 16 Kadaverradii durch, die sie im Hinblick auf ihre Stabilität unter Belastung untersuchten (Gondusky 2011). Sie stellten keine Unterschiede im Hinblick auf die Stabilität der von dorsal und

von volar angebrachten Platten fest. Ähnliche Ergebnisse berichteten Kandemir et al. in einer Studie mit zwanzig Kadaverradii sowie McCall et al. in einer Arbeit mit künstlich hergestellten Frakturmodellen (Kandemir 2008, McCall 2007). Trease et al. und Willis et al. stellten hingegen in Untersuchungen an 14 Kadaverradii sowie an künstlichen Frakturmodellen eine höhere Stabilität der Implantate im Fall der dorsalen Fixierung fest (Trease 2005, Willis 2006).

In Bezug auf die Gesamtkomplikationsrate wurden in der Datenanalyse deutlich schlechtere Ergebnisse in der Gruppe der von dorsal operierten Patienten beobachtet. Auch die Operationszeit war in dieser Gruppe, bedingt durch die anspruchsvollere Operationstechnik, signifikant länger. Ein möglicher Grund für die hohen Komplikationsraten in der Gruppe der von dorsal operierten Patienten liegt darin, dass in Gruppe B deutlich mehr Patienten mit C-Frakturen nach AO-Klassifikation zu finden waren. Der Vergleich der Komplikationsraten aller Patienten mit C-Frakturen zeigt aber, dass auch bei diesen Patienten eine signifikant höhere Komplikationsrate in der Gruppe der von dorsal operierten Patienten zu beobachten war.

Chou et al. beschrieben eine höhere Komplikationsrate bei den von volar operierten Patienten (Chou 2011). Sehnenreizungen traten in ihrem Patientengut nicht auf. Die Operationszeit war in der Gruppe der von dorsal operierten Patienten signifikant länger. Andere Studien fanden Ergebnisse, die vergleichbar denen dieser Arbeit sind. Ruch et al. fanden eine signifikant höhere Komplikationsrate in der Gruppe der von dorsal operierten Patienten (Ruch 2006). Ebenfalls traten Sehnenkomplikationen häufiger in der Gruppe der von dorsal operierten Patienten auf.

Yu et al. beobachteten auch eine höhere Komplikationsrate bei von dorsal operierten Patienten, die Rate an Sehnenreizungen unterschied sich aber nicht signifikant in den beiden Gruppen (Yu 2011). Die häufigsten Komplikationen in der Gruppe der von volar operierten Patienten waren Implantatirritationen, Neuropathien und Sehnenreizungen. In der Gruppe der von dorsal operierten Patienten dagegen waren Implantatirritationen und Sehnenreizungen am häufigsten.

Gründe für die hohe Komplikationsrate in der Gruppe der von dorsal operierten Patienten stellt die komplexe Anatomie des dorsalen Radius und die mangelnde Weichteildeckung der von dorsal eingebrachten Implantate dar. Der dorsale Radius weist eine konvexe Form auf, weshalb sehr weit distal positionierte Platten ein hohes Risiko aufweisen, mit den Extensorsehnen in Kontakt zu kommen und diese zu reizen oder eine Ruptur der Sehnen zu verursachen (Vasenius 2008).

Die komplexe Anatomie stellt auch ein Risiko für die Penetration von Schrauben in das distale Radioulnargelenk dar (Jupiter 2010). In dieser Arbeit kam es in Gruppe B in einem Fall zu einer intraartikulären Schraubenlage im Radiokarpalgelenk.

Das Hauptproblem bei der dorsalen Verplattung stellt die mangelnde Weichteildeckung dar (Yu 2011). Eine Deckung, wie sie bei dem volaren Zugang mit dem Musculus pronator quadratus erreicht wird, ist bei dem dorsalen Zugang nicht gegeben. Damit befindet sich das Implantat in direktem Kontakt mit den umgebenden Weichteilen. Auf die Reizung des Weichteilgewebes lässt sich in dieser Studie vermutlich ein Teil der Komplikationen in Gruppe B zurückführen.

Ein Problem der Verplattung von volar stellt die durch die Plattenlage bedingte höhere Rate an Nervenirritationen und Karpaltunnelsyndromen dar, die in verschiedenen Studien beschrieben wurde (Matschke 2010, Zettl 2009). In dieser Studie wurde allerdings nur bei einem von volar operierten Patienten ein Fall von postoperativer Nervenkompression beobachtet. In der Gruppe der von dorsal operierten Patienten traten keine Nervenirritationen auf.

Limitationen dieser Studie bestehen im retrospektiven Design der Arbeit und des Selektionsbias durch Patienten, die einer Nachuntersuchung nicht zustimmten. Insgesamt erklärten sich 36 Patienten nicht zu einer Nachuntersuchung bereit. Diese Personen könnten aufgrund stattgefundener Komplikationen ihr Vertrauen in die Klinik verloren haben und deshalb einer Nachuntersuchung nicht zugestimmt haben. Die Patienten wurden aber am Telefon befragt, ob Komplikationen in der Vergangenheit aufgetreten seien. Lediglich eine Patientin erklärte, aufgrund einer postoperativ aufgetretenen Sehnenreizung nicht zu der Nachuntersuchung erscheinen zu wollen.

Zusammenfassend hat die vorliegende Arbeit gezeigt, dass die operative Behandlung distaler Radiusfrakturen mit winkelstabilen Implantaten eine komplikationsarme Methode zur Behandlung dieses Krankheitsbilds darstellt, die zu sehr guten postoperativen funktionellen und radiologischen Ergebnissen führt. Eine hohe Komplikationsrate insbesondere im Hinblick auf Sehnenreizungen und Sehnenrupturen, wie sie in anderen Studien beobachtet wurde, hat sich in dieser Arbeit nicht bestätigt. Die funktionellen und radiologischen Ergebnisse zeigen, dass eine anatomische Reposition in nahezu allen Fällen möglich und die postoperative Funktionsfähigkeit des betroffenen Handgelenks bei den meisten Patienten nur in geringem Maß eingeschränkt ist.



Funktionelle und radiologische Parameter dieser Studie sind deutlich besser als vergleichbare Ergebnisse für konservative Behandlungsansätze (Beumer 2003, Dayican 2003, Earnshaw 2002, Xu 2009). Dies gilt auch für den Vergleich mit externer Fixation und K-Drahtspickung (Hayes 2008, Hove 2010, Kulshrestha 2011, Schneiders 2012, Hollevoet 2011).

Unterschieden werden muss dabei jedoch nach der Art des Zugangs. Bei der Operation von dorsal handelt es sich, verglichen mit der Operation von volar, um ein deutlich aufwändigeres Therapieverfahren, das mit einer hohen Komplikationsrate und einer längeren Operationszeit verbunden ist. Dabei stellen Sehnenreizungen und Weichteilirritationen das Hauptproblem des Zugangs von dorsal dar. Die Operation von volar ist das Standardverfahren in der operativen Behandlung der meisten Frakturen. Indikationen für die Operation von dorsal sollten lediglich C3-Frakturen mit dorsaler Pathologie sein, da in diesen Fällen eine Darstellung der dorsalen Frakturfragmente essentiell ist. Frühzeitige Nachuntersuchungen von Patienten mit dorsaler Verplattung sind sinnvoll, um das Risiko für Sehnenreizungen und Sehnenrupturen zu minimieren.

## 7. Literaturverzeichnis

Al-Rashid M, Theivendran K, Craigen MA. Delayed ruptures of the extensor tendon secondary to the use of volar locking compression plates for distal radial fractures. *J Bone Joint Surg Br* 2006;88:1610-2.

Anderson DD, Deshpande BR, Daniel TE, Baratz ME. A three-dimensional finite element model of the radiocarpal joint: distal radius fracture step-off and stress transfer. *Iowa Orthop J* 2005;25:108-17.

Arora R, Gabl M, Gschwentner M, et al. A Comparative Study of Clinical and Radiologic Outcomes of Unstable Colles Type Distal Radius Fractures in Patients Older Than 70 Years: Nonoperative Treatment Versus Volar Locking Plating. *J Orthop Trauma* 2009;23:237-42.

Arora R, Lutz M, Fritz D, Zimmermann R, Oberladstätter J, Gabl M. Palmar locking plate for treatment of unstable dorsal dislocated distal radius fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2005;125:399-404.

Arora R, Lutz M, Hennerbichler A, Krappinger D, Espen D, Gabl M. Complications following internal fixation of unstable distal radius fracture with a palmar locking-plate. *J Orthop Trauma* 2007a;21:316-22.

Arora R, Lutz M, Zimmermann R, Krappinger D, Gabl M, Pechlaner S. Limits of Palmar Locking-Plate Osteosynthesis of Unstable Distal Radius Fractures. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2007b;39:34-41.

Ateschrang A, Stuby F, Werdin F, Schaller HE, Weise K, Albrecht D. Irritation der Beugesehnen nach palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese des distalen Radius mit der 3,5-mm-T-Platte: Erarbeitung von Risikofaktoren. *Z Orthop Unfall* 2010;148:319-25.

Bauer R, Kerschbaumer F, Poisel S. Operative Zugangswege in der Orthopädie und Traumatologie. 3th ed. Stuttgart, Germany: Thieme Verlag, 2001:275,288-290.

Beharrie AW, Beredjiklian PK, Bozentka DJ. Functional outcomes after open reduction and internal fixation for treatment of displaced distal radius fractures in patients over 60 years of age. *J Orthop Trauma*. 2004;18:680-6.

Beumer A, McQueen MM. Fractures of the distal radius in low-demand elderly patients: closed reduction of no value in 53 of 60 wrists. *Acta Orthop Scand* 2003;74:98-100.

Blythe M, Stoffel K, Jarrett P, Kuster M. Volar versus dorsal locking plates with and without radial styloid locking plates for the fixation of dorsally comminuted distal radius fractures: a biomechanical study in cadavers. *J Hand Surg Am* 2006;31:1587-93.

Brug E, Joosten U, Püllen M. Brüche am distalen Unterarm. Welche Therapie ist wann indiziert? *Orthopäde* 2000;29:318-26.

Bullinger M. Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität mit dem SF-36-Health Survey. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* 2000;43:190-7

Capo JT, Swan KG Jr, Tan V. External fixation techniques for distal radius fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2006;445:30-41.

Changulani M, Okonkwo U, Keswani T, Kalairajah Y. Outcome evaluation measures for wrist and hand: which one to choose? *Int Orthop* 2008;32:1-6.

Chen NC, Jupiter JB. Management of distal radial fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89:2051-62.

Cherubino P, Bini A, Marcolli D. Management of distal radius fractures: treatment protocol and functional results. *Injury* 2010;41:1120-6.

Chou YC, Chen AC, Chen CY, Hsu YH, Wu CC. Dorsal and volar 2.4-mm titanium locking plate fixation for AO type C3 dorsally comminuted distal radius fractures. *J Hand Surg Am* 2011;36:974-81.

Christensen OM, Christiansen TG, Krashenninikoff M, Hansen FF. Length of immobilisation after fractures of the distal radius. *Int Orthop* 1995;19:26-9.

Chung KC, Petruska EA. Treatment of unstable distal radial fractures with the volar locking plating system. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89:256-66.

Cui Z, Yu B, Hu Y, Lin Q, Wang B. Dynamic versus static external fixation for unstable distal radius fractures: an up-to-date meta-analysis. *Injury* 2012;43:1006-13.

Dayican A, Unal VS, Ozkurt B, Portakal S, Nuhoglu E, Tumoz MA. Conservative treatment in intra-articular fractures of the distal radius: a study on the functional and anatomic outcome in elderly patients. *Yonsei Med J* 2003;44:836-40.

Earnshaw SA, Aladin A, Surendran S, Moran CG. Closed reduction of Colles fractures: comparison of manual manipulation and finger-trap traction: a prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84:354-8.

Egol KA, Walsh M, Romo-Cardoso S, et al. Distal Radial Fractures in the Elderly: Operative Compared with Nonoperative Treatment. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:1851-7.

Fanuele J, Koval KJ, Lurie J, et al. Distal Radial Fracture Treatment: What You Get May Depend on Your Age and Address. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:1313-9.

Farías Cisneros E, Gil Orbezo F, Trueba Davalillo C, Jaspeado Reynoso R. Functional result in distal radius fractures. Comparison between the severity of the fracture, the treatment of choice and the baseline X-ray parameters. *Acta Ortop Mex* 2010;24:220-9.

Felderhoff J, Wiemer P, Dronsella J, Weber U. Operative Versorgung der distalen, instabilen Radiusfraktur mit der dorsalen/palmaren Abstützplatte. *Orthopäde* 1999;28:853-63.

Figl M, Weninger P, Jurkowitsch J, et al. Unstable Distal Radius Fractures in the Elderly Patient - Volar Fixed-Angle Plate Osteosynthesis Prevents Secondary Loss of Reduction. *J Trauma* 2010;68:992-8.

Forward DP, Lindau TR, Melsom DS. Intercarpal ligament injuries associated with fractures of the distal part of the radius. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:2334-40.

Frank J, Pralle H, Lehnert M, et al. Begleitverletzungen distaler Radiusfrakturen. *Unfallchirurg* 2010;113:796-803.

Gartland JJ, Werley CW. Evaluation of healed Colles' fractures. *J Bone Joint Surg Am* 1951;33:895-907.

Gausepohl T, Pennig D, Mader K. Principles of external fixation and supplementary techniques in distal radius fractures. *Injury* 2000;31:56-70.

Geissler WB, Freeland AE, Savoie FH, et al. Intracarpal soft-tissue lesions associated with an intra-articular fracture of the distal end of the radius. *J Bone Joint Surg Am* 1996;78:357-65.

Germann G, Wind G, Harth A. The DASH (Disability of Arm-Shoulder-Hand) Questionnaire - a new instrument for evaluating upper extremity treatment outcome. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1999;31:149-52.

Geyer T, Hefele K, Gülke J, et al. Frühergebnisse nach palmarer winkelstabiler (multiaxialer) Plattenosteosynthese bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen. *Unfallchirurg* 2011;114:901-12.

Gondusky JS, Carney J, Erpenbach J, et al. Biomechanical comparison of locking versus nonlocking volar and dorsal T-plates for fixation of dorsally comminuted distal radius fractures. *J Orthop Trauma* 2011;25:44-50.

Gruber G, Gruber K, Giessauf C, et al. Volar plate fixation of AO type C2 and C3 distal radius fractures, a single-center study of 55 patients. *J Orthop Trauma* 2008;22:467-72.

Hakimi M, Jungbluth P, Windolf J, Wild M. Functional results and complications following locking palmar plating on the distal radius: a retrospective study. *J Hand Surg Eur* 2010;35:283-8.

Handoll HHG, Huntley JS, Madhok R. External fixation versus conservative treatment for distal radial fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2007a;3:CD006194. DOI: 10,1002/14651858.CD006194.pub2.

Handoll HHG, Madhok R. Closed reduction methods for treating distal radial fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2003;1:CD003763. DOI: 10,1002/14651858.CD003763.

Handoll HHG, Watts AC. Internal fixation and comparisons of different fixation methods for treating distal radial fractures in adults (Protocol). *Cochrane Database Syst Rev* 2008;1:CD006951. DOI: 10,1002/14651858.CD006951.

Hauck RM, Skahen J, Palmer AK. Classification and treatment of ulnar styloid nonunion. *J Hand Surg Am* 1996;21:418-22.

Hayes AJ, Duffy PJ, McQueen MM. Bridging and non-bridging external fixation in the treatment of unstable fractures of the distal radius: a retrospective study of 588 patients. *Acta Orthop* 2008;79:540-7.

Hohendorff B, Eck M, Mühldorfer M, et al. Palmar wrist arthroscopy for evaluation of concomitant carpal lesions in operative treatment of distal intraarticular radius fractures. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2009;4:295-9.

Hollevoet N, Vanhoutie T, Vanhove W, Verdonk R. Percutaneous K-wire fixation versus palmar plating with locking screws for Colles fractures. *Acta Orthop Belg* 2011;77:180-7.

Hove LM, Krukhaug Y, Revheim K, Helland P, Finsen V. Dynamic compared with static external fixation of unstable fractures of the distal part of the radius: a prospective, randomized multicenter study. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:1687-96.

Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med* 1996;29:602-8.

Hunsaker FG, Cioffi DA, Amadio PC, Wright JG, Caughlin B. The American academy of orthopaedic surgeons outcomes instruments: normative values from the general population. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84:208-15.

Iwasaki N, Nishida K, Motomiya M, et al. Arthroscopic-Assisted Repair of Avulsed Triangular Fibrocartilage Complex to the Fovea of the Ulnar Head: A 2- to 4-Year Follow-up Study. *Arthroscopy* 2011;27:1371-8.

Jester A, Harth A, Germann G. Measuring levels of upper-extremity disability in employed adults using the DASH Questionnaire. *J Hand Surg Am* 2005;30:1074.e1-10.

Jupiter JB, Marent-Huber M. Operative Management of Distal Radial Fractures with 2,4-millimeter Locking Plates: A Multicenter Prospective Case Series. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:96-106.

Jupiter JB, Marent-Huber M. Operative Management of Distal Radial Fractures with 2,4-millimeter Locking Plates. A Multicenter Prospective Case Series. *Surgical Technique. J Bone Joint Surg Am* 2009;91:55-65.

Kamath AF, Zurakowski D, Day CS. Low-profile dorsal plating for dorsally angulated distal radius fractures: an outcomes study. *J Hand Surg Am* 2006;31:1061-7.

Kandemir U, Matityahu A, Desai R, Puttlitz C. Does a volar locking plate provide equivalent stability as a dorsal nonlocking plate in a dorsally comminuted distal radius fracture?: a biomechanical study. *J Orthop Trauma* 2008;22:605-10.

Kim JK, Yun YH, Kim DJ, et al. Comparison of united and nonunited fractures of the ulnar styloid following volar-plate fixation of distal radius fractures. *Injury* 2011;42:371-5.

Knight D, Hajducka C, Will E, McQueen M. Locked volar plating for unstable distal radial fractures: Clinical and radiological outcomes. *Injury* 2010;41:184-9.

Konstantinidis L, Helwig P, Strohm PC, Hirschmüller A, Kron P, Südkamp NP. Clinical and radiological outcomes after stabilisation of complex intra-articular fractures of the distal radius with the volar 2,4 mm LCP. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010;130:751-7.

Kordasiewicz B, Podgórski A, Klich M, et al. Arthroscopic assessment of intraarticular distal radius fractures - results of minimally invasive fixation. *Ortop Traumatol Rehabil* 2011;13:369-86.

Kreder HJ, Hanel DP, McKee M, Jupiter J, McGillivray G, Swiontkowski MF. X-ray film measurements for healed distal radius fractures. *J Hand Surg Am* 1996;21:31-9.

Krimmer H, Pessenlehner C, Haßelbacher K, Meier M, Roth F, Meier R. Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur. *Unfallchirurg* 2004;107:460-7

Kulshrestha V, Roy T, Audige L. Dynamic vs static external fixation of distal radial fractures: A randomized study. *Indian J Orthop* 2011;45:527-34.

Kurth BM, Ellert U. The SF-36 questionnaire and its usefulness in population studies: results of the German Health Interview and Examination Survey 1998. *Soz Praventivmed* 2002;47:266-77.

Kwan K, Lau TW, Leung F. Operative treatment of distal radial fractures with locking plate system - a prospective study. *Int Orthop* 2011;35:389-94.

Lattmann T, Meier C, Dietrich M, et al. Results of volar locking plate osteosynthesis for distal radial fractures. *J Trauma*. 2011;70:1510-8.

Letsch R, Infanger M, Schmidt J, Kock HJ. Surgical treatment of fractures of the distal radius with plates: a comparison of palmar and dorsal plate position. *Arch Orthop Trauma Surg* 2003;123:333-9.

Liporace FA, Adams MR, Capo JT, et al. Distal Radius Fractures. *J Orthop Trauma* 2009;23:739–48.

Matschke S, Wentzensen A, Ring D, Marent-Huber M, Audigé L, Jupiter JB.. Comparison of angle stable plate fixation approaches for distal radius fractures. *Injury* 2011;42:385-92.

May MM, Lawton JN, Blazar PE. Ulnar styloid fractures associated with distal radius fractures: incidence and implications for distal radioulnar joint instability. *J Hand Surg* 2002;27:965-71.

McCall TA, Conrad B, Badman B, Wright T. Volar versus dorsal fixed-angle fixation of dorsally unstable extra-articular distal radius fractures: a biomechanic study. *J Hand Surg Am* 2007;32:806-12.

Meier R, Krettek C, Probst C. Treatment of distal radius fractures. Percutaneous Kirschner-wires or palmar locking plates? *Unfallchirurg* 2012;115:598-607.

Metz VM, Gilula LA. Imaging techniques for distal radius fractures and related injuries. *Orthop Clin North Am* 1993;24:217-28.

Morfeld M, Bullinger M, Nantke J, Brähler E. The version 2.0 of the SF-36 Health Survey: results of a population-representative study. *Soz Präventivmed* 2005;50:292-300.

Nöbauer-Huhmann IM, Pretterklieber M, Erhart J, et al. Anatomy and variants of the triangular fibrocartilage complex and its MR appearance at 3 and 7T. *Semin Musculoskelet Radiol* 2012;16:93-103.

Oestern HJ. Distale Radiusfrakturen Teil I. Grundlagen und konservative Therapie. *Chirurg* 1999a;70:1180-92.

Oestern HJ. Distale Radiusfrakturen Teil II. Operative Therapien. *Chirurg* 1999b;70:1381-94.

Orbay J. Volar plate fixation of distal radius fractures. *Hand Clin* 2005;21:347–54.

Osada D, Kamei S, Masuzaki K, Takai M, Kameda M, Tamai K. Prospective study of distal radius fractures treated with a volar locking plate system. *J Hand Surg Am*. 2008;33:691-700.

Pechlaner S, Gabl M, Lutz M, et al. Distale Radiusfrakturen - Ätiologie, Behandlungsmethoden und Ergebnisse. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2007;39:19-28.

Phadnis J, Trompeter A, Gallagher K, Bradshaw L, Elliott DS, Newman KJ. Mid-term functional outcome after the internal fixation of distal radius fractures. *J Orthop Surg Res* 2012;7:4.

Protopsaltis TS, Ruch DS. Volar approach to distal radius fractures. *J Hand Surg Am* 2008;33:958-65.

Rein S, Schikore H, Schneiders W, Amlang M, Zwipp H. Results of dorsal or volar plate fixation of AO type C3 distal radius fractures: a retrospective study. *J Hand Surg Am* 2007;32:954-61.

Rikli DA, Babst R, Jupiter JB. Distale Radiusfraktur: neue Konzepte als Basis für die operative Therapie. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2007;39:2-8.

Rikli DA, Regazzoni P, Babst R. Dorsal double plating for fractures of the distal radius - a biomechanical concept and clinical experience. *Zentralbl Chir* 2003;128:1003-7.

Rosenthal AH, Chung KC. Intrafocal pinning of distal radius fractures: a simplified approach. *Ann Plast Surg* 2002;48:593-9.

Rozenal TD, Beredjikian PK, Bozentka DJ. Functional outcome and complications following two types of dorsal plating for unstable fractures of the distal part of the radius. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85:1956-60.

Ruch DS, Papadonikolakis A. Volar versus dorsal plating in the management of intra-articular distal radius fractures. *J Hand Surg Am* 2006;31:9-16.

Rüedi TM, Murphy WM. *AO-Principles of Fracture Management*. First ed. Stuttgart, Germany: Thieme Verlag, 2001:47-48,165-67,253-7.

Schmidt HM. The anatomy of the ulnocarpal complex. *Orthopäde* 2004;33:628-37.

Schmitt R. *Bildgebende Diagnostik der Hand*. First ed. Stuttgart, Germany: Thieme Verlag, 2008:123.

Schneiders W, Amlang M, Rammelt S, Zwipp H. Frequency of acute and chronic scapholunate dissociation in distal radius fractures. Different treatment plans. *Unfallchirurg* 2005;108:715-20.

Schneiders W, Elenz J, Rehberg S, et al. Langzeitergebnisse nach Kirschner-Draht-Osteosynthese distaler Radiusfrakturen. *Unfallchirurg* 2012;115:38-46.



Souer JS, Lozano-Calderon SA, Ring D. Predictors of Wrist Function and Health Status After Operative Treatment of Fractures of the Distal Radius. *J Hand Surg Am* 2008;33:157e1-8.

Souer JS, Ring D, Jupiter J, Matschke S, Audige L, Marent-Huber M. Comparison of intra-articular simple compression and extra-articular distal radial fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93:2093-9.

Souer JS, Ring D, Matschke S, Audige L, Maren-Hubert M, Jupiter J. Comparison of functional outcome after volar plate fixation with 2,4-mm titanium versus 3,5-mm stainless-steel plate for extra-articular fracture of distal radius. *J Hand Surg Am* 2010;35:398-405.

Souer JS, Ring D, Matschke S, et al. Effect of an unrepaired fracture of the ulnar styloid base on outcome after plate-and-screw fixation of a distal radial fracture. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:830-8.

Smektala R, Endres HG, Dasch B, et al. Die stationäre Behandlungsqualität der distalen Radiusfraktur in Deutschland. Ergebnisse eines Frakturregisters mit 1201 älteren Patienten. *Unfallchirurg* 2009;112:46-54.

Stevenson I, Carnegie CA, Christie EM, et al. Displaced Distal Radial Fractures Treated Using Volar Locking Plates: Maintenance of Normal Anatomy. *J Trauma* 2009;67:612-616.

Stoffelen D, De Smet L, Broos P. The importance of the distal radioulnar joint in distal radial fractures. *J Hand Surg Br* 1998;23:507-11.

Sügün TS, Karabay N, Gürbüz Y, Ozaksar K, Toros T, Kayalar M. Screw prominences related to palmar locking plating of distal radius. *J Hand Surg Eur* 2011;36:320-4.

Swart E, Nellans K, Rosenwasser M. The effects of pain, supination, and grip strength on patient-rated disability after operatively treated distal radius fractures. *J Hand Surg Am* 2012;37:957-62.

Synn AJ, Makhni EC, Makhni MC, et al. Distal Radius Fractures in Older Patients: Is Anatomic Reduction Necessary? *Clin Orthop Relat Res* 2009;467:1612-20.

Trease C, McIlff T, Toby EB. Locking versus nonlocking T-plates for dorsal and volar fixation of dorsally comminuted distal radius fractures: a biomechanical study. *J Hand Surg Am* 2005;30:756-63.

Trumble TE, Schmitt SR, Vedder NB. Factors affecting functional outcome of displaced intra-articular distal radius fractures. *J Hand Surg Am* 1994;19:325-40.

Vasenius J. Operative treatment of distal radius fractures. *Scand J Surg* 2008;97:290-6.

Wall LB, Brodt MD, Silva MJ, Boyer MI, Calfee RP. The effects of screw length on stability of simulated osteoporotic distal radius fractures fixed with volar locking plates. *J Hand Surg Am* 2012;37:446-53.

Ware JE Jr, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care* 1992;30:473-83.

Wick M, Wiesner M. Mittelfristige Ergebnisse nach operativer Versorgung der distalen Radiusfraktur mit einem neuen winkelstabilen, multidirektionalen Plattensystem. *Z Orthop Unfall* 2010;148:66-71.

Willis AA, Kutsumi K, Zobitz ME, et al. Internal fixation of dorsally displaced fractures of the distal part of the radius. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:2411-7.

Xu GG, Chan SP, Puhaindran ME, Chew WY. Prospective randomised study of intra-articular fractures of the distal radius: comparison between external fixation and plate fixation. *Ann Acad Med Singapore* 2009;38:600-6.

Yu YR, Makhni MC, Tabrizi S, Rozental TD, Mundanthanam G, Day CS. Complications of low-profile dorsal versus volar locking plates in the distal radius: a comparative study. *J Hand Surg Am* 2011;36:1135-41.

Zettl RP, Clauberg E, Nast-Kolb D, Ruchholtz S, Kühne CA. Volar locking compression plating versus dorsal plating for fractures of the distal radius: a prospective, randomized study. *Unfallchirurg* 2009;112:712-8.

## 8. Eidesstattliche Versicherung

„Ich, David Machó, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Die operative Versorgung der distalen Radiusfraktur – funktionelle und radiologische Ergebnisse“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -[www.icmje.org](http://www.icmje.org)) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem Betreuer angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

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

Datum

Unterschrift

## 9. Lebenslauf

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

