

**Aus der Klinik für Handchirurgie Bad Neustadt an der Saale**

**Direktor: Professor Dr. med. J. van Schoonhoven**

**Klinische Ergebnisse und Überlebensrate der Ulnakopfprothese bei der  
Rekonstruktion des distalen Radioulnargelenkes in Abhängigkeit von  
Komorbidität und Differentialindikationen**

**Inaugural - Dissertation**

**zur Erlangung der Doktorwürde der**

**Medizinischen Fakultät**

**der**

**Julius-Maximilians-Universität Würzburg**

**vorgelegt von**

**Roderick Franciscus Pronk**

**aus Alkmaar (Niederlande)**

**Würzburg, November 2016**

**Referent: Prof. Dr. med. Jörg van Schoonhoven**

**Koreferent: Prof. Dr. med. Maximilian Rudert**

**Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch**

**Tag der mündlichen Prüfung: 3. April 2018**

**Der Promovend ist Arzt**

## **WIDMUNG**

Der Handchirurgie

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Die Arthrose des distalen Radioulnargelenkes.....	1
1.2	Anatomie des distalen Radioulnargelenkes.....	1
1.3	Biomechanik .....	4
1.4	Behandlungsmethoden der Arthrose im distalen Radioulnargelenk.....	8
1.4.1	Resektionsoperationen .....	8
1.4.1.1	Ulnakopfresektion.....	8
1.4.1.2	Hemiresektions-Interpositions-Arthroplastik des Ulnakopfes.....	10
1.4.2	Fusionsoperationen .....	11
1.4.2.1	Die Sauvé-Kapandji-Operation.....	11
1.4.2.2	Radioulnare Fusion .....	12
1.4.3	Endoprothetischer Teilersatz des distalen Radioulnargelenkes .....	13
1.4.3.1	Silikon-Platzhalter.....	13
1.4.3.2	Partieller Ersatz des Ulnakopfes .....	13
1.4.3.3	Ulnakopfprothese.....	14
1.4.4	Vollständiger Ersatz des distalen Radioulnargelenkes.....	18
1.5	Zielsetzung .....	20
1.6	Scores zur Beurteilung des klinischen Ergebnisses .....	21
1.6.1	Mayo Wrist Sore.....	21
1.6.2	Modified Mayo Wrist Score („Krimmer-Score“) .....	22
1.6.3	DASH-Score (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand).....	23
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>25</b>
2.1	Patienten.....	25
2.2	Methoden .....	25
2.2.1	Patientenrekrutierung, Aufklärung und Einverständniserklärung.....	25
2.2.2	Die Nachuntersuchung .....	26
2.2.3	Statistik.....	31
2.2.4	Ethikantrag .....	31

<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>32</b>
3.1	Patientenkollektiv / Nachuntersuchungszeit .....	32
3.2	Indikation .....	35
3.3	Voroperationen .....	36
3.4	(Teil)-Arthrodese .....	37
3.5	UKP unter Arthrodeseblock vs. Resektion des Arthrodeseblockes .....	41
3.6	Schmerzen .....	43
3.7	Beweglichkeit und Griffkraft .....	44
3.8	DASH-Fragebogen .....	46
3.9	Mayo-Wrist-Score & Krimmer-Score (modifiziert nach van Schoonhoven/Pronk) ...	49
3.10	Stabilität DRUG .....	55
3.11	Radiologische Ergebnisse (Konventionelle Röntgendiagnostik) .....	56
3.12	Radiologische Ergebnisse der Patienten mit Schnittbilddiagnostik (CT/MRT).....	61
3.13	Patientenzufriedenheit .....	63
3.14	Komplikationen der Herbert-Ulnakopfprothese .....	64
3.15	Überlebensanalyse der Herbert-Ulnakopfprothese .....	67
<b>4</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>71</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>81</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis / Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>83</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>93</b>
	Patienteninformationsblatt	
	Einwilligungserklärung	
	Untersuchungsbogen	
<b>8</b>	<b>Danksagung</b>	
<b>9</b>	<b>Lebenslauf</b>	

# **1 Einleitung**

## **1.1 Die Arthrose des distalen Radioulnargelenkes**

Die Arthrose des distalen Radioulnargelenkes (DRUG) führt zu einer schmerzhaften Einschränkung der Unterarmdrehbewegung und damit zur verminderten Belastbarkeit des Handgelenkes. (1) Die Arthrose des DRUG entsteht in den meisten Fällen posttraumatisch, sei es durch fehlerverheilte intraartikuläre Frakturen oder durch direkten Schaden des Knorpels durch die Krafteinwirkung im Rahmen des Traumaereignisses. Die häufigste Ursache für die Arthrose des DRUG ist die fehlerverheilte extraartikuläre distale Radiusfraktur, bei der die Gelenkinklationen des distalen Radius nicht mehr physiologisch sind und der Radius sich verkürzt hat. Hierdurch entsteht eine Inkongruenz im DRUG und im Verlauf die Arthrose. (2)

Verletzungen des ulnokarpalen Komplexes können zu einer Instabilität des DRUG führen und dadurch ebenfalls eine Arthrose verursachen.(2)

Sehr viel seltener wird die Arthrose des DRUG durch angeborene Fehlbildungen (z.B.Madelung-Deformität), rheumatische oder tumoröse Erkrankungen verursacht. (2) Auch die idiopathische Arthrose des DRUG kann zu Beschwerden am Handgelenk führen.

## **1.2 Anatomie des distalen Radioulnargelenkes**

Das DRUG ermöglicht zusammen mit dem proximalen Radioulnargelenk die Unterarmdrehbewegung.

Das DRUG besteht aus der konkaven Incisura ulnaris des Radius und der konvexen Circumferentia articularis am Ulnakopf. Der Krümmungsradius der Incisura ulnaris (im Mittel 19mm) ist größer als der des Ulnakopfes (im Mittel 9mm). An beiden Gelenkflächen ist der Krümmungsradius im Mittelteil kleiner als am Rand. Hierdurch entsteht nur bei der Neutral-0-Stellung weitgehend Kongruenz des Gelenkes. Bei maximaler Pro- und Supination besteht nur minimaler Kontakt zwischen den beiden Gelenkflächen. (s. Abb. 1) (3;4)

Die reine Rotation des Radius um die Ulna beträgt etwa 150°. (5) Die Pro- und

Supination wird durch eine Translation der Ulna erweitert. Bei Supination wird die Ulna mehr nach palmar und bei Pronation mehr nach dorsal verlagert.(6;7) Hierdurch entsteht für die Unterarmdrehbewegung ein Bewegungsausmaß von 180°.



Abb. 1 Drehung des Radius um die Ulna bei Pro-/Supination

Es besteht eine Varianz in der Länge des Radius und der Ulna, welche auf Standardröntgenaufnahmen des Handgelenkes bestimmt werden kann. Bei der Ulna-Null-Variante ist das distale Ende des Caput ulnae auf gleicher Höhe wie der ulnare Teil der Fossa lunata des Radius. Bei der Ulna-Minus-Variante ist die Ulna kürzer als der Radius, gemessen am ulnaren Ende der Fossa lunata, und bei der Ulna-Plus-Variante ist die Ulna länger.

Die Form des Ulnakopfes wird oft beeinflusst von der Länge der Ulna und des Radius. Bei der Ulna-Null-Variante ist der Ulnakopf zylindrisch, bei der Ulna-Minus-Variante kegelförmig und bei der Ulna-Plus-Variante kugelförmig. (s. Abb. 2) (4;8;9)



Abb. 2 Formvarianten des Ulnakopfes in Abhängigkeit von den distalen radioulnaren Lagepositionen

Mehrere Strukturen sorgen für Stabilität zwischen Radius und Ulna. Der Radiuskopf ist durch das Ligamentum anulare radii mit der Ulna verbunden, die Membrana interossea antebrachii und die Chorda obliqua verbinden die Schäfte miteinander und im DRUG

sorgen der ulnokarpale Komplex (TFCC) und die intakte Sehnenscheide des M. extensor carpi ulnaris für Stabilität. (4;10;11) Der tiefe Anteil des M. pronator quadratus sowie die Gelenkkapsel des DRUG tragen ebenfalls bei zur Stabilität im DRUG.(12-15)



### 1.3 Biomechanik

Auf das DRUG wirken Belastungen in verschiedenen Richtungen. So entstehen bei axialer Belastung zwischen Radius und Ulna Druck- und Zugkräfte auf das DRUG. (Abb.4) (16;17)

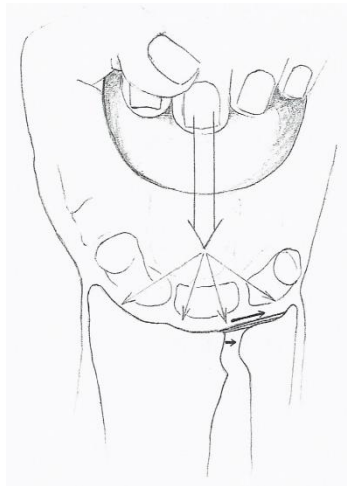


Abb. 3 Druck- und Zugkräfte am DRUG in der axialen Belastung (16;19)

Rein transversale Belastungen auf das DRUG sind beim normalen Einsetzen der Hand selten. Bei alltäglichen Aktivitäten wie zum Beispiel dem Heben und Tragen von Gegenständen kommt es zur axialen und transversalen Belastung auf das DRUG. (Abb.5) (16)

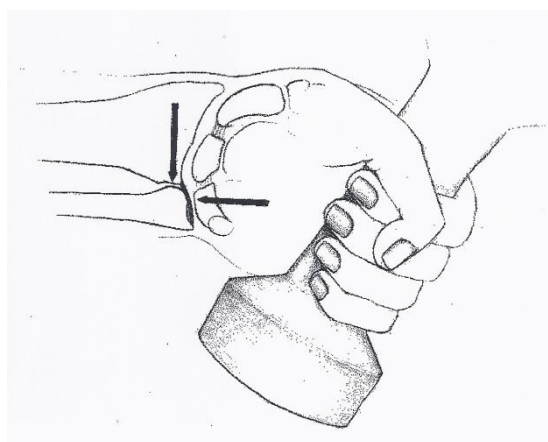


Abb. 4 Axiale und transversale Druckeinwirkung auf das DRUG (16;19)

Die Bewegungsachse für die Pro- und Supination verläuft vom Zentrum des Capitulum humeri durch die Mitte der Fovea capitis radii schräg nach distal zum Processus styloideus ulnae. (Abb.6) (18;19)

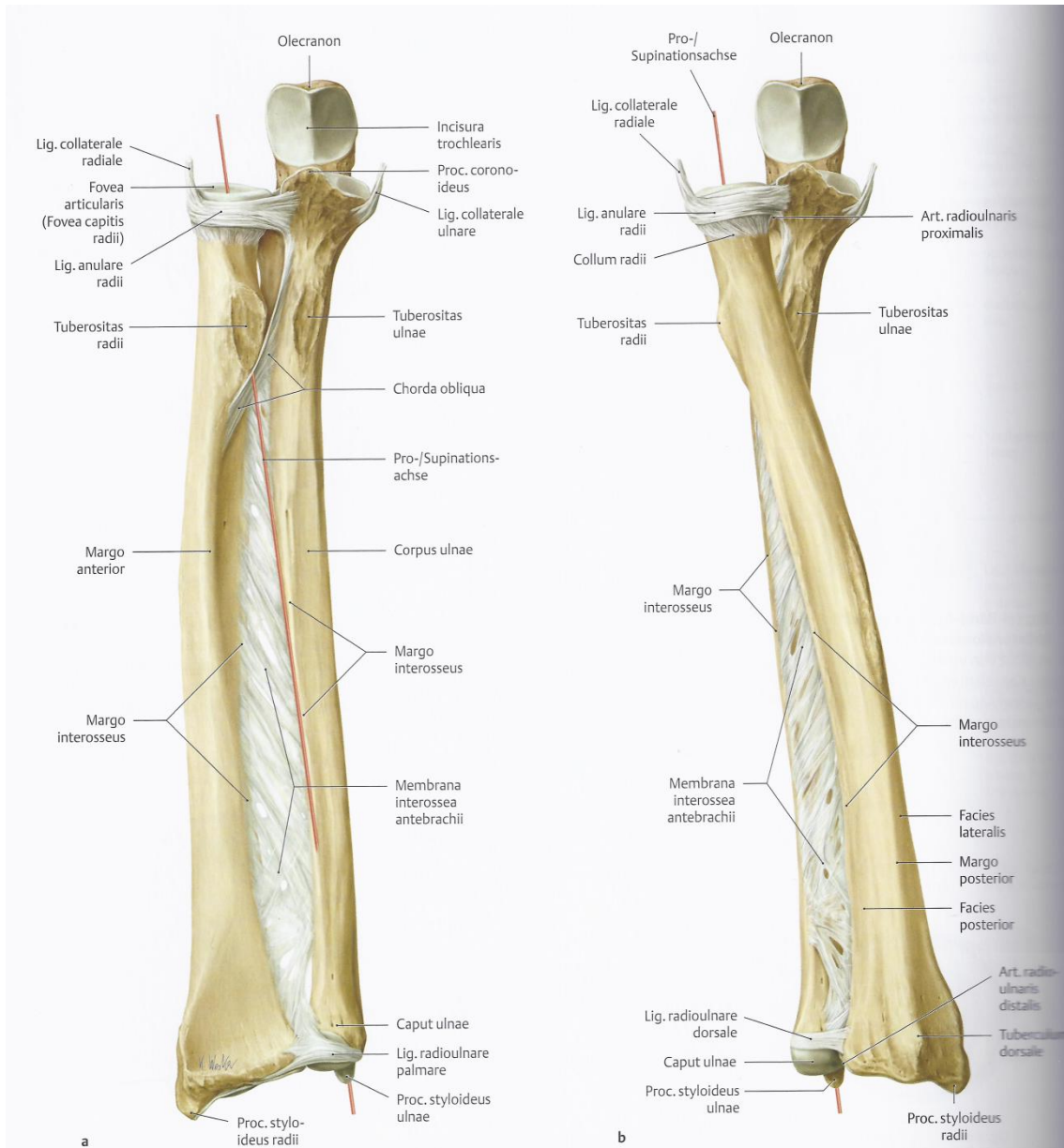


Abb.5 Bandapparat und Bewegungsachse für die Pro- und Supinationsbewegung im proximalen und distalen Radioulnargelenk. a. Supinationsstellung b. Pronationsstellung (18)

Die Ulnavarianz ist dynamisch und neben der Länge von Ulna und Radius auch abhängig vom Griff und der Unterarmdrehbewegung. (20) Bei der Unterarmdrehbewegung bewegt sich der Radius um die Ulna und infolgedessen verändert sich die relative Länge der Ulna. Beim gleichzeitigen Greifen und Pronieren entsteht die größte Ulnaplusvarianz und bei neutraler Handposition und gleichzeitiger Supination entsteht die kleinste Ulnavarianz. Bei Pronation dreht sich der Radius um die Ulna, bewegt sich nach proximal und der Ulnakopf kommt näher an den Karpus. Nach einer in Verkürzung verheilten Radiusfraktur entsteht eine Ulna-Plus-Situation wodurch die Druckbelastung auf das Os lunatum, Os triquetrum, Caput ulnae und den TFCC erhöht wird. In der Folge können an diesen Strukturen Schäden entstehen. Die progressive Degeneration des ulnaren Karpus, des Ulnakopfes und des TFCC durch die erhöhte Druckbelastung wird als Ulna-Impaktion-Syndrom bezeichnet. (21;22)

Die Kräfte, die vom Unterarm auf das Handgelenk wirken, werden zu 82% über den Radius übertragen und zu 18% über die Ulna. (23;24) Weitere Veröffentlichungen zur Kraftübertragung vom Unterarm auf das Handgelenk zeigen ähnliche Ergebnisse. So wird laut Poitevin bei gestrecktem Ellenbogen 60% der Kraft vom Unterarm auf das Handgelenk über den Radius und 40% über die Ulna übertragen. (25)

Die radiokarpale Kraftübertragung erfolgt zu 55% radioscaphoidal, 35% radiolunär und zu 10% über den TFCC. (26)

Die Kraftübertragung über den TFCC ist bei axialer Belastung der Hand und des Unterarms bei Supination größer als bei Pronation. (27)

Die Membrana interossea besteht aus drei Abschnitten. Der distale und proximale membranöse sowie der mittlere ligamentöse Abschnitt. (28) Der distale Anteil der Membrana interossea des Unterarms fungiert als Stabilisator, wenn die dorsalen und palmaren radioulnaren Ligamente des TFCC nicht mehr vorhanden sind. (11;28;29) Studien belegen, dass anatomische Variationen des distalen Anteils der Membrana interossea bestehen. So ist der „distal oblique bundle“, ein anatomisch definierter und für Stabilität sorgender Faserstrang der distalen Membrana interossea, unterschiedlich stark ausgeprägt und öfters gar nicht vorhanden. (28) Der Ursprung des „distal oblique bundle“ an der Ulna ist circa 5cm proximal des Ulnakopfes und inseriert dorsal an der Incisura ulnaris des Radius. (28) Der TFCC ist der primäre Stabilisator für das DRUG,

und in normalen Fällen spielt der distale Anteil der Membrana interossea nur eine untergeordnete Rolle bei der Stabilität des DRUG. Bei Patienten mit TFCC-Läsion, durchgeführter Ulnakopfresektion oder Sauvé-Kapandji-Operation spielt der distale Anteil der Membrana interossea wahrscheinlich eine größere Rolle bei der Stabilität des Ulnakopfes bzw. -stumpfes.

Obwohl der TFCC als wichtigster Stabilisator des DRUG gilt, haben die anderen Strukturen ebenfalls einen maßgebenden Anteil an der Stabilität. (30) Eine Studie von Gofton zeigt, dass die Stabilität des DRUG erhalten bleibt, wenn alle Strukturen, die zur Stabilität des DRUG beitragen (ulnokarpale Ligamente, ECU-Sehnenscheide, M. pronator quadratus und membrana interossea), durchtrennt werden außer den radioulnaren Bändern und dem TFCC. Umgekehrt bleibt das DRUG auch stabil bei Durchtrennung der radioulnaren Bänder und des TFCC und sonst intakten Weichteilstrukturen. (31)

Die durch den N. medianus innervierten Mm.pronator teres und pronator quadratus, der durch den N.musculocutaneus innervierte M.biceps brachii und der durch den N.radialis innervierte M.supinator sind die 4 Muskeln die vorwiegend für die Bewegung im DRUG verantwortlich sind.

## **1.4 Behandlungsmethoden der Arthrose im distalen Radioulnargelenk**

Bei einer fortgeschrittenen Arthrose des DRUG mit schmerzhafter Funktionseinschränkung und Kraftlosigkeit der betroffenen Hand stehen folgende Rettungsoperationen zur Verfügung: Ulnakopfresektion, Hemiresektionsarthroplastik, Arthrodesse des DRUG mit Segmentresektion aus der Ulna und der endoprothetische Ersatz des Ulnakopfes. (32) Bei keiner dieser Operationsmethoden kommt es zur anatomischen Wiederherstellung des DRUG.

### **1.4.1 Resektionsoperationen**

#### ***1.4.1.1 Ulnakopfresektion***

Die Ulnakopfresektion nach distalen Radiusfrakturen wurde erstmals 1880 durch E.M. Moore beschrieben. (33) Obwohl Darrach viele Jahre später 1912 über die Ulnakopfresektion berichtete, wird die Operation generell als „Darrach-Operation“ bezeichnet. (34)

Bei der Darrach-Operation wird der Ulnakopf komplett entfernt ohne anschließende Refixierung des Bandapparates an den Ulnastumpf. Für die Stabilität des distalen Ulnaendes sorgen ausschließlich der M.pronator quadratus, die Extensor carpi ulnaris Sehne und die Membrana interossea. Häufig vorkommende Komplikationen dieses Eingriffes sind eine schmerzhaft Instabilität des Ulnastumpfes, radioulnäre Instabilität mit Anschlagen des Ulnaendes an den Radius und Strecksehnenrupturen durch Aufreiben der Sehnen am distalen Ulnaende. (32) Es werden mehrere Abwandlungen der Darrach-Operation mit Weichteilfesselungen beschrieben. Bei bereits entstandener schmerzhafter Instabilität können mittels Weichteilstabilisierungsoperationen die Beschwerden vermindert werden. Beispiele für diese Verfahren sind der Pronatorquadratus-Interpositions-lappen sowie eine Tenodese mit der Extensor carpi ulnaris Sehne und der Flexor carpi ulnaris Sehne. (13;35)

Im Vergleich zu anderen Rettungsoperationen wie einer Hemiresektionsarthroplastik oder einer Ulnakopfprothese ist die Stabilität des DRUG nach einer Darrach-Operation

schlechter. Am Ulnakopf setzen wichtige Stabilisatoren des ulnaren Handgelenkes an und außerdem wird der distale Radius vom ihm abgestützt. Wird der Ulnakopf entfernt, kommt es biomechanisch sicher zu einer radioulnaren Instabilität.

Die Resektion des Ulnakopfes verursacht eine Konvergenz des Radius in Richtung Ulna. (36) Bell et al. beschrieben dies 1985 anhand einer Fallserie und benannten es „ulnar impingement syndrome“. (37) Hierbei entsteht klinisch ein schmerzhaft klackendes Geräusch durch Anschlagen der Ulna an den Radius. Außerdem haben Betroffene in der Regel eine geringe Griffkraft der Hand. Radiologisch ist das Impingement durch eine seitliche Röntgenaufnahme des Unterarmes mit Handgelenk darstellbar (Oberarm am Thorax anliegend, Ellenbogen 90°, Handgelenk neutral, Hantel 3-5 KG in der Hand). (38) Zusätzlich zeigt sich nach einer Darrach-Operation bei der Unterarmdrehbewegung unter anderem eine palmare Translation des Radius. (39)

Die Gruppe um Grawe konnte jedoch gute objektive und subjektive Langzeitergebnisse der Darrach-Operation bei Patienten mit posttraumatischer DRUG-Pathologie nachweisen. In dieser Studie erreichten die Patienten auch ein sehr gutes Bewegungsausmaß für die Unterarmdrehbewegung. Obwohl radiologisch bei Stressaufnahmen bei der Hälfte der Patienten eine Konvergenz des Radius zur Ulna zu sehen war, hatte dies keinen Einfluss auf die klinischen Ergebnisse. (40) Zu dieser retrospektiven Studie von Grawe muss jedoch gesagt werden, dass von 98 Patienten nur 15 Patienten klinisch und radiologisch sowie 12 Patienten lediglich telefonisch nachuntersucht und befragt wurden. Möglicherweise waren nur Patienten mit gutem Ergebnis bereit an der Studie teilzunehmen und haben viele Patienten mit schlechtem Ergebnis sich im weiteren Verlauf in anderen Kliniken behandeln lassen.

Minami hat die Ergebnisse der Darrach-Operation mit der Hemiresektionsarthroplastik nach Bowers und der Sauvé-Kapandji-Operation verglichen. Obwohl nicht statistisch signifikant war die Schmerzreduktion bei den Patienten mit Darrach-Operation geringer als bei den beiden anderen Verfahren. Bezüglich der postoperativen Griffkraft und Rückkehr in den ehemaligen Beruf erzielten die Patienten mit Darrach-Operation signifikant schlechtere Ergebnisse. (41)

Wegen der schmerzhaften Instabilität die viele Patienten nach einer Ulnakopfresektion nach Darrach entwickeln und der deutlich schlechteren Biomechanik im Vergleich zur

Situation nach einer Bowers-Operation, besteht hauptsächlich bei Patienten mit niedrigen Anforderungen an die Belastbarkeit und bei Patienten, bei denen primär eine Schmerzlinderung das Ziel ist, die Indikation zu diesem Operationsverfahren (z.B. Patienten mit fortgeschrittener rheumatoider Arthritis). (41;42)

#### ***1.4.1.2 Hemiresektions-Interpositions-Arthroplastik des Ulnakopfes***

Bei der Hemiresektionsarthroplastik nach Bowers (43) und der Ulnakopfhemiresektion nach Watson („Matched-Ulna“) (44) wird die Gelenkfläche der Ulna im DRUG entfernt, wobei der Processus styloideus ulnae erhalten bleibt. Der wesentliche Unterschied dieser beiden Methoden ist die gerade Osteotomie bei der Operation nach Bowers und die gebogene Osteotomie durch eine Fräse bei der Operation nach Watson. Bei beiden Verfahren bleibt der für die Stabilität sorgende TFCC erhalten.

Ahmed et al. sowie Srikanth et al. haben Patienten mit rheumatoider Arthritis und „Matched-ulna-resektion“ nachuntersucht. Sie konnten bei den meisten Probanden eine deutliche Schmerzreduktion feststellen und beschreiben zufriedenstellende Ergebnisse. (45;46) Srikanth weist darauf hin, dass dieses Verfahren zu einer sicheren Schmerzlinderung für Patienten mit rheumatoider Arthritis und niedrigen körperlichen Anforderungen führt.(46)

Die Resultate der klinischen Untersuchungen der Hemiresektionsarthroplastik nach Bowers zeigen durchgehend eine Verbesserung des Bewegungsausmaßes und eine signifikante Reduktion der Schmerzen. (43;44;47-53)

Mögliche Komplikationen der Ulnakopfhemiresektionsarthroplastik nach Bowers sind Einschränkung der Unterarmdrehbewegung, dorsale Instabilität der Ulna, persistierende Schmerzen durch ulnokarpale Impaktion oder ulnoradiales Impingement, Neurome von Ästen des Nervus ulnaris, Tendinosen und Fraktur des Processus styloideus ulnae. (54)

## 1.4.2 Fusionsoperationen

### 1.4.2.1 Die Sauvé-Kapandji-Operation

Dieses Operationsverfahren, bei dem die Arthrodese des DRUG mit einer Segmentresektion der distalen Ulna kombiniert wird, wurde 1936 erstmals von Sauvé und Kapandji beschrieben. (55-57) Durch dieses Verfahren wird versucht die möglichen Komplikationen der (Hemi-)Resektionsarthroplastiken an der Ulna, insbesondere die Instabilität der Ulna, zu verhindern.

Die Arthrodese des DRUG führt zu einer Stabilität des ulnarseitigen Handgelenkes und zu einer sicheren Schmerzlinderung. Außerdem bleiben die ulnare Säule des Handgelenkes sowie die distalen radioulnaren und ulnokarpalen Bänder als Stabilisatoren des Handgelenkes erhalten im Vergleich zur Ulnakopfresektion. Die Ellensegmentresektion von ca. 2cm proximal der Arthrodese ermöglicht weiterhin die Unterarmdrehbewegung.

Klinische Studien verschiedener Autoren berichten weitestgehend über eine statistisch signifikante Verbesserung der Unterarmdrehbewegung, Kraftzunahme und Schmerzreduktion. (58-62)

Obwohl die Sauvé-Kapandji-Operation zu einer Verbesserung der Unterarmdrehbewegung, der Griffkraft und zu einer Schmerzreduktion führt, zeigen mittelmäßige Ergebnisse im DASH-, Mayo- und Krimmer Score, dass diese Operation nicht bei allen Patienten zu einem guten Ergebnis führt. (63)

Langzeitergebnisse von Papp et al zeigen bei Patienten mit rheumatoider Arthritis und Sauvé-Kapandji-Operation eine Schmerzreduktion, bessere Unterarmdrehbewegung und eine Kraftsteigerung. (64) Auch Kawabata et al. fanden sowohl klinisch als auch radiologisch gute Ergebnisse der Sauvé-Kapandji-Operation bei Patienten mit rheumatoider Arthritis. (65)

Komplikationen, die nach einer Sauvé-Kapandji-Operation auftreten können, sind ähnlich wie bei den vorher genannten Operationsverfahren und umfassen u.a. Irritationen von Ästen des Nervus ulnaris sowie eine schmerzhafte Instabilität des Ulnaendes gegebenenfalls mit schmerzhaftem Schnappen der Ulna und zusätzliche Komplikationen sind die Pseudarthrose im Bereich der Fusion des DRUG oder die



knöcherne Überbrückung im resezierten Ulnabereich. (66)

#### **1.4.2.2 Radioulnare Fusion**

Bei persistierenden Beschwerden nach fehlgeschlagenen Rettungsoperationen bei Arthrose des DRUG mit schmerzhafter Instabilität des Ulnastumpfes und radioulnarer Instabilität mit Anschlagen des Ulnaendes an den Radius kann als letzte Option die radioulnare Fusion zur Wiederherstellung der Stabilität und zur Beseitigung der Schmerzen in Erwägung gezogen werden. Bei diesem Eingriff geht jedoch die Pro- und Supination des Unterarms komplett verloren und führt zu einem bedeutenden Verlust der Funktion des betroffenen Armes. (67)

Bei diesem Operationsverfahren erfolgen in vielen Fällen aufgrund der häufigen Komplikationen wie z.B. Pseudarthrosen oder Frakturen des One-Bone-Forearms mehrere Revisionseingriffe. Außerdem ist der postoperative Schmerz weiterhin relativ hoch und die funktionellen Einschränkungen ebenfalls hoch. (68)

In einer Fallserie von Peterson et al. wurden die Patienten mit One-Bone-Forearm zur Nachuntersuchung in zwei Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe umfasste die Patienten die den One-Bone-Forearm wegen posttraumatischer Instabilität erhielten. Bei der zweiten Gruppe erfolgte die Operation aufgrund einer schmerzhaften Instabilität nach onkologischer Ulnaresektion oder bei einer kongenitalen Deformität. In dieser Fallserie fiel auf, dass die meisten Komplikationen in der ersten Gruppe auftraten. (67)

Unerklärlicherweise finden sich in einer kleinen Fallserie von Allende, im Gegensatz zu der Studie von Peterson, gute Ergebnisse. Alle Patienten wiesen einen stabilen, schmerzfreien Unterarm auf und größere Komplikationen wie Pseudarthrose, Fraktur, Platten- oder Schraubenbruch wurden nicht beobachtet. (69)

### **1.4.3 Endoprothetischer Teilersatz des distalen Radioulnargelenkes**

Um das DRUG durch partiellen Ersatz des Ulnakopfes zu rekonstruieren, wurden verschiedene Operationsmethoden entwickelt.

#### **1.4.3.1 Silikon-Platzhalter**

1973 wurde von Swanson der Ersatz des Ulnakopfes durch einen Silikon-Platzhalter beschrieben. (70) Mit diesem Implantat sollte die schmerzhaft Instabilität des DRUG nach Resektionsarthroplastiken behandelt werden. Klinisch waren die Ergebnisse zunächst gut. (71) Aufgrund bei diesem Material jedoch häufig vorkommenden Komplikationen wie Silikonsynovialitiden, Knochenresorption, Abkippen und Brechen der Prothese wird Implantation des Silikon-Platzhalters nicht mehr empfohlen. (71-74)

#### **1.4.3.2 Partieller Ersatz des Ulnakopfes**

Eine weitere Möglichkeit zur Behandlung der schmerzhaften Arthrose im DRUG wäre der Ersatz des lediglich am Gelenk beteiligten Teiles des Ulnakopfes wie zum Beispiel beim `Eclipse`-Implantat. (75;76) Da bei diesem Operationsverfahren die Insertionsstelle des TFCC und der ulnokarpalen Bänder nicht reseziert und diese Strukturen somit erhalten bleiben, bleibt auch ihr stabilisierender Effekt für das DRUG erhalten.

Die Indikation für dieses Verfahren ist jedoch sehr selten. Lediglich bei Patienten mit Arthrose im DRUG ohne Fehlstellung des Radius oder der Ulna, ohne Ulna-Plus-Situation und ohne Instabilität kann die Indikation zu diesem Verfahren gestellt werden. (76) Es gibt zu diesem Zeitpunkt nur vereinzelte nicht aussagekräftige Studien über die Ergebnisse von diesem Operationsverfahren. Die vorhandenen Publikationen sind lediglich kleine Fallserien ohne verwertbare Nachuntersuchungszeit. (75;76) Ein Fallbericht beschreibt eine periprothetische Fraktur bei einer „First Choice Partial Ulnar Head“-Prothese von Ascension Orthopedics. (77)

Aus diesen Gründen hat der partielle Ersatz des Ulnakopfes zum aktuellen Zeitpunkt nur einen geringen klinischen Stellenwert.

### 1.4.3.3 Ulnakopfprothese

#### Herbert-Ulnakopfprothese

Die Herbert-Ulnakopfprothese (UKP) von KLS-Martin wurde entwickelt um die schmerzhaft Instabilität nach vorangegangenen Rettungsoperationen des DRUG zu behandeln. Ziel der UKP, ist es eine schmerzlose, kraftvolle Pro- und Supination wiederherzustellen. Dies ist laut Schoonhoven et al nur möglich, wenn die Weichteilstrukturen rekonstruiert werden können und somit wieder als Stabilisatoren funktionieren. Durch die Implantation einer UKP werden die Länge und Ausrichtung der Ulna wiederhergestellt sowie der TFCC und die weiteren Weichteilstrukturen wieder angespannt, sodass sie wieder als Stabilisatoren fungieren. (78) Es sollte bei der Prothesenimplantation eine Ulnaminus-Situation von 2mm angestrebt werden, um ein Ulna-Impaktions-Syndrom zu vermeiden.

Die Prothese besteht aus einem Titanschaft und einem Keramikkopf. Der Prothesenschaft mit aufgerauter Reintitanbeschichtung ermöglicht eine zementfreie Implantation und ist in 3 unterschiedlichen Größen (klein, mittel und groß) mit unterschiedlichen Kragenlängen erhältlich (2mm, 4mm und 17mm). Sollte eine ausgedehnte Resektion der Ulna durchgeführt worden sein und kann die Länge nicht mehr durch eine Revisionsprothese (17mm Kragenlänge) wiederhergestellt werden, besteht die Möglichkeit einer Sonderanfertigung mit längerem Kragen.(78;79)

Der Schaft besteht aus porösem, beschichteten Titan um eine Osteointegration zu ermöglichen und die Probleme, die beim Gebrauch von Zement auftreten können zu vermeiden. Der Prothesenschaft wird aus Titan gefertigt wegen der hohen Biokompatibilität und der zu Knochen sehr ähnlichen Stabilität (modulus of elasticity).(80;81)

Wegen der hohen Verschleißresistenz und Biokompatibilität wurde Keramik (Zirkonoxid) als Material für den Kopf gewählt. (16;82) Der Prothesenkopf ist in der regulären und der sphärischen Form und jeweils in drei Größen lieferbar. Der reguläre Kopf hat eine kugelige Form und ist proximal und distal abgeflacht um eine gute Verbindung zum Prothesenschaft zu ermöglichen bzw. den Druck auf den TFCC gering zu halten. (78-80)

Ein sphärischer Kopf ist für Revisionseingriffe nach einer Sauvé-Kapandji-Operation vorgesehen.(83)

Sollten nach einer Sauvé-Kapandji-Operation persistierende Beschwerden wie z.B. schmerzhafte Instabilität des Ulnastumpfes entstehen und die Indikation zur erneuten operativen Revision bestehen, muss abhängig von der Situation entschieden werden, ob der Arthrodese-Block reseziert und eine UKP mit regulären Kopf implantiert oder ob von proximal eine Gelenkpfanne in den Arthrodese-Block gefräst und ein sphärischer Kopf implantiert wird.(80)

Wenn die Kapandji-Operation zu einer Ulna-Plus-Situation mit Ulnaimpaktion-Syndrom geführt hat, muss die Kapandji-Situation aufgehoben werden und eine UKP mit regulärem Kopf und langem Kragen implantiert und ggf. eine Weichteilrekonstruktion zur Stabilisierung durchgeführt werden.

Bei Patienten mit instabilem Ulnastumpf nach Kapandji-Operation ohne Ulnaimpaktion-Syndrom sollte die von Fernandez entwickelte Methode, wobei von proximal eine Gelenkpfanne in den Arthrodese-Block gefräst und eine Ulnakopfprothese mit sphärischen Kopf implantiert wird, angewendet werden. (83) Da der Prothesenkopf bei dieser Methode größtenteils in der neu gebildeten sphärischen knöchernen Gelenkpfanne liegt, hat die Ulnakopfprothese eine sehr stabile Führung. Bei Patienten mit osteoporotischen Veränderungen oder Kontrakturen am Unterarm wird eine Osteotomie proximal der Arthrodese von ulnar nach radial empfohlen um beim Einbringen des Prothesenkopfes eine Fraktur des ehemaligen Ulnakopfes bzw. der neuen Gelenkpfanne zu vermeiden. Die Osteotomie sollte nach Prothesenimplantation mit einer Osteosyntheseplatte versorgt werden.

Die Herbert-Ulnakopfprothese wurde von den Entwicklern nicht mit Verankerungsstellen für die Weichteile ausgestattet, da durch die Formung eines Weichteillappens über den Kopf der Prothese die Stabilität erfahrungsgemäß gewährleistet wird.

Die verschiedenen Schaft- und Kopfgrößen können durch eine Konusverbindung beliebig miteinander kombiniert werden.

Indikationen für eine Herbert-Ulnakopfprothese waren zunächst Revisionen bei schmerzhafter Instabilität der distalen Ulna nach Rettungsoperationen (Darrach-Operation, Bowers-Operation, Kapandji-Sauvé-Operation).(84) Wegen der guten Ergebnisse in dieser Patientengruppe wurde die Indikation zur Implantation der Ulnakopfprothese erweitert auch auf die primäre Verwendung des Prothese bei

Destruktion des Ulnakopfes durch Trauma oder Tumor und später auch zur primären Behandlung der posttraumatischen und primären Arthrose im DRUG.

Kontraindikationen sind schlechte Knochensubstanz durch Osteoporose, deutliche Fehlstellung des distalen Radius, Instabilität zwischen Ulna und Radius durch Essex-Lopresti-Verletzung oder Resektion des Radiuskopfes und ausgeprägte Veränderungen des Kapselbandapparates durch rheumatoide Arthritis, nach vielzähligen Voroperationen oder durch Trauma.(84) Fehlstellungen des distalen Radius oder der Ulna sollten bei der Implantation der Ulnakopfprothese oder durch eine vorherige Operation behoben werden. (85)

Ab 1995 wurden die ersten Ulnakopfprothesen im Rahmen einer prospektiven Multicenter Studie implantiert. Aufgrund der guten Ergebnisse wurde 1998 die Prothese allgemein erhältlich und es wurden seitdem weltweit viele Erfahrungen gesammelt.(80;86)

Mehrere Studien über die kurz-, mittel- und langfristigen Ergebnisse der Herbert-Ulnakopfprothese beschreiben durchgehend eine Reduzierung der Schmerzen sowie gute radiologische, klinische und funktionelle Ergebnisse.(86-91) In den Studien von Warwick, Sauerbier und Sabo wurden neben Herbert-Ulnakopfprothesen auch Prothesen von anderen Herstellern verwendet und die Ergebnisse der unterschiedlichen Prothesen nicht differenziert dargestellt. (88;89;91)

Einige Studien bzw. Fallberichte beschreiben periprothetische Frakturen, dorsale Instabilität der Prothese, septische und aseptische Prothesenlockerung sowie das Eingraben des Prothesenkopfes in den Radius (88;90).

In den Studien von Warwick et al. (88) sowie Axelsson et al. (90) zeigte sich keine weitere Migration des Ulnakopfes in den Radius über das zweite postoperative Jahr hinaus. In der Regel entwickelte sich eine dem Prothesenkopf korrespondierende sklerotische Kerbe in der Incisura ulnaris des Radius. Bei einem Großteil der Patienten der Studie von Warwick wurde die Prothese primär implantiert und es wurden gute klinische und funktionelle Ergebnisse bei hoher Patientenzufriedenheit erzielt.(88)

In vielen Studien sind die Patienten sehr zufrieden mit dem Ergebnis (87;90) und lediglich in der Studie von Sabo ist die Rate an unzufriedenen Patienten etwas höher.(91)

Die DASH Scores variieren je nach Studie zwischen 12,5 und 33. (88-90)

In einigen Studien zeigte sich eine Tendenz zu besseren Ergebnissen bezüglich der Schmerzreduktion, Zufriedenheit und den klinischen Scores bei primär durchgeführter Ulnakopfprothesenimplantation im Vergleich zu voroperierten Patienten. (87;89-91)

#### Avanta uHead™-Prothese

Die Avanta uHead™-Prothese besteht aus zwei Komponenten. Der Prothesenkopf ist in vier Größen erhältlich und aus einer Kobalt-Chrom-Legierung gefertigt. Am Prothesenkopf ist eine Öse eingearbeitet, um die Weichteile mittels einer Naht zu befestigen. Es bestehen zwei Schafttypen (2mm und 20mm Kragenlänge), die ebenfalls aus einer Kobalt-Chrom-Legierung gefertigt und jeweils in vier Größen hergestellt werden. Der Schaft kann je nach Bedarf mit oder ohne Zement implantiert werden. Kakar et al beschreiben gute mittelfristige Ergebnisse bezüglich Schmerzreduktion und Funktionalität der Hand bzw. des Unterarmes. Eine Verbesserung der Unterarmdrehbewegung konnte durch die Implantation der Prothese jedoch nicht erreicht werden. (92)

In Studien, bei denen die uHead-Prothese verwendet wurde zeigen sich ähnliche Ergebnisse bezüglich des Mayo-Wrist-Scores im Vergleich mit der Herbert-Ulnakopfprothese. (90;92)

Keith et al. haben die biomechanische Stabilität des DRUG nach Ulnakopfhemiresektion („Matched-Ulna“), Darrach-Operation und Implantation einer Ulnakopfprothese untersucht und verglichen. In der Studie war die Implantation einer Ulnakopfprothese den anderen Rettungsverfahren biomechanisch weit überlegen. (39)

Die Instabilität des Unterarmes, die nach einer Darrach-Operation in vielen Fällen entsteht, kann durch die Implantation einer Ulnakopfprothese effektiv wiederhergestellt werden. Auch im Vergleich zu Stabilisierungsoperationen mit Weichteilen erzielen Ulnakopfprothesen eine bessere Stabilität. (36)

Die Biomechanik sowie die Kinematik des DRUG sind nach Rekonstruktion mithilfe von einer Ulnakopfprothese nahezu identisch mit einem gesunden DRUG. (93;94)

#### **1.4.4 Vollständiger Ersatz des distalen Radioulnargelenkes**

Die `Aptis-DRUG-Prothese` (`Scheker-Prothese`) ist ein gekoppeltes System, wobei die radiale und ulnare Komponente des DRUG sowie die Funktion des TFCC ersetzt werden. Das Ersatzgelenk ist eine Modularprothese, `semi-constrained` und wird nicht zementiert. (95;96)

Die mittelfristigen Ergebnisse einer retrospektiven Studie der Aptis-DRUG-Prothese mit einer Nachuntersuchungszeit von 5 Jahren zeigen eine deutliche Verbesserung des Bewegungsausmaßes und eine Zunahme der Greifkraft sowie eine signifikante Abnahme der Schmerzen in Ruhe und bei Belastung. Die 5-Jahres Überlebensrate der Prothese betrug 100%. Obwohl bei keinem der nachuntersuchten Patienten die Prothese entfernt werden musste, traten bei mehr als 30% der Patienten Komplikationen auf. Dies waren oberflächliche Weichteilinfektionen, ECU-Tendinitiden, ektopische Knochenbildung und Schraubenlockerung. (97;98)

Die mittelfristigen klinischen und radiologischen Ergebnisse in einem sehr kleinen Patientenkollektiv werden von Sander et al als gut beurteilt. Es zeigte sich jedoch bei zwei von fünf Patienten ein Lysesaum um den Zapfen der radialen Komponente ohne weitere Zeichen einer Prothesenlockerung. Die Patienten sind durchweg zufrieden mit dem Ergebnis. (99)

In der 2008 von Laurentin-Perez et al. veröffentlichten Studie mit 31 Patienten mit einer Scheker-Prothese wird eine Verbesserung der Pro-/Supination, Griffkraft, des DASH und eine Reduzierung der Schmerzsymptomatik beschrieben. (100) In drei aktuellen Studien zur Scheker-Prothese mit einer Studiengröße von 13-46 Patienten werden diese Ergebnisse bestätigt und weisen eine hohe Patientenzufriedenheit auf. (101-103)

Die Indikation für diese Prothese kann gestellt werden, wenn alle bisher erfolgten Rettungsoperationen (z.B. Darrach-Operation, Bowers-Operation und Ulnakopfprothesenimplantation) erfolglos waren. Die Prothese kann laut Entwickler auch primär bei schmerzhafter Arthrose des DRUG oder nach komplexen Frakturen mit Beteiligung der Gelenkfläche der distalen Ulna, wobei das DRUG nicht wiederhergestellt werden kann, eingesetzt werden. (96)

Aufgrund der nachgewiesenen guten Ergebnisse der Ulnakopfprothese und den fehlenden Langzeitergebnissen der Scheker-Prothese sollte die Implantation dieser

mechanisch komplexen Prothese immer wohlbedacht sein. Sollte die Implantation der `Aptis-DRUG-Prothese` erfolglos sein, bleibt nur noch der One-Bone-Forearm als Behandlungsoption. Daher sollte die Scheker-Prothese nicht verwendet werden bei der primären Behandlung der Arthrose des DRUG. Besteht jedoch eine persistierende Instabilität nach vorangegangener Implantation einer Ulnakopfprothese oder eine axiale Instabilität des Unterarmes, kann mit einer Scheker-Prothese versucht werden die Stabilität wiederherzustellen.

Eine Arbeitsgruppe um Schuurman hat eine weitere Prothese zum Ersatz des gesamten DRUG entwickelt. Diese besteht aus einer radialen und einer ulnaren Komponente.

(104) Zu dieser Prothese gibt es bisher keine aussagekräftigen Studien.



## **1.5 Zielsetzung**

Ziel dieser retrospektiven Studie ist es, die klinischen und radiologischen Ergebnisse und die Überlebensrate der Herbert-Ulnakopfprothese im Langzeitverlauf in Abhängigkeit von Komorbidität und Differentialindikationen zur Rekonstruktion des DRUG zu ermitteln.

## 1.6 Scores zur Beurteilung des klinischen Ergebnisses

### 1.6.1 Mayo Wrist Score

Der „Mayo Wrist Score“ ist ein Bewertungsschema für das Handgelenk, welches von Cooney et al 1987 im Rahmen einer Studie zu perilunären Frakturen beschrieben wurde. (105) Dieser Score erfasst den Schmerz, den funktionellen Status, die Beweglichkeit und Griffkraft, für die jeweils maximal 25 Punkte vergeben werden. Die Summe der erreichten Punktzahl ergibt eine Zuordnung für ein sehr gutes (91-100 Punkte), ein gutes (81-90 Punkte), ein befriedigendes (65-80 Punkte) und ein schlechtes (< 65 Punkte) Ergebnis. (105;106) (s. Abb. 7)

Kann der Bewegungsumfang der Gegenseite nicht gemessen bzw. berücksichtigt werden (z.B. bei voroperierter Gegenseite), werden Punkte in folgender Art und Weise vergeben: Extension/Flexion <30° = 0 Punkte; 30-60° = 5 Punkte; 60-90° = 10 Punkte; 90-120° = 15 Punkte; > 120° = 25 Punkte.

Da eine Pathologie am DRUG vor allem die Pro- und Supination beeinflusst, wurde für diese Studie die Bewertung des Mayo Wrist Score modifiziert (nach van Schoonhoven/Pronk). Anstatt die Extension/Flexion des Handgelenkes zu berücksichtigen wurde die Pro- und Supination in die Bewertung einbezogen. Nach folgendem Schema wurden die Punkte vergeben: Pro-Supination >160° = 25 Punkte, 130-160° = 15 Punkte, 100-130° = 10 Punkte, 70-100° = 5 Punkte, <70° = 0 Punkte.

Clinical Scoring Chart (Cooney und Mitarb. 1987 )		
Pain (25 Points)	25	No pain
	20	Mild occasional
	15	Moderate, tolerable
	0	Severe to intolerable
Functional status (25 Points)	25	Return to regular employment
	20	Restricted employment
	15	Able to work, unemployed
	0	Unable to work because of pain
Range of motion (25 Points)	Percentage of normal	
	25	100 %
	15	75–100 %
	10	50–75 %
	5	25–50 %
Grip strength (25 Points)	Percentage of normal	
	25	100 %
	15	75–100 %
	10	50–75 %
	0	0–25 %

Abb. 6: Mayo-Wrist-Score

### 1.6.2 Modified Mayo Wrist Score („Krimmer-Score“)

Der Krimmer-Score ist eine Modifikation des Mayo-Wrist-Scores. Die Änderungen betreffen vor allem die Erfassung der Schmerzen und des funktionellen Status. Da die Differenzierung zwischen mäßigem und leichtem Schmerz für die Patienten oft schwierig ist, wurde dies ersetzt durch die Unterscheidung zwischen Ruhe- und Belastungsschmerz. Beim funktionellen Status wurde die berufliche Situation durch die Gebrauchsfähigkeit im Alltag ersetzt. Bei der Bewertung der Bewegung kann die Unterarmdrehbewegung mit einbezogen werden. Die Punktvergabe für den Bereich Beweglichkeit erfolgt durch Summation der Ergebnisse für Extension/Flexion und Radial-/Ulnarduktion und Division des Ergebnisses durch 2. Soll die Pro-/Supination mit einbezogen werden, dann werden alle drei Ergebnisse summiert und durch drei dividiert.(106)

Der ermittelte Wert liegt zwischen 0-100 Punkten und kann als prozentuales Ergebnis der noch verbliebenen Handfunktion gesehen werden, wobei >80-100 Punkte ein sehr

gutes, >65-80 Punkte ein gutes, >50-65 ein befriedigendes und 0-50 Punkte ein schlechtes Ergebnis darstellen.(106) (s. Abb. 8)

Traditionelles Handgelenkbewertungsschema nach Krimmer

---

<b>Kraft</b>			
% Gegenseite			<b>Punkte</b>
0 – 25			0
> 25 – 50			10
> 50 – 75			20
> 75 – 100			30
<b>Beweglichkeit (ROM)</b>			
Ex/Flex	Rad/Uln	Pro/Sup	<b>Punkte</b>
≤ 30°	≤ 10°	≤ 80°	0
> 30° – 60°	> 10° – 35°	> 80° – 110°	10
> 60° – 100°	> 35° – 50°	> 110° – 140°	15
> 100°	> 50°	> 140°	20
<b>Schmerz</b>			
	<b>verbale Analogskala (1 – 4)</b>		<b>Punkte</b>
stark, unerträglich		4	0
Ruhschmerz und Belastungsschmerz		3	10
auschließl. Belastungsschmerz		2	15
schmerzfrei		1	20
<b>Gebrauchsfähigkeit</b>			
starke Einschränkung bereits im Alltag			0
erhebliche Einschränkungen			10
eingeschränkt nur bei speziellen Tätigkeiten			20
normal keine Einschränkung			30
maximal erreichbare Punktzahl 100 entspricht: ohne jegliche Einschränkung			
Beweglichkeit (ROM) kann bei allen Eingriffen im Bereich der Handwurzel auf Extension-Flexion (E/F) und Radial-Ulnaruktion (R/U) beschränkt sein, da Pronation-Supination (P/S) nicht beeinflusst wird			
Die Punktevergabe erfolgt durch Summation der Ergebnisse für E/F und R/U und Division des Ergebnisses durch 2 (bei Messung der P/S durch 3)			
<b>Beurteilung</b>			<b>Punkte</b>
sehr gut			> 80 – 100
gut			> 65 – 80
befriedigend			> 50 – 65
schlecht			0 – 50

---

Abb.7: Modified Mayo Wrist Score

Auch das Bewertungsschema für den Krimmer-Score wurde, wie beim Mayo Wrist Score, für diese Studie modifiziert (nach van Schoonhoven/Pronk). Anstatt die Extension/Flexion und Radial-/Ulnaruktion in die Bewertung einfließen zu lassen, wurde für den Abschnitt Beweglichkeit nur die Pro- und Supination in die Bewertung einbezogen. Nach folgenden Schema wurden die Punkte vergeben: Pro-Supination >140° = 20 Punkte, 110-140° = 15 Punkte, 80-110° = 10 Punkte, ≤ 80° = 0 Punkte.

### 1.6.3 DASH-Score (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand)

Für die Beurteilung des Erfolgs eines operativen Eingriffes an der oberen Extremität wurde der DASH-Score von der “American Academy of Orthopedic Surgeons“ (AAOS), dem “Council of Musculoskeletal Specialty Societies” (COMSS) und dem

“Institute for Work and Health” (Toronto, Ontario) als Messinstrument entwickelt.  
(107) Die deutsche Übersetzung wurde 1999 veröffentlicht. (108)

Der DASH-Score ist ein rein subjektives Messinstrument, womit funktionelle Einschränkungen und Beschwerden der oberen Extremität erfasst werden.

Der DASH-Fragebogen ist in 3 Teile gegliedert:

- Teil A: Funktion (23 Fragen)
- Teil B: Schmerzsymptomatik (7 Fragen)
- Teil C: Optionales Sport- und Musik-Modul (4 Fragen)

Jede Frage wird anhand einer Skala von 1 bis 5 beantwortet. Für die Auswertung werden die ersten 30 Fragen (Teil A und B) addiert und somit beträgt die Minimalpunktzahl 30 und die Maximalpunktzahl 150. Die erreichte Punktzahl wird in unten stehende Formel eingesetzt und dadurch wird die erreichte Punktzahl in eine Skala von 0-100 transformiert. Der Wert 0 entspricht einer normalen Funktion ohne Einschränkungen bzw. Beschwerden und der Wert 100 entspricht einer maximalen Einschränkung mit erheblichen Beschwerden.

Ein DASH-Wert darf nicht berechnet werden, wenn mehr als 3 Fragen nicht beantwortet wurden.

$$\text{DASH Wert für Behinderung/Symptome} = \frac{[(\text{Summe der } n \text{ Antwortpunkte}) - 1] \times 25}{n}$$

wobei n der Anzahl der beantworteten Fragen entspricht

Das optionale Modul (Teil C) wird separat berechnet und kann nur ausgewertet werden, wenn alle 4 Fragen beantwortet wurden. Zur Berechnung des DASH-Sport/Musik-Wertes werden die erreichten Punkte addiert und durch 4 geteilt, anschließend 1 subtrahiert und mit 25 multipliziert. Hierdurch erhält man einen Wert auf einer Skala von 0-100.

Bei der Bewertung des DASH-Scores ist zu beachten, dass dieser altersabhängig ist und mit zunehmendem Alter steigt. (109)

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Patienten**

Alle Patienten, die in der Zeit von 1996 bis Juni 2012 in der Klinik für Handchirurgie Bad Neustadt an der Saale eine Ulnakopfprothese aufgrund einer symptomatischen Arthrose des DRUG (primär/sekundär), eines Tumors, einer symptomatischen Instabilität nach fehlgeschlagenen „Rettungsoperationen“ am DRUG (Ulnakopfhemiresektionsarthroplastik nach Bowers, Operation nach Sauve-Kapandji, Darrach-Operation) erhalten haben und zum Zeitpunkt der Untersuchung volljährig waren, waren potentielle Studienteilnehmer. Ausschlusskriterien für eine Nachuntersuchung waren Schwangerschaft oder Stillzeit, fehlende Einwilligungsfähigkeit (z.B. Demenz oder traumatischer Hirnschaden), neurologische Störungen und andere Erkrankungen, die die Funktion der oberen Extremität beeinflussen (z.B. Verletzungen im Schulter- und Ellenbogenbereich).

### **2.2 Methoden**

#### **2.2.1 Patientenrekrutierung, Aufklärung und Einverständniserklärung**

Über eine Datenbankabfrage des hausinternen Krankenhaus-Informationen-Systems (MedFolio®) wurden alle Patienten, die eine Ulnakopfprothese erhalten haben erfasst. Daraufhin erfolgte eine erste Aktenauswertung, wobei für jeden Patienten ein Datensatz erhoben wurde. Dieser Datensatz beinhaltete Alter, Geschlecht, Operationsdatum, Seite der Operation, Händigkeit, die Indikation zur Ulnakopfprothese, relevante Nebenerkrankungen und Kontaktdaten. Anschließend wurden die Patienten telefonisch kontaktiert, informiert über die Studie und zur Teilnahme eingeladen. Bei nichterreichenden Patienten wurde mehrmals während des Untersuchungszeitraumes zu unterschiedlichen Tageszeiten telefonisch versucht, ihn doch noch zu erreichen. Zusätzlich wurden alle potentiellen Studienteilnehmer per Post informiert.

Alle Studienteilnehmer wurden mündlich und schriftlich über die Studie von einem Arzt der Klinik für Handchirurgie Bad Neustadt an der Saale aufgeklärt. Die Patienten erhielten ein Informationsblatt/Einverständniserklärung, worin u.a. das Ziel, der Ablauf und die Risiken der Studie beschrieben sind. In dieser Einverständniserklärung wurden die Patienten darauf hingewiesen, dass sie jederzeit aus der Studie aussteigen können, ohne dass dadurch irgendwelche Nachteile in der medizinischen Behandlung entstehen. Darüber hinaus erhielten die Patienten ein Informationsblatt über die Datenschutzbestimmungen.

### **2.2.2 Die Nachuntersuchung**

Bei allen Patienten erfolgte eine Aktenauswertung. Hierbei wurden folgende Daten (falls vorhanden) erhoben:

- Geburtsdatum, Alter bei der Operation
- Geschlecht
- Beruf
- Seite der Operation
- Dominante Hand
- Indikation
- Anzahl Voroperationen
- Freie Handgelenkbeweglichkeit oder teil- oder vollversteiftes Handgelenk
- Präoperatives Bewegungsausmaß (Pro-/Supination, Extension/Flexion, Ulnar/Radialduktion)
- Präoperative Griffkraft
- Schnittbilddiagnostik (CT/MRT) seit Implantation der Prothese?

Alle Patienten wurden im Rahmen dieser Studie anhand eines Studienbogens einmal durch einen Arzt der Klinik für Handchirurgie klinisch untersucht (s. Beilage). Hierbei wurden das Bewegungsausmaß für die Unterarmdrehbewegung, die Streckung und Beugung sowie die Radial- und Ulnarduktion des Handgelenkes erfasst. Die Messungen der Bewegungsausmaße erfolgten mittels eines handelsüblichen Goniometers nach der Neutral-Null-Methode. Die Beweglichkeit wurde für die operierte und die Gegenseite dokumentiert. Klinisch wurden die Stabilität des DRUG geprüft und Schmerzpunkte am Handgelenk eruiert. Zusätzlich zu den oben beschriebenen Daten wurde Folgendes erhoben:

- Krimmer-Score (modifiziert nach van Schoonhoven/Pronk)
- Mayo-Wrist-Score (modifiziert nach van Schoonhoven/Pronk)
- Postoperative Kraft (Jamardynamometer, Stufe 3, drei aufeinander folgende Messungen beider Hände)
- Zufriedenheit mit der Operation (Operation nochmals durchführen lassen)
- Beruf prä- und postoperativ
- Schmerzen bei Ruhe und bei Belastung (Visuelle Analogskala von 0-10)
- DASH-Score

Es gibt kein Bewertungsschema oder Score in dem der für Pathologie am DRUG wichtige klinische Parameter, nämlich die Pro- und Supination berücksichtigt wird. Im Mayo-Wrist-Score wird im Abschnitt Bewegung lediglich die Extension und Flexion bewertet. Im Krimmer Score fließen neben der Pro- und Supination die Extension/Flexion und die Ulnar-/Radialduktion in die Bewertung ein. Hierdurch kann es zu einer starken Beeinflussung des Ergebnisses der Bewertung eines Eingriffes am DRUG, welches u.a. das Ziel hat die Pro und Supination zu verbessern, kommen. So bekommt z.B. ein Studienteilnehmer dieser Studie, der eine Handgelenksarthrodese hat, im Mayo-Wrist-Score im Abschnitt Bewegung in der Regel null Punkte. In dieser Studie werden jedoch die Ergebnisse eines Eingriffes am DRUG nachuntersucht. Im



DRUG findet die Pro- und Supination und nicht die Extension/Flexion statt.

Weil es keinen spezifischen Score gibt, der das misst, was wir behandeln, lehnten wir uns an den Mayo-Wrist-Score und Krimmer-Score an und vergaben die Punkte in folgender Art und Weise (=Modifikation nach van Schoonhoven/Pronk):

*Mayo-Wrist-Score (modifiziert nach van Schoonhoven/Pronk):*

Für den Abschnitt Bewegung wurde nicht die Extension/Flexion sondern die Pro-/Supination verwendet und die Punkte in folgender Art und Weise vergeben:

Pro-Supination  $>160^\circ = 25$  Punkte,  $130-160^\circ = 15$  Punkte,  $100-130^\circ = 10$  Punkte,  $70-100^\circ = 5$  Punkte,  $<70^\circ = 0$  Punkte.

*Krimmer-Score (modifiziert nach van Schoonhoven/Pronk):*

Für den Abschnitt Bewegung wurde nicht die Extension/Flexion, Ulnar-Radialduktion und Pro-/Supination verwendet sondern nur die Pro-/Supination und die Punkte in folgender Art und Weise vergeben:

Pro-Supination  $>140^\circ = 20$  Punkte,  $110-140^\circ = 15$  Punkte,  $80-110^\circ = 10$  Punkte,  $\leq 80^\circ = 0$  Punkte.

Für diese Studie wird diese Modifikation des Mayo-Wrist- und Krimmer-Scores nach van Schoonhoven/Pronk verwendet. In der gesamten Arbeit wird für die verwendeten modifizierten Scores jedoch weiter der Begriff „Mayo-Wrist-Score“ und „Krimmer-Score“ verwendet.

### Radiologische Untersuchung anhand nativer Röntgendiagnostik:

Bei allen Patienten wurden Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen des operierten Handgelenkes durchgeführt. Die Aufnahmen wurden alle vom gleichen Untersucher beurteilt nach Zeichen einer Prothesenlockerung, Knochenresorption im Bereich des Ulnaschaftes und Inkongruität des DRUG. Auch die Ulnavarianz wurde bestimmt. Die Röntgenbilder wurden ebenfalls auf Zeichen von Migration der Ulnakopfprothese in den Radius beurteilt. Wenn mehr als die Hälfte des Prothesenkopfes dorsal den Radius überragt, wird dies als dorsale Stellung des Prothesenkopfes bzw. der Ulna registriert.

### Radiologische Untersuchung anhand Schnittbilddiagnostik (CT/MRT):

Bei einigen Patienten wurden im Verlauf nach Implantation der Ulnakopfprothese CT- und MRT-Untersuchungen durchgeführt. Diese Untersuchungen wurden bisher nicht systematisch ausgewertet.

Bei der Aktenauswertung aller Patienten wurde darauf geachtet, ob seit Implantation der Prothese Schnittbilddiagnostik (CT oder MRT) durchgeführt wurde. Diese wurden dann auf Zeichen von Lockerung der Prothese, Osteointegration und umgebende Weichteilreaktionen bewertet.

Zirkulärer Kontakt des Prothesenschaftes zu Knochen trabekeln der Spongiosa über der gesamten Länge in der CT-Untersuchung wurde als vollständige Osteointegration ohne Lockerung der Prothese gewertet.

Die MRT-Untersuchungen wurden auf Knochenödem am Karpus und Radius untersucht. Außerdem wurde Synovialitis im Bereich des Ulnakopfes registriert.

### Bestimmung der Ulnavarianz:

Hulten verwendete die Begriffe „Ulna Plus“ und „Ulna Minus“ um den relativen Längenunterschied zwischen Ulna und Radius auf posteroanterioren Röntgenbilder zu beschreiben (110). Es gibt mehrere Methoden zur Bestimmung der Ulnavarianz. (111-113). In dieser Studie wurde die Ulnavarianz bestimmt, indem eine Linie ausgehend vom distalen ulnaren Ende des Radius in Richtung der Ulna gezeichnet wird („Project a line technique“). Die Ulnavarianz ist der Abstand zwischen dieser Linie und dem distalen Ende des Ulnakopfes. (113) In Abbildung 9 ist ein Beispiel für die Methode zur

Bestimmung der Ulnavarianz dargestellt. Der Abstand zwischen den beiden roten Linien ist die Ulnavarianz.



Abb. 8: Bestimmung der Ulnavarianz

Alle Röntgenbilder dieses Patientenkollektivs wurden mit dem digitalen Bildmanagementsystem „Picture Archiving and Communication System“ (PACS), welches ein digitales Messsystem besitzt, ausgewertet.

### **2.2.3 Statistik**

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit IBM® SPSS® Statistics Version 20.

### **2.2.4 Ethikantrag**

Im Juli 2012 wurde der Ethikantrag für diese Studie bei der Ethikkommission des Rhön-Klinikums Bad Neustadt an der Saale eingereicht. Im Oktober 2012 wurde von der Ethikkommission ein zustimmendes Votum erteilt, sodass im Januar 2013 die Nachuntersuchungen begonnen wurden.

### **3 Ergebnisse**

#### **3.1 Patientenkollektiv / Nachuntersuchungszeit**

Im Zeitraum von Februar 1996 bis Juni 2012 erhielten 89 Patienten eine Ulnakopfprothese. Für diese Studie konnten 60 (67,5%) der behandelten Patienten in die Studie eingeschlossen werden. Zwei Patienten hatten an beiden Handgelenken eine Ulnakopfprothese erhalten, wodurch die Fall- bzw. Patientenzahl auf 62 erhöht wird. 29 (32,5%) Patienten konnten nicht nachuntersucht werden. 16 Patienten wollten nicht an der Studie teilnehmen, 8 waren nicht auffindbar (verzogen und neue Anschrift nicht ermittelbar), 1 war schwanger, 2 verstorben und 2 Patienten sind nicht zu den vereinbarten Terminen erschienen und anschließend nicht mehr erreichbar gewesen. Von den 16 Patienten, die nicht an der Studie teilnehmen wollten, war der häufigste Grund die weite Anreise. Außerdem sah ein Patient keine Notwendigkeit einer Nachuntersuchung, einer war für unbestimmte Zeit auf einem Auslandsaufenthalt, einer konnte aus gesundheitlichen Gründen nach einer Gallenoperation nicht kommen und einer gab an aus familiären Gründen nicht zur Nachuntersuchung kommen zu können.

Bei zwei Patienten wurde die Ulnakopfprothese entfernt. Bei einem Patienten wurden eine Handgelenkarthrodese sowie eine One-Bone-Forearm-Operation durchgeführt und bei dem zweiten Patienten wurde lediglich die Prothese entfernt. Diese beiden Patienten wurden klinisch nicht nachuntersucht, jedoch für die Überlebenszeitanalyse in die Studie aufgenommen. Demzufolge wurden diese beiden Patienten nicht bei den Analysen aller anderen Parameter berücksichtigt.

Das Durchschnittsalter der 62 Patienten lag bei 49 Jahren, wobei der jüngste Patient mit 18 Jahren und der älteste Patient mit 84 Jahren eine Ulnakopfprothese erhielt. Von den 62 Patienten waren 34 (54%) Männer und 28 (46%) Frauen. Das Durchschnittsalter der Männer lag bei 49 (Spanne, 18-61) und der Frauen bei 50 Jahren (Spanne, 22-84). Die Verteilung nach Altersgruppen zeigt eine erhöhte Inzidenz zwischen 40 und 60 Jahren.

Bei 43 (68,3%) Patienten wurde die dominante Seite operiert.

Patienten (n)	62
Mann (n)	34
Frau (n)	28
Durchschnittsalter in Jahren	49 (18-84)

Tab. 1: Patientenkollektiv

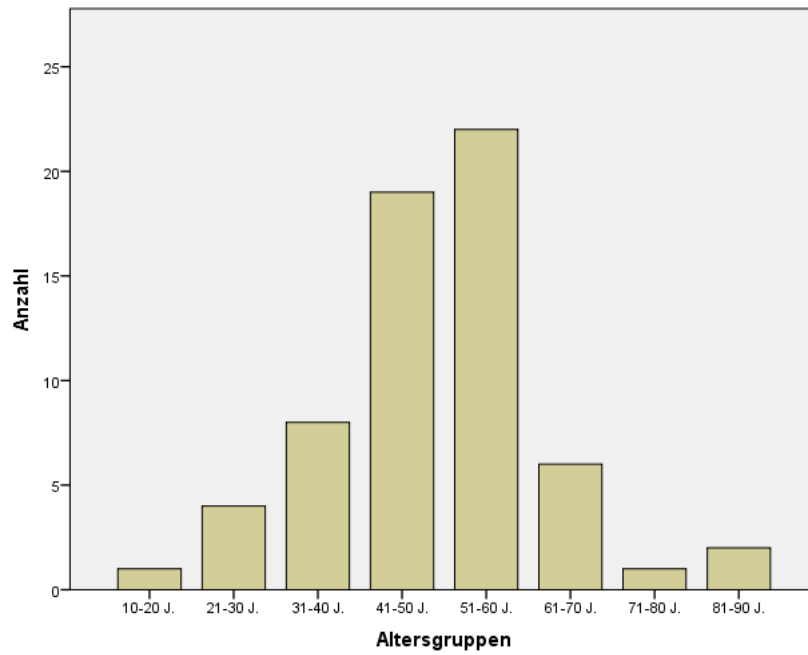


Abb.9: Alter der Patienten

Der Median der Nachuntersuchungszeit lag bei 75 Monaten (Spanne, 8-206 Monate), der Mittelwert bei 84,5 Monaten. Im folgendem Histogramm und Box-Plot ist die genaue Aufteilung bildlich dargestellt (Abb.11 u.12).

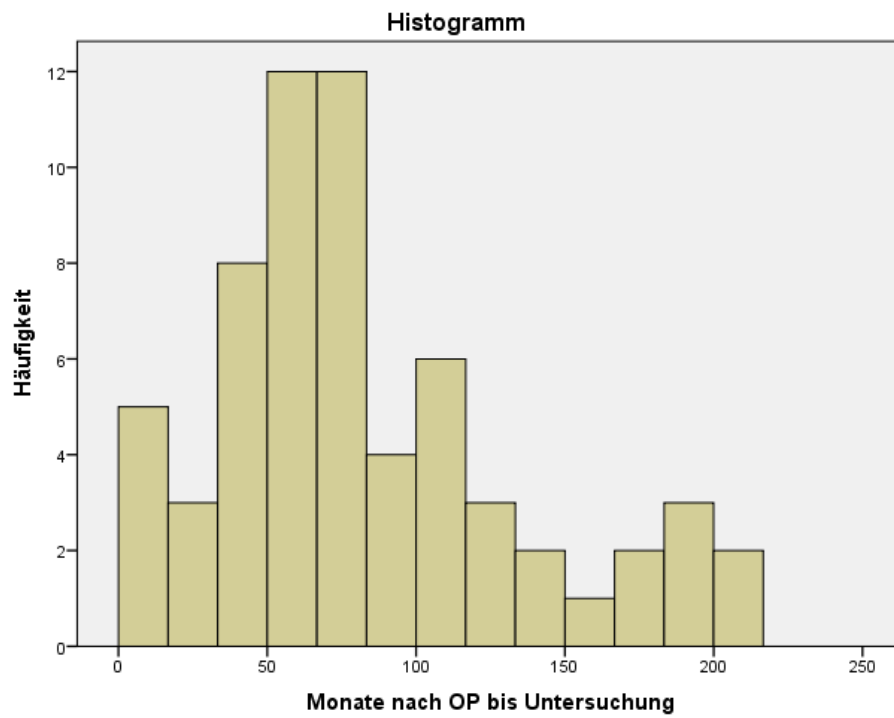


Abb.10: Monate nach OP bis Untersuchung

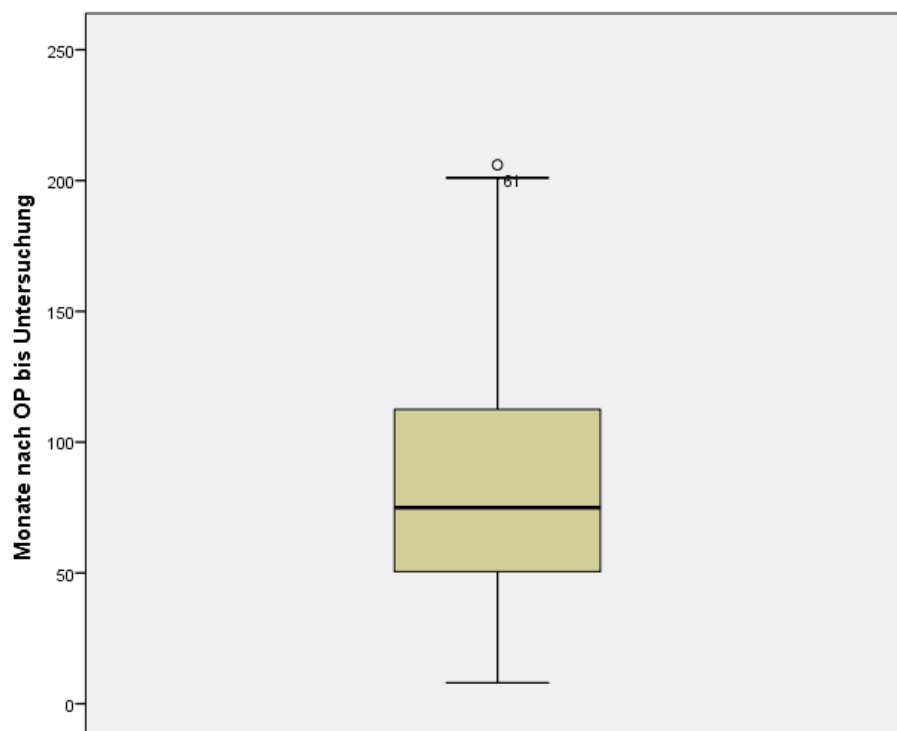


Abb.11: Monate nach OP bis Untersuchung

### 3.2 Indikation

Bei dem größten Teil (59,7%) der Patienten wurde die Indikation zur Ulnakopfprothese wegen persistierender Beschwerden auf dem Boden einer schmerzhaften Instabilität der distalen Ulna nach Bowers-Operation gestellt, gefolgt von Kapandji-Operation (16,1%), posttraumatischer Arthrose (12,9%), Darrach-Operation (8,1%) und primärer Arthrose (3,2%) (Tab.2 und Abb.13).

Indikation	Häufigkeit (n)	%
Bowers	37	59,7
Kapandji	10	16,1
Arthrose posttraumatisch	8	12,9
Darrach	5	8,1
Arthrose primär	2	3,2
Gesamt	62	100

Tab.2: Indikationen zur Ulnakopfprothese

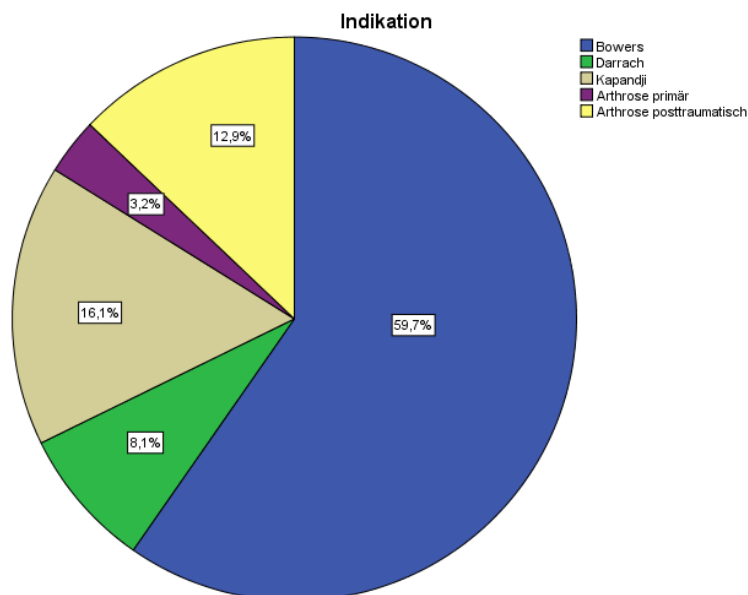


Abb.12: Verteilung der Indikationen



### 3.3 Voroperationen

Durchschnittlich wurden die Patienten dreimal voroperiert (Spanne, 0-12; Standardabweichung 2). (Abb.14)

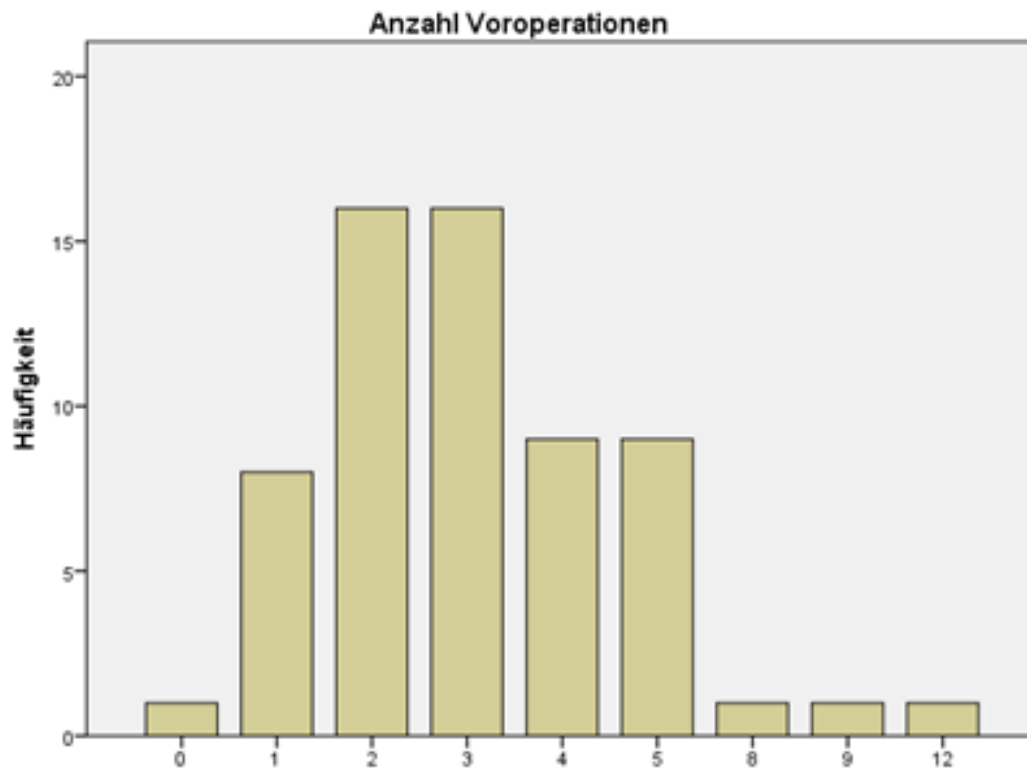


Abb.13: Anzahl Voroperationen

### 3.4 (Teil)-Arthrodese

18 von den 62 Patienten hatten ein teil- oder vollversteiftes Handgelenk, wobei bei 12 Patienten eine komplette Handgelenksarthrodese, bei 5 eine radioskapholunäre Fusion und bei einem Patienten eine radiolunäre Fusion bestand. (Abb.15)

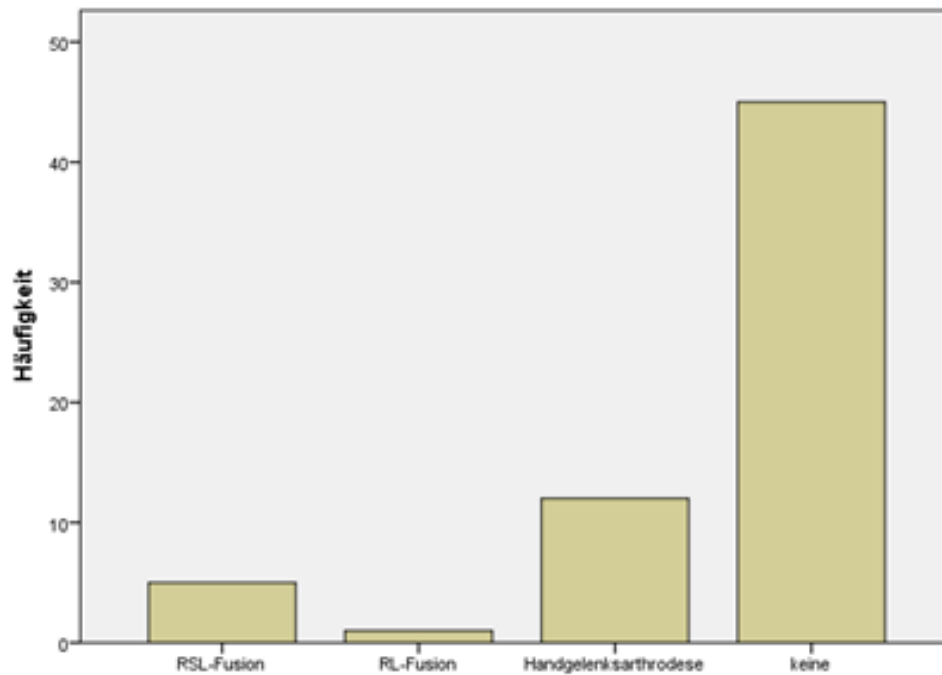


Abb.14: Patienten mit und ohne Arthrodese

Die Häufigkeiten der teil- oder vollversteiften Handgelenke bei den unterschiedlichen Indikationen sind in unten stehendem Diagramm dargestellt. (Abb.16)

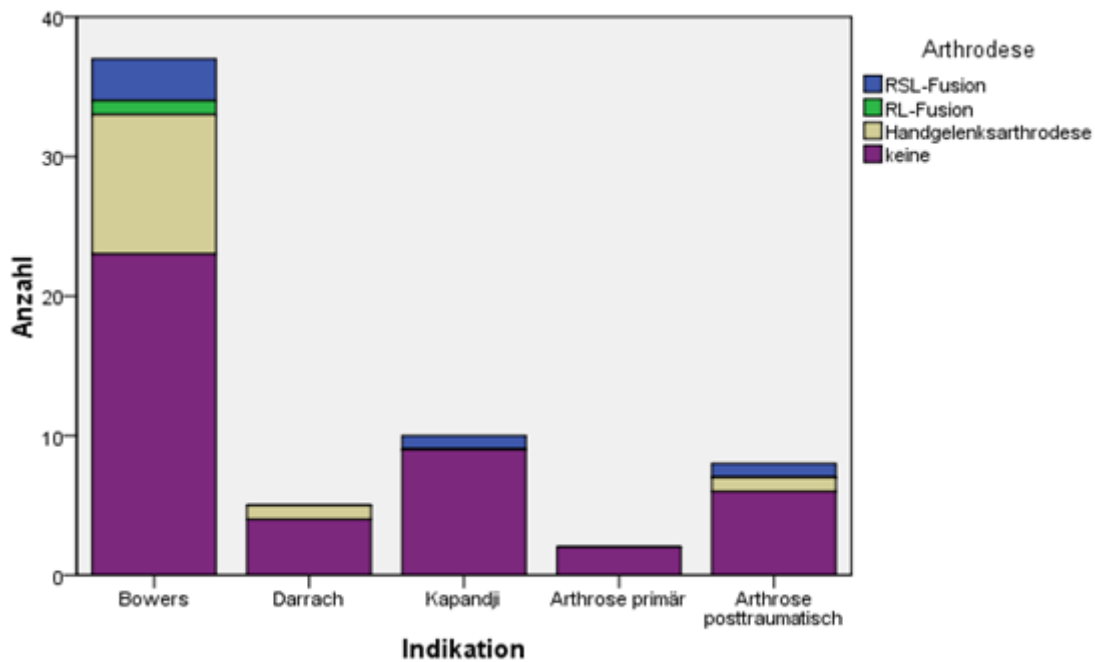


Abb.15: Verteilung (Teil-)Versteifungen unter den Indikationen

Aufgrund der zu kleinen Untergruppen und um eine statistisch sinnvolle Aussage zu ermöglichen wurden die Patienten mit einem teil- oder komplett versteiften Handgelenk für den Vergleich mit den Patienten, die keine Arthrodesese haben, in einer Gruppe zusammengefasst.

Beim Vergleich der Patienten mit Zustand nach einer Arthrodesese (n=18) mit denen die keine Arthrodesese bekommen haben (n=44) zeigt sich, dass die Patienten ohne Arthrodesese beim DASH-Score bessere Werte erzielen. Patienten mit Arthrodesese haben einen durchschnittlichen DASH-Wert von 51,2 (Std.Abw. 20,4) und ohne Arthrodesese einen DASH-Wert von 34 (Std.Abw. 22,4) (Abb.17). Dieser Unterschied ist statistisch signifikant (Mann-Whitney-U-Test,  $p = 0,008$ ).

Beim Mayo-Wrist-Score erzielten die Patienten mit Arthrodesese einen Mittelwert von 55,6 (Std.Abw. 18,2) und die Patienten ohne Arthrodesese 64,3 (Std.Abw. 17) (Abb.18). Diese Differenz ist nicht statistisch signifikant (Mann-Whitney-U-Test,  $p = 0,143$ ).

Beim Krimmer-Score erzielten die Patienten mit Arthrodesese einen Mittelwert von 55,3 (Std.Abw. 24) und die Patienten ohne Arthrodesese 68 (Std.Abw. 18) (Abb.19). Diese Differenz ist nicht statistisch signifikant (Mann-Whitney-U-Test,  $p = 0,062$ ).

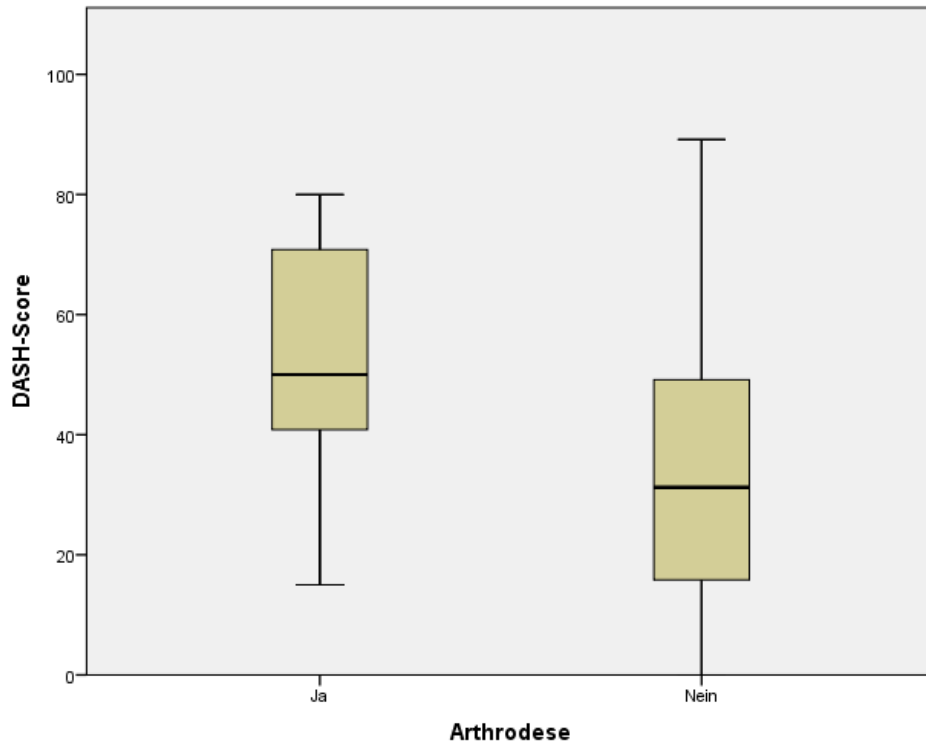


Abb.16: DASH Score Arthrodesis vs keine Arthrodesis

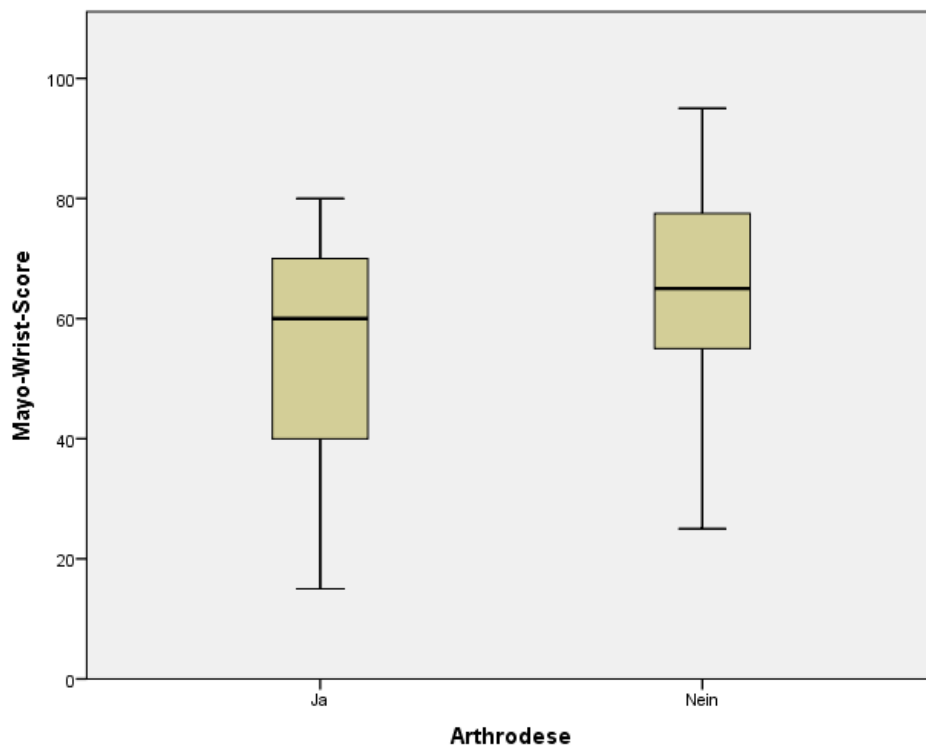


Abb.17: Mayo-Wrist-Score Arthrodesis vs keine Arthrodesis

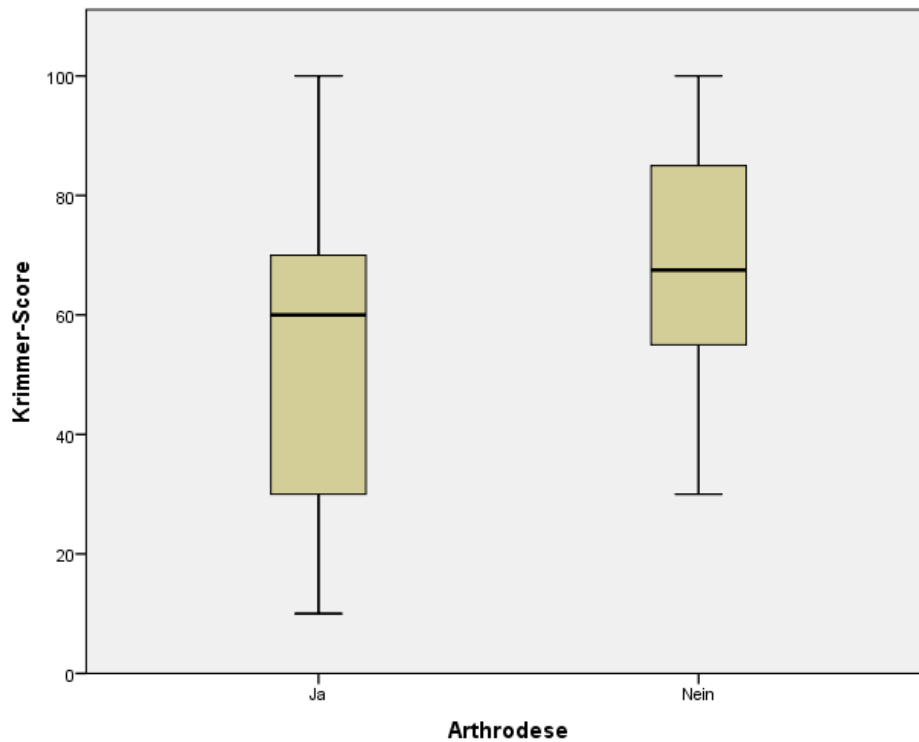


Abb.18: Krimmer-Score Arthrodesis vs keine Arthrodesis

Beim Vergleich der Griffkraft ( $p=0,43$ ), der Pronation ( $p=0,13$ ) und Supination ( $p=0,37$ ) zwischen den Patienten mit und ohne Arthrodesis konnte kein Unterschied festgestellt werden.

### 3.5 UKP unter Arthrodeseblock vs. Resektion des Arthrodeseblockes

Die Kapandji-Situation wurde bei 6 von 10 Patienten aufgehoben. Bei den restlichen Patienten wurde die Ulnakopfprothese unter den Arthrodeseblock implantiert. (Abb.20)

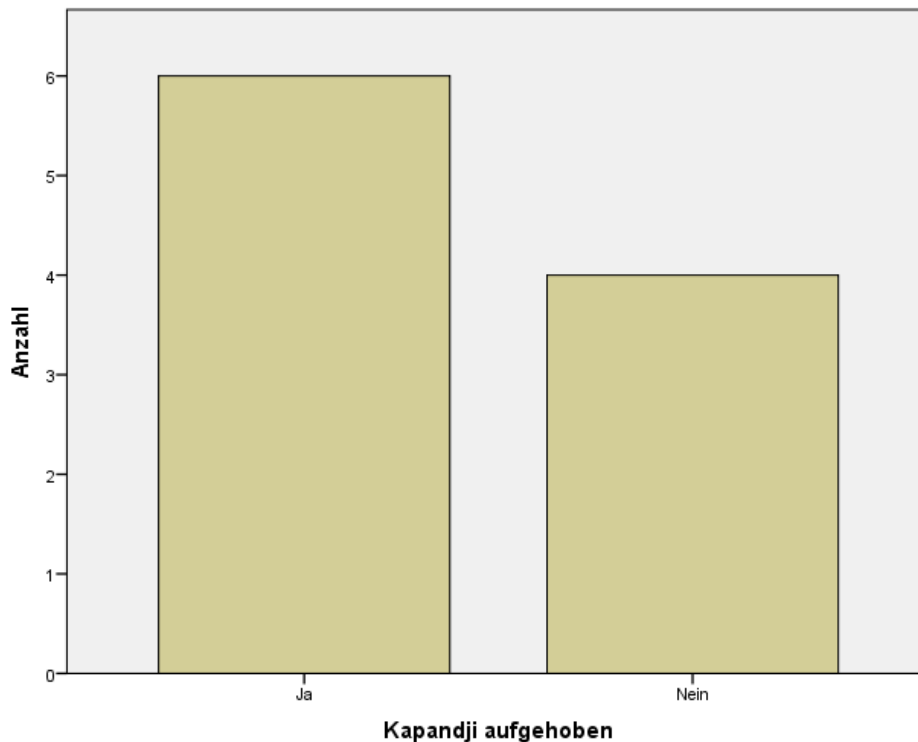


Abb.19: Kapandji-Situation

Beim Vergleich der Patienten mit aufgehobener Kapandji-Situation mit denen, bei denen die UKP unter den Arthrodeseblock implantiert wurde, lässt sich weder für die postoperative Pro- und Supination noch für die postoperative Griffkraft, den DASH-Score, den Krimmer-Score, den Mayo-Wrist-Score oder den postoperativen Ruhe- und Belastungsschmerzen ein signifikanter Unterschied feststellen.

Im Verlauf erfolgte bei einem Patienten mit aufgehobener Kapandji-Situation (16,7%) und bei zwei Patienten, bei denen die UKP unter den Arthrodeseblock implantiert wurde (50%), ein Revisionseingriff.

Abbildung 21 zeigt die Röntgenbilder von einem Patienten, bei dem die Ulnakopfprothese unter den Arthrodeseblock implantiert, wurde sowie von einem

Patienten, bei dem die Kapandji-Situation aufgehoben wurde.

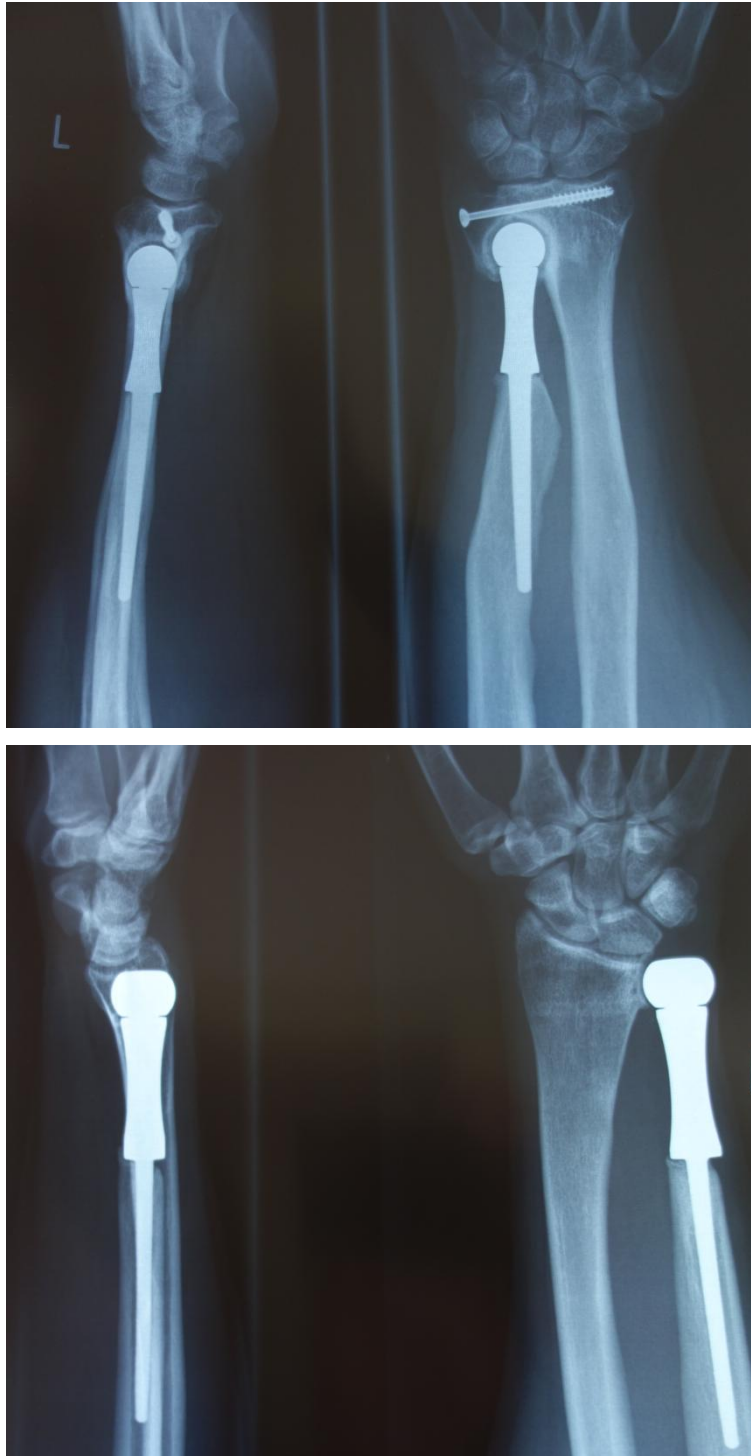


Abb.20: *Oben:* UKP unter Arthrodeseblock. *Unten:* Kapandji-Situation aufgehoben

### 3.6 Schmerzen

Nach der visuellen analogen Schmerzskala (VAS) von null bis zehn lag präoperativ der Schmerz in Ruhe aller Patienten durchschnittlich bei 6,7 und bei Belastung 8,3.

Postoperativ betrug der Schmerz in Ruhe durchschnittlich 2,5 und bei Belastung 4,7.

(Abb.22 u. 23). Die Reduktion der Schmerzen in Ruhe und bei Belastung ist statistisch signifikant (Wilcoxon signed-rank test;  $p < 0.05$ ).

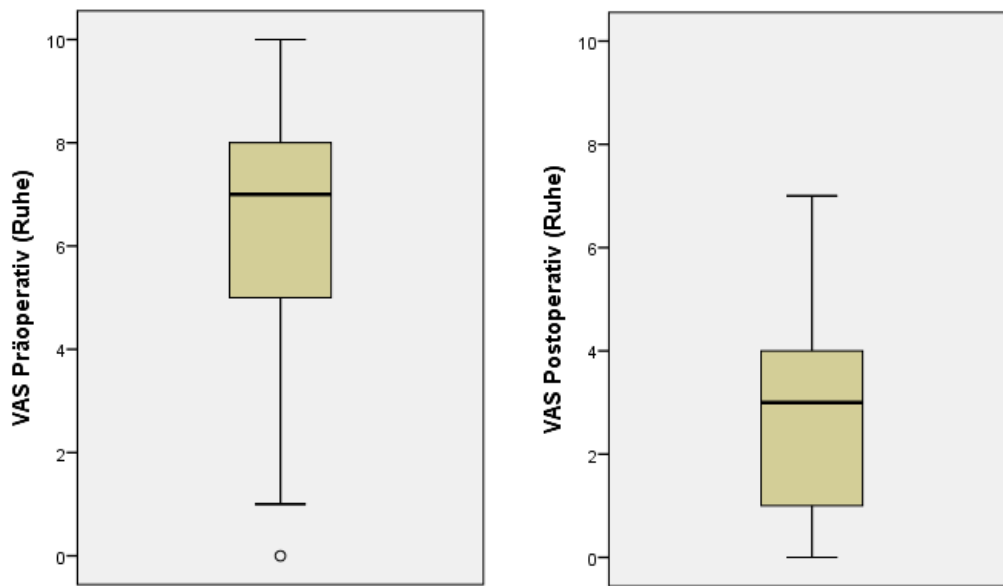


Abb.21: VAS in Ruhe prä- und postoperativ

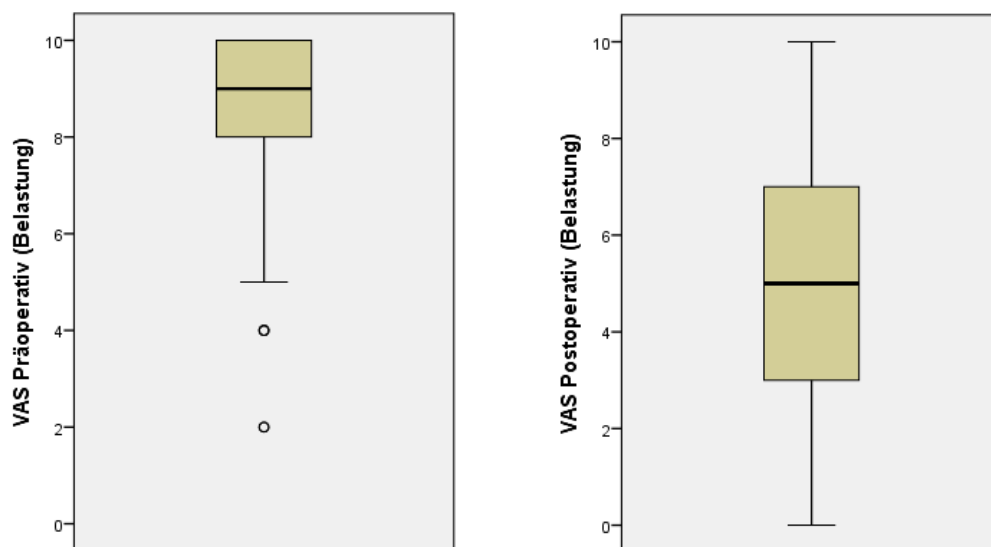


Abb.22: VAS bei Belastung prä- und postoperativ



### 3.7 Beweglichkeit und Griffkraft

Die Pronation aller Patienten (n=62) betrug postoperativ durchschnittlich 67° (Standardabweichung 15,6), die Supination 59° (Standardabweichung 19).

Bei der Aktenauswertung konnten die präoperativen Werte der Pro- und Supination von 57 Patienten festgestellt werden. So betrug die Pronation präoperativ im Durchschnitt 65,3° (Standardabweichung 21,0) und die Supination 56° (Standardabweichung 27,8). Postoperativ beträgt die Pronation dieser Patienten im Mittel 66,9 (Standardabweichung 15,4) und die Supination 60,2 (Standardabweichung 18,1). Die minimale Veränderung der Unterarmdrehbewegung bei den 57 Patienten ist nicht statistisch signifikant (Wilcoxon signed-rank test; p = 0.887 (Pronation); p = 0.443 (Supination)).

Wenn man die Veränderungen der Pro- und Supination für jede einzelne Indikation (Bowers, Darrach, Kapandji, primäre Arthrose und sekundäre Arthrose) gesondert analysiert, lässt sich in keiner dieser Gruppen weder für die Pronation noch für die Supination eine statistisch signifikante Verbesserung feststellen. (Tab.3) Bei den Patienten mit einer sekundären Arthrose zeigt sich aufgrund der Wiederherstellung des arthrotisch zerstörten Gelenkes mit einer Ulnakopfprothese allerdings eine klare Tendenz zur Verbesserung der Pronation als auch der Supination. Die Patienten mit einer vorangegangenen Darrach-Operation zeigen postoperativ eine Tendenz zur schlechteren Unterarmdrehbewegung. (Tab.3) Dies ist biomechanisch möglicherweise so zu erklären, dass nach Prothesenimplantation wieder eine Führung der (distalen) Ulna besteht.

Indikation	n	Pronation Mittelwert (Std.Abw.)			Supination Mittelwert (Std.Abw.)		
		Präoperativ	Postoperativ	p	Präoperativ	Postoperativ	p
Bowers	33	66,7 (19,5)	69,6 (14,7)	.82	55,8 (26,9)	57,8 (19,9)	.75
Darrach	5	78 (13)	60 (24,7)	.06	78 (26,8)	66 (20,4)	.06
Kapandji	10	64,5 (25,4)	67 (11,6)	.90	54 (29,9)	59,5 (18,6)	.63
Primäre Arthrose	1	70	50	-	70	55	-
Sekundäre Arthrose	8	52,5 (23,6)	63,1 (15,3)	.16	43,7 (27,7)	60,6 (13,7)	.07
<b>Alle</b>	<b>57</b>	<b>65,3 (21)</b>	<b>66,9 (15,4)</b>	<b>.89</b>	<b>56 (27,8)</b>	<b>60,2 (18,1)</b>	<b>.44</b>

Tab.3: Bewegungsausmaße prä- und postoperativ bei unterschiedlichen Indikationen

Die Messung der postoperativen Griffkraft (n=62) mit dem Jamar-Dynamometer auf Stufe drei ergab einen durchschnittlichen Wert von 81% (Median 68%) der nicht betroffenen Seite.

Bei 37 Patienten konnte bei der Aktenauswertung die präoperative Kraft in Prozent der nicht betroffenen Seite ermittelt werden. Im Durchschnitt betrug die präoperative Kraft der operierten Seite 59% (Median 51%) der nicht operierten Seite. Die postoperative Kraft betrug im Mittel 90,8% (Median 70%) der Gegenseite. Die Verbesserung der Kraft bei diesen 37 Patienten ist statistisch signifikant (Wilcoxon signed-rank test;  $p < 0.05$ ).

Bei alleiniger Betrachtung der postoperativen Werte der Pronation (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,34$ ), der Supination (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,87$ ) und der postoperativen Kraft in Prozent der Gegenseite (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,79$ ) aller Patienten und beim Vergleich dieser Werte zwischen den Indikationen lässt sich kein signifikanter Unterschied feststellen.

### 3.8 DASH-Fragebogen

Der postoperative DASH-Wert konnte in 60 Fällen berechnet werden. Zwei Patienten haben mehr als 3 Fragen des DASH-Fragebogens nicht beantwortet und konnten daher nicht berücksichtigt werden. Bei den verbliebenen 60 Patienten beträgt der DASH-Wert durchschnittlich 39 (Range, 0-89). (Abb.24)

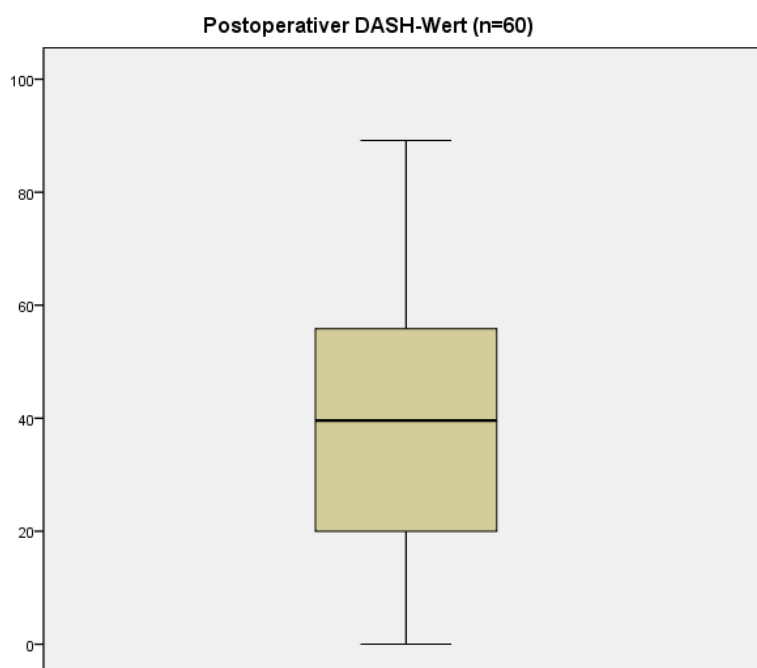


Abb.23: DASH-Score des gesamten Patientenkollektivs

Von 29 Patienten lag ein präoperativer DASH-Wert vor. Der Mittelwert betrug 56 (Range, 5-90). Der postoperative Mittelwert des DASH-Scores dieser 29 Patienten lag bei 43 (Range, 6-89). (Abb.25)

Die Verringerung des DASH-Scores ist statistisch signifikant (Wilcoxon signed-rank test;  $p < 0.05$ ).

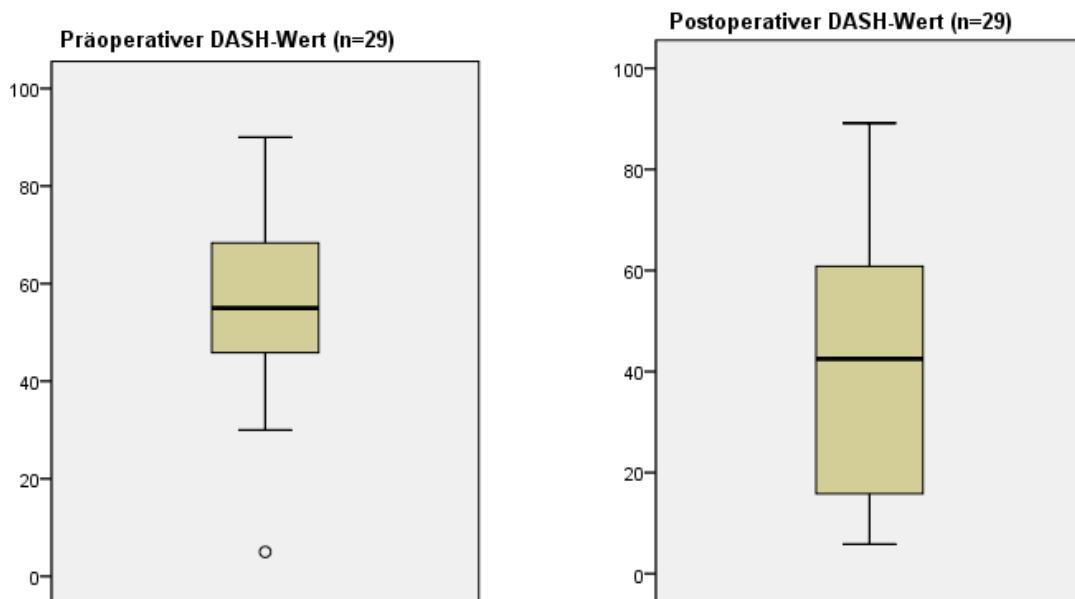


Abb.24: DASH-Score prä- und postoperativ (n=29)

Um zu prüfen, ob es statistisch signifikante Unterschiede in den Ergebnissen des DASH-Scores zwischen den unterschiedlichen Indikationen gab, wurde der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt.

Es gibt keine Indikation, bei der der DASH-Wert statistisch signifikant besser oder schlechter ist als bei den anderen Indikationen (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0.889$ ). Die Verteilungen der postoperativen DASH-Scores der unterschiedlichen Indikationen sind im folgenden Box-Plot bildlich dargestellt. (Abb.26)

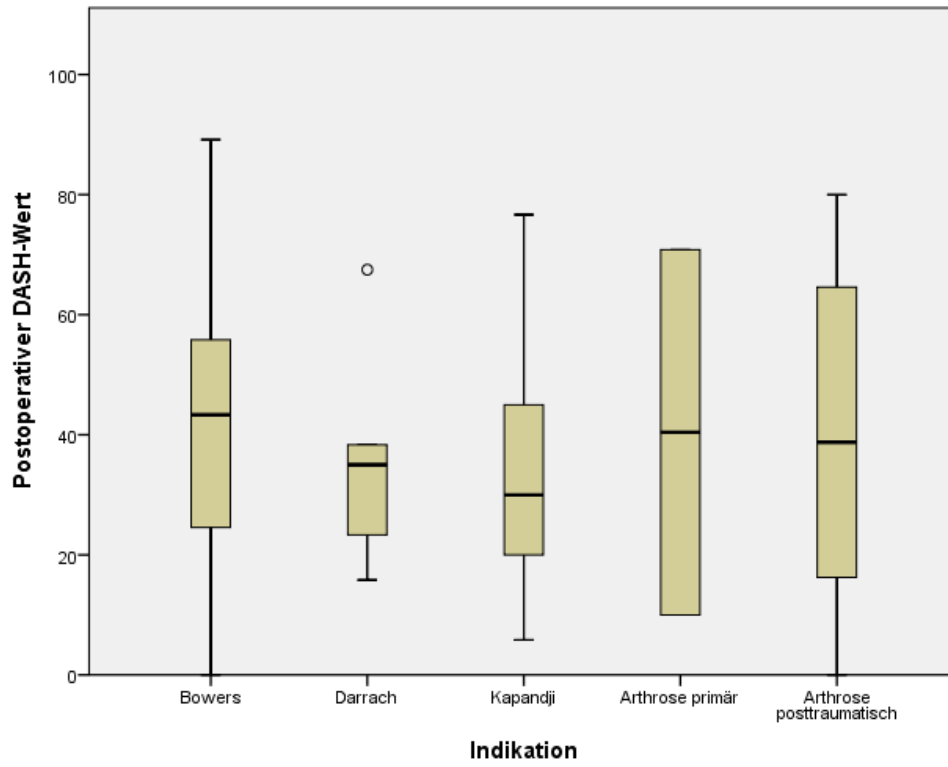


Abb.25: DASH-Score aufgeteilt nach Indikationen

### 3.9 Mayo-Wrist-Score & Krimmer-Score (modifiziert nach van Schoonhoven/Pronk)

*Mayo-Wrist-Score (modifiziert nach van Schoonhoven/Pronk)*

Durchschnittlich beträgt der postoperative Mayo-Wrist-Score 61,8 (Spanne, 15-95). 1,6 Prozent der Patienten erreicht ein sehr gutes, 8,1 Prozent ein gutes, 43,5 Prozent ein befriedigendes und 46,8 Prozent ein schlechtes Ergebnis nach dem Bewertungsschema des Mayo-Wrist-Score. In unten stehender Tabelle und Grafiken sind die Verteilungen der Ergebnisse des Mayo-Wrist-Scores des gesamten Studienkollektivs grafisch dargestellt. (Tab. 4, Abb.27 u. 28)

**Mayo-Wrist-Score**

	n	%
Sehr gut	1	1,6
Gut	5	8,1
Befriedigend	27	43,5
Schlecht	29	46,8
Gesamt	62	100

Tab. 4: Mayo-Wrist-Score

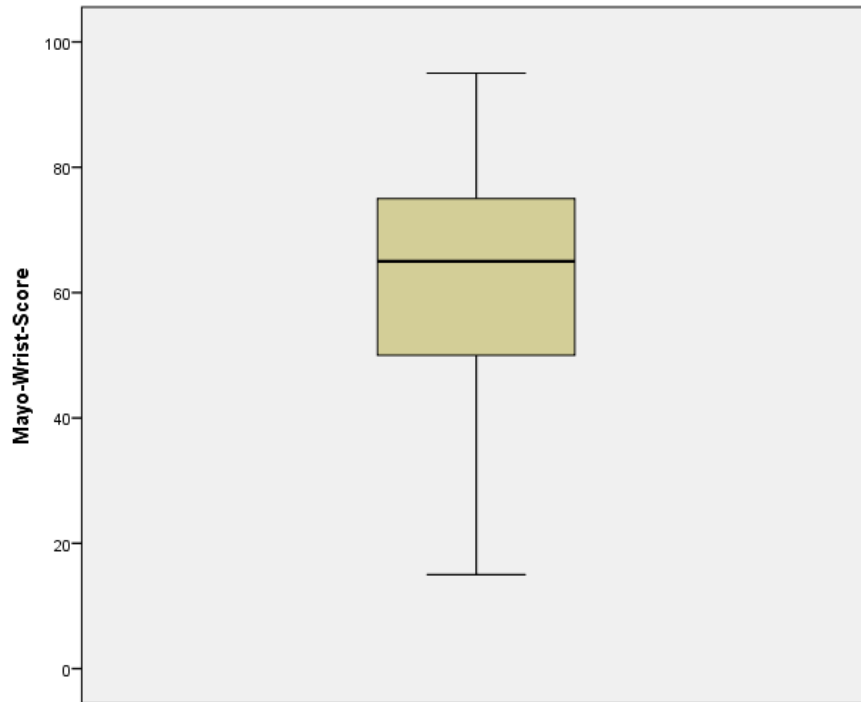


Abb.26: Mayo-Wrist-Score gesamtes Patientenkollektiv, Boxplot

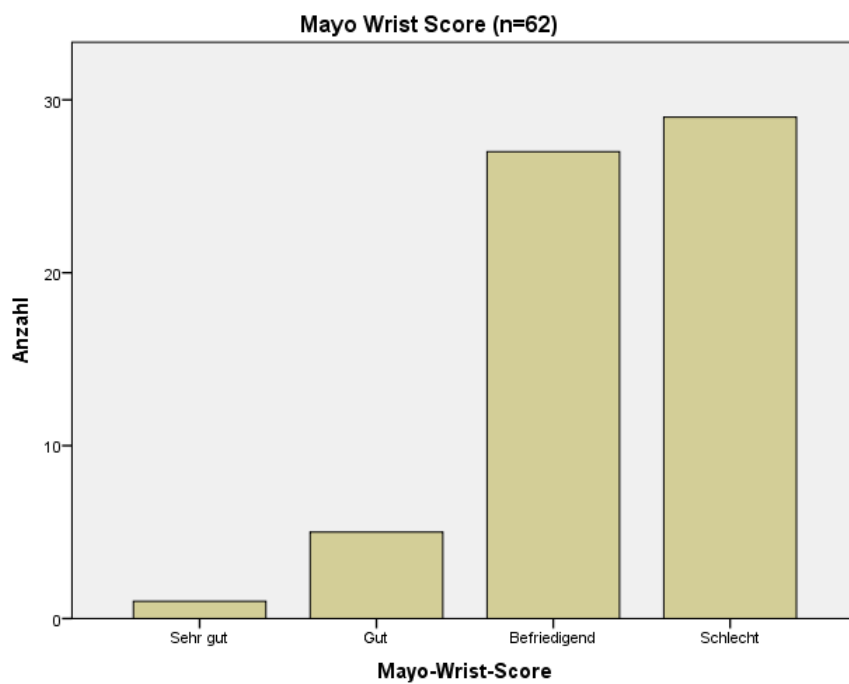


Abb.27: Mayo-Wrist-Score gesamtes Patientenkollektiv

In Abb. 29 werden die Ergebnisse des Mayo-Wrist-Scores jeweils für die unterschiedlichen Indikationen grafisch dargestellt.

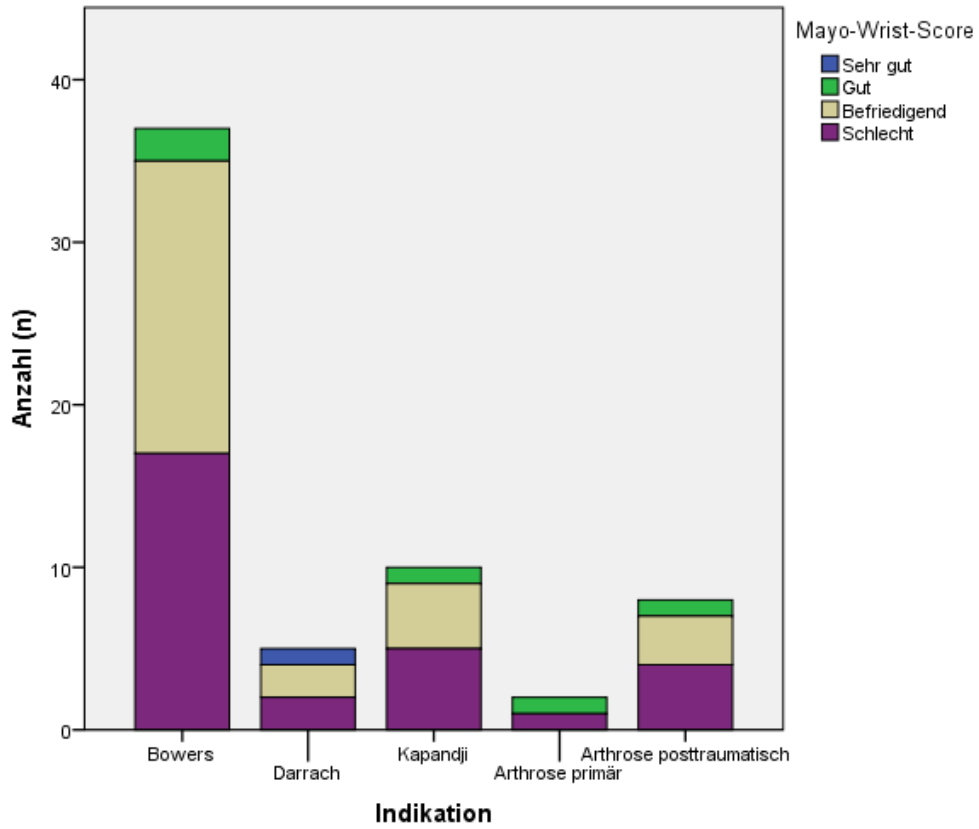


Abb.28: Mayo-Wrist-Score aufgeteilt nach Indikationen



*Krimmer-Score (modifiziert nach Pronk/van Schoonhoven)*

Beim Handgelenkbewertungsschema nach Krimmer erreichen 51,6 Prozent der Patienten eine gute oder sehr gute Bewertung. 27,4 Prozent erreichen ein befriedigendes und 21 Prozent ein schlechtes Ergebnis. (Tab.5) Durchschnittlich beträgt der Krimmer-Score 64,4 (Range 10-100).

In unten stehendem Diagramm (s. Abb.30 u.31) sind die Verteilungen der Ergebnisse des Krimmer-Score des gesamten Studienkollektivs grafisch dargestellt.

In Abbildung 32 werden die Ergebnisse des Krimmer-Scores jeweils für die unterschiedlichen Indikationen grafisch dargestellt.

Krimmer-Score

	<b>n</b>	<b>%</b>
Sehr gut	17	27,4
Gut	15	24,2
Befriedigend	17	27,4
Schlecht	13	21
Gesamt	62	100

Tab. 5: Krimmer-Score

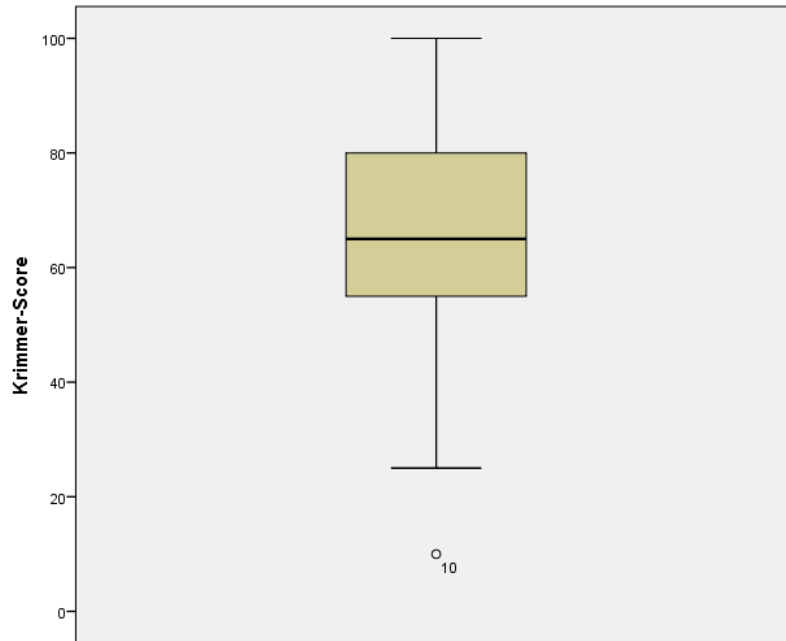


Abb.29: Krimmer-Score gesamtes Patientenkollektiv, Boxplot

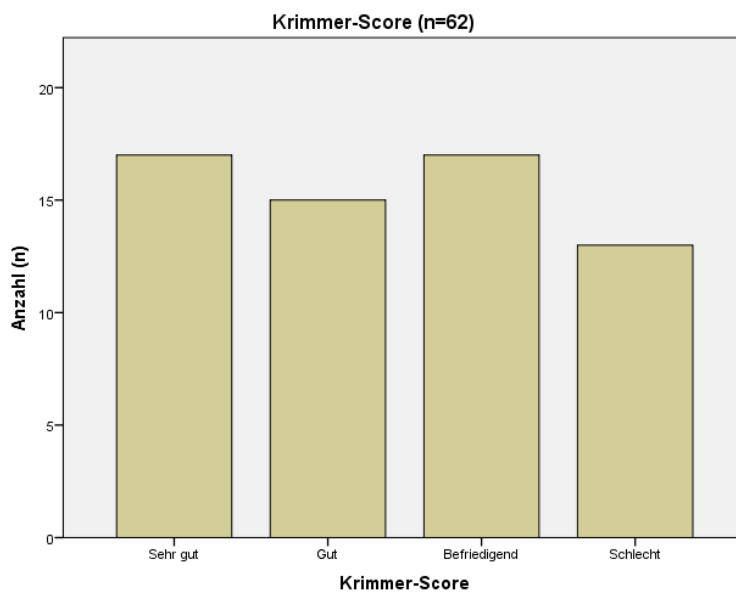


Abb.30: Krimmer-Score gesamtes Patientenkollektiv

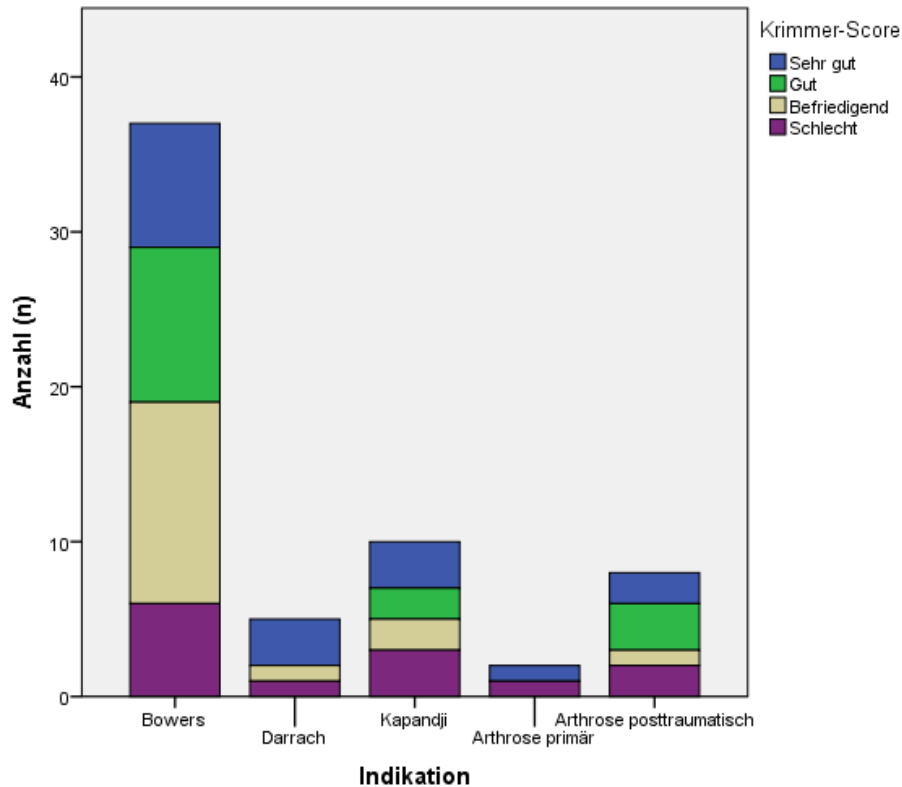


Abb.31: Krimmer-Score aufgeteilt nach Indikationen

Um zu prüfen, ob das Ergebnis des Mayo-Wrist-Score und des Krimmer-Score unabhängig ist von der Indikation für die Ulnakopfprothese, wurde der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt.

Die Indikation für eine Ulnakopfprothese hat keinen Einfluss auf das Ergebnis des Mayo-Wrist-Score (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,91$ ) oder des Krimmer-Score (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,97$ ). Es gibt also keine Indikation, bei der die Ergebnisse dieser Bewertungsschemata statistisch signifikant besser oder schlechter sind als bei den anderen Indikationen.

Es kann in dieser Studie kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl Voroperationen und den Ergebnissen im Mayo-Wrist-Score (Chi-Quadrat nach Pearson,  $p=0,192$ ) oder im Krimmer-Score nachgewiesen werden (Chi-Quadrat nach Pearson,  $p=0,872$ ).

Um zu prüfen, ob bestimmte Faktoren oder Patienteneigenschaften einen negativen Einfluss auf das klinische Ergebnis haben, wurden die Patienten mit einem „sehr guten“ Ergebnis im Krimmer-Score (n=17) verglichen mit den Patientin die ein „schlechtes“ Ergebnis erzielten (n=13). Der Mayo-Wrist-Score wurde aufgrund der ungleichen Verteilung der Gruppen (sehr gut n=1, schlecht n=29) hierfür nicht verwendet.

Die Anzahl der Voroperationen (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,281$ ) und die postoperative Ulnavarianz (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,755$ ) der Patienten mit sehr gutem und schlechten Ergebnis im Krimmer-Score ist zwischen diesen beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich.

Die Häufigkeit der unterschiedlichen Indikationen ist zwischen den beiden Gruppen ebenfalls nicht statistisch signifikant unterschiedlich (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,756$ ).

Von den 13 Patienten mit einem schlechten Ergebnis haben 7 ein teil- oder vollversteiftes Handgelenk. Von den 17 Patienten mit einem sehr guten Ergebnis haben 3 Patienten ein teil- oder vollversteiftes Handgelenk. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,04$ ).

### **3.10 Stabilität DRUG**

Bei der Nachuntersuchung zeigten alle Patienten klinisch ein stabiles DRUG.

### 3.11 Radiologische Ergebnisse (Konventionelle Röntgendiagnostik)

Bei insgesamt 39 Patienten fand sich auf den Röntgenaufnahmen eine knöcherne Resorption um den distalen Prothesenschaft direkt unterhalb des Prothesenkragens. Die knöcherne Resorption distal an der Ulna beträgt im Mittel 1,91 mm

(Spanne 0-6). (Abb.33) Zur Analyse ob die knöcherne Resorption am distalen Ulnaende einen Einfluss auf die klinischen Ergebnisse der Ulnakopfprothese hat wurde das Patientenkollektiv in zwei Gruppen geteilt. Die Patienten, bei denen sich keine knöcherne Resorption (n=23) am distalen Ulnaende zeigte, bildeten die eine Gruppe und die zweite Gruppe bestand aus allen Patienten, bei denen eine knöcherne Resorption (n=39) stattgefunden hat.

Es zeigt sich, dass die knöcherne Resorption am distalen Ulnaende keinen Einfluss auf den Mayo-Wrist-Score (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,624$ ), den Krimmer-Score (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,913$ ), den DASH-Score (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,476$ ), die Pronation (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,550$ ) und die Supination (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,383$ ) hat.

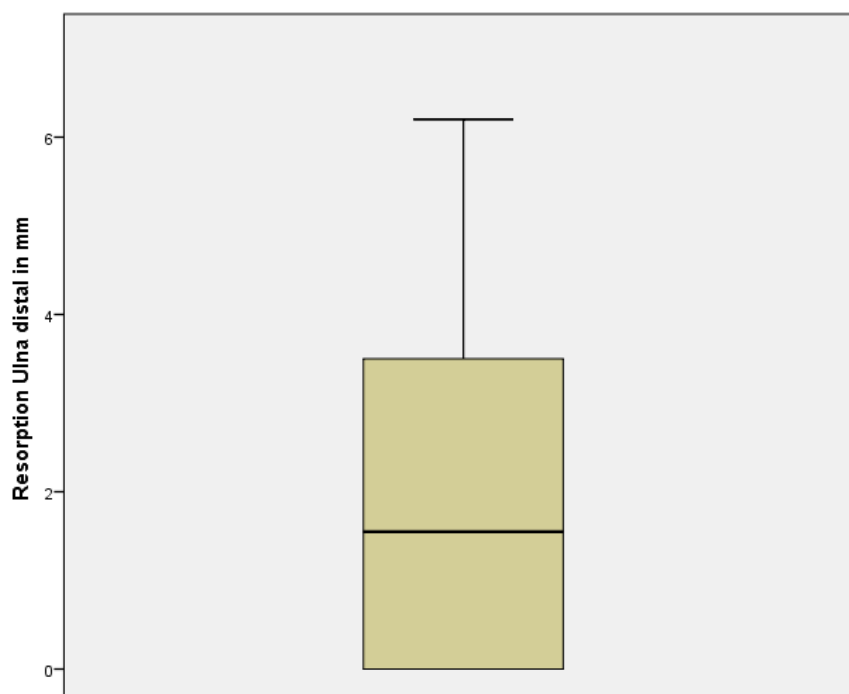


Abb.32: Resorption Ulna distal

Die Ulnavarianz betrug bei 53 Patienten im Mittel -2,16mm (Standardabweichung 1,77). (Abb.34) Bei den übrigen Patienten war es aus unterschiedlichen Gründen nicht möglich bzw. sinnvoll, die Ulnavarianz zu bestimmen. So war bei 5 Patienten die Ulnakopfprothese tief in den Radius eingegraben und bei 4 Patienten wurde die Ulnakopfprothese unter den Kapandjiblock implantiert. Bei den Patienten, die ein (teil-) versteiftes Handgelenk haben, konnte auf den Röntgenbildern das ehemalige distale ulnare Radiusende gesehen und somit auch die Ulnavarianz bestimmt werden. Von den 53 Patienten hatten vier eine neutrale Ulnavarianz, vier eine positive Ulnavarianz (Spanne 1-2mm) und 45 eine negative Ulnavarianz (Spanne 1-7mm).

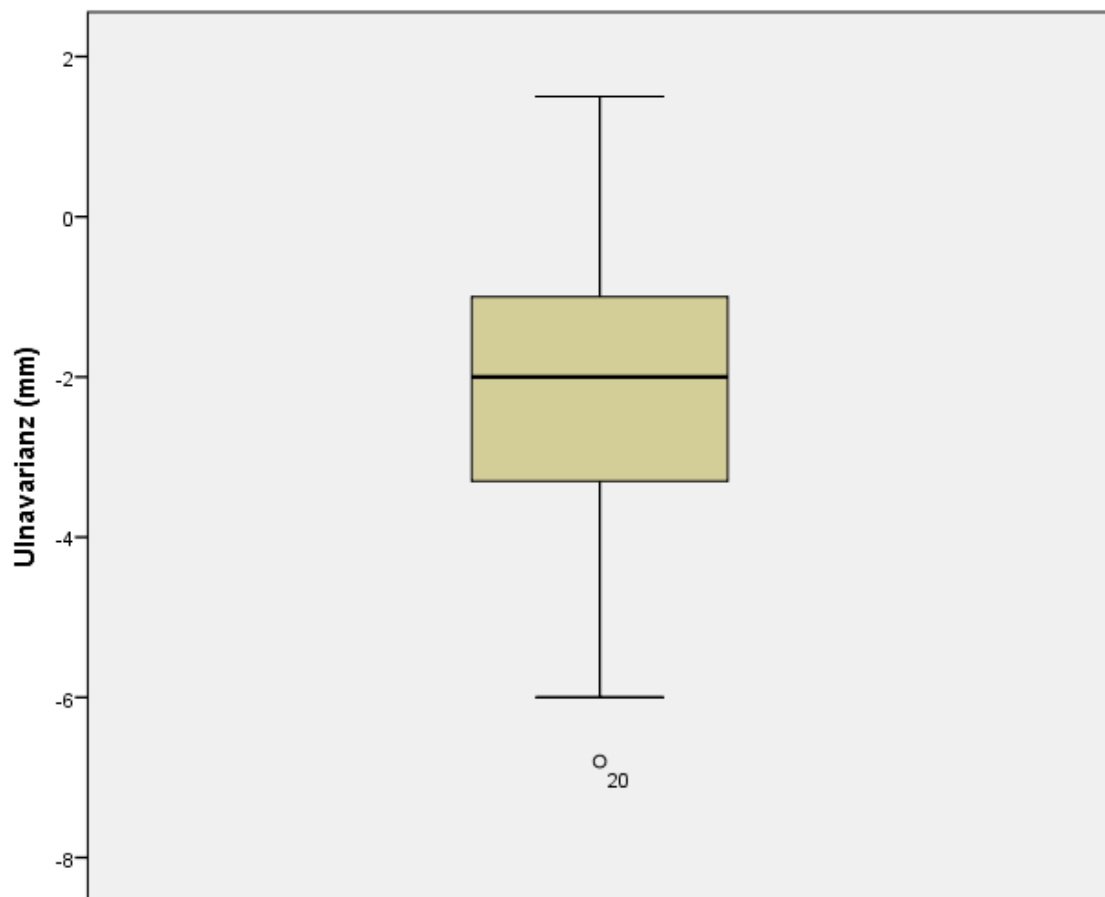


Abb.33: Ulnavarianz

Die Patienten mit einer negativen Ulnavarianz (n=45) hatten durchschnittlich einen DASH-Wert von 35 (Std Abweichung 21,4, Spanne 0-78). Ein Patient mit negativer

Ulnavarianz hat nicht alle Fragen im DASH-Fragebogen beantwortet.

Von den 4 Patienten mit einer positiven Ulnavarianz konnte von drei der DASH Wert ermittelt werden, weil ein Patient nicht alle Fragen des DASH-Bogens beantwortet hat. In dieser Gruppe beträgt der DASH-Wert im Durchschnitt 47 (Std Abweichung 36,7, Spanne 21-89).

Die vier Patienten mit einer neutralen Ulnavarianz hatten durchschnittlich einen DASH-Wert von 72 (Std Abweichung 9,5, Spanne 59-80)

Dieser Unterschied im DASH-Score zwischen den Ulnavarianzen (Positiv, Neutral, Negativ) ist statistisch signifikant (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,014$ ).

Vermutlich ist ein „iatrogenes“ Ulnaimpaktion-Syndrom verantwortlich für die signifikant schlechteren DASH-Werte bei den Patienten mit positiver und neutraler Ulnavarianz im Vergleich zu den Patienten mit negativer Ulnavarianz. Daher sollte nach der Prothesenimplantation eine Ulnaminus-Situation von 2mm angestrebt werden, um ein Ulnaimpaktion-Syndrom zu vermeiden.

Für den Mayo-Wrist-Score (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,848$ ), den Krimmer-Score (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,494$ ), die Pronation (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,559$ ) und die Supination (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,907$ ) konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Ulnavarianzen (Positiv, Neutral, Negativ) festgestellt werden.

Die Analyse zwischen den Patienten mit positiver, neutraler und negativer Ulnavarianz bezüglich der postoperativen Griffkraft in Prozent der Gegenseite zeigt keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen diesen drei Gruppen (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,586$ ).

Es gibt keinen statistisch signifikanten Unterschied bei den postoperativen Schmerzen in Ruhe (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,630$ ) oder bei Belastung (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,502$ ) (VAS-Skala) zwischen den Gruppen mit positiver, neutraler oder negativer Ulnavarianz.

Veränderungen an der Incisura ulnaris im Sinne von knöchernen Anbauten konnten bei 8 Patienten (12,9%) festgestellt werden. (Abb.35) Diese Anbauten haben keinen Einfluss auf den Mayo-Wrist-Score (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,114$ ), den Krimmer-Score (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,368$ ), den DASH-Score (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,842$ ), die Pronation (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,641$ ) und die Supination (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,326$ ).



Abb.34: Knöcherner Anbau Incisura ulnaris



Die Ulnakopfprothese hat sich bei 5 Patienten in den Radius eingegraben. Das Eingraben der Ulnakopfprothese hat keinen Einfluss auf den Mayo-Wrist-Score (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,052$ ), den Krimmer-Score (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,102$ ), den DASH-Score (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,256$ ) und die Pronation (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,536$ ).



Abb.35: Migration der Prothese in den Radius

Die Patienten, bei denen sich die Ulnakopfprothese in den Radius eingegraben hat, haben durchschnittlich eine Supination von  $40^\circ$  im Gegensatz zu  $61^\circ$  bei den Patienten, bei denen sich die Ulnakopfprothese nicht eingegraben hat. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,021$ ).

Radiologische oder klinische Zeichen einer Lockerung der Prothese im Ulnaschaft wurden bei keinem Patienten festgestellt.

Es fiel auf, dass bei 11 Patienten auf der seitlichen Röntgenaufnahme des Handgelenkes eine dorsale Stellung der Ulna bestand ( $\geq$  die Hälfte des Ulnakopfes überragt dorsal den Radius). Dies hat jedoch keinen Einfluss auf das klinische Ergebnis oder die Funktion im Vergleich zu den Patienten mit regelrechter Stellung der Ulna. [Mayo-Wrist-Score (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,377$ ), Krimmer-Score (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,208$ ), DASH-Score (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,513$ ), Pronation (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,531$ ) und Supination (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,951$ )].

### **3.12 Radiologische Ergebnisse der Patienten mit Schnittbilddiagnostik (CT/MRT)**

Bei der Aktenauswertung der teilnehmenden Patienten fand sich, dass bei 10 Patienten im früheren Verlauf neben konventionellen Röntgenaufnahmen CT- und MRT-Untersuchungen des operierten Handgelenkes durchgeführt wurden. Bei all diesen Patienten wurde am Tage der CT/MRT-Untersuchung auch eine konventionelle Röntgenuntersuchung des Handgelenkes in zwei Ebenen durchgeführt sowie der DASH-Score erhoben.

Bei 8 Patienten wurde die UKP wegen persistierenden Beschwerden nach Bowers-Operation und bei 2 Patienten wegen persistierenden Beschwerden nach Darrach-Operation implantiert.

Die Zeit von Prothesenimplantation bis zu diesen Untersuchungen betrug durchschnittlich 48 Monate (Spanne 11-69).

Bei allen Patienten zeigte die Computertomographie, dass der Schaft der Prothese über der gesamten Länge zirkulär in Kontakt stand mit Knochen trabekeln der Spongiosa. Am distalen Ende der Ulna bestand ebenfalls zirkulärer Kontakt der Prothese mit der Cortex. Von den 10 Patienten wurde bei einem Patienten Zeichen einer Instabilität im Sinne einer dorsalen Subluxation des Ulnakopfes gesehen. Dieser Patient ist auch einer von den 11 Patienten, die auf den aktuellen seitlichen Röntgenaufnahmen des Handgelenkes eine dorsale Stellung der distalen Ulna ( $\geq$  die Hälfte des Ulnakopfes überragt dorsal den Radius) aufweisen.

Die MRT-Untersuchungen zeigten weder Zeichen einer Synovitis im Bereich der Weichteilgewebe um den Ulnakopf noch am DRUG. Bei einem Patienten konnte bei der MRT-Untersuchung ein Knochenödem am proximalen und ulnaren Aspekt des Lunatums gesehen werden. Dieser Patient wies im konventionellen Röntgenbild eine Ulnaplastik-Situation von 0,5mm auf.

Die Zeit, die von diesen „alten“ Untersuchungen bis zur Nachuntersuchung für diese Studie vergangen ist, beträgt im Durchschnitt 135 Monate (Spanne 134-137). Die Prothese ist bei diesen 10 Patienten durchschnittlich 183 Monate in situ (Spanne 145-206).

Im Durchschnitt hat sich die Ulnavarianz auf den konventionellen Röntgenaufnahmen in den 135 Monaten von -2,1mm auf -1,6mm verändert. Dieser Unterschied ist nicht statistisch signifikant (Wilcoxon-Test,  $p=0,108$ ).

Die knöchernen Resorption am distalen Ulnaende hat sich bei diesen 10 Patienten über die Zeit nicht signifikant verändert ( $p=0,062$ ). Bei 5 Patienten hat die Resorption zugenommen (Spanne, 1-2mm), bei 4 Patienten ist sie unverändert geblieben und bei einem Patienten war sie rückläufig. Die Resorption am distalen Ulnaende bei den 10 Patienten betrug zunächst im Schnitt 1,3mm und beträgt aktuell im Schnitt 2mm.

Der DASH-Wert dieser 10 Patienten ist im postoperativen Verlauf von durchschnittlich 39 auf 41 gestiegen. Dieser Anstieg ist statistisch nicht signifikant (Wilcoxon-Test,  $p=0,77$ ).

Bei keinem dieser 10 Patienten hat sich die Prothese in den Radius eingegraben.

Es besteht kein signifikanter Unterschied bezüglich des DASH-Wertes (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,877$ ), des Krimmer-Scores ( $p=0,062$ ), des Mayo-Scores ( $p=0,229$ ), der Unterarmdrehbewegung ( $p=0,290$ ) und der postoperativen Griffkraft in Prozent der Gegenseite ( $p=0,419$ ) dieser 10 Patienten im Vergleich zu den Patienten bei denen keine Schnittbilddiagnostik durchgeführt wurde.

Auch besteht kein signifikanter Unterschied in den postoperativ angegebenen Schmerzen in Ruhe ( $p=1$ ) und bei Belastung ( $p=0,506$ ) bei den Patienten, bei denen Schnittbilddiagnostik durchgeführt wurde im Vergleich zu den Patienten, bei denen nur konventionelle Röntgendiagnostik im postoperativen Verlauf durchgeführt wurde.

### 3.13 Patientenzufriedenheit

Insgesamt 56 Patienten (90,3%) würden die Operation nochmals durchführen lassen.

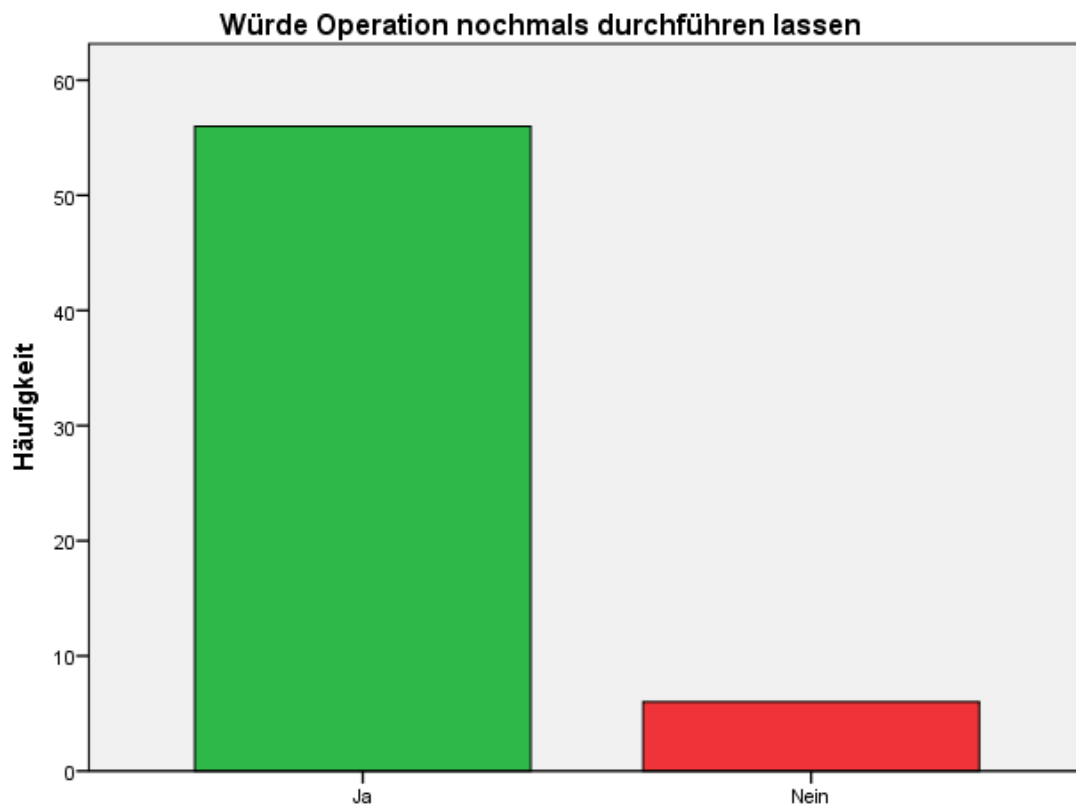


Abb.36: Zufriedenheit Operation

### 3.14 Komplikationen der Herbert-Ulnakopfprothese

Zwei Patienten bei denen die Ulnakopfprothese entfernt wurde, wurden klinisch nicht nachuntersucht. Für die Überlebenszeit- und Komplikationsanalyse wurden sie jedoch in die Studie aufgenommen. Demzufolge beträgt in diesem und nächsten Kapitel die Fall- bzw. Patientenzahl 64.

Bei insgesamt 16 (25%) von den 64 Patienten wurde mindestens eine Revisionsoperation durchgeführt. Bei 12 Patienten wurde eine, bei 3 Patienten wurden zwei und bei einem Patienten 4 Revisionsoperationen durchgeführt. Folgende Revisionsoperationen wurden alleine und teilweise in Kombination durchgeführt: Prothesenwechsel (4x), Prothesenkopfwechsel (5x), Reposition und Stabilisierung Prothese (1x), Entfernung Prothese und Verfahrenswechsel (2x), Vertiefung incisura ulnaris (4x), Resektion N.interosseus anterior (NIA) und N.interosseus posterior (NIP) (4x) , Resektion ossifizierter TFCC (1x), Kapselraffung (2x), Radiuskorrekturosteotomie (1x) und die Zementierung des Prothesenschaftes (1x). (Tab. 6)

Bis zur ersten Revisionsoperationen vergingen im Schnitt 8,3 Monate (Spanne 1-36).

Revisionsoperation	Anzahl
Prothesenwechsel	4
Prothesenkopfwechsel	2
Reposition und Stabilisierung Prothese	1
One-Bone-Forearm + Handgelenksarthrodese	1
Entfernung Prothese (und so belassen)	1
Kopfwechsel + Vertiefung incisura ulnaris	3
Resektion NIP / NIA	4
Resektion ossifizierter TFCC	1
Kapselraffung	2
Radiuskorrekturosteotomie	1
Zementierung Prothesenschaft	1
Vertiefen Incisura ulnaris	1

Tab.6: Anzahl und Art der Revisionsoperationen

Insgesamt musste die komplette Prothese in 6 Fällen entfernt werden. In 4 Fällen konnte erfolgreich eine neue Prothese implantiert werden und in 2 Fällen musste das Verfahren gewechselt werden. Die häufigste Ursache, die zum Austausch der Prothese bzw. zum Verfahrenswechsel führte, war die Luxation gefolgt durch persistierende Bewegungsschmerzen. (Tab.7) Bei allen Patienten mit Prothesenluxationen konnte eine neue Prothese implantiert werden. Persistierende Bewegungsschmerzen und persistierende Synovialitiden waren die Ursachen bei den Fällen, die zu einem Verfahrenswechsel führten. In einem Fall wurde eine Handgelenksarthrodese mit One-Bone-Forearm-Operation durchgeführt und im anderen Fall wurde lediglich die Prothese entfernt und die Situation anschließend so belassen ohne weitere „Korrektur“.

Grund des Prothesenwechsel / Verfahrenswechsel	Anzahl
Prothesenluxation	4 (66,6%)
Persistierende Bewegungsschmerzen	1 (16,7%)
Persistierende Synovialitiden	1 (16,7%)

Tab.7: Anzahl und Grund des Prothesen- oder Verfahrenswechsels

Die Indikation zur Ulnakopfprothese bei den 6 Patienten, bei denen die Prothese bzw. das Verfahren gewechselt wurde, war in 3 Fällen wegen persistierender Beschwerden nach Bowers-Operation und jeweils einmal wegen persistierender Beschwerden nach Darrach-Operation, nach Kapandji-Operation und bei initialer Arthrose des DRUG.

Bei der aktuellen Datenerhebung fand sich kein signifikanter Unterschied bezüglich des DASH-Wertes (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,311$ ), des Krimmer-Scores ( $p=0,295$ ), des Mayo-Scores ( $p=0,357$ ), der Pronation ( $p=0,239$ ), der Supination ( $p=0,780$ ) und der postoperativen Griffkraft in Prozent der Gegenseite ( $p=0,234$ ) der 16 Patienten, bei denen ein Revisionseingriff durchgeführt werden musste im Vergleich zu den Patienten, bei denen kein Revisionseingriff durchgeführt wurde.

Auch besteht kein signifikanter Unterschied in den postoperativ angegebenen Schmerzen in Ruhe ( $p=0,379$ ) und bei Belastung ( $p=0,899$ ) bei den Patienten, bei denen ein Revisionseingriff durchgeführt wurde im Vergleich zu den Patienten, bei denen kein

Revisionseingriff im Verlauf durchgeführt wurde.

Es gibt keinen signifikanten Unterschied bezüglich der Häufigkeit von Komplikationen unter den Indikationen (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,894$ ).

Beim Vergleich der Ergebnisse der 4 Patienten, bei denen eine neue Prothese wegen einer Prothesenluxation implantiert wurde, fällt kein signifikanter Unterschied zu den restlichen Patienten auf: DASH-Wert (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,077$ ), Krimmer-Score ( $p=0,190$ ), Mayo-Score ( $p=0,515$ ), Pronation ( $p=0,222$ ), Supination ( $p=0,480$ ), postoperative Griffkraft in Prozent der Gegenseite ( $p=0,877$ ), postoperativ angegebene Schmerzen in Ruhe ( $p=0,480$ ) und bei Belastung ( $p=0,190$ ).

### 3.15 Überlebensanalyse der Herbert-Ulnakopfprothese

In Abb.38 ist die Überlebenskurve nach Kaplan-Meier der Herbert-Ulnakopfprothese dargestellt. Für die Überlebensanalyse wurde die Zeit in Monaten vom Protheseneinbau bis zur Nachuntersuchung bzw. bis zum Ausbau der kompletten Prothese (Prothesenschaft und –kopf) als Endpunkt genommen.

Die 15-Jahres-Überlebensrate liegt bei 90,3% (Standardfehler 0,038).

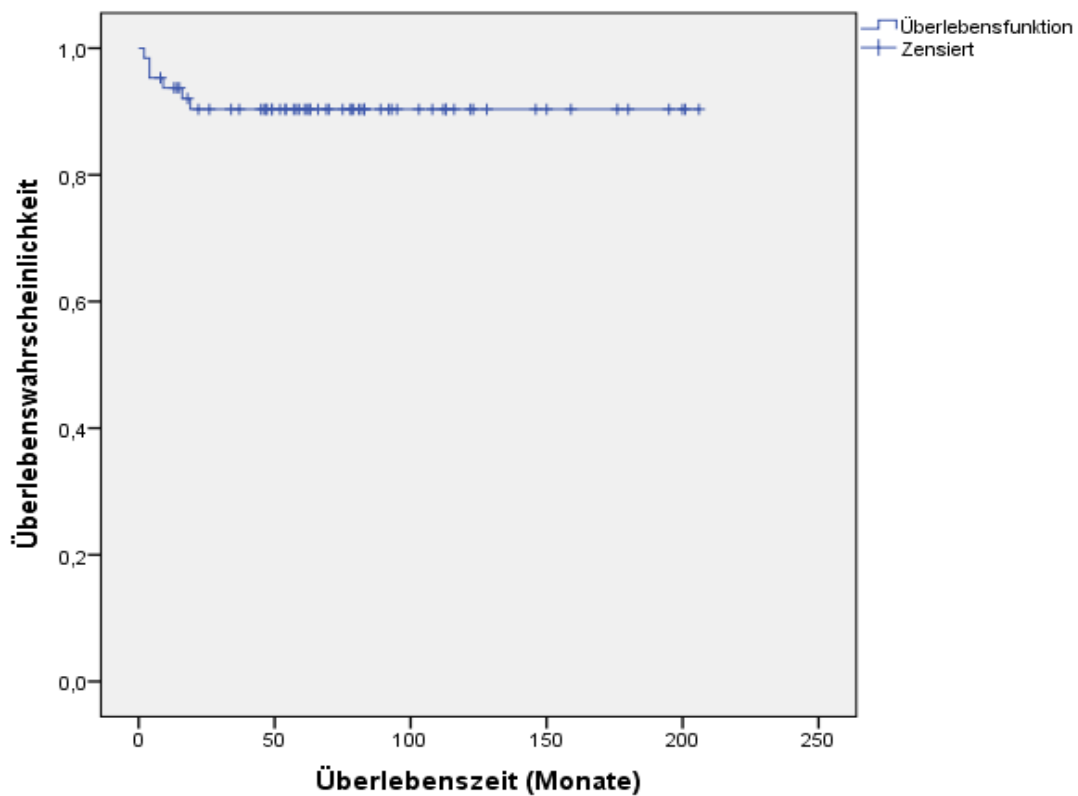


Abb.37: Kaplan-Meier-Kurve für die Überlebenszeit der Herbert-Ulnakopfprothese



Ebenfalls wurde für die Überlebensanalyse der Ulnakopfprothese die Zeit in Monaten vom Protheseneinbau bis zur Nachuntersuchung bzw. bis zum Ausbau der kompletten Prothese oder lediglich des Prothesenkopfes als Endpunkt genommen. Bei dieser Analyse beträgt die 15-Jahres Überlebensrate 85,8% (Standardfehler 0,044). (Abb.39)

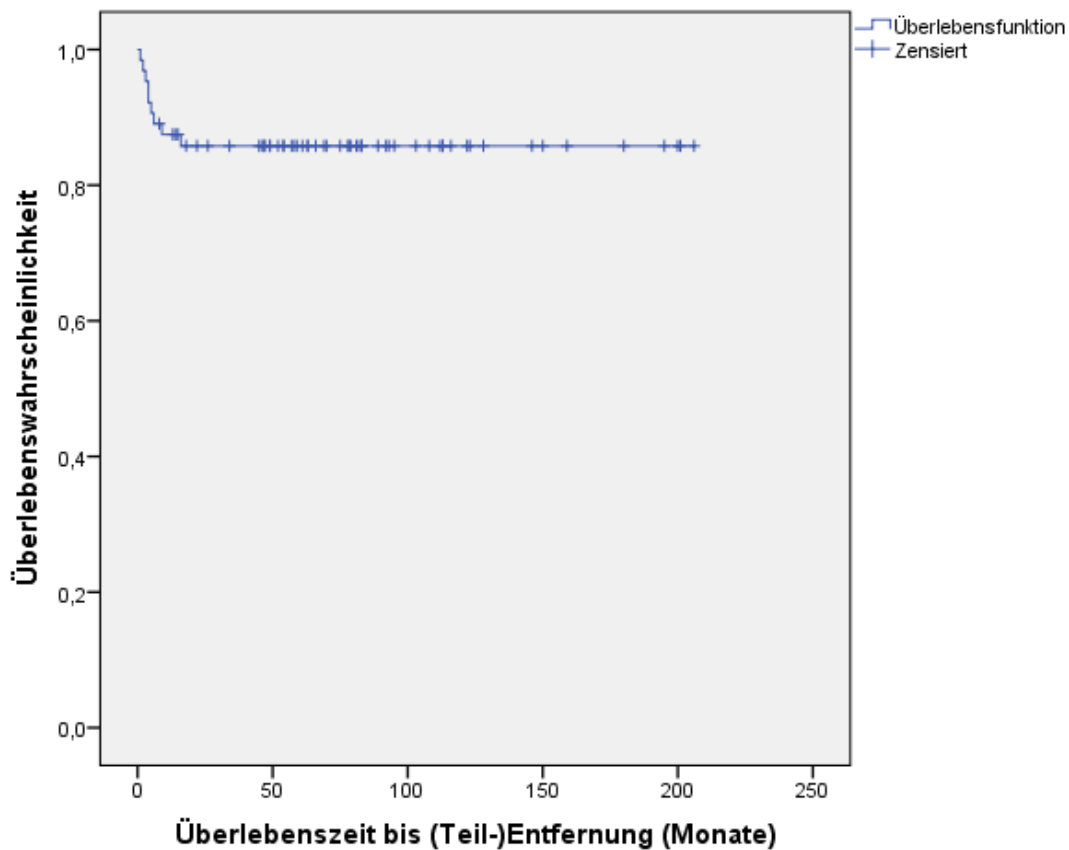


Abb.38: Kaplan-Meier-Kurve für die Überlebenszeit (bis zur Prothesen bzw. Prothesenkopfentfernung)

Wie man aus oben stehenden Kaplan-Meier-Kurven entnehmen kann, sind der Wechsel einer kompletten Prothese, des Prothesenkopfes und der Verfahrenswechsel Komplikationen, die relativ früh nach der primären Operation auftreten. Durchschnittlich wurde die Prothese oder der Prothesenkopf nach 7,1 Monaten gewechselt bzw. entfernt. (Spanne: 1-19 Monate).

Abbildung 40 zeigt die Überlebenskurve nach Kaplan-Meier der Ulnakopfprothese im Vergleich der Indikationen. Die 5-Jahres Überlebensrate der Ulnakopfprothese beträgt bei Patienten nach Bowers-Operation 92% (Standardfehler 0,045), nach Darrach-Operation 80% (Standardfehler 0,179), nach Kapandji-Operation 90% (Standardfehler 0,095), bei primärer Arthrose 66,7% (Standardfehler 0,272) und beträgt 100% bei posttraumatischer Arthrose.

Beim Vergleich der Indikationen miteinander findet sich kein signifikanter Unterschied im Überleben der Ulnakopfprothese (Log-Rank-Test,  $p=0,484$ ).

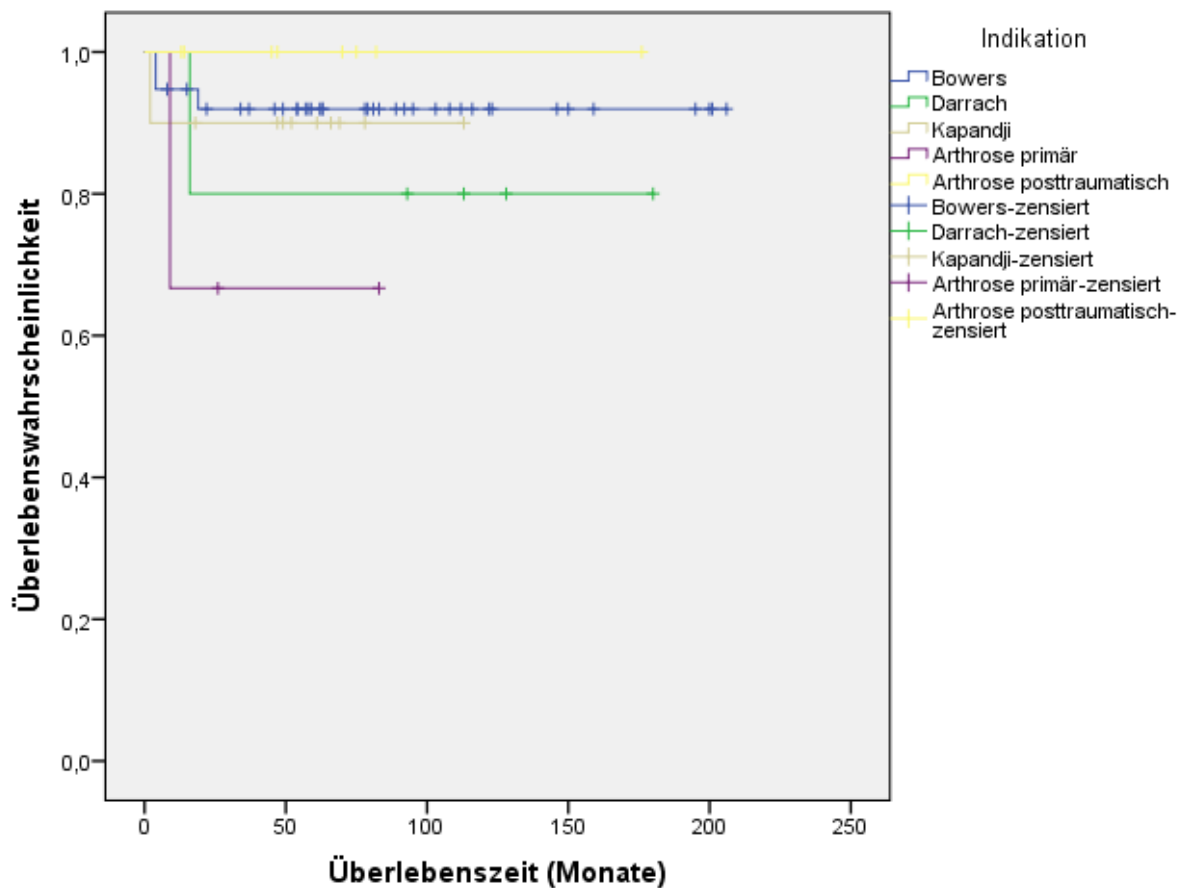


Abb.39: Kaplan-Meier-Kurve für die Überlebenszeit der Ulnakopfprothese im Vergleich der Indikationen

Abbildung 41 zeigt die Überlebenskurve nach Kaplan-Meier der primär implantierten Ulnakopfprothesen (bei idiopathischer oder posttraumatischer Arthrose) im Vergleich zu den sekundär implantierten Prothesen (bei persistierender Instabilität nach Bowers-Operation, Darrach-Operation etc).

Die 5-Jahres Überlebensrate der Ulnakopfprothese beträgt bei den Patienten mit primär implantierter Prothese 82% (Standardfehler 0,116) und bei Patienten mit sekundär implantierter Prothese 87% (Standardfehler 0,047). Dieser Unterschied in der 5-Jahres Überlebensrate ist nicht statistisch signifikant (Log-Rank-Test,  $p=0,708$ ).

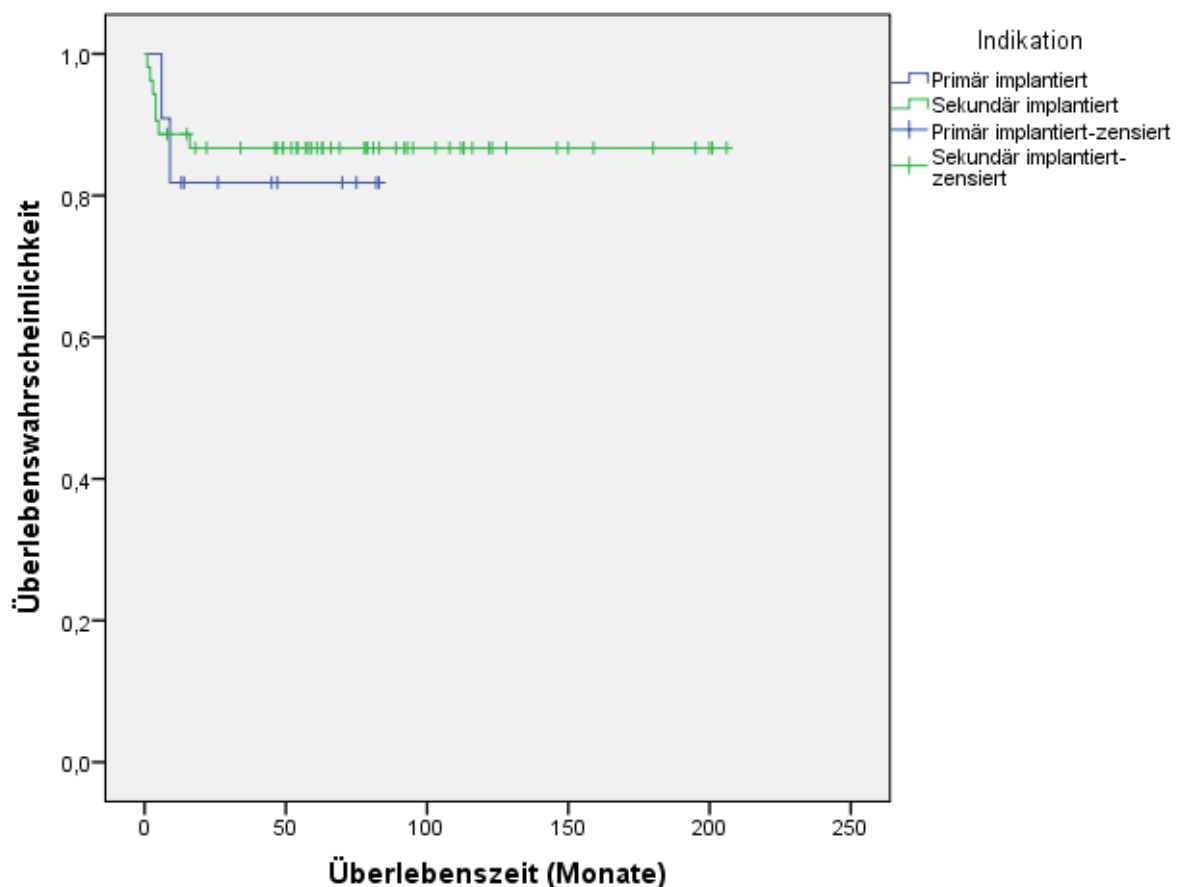


Abb.40: Kaplan-Meier-Kurve für die Überlebenszeit der Ulnakopfprothese im Vergleich der primär und sekundär implantierten Prothesen

## 4 Diskussion

Im Verlauf äußert sich die Arthrose des DRUG klinisch als zunehmend schmerzhaftere Bewegungseinschränkung der Unterarmdrehung, Kraftverlust der Hand und Funktionseinschränkung des betroffenen Armes. (79) Die häufig durchgeführten Operationen bei der Arthrose des DRUG (u.a. Bowers-Operation, Kapandji-Operation, Darrach-Operation) führen bei den meisten Patienten zu einer Reduktion der Beschwerdesymptomatik. Biomechanisch gut nachvollziehbar kommt es bei diesen Operationen jedoch zur Destabilisierung des Unterarmgefüges. (16;32;78) Die Ulnakopfprothese wurde entwickelt um die schmerzhafteste Instabilität des distalen Ulnaendes zu beheben, die nach einer Resektionsoperation des Ulnakopfes oder der distalen Ulna entstehen kann. (16) Im günstigsten Fall wird der Patient durch die Implantation einer Ulnakopfprothese beschwerdefrei und die betroffene obere Extremität wieder mit vollem Bewegungsumfang, Kraft und Belastbarkeit uneingeschränkt funktionsfähig.

Die deutliche Reduktion der Schmerzen nach Implantation der Ulnakopfprothese (VAS: Ruhe 6,7 → 2,5 ; Belastung 8,3 → 4,7), die in dieser Studie festgestellt wurde, deckt sich mit den Ergebnissen bisher veröffentlichten Arbeiten. (79;86-88;92;114;115)

In der Literatur wird beschrieben, dass es nach der Operation zu einer Verbesserung und insgesamt guten Griffkraft kommt. (79;87;114) Bei den 37 Patienten, von denen die präoperativen Werte der Griffkraft bekannt waren, konnte eine statistisch signifikante Verbesserung festgestellt werden. Die Ergebnisse dieser Studie untermauern somit die bisherigen Studien. Postoperativ lag die durchschnittliche Griffkraft unseres gesamten Patientenkollektivs bei 81 Prozent der Gegenseite, was als gutes Ergebnis zu bewerten ist.

Einige Autoren beschreiben eine Verbesserung der Unterarmdrehbewegung nach Implantation einer Ulnakopfprothese (86;87) und andere beschreiben postoperativ keine Veränderung (92;114).

Die Pronation aller Patienten dieser Studie beträgt postoperativ durchschnittlich 67° und die Supination 59°. Eine signifikante Verbesserung der Unterarmdrehbewegung konnten wir bei unseren Patienten nicht feststellen. Beim Vergleich der Studien mit und

ohne Verbesserung der Beweglichkeit sowie dieser Studie kann keine eindeutige Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse festgestellt werden. Die Eigenschaften der Patientengruppen als auch die Nachuntersuchungszeiten sind weitestgehend vergleichbar. Nichtsdestotrotz ist die postoperative Beweglichkeit der Unterarmdrehbewegung des Patientenkollektivs dieser vorliegenden Studie als befriedigend bis gut zu werten.

Bei den Patienten mit einer sekundären Arthrose zeigte sich aufgrund der Wiederherstellung des arthrotisch zerstörten Gelenkes mit einer Ulnakopfprothese eine klare Tendenz zur Verbesserung der Pronation als auch der Supination. Die Patienten mit einer Darrach-Operation zeigten postoperativ eine Tendenz zur schlechteren Unterarmdrehbewegung. Dies ist biomechanisch möglicherweise so zu erklären, dass es nach der Ulnakopfresektion zu einer Verkürzung der stabilisierenden Weichteilstrukturen kommt. Nach der Prothesenimplantation geraten diese Strukturen (membrana interossea, TFCC) wieder unter Spannung, wobei die Verkürzung zu der Bewegungseinschränkung führen kann.

Die subjektiv empfundenen funktionellen Einschränkungen und Beschwerden der oberen Extremität der Patienten wurden anhand des DASH-Scores evaluiert. Der postoperative DASH-Wert aller Patienten betrug durchschnittlich befriedigende 39. Bei 47 % der Patienten war ein präoperativer DASH-Wert vorhanden. Für diese Patienten konnte eine signifikante Verbesserung des DASH-Scores von durchschnittlich 56 präoperativ auf 43 postoperativ nachgewiesen werden.

Bei dem Patientenkollektiv, bei dem im postoperativen Verlauf CT- und MRT-Untersuchungen durchgeführt wurden, konnten die postoperativen Verlaufs-DASH-Werte über eine lange Periode ausgewertet werden (135 Monate). Eine postoperative Verbesserung oder Verschlechterung des DASH-Wertes konnte nicht festgestellt werden. Dies zeigt, dass die Implantation einer Ulnakopfprothese zu einer nachhaltigen Verbesserung der Funktion der betroffenen Extremität führt.

Neben dem subjektiven Messinstrument DASH-Score wurden der Mayo-Wrist-Score sowie der Krimmer-Score bestimmt. Beim Krimmer-Score erreichten die Patienten durchschnittlich einen Wert von 64,4. Beim Mayo-Wrist-Score erreichten die Patienten durchschnittlich 61,8 Punkte.

Vergleichbare Studien erzielten ähnliche Werte bei dem postoperativen Mayo-Wrist-

Score. So erreichte das Patientenkollektiv von Kakar et al durchschnittlich 69 Punkte (92), das von Sauerbier et al 61 Punkte (89) und das von Axelsson et al 71 Punkte im Mayo-Wrist-Score. (90)

Es darf dabei nicht vergessen werden, dass es sich bei den meisten Fällen um stark vorgeschädigte und meistens mehrfach voroperierte Handgelenke handelt.

Bezüglich der Anzahl Voroperationen und der Ergebnisse im Mayo-Wrist- sowie Krimmer-Score konnten keine signifikanten Zusammenhänge festgestellt werden.

Bei der Analyse und dem Vergleich der Patienten mit einem „sehr guten“ und „schlechten“ Ergebnis im Krimmer-Score konnte festgestellt werden, dass die Patienten mit einem „schlechten“ Ergebnis in deutlich mehr Fällen ein teil-oder vollversteiftes Handgelenk haben. Weil von diesen Patienten kein präoperativer Krimmer-Score vorhanden ist, kann nicht festgestellt werden, welche Rolle bzw. Auswirkung (positiv oder negativ) die Implantation einer Ulnakopfprothese hat. Es wäre falsch, anhand dieser Daten den Schluss zu ziehen, dass ein teil- oder vollversteiftes Handgelenk ein negativ prädiktiver Wert ist.

Für diese Studie wurde erwogen, die Einflüsse einer Ulnakopfprothese auf die berufliche Tätigkeit und auf die Belastbarkeit bei handwerklichen Berufen zu untersuchen. Hierfür wurde von allen Patienten der berufliche Werdegang, insbesondere der ausgeübte Beruf vor und nach der Prothesenimplantation, erfragt. Hierbei zeigte sich, dass mehrere Patienten unabhängig von der Ulnakopfprothese aus unterschiedlichsten Gründen mehrmals den Beruf gewechselt hatten, aufgrund anderer Erkrankungen arbeitsunfähig geworden waren oder in Rente waren. Anhand der gesammelten Daten über die Arbeit der Patienten konnte leider keine sinnvolle Analyse durchgeführt werden.

Bei präoperativ bestehender Instabilität im DRUG konnte durch die Implantation einer Ulnakopfprothese die Stabilität wiederhergestellt werden. Alle Patienten hatten klinisch ein stabiles DRUG. Auch radiologisch konnte in unserem Patientengut bei keinem

Patienten eine Lockerung des Prothesenschaftes festgestellt werden. Diese Ergebnisse bestätigen die bisherigen Publikationen (87;90;92;114). Auch die CT-Untersuchungen die bei 10 Patienten im Verlauf durchgeführt wurden zeigten ausnahmslos, dass die Schäfte der Prothesen über der gesamten Länge zirkulär in Kontakt standen mit den Knochen trabekeln der Spongiosa.

Die Ulnavarianz konnte für 53 Patienten aus unserem Kollektiv ermittelt werden. Sie betrug in unserem Patientenkollektiv durchschnittlich -2,16mm. Von diesen 53 Patienten hatten vier eine neutrale Ulnavarianz, vier eine positive Ulnavarianz und 46 eine negative Ulnavarianz. Beim Vergleich dieser drei Gruppen konnte ein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden bezüglich des DASH-Scores. Da jedoch zwei der drei Gruppen sehr klein sind und eine sehr groß ist, kann anhand dieser Daten keine aussagekräftige Schlussfolgerung gezogen werden. Nichtsdestotrotz zeigt sich eine Tendenz zu besseren Ergebnissen bei Patienten, bei denen die Ulnakopfprothese mit negativer Ulnavarianz implantiert wurde. Deswegen sollte bei der Prothesenimplantation eine Ulnaminus-Situation von 2mm angestrebt werden, um ein Ulnaimpaktion-Syndrom zu vermeiden.

Eine stärkere postoperative Griffkraft oder stärkere Reduktion der Schmerzen konnte weder für negative, positive oder neutrale Ulnavarianz festgestellt werden. Da eine positive Ulnavarianz zu einem Ulnaimpaktion-Syndrom führen kann, wäre zu erwarten, dass es bei diesen Patienten im Vergleich zu denen mit einer negativen Ulnavarianz zu stärkeren Schmerzen kommt. Das Kollektiv dieser Studie beinhaltet lediglich vier Patienten mit einer positiven Ulnavarianz im Vergleich zu 45 mit einer negativen. Aufgrund des Größenunterschiedes der Gruppen kann kein positiver Effekt einer negativen Ulnavarianz nachgewiesen werden.

Die Ulnavarianz hat weder einen Einfluss auf die Ergebnisse des Mayo-Wrist- und des Krimmer-Score noch auf die Unterarmdrehbewegung. Auch die Schmerzen und die Griffkraft werden nicht durch die Ulnavarianz beeinflusst. Trotzdem sollte immer eine Ulnaminus-Situation von 2mm angestrebt werden, um ein Ulnaimpaktion-Syndrom zu vermeiden.

Die meisten Autoren beschreiben eine häufig auftretende Knochenresorption am distalen Ulnaende direkt proximal des Prothesenkragens (79;87;88;92;114). Eine

erhöhte Lockerungsrate des Prothesenschaftes wird in diesem Zusammenhang jedoch nicht gesehen. In unserem Patientenkollektiv beträgt die Knochenresorption am distalen Ulnaende im Durchschnitt 1,91mm. In der Literatur wird eine durchschnittliche Resorption zwischen 2 und 5mm beschrieben. (87;92) Die durchschnittliche Knochenresorption in der Studie der Arbeitsgruppe um Kakar, die die Avanta uHead Prothese von SBI verwendete, beträgt 5mm. In der Studie von Kakar et al wurde bei 37% der Untersuchten ein Saum von mehr als 2mm um den Prothesenstamm festgestellt im Gegensatz zu 0% bei den Patienten dieser Studie. Das unterschiedliche Material der Herbert Ulnakopfprothese und der Avanta uHead Ulnakopfprothese, die Form und Größe der Prothesen sowie die Art der Prothesenimplantation sind vermutlich die Ursachen für diese unterschiedlichen Ausmaße der Knochenresorption.

Van Schoonhoven, Herzberg sowie Willis et al beschreiben, dass nach einem gewissen Zeitintervall (6-36 Monate) keine weitere Progression der Resorption zu erwarten ist. (87;114;116).

In der Studie von Herzberg mit 17 Patienten und einer Nachuntersuchungszeit von drei Jahren wird beschrieben, dass die knöchernen Resorption am distalen Ulnaende im ersten postoperativen Jahr stattfindet und sich bis drei Jahre postoperativ nicht weiter verändert. (116)

Von den 10 Patienten, bei denen Schnittbilddiagnostik durchgeführt wurde, wurden auch die konventionellen Röntgenaufnahmen bezüglich des Verlaufs der knöchernen Resorption am distalen Ulnaende ausgewertet. Bei diesen 10 Patienten konnte eine durchschnittliche Zeitspanne zwischen den postoperativ durchgeführten konventionellen Röntgenaufnahmen von 135 Monaten erreicht werden. Bei 6 von diesen 10 Patienten hat sich im Verlauf der Jahre die knöchernen Resorption am distalen Ulnaende noch verändert. In diesen 135 Monaten kam es jedoch nicht zu einer signifikanten Veränderung der knöchernen Resorption am distalen Ulnaende.

Da bei diesen Patienten im Verlauf eine CT- und MRT-Untersuchung durchgeführt wurde, besteht in diesem kleinen Kollektiv eine gewisse Verzerrung (Bias). Deswegen kann anhand dieser Auswertung nicht endgültig nachgewiesen werden, dass nach einer gewissen Zeit keine weitere knöchernen Resorption am distalen Ulnaende stattfindet.



Im Rahmen dieser Studie wurden nicht die Verlaufsrontgenaufnahmen von allen Patienten ausgewertet. Anhand der vorliegenden Studie kann deshalb keine endgültige Aussage getroffen werden, ob eine weitere Resorption stattgefunden hat. Dadurch, dass viele Patienten mit sehr langen Nachuntersuchungszeiten in dieser Studie aufgenommen sind und die durchschnittliche Resorption bei lediglich 1,91 mm liegt, ist nicht davon auszugehen, dass es in diesem Kollektiv im Verlauf zu einer erheblichen Zunahme der Knochenresorption am distalen Ulnaende gekommen ist.

Diese Studie zeigt, dass die knöchernen Resorption am distalen Ulnaende keine klinische Relevanz hat. Die Patienten ohne Resorption erzielen keine besseren klinischen Ergebnisse bei den Bewertungsschemata und auch nicht bei den Bewegungsausmaßen als die Patienten, bei denen eine Resorption stattgefunden hat.

Die Herbert-Ulnakopfprothese wurde so entworfen, dass durch den engen Kontakt des Prothesenschaftes zur distalen Cortex der Ulna eine stabile Verankerung des Schaftes in der Ulna entsteht. Zusätzlich wird Stabilität durch Osteointegration am porösen Prothesenschaft ermöglicht. Der in den CT-Untersuchungen nachgewiesene zirkuläre Kontakt der Prothesenschäfte über die gesamte Länge zu Knochentrabekeln der Spongiosa, deutet bei den 10 Patienten auf eine gute Osteointegration hin. Diese Osteointegration bzw. der Kontakt zwischen Prothese und Knochentrabekeln wurde nicht mittels Software standardisiert quantifiziert, sondern durch den Studienleiter anhand der CT-Schnittbilder ausgewertet. Dies ist als Schwachstelle dieser Auswertung zu sehen.

Mehrere Autoren beschreiben zusätzlich zur Knochenresorption am distalen Ulnaende knöchernen Veränderungen an der Incisura ulnaris des Radius im Sinne von Anbauten und Erosionen (87;88;92;114;116).

8 Patienten dieser Studie entwickelten röntgenologisch sichtbare knöchernen Anbauten an der Incisura ulnaris des Radius. Bei den Scores (Mayo, Krimmer und DASH) sowie bei den Bewegungsausmaßen ergaben sich für die Studienteilnehmer mit knöchernen Anbauten an der Incisura ulnaris keine schlechteren klinischen Ergebnisse.

Eine eindeutige Erklärung oder Ursache für diese Veränderungen an der Incisura ulnaris

des Radius kann anhand dieser Studie, wie in den bisherigen Veröffentlichungen, (87;88;92;114;116) nicht gegeben werden.

Bei der Auswertung der seitlichen Röntgenaufnahmen des Handgelenkes wurde bei 11 Patienten eine dorsale Stellung der Ulna gesehen. Bei klinisch stabilem DRUG konnte auch für diese Patienten keine schlechteren Ergebnisse nachgewiesen werden im Vergleich zu den Patienten ohne Dorsalstellung der Ulna.

Bei 5 Patienten dieser Studie hat sich der Kopf der Prothese tief in den Radius eingegraben. Trotz der kleinen Anzahl Patienten mit in den Radius eingegrabener Ulnakopfprothese konnte bezüglich des Zusammenhanges zwischen radiologischem und klinischem Ergebnis ein Unterschied festgestellt werden. Diese Studie zeigt, dass das Eingraben der Ulnakopfprothese in den Radius einen negativen Effekt auf das Bewegungsausmaß der Unterarmdrehbewegung hat. Die Supination war bei diesen Patienten signifikant schlechter im Vergleich zu den anderen Patienten. Für die anderen Parameter (Pronation, Krimmer-Score, Mayo-Wrist-Score, DASH-Score) konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

In Arbeiten von Warwick et al. und Axelsson et al. wird das Eingraben des Prothesenkopfes in den Radius ebenfalls beschrieben. (88;90) In diesen Studien zeigte sich keine weitere Migration des Ulnakopfes in den Radius über das zweite postoperative Jahr hinaus.

Das tiefe Eingraben des Prothesenkopfes in den Radius ist trotzdem eine Gegebenheit, die weiter überprüft und überwacht werden sollte. Eine Ursache konnte in dieser Studie nicht festgestellt werden. Möglicherweise spielt die Größe des implantierten Kopfes eine Rolle.

Um den Einfluss der Komorbidität und der Differentialindikationen auf die klinischen Ergebnisse zu untersuchen, wurde das Patientenkollektiv jeweils in 2 (mit/ohne (Teil)-Arthrodesen) beziehungsweise 5 (Bowers, Darrach, Kapandji, primäre Arthrose und sekundäre Arthrose) Untergruppen aufgeteilt.

Bezüglich der Komorbidität wurden die Patienten nach Handgelenk mit (Teil)-Arthrodesen oder Handgelenk ohne (Teil)-Arthrodesen unterschieden. Die Patienten mit einem teil- oder komplett versteiften Handgelenk wurden auf Grund der kleinen

Fallzahlen in einer Gruppe zusammengefasst, um eine statistische Auswertung zu ermöglichen.

Die Arbeitsgruppe um Willis berichtet in Einzelfällen von schlechteren Ergebnissen bei Patienten mit einer Handgelenksarthrodese. (114) Im Gegensatz hierzu sehen Kakar et al bei Ihren Patienten mit einer Arthrodese keine schlechteren Ergebnisse. (92)

In dieser Studie zeigten sich wie erwartet die Ergebnisse des DASH-Scores bei den Patienten ohne (Teil)-Versteifung des Handgelenkes signifikant besser. Schließlich hat eine (Teil)-Versteifung des Handgelenkes, unabhängig von der Pathologie am DRUG, einen großen Einfluss auf die Ergebnisse dieses Messinstrumentes. Für den Mayo-Wrist- und Krimmer-Score konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Patienten mit oder ohne (Teil)-Versteifung festgestellt werden. Für diese Studie wurde der Mayo-Wrist- und Krimmer-Score nach van Schoonhoven/Pronk modifiziert, sodass die Pro- und Supination berücksichtigt wird und nicht die Extension und Flexion des Handgelenkes.

Bezüglich der Griffkraft und der Unterarmdrehbewegung der Patienten mit und ohne (Teil)-Arthrodese des Handgelenkes konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Eine (Teil)-Arthrodese des Handgelenkes beeinflusst in der Regel nicht die Unterarmdrehbewegung.

Die Gruppen der unterschiedlichen Indikationen (Bowers, Darrach, Kapandji, primäre Arthrose und sekundäre Arthrose), die bei den Patienten letztendlich zur Implantation einer Ulnakopfprothese geführt haben, wurden miteinander verglichen. In diesem Vergleich konnte keine Indikation festgestellt werden, die das Ergebnis der untersuchten Parameter (Bewegung, Kraft, DASH etc.) günstig oder negativ beeinflusst.

Ein Ziel dieser Studie war es, einen Unterschied in den klinischen Ergebnissen für das unterschiedliche Vorgehen bei bestehender Kapandji-Situation festzustellen. Da die Kollektive der Patienten mit Ulnakopfprothese unter dem Kapandji-Block (n=4) und der Patienten, bei denen der Kapandji-Block reseziert wurde (n=6), sehr klein sind, konnten die Unterschiede der Ergebnisse dieser beiden Kollektive leider nicht statistisch sinnvoll miteinander verglichen werden.

Es ist jedoch auffällig, dass die Patienten, bei denen die Ulnakopfprothese unter den Arthrodeseblock implantiert wurde, eine höhere Revisionsrate (50%) aufwiesen als die

Patienten, bei denen die Kapandji-Situation aufgehoben wurde (16,7%).

Um die Vor- bzw. Nachteile der jeweiligen Vorgehensweisen zu eruieren sollte eine weitere Studie durchgeführt werden.

Bisherige Veröffentlichungen belegen ein hohes Maß an Patientenzufriedenheit nach Implantation einer Ulnakopfprothese. (86-88;90;114) Dies wird bestätigt durch 90% der Patienten dieser Studie, die angegeben haben, die Operation nochmals durchführen zu lassen. Hier fällt eine Diskrepanz zu den klinischen Scores auf, bei denen die Patienten postoperativ durchschnittlich nur ein befriedigendes und im Mayo-Wrist-Score sogar ein schlechtes Ergebnis erzielten. Von den von uns modifizierten Krimmer- und Mayo-Wrist-Score bestanden jedoch keine präoperativen Daten, sodass wir den Verlauf nicht untersuchen konnten. Von circa der Hälfte der Patienten lag wohl ein präoperativer DASH-Score vor. Postoperativ zeigte sich bei dieser Gruppe eine statistisch signifikante Verbesserung der Funktion, welche sich im DASH-Score darstellte. Die nachgewiesene deutliche Reduktion der Schmerzen und Verbesserung der Griffkraft der betroffenen Hand ist sicher ausschlaggebend für die Zufriedenheit der Patienten mit der Operation.

Über die Langzeitüberlebensrate der Ulnakopfprothese wurde bisher nur vereinzelt veröffentlicht. Kakar et al. beschreiben eine 83% Überlebensrate nach 6 Jahren. In der Studie wurde, wie in der vorliegenden Studie, ein Implantatwechsel oder Zementierung der Prothese als Prothesenverlust gerechnet. Ein Weichteileingriff zur erneuten Stabilisierung der Prothese wurde nicht als Verlust der Prothese gesehen. (92)

Die vorliegende Studie mit deutlicher längerer Nachuntersuchungszeit weist eine 15-Jahres-Überlebensrate der Ulnakopfprothese von 90,3% auf. Dass eine bestimmte Indikation zur Ulnakopfprothese zu einer höheren Verlustrate der Prothese führt, konnte nicht nachgewiesen werden. Auch besteht bezüglich der Überlebensrate der primär implantierten Prothesen (bei idiopathischer und posttraumatischer Arthrose) im Vergleich zu sekundär implantierten Prothesen (bei persistierender Instabilität nach Bowers-Operation, Darrach-Operation etc.) kein Unterschied.

Im Gegensatz hierzu zeigte sich bei der Überlebenszeitanalyse von Kakar et al. ein erhöhtes Risiko für den Verlust der Prothese z.B. nach Hemiresektionsarthroplastik oder Ulnaverkürzung. (92)

In dem Patientenkollektiv dieser Studie musste bei 25% der Patienten mindestens eine Revisionsoperation durchgeführt werden. Ähnliche Revisionsraten (13-30%) werden in der Literatur beschrieben. (88;92;114) Es gibt keinen signifikanten Unterschied bezüglich der Häufigkeit von Komplikationen unter den Indikationen. In dieser Studie erfolgten die meisten Revisionseingriffe wegen persistierender Instabilität des DRUG. Im Verlauf mussten insgesamt 6 Prothesen komplett entfernt und ersetzt werden. In 4 Fällen erfolgte dies aufgrund einer Luxation der Prothese, in einem Fall musste das Verfahren gewechselt werden und eine One-Bone-Forearm-Operation durchgeführt werden und in einem weiteren Fall wurde die Prothese entfernt und ist keine weitere Maßnahme erfolgt.

Die vier Patienten bei denen die Prothese gewechselt wurde, zeigten im weiteren Verlauf keine schlechteren Ergebnisse als die Patienten, bei denen kein Revisionseingriff durchgeführt wurde.

Die Revisionsoperationen sind alle in einem relativ kurzem Zeitfenster nach der Erstimplantation entstanden. Mögliche Gründe hierfür konnten anhand dieser Studie nicht gefunden werden. Da die Patienten in diesem Kollektiv von unterschiedlichen Chirurgen operiert wurden, kann die Erfahrung des Operateurs möglicherweise eine Rolle spielen.

In der Studie von Axelsson et al. traten die Komplikationen ebenfalls sehr früh, nämlich innerhalb sechs Monaten nach durchgeführter Arthroplastik auf. (90) Sabo et al. beschreiben ebenfalls, dass Komplikationen lange Zeit nach Implantation eher selten sind. (91)

## 5 Zusammenfassung

Die Arthrose im DRUG kann unterschiedliche Ursachen haben und sich durch Schmerzen und einer Bewegungseinschränkung der Pro- und Supination äußern. Zur Behandlung stehen mehrere bewährte Operationsverfahren zur Verfügung (u.a. Darrach-, Bowers- und Kapandji-Operation). Bei diesen bewährten Verfahren entwickeln sich bei einigen Patienten jedoch persistierende Schmerzen und/oder eine Instabilität des distalen Ulnaendes. Zur Behandlung der schmerzhaften Instabilität des distalen Ulnaendes die nach Resektionsarthroplastik am DRUG entstanden ist, wurde die Ulnakopfprothese entwickelt.

Diese Studie zu den klinischen Ergebnissen und der Überlebensrate der Ulnakopfprothese mit langer Nachuntersuchungszeit und großem Patientenkollektiv zeigt, dass durch Implantation einer Ulnakopfprothese die Schmerzen deutlich reduziert werden, die Unterarmdrehbewegung erhalten bleiben und eine Verbesserung der Griffkraft erzielt werden kann.

Bei einer schmerzhaften Instabilität des distalen Ulnastumpfes, entstanden nach einer Form der Resektion an der distalen Ulna, führt die Ulnakopfprothese zu einer Abnahme der subjektiv empfundenen funktionellen Einschränkungen und Beschwerden.

Es konnte festgestellt werden, dass die Indikation und Anzahl der Voroperationen keinen Einfluss auf das klinische Ergebnis der Ulnakopfprothese haben.

Bei allen Patienten konnte ein klinisch stabiles DRUG hergestellt werden und es zeigten sich bei keinem Patienten radiologische Zeichen einer Lockerung der Prothese. Bei 63% der Patienten kam es zu einer Resorption direkt proximal des Prothesenkragens, diese war jedoch gering und eine Progression ist aufgrund der langen Nachuntersuchungszeit nicht zu erwarten und konnte bei einem Teil der Patienten ausgeschlossen werden.

Radiologisch fielen bei einigen Patienten zwei Veränderungen auf. Zum einen zeigten sich knöcherne Anbauten an der Incisura ulnaris des Radius, die klinisch jedoch keine Relevanz hatten. Zum anderen hat sich die Prothese bei 5 Patienten tief in den Radius eingegraben. Gründe hierfür konnten nicht herauskristallisiert werden und deshalb ist eine weitere Studie zu empfehlen, um die Ursachen und Folgen zu untersuchen. Ein

weiteres Eingraben der Prothese in den Radius kann durchaus zu interventionswürdigen Komplikationen führen.

Leider konnte keine Überlegenheit für eines der beiden Operationsverfahren für das Vorgehen bei bestehender Kapandji-Situation festgestellt werden. Eine aussagekräftige Studie, die das Aufheben der Kapandji-Situation kombiniert mit `regulärer` Implantation der Ulnakopfprothese mit dem Platzieren der Prothese unter dem Arthrodeseblock vergleicht, wäre wünschenswert.

Anhand des untersuchten Kollektivs konnten wir für die Ulnakopfprothese eine 15-Jahre Überlebensrate von 90,3% berechnen. Trotz dieser sehr hohen Überlebensrate der Prothese sollte man nicht vergessen, dass sich circa ein Viertel der Patienten mindestens einer Revisionsoperation unterziehen mussten. Die Komplikationen und deren Folgeeingriffe entstanden ausnahmslos innerhalb kurzer Zeit nach Prothesenimplantation und konnten bei einem Großteil der Patienten (75%) mit einer Revisionsoperation behoben werden. Dass Komplikationen mittel- oder langfristig auftreten, ist sehr selten.

Zusammenfassend kann anhand dieser Studie gesagt werden, dass die Implantation einer Ulnakopfprothese bei einer schmerzhaften Instabilität des distalen Ulnaendes nach vorangegangener Rettungsoperation ein Verfahren ist, das zu klinisch guten Ergebnissen und zufriedenen Patienten führt. Außerdem ermöglicht die Ulnakopfprothese bei präoperativ bestehender Instabilität im DRUG die Wiederherstellung der Stabilität.

Diese Studie belegt die hohe Langzeitqualität der Prothese und erlaubt in Zukunft die primäre Implantation als Alternative zu den bisher bewährten Behandlungsmethoden (Kapandji-, Bowersoperation etc.).

## 6 Literaturverzeichnis / Abbildungsverzeichnis

- (1) Bowers WH. Instability of the distal radioulnar articulation. *Hand Clin* 1991 May;7(2):311-27.
- (2) van Schoonhoven J. Ulnar Head Implants: Unconstrained. In: David J.Slutsky, A.Lee Osterman, editors. *Fractures And Injuries Of The Distal Radius and Carpus: The Cutting Edge*. Saunders, Elsevier; 2009. p. 363-72.
- (3) Linscheid RL. Biomechanics of the distal radioulnar joint. *Clin Orthop Relat Res* 1992 February;(275):46-55.
- (4) Schmidt H-M, Lanz U. *Chirurgische Anatomie der Hand*. 2. Auflage ed. Thieme; 2003.
- (5) Vesely DG. The distal radioulnar joint. *Clin Orthop* 1967;(56):75-91.
- (6) King GJ, McMurtry RY, Rubenstein JD, Gertzbein SD. Kinematics of the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Am* 1986 November;11(6):798-804.
- (7) Van der Heijden EP, Hillen B. A two-dimensional kinematic analysis of the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Br* 1996 December;21(6):824-9.
- (8) Forstner H. [The distal radio-ulnar joint. Morphologic aspects and surgical orthopedic consequences]. *Unfallchirurg* 1987 November;90(11):512-7.
- (9) De Smet L. Ulnar variance: facts and fiction review article. *Acta Orthop Belg* 1994;60(1):1-9.
- (10) Spinner M, Kaplan EB. Extensor carpi ulnaris. Its relationship to the stability of the distal radio-ulnar joint. *Clin Orthop Relat Res* 1970 January;68:124-9.
- (11) Watanabe H, Berger RA, Berglund LJ, Zobitz ME, An KN. Contribution of the interosseous membrane to distal radioulnar joint constraint. *J Hand Surg Am* 2005 November;30(6):1164-71.
- (12) Johnson RK, Shrewsbury MM. The pronator quadratus in motions and in stabilization of the radius and ulna at the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Am* 1976 November;1(3):205-9.
- (13) Johnson RK. Stabilization of the distal ulna by transfer of the pronator quadratus origin. *Clin Orthop Relat Res* 1992 February;(275):130-2.
- (14) Stuart PR. Pronator quadratus revisited. *J Hand Surg Br* 1996 December;21(6):714-22.
- (15) Watanabe H, Berger RA, An KN, Berglund LJ, Zobitz ME. Stability of the distal radioulnar joint contributed by the joint capsule. *J Hand Surg Am* 2004 November;29(6):1114-20.



- (16) van Schoonhoven J. Die Entwicklung und klinische Erprobung einer Ulnakopfprothese zur Behandlung der schmerzhaften Instabilität des distalen Ulnaendes nach Resektionsarthroplastiken an der distalen Ulna. Julius-Maximilians-Universität Würzburg: 2002.
- (17) Ishii S, Palmer AK, Werner FW, Short WH, Fortino MD. Pressure distribution in the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Am* 1998 September;23(5):909-13.
- (18) Schünke M, Schulte S, Schumacher S. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, Prometheus Lernatlas der Anatomie. 2. Auflage ed. 2009.
- (19) Hagert CG. Distal radius fracture and the distal radioulnar joint--anatomical considerations. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1994 January;26(1):22-6.
- (20) Goodfellow JW, Bullough PG. The pattern of ageing of the articular cartilage of the elbow joint. *J Bone Joint Surg Br* 1967 February;49(1):175-81.
- (21) Kapandji A. Biomechanics of pronation and supination of the forearm. *Hand Clin* 2001 February;17(1):111-22, vii.
- (22) Friedman SL, Palmer AK. The ulnar impaction syndrome. *Hand Clin* 1991 May;7(2):295-310.
- (23) Palmer AK, Werner FW. Biomechanics of the distal radioulnar joint. *Clin Orthop Relat Res* 1984 July;(187):26-35.
- (24) Palmer AK, Werner FW, Glisson RR, Murphy DJ. Partial excision of the triangular fibrocartilage complex. *J Hand Surg Am* 1988 May;13(3):391-4.
- (25) Poitevin LA. Anatomy and biomechanics of the interosseous membrane: its importance in the longitudinal stability of the forearm. *Hand Clin* 2001 February;17(1):97-110, vii.
- (26) Schuind F, Cooney WP, Linscheid RL, An KN, Chao EY. Force and pressure transmission through the normal wrist. A theoretical two-dimensional study in the posteroanterior plane. *J Biomech* 1995 May;28(5):587-601.
- (27) Shaaban H, Giakas G, Bolton M, Williams R, Scheker LR, Lees VC. The distal radioulnar joint as a load-bearing mechanism--a biomechanical study. *J Hand Surg Am* 2004 January;29(1):85-95.
- (28) Moritomo H. The distal interosseous membrane: current concepts in wrist anatomy and biomechanics. *J Hand Surg Am* 2012 July;37(7):1501-7.
- (29) Kihara H, Short WH, Werner FW, Fortino MD, Palmer AK. The stabilizing mechanism of the distal radioulnar joint during pronation and supination. *J Hand Surg Am* 1995 November;20(6):930-6.
- (30) Zimmerman RM, Jupiter JB. Instability of the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Eur Vol* 2014 September;39(7):727-38.

- (31) Gofton WT, Gordon KD, Dunning CE, Johnson JA, King GJW. Soft-tissue stabilizers of the distal radioulnar joint: an in vitro kinematic study. *J Hand Surg Am* 2004 May;29(3):423-31.
- (32) van Schoonhoven J, Lanz U. [Rettungsoperationen und deren Differenzialindikationen am distalen Radioulnargelenk]. *Orthopade* 2004 June;33(6):704-14.
- (33) Buck-Gramcko D. On the priorities of publication of some operative procedures on the distal end of the ulna. *J Hand Surg Br* 1990 November;15(4):416-20.
- (34) McKee MD, Richards RR. Dynamic radio-ulnar convergence after the Darrach procedure. *J Bone Joint Surg Br* 1996 May;78(3):413-8.
- (35) Breen TF, Jupiter JB. Extensor carpi ulnaris and flexor carpi ulnaris tenodesis of the unstable distal ulna. *J Hand Surg Am* 1989 July;14(4):612-7.
- (36) Sauerbier M, Hahn ME, Berglund LJ, An KN, Berger RA. Biomechanical evaluation of the dynamic radioulnar convergence after ulnar head resection, two soft tissue stabilization methods of the distal ulna and ulnar head prosthesis implantation. *Arch Orthop Trauma Surg* 2011 January;131(1):15-26.
- (37) Bell MJ, Hill RJ, McMurtry RY. Ulnar impingement syndrome. *J Bone Joint Surg Br* 1985 January;67(1):126-9.
- (38) Lees VC, Schecker LR. The Radiological Demonstration of Dynamic Ulnar Impingement. *Journal of Hand Surgery (British and European Volume)* 1997;22:448-50.
- (39) Douglas KC, Parks BG, Tsai MA, Meals CG, Means KRJ. The biomechanical stability of salvage procedures for distal radioulnar joint arthritis. *J Hand Surg Am* 2014 July;39(7):1274-9.
- (40) Grawe B, Heincelman C, Stern P. Functional results of the Darrach procedure: a long-term outcome study. *J Hand Surg Am* 2012 December;37(12):2475-80.
- (41) Minami A, Iwasaki N, Ishikawa JI, Suenaga N, Yasuda K, Kato H. Treatments of osteoarthritis of the distal radioulnar joint: long-term results of three procedures. *Hand Surg* 2005;10(2-3):243-8.
- (42) Bieber EJ, Linscheid RL, Dobyns JH, Beckenbaugh RD. Failed distal ulna resections. *J Hand Surg Am* 1988 March;13(2):193-200.
- (43) Bowers WH. Distal radioulnar joint arthroplasty: the hemiresection-interposition technique. *J Hand Surg Am* 1985 March;10(2):169-78.
- (44) Watson HK, Ryu JY, Burgess RC. Matched distal ulnar resection. *J Hand Surg Am* 1986 November;11(6):812-7.

- (45) Ahmed SK, Cheung JPY, Fung BK-K, Ip WY. Long term results of matched hemiresection interposition arthroplasty for DRUJ arthritis in rheumatoid patients. *Hand Surg* 2011;16(2):119-25.
- (46) Srikanth KN, Shahane SA, Stilwell JH. Modified matched ulnar resection for arthrosis of distal radioulnar joint in rheumatoid arthritis. *Hand Surg* 2006;11(1-2):15-9.
- (47) Watson HK, Gabuzda GM. Matched distal ulna resection for posttraumatic disorders of the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Am* 1992 July;17(4):724-30.
- (48) Bain GI, Pugh DM, MacDermid JC, Roth JH. Matched hemiresection interposition arthroplasty of the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Am* 1995 November;20(6):944-50.
- (49) Faithfull DK, Kwa S. A review of distal ulnar hemi-resection arthroplasty. *J Hand Surg Br* 1992 August;17(4):408-10.
- (50) Imbriglia JE, Matthews D. Treatment of chronic post-traumatic dorsal subluxation of the distal ulna by hemiresection-interposition arthroplasty. *J Hand Surg Am* 1993 September;18(5):899-907.
- (51) Minami A, Kaneda K, Itoga H. Hemiresection-interposition arthroplasty of the distal radioulnar joint associated with repair of triangular fibrocartilage complex lesions. *J Hand Surg Am* 1991 November;16(6):1120-5.
- (52) Minami A, Suzuki K, Suenaga N, Ishikawa J. Hemiresection-interposition arthroplasty for osteoarthritis of the distal radioulnar joint. *Int Orthop* 1995;19(1):35-9.
- (53) van Schoonhoven J, Kall S, Schober F, Prommersberger KJ, Lanz U. [The hemiresection-interposition arthroplasty as a salvage procedure for the arthrotically destroyed distal radioulnar joint]. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2003 May;35(3):175-80.
- (54) Pillukat T, van Schoonhoven J. [The hemiresection-interposition arthroplasty of the distal radioulnar joint]. *Oper Orthop Traumatol* 2009 November;21(4-5):484-97.
- (55) Sauvé L, Kapandji M. Nouvelle technique de traitement chirurgical des luxations récidivantes isolées de l'extrémité inférieure du cubitus. *J Chir* 1936;(47):589-94.
- (56) Sebastin SJ, Larson BP, Chung KC. History and evolution of the Sauve-Kapandji procedure. *J Hand Surg Am* 2012 September;37(9):1895-902.
- (57) Taleisnik J. The Sauve-Kapandji procedure. *Clin Orthop Relat Res* 1992 February;(275):110-23.
- (58) Carter PB, Stuart PR. The Sauve-Kapandji procedure for post-traumatic disorders of the distal radio-ulnar joint. *J Bone Joint Surg Br* 2000 September;82(7):1013-8.

- (59) Gordon L, Levinsohn DG, Moore SV, Dodds RJ, Castleman LD. The Sauve-Kapandji procedure for the treatment of posttraumatic distal radioulnar joint problems. *Hand Clin* 1991 May;7(2):397-403.
- (60) Minami A, Suzuki K, Suenaga N, Ishikawa J. The Sauve-Kapandji procedure for osteoarthritis of the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Am* 1995 July;20(4):602-8.
- (61) Daecke W, Martini AK, Streich NA. [Kapandji-Sauve procedure for chronic disorders of the distal radioulnar joint with special regard to the long-term results]. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2003 May;35(3):164-9.
- (62) Zimmermann R, Gschwentner M, Arora R, Gabl M, Pechlaner S. [Clinical long-term outcome after Kapandji-Sauve procedure]. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2003 May;35(3):157-63.
- (63) Czermak C, Wittemann M, Germann G, Sauerbier M. [Functional results after the Kapandji-Sauve operation for salvage of the distal radioulnar joint]. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2007 December;39(6):403-8.
- (64) Papp M, Papp L, Lenkei B, Karolyi Z. Long-term results of the Sauve-Kapandji procedure in the rheumatoid wrist. *Acta Orthop Belg* 2013 December;79(6):655-9.
- (65) Kawabata A, Egi T, Tsuboi H, Takeuchi E, Fujita S, Masada K et al. Modified Sauve-Kapandji procedure for rheumatoid wrists: a long-term study with a minimum follow-up of 5 years. *Mod Rheumatol* 2014 May;24(3):426-9.
- (66) Slater RRJ. The Sauve-Kapandji procedure. *J Hand Surg Am* 2008 November;33(9):1632-8.
- (67) Peterson CA, Maki S, Wood MB. Clinical results of the one-bone forearm. *J Hand Surg Am* 1995 July;20(4):609-18.
- (68) Jacoby SM, Bachoura A, Diprinzio EV, Culp RW, Osterman AL. Complications following one-bone forearm surgery for posttraumatic forearm and distal radioulnar joint instability. *J Hand Surg Am* 2013 May;38(5):976-82.
- (69) Allende C, Allende BT. Posttraumatic one-bone forearm reconstruction. A report of seven cases. *J Bone Joint Surg Am* 2004 February;86-A(2):364-9.
- (70) Swanson AB. Implant arthroplasty for disabilities of the distal radioulnar joint. Use of a silicone rubber capping implant following resection of the ulnar head. *Orthop Clin North Am* 1973 April;4(2):373-82.
- (71) Stanley D, Herbert TJ. The Swanson ulnar head prosthesis for post-traumatic disorders of the distal radio-ulnar joint. *J Hand Surg Br* 1992 December;17(6):682-8.
- (72) Fatti JF, Palmer AK, Mosher JF. The long-term results of Swanson silicone rubber interpositional wrist arthroplasty. *J Hand Surg Am* 1986 March;11(2):166-75.

- (73) McMurtry RY, Paley D, Marks P, Axelrod T. A critical analysis of Swanson ulnar head replacement arthroplasty: rheumatoid versus nonrheumatoid. *J Hand Surg Am* 1990 March;15(2):224-31.
- (74) Sagerman SD, Seiler JG, Fleming LL, Lockerman E. Silicone rubber distal ulnar replacement arthroplasty. *J Hand Surg Br* 1992 December;17(6):689-93.
- (75) Garcia-Elias M. Eclipse: partial ulnar head replacement for the isolated distal radio-ulnar joint arthrosis. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2007 March;11(1):121-8.
- (76) Kopylov P, Tagil M. Distal radioulnar joint replacement. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2007 March;11(1):109-14.
- (77) Bauer D, Schweizer A, Nagy L. Periprosthetic fracture of the ulna-a case report. *J Wrist Surg* 2015 May;4(2):134-8.
- (78) van Schoonhoven J, Herbert TH, Krimmer H. [New concepts for endoprotheses of the distal radio-ulnar joint]. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1998 November;30(6):387-92.
- (79) Schoonhoven V, Herbert TJ, Fernandez DL, Prommersberger KJ, Krimmer H. [Ulnar head prosthesis]. *Orthopade* 2003 September;32(9):809-15.
- (80) Herbert TJ, van Schoonhoven J. Ulnar head replacement. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2007 March;11(1):98-108.
- (81) Friedman RJ, Black J, Galante JO, Jacobs JJ, Skinner HB. Current concepts in orthopaedic biomaterials and implant fixation. *Instr Course Lect* 1994;43:233-55.
- (82) Wintermantel E, Ha S-W. Biokompatible Werkstoffe und Bauweisen: Implantate für Medizin und Umwelt 1998;211-31.
- (83) Fernandez DL, Joneschild ES, Abella DM. Treatment of failed Sauve-Kapandji procedures with a spherical ulnar head prosthesis. *Clin Orthop Relat Res* 2006 April;445:100-7.
- (84) Muhldorfer-Fodor M, Pillukat T, Pausch T, Prommersberger KJ, van Schoonhoven J. [Reconstruction of the distal radioulnar joint using the Herbert ulnar head prosthesis]. *Oper Orthop Traumatol* 2011 April;23(2):86-97.
- (85) van Schoonhoven J, Prommersberger KJ. [Ulna head prosthesis]. *Unfallchirurg* 2008 March;111(3):187-92.
- (86) van Schoonhoven J, Fernandez DL, Bowers WH, Herbert TJ. Salvage of failed resection arthroplasties of the distal radioulnar joint using a new ulnar head prosthesis. *J Hand Surg Am* 2000 May;25(3):438-46.
- (87) van Schoonhoven J, Muhldorfer-Fodor M, Fernandez DL, Herbert TJ. Salvage of failed resection arthroplasties of the distal radioulnar joint using an ulnar head prosthesis: long-term results. *J Hand Surg Am* 2012 July;37(7):1372-80.

- (88) Warwick D, Shyamalan G, Balabanidou E. Indications and early to mid-term results of ulnar head replacement. *Ann R Coll Surg Engl* 2013 September;95(6):427-32.
- (89) Sauerbier M, Arsalan-Werner A, Enderle E, Vetter M, Vonier D. Ulnar head replacement and related biomechanics. *J Wrist Surg* 2013 February;2(1):27-32.
- (90) Axelsson P, Sollerman C, Karrholm J. Ulnar Head Replacement: 21 Cases; Mean Follow-Up, 7.5 Years. *J Hand Surg Am* 2015 September;40(9):1731-8.
- (91) Sabo MT, Talwalkar S, Hayton M, Watts A, Trail IA, Stanley JK. Intermediate outcomes of ulnar head arthroplasty. *J Hand Surg Am* 2014 December;39(12):2405-11.
- (92) Kakar S, Swann RP, Perry KI, Wood-Wentz CM, Shin AY, Moran SL. Functional and radiographic outcomes following distal ulna implant arthroplasty. *J Hand Surg Am* 2012 July;37(7):1364-71.
- (93) Gordon KD, Dunning CE, Johnson JA, King GJW. Kinematics of ulnar head arthroplasty. *J Hand Surg Br* 2003 December;28(6):551-8.
- (94) Masaoka S, Longworth SH, Werner FW, Short WH, Green JK. Biomechanical analysis of two ulnar head prostheses. *J Hand Surg Am* 2002 September;27(5):845-53.
- (95) Scheker LR, Babb BA, Killion PE. Distal ulnar prosthetic replacement. *Orthop Clin North Am* 2001 April;32(2):365-76, x.
- (96) Scheker L. Distal Radioulnar Joint Prosthesis. In: David J.Slutsky, A.Lee Osterman, editors. *Fractures And Injuries Of The Distal Radius and Carpus: The Cutting Edge*. Saunders, Elsevier; 2009. p. 373-82.
- (97) Savvidou C, Murphy E, Mailhot E, Jacob S, Scheker LR. Semiconstrained distal radioulnar joint prosthesis. *J Wrist Surg* 2013 February;2(1):41-8.
- (98) Scheker LR, Martineau DW. Distal radioulnar joint constrained arthroplasty. *Hand Clin* 2013 February;29(1):113-21.
- (99) Sander AL, Ebert F, Marzi I, Frank J. [Outcome after Implantation of the Aptis Total Distal Radioulnar Joint Replacement Prosthesis]. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2015 October;47(5):306-11.
- (100) Laurentin-Perez LA, Goodwin AN, Babb BA, Scheker LR. A study of functional outcomes following implantation of a total distal radioulnar joint prosthesis. *J Hand Surg Eur Vol* 2008 February;33(1):18-28.
- (101) Kachoei AR, Chase SM, Jupiter JB. Outcome Assessment after Aptis Distal Radioulnar Joint (DRUJ) Implant Arthroplasty. *Arch Bone Jt Surg* 2014 September;2(3):180-4.
- (102) Galvis EJ, Pessa J, Scheker LR. Total joint arthroplasty of the distal radioulnar joint for rheumatoid arthritis. *J Hand Surg Am* 2014 September;39(9):1699-704.

- (103) Rampazzo A, Gharb BB, Brock G, Scheker LR. Functional Outcomes of the Aptis-Scheker Distal Radioulnar Joint Replacement in Patients Under 40 Years Old. *J Hand Surg Am* 2015 July;40(7):1397-403.
- (104) Schuurman AH, Teunis T. A new total distal radioulnar joint prosthesis: functional outcome. *J Hand Surg Am* 2010 October;35(10):1614-9.
- (105) Cooney WP, Bussey R, Dobyys JH, Linscheid RL. Difficult wrist fractures. Perilunate fracture-dislocations of the wrist. *Clin Orthop Relat Res* 1987 January;(214):136-47.
- (106) Krimmer H, Wiemer P, Kalb K. [Comparative outcome assessment of the wrist joint--mediocarpal partial arthrodesis and total arthrodesis]. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2000 November;32(6):369-74.
- (107) 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 June;29(6):602-8.
- (108) 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 May;31(3):149-52.
- (109) Klum M, Wolf MB, Hahn P, Leclere FM, Bruckner T, Unglaub F. Normative data on wrist function. *J Hand Surg Am* 2012 October;37(10):2050-60.
- (110) Hulten O. Über anatomische Variationen der Handgelenkknochen. *Acta Radiol* 1928;9:155-68.
- (111) Palmer AK, Glisson RR, Werner FW. Ulnar variance determination. *J Hand Surg Am* 1982 July;7(4):376-9.
- (112) Kristensen SS, Thomassen E, Christensen F. Ulnar variance determination. *J Hand Surg Br* 1986 June;11(2):255-7.
- (113) Steyers CM, Blair WF. Measuring ulnar variance: a comparison of techniques. *J Hand Surg Am* 1989 July;14(4):607-12.
- (114) Willis AA, Berger RA, Cooney WP. Arthroplasty of the distal radioulnar joint using a new ulnar head endoprosthesis: preliminary report. *J Hand Surg Am* 2007 February;32(2):177-89.
- (115) Yen Shipley N, Dion GR, Bowers WH. Ulnar head implant arthroplasty: an intermediate term review of 1 surgeon's experience. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2009 September;13(3):160-4.
- (116) Herzberg G. Periprosthetic bone resorption and sigmoid notch erosion around ulnar head implants: a concern? *Hand Clin* 2010 November;26(4):573-7.

## **Abbildungs-/Tabellenverzeichnis**

**Abb. 1 Drehung des Radius um die Ulna bei Pro-/Supination**

**Abb. 2 Formvarianten des Ulnakopfes in Abhängigkeit von den distalen radioulnaren Lagepositionen**

**Abb. 3 Druck- und Zugkräfte am DRUG in der axialen Belastung**

**Abb. 4 Axiale und transversale Druckeinwirkung auf das DRUG**

**Abb.5 Bandapparat und Bewegungsachse für die Pro-und Supinationsbewegung im proximalen und distalen Radioulnargelenk. a. Supinationsstellung b. Pronationsstellung (Mit freundlicher Genehmigung vom „Georg Thieme Verlag KG“ erteilt von „Copyright Clearance Center“, Lizenznummer 4214280333196)**

**Abb. 6: Mayo-Wrist-Score**

**Abb.7: Modified Mayo Wrist Score**

**Abb. 8: Bestimmung der Ulnavarianz**

**Abb.9: Alter der Patienten**

**Abb.10: Monate nach OP bis Untersuchung**

**Abb.11 Monate nach OP bis Untersuchung**

**Abb.12: Verteilung der Indikationen**

**Abb.13: Anzahl Voroperationen**

**Abb.14: Patienten mit und ohne Arthrodesse**

**Abb.15: Verteilung (Teil-)Versteifungen unter den Indikationen**

**Abb.16: DASH Score Arthrodesse vs keine Arthrodesse**

**Abb.17: Mayo-Wrist-Score Arthrodesse vs keine Arthrodesse**

**Abb.18: Krimmer-Score Arthrodesse vs keine Arthrodesse**

**Abb.19: Kapandji-Situation**

**Abb.20: *Oben:* UKP unter Arthrodesseblock. *Unten:* Kapandji-Situation aufgehoben**

**Abb.21: VAS in Ruhe prä- und postoperativ**

**Abb.22: VAS bei Belastung prä- und postoperativ**

**Abb.23: DASH-Score des gesamten Patientenkollektivs**

**Abb.24: DASH-Score prä- und postoperativ (n=29)**



**Abb.25: DASH-Score aufgeteilt nach Indikationen**

**Abb.26: Mayo-Wrist-Score gesamtes Patientenkollektiv, Boxplot**

**Abb.27: Mayo-Wrist-Score gesamtes Patientenkollektiv**

**Abb.28: Mayo-Wrist-Score aufgeteilt nach Indikationen**

**Abb.29: Krimmer-Score gesamtes Patientenkollektiv, Boxplot**

**Abb.30: Krimmer-Score gesamtes Patientenkollektiv**

**Abb.31: Krimmer-Score aufgeteilt nach Indikationen**

**Abb.32: Resorption Ulna distal**

**Abb.33: Ulnavarianz**

**Abb.34: Knöcherner Anbau incisura ulnaris**

**Abb.35: Migration der Prothese in den Radius**

**Abb.36: Zufriedenheit Operation**

**Abb.37: Kaplan-Meier-Kurve für die Überlebenszeit der Herbert-Ulnakopfprothese**

**Abb.38: Kaplan-Meier-Kurve für die Überlebenszeit (bis zur Prothesen bzw. Prothesenkopfentfernung)**

**Abb.39: Kaplan-Meier-Kurve für die Überlebenszeit der Ulnakopfprothese im Vergleich der Indikationen**

**Abb.40: Kaplan-Meier-Kurve für die Überlebenszeit der Ulnakopfprothese im Vergleich der primär und sekundär implantierten Prothesen**

**Tab. 1: Patientenkollektiv**

**Tab.2: Indikationen zur Ulnakopfprothese**

**Tab.3: Bewegungsausmaße prä-und postoperativ bei unterschiedlichen Indikationen**

**Tab. 4: Mayo-Wrist-Score**

**Tab. 5: Krimmer-Score**

**Tab.6: Anzahl und Art der Revisionsoperationen**

**Tab.7: Anzahl und Grund des Prothesen- oder Verfahrenswechsels**

## 7 Anhang

## Patienteninformation

---

Klinische Ergebnisse und Überlebensrate der Ulnakopfprothese bei der Rekonstruktion des distalen Radioulnargelenkes in Abhängigkeit von Komorbidität und Differentialindikationen

---

---

**Durchführende Klinik:** Klinik für Handchirurgie Bad Neustadt a/d Saale

**Studienleiter:** R.F. Pronk

**Studiensekretariat:** Frau Nagel

**Telefonische Sprechzeiten:** Mo-Fr 09:00 – 13:00

**Telefon:** 09771-66 2115

**Email:** natalie.nagel@handchirurgie.de

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

wir möchten Sie fragen, ob Sie bereit sind, an der nachfolgend beschriebenen Studie teilzunehmen.

Studien sind notwendig, um verlässliche neue medizinische Forschungsergebnisse zu gewinnen oder zu erweitern. Zu dieser Studie, die wir Ihnen hier vorstellen, wurde von der zuständigen Ethikkommission eine befürwortende Stellungnahme abgegeben. Diese Studie wird in der Klinik für Handchirurgie Bad Neustadt a/d Saale durchgeführt; es sollen insgesamt ungefähr 90 Personen daran teilnehmen.

Ihre Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie werden in diese Studie also nur dann einbezogen, wenn Sie dazu schriftlich Ihre Einwilligung erklären. Sofern Sie nicht an der Studie teilnehmen oder später aus ihr ausscheiden möchten, erwachsen Ihnen daraus keine Nachteile.

Sie wurden bereits auf die geplante Studie angesprochen. Der nachfolgende Text soll Ihnen die Ziele und den Ablauf erläutern. Anschließend wird ein Arzt das Aufklärungsgespräch mit Ihnen führen. Bitte zögern Sie nicht, alle Punkte anzusprechen, die Ihnen unklar sind. Sie werden danach ausreichend Bedenkzeit erhalten, um über Ihre Teilnahme zu entscheiden.

## **1. Warum wird diese Studie durchgeführt?**

Der Zweck dieser Studie ist die Überlebensrate und die klinischen Ergebnisse des künstlichen Ellenkopfes nach Herbert in der Behandlung von Schäden im Handgelenksnahen Unterarmgelenk zu bewerten. In dieser Studie werden die Funktion des Handgelenksnahen Unterarmgelenkes und Komplikationen des Eingriffs untersucht.

Die Ergebnisse werden es uns ermöglichen, weiterführende Erkenntnisse über die Schwere, den Verlauf und der Behandlung von Schäden im Handgelenksnahen Unterarmgelenk zu gewinnen. Wir hoffen damit einen Baustein für Therapiemöglichkeiten in der Zukunft legen zu können.

## **2. Wie ist der Ablauf der Studie und was muss ich bei Teilnahme beachten?**

Bei Aufnahme in dieser Studie wird die Vorgeschichte Ihrer Krankheit erhoben, und Sie werden einer umfassenden ärztlichen Untersuchung unterzogen. Während dieser Studie werden einmalig die folgenden Untersuchungen durchgeführt: Klinische Untersuchung und Röntgenaufnahmen. Zudem werden Sie gebeten einen Fragebogen bezüglich ihrer Handgelenksfunktion, Schmerzen und Zufriedenheit auszufüllen.

Sie werden gebeten, hierzu jeweils in die Klinik für Handchirurgie Bad Neustadt a/d Saale zu kommen. Insgesamt ist 1 Besuch notwendig.

## **3. Welchen persönlichen Nutzen habe ich von der Teilnahme an der Studie?**

Außer der Früherkennung einer asymptomatischen Prothesenlockerung mit Vermeidung eines Knochendefektes ist die Teilnahme an der Studie nicht mit einem direkten Nutzen für die Patienten verbunden. Allerdings bietet die

Nachuntersuchung die Möglichkeit einer neuerlichen vollständigen Untersuchung des verletzten Handgelenkes und die Beantwortung sämtlicher etwaiger Fragen bezüglich des Behandlungsverlaufs.

Der hauptsächliche Nutzen der Studie wird künftigen Patienten zugute kommen, die an eine Arthrose des distalen Radioulnargelenkes erliden.

Die sorgfältige Analyse der Daten der vorliegenden Studie wird helfen Behandlungsstrategien zu verbessern und funktionelle Ergebnisse zu optimieren.

#### **4. Welche Risiken sind mit der Teilnahme an der Studie verbunden?**

Mit der Teilnahme an der Studie ist lediglich das minimale Risiko, dass von der ionisierenden Strahlung einer Röntgenaufnahme des Handgelenkes ausgeht, verbunden. Alle diagnostischen konventionellen Röntgenuntersuchungen liegen unabhängig von der Körperregion in einem unbedenklichen Dosisbereich. Auch mehrfache Untersuchungen über das Jahr verteilt gelten als unbedenklich.

Zum Vergleich: Die Strahlenbelastung bei einem Flug Frankfurt - New York - Frankfurt ist ca. 5-10 mal höher als die einer Röntgenaufnahme des Handgelenkes.

Die beschriebenen Funktionsuntersuchungen setzen die Patienten keinem Risiko aus.

#### **5. Entstehen für mich Kosten durch die Teilnahme an der Studie?**

Durch Ihre Teilnahme an dieser Studie entstehen für Sie keine zusätzlichen Kosten. Ebenso wird Ihre Krankenkasse nicht mit Kosten belastet.

#### **6. Bin ich während der Studie versichert?**

Sie unterliegen auf dem Weg von und zur Klinik den gesetzlichen/privaten Versicherungen. Eine zusätzliche Unfallversicherung besteht nicht.

## 7. Wer entscheidet, ob ich aus Studie ausscheide?

Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahme beenden, ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile bei Ihrer medizinischen Behandlung entstehen.

Unter gewissen Umständen ist es aber auch möglich, dass der Arzt entscheidet, Ihre Teilnahme an der Studie vorzeitig zu beenden, ohne dass Sie auf die Entscheidung Einfluss haben. Die Gründe hierfür können z. B. sein:

- Ihre weitere Teilnahme an der Studie ist ärztlich nicht mehr vertretbar;
- es wird die gesamte Studie abgebrochen.

## 8. Was geschieht mit meinen Daten?

Während der Studie werden medizinische Befunde und persönliche Informationen von Ihnen erhoben und in der Klinik für Handchirurgie Bad Neustadt a/d Saale in Ihrer persönlichen Akte niedergeschrieben oder elektronisch gespeichert. Für die weitere Verarbeitung werden Ihre persönlichen Daten unkenntlich gemacht. In vielen Fällen werden zusätzlich Fotos von Befunden (Untersuchung, OP) gemacht, auf denen Sie aber ebenfalls als Person nicht zu erkennen sein dürfen. Diese Aufnahmen werden eventuell für Vorträge, Unterricht oder wissenschaftliche Veröffentlichungen verwendet.

Die Daten sind gegen unbefugten Zugriff gesichert.

Die gesetzlichen Bestimmungen enthalten nähere Vorgaben für den erforderlichen Umfang der Einwilligung in die Datenerhebung und -verwendung. **Einzelheiten, insbesondere zur Möglichkeit eines Widerrufs, entnehmen Sie bitte der Einwilligungserklärung, die im Anschluss an diese Patienteninformation abgedruckt ist.**

## **9. Was geschieht mit meinen Röntgenaufnahmen?**

Die Aufnahmen mit bildgebenden Verfahren (Röntgenbilder) werden nach Abschluss der Studie in Ihrer persönlichen Akte aufbewahrt und elektronisch gespeichert.

## **10. An wen wende ich mich bei weiteren Fragen?**

### **Beratungsgespräche an der Klinik für Handchirurgie Bad Neustadt a/d Saale**

Sie haben stets die Gelegenheit zu weiteren Beratungsgesprächen mit dem auf Seite 1 genannten oder einem anderen Arzt, um weitere Fragen im Zusammenhang mit der Studie zu klären. Auch Fragen, die Ihre Rechte und Pflichten als Patient und Teilnehmer an der Studie betreffen, werden gerne beantwortet.

Wenden Sie sich für einen Termin an die auf Seite 1 genannte Studiensekretärin.

Wenn Sie aufgrund eines dringendes Anliegens oder Problems einen Arzt außerhalb unserer Dienstzeiten sprechen müssen, wenden Sie sich bitte an die Rezeption der Herz- und Gefäß-Klinik (Tel. 09771-660). Von dort aus können Sie an den Dienstarzt der Handchirurgie weiter vermittelt werden.

**Durchführende Klinik:** Klinik für Handchirurgie Bad Neustadt a/d Saale

**Studienleiter:** R.F. Pronk

**Klinische Ergebnisse und Überlebensrate der Ulnakopfprothese bei der Rekonstruktion des distalen Radioulnargelenkes in Abhängigkeit von Komorbidität und Differentialindikationen**

**Einwilligungserklärung**

.....

Name des Patienten in Druckbuchstaben

geb. am ..... Teilnehmer-Nr. ....

Ich bin in einem persönlichen Gespräch durch den Arzt

.....

Name der Ärztin / des Arztes

ausführlich und verständlich über Wesen, Bedeutung, Risiken und Tragweite der Studie aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text der Patienteninformation sowie die hier nachfolgend abgedruckte Datenschutzerklärung gelesen und verstanden. Ich hatte genügend Bedenkzeit und die Gelegenheit, mit dem Arzt über die Durchführung der Studie zu sprechen. Alle meine Fragen wurden zufrieden stellend beantwortet.

Möglichkeit zur Dokumentation zusätzlicher Fragen seitens des Patienten oder sonstiger Aspekte des Aufklärungsgesprächs:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



---

---

---

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden.

Mir ist bekannt, dass ich jederzeit und ohne Angabe von Gründen meine Einwilligung zur Teilnahme an der Studie zurückziehen kann (mündlich oder schriftlich), ohne dass mir daraus Nachteile für meine medizinische Behandlung entstehen.

## **Datenschutz:**

Mir ist bekannt, dass bei dieser Studie personenbezogene Daten und Aufnahmen, insbesondere medizinische Befunde über mich erhoben, gespeichert und ausgewertet werden sollen. Die Verwendung der Angaben über meine Gesundheit erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor der Teilnahme an der Studie folgende freiwillig abgegebene Einwilligungserklärung voraus, das heißt: ohne die nachfolgende Einwilligung kann ich nicht an der Studie teilnehmen.

1. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser Studie personenbezogene Daten und Aufnahmen, insbesondere Angaben über meine Gesundheit, über mich erhoben und in Papierform sowie auf elektronischen Datenträgern in der Klinik für Handchirurgie Bad Neustadt a/d Saale aufgezeichnet werden. Soweit erforderlich, dürfen die erhobenen Daten pseudonymisiert (verschlüsselt) weitergegeben werden:
  - a) an eine wissenschaftliche Institution zum Zwecke der wissenschaftlichen Auswertung.
  
2. Außerdem erkläre ich mich damit einverstanden, dass autorisierte und zur Verschwiegenheit verpflichtete Beauftragte des Auftraggebers, sowie die zuständigen Überwachungsbehörden in meine beim Arzt vorhandenen personenbezogenen Daten, insbesondere meine Gesundheitsdaten, Einsicht nehmen, soweit dies für die Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchführung der Studie notwendig ist. Für diese Maßnahme entbinde ich den Arzt von der ärztlichen Schweigepflicht.
  
3. Ich bin darüber aufgeklärt worden, dass ich jederzeit die Teilnahme an der Studie beenden kann. Beim Widerruf meiner Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, habe ich das Recht, die Löschung aller meiner bis dahin gespeicherten personenbezogenen Daten zu verlangen.
  
4. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Daten nach Beendigung oder Abbruch der Studie mindestens zehn Jahre aufbewahrt werden. Danach werden meine personenbezogenen Daten gelöscht, soweit nicht gesetzliche, satzungsmäßige oder vertragliche Aufbewahrungsfristen entgegenstehen.

**Ich erkläre mich bereit,  
an der oben genannten Studie  
freiwillig teilzunehmen.**

Ein Exemplar der Patienten-Information und -Einwilligung habe ich erhalten. Ein Exemplar verbleibt in der durchführenden Klinik.

.....

Name des Patienten in Druckbuchstaben



Datum

Unterschrift des **Patienten**

Ich habe das Aufklärungsgespräch geführt und die Einwilligung des Patienten eingeholt.

.....

Name des Arztes/der Ärztin in Druckbuchstaben

.....

Datum

Unterschrift des aufklärenden **Arztes/der Ärztin**

# Studie Ulnakopfprothese

**Pronk RF, van Schoonhoven J**

Einschlusskriterium: **Jeder Patient über 18 Jahre mit einer Ulnakopfprothese**

**Jeder Patient erhält den DASH-Fragebogen. Bei jedem Patienten wird eine Röntgen-Untersuchung durchgeführt (Handgelenk in 2 Ebenen)**

---

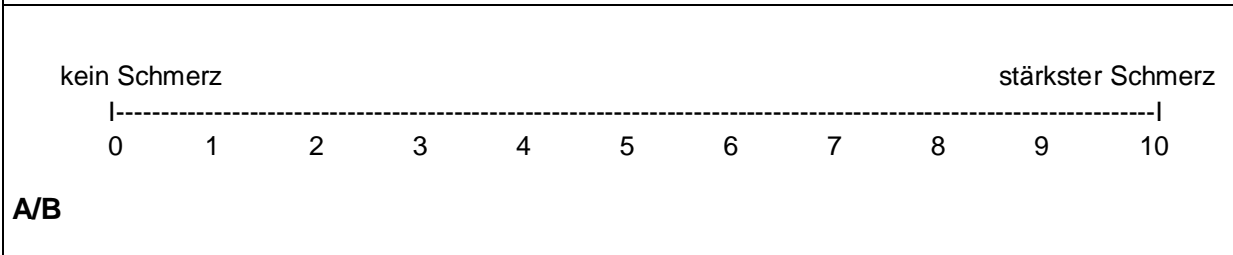
Patientenkleber	Untersuchungsdatum:
	Untersucher:

Diagnose:			
Beruf (Prä-OP):		Beruf (Post-OP):	
Normale Arbeitsfähigkeit <input type="checkbox"/>	Arbeitsfähigkeit beeinträchtigt <input type="checkbox"/>	Arbeitsfähig, aber arbeitslos <input type="checkbox"/>	Nicht arbeitsfähig wegen Schmerzen <input type="checkbox"/>
OP-Seite <input type="checkbox"/> Rechts <input type="checkbox"/> Links <input type="checkbox"/>	Dominante Hand: <input type="checkbox"/> Rechts <input type="checkbox"/> Links		
Anamnese:			

Visuelle Analogskala: **Ruheschmerz (A = Vor OP , B = nach OP)**



Visuelle Analogskala: **Belastungsschmerz (A = Vor OP , B = nach OP)**



<b>Verbale Analogskala (Krimmer-Score):</b>	Prä-OP	Post-OP
1 = schmerzfrei		
2 = ausschließlich Belastungsschmerz		
3 = noch erträglich, aber Ruhe + Belastungsschmerz		
4 = starke, unerträgliche Schmerzen		

<b>Verbale Analogskala (Mayo Wrist Score):</b>	Prä-OP	Post-OP

1 = schmerzfrei		
2 = gelegentliche, leichte Schmerzen		
3 = mittelstarke Schmerzen		
4 = unerträgliche Schmerzen		

<b>Gebrauchsfähigkeit (Krimmer-Score)</b>		
1 = normal, keine Einschränkung		
2 = nur bei speziellen Tätigkeiten eingeschränkt		
3 = erhebliche Einschränkungen		
4 = starke Einschränkung bereits im Alltag		

<b>Schmerzpunkte</b>				<b>Tests zur Stabilität</b>		
radiokarpal		mediokarpal		Watson	pos	neg
ulnokarpal (TFCC)		Rec praestyl		Ballotement	pos	neg
Tabatiere		STT		Schublade	pos	neg
Distal radioulnar		Sonstige:		DRUG	stabil	instabil

<b>Bewegungsumfang</b>	rechts			links		
Extension/Flexion						
Ulnar-/Radialdeviation						
Pronation/Supination						

**Kraftmessung (Jamardynamometer Stufe 3):**

rechts			Durchschnitt rechts	links			Durchschnitt links

**Zufriedenheit**

Ich würde die Operation nochmals durchführen lassen.  Ja  Nein

## **8 Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. J. van Schoonhoven für die Überlassung des Themas und seine Unterstützung.

Außerdem danke ich meinen Eltern und meinem Bruder für die Motivation und Unterstützung.

Auch möchte ich mich bei Frau Nathalie Nagel bedanken für ihre immer freundliche sekretarielle Unterstützung.