

Klinik für Plastische Chirurgie und Handchirurgie

Klinikum rechts der Isar

Technische Universität München

(Direktor: Univ.-Prof. Dr. H.-G. Machens)

## **Ansätze und Ergebnisse der operativen Therapie bei Lunatumnekrose**

Miriam Barbara Hanusch

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin  
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Medizin genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. E. J. Rummeny

Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr. H.-G. Machens

2. Univ.-Prof. Dr. P. Biberthaler

Die Dissertation wurde am 25.09.2013 bei der Technischen Universität München eingereicht  
und durch die Fakultät für Medizin am 21.01.2015 angenommen.

Meiner Familie gewidmet

# INHALTSVERZEICHNIS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Abbildungsverzeichnis .....</b>                             | <b>5</b>  |
| <b>Tabellenverzeichnis .....</b>                               | <b>7</b>  |
| <b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>                              | <b>9</b>  |
| <br>   |           |
| <b>1. Einleitung.....</b>                                      | <b>11</b> |
| <b>2. Grundlagen .....</b>                                     | <b>13</b> |
| 2.1 Anatomie .....   | 13        |
| 2.2 Ätiologie.....   | 17        |
| 2.3 Pathogenese .....  | 20        |
| 2.4 Klinik.....  | 21        |
| 2.5 Diagnostik .....   | 21        |
| 2.6 Stadieneinteilung.....                                     | 22        |
| 2.7 Therapie.....  | 26        |
| 2.7.1 Konservative Therapie .....                              | 26        |
| 2.7.2 Operative Therapie .....                                 | 27        |
| 2.7.2.1 Druckentlastende, lunatumerhaltende Verfahren .....    | 29        |
| 2.7.2.2 Funktionsrettende, lunatumresezierende Verfahren ..... | 31        |
| <b>3. Fragestellung und Ziel der Studie.....</b>               | <b>33</b> |
| <b>4. Material und Methodik .....</b>                          | <b>34</b> |
| 4.1 Studienprotokoll und Studiendesign .....                   | 34        |
| 4.1.1 Einschlusskriterien .....                                | 34        |
| 4.1.2 Ausschlusskriterien .....                                | 34        |
| 4.1.3 Rekrutierung der Studienpatienten .....                  | 34        |
| 4.2 Datenerhebung.....   | 35        |
| 4.2.1 Aktenauswertung.....                                     | 35        |
| 4.2.2 Anamnesebogen .....                                      | 35        |
| 4.2.3 Fragebogen .....   | 36        |
| 4.2.4 Klinische Nachuntersuchung.....                          | 36        |
| 4.2.4.1 Bewegungsumfang im Handgelenk.....                     | 36        |
| 4.2.4.2 Fingerbeweglichkeit .....                              | 37        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.2.4.3 Kraft .....                                     | 37        |
| 4.2.5 Handfunktionsscores .....                         | 38        |
| 4.2.5.1 DASH.....                                       | 38        |
| 4.2.5.2 Mayo-Wrist-Score .....                          | 38        |
| 4.2.5.3 Cooney & Bussey-Score.....                      | 39        |
| 4.2.5.4 Krimmer-Score .....                             | 39        |
| 4.2.6 Röntgenuntersuchung .....                         | 39        |
| 4.2.6.1 Technik .....                                   | 39        |
| 4.2.6.2 Bildanalyse.....                                | 40        |
| 4.2.6.3 Karpale Indices .....                           | 41        |
| 4.2.6.4 Karpale Winkel .....                            | 42        |
| 4.3 Datenverwaltung .....                               | 43        |
| 4.4 Statistische Methoden.....                          | 43        |
| <b>5. Ergebnisse.....</b>                               | <b>44</b> |
| 5.1 Ergebnisse aus Anamnese und Aktenstudium .....      | 44        |
| 5.1.1 Patientenkollektiv .....                          | 44        |
| 5.1.2 Stadienverteilung.....                            | 46        |
| 5.1.3 Beschwerdezeitraum .....                          | 46        |
| 5.1.4 Altersdurchschnitt zum Operationszeitpunkt.....   | 47        |
| 5.1.5 Nachuntersuchungsintervall .....                  | 47        |
| 5.1.6 Systemische Grunderkrankungen .....               | 48        |
| 5.1.7 Probleme mit der Gegenseite .....                 | 48        |
| 5.1.8 Konservative Vorbehandlung.....                   | 48        |
| 5.1.9 Prä- und postoperative Verletzungen.....          | 48        |
| 5.1.10 Voroperationen im Sinne der Lunatumnekrose ..... | 49        |
| 5.1.11 Komplikationen .....                             | 49        |
| 5.1.12 Schmerzintensität .....                          | 50        |
| 5.1.13 Zufriedenheit und Zustand .....                  | 51        |
| 5.2 Ergebnisse des DASH .....                           | 52        |
| 5.3 Ergebnisse der klinischen Nachuntersuchung.....     | 53        |
| 5.3.1 Bewegungsumfang.....                              | 53        |
| 5.3.2 Reduzierte Fingerbeweglichkeit .....              | 54        |

|   |            |
|---|------------|
| 5.3.3 Kraft.....  | 54         |
| 5.4 Ergebnisse der Handfunktionsscores .....            | 56         |
| 5.4.1 Mayo-Wrist-Score .....                            | 56         |
| 5.5 Ergebnisse der Röntgenuntersuchung .....            | 57         |
| 5.5.1 Stadienverteilung .....                           | 58         |
| 5.5.2 Arthrose .....                                    | 59         |
| 5.5.3 Ulnavarianz .....                                 | 61         |
| 5.5.4 Indices .....                                     | 62         |
| 5.5.5 Winkel .....                                      | 63         |
| 5.6 Ergebnisse der Statistik.....                       | 63         |
| 5.6.1 VAS .....   | 63         |
| 5.6.2 DASH .....  | 64         |
| 5.6.3 ROM .....   | 64         |
| 5.6.4 Kraft.....  | 64         |
| 5.6.5 Handfunktionsscores .....                         | 64         |
| 5.6.6 Karpale Indices und Winkel.....                   | 64         |
| <b>6. Diskussion.....</b>                               | <b>65</b>  |
| 6.1 Langzeitresultate in Abhängigkeit vom Stadium ..... | 65         |
| 6.1.1 Behandlung im Stadium II und Stadium IIIA .....   | 65         |
| 6.1.2 Behandlung im Stadium IIIB.....                   | 73         |
| 6.1.3 Behandlung im Stadium IV .....                    | 77         |
| 6.2 Diskrepanz .....                                    | 80         |
| 6.3 Resultat und Therapieempfehlung.....                | 84         |
| <b>7. Kasuistik .....</b>                               | <b>91</b>  |
| <b>8. Zusammenfassung .....</b>                         | <b>97</b>  |
| <b>9. Literaturverzeichnis.....</b>                     | <b>100</b> |
| <b>10. Anhang .....</b>                                 | <b>107</b> |
| 10.1 DASH .....   | 107        |
| 10.2 Mayo-Wrist-Score.....                              | 111        |
| 10.3 Mayo-Wrist-Score nach Cooney und Bussey.....       | 112        |
| 10.4 Krimmer-Score .....                                | 113        |
| 10.5 Anamnesebogen.....                                 | 114        |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 10.6 Fragebogen .....                | 118        |
| 10.7 Untersuchungsbogen.....         | 121        |
| <b>Ehrenwörtliche Erklärung.....</b> | <b>125</b> |
| <b>Danksagung .....</b>              | <b>126</b> |
| <b>Lebenslauf .....</b>              | <b>127</b> |

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Portrait von Robert Kienböck (1871-1953)

Abbildung 2: Flachschnitt durch die rechte Handwurzel

Abbildung 3: Os lunatum

Abbildung 4: Bewegungsumfang

Abbildung 5: Lunäre Vaskularisation

Abbildung 6: Arterien der Hand von dorsal

Abbildung 7: Arterien der Hand von volar

Abbildung 8: Ulnavarianz

Abbildung 9: Präparatradiogramm eines exstirpierten Lunatums

Abbildung 10: Stadium I (Lichtman und Ross)

Abbildung 11: Stadium II (Lichtman und Ross)

Abbildung 12: Stadium IIIA (Lichtman und Ross)

Abbildung 13: Stadium IIIB (Lichtman und Ross)

Abbildung 14: Stadium IV (Lichtman und Ross)

Abbildung 15: Radialer Knochenspan

Abbildung 16: Radiusverkürzung (links), Umstellungsosteotomie (rechts)

Abbildung 17: CSCHF

Abbildung 18: Partiale Capitatumverkürzung

Abbildung 19: Operation nach Graner

Abbildung 20: PRC bei Z.n. Radiusverkürzung

Abbildung 21: VAS

Abbildung 22: Fingerbeweglichkeit

Abbildung 23: Vigorimeter

Abbildung 24: Dynamometer

Abbildung 25: Dorsopalmare Aufnahme

Abbildung 26: Seitliche Aufnahme

Abbildung 27: Bestimmung der Ulnavarianz nach Gelberman

Abbildung 28: Natrass-Index

Abbildung 29: Stahl-Index

Abbildung 30: Radiocarpaler Winkel

Abbildung 31: KL und SL Winkel

Abbildung 32: Gesamtes Patientengut

Abbildung 33: Altersdurchschnitt zum Operationszeitpunkt

Abbildung 34: Schmerzintensität

Abbildung 35: DASH: Mittelwerte

Abbildung 36: ROM in Prozent zur Gegenseite

Abbildung 37: Durchschnittliche Kraft in Prozent zur Gegenseite Vigorimeter/Dynamometer

Abbildung 38: Mayo-Wrist-Score: Mittelwerte

Abbildung 39: Röntgenverlauf Capitatumverkürzung

Abbildung 40: MRT-Verlauf Capitatumverkürzung

Abbildung 41: Röntgenverlauf Capitatumverkürzung (Arthrosegradzunahme)

Abbildung 42: Röntgenverlauf Capitatumverkürzung mit Span

Abbildung 43: Röntgenkontrolle Operation nach Graner

Abbildung 44: Röntgenverlauf Operation nach Graner

Abbildung 45: Röntgenkontrolle Radiusverkürzung

Abbildung 46: Röntgenkontrolle PRC

Abbildung 47: Therapiebaum



## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Klassifikation nach Martini

Tabelle 2: Klassifikation nach Delcoulx und Lichtman

Tabelle 3: Arthrosegrad

Tabelle 4: Patientenkollektiv

Tabelle 5: Patientengut

Tabelle 6: Stadienverteilung

Tabelle 7: Präoperative Symptome

Tabelle 8: Komplikationen

Tabelle 9: Durchschnittliche Werte der VAS

Tabelle 10: Nochmalige Operation aus heutiger Sicht

Tabelle 11: Zufriedenheit mit dem Zustand

Tabelle 12: Zustand im Vergleich

Tabelle 13: DASH-Score: Mittelwerte und Standardabweichungen

Tabelle 14: Einteilung der Ergebnisse des DASH-Score bei Nachuntersuchung

Tabelle 15: ROM in Prozent zur Gegenseite

Tabelle 16: Kraft in Prozent zur Gegenseite

Tabelle 17: Mayo-Wrist-Score: Mittelwerte und Standardabweichungen

Tabelle 18: Einteilung der Ergebnisse des Mayo-Wrist-Score bei Nachuntersuchung

Tabelle 19: Patientenkollektiv für die radiologische Auswertung

Tabelle 20: Patientenkollektiv zum direkten radiologischen Vergleich

Tabelle 21: Stadienverteilung im Vergleich

Tabelle 22: Stadienveränderung

Tabelle 23: Lokalisation der Arthrose

Tabelle 24: Arthrosegrad

Tabelle 25: Arthrosegradveränderung

Tabelle 26: Ulnavarianz

Tabelle 27: Karpale Indices

Tabelle 28: Karpale Winkel

Tabelle 29: Verteilung der Operationsmethoden in Abhängigkeit vom Stadium

Tabelle 30: Vergleich der Operationsmethoden im Stadium II + IIIA (Kraft und ROM)

Tabelle 31: Vergleich der Operationsmethoden im Stadium II + IIIA (VAS und Scores)  
Tabelle 32: Vergleich der Operationsmethoden im Stadium IIIB (Kraft und ROM)  
Tabelle 33: Vergleich der Operationsmethoden im Stadium IIIB (VAS und Scores)  
Tabelle 34: Vergleich der Operationsmethoden im Stadium IV (Kraft und ROM)  
Tabelle 35: Vergleich der Operationsmethoden im Stadium IV (VAS und Scores)  
Tabelle 36: Behandlung bei Morbus Kienböck (Green et al.)  
Tabelle 37: Behandlung bei Morbus Kienböck (Horch et al.)  
Tabelle 38: Behandlung bei Morbus Kienböck (Schuind et al.)  
Tabelle 39: Behandlung bei Morbus Kienböck (International meeting on Kienböck's disease)  
Tabelle 40: Therapieempfehlung Stadium II-IV

## Abkürzungsverzeichnis

|       |   |
|-------|---|
| A.    | Arteria   |
| Abb.  | Abbildung                                       |
| al.   | alii (lat., andere)                             |
| bzw.  | beziehungsweise                                 |
| ca.   | circa   |
| cm    | Zentimeter                                      |
| CRPS  | complex regional pain syndrom                   |
| CSCHF | Capitatum-Shortening & Capitatum-Hamatum-Fusion |
| CT    | Computertomographie                             |
| d.h.  | das heißt                                       |
| DASH  | Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand      |
| E/F   | Extension/Flexion                               |
| et    | lat., und                                       |
| ggf.  | gegebenenfalls                                  |
| HG    | Handgelenk                                      |
| J     | Jahre   |
| kg    | Kilogramm                                       |
| KL    | kapitolunär                                     |
| kPa   | Kilopascal                                      |
| Lig.  | Ligamentum                                      |
| MRT   | Magnetresonanztomographie                       |
| n     | Anzahl  |
| N.    | Nervus  |
| n.m.  | nicht möglich                                   |
| NU    | Nachuntersuchung                                |
| Op    | Operation                                       |
| P/S   | Pronation/Supination                            |
| RU    | Radius-Ulna                                     |
| PRC   | Proximal Row Carpectomy                         |
| R/U   | Radial/Ulnarabduktion                           |

|       |  |
|-------|--|
| ROM   | range of motion (engl., Bewegungsumfang) |
| s.    | siehe                                    |
| SC    | Skaphoid-Capitatum                       |
| SL    | skapholunär                              |
| STT   | Skaphoid-Trapezium-Trapezoideum          |
| u.a.  | unter anderem                            |
| VAS   | Visuelle Analogskala                     |
| vgl.  | vergleiche                               |
| z.B.  | zum Beispiel                             |
| Z. n. | Zustand nach                             |

## 1. Einleitung

Trotz des enormen medizinischen Fortschritts, der in den letzten Jahrzehnten erzielt worden ist, gibt es dennoch Krankheiten, deren Ätiologie noch nicht vollständig geklärt bzw. deren optimaler Therapieansatz strittig ist. Darum wurden und werden Studien durchgeführt, um mit deren Ergebnissen präzisere Aussagen bezüglich der Entstehung sowie der Behandlung dieser Erkrankungen treffen zu können. Die Lunatumnekrose als ein Beispiel einer seltenen und ätiologisch sowie therapeutisch umstrittenen Krankheit ist Thema dieser Studie, die es zum Ziel hat, die operativen Langzeitergebnisse einander gegenüber zu stellen und letztendlich eine Therapieempfehlung auszusprechen.

Die Lunatumnekrose wurde erstmals von Peste 1843 beschrieben. Aber erst 1910 prägte der Wiener Radiologe Robert Kienböck (Abb. 1) mit seiner radiologischen Entdeckung und seinem Werk „Über traumatische Malazie des Mondbeines und ihre Folgezustände: Entartungsformen und Kompressionsfrakturen“ die Krankheitsbezeichnung als Morbus Kienböck. [9, 19, 27, 35, 48, 71]

Der Begriff Lunatummalazie sollte heute nicht mehr verwendet werden, da beim Morbus Kienböck vielmehr eine echte Nekrose - das Krankheitsbild zählt zu den aseptischen Knochennekrosen - als eine Knochenerweichung (Malazie) vorliegt [18].



Abbildung 1: Portrait von Robert Kienböck (1871-1953) [9]

## Einleitung

Bei der Lunatumnekrose handelt es sich zwar um die dritthäufigste Knochennekrose, aber dennoch ist sie mit einer Inzidenz von 1:100.000 eine seltene Erkrankung, die unbehandelt zu einer progressiven Fragmentierung des Mondbeines, einer Gefügestörung und letztendlich zum karpalen Kollaps führt. Daraus resultieren Kraft- und Bewegungseinschränkung sowie Schwellung und Schmerzen des Handgelenks. [19]

Der Häufigkeitsgipfel des Krankheitsbeginns liegt zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr, wobei mehr Männer als Frauen (2:1) erkranken. Eine beidseitige Erkrankung konnte in einigen Fällen beobachtet werden, dies ist jedoch eher selten. Zumeist ist die dominante Hand betroffen. Zudem konnte ein erhöhtes Erkrankungsrisiko für Patienten festgestellt werden, die einer manuell beanspruchten Tätigkeit nachgehen. [23, 59, 64]

Die Lunatumnekrose wird nach mindestens zwei-jähriger Berufstätigkeit mit Druckbelastung als Berufskrankheit Nr. 2103 („Erkrankungen durch Erschütterungen bei Arbeit mit Druckwerkzeugen oder Maschinen“) anerkannt [59].

## 2. Grundlagen

### 2.1 Anatomie

Das Handgelenk stellt das komplexeste Gelenk im Körper dar [44]. Es wird unterteilt in ein proximales (Articulatio radiocarpalis) und ein distales Handgelenk (Articulatio mediocarpalis). Ferner bestehen Handwurzel-Mittelhand-Gelenke (Articulationes carpometacarpales), das Daumensattelgelenk (Articulatio carpometacarpalis pollicis) sowie Nebengelenke (Articulationes intercarpales et intermetacarpales). [45]

Das proximale Handgelenk wird aus dem Discus articularis ulnae, dem Radius und der proximalen Reihe der Handwurzelknochen gebildet [36, 45]. Das distale Handgelenk befindet sich zwischen proximaler und distaler Reihe der Handwurzelknochen [45].

Die proximale Reihe setzt sich von radial nach ulnar aus folgenden Handwurzelknochen zusammen: Os scaphoideum, Os lunatum, Os triquetrum und Os pisiforme. Die distale Reihe gliedert sich in Os trapezium, Os trapezoideum, Os capitatum und Os hamatum. [45]

In der nachfolgenden Abbildung sind alle Gelenke und Knochen der rechten Handwurzel im Flachschnitt und unter Ansicht von dorsal dargestellt.

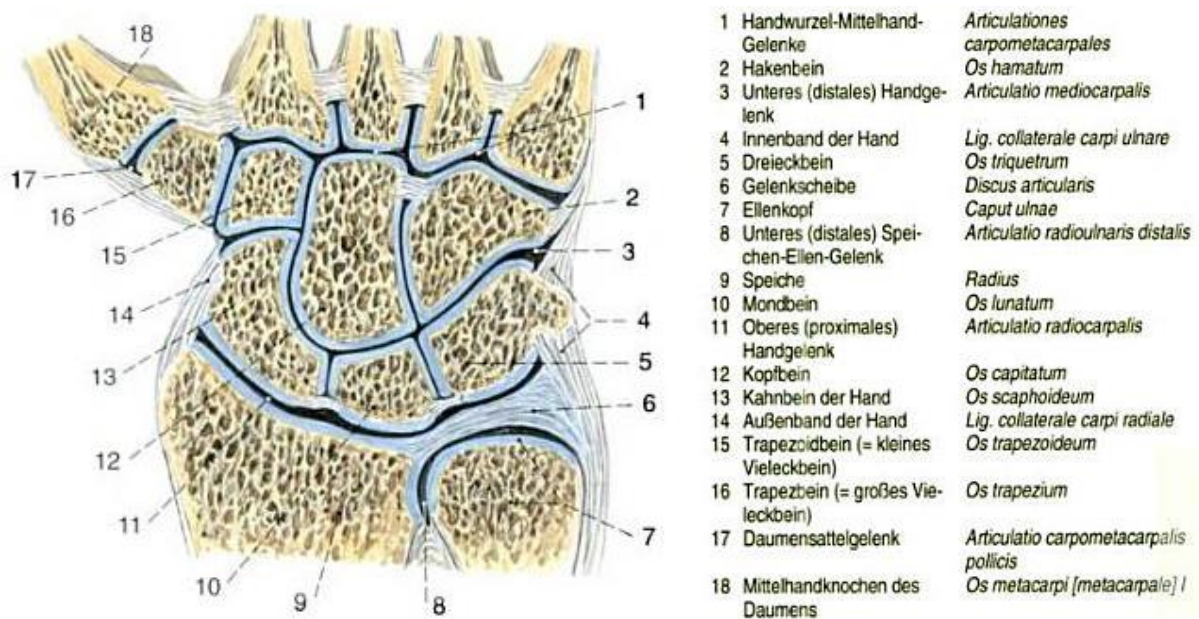


Abbildung 2: Flachschnitt durch die rechte Handwurzel (Dorsalansicht) [45]

Das Os lunatum (Mondbein) verdankt den Namen seiner äußeren Gestalt, welche in Abbildung 3 ersichtlich wird. Der proximalen Handwurzelreihe angehörend artikuliert es sowohl mit dem anliegenden Os scaphoideum und dem Os triquetrum als auch proximal mit dem Radius und distal mit dem Os capitatum. In 65% besitzt das Lunatum einen medialen First, der eine zusätzliche Gelenkfacette zum Os hamatum abgrenzt. [61]



Abbildung 3: Os lunatum [61]

Das Handgelenk wird durch einen komplexen Bandapparat stabilisiert. Hierbei unterscheidet man zwischen extrinsischen Bändern, die entweder vom Unterarm oder von der Mittelhand zum Karpus verlaufen, und intrinsischen Bändern. Diese werden auch interossäre Ligamente genannt, da sie die Handwurzelknochen untereinander verbinden. Das Lig. scapholunatum und das Lig. lunotriquetrum sind als wichtigste Stabilisatoren des Karpus gesondert zu erwähnen. [63]

Das Radiokarpalgelenk ist ein Eigelenk und besitzt zwei Hauptachsen: Palmarflexions-Dorsalextensions-Achse und Radial-Ulnarabduktionsachse. Das Mediokarpalgelenk stellt theoretisch ein Kugelgelenk dar, jedoch sind die Kreisel- und Abduktions-Adduktionsbewegungen so sehr eingeschränkt, dass die Scharnierbewegungen (Palmar-/Dorsalextension) überwiegen. [45]



Der durchschnittliche Bewegungsumfang des Handgelenks eines gesunden jungen Erwachsenen nach der Neutralnullmethode beträgt für die Dorsalextension und Palmarflexion  $60^\circ - 0^\circ - 60^\circ$  und für die Radialabduktion und Ulnarabduktion  $30^\circ - 0^\circ - 40^\circ$ . Der Bewegungsumfang für Pronation sowie Supination liegt bei  $90^\circ - 0^\circ - 90^\circ$  (vgl. Abb. 4). [45]

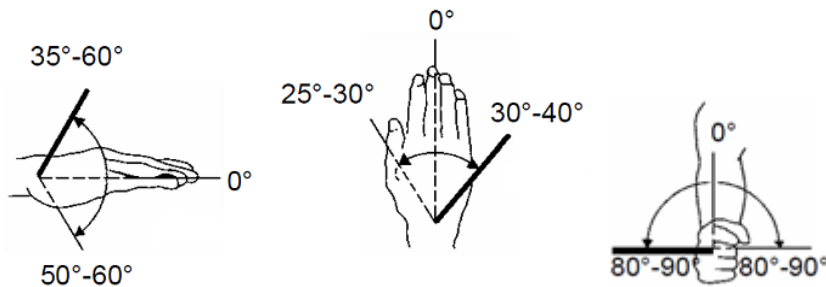


Abbildung 4: Bewegungsumfang [45]

Da der Gefäßversorgung bei der Ätiopathogenese eine wesentliche Rolle zugeschrieben wird, sind in Abbildung 5 die verschiedenen Versorgungstypen des Lunatums nach Gelberman und Gross dargestellt: Y-Typ (59%), I-Typ (31%) und X-Typ (10%). In seltenen Fällen (8%) tritt nur ein Gefäß von palmar ins Lunatum ein und zweigt sich dann auf. [21]

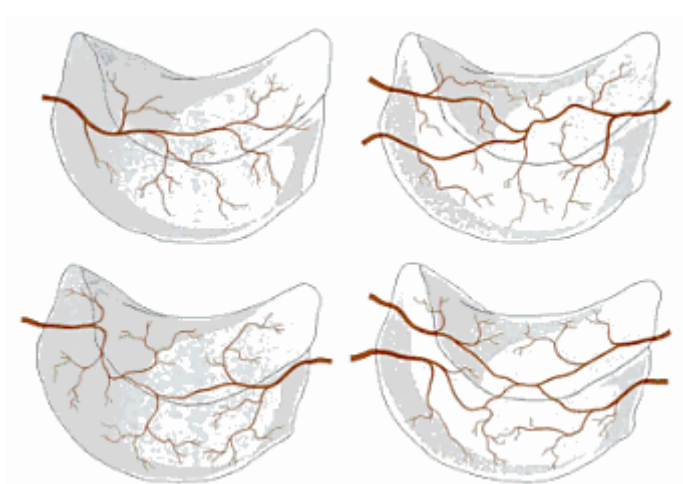


Abbildung 5: Lunäre Vaskularisation [63]

Die Nutritionalgefäße entspringen dorsal aus der A. radialis und palmar aus der A. ulnaris sowie der A. interossea anterior (vgl. Abb. 6 und 7). Diese verzweigen sich intraossär und bilden ein Gefäßnetz aus, wobei der proximale Pol des Lunatums nur von vereinzelt Terminalarterien versorgt wird, so dass dort bevorzugt eine Nekrose bei gestörter Perfusion entstehen kann. [21, 55, 63]

## Grundlagen

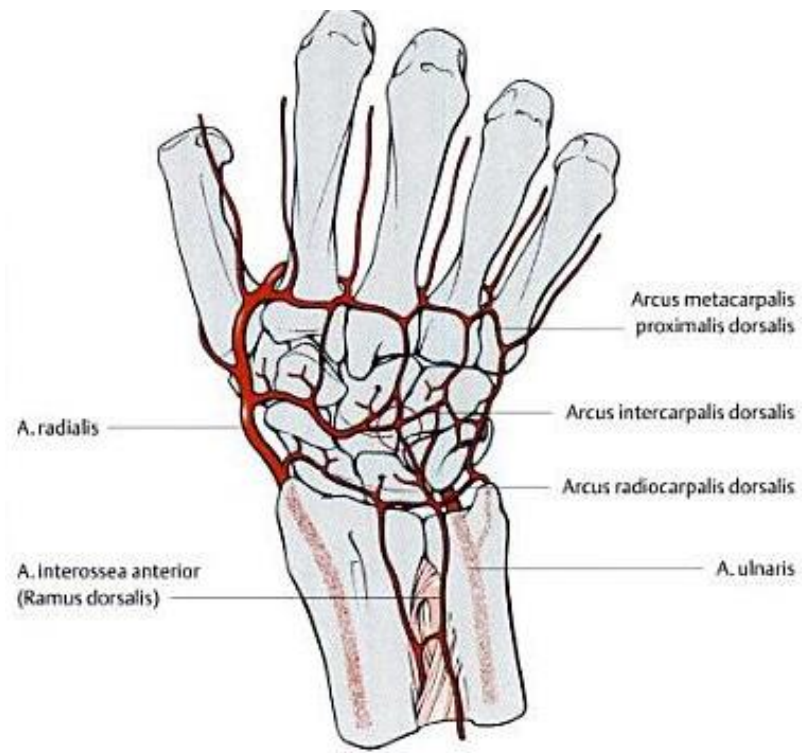


Abbildung 6: Arterien der Hand von dorsal [61]

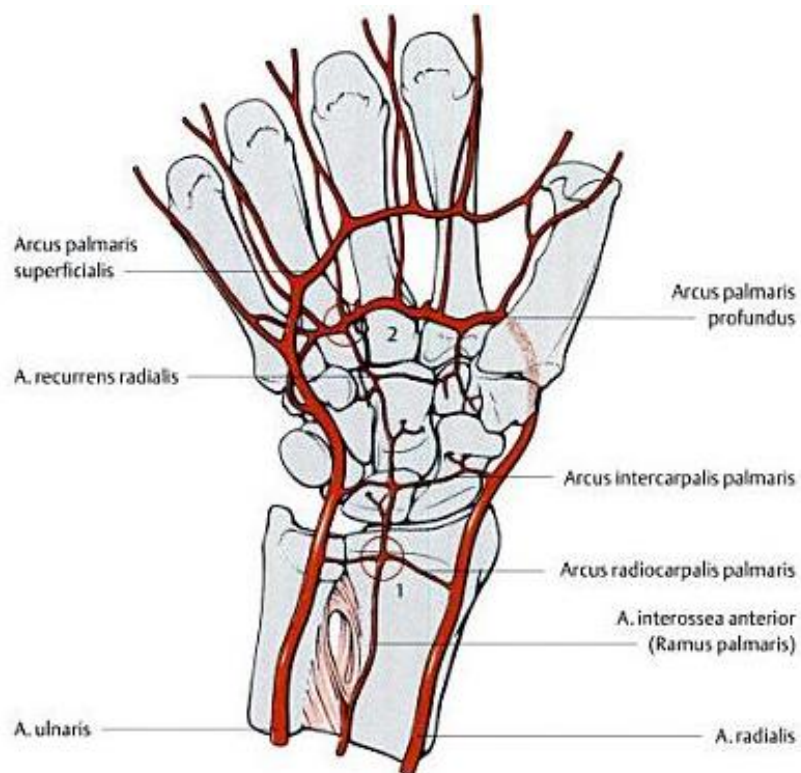


Abbildung 7: Arterien der Hand von palmar [61]

## 2.2 Ätiologie

Über die Ätiologie der Lunatumnekrose herrscht immer noch Uneinigkeit, vielmehr gibt es verschiedene Modelle, die in der Literatur unterschiedlich diskutiert werden. Während Kienböck (1910) von einer traumatischen Band- und Gefäßzerreiung als Ursache ausging, verfolgten Gelberman und Gross (1986) die Theorie der anlagebedingten arteriellen Minderperfusion. Hultén (1928) dagegen stellte das Modell der abnormen Handgelenksanatomie mit einer Radiusüberlänge bzw. Ulnaminusvariante vor und Schiltenswolf & Mitarbeiter (1996) beschrieben die gestörte venöse Drainage als auslösenden Faktor. Die Lunatumnekrose als Folge einer Beanspruchung und erhöhten Druckaufnahme zeigten sowohl Koebke (1990) als auch Giunta & Mitarbeiter (1998) auf. [59]

### Trauma

Ein einmaliges isoliertes Trauma kann zu einer Lunatumnekrose führen (Stahl, 1947). Ob jedoch eine Lunatumfraktur Ursache oder Folge einer Lunatumnekrose ist, kann bis heute nicht sicher geklärt werden. Denn zum einen sind Lunatumfrakturen sehr selten und zum anderen entsteht nach den häufigeren perilunären Luxationen mit oder ohne Fraktur fast nie eine Nekrose [38]. Beckenbaugh und Mitarbeiter (1980) sind der Meinung, dass eine Fraktur das Ergebnis und nicht der ursächliche Faktor der Lunatumnekrose sei. [72]

Wahrscheinlicher erscheint die Theorie der multiplen chronischen Mikrotraumata, wie sie zum Beispiel bei Arbeiten mit Pressluftschlämmern oder aber auch beim Mountainbike-Fahren bedingt durch ständige Vibrationen auftreten können [19, 27, 34]. Auf diesem ätiologischen Modell basierend erfolgte auch die Anerkennung des Morbus Kienböck als Berufskrankheit.

### Vaskularisation

Die vorher dargestellten arteriellen Vaskularisationstypen des Lunatums können prädisponierend für die Entstehung des Morbus Kienböck sein. So ist ein Os lunatum mit nur einer einzigen Versorgungsarterie oder mit einem I-förmig-linearen Gefäßnetz anfälliger als mit einem X-förmigen, bei dem jeweils zwei dorsale und palmare Ästen miteinander intraossär anastomieren. Denn eine Schädigung der Vasa nutritia durch anhaltende Mikrotraumata kann zu Gefäßverschlüssen bis hin zu Gefäßrupturen führen, was eine Minderperfusion, v.a. des proximalen Pols, der ohnehin schlechter versorgt wird, und letztendlich eine Nekrose zur Folge hätte. [19, 43, 63]

## Druck

Eine maßgebliche Rolle spielt die Handgelenksanatomie. So zeigte Hultén (1928), dass Patienten, die an einer Lunatumnekrose erkrankt waren, in 78% eine Ulnaminusvariante aufwiesen [1]. Gelberman und Mitarbeiter (1975) konnten dies in ihrer Studie ebenso aufzeigen und kamen zu folgenden Ergebnissen: Eine Ulnaminusvariante lag bei an Morbus Kienböck erkrankten Weißen zu einem deutlich erhöhten Prozentsatz (87%) vor als gegenüber der normalen bzw. gesunden, weißen Bevölkerung (26,6%) [22]. Bei einer Ulnaminusvariante besteht eine Niveaudifferenz zwischen Ulna und Radius von mehr als 2mm. Die Ulna ist dem Radius gegenüber zu kurz (vgl. Abb. 8). Dies hat eine Veränderung in der Kraftübertragung zur Folge und führt zu einer vermehrten Druckbelastung des Lunatums [1]. Diese Theorie wird von vielen anderen Studien unterstützt (z.B. Axelsson, 1971; Gelberman et al., 1975; Stahl und Reis, 1986; Bonzar et al., 1998) [10, 22, 32, 72]. 1966 beschrieb Rossak dies als Nussknackereffekt, bei dem das Lunatum bei einer vorliegenden Minusvariante durch Capitatum und Radius einem erhöhtem Stress ausgesetzt sei [71].

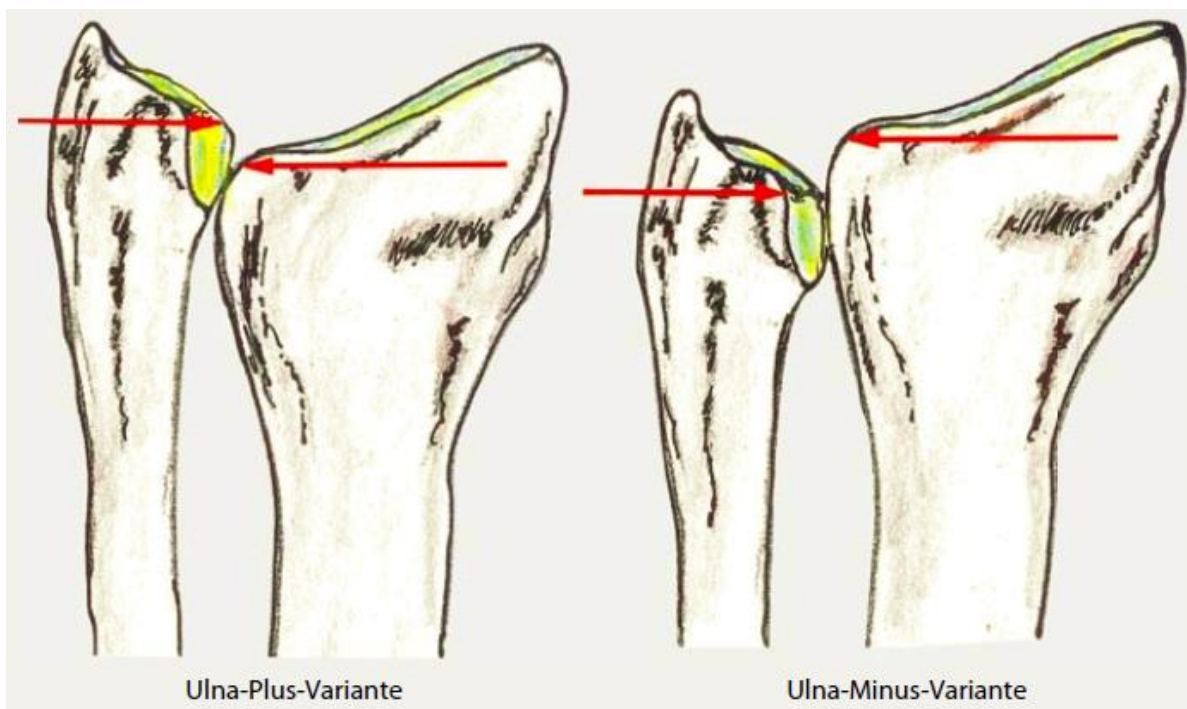


Abbildung 8: Ulnavarianz [27]

Nakumara und Mitarbeiter zeigten in ihrer Studie 1991, dass auch bei einer Ulnaplusvariante ein erhöhtes Risiko für die Entstehung einer Lunatumnekrose vorliegt [72].

Allerdings konnte D´Hoore mit Mitarbeitern (1994) bei seiner Untersuchung von 52 an Morbus Kienböck erkrankten Patienten keinen signifikanten Unterschied in der Verteilung

der Ulnavarianz feststellen [13]. Auch Kristensen et al. (1986) waren - basierend auf ihren Beobachtungen - der Meinung, dass eine Ulnaminusvarianz nicht als auslösender Faktor des Morbus Kienböck angesehen werden kann [40]. So bleibt auch dieser ätiologische Ansatz in der Literatur weiterhin strittig [71].

Zu erhöhten Druckverhältnissen im Lunatum führt wohl auch eine venöse Abflussstörung. Schiltenwolf und Mitarbeiter (1998) konnten in ihrer Studie zeigen, dass die Drücke in nekrotischen Mondbeinen weit höher lagen als bei gesunden. Zudem wurde festgestellt, dass eine Extensionsstellung die Drücke signifikant ansteigen lässt und folglich eine venöse Stase fördert. Eine venöse Abflussbehinderung begünstigt das Auftreten eines ossären Kompartmentsyndroms, das letztendlich zu einer Osteonekrose führen kann. [60, 63]

Der Hypothese „Lunatumnekrose als Folge gestörter Drainage“ gingen Pichler und Putz (2002) ebenfalls nach und sie konnten mit ihren Untersuchungen die Bedeutung einer gestörten venösen Drainage als Ursprung einer aseptischen Knochennekrose bestätigen [54].

### **Systemische Ursachen**

Dazu zählen neben neuralen, metabolischen und endokrinologischen Erkrankungen auch Ossifikationsstörungen. Insbesondere gefäßschädigende Krankheiten wie systemischer Lupus erythematodes und Sklerodermie, aber auch Sichelzellanämie sowie Zerebralparese und regelmäßige Kortikosteroideinnahmen sind in Diskussion. Ferner sind auch ein übermäßiger Nikotinabusus oder Diabetes mellitus als begünstigende Kofaktoren denkbar. [24, 63, 64]

### **Weitere Faktoren**

Darüber hinaus gibt es noch einige weitere Faktoren, die für die Entwicklung eines Morbus Kienböck ursächlich sein können, wie zum Beispiel die trabekuläre Anatomie des Lunatums (Antuna, 1966), die Kortikalisdicke des Lunatums (Koebeke et al., 1989) und ein abnormer radialer Winkel (Mirabello et al., 1987; Thienpont et al., 2004). [24, 42, 69, 72]

Zusammenfassend ist fest zu stellen: Eine eindeutige Ätiologie ist nicht auszumachen. Aufgrund all der unterschiedlichen Theorien, die in Diskussion sind, ist es offensichtlich, dass nicht ein einzelner Faktor für die Entstehung der Lunatumnekrose verantwortlich und prädisponierend ist, sondern dass es sich bei diesem Krankheitsbild wahrscheinlich um ein multifaktorielles Geschehen handelt. [19, 24]

## 2.3 Pathogenese

Die Nekrose beginnt im proximalen Anteil. Dieser befindet sich der Fossa lunati radii gegenüberliegend. Die Lunatumnekrose besteht nicht wie ursprünglich vermutet aus reaktionslosem, avitalem Gewebe, sondern sie verläuft wie alle Osteonekrosen in typischen Stadien – einem dynamischen Knochenumbauprozess zugrunde liegend. Zunächst bildet sich ein Knochenödem aus, das zu Trabekleinbrüchen und zum Knochenuntergang führt. Der Körper versucht diesem durch Reparationsvorgänge entgegen zu wirken. Allerdings wandelt sich das fibrovaskuläre Gewebe nicht in Faser- und Lamellenknochen um. Gründe hierfür sind nicht bekannt. [18, 59, 63]

Typisch ist der dadurch resultierende makroskopisch sichtbare dreischichtige Aufbau, den die Abbildung 9 wiedergibt: Proximal zeigt sich ein subchondraler Sklerosesaum, das fibrovaskuläre Gewebe befindet sich in der Mitte und die distalen Abschnitte sowie Hinter- und Vorderhörner bestehen aus vitalem Knochengewebe. [63]

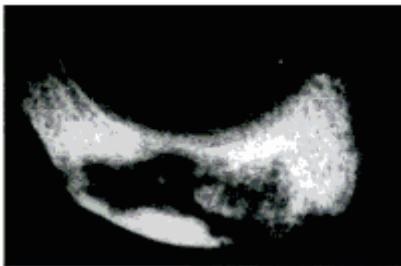


Abb. 9: Präparatradiogramm eines exstirpierten Lunatums [63]

Nach ca. zwei Jahren hält die äußere Form des Lunatums nicht mehr Stand, es folgt eine Frakturierung des Lunatums und schlussendlich der Lunatumkollaps. Durch die lunäre Höhenminderung verlagert sich das Kapitatum nach proximal, das Triquetrum rotiert in Extensionsstellung und das Skaphoid wandert in eine Palmarflexionsstellung, was sich röntgenologisch als „Ringzeichen“ darstellt. Der karpale Kollaps ist eingetreten. [18, 27, 55, 59, 63]

Nach etwa insgesamt vier Jahren ist es zu einer Gelenkinkongruenz aufgrund der eingetretenen karpalen Gefügestörung gekommen, die terminal in einer Arthrosis deformans endet [59, 63].

Im histologischen Präparat fallen leere Lakunen, fettige Nekrosen und das Fehlen von Osteoid auf [26].

## 2.4 Klinik

Oftmals wird die Lunatumnekrose erst im fortgeschrittenen Stadium diagnostiziert, da die Klinik zu Beginn stumm oder relativ unspezifisch verläuft. So wird nicht selten zunächst von einer Tendovaginitis oder einem Karpaltunnelsyndrom ausgegangen bis die Diagnose Morbus Kienböck gestellt wird. [24, 55, 63]

Die Patienten berichten anfangs über Schmerzen im Handgelenk, die vor allen bei Belastung und extremer Extension auftreten. Hinzu kommen unter Umständen ein dorsaler Druckschmerz über dem Lunatum sowie Bewegungseinschränkungen, die vor allem die Flexion betreffen (Keith et al., 2004). In späteren Stadien tritt eine Schwellung und Kraftminderung auf. Das Endstadium ist durch eine Atrophie der Unterarmmuskeln und eine Handgelenksarthrose gekennzeichnet, welche eine Versteifung des Handgelenks durch die massive Bewegungseinschränkung begünstigt. Dies führt oftmals zu einer Schmerzreduktion. [14, 19, 24, 27, 53, 55, 58, 59, 63, 71]

## 2.5 Diagnostik

Neben der Klinik, die allerdings sehr unspezifisch ist und in den Frühstadien oftmals fehlt, stellt die bildgebende Diagnostik die Methode der Wahl dar. Dabei bildet das konventionelle Nativröntgenbild in zwei Ebenen (dorsopalmarer und seitlicher Strahlengang) immer noch die Basis. Es werden anfangs stets Übersichtsaufnahmen beider Hände zum Seitenvergleich angefertigt. Allerdings ist das Röntgenbild in den Frühstadien der Erkrankung nicht sehr sensitiv und aussagekräftig, da die Knochenstrukturen zunächst normal und unauffällig erscheinen. Erst in den späteren Stadien zeigen sich die typischen röntgenologischen Veränderungen, die im nächsten Kapitel 2.6 beschrieben werden. [59, 63]

Bei Verdacht auf Lunatumnekrose und unauffälligem Röntgenbefund sollte daher immer - spätestens nach sechs Wochen - eine MRT-Aufnahme in T1- und T2-Wichtung angefertigt werden. Dieses Verfahren ist sensitiver und kann bereits im Anfangsstadium die Diagnose eines Morbus Kienböck sichern. Zudem erlaubt der Einsatz von gadoliniumhaltigem Kontrastmittel eine genaue Aussage über die Durchblutung und die Vitalität des Knochenmarks. [59, 63]

Ist jedoch die Diagnose Morbus Kienböck bereits mit dem Nativröntgen eindeutig bestätigt, empfiehlt es sich eine hochauflösende CT-Aufnahme (sagittale und koronare Schichten in einer Schichtdicke von 0,5-1,0 mm) zu veranlassen, um das exakte Stadium zu bestimmen. Dies fällt dann oftmals höher aus als das mittels Röntgenbild bestimmte Stadium aufgrund der exakteren Darstellung von Sklerosearealen und feinsten Frakturlinien. [62, 63]

Auch eine Dreiphasenzintigraphie mit Technetium 99m kann zur Diagnosesicherung herangezogen werden, allerdings ist die Bedeutung für die Diagnostik als gering anzusehen. Die Skelettszintigraphie sollte nur bei unzufrieden stellender Röntgendiagnostik und fortbestehenden unklaren Handgelenksbeschwerden eingesetzt werden. Zur Verlaufsbeobachtung oder gar Therapieentscheidung eignet sie sich nicht. [63]

## 2.6 Stadieneinteilung

Auch bei der Stadieneinteilung gibt es verschiedene Konzepte. Die jüngste Klassifikation im deutschsprachigen Raum wurde 1998 von Martini und Schiltenswolf publiziert, die sich am Spontanverlauf orientiert und eine differenziertere Erfassung der Initialstadien mittels MRT-Diagnostik erlaubt (vgl. Tabelle 1). Sie findet jedoch keine verbreitete Anwendung. [55, 59]

| Stadium | Martini und Schiltenswolf (1998)   |
|---------|--|
| IA      | Signalminderung im MRT (T1-Wichtung), Ödem (T2-Wichtung)                       |
| IB      | Kondensation oder Mosaikstruktur des Mondbeins im Röntgenbild, Erhalt der Form |
| IIA     | Partielle Deformierung mit proximaler oder radialer Eindellung                 |
| IIB     | Frakturierung, Erhalt der Mondbeinhöhle, Stahl-Index negativ                   |
| IIIA    | Mondbeinkollaps, Stahl-Index pathologisch                                      |
| IIIB    | Karpuskollaps, Youm-Index oder skaphoradialer Winkel pathologisch              |
| IV      | Arthrose   |

Tabelle 1: Klassifikation nach Martini [59]

Die geläufigste ist die Einteilung nach Lichtman und Ross (1994), die auf der von Decoulx & Mitarbeiter (1957) beruht (vgl. Tabelle 2). Die Einteilung nach Decoulx sollte heute nicht mehr verwendet werden, da die von Lichtman und Ross vorgenommene Unterteilung des Stadiums III in IIIA und IIIB fehlt, diese aber maßgeblich für die Therapie entscheidend ist. [4, 55, 63]



|                    | <b>Decoulx &amp; Mitarbeiter (1957)</b>   | <b>Lichtman &amp; Ross (1977)</b>  |
|--------------------|---|--|
| <b>Stadium I</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- allgemeine Zunahme der radiologischen Dichte des Knochens</li> <li>- Verlust der normalen trabekulären Struktur</li> <li>- äußere Form erhalten</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- unauffällige Knochenstruktur</li> <li>- normale Knochendichte</li> <li>- horizontale Frakturlinie</li> </ul>  |
| <b>Stadium II</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- fleckige Aufhellung und Verschattung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- unterschiedliche Knochendichte</li> <li>- eventuell Verminderung der Tiefe des radialen Anteils des Mondbeins</li> </ul>  |
| <b>Stadium III</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- wie Stadium II, jedoch mit beginnender Fragmentation</li> </ul>  | <p><b>IIIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusammenbruch des Mondbeins</li> <li>- Proximalisierung des Kopfbeins</li> </ul> <p><b>IIIB</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wie IIIA mit fixierter Drehung des Kahnbeins</li> <li>- Ulnardeviation des Triquetrums</li> </ul> |
| <b>Stadium IV</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- vollständige Fragmentation bzw. Arthrose des Handgelenks</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- wie III, zusätzlich Degeneration</li> <li>- karpaler Kollaps</li> </ul>   |

Tabelle 2: Klassifikation nach Decoulx und Lichtmann [59]

Zum besseren Verständnis der Indikation der verschiedenen Operationsverfahren sei im Nachfolgenden jedes einzelne Stadium mit seinen besonderen Charakteristika beschrieben und bildlich dargestellt.

### Stadium I



Abbildung 10: Stadium I (Lichtman und Ross) [63]

Die Diagnose Lunatumnekrose Stadium I gelingt ausschließlich mittels MRT. Dort zeigt sich ein Ödem des Os lunatum bei erhaltener Knochenvitalität. Im Röntgenbild stellt sich das

Lunatum hinsichtlich der Form und seiner Trabekelstruktur vollkommen unauffällig dar. [4]

Patienten im Stadium I wurden in der Handchirurgie des Klinikums rechts der Isar zunächst konservativ mittels Ruhigstellung im Gipsverband behandelt. Damit sind sie für diese Studie, in der der operative Langzeitverlauf beleuchtet werden soll, von keiner Relevanz.

## Stadium II



Abbildung 11: Stadium II (Lichtman und Ross) [63]

Im Stadium II erkennt man röntgenologisch bereits eine diffuse Sklerosierung des Os lunatum. Dies ist durch eine vermehrte Osteoblastentätigkeit bedingt. Teilweise ist auch in diesem frühen Stadium eine beginnende Zusammensinterung proximal radialseitig beginnend erkennbar. Die Höhe und Form ist aber in der Regel unbeeinträchtigt. Die CT-Aufnahme zeigt aufgrund der höheren Auflösung die sklerotischen Areale und pseudozystischen Einschlüsse exakter an. Im MRT mit Kontrastmittel stellt sich das Lunatum bereits in den proximalen Abschnitten nekrotisch dar. [4, 55, 63]

### Stadium IIIA



Abbildung 12: Stadium IIIA (Lichtman und Ross) [63]

Stadium IIIA kennzeichnet die beginnende Frakturierung und der zunehmende Lunatumzusammenbruch, wobei die karpale Höhe und weitestgehend die Höhe des Lunatums unbeeinträchtigt sind. Die karpale Architektur ist ebenso erhalten. [4, 63]

### Stadium IIIB

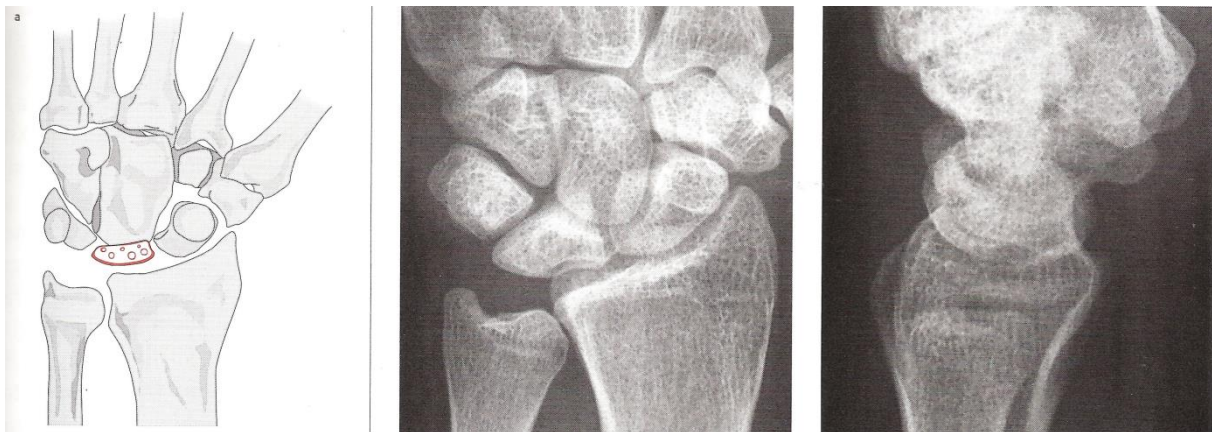


Abbildung 13: Stadium IIIB (Lichtman und Ross) [63]

Im Gegensatz zu Stadium IIIA ist im Stadium IIIB durch die lunäre Sinterung ein ossärer Höhenverlust und eine karpale Instabilität eingetreten. Es kommt zu einer fixierten Flexionsstellung des Skaphoids – als „Ringzeichen“ im Nativröntgen ersichtlich. Ebenso wird eine Abweichung des Triquetrum nach ulnar beschrieben. [4, 63]

## Stadium IV



Abbildung 14: Stadium IV (Lichtman und Ross) [63]

Im Endstadium ist es zu einer kompletten Fragmentation und Sinterung des Lunatum mit Höhenverlust gekommen. Typischerweise finden sich Osteophyten, subchondrale Sklerose und Gelenkspaltverschmälerungen als Zeichen einer perilunären Arthrosis deformans. Ferner werden Corpora libera – kleine, freie verknöcherte Gelenkkörper, die sich im Gelenkspalt befinden – beobachtet. [4, 63]

## 2.7 Therapie

Ebenso wie bei der Ätiologie Uneinigkeit herrscht, so ist auch die Therapie des Morbus Kienböck immer noch strittig und es sind verschiedene Verfahren in Diskussion. Grundsätzlich kann zwischen konservativen und operativen Therapieansätzen unterschieden werden. Ausschlaggebend für die Wahl des Verfahrens sind vor allem das Erkrankungsstadium, die Ulnarvarianz, eine bereits vorliegende Handgelenksarthrose, das Patientenalter und der Patientenwunsch. [63]

### 2.7.1 Konservative Therapie

Im Stadium I kann eine passagere Ruhigstellung des Handgelenks für mindestens 6 Wochen im Gips zur Besserung oder gar Ausheilung der Lunatumnekrose in Einzelfällen führen [55, 58]. So zeigten die Patienten von Stahl (1947) nach zweimonatiger Immobilisation eine

Restitution des Lunatum [39]. Jedoch kamen Kristensen und Mitarbeiter (1986) in ihrer Studie zu der Schlussfolgerung, dass eine rigorose Ruhigstellung keinen gewinnbringenden Effekt hat [39]. Beckenbaugh (1980) lieferte ein vergleichbares Ergebnis: Es besteht kein Unterschied, ob die Patienten konservativ behandelt wurden oder nicht [5]. Mikkelsen und Gelineck (1987) folgerten ebenso, dass eine nicht-operative Behandlung uneffektiv sei [49].

Obwohl eine konservative Therapie in einigen Fällen zu einer subjektiven Verbesserung führte, so zeigte sich in der radiologischen Kontrolle zumeist eine Progression der Lunatumdeformierung und des karpalen Kollaps, sodass heutzutage oft eine operative Behandlung so früh als möglich angestrebt wird [24].

Für die konservative Therapie mit Zytokinen oder Wachstumsfaktoren gibt es noch keine konkreten Aussagen [59].

## **2.7.2 Operative Therapie**

Die verschiedenen Operationsprinzipien können in druckentlastende, revaskularisierende, „funktionsrettende“ und palliative Methoden unterteilt werden. Hierbei unterscheidet man wiederum lunatumerhaltend bzw. lunatumresezierend. Dargestellt werden kurz die geläufigsten Verfahren.

### **Druckentlastende Methoden**

Dazu zählen zum einen die Radiusverkürzung, eine ausgleichende Niveauoperation bei Ulnarminuservarianz, und zum anderen die Capitatumverkürzung. Beide zielen auf eine Druckminderung im Lunatum ab.

### **Revaskularisierende Methoden**

#### Operation nach Beck

Bei der Operation nach Beck (1971) wird das gefäßgestielte und entknorpelte Os pisiforme in das Os lunatum, aus dem zuvor das nekrotische Knochengewebe reseziert worden ist, versetzt. Dies ist nur möglich, solange die äußere Form und der Gelenkknorpel des Lunatums noch intakt sind. Dieser revaskularisierende Eingriff wird bevorzugt im Stadium II eingesetzt. [55, 59]

### Operation nach Saffar

Bei der Operation nach Saffar (1982) wird nach Entfernung des kollabierten Mondbeins das Os pisiforme unverändert mit seinem Gefäßstiel in den freigewordenen, ursprünglichen Raum des Lunatums eingesetzt [59].

### Revaskularisierung mittels radialem Knochenspan

Wie bei der Operation nach Beck wird das Nekroseareal im Os lunatum ausgeräumt, aber statt des Os pisiforme wird ein vaskularisierter Knochenspan des dorsalen Radius in die entstandene Höhle eingesetzt (vgl. Abb. 15). Dieses Verfahren eignet sich bis Stadium II. [24]

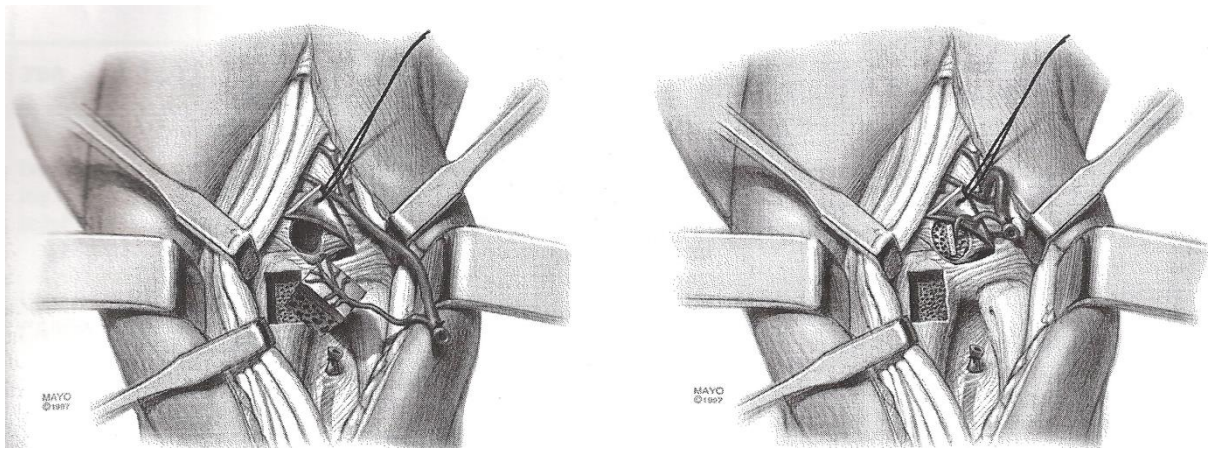


Abbildung 15: Radialer Knochenspan [24]

### **„Funktionsrettende“ Methoden**

Die Operation nach Graner II, die PRC (proximal row carpectomy = Entfernung der proximalen Handwurzelreihe) sowie die Karpusteilarthrodesen, hierbei vor allem die STT-Arthrodesen, stellen Operationsverfahren dar, die entweder bei komplett zerstörtem Mondbein oder bei drohender Subluxation des Lunatums eingesetzt werden. Ziel ist die Schmerzreduktion, der Erhalt des Bewegungsumfanges sowie der Kraft.

### **Palliative Methoden**

#### Panarthrodesen

Die komplette Versteifung des Handgelenks mit einer Arthrodesenplatte ist im Stadium IV indiziert, bei dem die ausgeprägte Arthrose ohnehin schon nur mehr einen geringen Bewegungsumfang zulässt. Ziel ist die Verminderung der Schmerzsymptomatik. [27]

### Denervierung

Die Handgelenksdenervation nach Wilhelm stellt alleinig eine palliative Maßnahme im Stadium IV zur Schmerzreduktion dar oder kann aber genauso gut zusätzlich - als symptomatische Therapie - zu anderen Operationsverfahren durchgeführt werden. Präoperativ sollte mit der Injektion eines Lokalanästhetikums der zu erwartende Nutzen ausgetestet werden. Dabei wird eine Blockade der Äste des N. radialis, des N. medianus und des N. ulnaris simuliert und so der wahrscheinliche Erfolg einer Neurotomie des N. interosseus posterior sowie der sensiblen Gelenkäste überprüft. [27, 55, 59]

In der Abteilung Plastische Chirurgie und Handchirurgie am Klinikum rechts der Isar wurden im Zeitraum von 1987 bis 2002 folgende Operationsverfahren angewendet: Capitatumverkürzung sowohl mit als auch ohne Knochenspaneinbringung, Operation nach Graner, PRC, Radiusverkürzung und Ulnaverkürzung sowie eine Kombination der Verfahren. Bei den verschiedenen Methoden wurde zumeist gleichzeitig eine Denervierung vorgenommen. Zum besseren Verständnis werden die einzelnen Operationsverfahren, die bei den Patienten dieser Studie angewendet wurden, genauer im Folgenden erläutert.

#### **2.7.2.1 Druckentlastende, lunatumerhaltende Verfahren**

##### **Radiusverkürzung**

Ausgleichende Niveauoperationen werden vor allem in den Frühstadien (Stadium I-III A) bei erhaltenem Mondbein durchgeführt. Diese dienen dem Zweck der intraossären Druckminderung des Lunatums und damit der besseren venösen Drainage. Es kommen zwei Verfahren zur Anwendung: Zum einen eine Verkürzung durch eine quere Osteotomie im Bereich der Metaphyse bei Ulnaminusvarianz, wobei meist ca. 2mm ausreichend sind, zum anderen eine Verkürzung durch eine laterale Keilosteotomie bei Ulnanormvarianz, was eine Veränderung des radiokarpalen Gelenkwinkels zur Folge hat (vgl. Abb. 16). Alle Osteotomien werden mit einer Platte fixiert und sind übungsstabil. [1, 19, 24, 27, 55, 58, 59, 71]

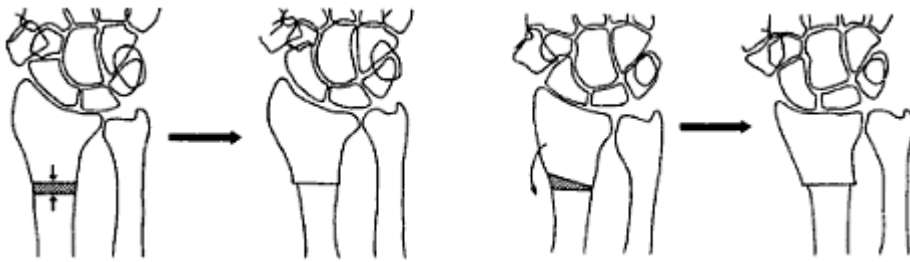


Abbildung 16: Radiusverkürzung (links), Umstellungsosteotomie (rechts) [10]

### Capitatumverkürzung

Auch diese Methode zählt zu den druckentlastenden Verfahren und kann im Allgemeinen bis Stadium IIIA durchgeführt werden. Die von Almquist (1984) beschriebene und angewendete Technik beruht auf einer kompletten Capitatumverkürzung von ca. 3-4 mm in Kombination mit einer Capitatum-Hamatum-Fusion mittels Kirschner-Drähten (CSCHF) (s. Abb. 17). Bei der Methode der partialen Capitatumverkürzung wird dieses L-förmig osteotomiert und verkürzt. Anschließend werden die Knochenfragmente mit Herbertschrauben fixiert (s. Abb. 18). [19, 27, 50]

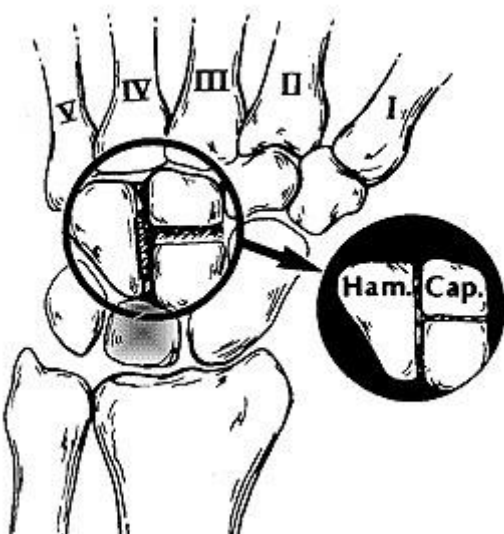


Abbildung 17: CSCHF [1]

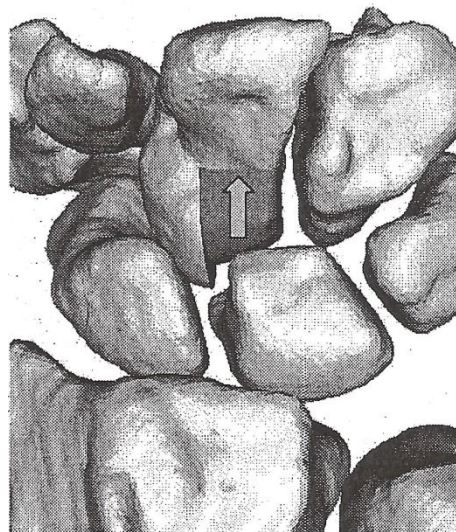


Abbildung 18: Partiale Capitatumverkürzung [50]

### Karpusteilarthrodesen

Die am häufigsten angewandte Teilarthrodese ist die STT-Arthrodese [19]. Es werden dabei Skaphoid, Trapezium und Trapezoideum miteinander verbunden. In die Gelenkzwischenräume wird Spongiosa eingebracht [55]. Die Handwurzelknochen werden in



der Regel mit Kirschner-Drähten fixiert und das Handgelenk für ca. acht Wochen ruhig gestellt um eine regelrechte Verknöcherung der fusionierten Knochen zu garantieren. Ziel ist die Lastumlenkung auf den radialen Pfeiler und somit die Entlastung des Lunatums. Auch die Subluxation des Skaphoids wird so aufgehoben. Diese Methode ist auf Peterson und Lipscomb (1967) sowie Watson und Hempton (1980) zurück zu führen. Prommersberger und Mitarbeiter (1998) zeigten, dass die Beweglichkeit in Extension/Flexion und Radial/Ulnarabduktion etwa halbiert wird - ebenso wie Maritini [47], aber die Abnahme der Kraft im Handgelenk, gemessen an der Griffstärke, deutlich geringer ausfällt. [59]

Eine Fusion von Skaphoid und Kapitulum (SK-Arthrodesen) kann unter derselben Absicht vorgenommen werden. Allerdings führt sie zu einer stärkeren Beeinträchtigung des Bewegungsumfangs. Die technisch einfachere Durchführbarkeit steht dem gegenüber. [27]

Eine Versteifung des Capitatum mit dem Hamatum erwies sich als uneffektiv [71].

### 2.7.2.2 Funktionsrettende, lunatumresezierende Verfahren

#### Operation nach Graner II

Graner und Mitarbeiter (1966) entwickelten ein Verfahren, bei dem das nekrotische Mondbein entfernt wird und anschließend durch das proximale Capitulum ersetzt wird. Hierfür wird das Capitulum quer osteotomiert, der proximale Teil in die Fossa lunata radii verlagert und der entstandene Defekt zwischen distalem und proximalem Pol des Capitulum mit Spongiosa aus dem Beckenkamm aufgefüllt (s. Abb. 19). Dadurch wird eine komplette proximale Handwurzelreihe geschaffen und die radiokarpale Gelenkfläche wiederhergestellt. Abschließend wird eine zusätzliche Arthrodesen aller Handwurzelknochen vorgenommen, bei der lediglich Skaphoid, Trapezium und Pisiforme nicht fusioniert werden. [7, 58, 59]

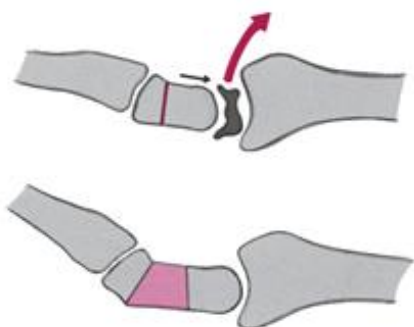


Abbildung 19: Operation nach Graner II [7]

**PRC**



PRC steht für proximal row carpectomy, d.h. eine Entfernung der proximalen Karpalreihe. Diese Operation wird erst dann vorgenommen, wenn das Lunatum komplett zerstört ist (Stadium IIIB), jedoch die radiale Gelenkknorpelfläche (Fossa lunata) und die proximale Gelenkknorpelfläche des Capitatums noch unversehrt ist. Es werden Skaphoid, Lunatum und Triquetrum entfernt. [24, 59]

Nebenstehende Röntgenaufnahme zeigt das postoperative Bild einer PRC: nur die distale Handwurzelreihe ist noch vorhanden. Zusätzlich ist eine Radiusverkürzungsosteotomielinie erkennbar.

Abbildung 20: PRC bei Z. n. Radiusverkürzungsosteotomie

### 3. Fragestellung und Ziel der Studie

Die Studie arbeitet die verschiedenen operativen Ansätze heraus und stellt retrospektiv die Langzeitergebnisse in Bezug auf die operative Versorgung und dem Stadium der Erkrankung dar. Dabei werden sowohl Kriterien hinsichtlich des subjektiven Empfindens der Patienten als auch objektive Untersuchungsparameter erhoben. Ziel ist es, den Langzeitverlauf mit Hilfe der Nachuntersuchung und der dafür entwickelten Bögen zu bewerten, um dann diese Ergebnisse in die künftige Therapieplanung der Lunatumnekrose einbeziehen zu können.

Hieraus lassen sich folgende Fragen ableiten:

- Welche operativen Ansätze zur Therapie bei Lunatumnekrose werden stadienabhängig angewendet?
- Wie sind die Langzeitresultate und Langzeitverläufe der verschiedenen angewandten Operationsmethoden in Abhängigkeit vom Stadium und morphologischer Variation?
- Lässt sich nach Studienabschluss eine Aussage darüber treffen, welche operative Therapie die besten Langzeitergebnisse liefert?
- Wie lauten die aktuellen Empfehlungen zur operativen Versorgung und sind abschließend aufgrund der Studienergebnisse Modifikationen erforderlich?

## **4. Material und Methodik**

### **4.1 Studienprotokoll und Studiendesign**

Im Rahmen der Studienplanung wurde zunächst ein Studienprotokoll verfasst, das der Ethikkommission vorgelegt und von dieser bewilligt wurde (Projektnummer 2287/08). Das Studienprotokoll beinhaltet neben der Fragestellung und Zielsetzung auch Ein- bzw. Ausschlusskriterien, Daten zur Studienpopulation und dem Zeitplan, Informationen zur Methodik, Datenerhebung sowie zum Studiendesign. Die Datenerhebung erfolgte im Zeitraum von März bis Oktober 2009. Bei der Studie, die die Basis dieser Dissertation bildet, handelt es sich um eine klinisch retrospektive, monozentrische Kohortenstudie.

#### **4.1.1 Einschlusskriterien**

Alle Patienten, die zwischen 1987 und 2008 im Klinikum rechts der Isar eine operative Versorgung bei Lunatumnekrose erhalten haben - sowohl ambulant als auch stationär - wurden in die Studie einbezogen.

#### **4.1.2 Ausschlusskriterien**

Patienten mit separaten karpalen Erkrankungen wie z.B. einer Skaphoidfraktur konnten in die Studie nicht aufgenommen werden. Ebenso waren all diejenigen Patienten mit Lunatumnekrose von der Studie ausgeschlossen, die konservativ behandelt wurden.

#### **4.1.3 Rekrutierung der Studienpatienten**

Anhand des Studiums der Krankenakten sowie der Operationsbücher ergab sich ein Patientenkollektiv von 58 Patienten, die hinsichtlich der Studienkriterien geeignet waren. Diese Patienten wurden schriftlich zu einer Nachuntersuchung in der handchirurgischen Ambulanz im Klinikum rechts der Isar in München eingeladen. Zugleich erhielten die Patienten mit diesem Schreiben umfassende Informationen bezüglich Sinn und Zweck der Studie, des Ablaufs der Nachuntersuchung sowie datenschutzrechtliche Informationen. Ein Antwortbogen und eine Einverständniserklärung mit Rücksendeumschlag lagen ebenfalls bei.

Patienten, die nicht persönlich zur Nachuntersuchung erscheinen konnten z.B. aufgrund einer zu weiten Anreise, sich aber bereit erklärten mittels Fragebögen teilzunehmen, erhielten in einem weiteren Schreiben die erforderlichen Bögen inklusive frankiertem Rückumschlag.

## **4.2 Datenerhebung**

### **4.2.1 Aktenauswertung**

Folgende Daten wurden aus der Krankenakte erhoben:

- Operierte Seite
- Stadium der Lunatumnekrose
- Operationsdatum
- Operationsmethode
- Vor-/Folgeoperationen

### **4.2.2 Anamnesebogen**

Folgende Informationen wurden mittels des Anamnesebogens (siehe Anhang) erfasst:

- Händigkeit des Patienten, das heißt Rechts- oder Linkshänder
- Erlerner und präoperativ ausgeübter Beruf
- Berufswechsel aufgrund der Erkrankung
- Vermehrte Belastung des Handgelenks durch Beruf oder Hobby
- Probleme mit der Gegenseite
- Raucher/Nicht-Raucher
- Vorerkrankung wie Diabetes mellitus, arterielle Verschlusskrankheit
- Primäre Therapieversuche
- Art und Dauer der präoperativen Beschwerden
- Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis
- Nochmalige Entscheidung für die Operation aus heutiger Sicht
- Komplikationen

- Folgeeingriffe
- Krankheitsunabhängige Erkrankungen oder Verletzungen der betroffenen Hand

### 4.2.3 Fragebogen

Folgende Fakten wurden durch den Fragebogen (siehe Anhang) erfasst:

- Schweregrad der Schmerzen prä- und postoperativ
- Schmerzart prä- und postoperativ
- Zufriedenheit und derzeitiger Zustand
- Funktion der Hand

Die Einordnung der subjektiv empfundenen Schmerzstärke sowohl prä- als auch postoperativ erfolgte mittels der visuellen Analogskala (VAS).

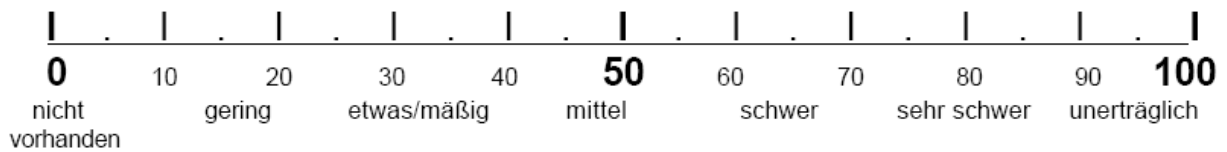


Abbildung 21: VAS

### 4.2.4 Klinische Nachuntersuchung

In der klinischen Nachuntersuchung wurde die Beweglichkeit im Handgelenk, die Kraft, ein eventuelles Beuge- oder Streckdefizit der Finger sowie Allgemeines wie Aussehen der Narbe, etwaige Schwellung oder Druckschmerz über dem Mondbein und sonstige Auffälligkeiten festgehalten (siehe Anhang).

#### 4.2.4.1 Bewegungsumfang im Handgelenk

Die Untersuchung des Bewegungsumfangs wurde nach der Neutral-Null-Methode mit einem Goniometer durchgeführt. Es wurden Extension/Flexion, Radial-/Ulnarabduktion und Pronation/Supination mit Ellenbogengelenk in 90° Flexion jeweils im Seitenvergleich gemessen.

#### 4.2.4.2 Fingerbeweglichkeit

Um ein bestehendes Beugedefizit zu erfassen, wurde der Abstand vom Nagelrand zur queren Hohlhandfalte für die Finger II-V in cm gemessen. Das Ausmaß eines eventuellen Streckdefizits der Finger II-V ergab sich durch die Messung des Abstands vom Nagelrand zur verlängerten Handrückenebene. Beides wird in der Abbildung 22 veranschaulicht.

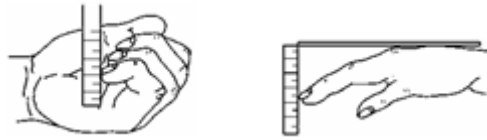


Abbildung 22: Fingerbeweglichkeit (F 4222)

#### 4.2.4.3 Kraft

Die Messung der Kraft erfolgte zum einen mit einem Dynamometer (Abb. 24) auf der Stufe 3 in kg und zum anderen mit einem Vigorimeter (Abb. 23) in kPa. Bei beiden Geräten absolvierte der Patient jeweils drei Durchgänge sowohl mit der gesunden als auch mit der erkrankten Hand. Von diesen drei Werten wurde jeweils der Maximalwert verwendet.



Abbildung 23: Vigorimeter



Abbildung 24: Dynamometer

## **4.2.5 Handfunktionsscores**

Für die subjektive Bewertung wurde der unter 4.2.5.1 beschriebene DASH ausgewertet. Die in 4.2.5.2-4.2.5.4 beschriebenen Scores wurden zur Objektivierung der Ergebnisse erhoben.

### **4.2.5.1 DASH**

Der DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) ist ein Fragebogen zur Erfassung von Beschwerden und funktionellen Einschränkungen an der oberen Extremität. Die darin enthaltenen Fragen erlauben eine Beurteilung des derzeitigen Zustandes aufgrund der subjektiven Wahrnehmung des Betroffenen. Entwickelt wurde er 1994 von einer amerikanischen Gruppe um Hudak („Upper Extremity Collaborative Group“). 1997 wurde er ins Deutsche übersetzt und 1999 von Germann et al. eingeführt. [58]

Insgesamt sind 30 standardisierte Fragen bezüglich Körperfunktion, Schmerzen, Sozialleben sowie allgemeiner Aktivitäten in Beruf und Freizeit zu beantworten. Ein Sport- und Musik-Modul sowie Arbeits- und Berufs-Modul mit jeweils vier Fragen sind optional. Diese gehen nicht in die Auswertung ein. Für jede Frage stehen fünf verschiedene Antwortmöglichkeiten zur Auswahl – von „keine Schwierigkeiten“ (1 Punkt) bis „nicht möglich“ (5 Punkte).

Den DASH-Funktions-Wert erhält man, wenn man alle Punkte der 30 Fragen zusammenzählt, davon 30 subtrahiert und dann diesen Wert durch 1,2 dividiert. Es können Werte zwischen 0 und 100 erreicht werden. Eine Beurteilung erfolgt nach dem errechneten Punktestand: Je niedriger der errechnete Wert ist, desto besser ist die Alltagsfunktion. Ergebnisse über 40 Punkte entsprechen einem schlechten Zustand, eine Punktzahl unter 5 einem sehr guten. Bis 25 Punkte spricht man von einer guten und bei einem Punktestand zwischen 26 und 40 von einer befriedigenden Funktion. Die komplette deutsche Version, die auch in dieser Studie verwendet wurde, ist im Anhang abgebildet.

### **4.2.5.2 Mayo-Wrist-Score**

Der Mayo-Wrist-Score von Lamey und Fernandez (1998, vgl. Anhang 10.2) beinhaltet die Kategorien Schmerz, Zufriedenheit, Bewegungsumfang und Griffstärke beim Grobgriff.



Punkte von 90-100 entsprechen einem sehr guten, 80-89 Punkte einem guten und 65-79 Punkte einem befriedigenden Ergebnis. Eine Endsumme unter 65 Punkte wird als schlecht bewertet. [41]

#### **4.2.5.3 Cooney & Bussey-Score**

Zudem wurde zum Vergleich der Score nach Cooney und Bussey (1987) erhoben, der neben Schmerz, Bewegungsumfang, Griffstärke auch den funktionellen Status beinhaltet. Das Punktebewertungsschema ist dasselbe (vgl. Anhang 10.3). [11]

#### **4.2.5.4 Krimmer-Score**

Krimmer entwickelte 1999 ebenfalls ein Bewertungsschema mit den Kategorien Kraft, Bewegungsumfang, Schmerz und Gebrauchsfähigkeit (vgl. Tabelle 6). Seine Punkteverteilung für das Endresultat unterscheidet sich jedoch von den anderen beiden Scores. Hier liefern 81-100 Punkte ein sehr gutes, 66-80 Punkte ein gutes, 51-65 Punkte ein befriedigendes und 0-50 Punkte ein schlechtes Ergebnis (vgl. Anhang 10.4). [33]

### **4.2.6 Röntgenuntersuchung**

Bei der Nachuntersuchung wurde bei jedem Patienten ein aktuelles Röntgenbild von der betroffenen Seite angefertigt, um dieses dann mit präoperativen bzw. unmittelbar postoperativen Aufnahmen vergleichen zu können.

#### **4.2.6.1 Technik**

Es wurde jeweils eine dorsopalmare und eine seitliche Aufnahme angefertigt.

Beim dorsopalmaren Strahlengang (Abb. 25) wird der Arm 90° im Schultergelenk abduziert und 90° im Ellbogengelenk flektiert. Die Handfläche wird auf Höhe der Schulter auf einem Lagerungsblock abgelegt. Der Mittelfinger stellt die Verlängerung des Unterarms dar und die

Zentrierung erfolgt mittig des Radiokarpalgelenks. Die seitlich Aufnahme (Abb. 26) erfolgt bei adduziertem Arm. Die Handkante wird vertikal zum Tisch positioniert und der Strahlengang wird auf die Mitte des Radiokarpalgelenks zentriert. [63]



Abbildung 25: Dorsopalmare Aufnahme [63]



Abbildung 26: Seitliche Aufnahme [63]

Eine Faustschlussaufnahme wurde zusätzlich zu dem Standardröntgen in zwei Ebenen angefertigt, um etwaige Instabilitäten der Bandstrukturen durch diese Stress- bzw. Belastungsaufnahme beurteilen zu können.

#### **4.2.6.2 Bildanalyse**

Das Lunatum wurde, insofern es noch vorhanden war, radiologisch beurteilt. Dabei gingen folgende Parameter ein: Sklerose, Fragmentation, Abflachung und Formveränderung. Ebenso wurden arthrotische Veränderungen erfasst. Hierzu zählen Gelenkspaltverschmälerung, Sklerose, Geröllzysten, Osteophyten und Ankylose. Die Lokalisation sowie das Stadium der Arthrose sind ebenfalls bestimmt worden. Nachfolgende Tabelle zeigt die Einteilung des Arthrosegrades.

| Arthrosegrad |  |
|--------------|--|
| 0            | Keine Arthrose   |
| 1            | Leichte Gelenkspaltverschmälerung, kaum Osteophyten          |
| 2            | Deutliche Gelenkspaltverschmälerung, ausgeprägte Osteophyten |
| 3            | Aufgehobener Gelenkspalt, Osteophyten, Pseudozysten          |
| 4            | Ankylose   |

Tabelle 3: Arthrosegrad

Daneben wurde das Vorliegen einer Ulnavarianz und einer Skaphoidflexion erfasst. Zur Bestimmung der Ulnavarianz ist die Methode nach Gelberman die geläufigste (vgl. Abb. 27). Eine Längendifferenz von 2 mm zwischen Ulna und Radius gilt als normal. [63]

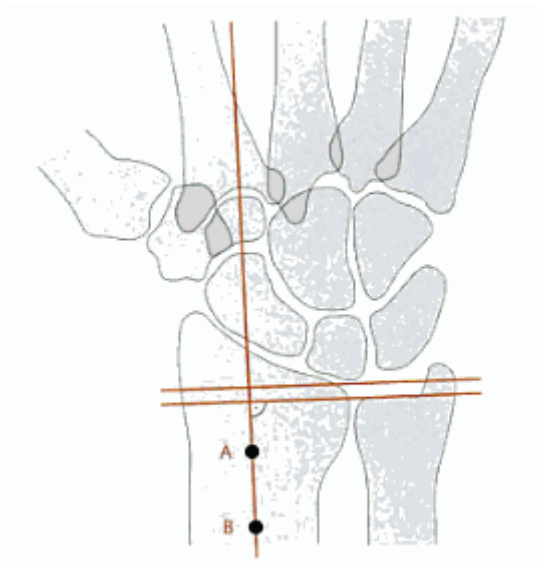


Abbildung 27: Bestimmung der Ulnavarianz nach Gelberman [63]

#### 4.2.6.3 Karpale Indices

Zur Objektivierung des karpalen Kollaps wurden der karpale Höhenindex nach Nattrass und nach Stahl erhoben.

- Höhenindex nach Nattrass (Abb. 28)  
Handwurzellänge (L2) / Kapitatumlänge (L1)  
Normwert:  $1,57 \pm 0,05$

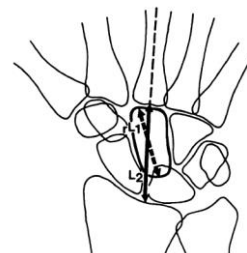


Abbildung 28: Nattrass-Index [51]

- Höhenindex nach Stahl (Abb. 29)  
Lunatumhöhe (L1) / Lunatumbreite (L2)  
Normwert:  $0,53 \pm 0,03$

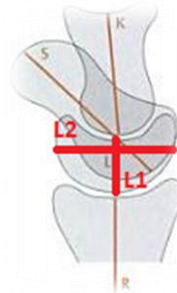


Abbildung 29: Stahl-Index [63]

#### 4.2.6.4 Karpale Winkel

Von den karpalen Winkeln wurde der frontale Radiusgelenkwinkel (Normbereich  $15^\circ$ - $35^\circ$ ) nach DiBenedetto (Abb. 30) und der kapitolunäre (KL) sowie skapholunäre (SL) Winkel (Abb. 31) bestimmt. KL- und SL-Winkel werden in der Seitenaufnahme in Neutralstellung gemessen. Der Normbereich liegt für den skapholunären Winkel zwischen  $30^\circ$  und  $60^\circ$ , für den kapitolunären bei  $-15^\circ$  bis  $+15^\circ$ . [63]

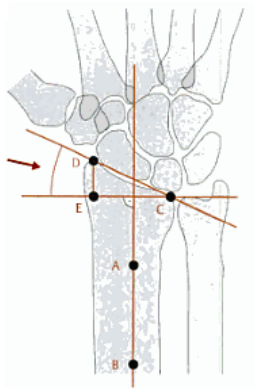


Abbildung 30: Radiokarpaler Winkel [63]

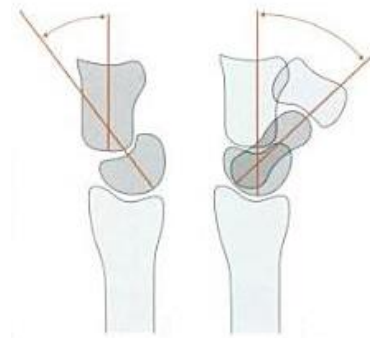


Abbildung 31: KL und SL Winkel [63]

### **4.3 Datenverwaltung**

Die Patientendaten wurden in pseudonymisierter Form, d.h. nur mit Angabe der Initialen und dem Geburtsjahr gespeichert. Auf die Daten haben nur im Rahmen der Studie berechnigte Personen Zugriff. Diese Mitarbeiter sind der Verschwiegenheit verpflichtet. Die Daten sind vor fremden Zugriff geschützt.

Die einzelnen Daten und Ergebnisse der Patienten wurden mittels Microsoft® Excel-Tabellenkalkulation verwaltet. Die statistische Auswertung und Erstellung der dazugehörigen Graphiken erfolgte mit der Software SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) für Microsoft® Windows XP oder 2000. Ferner wurde Microsoft® Word verwendet.

### **4.4 Statistische Methoden**

Mittelwerte mit Standardabweichungen wurden bei kontinuierlichen Parametern wie Alter, Zeitintervall, Bewegungsumfang, Kraft, Scorepunkte, karpale Indices und Winkel errechnet. Zum Vergleich präoperativer Daten mit postoperativen Daten wurde der Wilcoxon-Vorzeichenrangtest angewendet. Dies ist ein nicht parametrischer Test, der verbundene Stichproben miteinander vergleicht. Sollten die einzelnen Operationsmethoden einander gegenübergestellt werden, so wurde der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Dieser stellt einen nichtparametrischen Test für unverbundene Stichproben dar, die hierbei auf Gleichheit der Mediane geprüft werden. Die Unterschiede gelten als signifikant, wenn der p-Wert  $<0,05$  beträgt. [25]

## 5. Ergebnisse

### 5.1 Ergebnisse aus Anamnese und Aktenstudium

#### 5.1.1 Patientenkollektiv

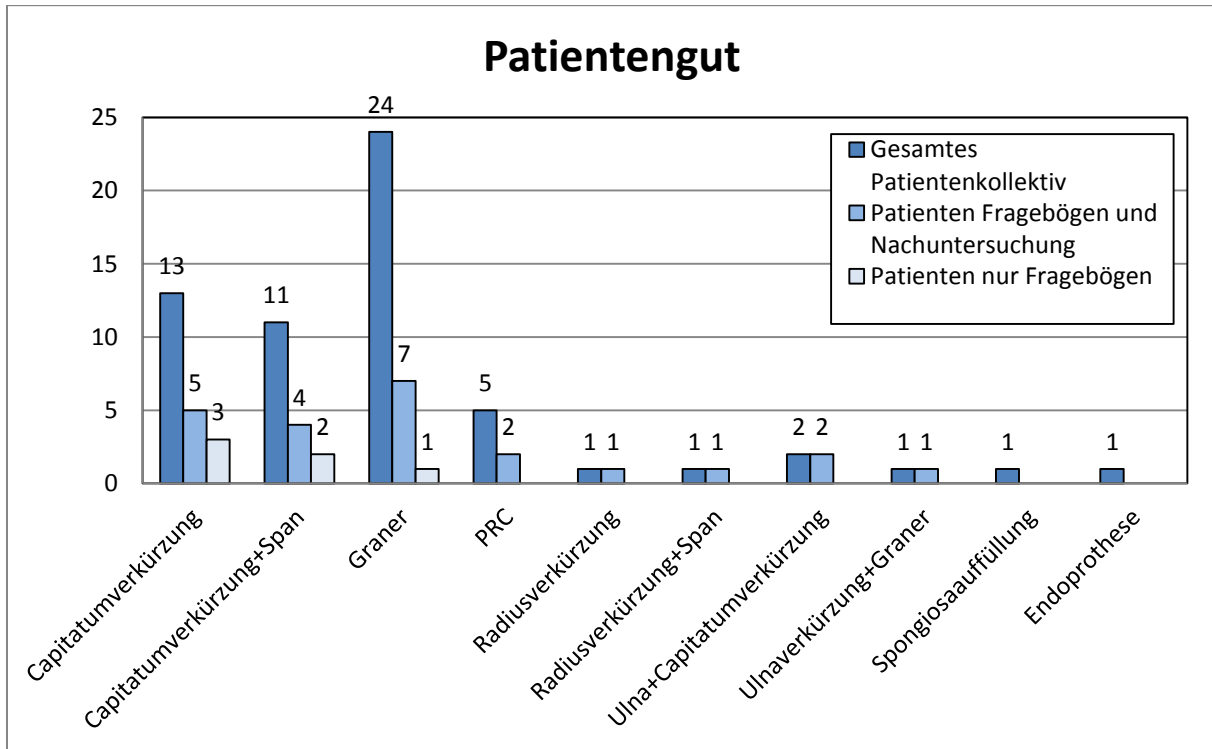


Abbildung 32: Gesamtes Patientengut

Obenstehende Abbildung gibt das gesamte Patientenkollektiv wieder, das zwischen 1987 und 2002 am Klinikum rechts der Isar aufgrund eines Morbus Kienböck operativ behandelt wurde. Alle Eingriffe wurden durch denselben Operateur durchgeführt.

Von den insgesamt 58 für die Studie geeigneten Patienten beteiligten sich 27 an der Studie. Davon nahmen 21 an der kompletten Nachuntersuchung teil, wobei bei zwei Patienten eine beidseitige Lunatumnekrose vorlag. Die restlichen sechs Patienten erklärten sich bereit, postalisch über die Beantwortung Fragebögen bei der Studie mitzuwirken.

## Ergebnisse

Bei 13 Patienten ließ sich die aktuelle Adresse nicht auffindig machen. 14 Patienten reagierten nicht, zwei hatten kein Interesse an einer Studienteilnahme, ein Patient war ausgewandert und einer zwischenzeitlich verstorben.

Damit konnten die Ergebnisse von 27 Patienten mit 29 Händen ausgewertet werden. Daraus ergibt sich eine Auswertungsrate von 48% (vgl. Tabelle 4).

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Von 1987 bis 2008 operierte Patienten         | 58 (60 operierte Hände) |
| Patienten, die nicht an der Studie teilnahmen | 31                      |
| Nicht auffindbar                              | 13                      |
| Kein Interesse                                | 2                       |
| Keine Reaktion                                | 14                      |
| Ausgewandert                                  | 1                       |
| Verstorben                                    | 1                       |
| Teilnehmer der Studie                         | 27 (29 operierte Hände) |
| Komplette Nachuntersuchung                    | 21 (23 operierte Hände) |
| Fragebögen                                    | 6                       |
| Auswertungsrate                               |                         |
| Patienten                                     | 47%                     |
| Hände   | 48%                     |

Tabelle 4: Patientenkollektiv

Von den 27 Studienteilnehmern waren zwei Patienten an einer beidseitigen Lunatumnekrose erkrankt, sodass die Ergebnisse von insgesamt 29 Händen ausgewertet werden konnten. Davon waren 12 Patienten Frauen und 15 Patienten Männer. In der Mehrzahl der Fälle war die dominante Seite (66%) betroffen (vgl. Tabelle 5).

|   | Merkmal               | Absolute (relative) Verteilung |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Geschlecht                                  | Männer                | 15 (56%)                       |
|   | Frauen                | 12 (44%)                       |
| Lokalisation                                | Rechts                | 18 (67%)                       |
|   | Links                 | 7 (26%)                        |
|   | Beidseits             | 2 (7%)                         |
| Händigkeit                                  | Rechts                | 24 (89%)                       |
|   | Links                 | 3 (11%)                        |
| Lokalisation in Abhängigkeit der Händigkeit | Dominante Seite       | 19 (66%)                       |
|   | Nicht-dominante Seite | 10 (34%)                       |

Tabelle 5: Patientengut

### 5.1.2 Stadienverteilung

Die nachfolgende Tabelle gibt die Verteilung des präoperativen Erkrankungsstadiums bezüglich der Operationsmethoden wieder.

|                                   | I | II | IIIA | IIIB | IV |
|-----------------------------------|---|----|------|------|----|
| <b>Capitatumverkürzung</b>        |   | 3  | 5    |      |    |
| <b>Capitatumverkürzung + Span</b> |   | 1  | 5    |      |    |
| <b>Graner</b>                     |   |    | 2    | 5    | 1  |
| <b>PRC</b>                        |   |    |      |      | 2  |
| <b>Radiusverkürzung</b>           |   |    | 1    |      |    |
| <b>Radiusverkürzung + Span</b>    |   |    |      | 1    |    |
| <b>Ulna + Capitatumverkürzung</b> |   |    | 2    |      |    |
| <b>Ulnaverkürzung + Graner</b>    |   |    |      | 1    |    |
| <b>Summe</b>                      |   | 4  | 15   | 7    | 3  |

Tabelle 6: Stadienverteilung

### 5.1.3 Beschwerdezeitraum

Der durchschnittliche Beschwerdezeitraum, das heißt vom Auftreten der ersten Symptome bis zur Operation, betrug  $21 \pm 24$  Monate (Streubreite: 2-120 Monate).

Zu den Symptomen zählen Schmerzen, Bewegungseinschränkung, Kraftverlust, Schwellung und Funktionsverlust. Nachfolgende Tabelle gibt die Häufigkeit der angegebenen präoperativen Beschwerden wieder.

| <b>Art der präoperativen Beschwerden</b> | <b>Absolute (relative) Verteilung</b> |
|--|---------------------------------------|
| Schmerzen                                | 29 (100%)                             |
| Bewegungseinschränkung                   | 16 (55%)                              |
| Kraftverlust                             | 16 (55%)                              |
| Schwellung                               | 10 (34%)                              |
| Funktionsverlust                         | 8 (28%)                               |

Tabelle 7: Präoperative Symptome



### 5.1.4 Altersdurchschnitt zum Operationszeitpunkt

Der Altersdurchschnitt zum Operationszeitpunkt lag bei  $35 \pm 11$  Jahren. Der jüngste Patient wurde im Alter von 20 Jahren operiert, der älteste mit 61 Jahren. Das durchschnittliche Alter bei den verschiedenen Operationsverfahren zeigt folgende Abbildung.

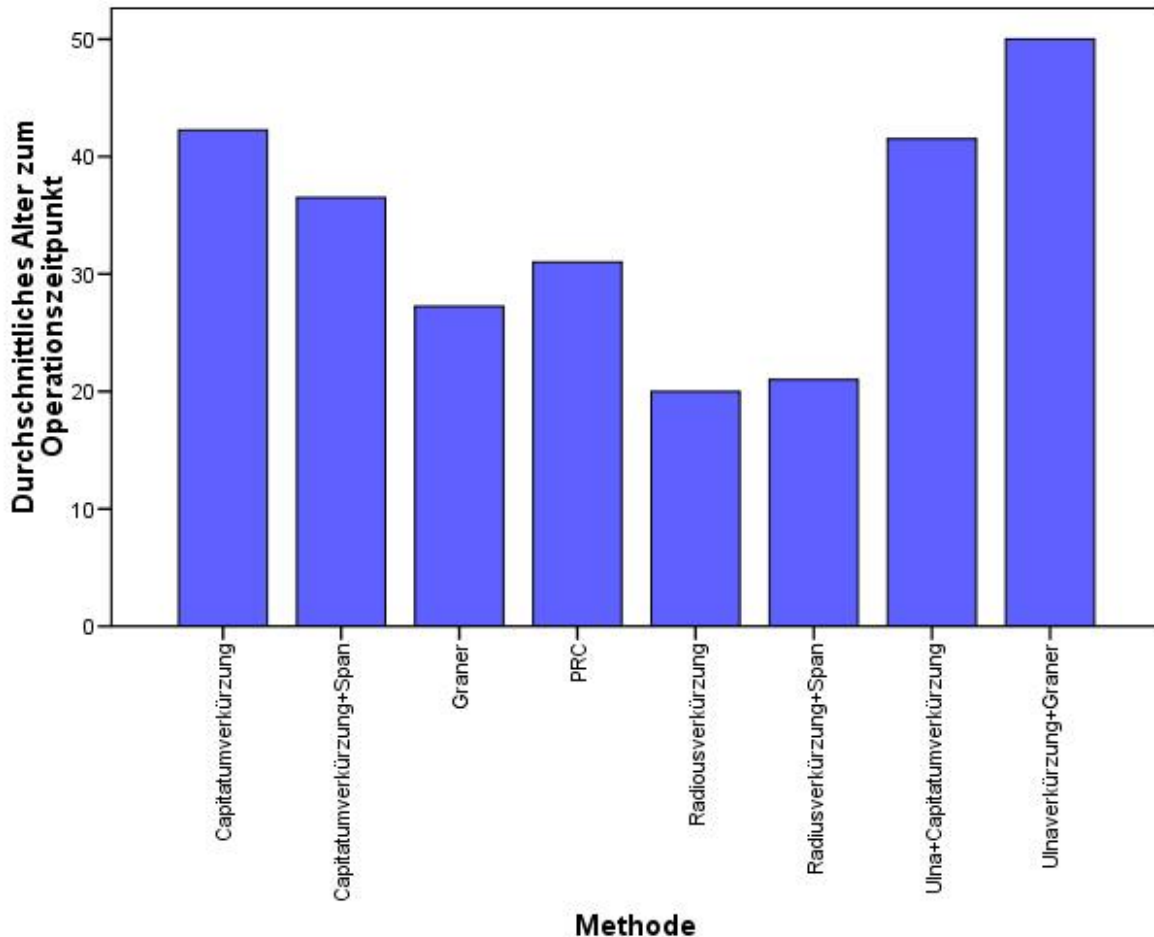


Abbildung 33: Altersdurchschnitt zum Operationszeitpunkt

### 5.1.5 Nachuntersuchungsintervall

Die postoperative Nachuntersuchung der 27 Studienteilnehmer erfolgte im Durchschnitt nach  $119 \pm 68$  Monaten, also fast 10 Jahren. Das kürzeste Nachuntersuchungsintervall zur Operation lag bei 7 Monaten und das längste bei 284 Monaten, was nicht ganz 24 Jahren entspricht.

### **5.1.6 Systemische Grunderkrankungen**

Insgesamt gaben 8 von 27 Patienten (30%) an, bereits vor Diagnosestellung Raucher gewesen zu sein. Bei einem Studienteilnehmer ist eine Thrombophilie bekannt, bei zwei Patienten bestand die Diagnose Diabetes mellitus, einer gab eine Hypothreose an und bei einem lag eine angeborene Tetraspastik vor. Die übrigen Patienten waren laut deren Angaben nicht an systemischen Vor- bzw. Begleiterkrankungen erkrankt und verneinten eine regelmäßige Medikamenteneinnahme.

### **5.1.7 Probleme mit der Gegenseite**

Probleme mit der Gegenseite, d.h. mit der nicht operierten Hand, bejahten fünf Patienten (19%). Dabei wurden die Patienten mit doppelseitiger Lunatumnekrose nicht miteinbezogen, da diese aufgrund der Erkrankung ohnehin Probleme angaben. Zu den Beschwerden zählten Schmerzen im Allgemeinen, die Rizarthrose (ein Patient) und das Karpaltunnelsyndrom (ein Patient).

### **5.1.8 Konservative Vorbehandlung**

Sechs Patienten (22%) erhielten aufgrund ihrer Symptomatik eine Vorbehandlung durch den Hausarzt oder Orthopäden bei zunächst nicht-diagnostiziertem Morbus Kienböck (Zeitraum bis zur Diagnose: 1-5 Jahre). Diese erstreckte sich von der Ruhigstellung über die Reizstromtherapie bis hin zu Krankengymnastik und Physiotherapie.

### **5.1.9 Prä- und postoperative Verletzungen**

Bis auf eine Mittelhandfraktur, einem Haarriss des Radius und einer distalen Radiusfraktur lagen keine präoperativen Verletzungen vor. Aufgrund der schon weit zurückliegenden Ereignisse konnten keine genauen Daten diesbezüglich erhoben werden. Verletzungen nach der Operation bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurden von keinem der Studienteilnehmer angegeben.

### 5.1.10 Voroperationen im Sinne der Lunatumnekrose

Beide nachuntersuchten Patienten, bei denen eine PRC (n=2) durchgeführt wurde, hatten zuvor eine Radiusverkürzung als Therapie der Lunatumnekrose erhalten.

Die Patienten, bei denen eine Ulnaverkürzung mit einer Capitatumverkürzung (n=2) und eine Ulnaverkürzung in Kombination mit einer Operation nach Graner (n=1) vorgenommen wurde, waren ebenso zuvor mit einer Radiusverkürzung behandelt worden.

Die Ulnaverkürzung stellte jedoch hierbei bei allen drei Patienten keine eigentliche operative Therapie der Lunatumnekrose dar, sondern wurde lediglich durchgeführt um die Radiusüberkorrektur der vorangegangenen Radiusverkürzung zu beheben.

### 5.1.11 Komplikationen

Bei einem Patienten musste viermalig eine Wundrevision mit anschließender Spalthautdeckung aufgrund einer Infektion vorgenommen werden. Insgesamt traten in fünf Fällen (17%) Komplikationen auf: zum einen die vorher erwähnte Wundinfektion und eine Wundheilungsstörung, zum anderen wurde ein CRPS (complex regional pain syndrom = Komplexes regionales Schmerzsyndrom) in Folge einer Capitatumverkürzung diagnostiziert. Ferner traten aufgrund einer Verletzung des N. cutaneus femoris lateralis Parästhesien an der linken Hüfte nach Spongiosaentnahme am Beckenkamm auf sowie eine Gefügestörung der distalen Handwurzelreihe nach PRC. Nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht aller Komplikationen wieder.

| Op-Methode                 | Komplikation  | Absolute Verteilung |
|----------------------------|---|---------------------|
| <b>Capitatumverkürzung</b> | - CRPS  | 1                   |
|                            | - Wundheilungsstörung   | 1                   |
| <b>Graner</b>              | - Schädigung des N. cutaneus femoris lateralis nach Knochenspanentnahme am Beckenkamm | 1                   |
|                            | - Infektion (4x Wundrevision, 1x Spalthautdeckung)                                    | 1                   |
| <b>PRC</b>                 | - Gefügestörung distale Handwurzelreihe   | 1                   |
| <b>Insgesamt</b>           |   | 5                   |

Tabelle 8: Komplikationen

### 5.1.12 Schmerzintensität

Den angegebenen Schweregrad der Schmerzen prä- und postoperativ mittels der visuellen Analogskala zeigt die unten abgebildete Graphik. Die genauen Werte können in der dazugehörigen Tabelle abgelesen werden.

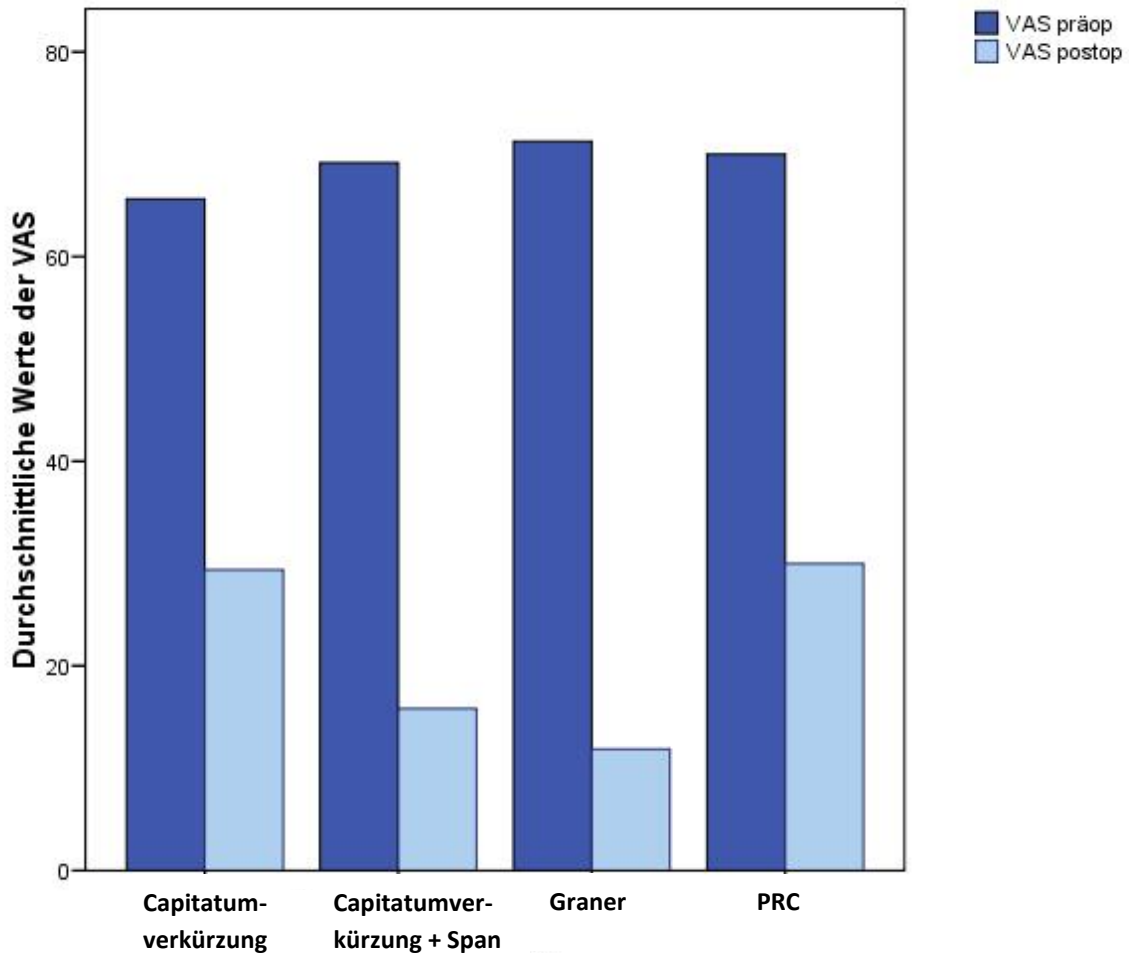


Abbildung 34: Schmerzintensität

| VAS/Op-Methode             | n  | Vor Op   | NU       |
|----------------------------|----|----------|----------|
| Capitatumverkürzung        | 8  | 66 +/-13 | 29 +/-30 |
| Capitatumverkürzung + Span | 6  | 69 +/-14 | 16 +/-4  |
| Graner                     | 8  | 71 +/-16 | 12 +/-14 |
| PRC                        | 2  | 70 +/-5  | 30 +/-30 |
| Radiusverkürzung           | 1  | 70       | 20       |
| Radiusverkürzung + Span    | 1  | 60       | 20       |
| Ulna + Capitatumverkürzung | 2  | 80 +/-0  | 30 +/-10 |
| Ulnaverkürzung + Graner    | 1  | 80       | 50       |
| Insgesamt                  | 29 | 70 +/-13 | 22 +/-22 |

Tabelle 9: Durchschnittliche Werte der VAS

### 5.1.13 Zufriedenheit und Zustand

93% der Studienteilnehmer würden derselben Operation aus heutiger Sicht nochmals zustimmen und sind mit ihrer derzeitigen Handfunktion zufrieden. Mögliche Gründe für die Unzufriedenheit und schlechte Bewertung werden in der Diskussion dargelegt.

| Würden Sie die Operation noch einmal durchführen lassen? | Absolute (relative) Verteilung                                   |
|--|--|
| Ja   | 27 (93%)   |
| Nein   | 2 (7%)<br>→ 1 Capitatumverkürzung<br>→ 1 Ulnaverkürzung + Graner |

Tabelle 10: Nochmalige Operation aus heutiger Sicht

| Zufriedenheit in Abhängigkeit der Op-Methode (absolute Verteilung) | Sehr zufrieden | Mittelmäßig zufrieden | Nicht zufrieden, aber arbeitsfähig | Nicht zufrieden, arbeitsunfähig |
|--|----------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Capitatumverkürzung  | 4              | 1                     | 1                                  | 2                               |
| Capitatumverkürzung + Span   | 6              |                       |                                    |                                 |
| Graner   | 7              | 1                     |                                    |                                 |
| PRC  | 2              |                       |                                    |                                 |
| Radiusverkürzung   | 1              |                       |                                    |                                 |
| Radiusverkürzung + Span  | 1              |                       |                                    |                                 |
| Ulna + Capitatumverkürzung   | 1              | 1                     |                                    |                                 |
| Ulnaverkürzung + Graner  |                | 1                     |                                    |                                 |
| Insgesamt  | 22             | 4                     | 1                                  | 2                               |

Tabelle 11: Zufriedenheit mit dem Zustand

| Zustand in Abhängigkeit der Op-Methode (absolute Verteilung) | Gebessert/voll zufrieden | Gleichgeblieben | Schlechter/Unzufrieden |
|--|--------------------------|-----------------|------------------------|
| Capitatumverkürzung  | 5                        | 2               | 1                      |
| Capitatumverkürzung + Span                                   | 6                        |                 |                        |
| Graner   | 7                        | 1               |                        |
| PRC  | 2                        |                 |                        |
| Radiusverkürzung   | 1                        |                 |                        |
| Radiusverkürzung + Span                                      | 1                        |                 |                        |
| Ulna + Capitatumverkürzung                                   | 2                        |                 |                        |
| Ulnaverkürzung + Graner                                      | 1                        |                 |                        |
| Insgesamt  | 25                       | 3               | 1                      |

Tabelle 12: Zustand im Vergleich

Die Mehrzahl der Studienteilnehmer (86%) beurteilt den Zustand zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Vergleich zum Zustand vor der Operation als gebessert und ist voll zufrieden. Drei Patienten kreuzten gleichgeblieben an und nur ein Patient, bei dem eine Capitatumverkürzung durchgeführt wurde, gab einen schlechteren Zustand an und war mit dem Endresultat unzufrieden. Mögliche Gründe werden in der Diskussion erörtert.

## 5.2 Ergebnisse des DASH

Zur Auswertung des DASH wurden nur die Antworten der Fragen 1-30 berücksichtigt. Insgesamt konnte ein Mittelwert von  $15 \pm 16$  Punkten berechnet werden. Dabei traten Werte zwischen 0 und 71 auf. Abbildung 35 und Tabelle 13 zeigen die durchschnittlich erreichten Punkte der jeweiligen Operationsmethode.

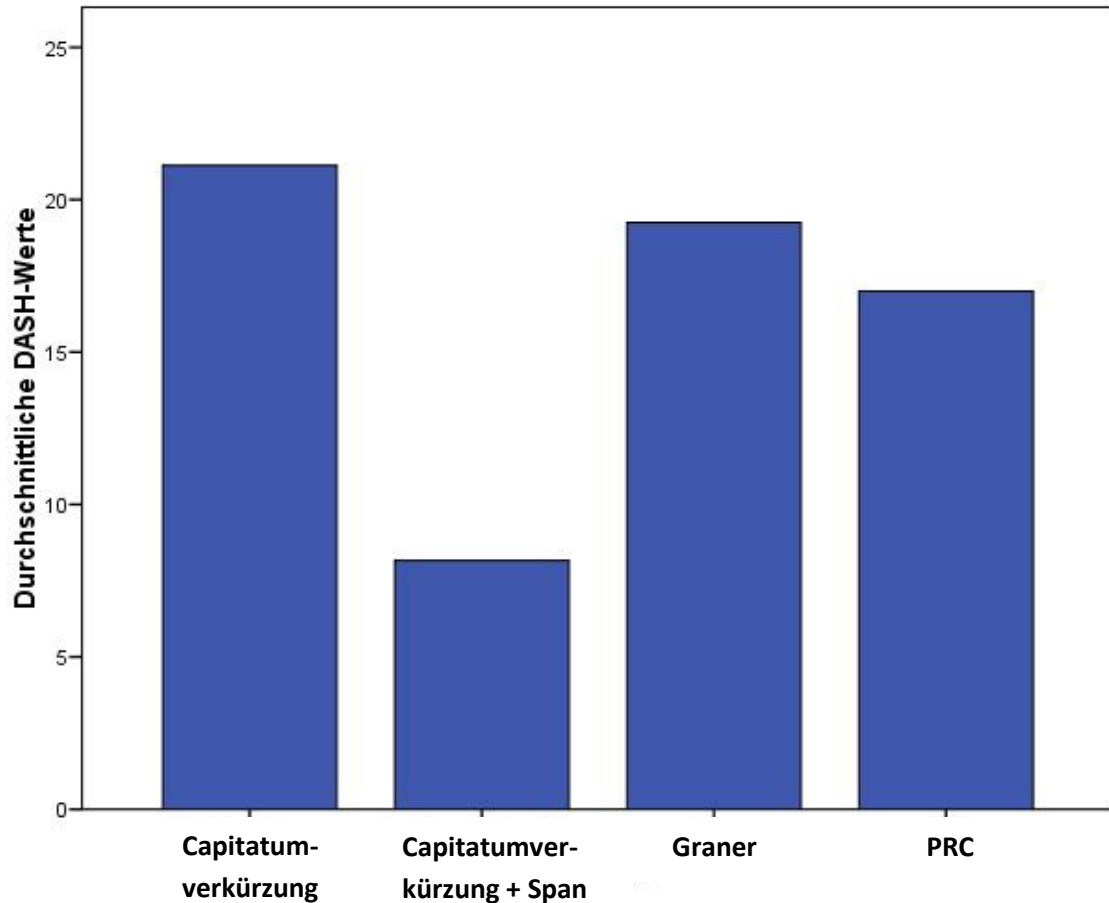


Abbildung 35: DASH: Mittelwerte

| Methode                    | n  | DASH-Score |
|----------------------------|----|------------|
| Capitulumverkürzung        | 8  | 21 +/-25   |
| Capitulumverkürzung + Span | 6  | 8 +/-6     |
| Graner                     | 8  | 19 +/-22   |
| PRC                        | 2  | 17 +/-18   |
| Radiusverkürzung           | 1  | 1          |
| Radiusverkürzung + Span    | 1  | 2          |
| Ulna + Capitulumverkürzung | 2  | 27 +/-11   |
| Ulnaverkürzung + Graner    | 1  | 40         |
| Insgesamt                  | 29 | 15 +/-16   |

Tabelle 13: DASH-Score: Mittelwerte und Standardabweichungen

## Ergebnisse

Bei jeweils 11 Patienten (je 38%) lagen sehr gute (0-5 Punkte) und gute (6-25 Punkte) Ergebnisse vor. Lediglich in vier (14%) bzw. drei (10%) der Fälle konnten befriedigende (26-40 Punkte) bzw. schlechte (>40 Punkte) Ergebnisse festgestellt werden. Nachfolgende Tabelle stellt die Verteilung der Ergebnisse der Punkte (sehr gut bis schlecht) je Operationsmethode dar.

| DASH Absolute Verteilung   | Sehr gut | Gut | Befriedigend | Schlecht |
|----------------------------|----------|-----|--------------|----------|
| Capitatumverkürzung        | 4        | 1   | 1            | 2        |
| Capitatumverkürzung + Span | 2        | 4   |              |          |
| Graner                     | 3        | 3   | 1            | 1        |
| PRC                        |          | 2   |              |          |
| Radiusverkürzung           | 1        |     |              |          |
| Radiusverkürzung + Span    | 1        |     |              |          |
| Ulna + Capitatumverkürzung |          | 1   | 1            |          |
| Ulnaverkürzung + Graner    |          |     | 1            |          |
| Insgesamt                  | 11       | 11  | 4            | 3        |

Tabelle 14: Einteilung der Ergebnisse des DASH-Score bei Nachuntersuchung

## 5.3 Ergebnisse der klinischen Nachuntersuchung

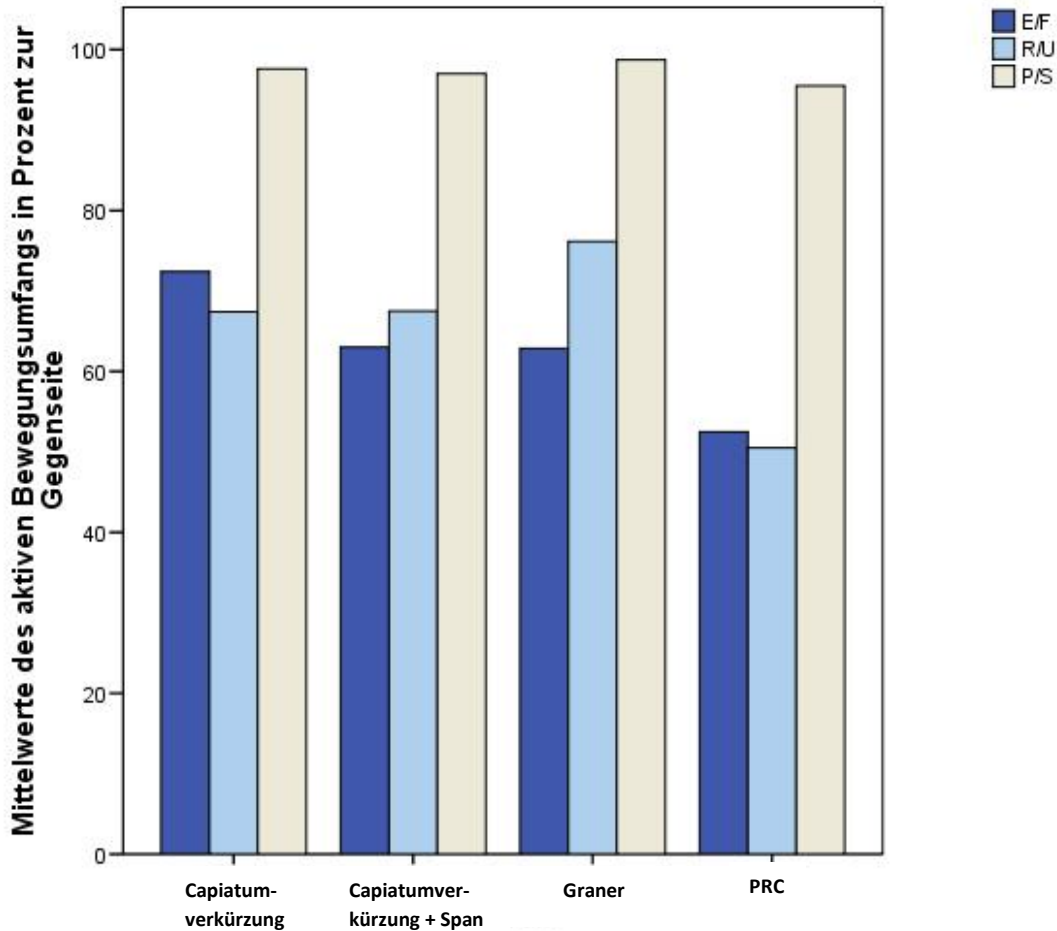
### 5.3.1 Bewegungsumfang

Bei allen Patienten, unabhängig von der jeweiligen Methode, zeigte sich im Gesamtdurchschnitt bei Extension/Flexion (69%) als auch bei Radial/Ulnarabduktion (71%) ein vermindertes Bewegungsausmaß im Vergleich zur Gegenseite. Pronation und Supination (98%) waren annähernd identisch. Die Mittelwerte des Bewegungsumfangs in Prozent zur Gegenseite, aufgeschlüsselt in die einzelnen Operationsverfahren, können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

| Op-Seite/Gegenseite in %   | n  | E/F | R/U | P/S |
|----------------------------|----|-----|-----|-----|
| Capitatumverkürzung        | 8  | 72  | 67  | 98  |
| Capitatumverkürzung + Span | 6  | 63  | 68  | 99  |
| Graner                     | 8  | 63  | 76  | 100 |
| PRC                        | 2  | 53  | 51  | 96  |
| Radiusverkürzung           | 1  | 86  | 77  | 100 |
| Radiusverkürzung + Span    | 1  | 100 | 86  | 94  |
| Ulna + Capitatumverkürzung | 2  | 86  | 78  | 100 |
| Ulnaverkürzung + Graner    | 1  | 64  | 65  | 94  |
| Insgesamt                  | 29 | 69  | 71  | 98  |

Tabelle 15: ROM in Prozent zur Gegenseite

## Ergebnisse



E/F: Extension/Flexion

R/U: Radial/Ulnarabduktion

P/S: Pronation/Supination

Abbildung 36: ROM in Prozent zur Gegenseite

### 5.3.2 Reduzierte Fingerbeweglichkeit

Eine reduzierte Fingerbeweglichkeit im Sinne eines Beuge- oder Streckdefizits konnte in keinem der Fälle nachgewiesen werden.

### 5.3.3 Kraft

Die Kraft im Vergleich zur Gegenseite wurde sowohl mit einem Vigorimeter als auch einem Dynamometer ermittelt. Die dabei erzielten Werte werden in Relation zur Kraft der gesunden Seite gesetzt und in Prozent zu dieser angegeben (Tabelle 16). Wird das gesamte Patientenkollektiv betrachtet, so ergibt sich postoperativ für beide Messverfahren eine



## Ergebnisse

Kraftreduktion im Vergleich zur Gegenseite von 78% bzw. 79%. Die Graphik dient der bildlichen Veranschaulichung der Werte.

| Op-Seite/Gegenseite<br>in % | Vigorimeter<br>gemessen in kPa | Dynamometer<br>gemessen in kg |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Capitatumverkürzung         | 78                             | 92                            |
| Capitatumverkürzung + Span  | 70                             | 76                            |
| Graner                      | 90                             | 69                            |
| PRC                         | 70                             | 77                            |
| Radiusverkürzung            | 82                             | 74                            |
| Radiusverkürzung + Span     | 75                             | 82                            |
| Ulna + Capitatumverkürzung  | 83                             | 100                           |
| Ulnaverkürzung + Graner     | 62                             | 40                            |
| <b>Insgesamt</b>            | <b>79</b>                      | <b>78</b>                     |

Tabelle 16: Kraft in Prozent zur Gegenseite

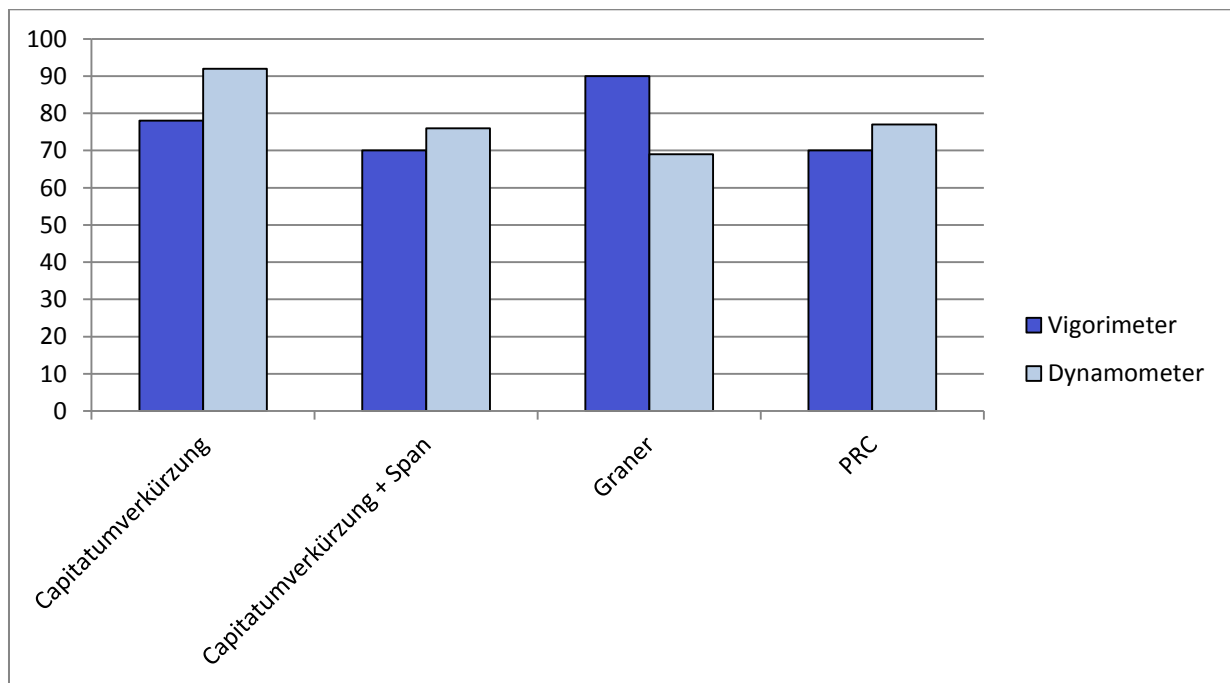


Abbildung 37: Durchschnittliche Kraft in Prozent zur Gegenseite Vigorimeter/Dynamometer

## 5.4 Ergebnisse der Handfunktionsscores

### 5.4.1 Mayo-Wrist-Score

Der Mayo-Wrist-Score beinhaltet die Parameter Schmerz, Zufriedenheit, Bewegungsumfang und Kraft. Für alle Studienteilnehmer wurde ein Mittelwert von  $67 \pm 18$  Punkte kalkuliert, was einem befriedigenden Ergebnis entspricht. Insgesamt wurden Werte zwischen 10 und 100 erreicht. Nachfolgende Graphik und Tabelle gibt den Durchschnitt der jeweiligen Operationsmethode an.

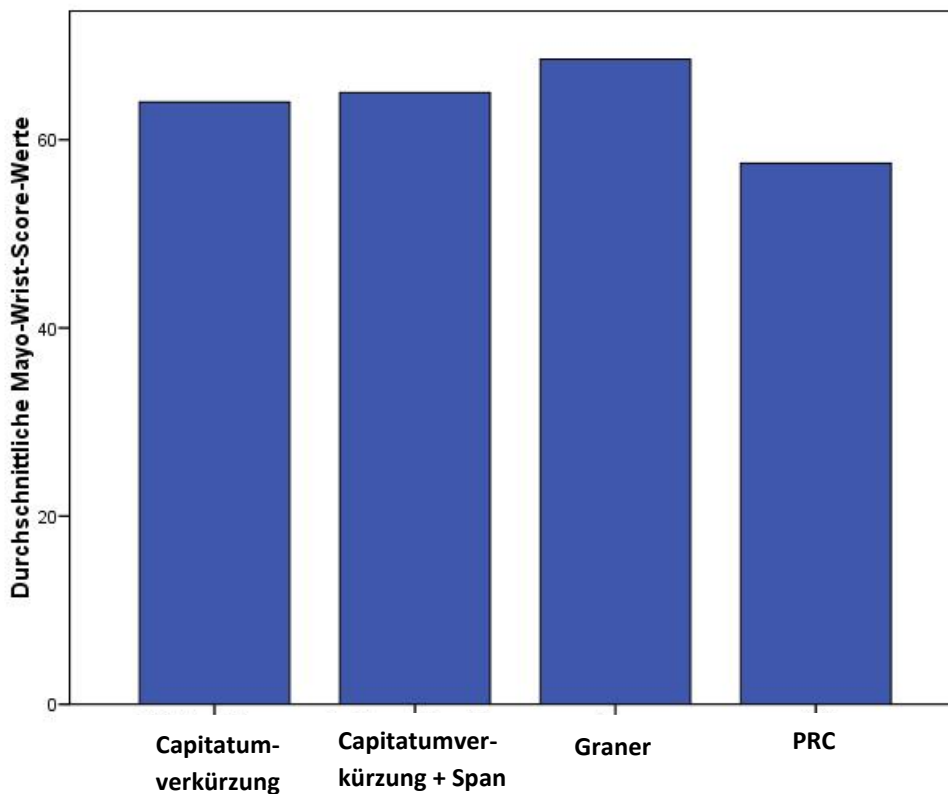


Abbildung 38: Mayo-Wrist-Score: Mittelwerte

| Op-Methode                 | n  | Mayo-Wrist-Score |
|----------------------------|----|------------------|
| Capitulumverkürzung        | 8  | 64 +/-30         |
| Capitulumverkürzung + Span | 6  | 65 +/-6          |
| Graner                     | 8  | 69 +/-10         |
| PRC                        | 2  | 58 +/-22         |
| Radiusverkürzung           | 1  | 70               |
| Radiusverkürzung + Span    | 1  | 90               |
| Ulna + Capitulumverkürzung | 2  | 75 +/-15         |
| Ulnaverkürzung + Graner    | 1  | 50               |
| Insgesamt                  | 29 | 67 +/-18         |

Tabelle 17: Mayo-Wrist-Score: Mittelwerte und Standardabweichungen

## Ergebnisse

Drei Patienten erreichten ein sehr gutes (90-100 Punkte) und ein Patient ein gutes (80-89 Punkte) Ergebnis. 12 Studienteilnehmer bekamen ein befriedigendes (65-79 Punkte) Urteil und sieben schnitten schlecht (<65 Punkte) ab (vgl. Tabelle 18).

| <b>Mayo-Wrist-Score<br/>Absolute Verteilung</b> | <b>Sehr gut</b> | <b>Gut</b> | <b>Befriedigend</b> | <b>Schlecht</b> |
|---|-----------------|------------|---------------------|-----------------|
| <b>Capitatumverkürzung</b>                      | 1               | 1          | 1                   | 2               |
| <b>Capitatumverkürzung + Span</b>               |                 |            | 3                   | 1               |
| <b>Graner</b>                                   |                 |            | 6                   | 1               |
| <b>PRC</b>                                      |                 |            | 1                   | 1               |
| <b>Radiusverkürzung</b>                         |                 |            | 1                   |                 |
| <b>Radiusverkürzung + Span</b>                  | 1               |            |                     |                 |
| <b>Ulna + Capitatumverkürzung</b>               | 1               |            |                     | 1               |
| <b>Ulnaverkürzung + Graner</b>                  |                 |            |                     | 1               |
| <b>Insgesamt</b>                                | 3               | 1          | 12                  | 7               |

Tabelle 18: Einteilung der Ergebnisse des Mayo-Wrist-Score bei Nachuntersuchung

### 5.5 Ergebnisse der Röntgenuntersuchung

Da für insgesamt 12 operierte Hände keine präoperativen Röntgenbilder vorlagen, konnten diese nicht in die Auswertung miteinbezogen werden. Auch die sechs Studienteilnehmer, die nur postalisch mittels der Fragebögen teilnahmen und bei denen somit kein Röntgenbild zur Nachuntersuchung angefertigt werden konnte, wurden nicht in die radiologische Auswertung inkludiert. So ergibt sich letztendlich ein Patientenkollektiv von 17 Studienteilnehmern für die radiologische Auswertung des präoperativen Stadiums. Für die Auswertung der Handgelenke zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung stehen 23 Röntgenbilder zur Verfügung. Dies spiegelt nachfolgende Tabelle wieder.

|                                   | <b>Präop</b> | <b>NU</b> |
|-----------------------------------|--------------|-----------|
| <b>Capitatumverkürzung</b>        | 7 von 8      | 5 von 8   |
| <b>Capitatumverkürzung + Span</b> | 5 von 6      | 4 von 6   |
| <b>Graner</b>                     | 3 von 8      | 7 von 8   |
| <b>PRC</b>                        | 0 von 2      | 2 von 2   |
| <b>Radiusverkürzung</b>           | 0 von 1      | 1 von 1   |
| <b>Radiusverkürzung + Span</b>    | 0 von 1      | 1 von 1   |
| <b>Ulna + Capitatumverkürzung</b> | 2 von 2      | 2 von 2   |
| <b>Ulnaverkürzung + Graner</b>    | 0 von 1      | 1 von 1   |
| <b>Insgesamt</b>                  | 17 von 29    | 23 von 29 |

Tabelle 19: Patientenkollektiv für die radiologische Auswertung

## Ergebnisse

Ein direkter Vergleich von präoperativen Röntgenbildern mit aktuellen Bildern, die im Rahmen der Nachuntersuchung entstanden sind, war nur in 13 Fällen möglich (s. Tabelle 20).

|                                   | <b>Präop – NU</b> |
|-----------------------------------|-------------------|
| <b>Capitatumverkürzung</b>        | 5 von 8           |
| <b>Capitatumverkürzung + Span</b> | 3 von 6           |
| <b>Graner</b>                     | 3 von 8           |
| <b>PRC</b>                        | 0 von 2           |
| <b>Radiusverkürzung</b>           | 0 von 1           |
| <b>Radiusverkürzung + Span</b>    | 0 von 1           |
| <b>Ulna + Capitatumverkürzung</b> | 2 von 2           |
| <b>Ulnaverkürzung + Graner</b>    | 0 von 1           |
| <b>Insgesamt</b>                  | 13 von 29         |

Tabelle 20: Patientenkollektiv zum direkten radiologischen Vergleich

### 5.5.1 Stadienverteilung

Die Zuteilung zu den jeweiligen Stadien der Lunatumnekrose erfolgte sowohl für den präoperativen Zustand als auch für den Zustand zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Für drei Operationen nach Graner konnte das präoperative Stadium nicht ermittelt werden. Die Ergebnisse der Stadienverteilung wurden anschließend einander gegenübergestellt (Tabelle 21). Für Operationsmethoden, die zu einer Entfernung des Lunatums führten, konnte das postoperative Stadium freilich nicht angegeben werden.

|                                   | <b>I</b>     |           | <b>II</b>    |           | <b>III A</b> |           | <b>III B</b> |           | <b>IV</b>    |           |
|-----------------------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
|                                   | <b>Präop</b> | <b>NU</b> | <b>Präop</b> | <b>NU</b> | <b>Präop</b> | <b>NU</b> | <b>Präop</b> | <b>NU</b> | <b>Präop</b> | <b>NU</b> |
| <b>Capitatumverkürzung</b>        |              | 1         | 3            | 2         | 5            | 4         |              |           |              |           |
| <b>Capitatumverkürzung + Span</b> |              |           | 1            | 1         | 5            | 3         | 1            |           |              |           |
| <b>Graner</b>                     |              |           |              |           | 2            | n.m.      | 5            | n.m.      | 1            | n.m.      |
| <b>PRC</b>                        |              |           |              |           |              |           |              |           | 2            | n.m.      |
| <b>Radiusverkürzung</b>           |              |           |              |           | 1            | 1         |              |           |              |           |
| <b>Radiusverkürzung + Span</b>    |              |           |              |           |              |           | 1            | 1         |              |           |
| <b>Ulna + Capitatumverkürzung</b> |              |           |              |           | 2            | 2         |              |           |              |           |
| <b>Ulnaverkürzung + Graner</b>    |              |           |              |           |              |           | 1            | n.m.      |              |           |
| <b>Summe</b>                      |              | 1         | 4            | 3         | 15           | 10        | 7            | 2         | 3            |           |

Tabelle 21: Stadienverteilung im Vergleich

## Ergebnisse

Der Vergleich des Stadiums vor der Operation mit dem Stadium zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (Tabelle 22) zeigte, dass es bei 14 Patienten zu keiner Veränderung gekommen war. Bei einem Fall konnte sogar eine Verbesserung vom Stadium II zum Stadium I festgestellt werden. Bei einem anderen Studienteilnehmer war jedoch eine Verschlechterung (Stadium IIIA zu Stadium IIIB) eingetreten.

| Stadienveränderung         | Unverändert | Verschlechtert           | Gebessert           |
|----------------------------|-------------|--------------------------|---------------------|
| Capitatumverkürzung        | 7           | 0                        | 1 (Stadium II zu I) |
| Capitatumverkürzung + Span | 3           | 1 (Stadium IIIA zu IIIB) | 0                   |
| Graner                     | -           | -                        | -                   |
| PRC                        | -           | -                        | -                   |
| Radiusverkürzung           | 1           | 0                        | 0                   |
| Radiusverkürzung + Span    | 1           | 0                        | 0                   |
| Ulna + Capitatumverkürzung | 2           | 0                        | 0                   |
| Ulnaverkürzung + Graner    | -           | -                        | -                   |
| Insgesamt                  | 14          | 1                        | 1                   |

Tabelle 22: Stadienveränderung

Bei der Operation nach Graner sowie der PRC ist ein Vergleich nicht möglich, da bei beiden Verfahren das Lunatum extirpiert wurde.

### 5.5.2 Arthrose

Neben der Beurteilung der knöchernen Struktur des Lunatums und der Einteilung in das jeweilige Erkrankungsstadium erfolgte ebenso die Untersuchung des Ausmaßes der Arthrose im Röntgenbild. Die Lokalisation und der Arthrosegrad wurden jeweils vor der Operation und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bestimmt. Arthrotische Veränderungen traten vorwiegend zwischen Lunatum und Radius (L-R) bzw. Kapitatum und Radius (K-R) bei entferntem Lunatum (z.B. Operation nach Graner) auf. Aber auch Lunatum und Kapitatum (L-K), Skaphoid und Radius (S-R) sowie Skaphoid, Trapezium und Trapezoideum (S-T-T) waren Prädispositionsstellen für arthrotische Veränderungen. Die Verteilungshäufigkeit in Prozent gibt die nachstehende Tabelle an.

## Ergebnisse

| Lokalisation der Arthrose in % | L-R/K-R   |           | L-K       |           | S-R       |           | S-T-T     |           | Keine     |          |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
|                                | Präop     | NU        | Präop     | NU        | Präop     | NU        | Präop     | NU        | Präop     | NU       |
| Capitatumverkürzung            | 43        | 60        | 14        | 20        | 0         | 0         | 29        | 60        | 29        | 20       |
| Capitatumverkürzung + Span     | 60        | 75        | 20        | 25        | 0         | 0         | 0         | 0         | 20        | 0        |
| Graner                         | 100       | 100       | 33        | n.m.      | 33        | 28        | 0         | 43        | 0         | 0        |
| PRC                            | -         | 100       | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        |
| Radiusverkürzung               | -         | 100       | -         | 100       | -         | 0         | -         | 0         | -         | 0        |
| Radiusverkürzung + Span        | -         | 100       | -         | 100       | -         | 0         | -         | 0         | -         | 0        |
| Ulna + Capitatumverkürzung     | 50        | 50        | 0         | 0         | 50        | 50        | 0         | 0         | 0         | 0        |
| Ulnaverkürzung + Graner        | -         | 100       | -         | n.m.      | -         | 0         | -         | 0         | -         | 0        |
| <b>Insgesamt</b>               | <b>59</b> | <b>87</b> | <b>18</b> | <b>17</b> | <b>12</b> | <b>13</b> | <b>12</b> | <b>22</b> | <b>18</b> | <b>4</b> |

Tabelle 23: Lokalisation der Arthrose

Ein Patient wies sowohl präoperativ als auch postoperativ in der Nachuntersuchung keine Arthrosezeichen auf. Bei den übrigen Studienteilnehmern ist es meist schon präoperativ zu arthrotischen Veränderungen gekommen (vgl. Tabelle 24).

| Arthrosegrad               | 0        |          | 1         |           | 2        |          | 3        |          | 4        |          |
|----------------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                            | Präop    | NU       | Präop     | NU        | Präop    | NU       | Präop    | NU       | Präop    | NU       |
| Capitatumverkürzung        | 2        | 1        | 5         | 3         |          | 1        |          |          |          |          |
| Capitatumverkürzung + Span | 1        | -        | 3         | 2         | 1        | 1        |          | 1        |          |          |
| Graner                     |          |          | 2         | 4         | 1        | 3        |          |          |          |          |
| PRC                        |          |          | -         | 1         | -        | 1        |          |          |          |          |
| Radiusverkürzung           |          |          |           |           | -        | 1        |          |          |          |          |
| Radiusverkürzung + Span    |          |          |           |           | -        | 1        |          |          |          |          |
| Ulna + Capitatumverkürzung |          |          | 2         | 2         |          |          |          |          |          |          |
| Ulnaverkürzung + Graner    |          |          |           |           |          |          | -        | 1        |          |          |
| <b>Insgesamt</b>           | <b>3</b> | <b>1</b> | <b>12</b> | <b>12</b> | <b>2</b> | <b>8</b> | <b>0</b> | <b>2</b> | <b>0</b> | <b>0</b> |

Tabelle 24: Arthrosegrad

Der Arthrosegrad vor der Operation wurde mit dem Arthrosegrad zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung verglichen (s. Tabelle 25). Dabei stellte sich in 11 Fällen der Grad unverändert dar. Bei zwei Patienten musste eine Verschlechterung der Arthrose verzeichnet werden: Der Patient, der eine Capitatumverkürzung erhalten hatte, zeigte postoperativ eine deutliche Gelenkspaltverschmälerung mit osteophytären Ausziehungen vor allem zwischen S-T-T und L-K, sodass zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ein Grad 2 (präoperativ Grad 1) diagnostiziert werden musste. Das Röntgenbild des anderen Patienten (Capitatumverkürzung mit Span) wies Pseudozysten, einen aufgehobenen Gelenkspalt sowie Osteophyten im Sinne einer Arthrose Grad 3 auf. Die arthrotischen Veränderungen

## Ergebnisse

bestanden vor allem im Bereich des Lunatum und Kapitatum. Vor der Operation konnte bei diesem Patienten lediglich ein Arthrosegrad 1 festgestellt werden.

| Veränderungen des Arthrosegrades | Unverändert | Verschlechtert       | Gebessert |
|----------------------------------|-------------|----------------------|-----------|
| Capitatumverkürzung              | 4           | 1 (Grad 1 zu Grad 2) | 0         |
| Capitatumverkürzung + Span       | 2           | 1 (Grad 1 zu Grad 3) | 0         |
| Graner                           | 3           | 0                    | 0         |
| PRC                              | -           | -                    | -         |
| Radiusverkürzung                 | -           | -                    | -         |
| Radiusverkürzung + Span          | -           | -                    | -         |
| Ulna + Capitatumverkürzung       | 2           | -                    | -         |
| Ulnaverkürzung + Graner          | -           | -                    | -         |
| <b>Insgesamt</b>                 | <b>11</b>   | <b>2</b>             | <b>0</b>  |

Tabelle 25: Arthrosegradveränderung

### 5.5.3 Ulnavarianz

Die Bestimmung der Ulnavarianz anhand des präoperativen Röntgenbefundes oder anhand des Vermerks in den Akten ergab folgendes Ergebnis:

| Ulnavarianz                | Plus     | Minus     | Norm      |
|----------------------------|----------|-----------|-----------|
| Capitatumverkürzung        |          | 3         | 4         |
| Capitatumverkürzung + Span |          | 3         | 3         |
| Graner                     |          | 3         | 4         |
| PRC                        |          |           | 2         |
| Radiusverkürzung           |          | 1         |           |
| Radiusverkürzung + Span    |          | 1         |           |
| Ulna + Capitatumverkürzung | 2        |           |           |
| Ulnaverkürzung + Graner    | 1        |           |           |
| <b>Insgesamt</b>           | <b>3</b> | <b>11</b> | <b>13</b> |

Tabelle 26: Ulnavarianz

Hierbei ist bei den drei Patienten mit Ulnaverkürzung anzumerken, dass die Ulnaplusvarianz erst aufgrund einer Überkorrektur durch eine Radiusverkürzung bei vorheriger Ulnaminusvarianz entstanden ist. Bei zwei Patienten konnte keine Aussage bezüglich der Varianz getroffen werden.

### 5.5.4 Indices

In der Tabelle 41 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Karpalindices nach Stahl und Natrass dargestellt. Die prä- und postoperativen Werte wurden – soweit möglich und sinnvoll – einander gegenübergestellt.

Der Stahl-Index kann nur bei Operationen zur Anwendung kommen, die das Lunatum in Situ belassen. Eine Berechnung des Natrass-Index ist postoperativ nur bei der Methode der Radiusverkürzung möglich und sinnvoll, da alle anderen Verfahren eine Veränderung der karpalen Höhe zur Folge haben.

Aus den Messungen der karpalen Indices, deren Ergebnisse minimal unter dem Normbereich lagen, ergab sich eine geringfügige Höhenminderung des Lunatums (Stahl-Index: 0,47) und des gesamten Karpus (Natrass-Index: 1,49 bzw. 1,54). Der Vergleich des Indexwertes nach Stahl vor der Operation mit dem bei der Nachuntersuchung zeigte insgesamt keine Differenz, d.h. die Höhe des Lunatums war stabil geblieben. Ein Vergleich der Natrass-Indexwerte war nicht sinnvoll möglich (siehe Diskussion).

| Karpale Indices            | Stahl (0,53 +/-0,03) |               | Natrass (1,57 +/-0,05) |               |
|----------------------------|----------------------|---------------|------------------------|---------------|
|                            | Vor Op               | NU            | Vor Op                 | NU            |
| Capitatumverkürzung        | 0,46 +/-0,05         | 0,47 +/-0,02  | 1,49 +/-0,04           | Nicht messbar |
| Capitatumverkürzung + Span | 0,49 +/-0,05         | 0,48 +/-0,04  | 1,51 +/-0,05           | Nicht messbar |
| Graner                     | ---                  | Nicht messbar | 1,47 +/-0,03           | Nicht messbar |
| PRC                        | ---                  | Nicht messbar | ---                    | Nicht messbar |
| Radiusverkürzung           | ---                  | 0,49 +/-0     | ---                    | 1,55 +/-0     |
| Radiusverkürzung + Span    | ---                  | 0,37 +/-0     | ---                    | 1,53 +/-0     |
| Ulna + Capitatumverkürzung | 0,44 +/-0,08         | 0,47 +/-0,07  | 1,49 +/-0,06           | Nicht messbar |
| Ulnaverkürzung + Graner    | ---                  | Nicht messbar | ---                    | Nicht messbar |
| Insgesamt                  | 0,47 +/-0,06         | 0,47 +/-0,04  | 1,49 +/-0,05           | 1,54 +/-0,01  |

Tabelle 27: Karpale Indices



### 5.5.5 Winkel

Es wurden sowohl im präoperativen als auch postoperativen Röntgenbild der radiocarpale, der scapholunäre und der kapitolunäre Winkel bestimmt. Der Durchschnittswert für den radiocarpalen Winkel beträgt 23° (Normbereich 15°-35°). Der Normalwert für den scapholunären Winkel beträgt 47° (Normbereich 30°-60°) und für den kapitolunären 0° (Normbereich -15°-+15°). [127] Anhand der gemessenen Werte, die in der nachstehenden Tabelle aufgeführt sind, zeigte sich, dass sowohl scapholunärer wie auch kapitolunärer Winkel prä- und postoperativ im Normbereich lag. Der Radiocarpalwinkel lag mit 24° bzw. 23° genau im Durchschnitt.

| Winkel                     | SL      |         | KL      |         | Radiocarpal |         |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|-------------|---------|
|                            | Vor Op  | NU      | Vor Op  | NU      | Vor Op      | NU      |
| Capitatumverkürzung        | 38 +/-2 | 39 +/-4 | 14 +/-5 | 12 +/-6 | 26 +/-4     | 24 +/-4 |
| Capitatumverkürzung + Span | 39 +/-4 | 43 +/-2 | 8 +/-7  | 5 +/-6  | 24 +/-1     | 25 +/-2 |
| Graner                     | ---     | n.m.    | 15 +/-0 | n.m.    | 20 +/-0     | 24 +/-3 |
| PRC                        | ---     | n.m.    | ---     | n.m.    | ---         | 18 +/-5 |
| Radiusverkürzung           | ---     | 40 +/-0 | ---     | 15 +/-0 | ---         | 24 +/-0 |
| Radiusverkürzung + Span    | ---     | 35 +/-0 | ---     | 0 +/-0  | ---         | 19 +/-0 |
| Ulna + Capitatumverkürzung | 40 +/-0 | 40 +/-0 | 18 +/-3 | 13+/-13 | 24 +/-5     | 24 +/-5 |
| Ulnaverkürzung + Graner    | ---     | n.m.    | ---     | n.m.    | ---         | 25 +/-0 |
| Insgesamt                  | 39 +/-3 | 40 +/-4 | 12 +/-7 | 9 +/-8  | 24+/-4      | 23+/-4  |

Tabelle 28: Karpale Winkel

## 5.6 Ergebnisse der Statistik

In der statistischen Auswertung mittels SPSS wurden zum einen die Operationsmethoden untereinander verglichen und zum anderen die präoperativen Ergebnisse den postoperativen Ergebnissen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung gegenübergestellt. Ein signifikanter Unterschied lag bei einem p-Wert <0,05 vor.

### 5.6.1 VAS

Die verschiedenen Operationverfahren wiesen keine Signifikanz ( $p > 0,05$ ) bezüglich ihre VAS-Werte auf. Für den Vergleich präoperative gegenüber postoperative Werte der visuellen Analogskala zur Beurteilung der Schmerzstärke zeigte sich ein signifikanter Unterschied für die Methode der Capitatumverkürzung ( $p = 0,011$ ), für den Eingriff Capitatumverkürzung mit

Span ( $p=0,023$ ) und für die Operation nach Graner ( $p=0,012$ ).

### **5.6.2 DASH**

Zwischen den einzelnen Punkteergebnissen der verschiedenen Operationsmethoden im DASH war kein signifikanter Unterschied ( $p>0,05$ ) festzustellen.

### **5.6.3 ROM**

Auch der Vergleich des Bewegungsumfanges (ROM) der verschiedenen Verfahren erbrachte keine Signifikanz ( $p>0,05$ ). Allerdings konnte eine signifikante Verminderung des Bewegungsausmaßes von operierter Seite im Vergleich zur Gegenseite in Extension ( $p=0,018$ ) und Flexion ( $p=0,028$ ) sowie Radialabduktion ( $p=0,042$ ) bei der Operation nach Graner nachgewiesen werden. Die Radialabduktion von operierter Seite zur Gegenseite war bei der Capitatumverkürzung ebenfalls signifikant verringert ( $p=0,046$ ).

### **5.6.4 Kraft**

Lediglich die Operation nach Graner ergab eine signifikante Kraftreduktion ( $p=0,018$ ) für die Gegenüberstellung von operierter Seite und Gegenseite bei der Messung der Kraft mittels Dynamometer. In alle anderen Tests lag der p-Wert über 0,05.

### **5.6.5 Handfunktionsscores**

Der Mayo-Wrist-Score, der Cooney & Bussey-Score sowie der Krimmer-Score zeigten in der statistischen Auswertung bezüglich der verschiedenen Operationsverfahren keinen signifikanten Unterschied ( $p>0,05$ ) in den jeweils errechneten Punkten.

### **5.6.6 Karpale Indices und Winkel**

Auch die gesamte Testung der Werte der karpalen Indices und Winkel ergab einen p-Wert  $>0,05$ . Sowohl die Methoden als auch prä- und postoperative Ergebnisse unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

## 6. Diskussion

### 6.1 Langzeitresultate in Abhängigkeit vom Stadium

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse der einzelnen Operationsverfahren unabhängig vom Stadium zeigte in unserem Patientengut keine signifikanten Unterschiede in Kraft, Bewegung, Handfunktion sowie VAS und DASH ( $p > 0,05$ ). Da aber eine Therapie der Lunatumnekrose prinzipiell stadienabhängig erfolgen sollte, ist vor allem der Vergleich der Operationsmethoden innerhalb der jeweiligen Stadien sinnvoll und relevant. Untenstehende Tabelle gibt die durchgeführten Operationsmethoden im jeweiligen Stadium wieder.

| Operationsmethode          | Stadium II | Stadium IIIA | Stadium IIIB | Stadium IV |
|----------------------------|------------|--------------|--------------|------------|
| Capitatumverkürzung        | 3          | 5            |              |            |
| Capitatumverkürzung + Span | 1          | 5            |              |            |
| Graner                     |            | 2            | 2            | 1          |
| PRC                        |            |              |              | 2          |
| Radiusverkürzung           |            | 1            |              |            |
| Radiusverkürzung + Span    |            |              | 1            |            |

Tabelle 29: Verteilung der Operationsmethoden in Abhängigkeit vom Stadium

Für die Diskussion werden Stadium II und Stadium IIIA, denen jeweils die erhaltene karpale Höhe sowie die noch unbeeinträchtigte Form und Höhe des Lunatum gemein sind, zusammengefasst und dem Stadium IIIB gegenübergestellt, in dem es dagegen bereits zu einer lunären Höhenminderung gekommen ist (vgl. 2.6 Stadieneinteilung).

#### 6.1.1 Behandlung im Stadium II und Stadium IIIA

In diesem Frühstadium der Lunatumnekrose wurde bei acht Patienten eine Capitatumverkürzung und bei sechs Patienten eine Capitatumverkürzung mit zusätzlicher Einbringung eines Knochenspans ins Os lunatum durchgeführt. Das Ziel dieser Operationsmethode ist eine lunäre Entlastung, die eine Revaskularisierung und damit eine Erholung des geschädigten Mondbeins ermöglichen soll. Die Kombination des Verfahrens mit Einbringung eines vaskularisierten Spans soll zusätzlich die Möglichkeit der Revaskularisation des Lunatum erhöhen und verbessern. Eine Operation nach Graner wurde bei zwei Patienten vorgenommen. Ein Patient erhielt eine Radiusverkürzung. Diese dient vor

allem bei Ulnarminussvarianz dem Zweck der intraossären Druckminderung des Lunatums und damit der besseren venösen Drainage. Ziel der Operation nach Graner ist - nach Entfernung des nekrotisierten Lunatums - die Wiederherstellung der proximalen Handwurzelreihe inklusive der radiokarpalen Gelenkfläche. Aufgrund der anschließend durchgeführten Arthrodesen der Handwurzelknochen wird allerdings eine vermehrte Bewegungseinschränkung beobachtet. Problematisch bei diesem Verfahren ist auch die Gefahr einer interkarpalen Pseudarthrose bei unzureichender Ossifikation: Durch die Osteotomie des Capitatum und Einbringung von Spongiosa zwischen proximalen und distalen Pol ist die Vaskularisation des proximalen Capitatumspols gefährdet, falls keine adäquate Knochenheilung mit Gefäßausprossung stattfindet, denn das Capitatum wird von distalen Gefäßen versorgt.

### Handfunktion

| Methode                    | n | Kraft [% zur Gegenseite] |             | ROM [% zur Gegenseite] |     |     |
|----------------------------|---|--------------------------|-------------|------------------------|-----|-----|
|                            |   | Dynamometer              | Vigorimeter | E/F                    | U/R | P/S |
| Capitatumverkürzung        | 8 | 75                       | 70          | 72                     | 67  | 98  |
| Capitatumverkürzung + Span | 6 | 76                       | 70          | 63                     | 68  | 97  |
| Graner                     | 2 | 82                       | 95          | 54                     | 51  | 100 |
| Radiusverkürzung           | 1 | 74                       | 82          | 86                     | 77  | 100 |

Tabelle 30: Vergleich der Operationsmethoden im Stadium II + IIIA (Kraft und ROM)

| Methode                    | n | VAS NU | DASH  | Mayo-Wrist-Score | Krimmer-Score |
|----------------------------|---|--------|-------|------------------|---------------|
| Capitatumverkürzung        | 8 | 29±32  | 24±25 | 52±26            | 65±25         |
| Capitatumverkürzung + Span | 6 | 16±5   | 8±6   | 65±7             | 83±16         |
| Graner                     | 2 | 0±0    | 7±9   | 73±4             | 83±4          |
| Radiusverkürzung           | 1 | 20     | 1     | 70               | 90            |

Tabelle 31: Vergleich der Operationsmethoden im Stadium II + IIIA (VAS und Scores)

Aus den Tabellen geht hervor, dass die Messdaten der Kraft als auch des Bewegungsumfanges bei der Methode der Capitatumverkürzung ohne oder mit Knochenspan ein durchaus sehr zufriedenstellendes Ergebnis darstellen. Im DASH erzielen beide ein gutes Ergebnis und die Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung werden als gering (Capitatumverkürzung + Span) bis mäßig (Capitatumverkürzung) eingestuft. Beim Mayo-Wrist- bzw. Krimmer-Score schneidet die Capitatumverkürzung mit Span im Vergleich zur Capitatumverkürzung ohne Span besser ab. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Verfahren ist nicht zu verzeichnen. Die etwas schlechteren Ergebnisse für die Capitatumverkürzung ohne Span bei der VAS und im DASH sind durch „Ausreißer“-Werte zweier Patienten bedingt, die somit die gesamte Gruppe bei dieser geringen Fallzahl beeinflussen. Nimmt man diese Patienten aus

der Berechnung heraus, würde die Capitatumverkürzung neben der Radiusverkürzung sehr gute, sogar beste Langzeitresultate erzielen.

Die Radiusverkürzung erzielt sowohl bei der Kraft als auch beim Bewegungsumfang sowie beim DASH und Krimmer-Score sehr gute bis beste Ergebnisse. Zu erklären ist dies durch das Verfahren selbst, denn es wird lediglich der Radius bei vorliegender Ulnarvarianz gekürzt und somit der Druck auf das Lunatum vermindert. Das karpale Gefüge selbst bzw. die Handwurzelknochen sind bei dieser Methode völlig unberührt, das heißt das Bewegungsausmaß und die Kraft im Handgelenk sollten nahezu uneingeschränkt bleiben, während der Schmerz reduziert wird.

Auffallend ist die bereits eingangs erwähnte Bewegungseinschränkung auf fast 50% sowohl in der Extension/Flexion als auch der Ulnar/Radialabduktion, die die Operation nach Graner mit sich bringt. Dafür bleibt die Kraft im Handgelenk nahezu erhalten. Bei annähernd gleich guten restlichen Ergebnissen im Vergleich zu den anderen Verfahren stellt sich natürlich die Frage, ob diese Methode bei deutlich zu erwartender Bewegungseinschränkung und ansonsten gleichwertiger Schmerzreduktion und Kraft dennoch empfohlen werden kann.

Bei den Patienten mit den „Ausreißer“-Werten in der Gruppe der Capitatumverkürzung gibt eine Patientin ihren Zustand als unverändert an. Trotzdem würde sie die Operation erneut durchführen lassen. Gründe hierfür sind eine mäßige Schmerzreduktion (VAS: 85 → 65) und Besserung in der Funktion bei allerdings deutlich reduzierter Kraft (17%) und vermindertem Bewegungsumfang (E/F 45%, U/R 36%, S/P 88%). Auch die Ergebnisse des Mayo-Wrist-Score (10), des Krimmer-Score (30) und des DASH (68) sind nicht zufriedenstellend. Für dieses schlechte Langzeitresultat war weder klinisch noch radiologisch ein Anhaltspunkt zu finden. Der zweite Patient würde einer erneuten Operation nicht mehr zustimmen, da der Zustand unverändert geblieben ist und auch eine Schmerzreduktion nicht stattgefunden hat. Kraft und Bewegungsumfang sowie ein Kontrollröntgenbild konnten zur Objektivierung leider nicht erhoben werden, da der Patient eine Nachuntersuchung im Rahmen der Studie ablehnte und sich lediglich für die postalische Beantwortung der Fragebögen bereit erklärte. Ein anderer Patient mit Capitatumverkürzung würde zwar der Operation nochmals zustimmen, gibt aber seinen Zustand als verschlechtert an und ist mit dem Zustand unzufrieden, obwohl eine deutliche Schmerzreduktion (VAS: 65 → 15) stattgefunden hat. Auch bei diesem Patienten konnte der Zustand und die Funktion mittels der

Nachuntersuchung aufgrund der langen Anfahrtsreise nicht objektiviert werden. Ein weiterer Patient, diesmal aus der Gruppe „Operation nach Graner“, beurteilte seinen Zustand mit „unverändert“ bei nicht vorhandener Schmerzsymptomatik (VAS: 65 → 0), guter Kraft (77%/89%) und Bewegungsumfang (E/F 71%, R/U 57%, P/S 100%). Die Ergebnisse des Mayo-Wrist-Score (75) bzw. Krimmer-Score (85) sowie des DASH (0) liefern gute, sogar sehr gute Ergebnisse, sodass die subjektive Einschätzung objektiv nicht nachvollzogen werden kann. Die restlichen Studienteilnehmer sind mit dem postoperativen Verlauf sowie Ergebnis voll zufrieden und würden die Operation jederzeit wiederholen.

### Radiologische Daten

In der Auswertung der Röntgenbilder zeigte sich bei fast allen Patienten eine Stagnation der Erkrankung. In einem Fall der Capitatumverkürzung kam es sogar zu einer Erholung des Os lunatum, sodass sich das ursprüngliche Stadium II zu einem Stadium I verbessert hatte. Im präoperativen Röntgenbild lässt sich eine diffuse Sklerosierung des Mondbeins erkennen, in der postoperativen Aufnahme dagegen erscheint dieses vollkommen unauffällig (s. Abb. 39). Die Entlastung und damit der Erfolg der Operation ließ sich in der MRT-Kontrollaufnahme bestätigen: präoperativ stellte sich das Mondbein proximal bereits nekrotisch dar, zwei Jahre nach der Operation finden sich hierfür keine Anzeichen mehr (s. Abb. 40). Auch 14 Jahre postoperativ gibt der Studienteilnehmer in der Nachuntersuchung keinerlei Schmerzen an (VAS 80 → 0) und der DASH mit 0 Punkten liefert ein sehr gutes Ergebnis.

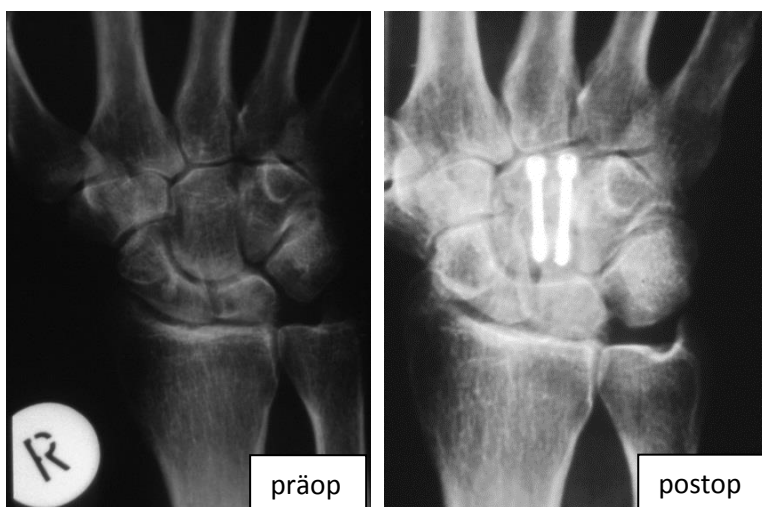


Abbildung 39: Röntgenverlauf Capitatumverkürzung (H.W. \*04.04.1939)

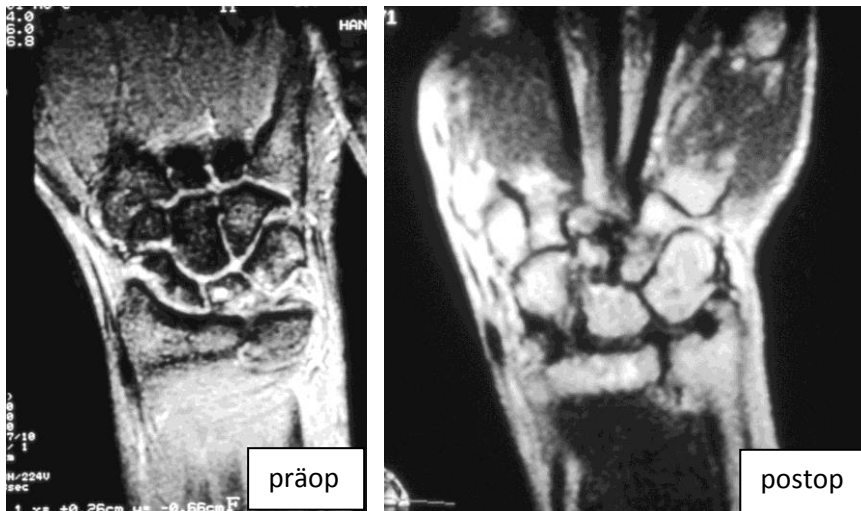


Abbildung 40: MRT-Verlauf Capitatumverkürzung (H.W. \*04.04.1939)

Bei einer anderen Patientin mit Capitatumverkürzung dagegen kam es zu einer Zunahme der Arthrose von Grad 1 auf Grad 2, während sich das Mondbein dagegen aber als stabil und konsolidiert darstellte (s. Abb. 41). Die Zunahme der Arthrose könnte als ein möglicher Grund für das im Vergleich zu den anderen Patienten schlechtere Abschneiden bei der VAS (55 → 60) und im DASH (48) angesehen werden. Denn die Kraftmessung, bei der 100% der Gegenseite erreicht wurden, und auch der Bewegungsumfang (E/F 74%, R/U 72%, P/S 100%) ergaben zufriedenstellende Werte in der Nachuntersuchung vier Jahre postoperativ. Zudem ist im Verlaufsrontgenbild deutlich zu erkennen, dass nur noch eine Herbertschraube eingebracht ist, die außerdem auch noch deutlich nach distal disloziert ist. Dies könnte auch als ein möglicher Grund für das schlechte Ergebnis im DASH bzw. VAS angesehen werden. Über den Verbleib der zweiten Schraube liegt keine Information vor.

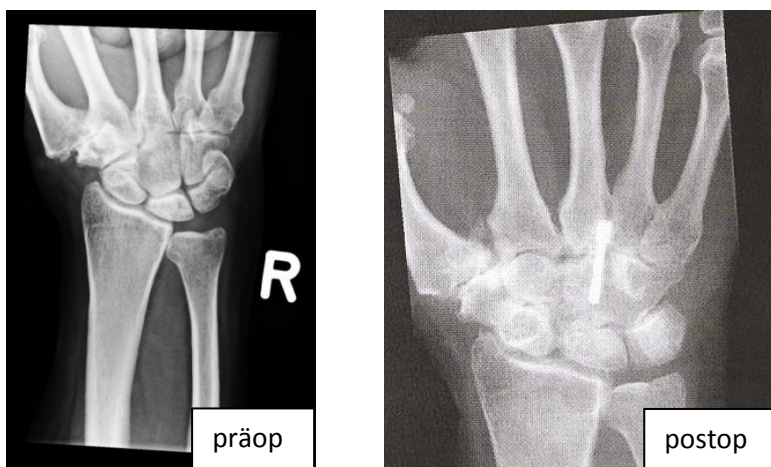


Abbildung 41: Röntgenverlauf Capitatumverkürzung (Arthrosegradzunahme) (I.V. \*21.04.1943)

In einem Fall der Capitulatverkürzung kombiniert mit Einbringung eines vaskularisierten Knochenspans musste sowohl eine Zunahme der Lunatumnekrose von Stadium IIIA auf Stadium IIIB als auch eine Zunahme der Arthrose (Grad 1 → 3) verzeichnet werden (vgl. Abb. 42). Im präoperativen Röntgenbild ist bereits eine Frakturierung des Os lunatum ersichtlich, wobei die Höhe noch unbeeinträchtigt ist. In der postoperativen Aufnahme dagegen (sieben Jahre nach Capitulatverkürzung) ist es durch die lunärer Sinterung zu einem Höhenverlust gekommen. Zudem lässt sich deutlich das sogenannte „Ringzeichen“, das durch die fixierte Flexionsstellung des Scaphoids zustande kommt, ausmachen. Ferner sind typische Arthrosezeichen wie Gelenkspaltverschmälerung bis hin zur Aufhebung, Osteophyten sowie Pseudozysten in der Vergößerung erkennbar, was die Diagnose einer Arthrose im Stadium 3 erlaubt. Dennoch ist der Patient mit dem Zustand sehr zufrieden, er ist nahezu beschwerdefrei (VAS 80 → 15) mit einem guten Ergebnis im DASH (18 Punkte) und gibt seine Handfunktion als gebessert an.



Abbildung 42: Röntgenverlauf Capitulatverkürzung mit Span (P.L. \*05.02 1960)

Die übrigen Studienteilnehmer wiesen einen unveränderten und stabilen röntgenologischen Status auf. Das Mondbein stellte sich unverändert dar, ein Voranschreiten der Nekrose konnte verhindert werden. Bei den Patienten mit Operation nach Graner konnte eine postoperative Beurteilung des Stadiums und des Mondbeins freilich nicht vorgenommen werden, da bei diesem Verfahren das Lunatum entfernt wurde.



Bei einem Patienten mit Operation nach Graner ist es als Komplikation zu einer Pseudarthrose des proximalen Capitatumpols gekommen (s. Abb. 43). Dies beschrieb auch Ehall 1989 in „Intercarpale Pseudarthrose als Komplikation der Granerschen Operation“ [16]. Dennoch ist der Patient 13 Jahre nach der Operation immer noch sehr zufrieden und weist keinerlei Schmerzen auf. Der funktionelle Status lieferte ein überraschend gutes Ergebnis (siehe auch Kasuistik, Patient 3).



- VAS: 65 → 0
- DASH: 0 → sehr gutes Ergebnis
- Mayo-Wrist-Score: 70 → befriedigendes Ergebnis
- Krimmer-Score: 80 → gutes Ergebnis
- Kraft zur Gegenseite: 77%
- ROM zur Gegenseite: E/F 71%, R/U 57%, P/S 100%

Abb. 43: Röntgenkontrolle Op nach Graner (J.P. \*22.12.1949)

Der Stahl-Index, der eine lunäre Höhenminderung aufzeigt, wies bei allen Verfahren keine signifikante Veränderung zwischen dem präoperativen Zustand und dem Zeitpunkt der Nachuntersuchung auf. Er war aber sowohl bei der Capitatum- als auch Radiusverkürzung postoperativ etwas verbessert, allerdings im Vergleich zum Normwert ( $0,53 \pm 0,03$ ) immer noch vermindert. Ebenso war der Index nach Natrass für die karpale Höhe bereits präoperativ bei allen Verfahren etwas vermindert und demnach gegenüber der Norm ( $1,57 \pm 0,05$ ) reduziert. Bei der Operation nach Graner konnte zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung der Stahl-Index sowie der Natrass-Index nicht bestimmt werden, da das Verfahren eine Resektion des Lunatums beinhaltet. Da die Capitulumverkürzung eine Minderung der Capitulumlänge zur Folge hat, ist auch hier der Vergleich des prä- und postoperativen Natrass-Indexes nicht möglich. Die Radiusverkürzung wies fast annähernd Normwerte sowohl beim Stahl- als auch beim Natrass-Index auf.

Für die karpalen Winkel ergaben sich keine Veränderungen. Alle Messwerte lagen im Normbereich, so dass auch lange nach der Operation (im Mittel acht Jahre) von einem stabilen karpalen Gefüge auszugehen ist.

Insgesamt betrachtet schneiden beide Verfahren im Langzeitverlauf positiv ab. Allerdings lässt sich kein deutlicher Unterschied zwischen Capitatumverkürzung ohne bzw. mit Span ausmachen, den man sich theoretisch durch die zusätzliche Einbringung eines vaskularisierten Knochenspanns durchaus erwartet hätte. Im Gegenteil, gerade bei der Capitatumverkürzung ohne Span kam es zu einer Stadienverbesserung der Lunatumnekrose, so dass der Mehraufwand bei einer Operation mit einem gefäßgestielten Knochenspan im Vergleich zu den postoperativen Langzeitresultaten durchaus zu überdenken ist. Die Patienten mit Operation nach Graner zeigen die erwartete Einschränkung im Bewegungsumfang sowie das Auftreten einer Pseudarthrose als mögliche Komplikation dieses Verfahrens. So muss letztendlich vergleichend abgewägt werden, ob die Granersche Methode mit genannten Nachteilen, aber ansonsten gleich guten Ergebnissen angewendet werden soll. Die Radiusverkürzung liefert bei vorhandener Ulnarminusvarianz ein durchaus positives und überzeugendes Langzeitresultat.

### **Literarischer Vergleich**

Gay und Mitarbeiter (2009) beobachteten im Rahmen ihrer Studie mit 11 Patienten, dass 67,4 Monaten nach Capitatumverkürzung im Stadium I bis IIIA alle Patienten annähernd beschwerdefrei (VAS 17) waren und gute funktionelle Ergebnisse aufwiesen. Es konnten keine Veränderung im Bewegungsumfang und beim Stahl- bzw. Youm-Index nachgewiesen werden. Komplikationen traten nicht auf. [20]

Rabarin und Mitarbeiter (2010) konnten auch in ihrer Studie mit 12 Patienten, die im Stadium II und IIIA eine Capitatumverkürzung erhalten hatten, gute Ergebnisse bei einem Nachuntersuchungsintervall von 65,8 Monaten verzeichnen. Alle Teilnehmer bejahten eine Schmerzreduktion. Bewegungsumfang und funktionelle Ergebnisse zeigten gute Ergebnisse. Die Vaskularisation des Lunatums verbesserte sich in allen Fällen. [56]

Waitayawinyu und Mitarbeiter (2008) untersuchten die Langzeitergebnisse von 14 Patienten, die zwischen 1996 und 2004 eine Capitatumverkürzung in Kombination mit einem vaskularisierten Knochenspan erhalten hatten. Dieses Verfahren wurde im Stadium II oder IIIA bei Ulnarplus- oder Ulnarminusvarianz angewandt. Die Nachuntersuchung fand nach 26 bis 65 Monaten statt und lieferte gute Ergebnisse beim Bewegungsumfang und der Patientenzufriedenheit. Ebenso konnte eine Kraftsteigerung von 58% auf 78% der

Gegenseite erzielt werden. [70]

Braun und Mitarbeiter (1988) zeigten, dass bei den in der Studie nach zwei Jahren nachuntersuchten Patienten, die mit einer Op nach Graner behandelt worden waren, alle beschwerdefrei waren, aber dass auch eine deutliche Einschränkung der Extension sowie eine Kraftminderung von 20% vorlagen. [8]

Ehall und Mitarbeiter (1990) veröffentlichten die Ergebnisse von 25 Patienten, die eine Operation nach Graner erhalten hatten. Davon waren 24 Studienteilnehmer subjektiv zufrieden, lediglich eine Patientin blieb berufsunfähig. Allerdings betrug die Bewegungseinschränkung auch bei dieser Nachuntersuchung durchschnittlich 50%. [15, 16, 17]

### **6.1.2 Behandlung im Stadium IIIB**

Im Stadium IIIB erhielten zwei Patienten eine Operation nach Graner und ein Patient eine Radiusverkürzung mit zusätzlicher Einbringung eines vaskularisierten Knochenspans ins Os lunatum. Die Radiusverkürzung dient vor allem bei Ulnarminuvarianz dem Zweck der intraossären Druckminderung des Lunatums, insbesondere der Fossa lunata, und damit der besseren venösen Drainage. Durch die Kombination des Verfahrens mit Einbringung eines vaskularisierten Spans soll zusätzlich die Möglichkeit der Revaskularisation des Lunatum erhöht und verbessert werden. Ziel der Operation nach Graner ist, nach Entfernung des nekrotisierten Lunatums, die Wiederherstellung der proximalen Handwurzelreihe inklusive der radiokarpalen Gelenkfläche. Aufgrund der anschließend durchgeführten Arthrodesen der Handwurzelknochen wird allerdings eine vermehrte Bewegungseinschränkung beobachtet. Problematisch bei diesem Verfahren ist auch die Gefahr einer interkarpalen Pseudarthrose bei unzureichender Ossifikation: Durch die Osteotomie des Capitatums und Einbringung von Spongiosa zwischen proximalen und distalen Pol ist die Vaskularisation des proximalen Capitatumpols gefährdet, falls keine adäquate Knochenheilung mit Gefäßausprossung stattfindet, denn das Capitatum wird von distalen Gefäßen versorgt und durchblutet.

## Handfunktion

| Methode                        | n | Kraft [% zur Gegenseite] |             | ROM [% zur Gegenseite] |     |     |
|--------------------------------|---|--------------------------|-------------|------------------------|-----|-----|
|                                |   | Dynamometer              | Vigorimeter | E/F                    | U/R | P/S |
| <b>Graner</b>                  | 2 | 73                       | 86          | 87                     | 93  | 99  |
| <b>Radiusverkürzung + Span</b> | 1 | 82                       | 75          | 100                    | 86  | 94  |

Tabelle 32: Vergleich der Operationsmethoden im Stadium IIIB (Kraft und ROM)

| Methode                        | n | VAS NU | DASH  | Mayo-Wrist-Score | Krimmer-Score |
|--------------------------------|---|--------|-------|------------------|---------------|
| <b>Graner</b>                  | 2 | 25±21  | 21±25 | 73±4             | 85±21         |
| <b>Radiusverkürzung + Span</b> | 1 | 20     | 2     | 90               | 100           |

Tabelle 33: Vergleich der Operationsmethoden im Stadium IIIB (VAS und Scores)

Auch im Stadium IIIB erzielte die Radiusverkürzung kombiniert mit einem vaskularisierten Knochenspan sehr gute Ergebnisse sowohl in der Kraft und Bewegungsmessung als auch beim Mayo-Wrist- bzw. Krimmer-Score sowie im DASH und bei der VAS. Die Operation nach Graner wies in diesem Stadium fast annähernd gleich gute Resultate auf. Die eingangs beschriebene Einschränkung des Bewegungsumfangs, die dieses Verfahren oft zur Folge hat, konnte bei diesen zwei Patienten in der Nachuntersuchung nicht bestätigt werden. Positiv zu vermerken ist, dass auch in diesem Spätstadium der Erkrankung alle Patienten mit dem Langzeitverlauf voll zufrieden sind, ihren Zustand der Handfunktion und Schmerzsymptomatik als verbessert angeben und die jeweilige Operationsmethode aus heutiger Sicht jederzeit wieder durchführen lassen würden.

## Radiologische Daten

In der Auswertung der Röntgenbilder zeigte sich eine Stagnation sowohl des Erkrankungsstadiums als auch des Arthrosegrades. Bei den Patienten mit Operation nach Graner konnte wiederum eine postoperative Beurteilung des Stadiums und des Mondbeins freilich nicht vorgenommen werden, da bei diesem Verfahren das Lunatum entfernt wurde.

Ebenso waren eine Bestimmung sowie der prä- und postoperative Vergleich der Werte des Stahl- bzw. Natrass-Index bei der Operation nach Graner nicht sinnvoll, da das Verfahren eine Resektion des Lunatums beinhaltet. Die Radiusverkürzung wies zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung annähernd Normwerte sowohl beim Stahl- als auch beim Natrass-Index auf. Eine präoperative Röntgenaufnahme lag leider nicht mehr vor.

Für die karpalen Winkel ergaben sich keine Veränderungen bei den jeweiligen Operationsmethoden. Alle Messwerte lagen im Normbereich, so dass auch lange nach der Operation von einem stabilen karpalen Gefüge auszugehen ist.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Röntgenverlauf zweier Patienten, die jeweils eine Operation nach Graner erhalten hatten. Der Ausgangsbefund ist der einer Lunatumnekrose im Stadium IIIB: Das Mondbein erscheint zusammengesintert und in der Höhe vermindert, das Ringzeichen ist ebenfalls auszumachen. In der Nachuntersuchung stellt sich die Osteosynthese 14 bzw. 22 Jahre postoperativ als konsolidiert dar. Es ist keine Zunahme von Arthrosezeichen zu vermerken. Auch das klinische Bild und der subjektive Eindruck der Patienten decken sich mit dem radiologischen Befund: deutliche Schmerzreduktion in der VAS, befriedigende bis sehr gute Ergebnisse in den Handfunktionsscores und im DASH sowie zufriedenstellende Werte im Bewegungsumfang und bei der groben Kraft.



Abbildung 44: Röntgenverlauf Op nach Graner (oben: W.H. \*15.02.1969, unten: C.W. \*26.01.1959)

W.H. \*15.02.1969

- VAS: 55 → 10
- DASH: 3 → sehr gutes Ergebnis
- Mayo-Wrist-Score: 70 → befriedigendes Ergebnis
- Krimmer-Score: 100 → sehr gutes Ergebnis
- Kraft zur Gegenseite: 79%
- ROM zur Gegenseite: E/F 74%, R/U 86%, P/S 97%

C.W. \* 26.01.1959

- VAS: 80 → 40
- DASH: 38 → befriedigendes Ergebnis
- Mayo-Wrist-Score: 75 → befriedigendes Ergebnis
- Krimmer-Score: 70 → befriedigendes Ergebnis
- Kraft zur Gegenseite: 93%
- ROM zur Gegenseite: E/F 100%, R/U 100%, P/S 100%

Auch im Spätstadium IIIB der Lunatumnekrose führt eine Radiusverkürzung bei vorliegender Ulnaminusvarianz zu einem durchaus sehr zufrieden stellenden Ergebnis. Inwieweit die Einbringung eines vaskularisierten Knochenspans ins Mondbein einen zusätzlichen positiven Einfluss auf die Lunatumnekrose hat, kann leider in dieser Studie nicht geklärt werden. Fakt ist aber, dass sich röntgenologisch das Os lunatum acht Jahre postoperativ stabilisiert hat und das Voranschreiten der Erkrankung verhindert werden konnte (s. Abb. 45).



C.W. \*17.06.1979

- VAS: 60 → 20
- DASH: 2 → sehr gutes Ergebnis
- Mayo-Wrist-Score: 90 → gutes Ergebnis
- Krimmer-Score: 100 → sehr gutes Ergebnis
- Kraft zur Gegenseite: 82%
- ROM zur Gegenseite: E/F 100%, R/U 86%, P/S 94%

Abb. 45: Röntgenkontrolle Radiusverkürzung (C.W. \*17.06.1979)

Betrachtet man vergleichend die Ergebnisse der Operation nach Graner bzw. die der Radiusverkürzung im Stadium II/IIIA und Stadium IIIB, so lässt sich bei Kraft, DASH und Handfunktionsscores kein signifikanter Unterschied ausmachen. Alle Patienten erreichen gute und zufriedenstellende Punkte in beiden Stadien. Lediglich beim Bewegungsumfang erreichen die Patienten mit Op nach Graner im Stadium IIIB signifikant bessere Werte.

### **Literarischer Vergleich**

Die Radiusverkürzungsosteotomie ist eine bewährte Operationsmethode bei Ulnarminuvarianz.

So zeigten Takahara und Mitarbeiter (2009) mit ihrer Langzeitstudie, dass bei diesem Verfahren eine hohe Patientenzufriedenheit vorlag, die auch durch die guten bis sehr guten Ergebnisse in Kraft, Bewegung und im Mayo-Wrist-Score sowie im DASH objektiviert werden konnten. Eine Radiusverkürzung wurde bis Stadium IIIB durchgeführt und als Option empfohlen. [66]

Auch Iwasaki mit Mitarbeiter (2002) erzielten befriedigende funktionelle Ergebnisse, sogar für die Spätstadien IIIB und IV [31].

Amillo und Mitarbeiter (1993) fanden heraus, dass eine Radiusverkürzung im Stadium II und III helfen kann, den lunären Kollaps zu verhindern und zu guten funktionellen Ergebnissen sowie einer Reduktion der Schmerzen führt [3].

Diese guten Langzeitresultate finden sich in den Arbeiten von Koh und Mitarbeiter (2003) sowie Rock mit Mitarbeiter (1991) und Weiss mit Mitarbeiter (1991) bestätigt [37, 57, 73].

### **6.1.3 Behandlung im Stadium IV**

Im letzten Spätstadium der Lunatumnekrose, in dem es schon zu einer kompletten Fragmentation und Sinterung des Mondbeins gekommen ist, wurde bei zwei Patienten eine PRC, eine Entfernung der proximalen Handwurzelreihe, vorgenommen. Dies ist allerdings nur dann sinnvoll, wenn die Fossa lunata und der proximale Capitatumpol eine noch ausreichende Knorpelbedeckung aufweisen. Ziel dieser sogenannten Rettungsoperation ist

eine Reduktion der Schmerzsymptomatik und ein bestmöglicher Erhalt der Handgelenksfunktion.

Ein Studienteilnehmer erhielt eine Operation nach Graner. Dieser erzielte nur unbefriedigende funktionelle Ergebnisse in Bewegungsausmaß und Griffstärke sowie den Handbewertungs-Scores, was aber primär eher auf seine angeborene Spastik zurückzuführen ist. Aufgrund seiner Sonderrolle ist eine Einbeziehung in die Studie nicht sinnvoll.

### Handfunktion

| Methode | n | Kraft [% zur Gegenseite] |             | ROM [% zur Gegenseite] |     |     |
|---------|---|--------------------------|-------------|------------------------|-----|-----|
|         |   | Dynamometer              | Vigorimeter | E/F                    | U/R | P/S |
| PRC     | 2 | 77                       | 70          | 53                     | 51  | 96  |

Tabelle 34: Vergleich der Operationsmethoden im Stadium IV (Kraft und ROM)

| Methode | n | VAS NU | DASH | Mayo-Wrist-Score | Krimmer-Score |
|---------|---|--------|------|------------------|---------------|
| PRC     | 2 | 30±42  | 17±8 | 58±11            | 75±14         |

Tabelle 35: Vergleich der Operationsmethoden im Stadium IV (VAS und Scores)

Die Patienten mit PRC haben einen erwartungsgemäß reduzierten Bewegungsumfang, bei dennoch guter Kraft. Das Ausmaß der Schmerzen konnte sogar bei einem Patienten in der VAS von 75 auf 0 gesenkt werden. Auch die Funktionalität im Alltag erzielte gute und zufriedenstellende Ergebnisse, trotz der doch erheblichen Veränderung der natürlichen Anatomie des Handgelenks. Beide Patienten beschreiben ihren Zustand als gebessert, sind mit dem Ergebnis voll zufrieden werden und würden diese Operation jederzeit wiederholen.

### Radiologische Daten

Da bei der PRC alle proximalen Handwurzelknochen entfernt werden, erübrigt sich eine postoperative Beurteilung des Mondbeins und somit eine Stadienbestimmung. Präoperative Röntgenbilder lagen in beiden Fällen nicht vor. Allerdings zeigte sich in der postoperativen Aufnahme zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (fünf bzw. sieben Jahre nach Operation) eine Arthrose zwischen Radius und Capitatum (s. Abb. 46). Dies ist auch nicht anders zu erwarten, da beide Gelenkflächen nicht völlig kongruent zueinander sind. Demnach ist das Auftreten oder sogar Zunehmen der Arthrose zwischen diesen beiden Knochen als zu erwartende Langzeitfolge an zu sehen.



Eine Bestimmung des Stahl- bzw. Natrass-Index war nicht möglich, ebenso wie eine Erhebung der Winkel.

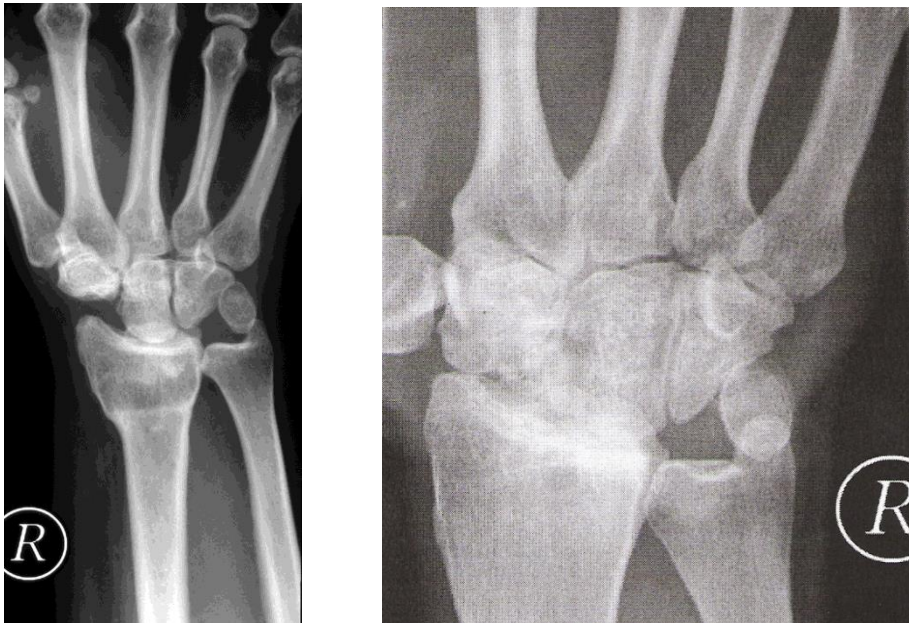


Abbildung 46: Röntgenkontrolle PRC (rechts: M.G. \*22.04.1971, links: C.F. \*01.04.1971)

M.G. \*22.04.1971

- VAS: 65 → 60
- DASH: 23 → gutes Ergebnis
- Mayo-Wrist-Score: 50 → schlechtes Ergebnis
- Krimmer-Score: 65 → befriedigendes Ergebnis
- Kraft zur Gegenseite: 69%
- ROM zur Gegenseite: E/F 59%, R/U 57%, P/S 97%

C.F. \*01.04.1971

- VAS: 75 → 0
- DASH: 11 → gutes Ergebnis
- Mayo-Wrist-Score: 65 → befriedigendes Ergebnis
- Krimmer-Score: 85 → gutes Ergebnis
- Kraft zur Gegenseite: 93%
- ROM zur Gegenseite: E/F 46%, R/U 44%, P/S 94%

## **Literarischer Vergleich**

Für die PRC beschrieben die meisten Autoren in der Literatur zufrieden stellende Ergebnisse, wie sie auch in dieser Studie auftraten [2, 12, 28, 29, 30, 52].

Streich, Martini und Daecke (2003) erhoben bei 17 Patienten, die zwischen 1991 und 1999 eine PRC erhalten hatten, die subjektiven und objektiv funktionellen Parameter. Die Nachuntersuchung, die nach etwa 65 Monaten erfolgte, ergab eine signifikante Verbesserung des Bewegungsumfangs. Eine Verbesserung der subjektiven Beschwerden konnte ebenso nachgewiesen werden. [65]

Luchetti und Mitarbeiter (1998) beobachteten, dass 20 Monate nach der Operation alle Patienten zufrieden mit dem Zustand waren und 7 von 9 Patienten komplette Schmerzfreiheit angaben. Ebenso konnte eine Zunahme der Kraft verzeichnet werden. [46]

Ebenso konnten Tomaino und Mitarbeiter (1994) bei ihrem Patientenkollektiv ein vergleichbares Ergebnis vorweisen. E/F betragen 61% der Gegenseite und die Griffstärke 79% der gesunden Hand. [67]

## **6.2 Diskrepanz**

### **Patientenzahlen**

Wie bereits erwähnt, lassen sich nur diejenigen Operationsmethoden mit ausreichend hoher Fallzahl statistisch sinnvoll vergleichen. Betrachtet man das gesamte Patientengut (vgl. Abbildung 32), so ist die Operation nach Graner das am häufigsten angewandte Verfahren. Demgegenüber steht die zahlenmäßig geringe Nachuntersuchungsrate. Als ein Hauptgrund muss das längere Nachuntersuchungsintervall bei dieser Operationsmethodik angeführt werden, so dass daher die Follow-up Rate aufgrund der erschwerten Patientenerreichbarkeit verständlicherweise sinkt. Die Operation nach Graner wurde überwiegend im Zeitraum von 1987-1996 (75%, n=18), die Capitatumverkürzung mit Einbringung eines vaskularisierten Knochenspans ab 1997 bis vornehmlich 2002 (91%, n=10) und die alleinige Capitatumverkürzung vor allem zwischen 1997 und 2008 (70%, n=18) durchgeführt. Anhand dieser Verteilung lässt sich bereits unsere Präferenz des Verfahrens für die künftige Therapieempfehlung ableiten (siehe 6.3).

### **Zufriedenheit**

Zwei der Studienteilnehmer, jeweils ein Patient mit Capitatumverkürzung im Stadium IIA und ein Patient mit Ulnaverkürzung kombiniert mit der Operation nach Graner, würden aus heutiger Sicht die Operation nicht mehr durchführen lassen (s. Tabelle 10). Der Patient, der eine Capitatumverkürzung erhalten hat, würde einer erneuten Operation nicht mehr zustimmen, da subjektiv der Zustand unverändert geblieben ist und auch eine Schmerzreduktion nicht stattgefunden hat. Kraft und Bewegungsumfang sowie ein Kontrollröntgenbild konnten zur Objektivierung leider nicht erhoben werden, da der Patient eine Nachuntersuchung im Rahmen der Studie ablehnte und sich lediglich für die postalische Beantwortung der Fragebögen bereit erklärte. Der Studienteilnehmer mit Ulnaverkürzung in Kombination mit der Operation nach Graner beschreibt seinen Zustand und Handfunktion in den Fragebögen als gebessert, ist mittelmäßig zufrieden und erzielte auch bei der Kraft- und Bewegungsumfangsmessung sowie den Handfunktionsscores durchaus befriedigende Werte. Insgesamt erzielte dieser im Vergleich präoperativer zum aktuellen Zustand postoperativ eine höhere Punktzahl. Dem gegenüber steht die ablehnende Haltung gegenüber einer erneuten Operation, was allerdings nicht nachvollzogen werden konnte aufgrund der eindeutig subjektiv und objektiv gebesserten Situation. Daher ist vielmehr davon auszugehen, dass die Erwartungshaltung gegenüber dem operativen Erfolg auf Patientenseite höher lag und ein noch deutlich besseres Ergebnis gewünscht war.

Andererseits geht aus der Tabelle 11 hervor, dass zwei Patienten mit Capitatumverkürzung einer Operation erneut zustimmen würden, obwohl sie mit ihrem Zustand der Handfunktion zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nicht zufrieden sind und einer sogar arbeitsunfähig ist. Dieser würde sich trotz mäßiger Schmerzreduktion (VAS: 85 → 65), einem geringen Wert bei der Kraftmessung (17% der Gegenseite) und mäßigen Ergebnissen im Bewegungsumfang (E/F 45%, R/U 36%, P/S 88%) nochmals einer Operation unterziehen. Der Zustand wird als gleichgeblieben beschrieben. Die Erwartungshaltung gegenüber dem Operationserfolg muss dementsprechend niedrig gewesen sein, so dass schon eine leichte Schmerzverminderung und ein Nicht-Voranschreiten der Erkrankung bzw. keine Verschlechterung des Zustandes als positiv gewertet wird. Der andere Studienteilnehmer gibt seinen Zustand als verschlechtert an und ist mit dem Zustand unzufrieden, obwohl eine deutliche Schmerzreduktion (VAS: 65 → 15) stattgefunden hat. Bei diesem Patienten konnte leider der Zustand und die Funktion mittels der Nachuntersuchung aufgrund der langen Anfahrtsreise nicht objektiviert werden.

Diese deutliche Verringerung der Schmerzen reicht aber dem Patienten anscheinend aus, so dass auch er die Operation der Capitatumverkürzung nicht bereut und jederzeit wieder durchführen lassen würde.

### **Kraft**

Bei der Messung der Kraft darf nicht außer Acht gelassen werden, dass Patienten, bei denen die nicht-dominante Hand betroffen war, auch ohne Erkrankung bereits eine Verminderung der Griffstärke der nicht-dominanten Seite gegenüber der dominanten aufgewiesen haben könnten. Deswegen muss berücksichtigt werden, dass bei zehn Patienten die von vornherein eher schwächere, nicht-dominante Hand erkrankt war und somit eine geringere Griffstärke gegenüber der gesunden dominanten Seite nur zu erwarten ist.

Für die teilweise doch gravierenden Unterschiede bei den Messergebnissen der Kraft mittels Dynamometer und Vigorimeter konnte keine eindeutige Erklärung gefunden werden. In der Gruppe, die höhere Werte beim Dynamometer erzielten (n=6), war der Frauen- und Männeranteil identisch. Bei der Hälfte der Patienten war die nicht dominante Seite erkrankt. Auch eine Aufschlüsselung nach den jeweiligen Operationsverfahren ließ keine Rückschlüsse ziehen. Dies gilt auch für die Gruppe, die höhere Werte beim Vigorimeter erreichten (n=10). Auch hier war das Geschlechterverhältnis identisch und die nicht dominante Hand war bei etwa 40% betroffen. Bei immerhin sieben Studienteilnehmern ließ sich keine große Differenz (>5%) zwischen beiden Messwerten ausmachen. Letztendlich muss diese Diskrepanz wohl auf die individuellen Begabungen der Patienten zurückgeführt werden. So ist davon aus zu gehen, dass es einigen Patienten leichter fällt, mehr Kraft beim kompletten Faustschluss (Vigorimeter) als beim angedeuteten Schluss der Finger, wie es beim Dynamometer der Fall ist, auf zu bringen – oder umgekehrt.

### **Handfunktionsscores**

Es wurden drei verschiedene Handgelenksbewertungsschamata im Rahmen dieser Studie verwendet und auch erhoben: Mayo-Wrist-Score, Cooney und Bussey-Score sowie Krimmer-Score. Allerdings wurde auf die Vorstellung der Ergebnisse des Cooney und Bussey-Score sowie des Krimmer-Score im Ergebnisteil verzichtet, sondern sich lediglich auf die Darstellung des Mayo-Wrist-Score beschränkt. Gründe hierfür sind die internationale Anerkennung sowie Verwendung und die somit gegebene Vergleichbarkeit der Ergebnisse

mit anderen Studien. Dennoch soll kurz auf die teils doch erheblichen Unterschiede in der Gesamtpunktzahl und damit letztlich der Ergebnisbeurteilung, die bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse auffallend waren, eingegangen werden. Mayo-Wrist-Score und Cooney und Bussey-Score ähneln sich sowohl im Inhalt als auch der Punktevergabe, sie besitzen sogar beide denselben Punkteschlüssel für die Beurteilung. Demnach sind keine gravierenden Unterschiede aufgetreten. Der Krimmer-Score zeigte aber dagegen im Vergleich vor allem zum Mayo-Wrist-Score in der Auswertung wesentlich höhere Punktzahlen und damit verbunden bessere Ergebnisse. Ein Grund hierfür ist der größere Maßstab für die Ergebniseinteilung, so wird zum Beispiel schon ab 81 Punkten ein sehr gutes Ergebnis erreicht, während dies beim Mayo-Wrist-Score oder Cooney und Bussey-Score erst ab 90 Punkten erzielt wird (s. Anhang). Ein weiterer Grund für das bessere Abschneiden ist die Beurteilung des Bewegungsumfangs: beim Krimmer-Score erfolgt die Punktevergabe nach der insgesamt erreichten Grad in Extension/Flexion und Ulnar-/Radialabduktion, demgegenüber steht die Punktevergabe nach Prozent zur Gegenseite bei den anderen beiden Scores (vgl. Anhang). Bei der Methode des Krimmer-Score konnten so teilweise mehr Punkte erreicht werden.

### **Korrelation zwischen radiologischem und klinischem Ergebnis**

Nicht selten stand ein gutes, bisweilen sehr gutes klinisches Ergebnis einem vermeintlich gleichgebliebenen radiologischen Befund gegenüber. Anhand des postoperativen Verlaufsrontgenbild konnten im Sinne der herkömmlichen radiologischen Parameter wie Stahl- bzw. Nattrass-Index und der Einteilungskriterien nach Lichtmann keine dem subjektiven und klinischen Status entsprechenden Veränderungen erhoben werden. Dies haben bereits Koh und Mitarbeiter 2003 in ihrer Langzeitstudie über die Radiusverkürzungsosteotomie feststellen müssen. Deshalb wurde ein neues Einteilungssystem, das sich auf Kriterien der Lunatuminnenstruktur wie zum Beispiel Sklerose- oder Fragmentationszeichen und zystische Veränderung stützt, vorgestellt. Dadurch konnte gezeigt werden, dass etwa 50% der Patienten mit vermeintlich gleichem radiologischen Befund auch eine deutliche Verbesserung im Röntgenbild aufwiesen. [37]

### **Winkel**

Bei der Operationsmethode der Capitatumverkürzung konnte ein Zusammenhang zwischen dem Behandlungserfolg und der Größe des Winkels von Scaphoid und Capitatum nicht eindeutig nachgewiesen werden. Es ergaben sich insgesamt Messwerte von 110° bis 130°. In eigenen wissenschaftlichen Untersuchungen an Armpräparaten zeigte sich hingegen ein Hinweis auf eine Korrelation des SC-Winkels zur postoperativen Druckentlastung auf das Scaphoid. Je flacher das Scaphoid zum Capitatum steht (je größer der Winkel) umso deutlicher war die postoperative Druckentlastung.

### **6.3 Resultat und Therapieempfehlung**

An dieser Stelle soll noch einmal auf die Besonderheit hingewiesen werden, dass sämtliche Eingriffe durch denselben Operateur vorgenommen wurden. Somit kann von einem gleichbleibenden operativen Standard und einer einheitlichen Prozessqualität der jeweiligen Verfahren ausgegangen werden. Die Einflussgröße „Operateur“ kann in dieser Studie demnach vernachlässigt werden.

### **Resultat**

Bei allen Operationsmethoden wurde in der visuellen Analogskala eine deutliche Schmerzreduktion im Vergleich zum präoperativen Zustand offensichtlich. Betrachtet man das gesamte nachuntersuchte Patientenkollektiv, so scheinen 93% der Patienten sowohl subjektiv als auch objektiv von der jeweiligen Operation unabhängig vom Stadium profitiert zu haben. Die Ergebnisse bei Bewegungsumfang, Griffstärke und Funktion waren im Schnitt im guten oder befriedigenden Bereich. Sehr schlechte Ergebnisse konnten in keinem der Fälle beobachtet werden. Eine signifikant im Langzeitverlauf besser abschneidende Operationsmethode konnte in keinem der jeweiligen Stadien ausgemacht werden.

### **Derzeitige Empfehlungen in der Literatur**

Die derzeitigen Empfehlungen in der Literatur zur stadiengerechten Therapie bei Lunatumnekrose sind in den nachfolgenden Tabellen aufgeführt.

| Varianz      | Stadium I                           | Stadium II                          | Stadium IIIA                 | Stadium IIIB                  | Stadium IV  |
|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------|
| <b>Minus</b> | Radiusverkürzung, Revaskularisation | Radiusverkürzung, Revaskularisation | Radiusverkürzung             | STT, PRC, Capitatumverkürzung | Arthrodesse |
| <b>Norm</b>  | Revaskularisation, Radiusverkürzung | Revaskularisation, Radiusverkürzung | Radiusverkürzung             | STT, PRC, Capitatumverkürzung | Arthrodesse |
| <b>Plus</b>  | STT, SC, Capitatumverkürzung        | STT, SC, Capitatumverkürzung        | STT, SC, Capitatumverkürzung | STT, PRC, Capitatumverkürzung | Arthrodesse |

Tabelle 36: Behandlung bei Morbus Kienböck (Green et al.) [24]

Die vom Autor (Green's operative hand surgery, 1982) präferierte Methode im Falle einer Ulnaminus bzw. -normvariante ist die der Radiusverkürzung für die Stadien I bis IIIA. Patienten mit einer Ulnaplusvarianz sollten in diesen Stadien der Lunatumnekrose eine STT- bzw. SC-Fusion oder eine Capitatumverkürzung erhalten. Jedes Verfahren kann zusätzlich mit einem vaskularisierten Knochenspan kombiniert werden. Im Spätstadium IV wird eine komplette Arthrodesse oder bei erhaltener Capitatum- und Radiusgelenkfläche eine PRC bevorzugt. [24]

| Varianz      | Stadium I      | Stadium II  | Stadium IIIA      | Stadium IIIB | Stadium IV       |
|--------------|----------------|---|-------------------|--------------|------------------|
| <b>Minus</b> | Immobilisation | Radiusverkürzung, Ulnaverlängerung, Revaskularisation | Revaskularisation | STT, PRC     | PRC, Arthrodesse |
| <b>Norm</b>  | Immobilisation | Revaskularisation, Radiusverkürzung                   | Revaskularisation | STT, PRC     | PRC, Arthrodesse |
| <b>Plus</b>  | Immobilisation | Revaskularisation                                     | Revaskularisation | STT, PRC     | PRC, Arthrodesse |

Tabelle 37: Behandlung bei Morbus Kienböck (Horch et al.) [27]

Horch und andere (2008) halten im Stadium I eine Immobilisation als Behandlung für durchaus sinnvoll. Erst ab Stadium II wird ein chirurgisches Vorgehen empfohlen: bei Ulnaminus- oder Ulnanormvarianz eine Radiusverkürzung, alternativ bei Ulnaminusvarianz eine Ulnaverlängerung. Revaskularisierende Verfahren empfehlen die Autoren für die Stadien II und IIIA, vor allem bei jungen Patienten. Die PRC wird in den Spätstadien IIIB und IV bevorzugt, falls die Gelenkflächen des Capitatus und der Fossa lunata des Radius noch erhalten sind. Eine STT-Fusion wird nur dann für sinnvoll erachtet, falls eine radiocarpale Arthrose nachgewiesen und eine Aufhebung der Flexionsstellung des Scaphoids erreicht werden kann. Die komplette Handgelenksarthrodesse sollte als letzte Option gewählt werden. Eine zusätzliche Handgelenksdenervation kann in jedem Stadium erfolgen. [27]

| <b>Varianz</b> | <b>Stadium I + II</b>                 | <b>Stadium III</b> | <b>Stadium IV</b>                |
|----------------|---------------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| <b>Minus</b>   | Radiusverkürzung,<br>Ulnaverlängerung | STT, SC, Graner    | Denervation, PRC,<br>Arthrodesse |
| <b>Norm</b>    | Revaskularisation                     | STT, SC, Graner    | Denervation, PRC,<br>Arthrodesse |
| <b>Plus</b>    | Revaskularisation                     | STT, SC, Graner    | Denervation, PRC,<br>Arthrodesse |

Tabelle 38: Behandlung bei Morbus Kienböck (Schuind et al.) [64]

Schuind und Mitarbeiter (2008) stimmen in ihrer Arbeit Amadio und Moran zu, dass eine chirurgische Intervention nur nach einer adäquaten Zeit der Immobilisation erfolgen sollte. Hierbei beschreiben sie im Stadium I und II die Radiusverkürzung als bevorzugte Methode beim Vorliegen einer Ulnaminusvarianz. Einer Ulnaverlängerung wird eher zurückhaltend gegenübergestellt, da einige Studien (u.a. Ducarmois und Trail) gezeigt haben, dass die Radiusverkürzung ein besseres Langzeitergebnis liefert als die Ulnaverlängerung, bei der zudem die Gefahr einer Pseudarthrose infolge einer inadäquaten Knochenheilung höher ist. Im Falle einer Ulnanorm- oder gar Ulnaplusvarianz wird eine lunäre Revaskularisierung angestrebt, gewöhnlich mittels eines vaskularisierten, dorsal-radialen Knochenspans. Im Stadium III stellt die Radiusverkürzung zwar dennoch eine Option dar, allerdings wird eine Wiederherstellung der carpalen Höhe mittels einer STT-Fusion präferiert. In letzter Zeit wird aber die alleinige Fusion von Scaphoid und Capitatum bevorzugt, da sie als technisch einfacheres Vorgehen empfunden wird. Ziele dieser intercarpalen Fusion sind eine Entlastung des Lunatums, der Erhalt der carpalen Höhe, das Verhindern einer Arthrose sowie das Abrutschen des Scaphoids in eine Flexionsstellung. Da diese Verfahren aber die Gefahr einer „nonunion“ in sich bergen und von einem deutlichen Verlust der Bewegungsfreiheit im Handgelenk und später vom gehäuften Auftreten einer Arthrose begleitet sind, wird nun die Operation nach Graner bevorzugt. Im Stadium IV sollte eine Denervation, eine komplette Handgelenksarthrodese oder bei erhaltener Caputatum- und Radiusgelenkfläche eine PRC vorgenommen werden. [64]



| Varianz      | Stadium I                   | Stadium II          | Stadium IIIA        | Stadium IIIB | Stadium IV  |
|--------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|--------------|-------------|
| <b>Minus</b> | Immobilisation (3-6 Monate) | Radiusverkürzung    | Radiusverkürzung    | STT, SC, PRC | Arthrodesse |
| <b>Plus</b>  | Immobilisation (3-6 Monate) | Capitatumverkürzung | Capitatumverkürzung | STT, SC, PRC | Arthrodesse |

Tabelle 39: Behandlung bei Morbus Kienböck (International meeting on Kienböck's disease)

Beim internationalen Kongress zur Kienböck'schen Krankheit, der im Mai 2009 in Wien stattgefunden hatte, wurde unter anderem oben aufgeführte Therapieempfehlung vorgestellt. Im Stadium I wird zunächst ein konservatives Vorgehen mittels Immobilisation für drei bis sechs Monate vorgezogen. Erst danach wird ein chirurgisch operatives Vorgehen veranschlagt. Im Stadium II und IIIA sollte bei Ulnaminusvarianz eine Radiusverkürzung vorgenommen werden, eine Capitatumverkürzung beim Vorliegen einer Ulnaplusvarianz. Im Stadium IIIB stehen sowohl die STT- bzw. SC-Fusion als auch die PRC als Mittel der Wahl zur Verfügung. Im Endstadium IV wird die Durchführung einer Arthrodesse bevorzugt.

#### Abgeleitete Empfehlungen aus dieser Studie

| Stadium        | Operationsmethode  |
|----------------|--|
| <b>II+IIIA</b> | Capitatumverkürzung (mit Span), RU-Niveauangleichung                     |
| <b>IIIB</b>    | STT oder PRC bei erhaltenen Gelenkflächen von Fossa lunata und Capitatum |
| <b>IV</b>      | Denervation, HG-Arthrodesse, PRC (bei erhaltenen Gelenkflächen)          |

Tabelle 40: Therapieempfehlung Stadium II-IV

Eine primäre Operationsindikation besteht unserer Ansicht nach nur in den Stadien II bis IV. Denn wir stimmen der Beobachtung und dem Fazit von Kristensen und Mitarbeiter zu, dass Patienten im Frühstadium (Stadium I), in dem es noch nicht zu einer lunären Formveränderung gekommen oder gar ein Lunatumkollaps eingetreten ist, durchaus von einer konservativen Therapie mittels Ruhigstellung profitieren können [39]. Erst bei persistierenden Schmerzen sollte auch in diesem Stadium eine effiziente chirurgische Behandlung angestrebt werden [39]. Ein Os lunatum, das bereits zum Zeitpunkt der Diagnose in seiner Form verändert ist, wird es auch unabhängig von der Dauer der Immobilisation bleiben und nie mehr seine ursprünglich Form zurückgewinnen können [39]. In diesen Fällen sollte daher zeitnah eine primär chirurgische Intervention erfolgen.

Im Stadium II und Stadium IIIA empfiehlt sich eine Capitatumverkürzung mit oder ohne Einbringung eines vaskularisierten Spans in das Mondbein sowie auch eine Niveauleichung von Radius und Ulna. Die STT oder PRC sollte im Stadium IIIB durchgeführt werden. Letztere ist auch noch im Stadium IV bei erhaltener Capitatungelenkfläche möglich. Ansonsten wird im Endstadium eine Arthrodese des Handgelenks befürwortet. Die Handgelenksdenervation hat sich bei allen Eingriffen am Handgelenk als gute adjuvante Technik bewährt, um eine sofortige und andauernde Schmerzlinderung für den Patienten zu erzielen. Unsere detaillierte Vorgehensweise abhängig vom Stadium und der Anatomie zeigt der im Anschluss an den Text folgende Therapiebaum.

Nach Auswertung der Daten ziehen wir im Allgemeinen eine Capitatumverkürzung einer Operation nach Graner vor, da der operationstechnische Aufwand geringer ist und die Capitatumverkürzung eine geringere Komplikationsrate, nämlich das Auftreten einer Pseudarthrose, zu der es bei einem Patienten unserer Studie gekommen war, in sich birgt (vgl. auch „Interkarpale Pseudarthrose als Komplikation der Granerschen Operation“, Ehall (1989) [16]). Zudem fallen Bewegungseinschränkung und Kraftverlust im Langzeitverlauf beim Verfahren der Capitatumverkürzung wesentlich geringer aus.

Ob die Capitatumverkürzung mit oder ohne Einbringung eines gefäßgestielten Knochenspans erfolgt, sollte anhand der Befunde der radiologischen Diagnostik sowie dem individuellen Risiko-Nutzen-Profil entschieden werden.

Eine Capitatumverkürzung im Frühstadium kann nicht nur bei Ulnaplus- oder Ulnanormvarianz, wie es Rabarin mit Mitarbeiter, Waitayawinyu mit Mitarbeiter und Gay mit Mitarbeiter beschreiben [20, 56, 70], eingesetzt werden, sondern führt auch bei Ulnaminusvarianz zu guten funktionellen und radiologischen Ergebnissen.

Ebenso kann auch noch im Stadium IIIB bei vorliegender Ulnaminusvarianz eine Radiusverkürzungsosteotomie zu einem sehr guten Langzeitresultat führen.

Prinzipiell präferieren wir die PRC in den Spätstadien IIIB und IV gegenüber einer Operation nach Graner, da auch die PRC unserer Meinung nach ein technisch einfaches Verfahren mit relativer Komplikationsarmut darstellt. Es muss im Vergleich zur Operation nach Graner keine Spongiosa entnommen werden, ebenso entfällt die Notwendigkeit einer

Osteosynthese und damit das Risiko einer Pseudarthrose. Ein gewisser Kraftverlust sowie eine relative Einschränkung der Beweglichkeit sind allerdings auch hier nicht zu verhindern und müssen hingenommen werden. [68] Bei bestehenden degenerativen Veränderungen im fortgeschrittenem Stadium, die die Fossa lunata oder das proximale Capitatum betreffen, sollte eine PRC aufgrund einer möglichen Arthrose dieses Gelenk betreffend allerdings nicht mehr angewendet werden [65]. Dennoch ist anzumerken und darf nicht außer Acht gelassen werden, dass im Stadium IIIB die Operation nach Graner in dieser Studie funktionell gute Ergebnisse erreicht hat.

Auch wenn die STT-Arthrodese in unserer Studie nicht zum Einsatz kam, erscheint sie uns dennoch aufgrund diverser Studien und der aktuellen positiven Datenlage (Das Gupta, Tränkle, Meier, Watson, Minami, Iwasaki) als ein durchaus gutes Verfahren zur Behandlung der Lunatumnekrose vorwiegend im Stadium IIIB, wie es auch Schuind empfiehlt. Allerdings ist aus unserer Sicht das Argument der non-union nicht nachvollziehbar, wie es von ihm für das Präferieren der Operation nach Graner gegenüber der STT-Fusion angeführt wird, denn auch bei diesem Verfahren treten sehr wohl Pseudarthrosen auf.

Gegenwärtig konnte bislang für keine Operationsmethode für ein bestimmtes Stadium eine Überlegenheit bewiesen werden, deshalb sollte die Wahl des Verfahrens auch ganz maßgeblich von den möglichen Komplikationsraten sowie der peri- und postoperativen Belastungen für den Patienten geleitet werden.

Da auch bei gegebener Inzidenz des Morbus Kienböck einzelne handchirurgische Zentren keine ausreichenden Fallzahlen für eine breitere statistische Auswertung liefern können, wäre die Zusammenarbeit mehrerer Zentren für die Zukunft wünschenswert. Es könnten so internationale Studien mit großen Fallzahlen durchgeführt werden. Zuvor müsste jedoch ein Standard für die Methodik der Nachuntersuchung festgehalten werden.

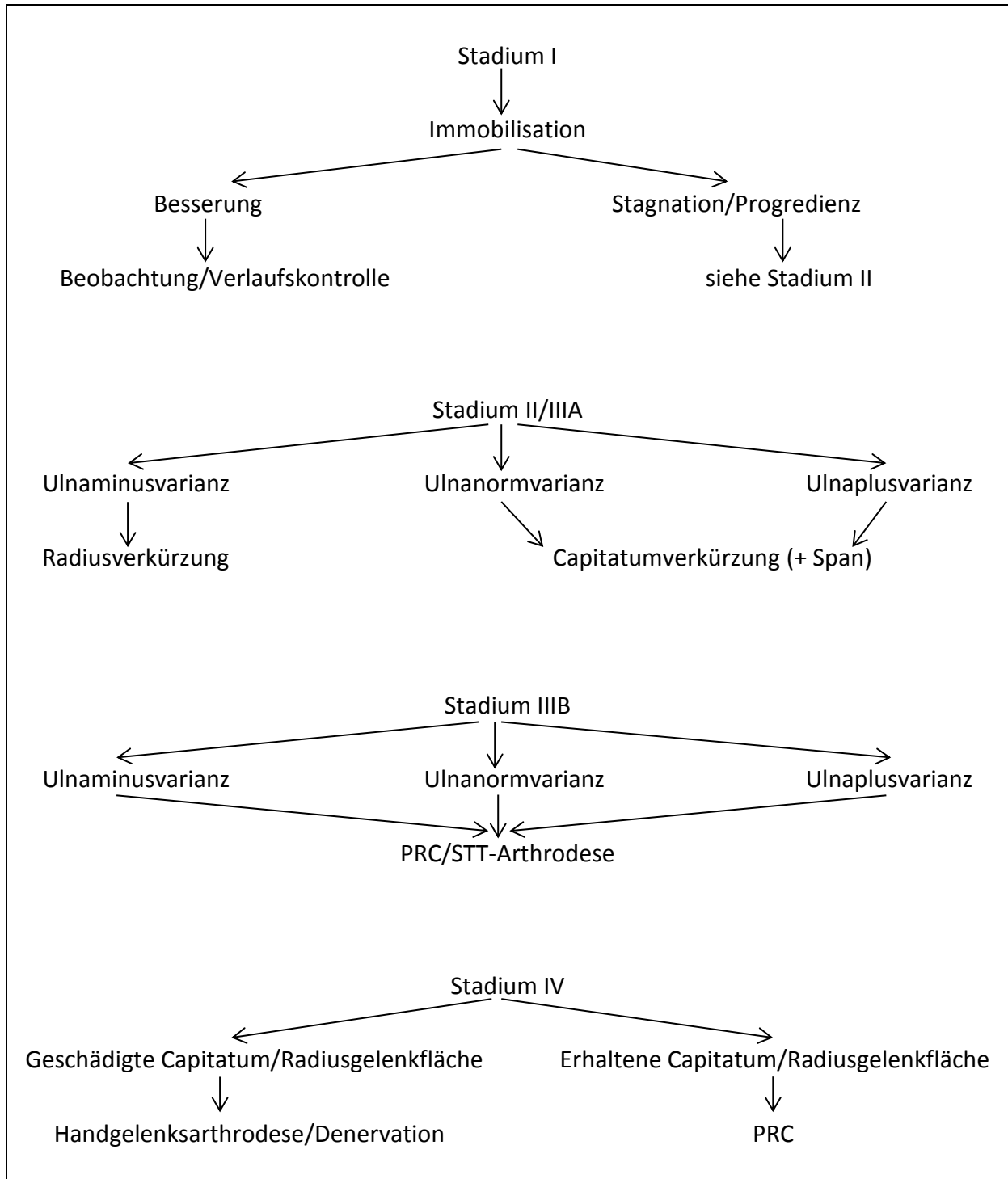


Abbildung 47: Therapiebaum

## 7. Kasuistik

### Patient 1: Capitatumverkürzung + Span



präoperativ



3 J postoperativ

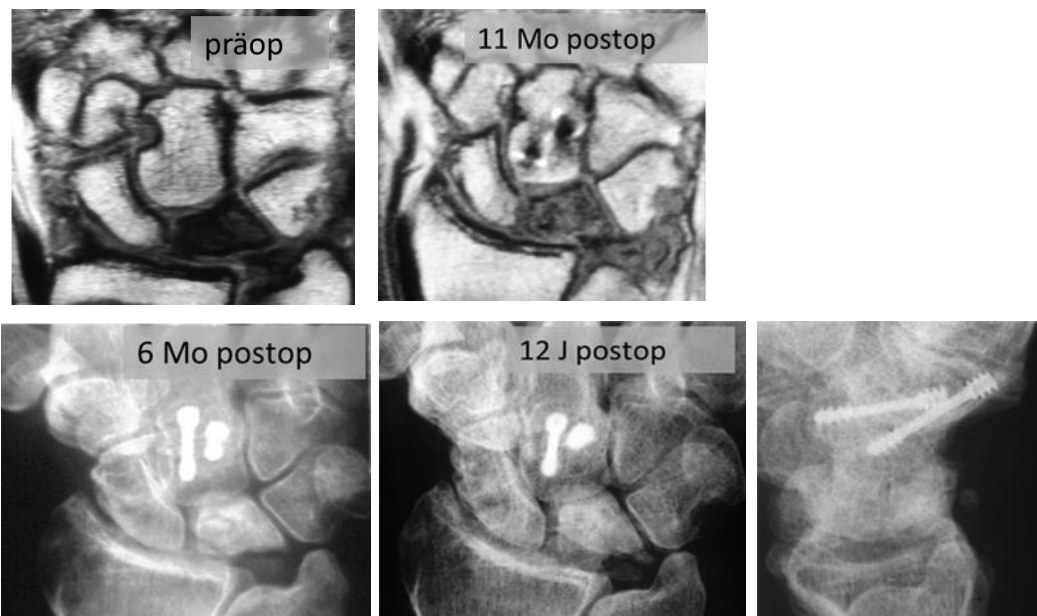
P.W. \*05.03.78

Der Patient wurde bei uns initial vorstellig aufgrund von seit ca. neun Monaten anhaltenden Schmerzen sowie einem Kraftverlust im rechten Handgelenk. Ein Trauma war nicht erinnerlich. Im Nativröntgenbild konnte eine Lunatumnekrose im Stadium IIIA diagnostiziert werden, die mit einer Capitatumverkürzung und zusätzlicher Einbringung eines vaskularisierten Knochenspans ins Os lunatum behandelt worden ist. Der Patient zeigte sich in der Nachuntersuchung nahezu beschwerdefrei bei subjektiver Zufriedenheit und guten funktionellen sowie radiologischen Ergebnissen. Das Mondbein stellt sich konsolidiert dar.

- Beruf: Holzbearbeitungsmechaniker
- Rechtshänder
- Stadium IIIA (unverändert)
- Arthrosegrad 1 (unverändert)
- Operation am 07.03.2006
- Nachuntersuchung: 3 Jahre postoperativ
- VAS präoperativ: 50 → Nachuntersuchung: 10

- DASH: 3 → sehr gutes Ergebnis
- Mayo-Wrist-Score/Cooney & Bussey-Score: 70/75 → befriedigendes Ergebnis
- Krimmer-Score: 95 → sehr gutes Ergebnis
- Kraft zur Gegenseite: 92%
- ROM zur Gegenseite: E/F 70%, R/U 85%, P/S 100%
- aktive Bewegung der operierten Seite: E/F 55-0-35, R/U 20-0-25, P/S 90-0-80
- aktive Bewegung der Gegenseite: E/F 70-0-60, R/U 30-0-35, P/S 90-0-70

### Patient 2: Capitulatumverkürzung

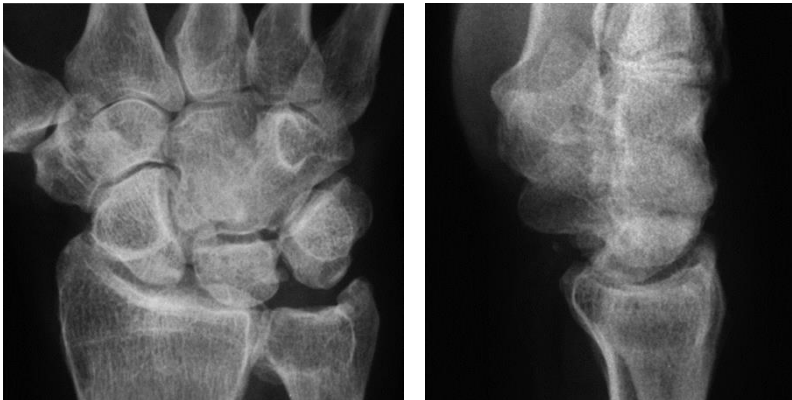


J.P. \*02.02.1950

Aufgrund von massiven Schmerzen, einem deutlichen Kraftverlust sowie einer Bewegungseinschränkung im rechten Handgelenk wurde der Verdacht auf Morbus Kienböck erhoben, der sich in der MRT-Aufnahme bestätigte. Es wurde eine Capitulatumverkürzung bei Lunatumnekrose im Stadium II durchgeführt. Eine eindeutige ätiologische Ursache lässt sich auch hier nicht feststellen. Der Patient gibt zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nach sehr langem Verlauf (12 Jahre postoperativ) kaum Beschwerden an. Das funktionelle Ergebnis in Kraft und Bewegung ist durchaus zufriedenstellend. In der MRT-Kontrollaufnahme stellte sich bereits 11 Monate postoperativ eine verbesserte Vaskularisation des Os lunatum dar. Auch 12 Jahre später zeigte sich das Mondbein im Röntgenbild stabil.

- Beruf: Küchenmonteur
- Rechtshänder
- Stadium II (unverändert)
- Arthrosegrad 0 (unverändert)
- Operation am 23.01.1997
- Nachuntersuchung: 12 Jahre postoperativ
- VAS präoperativ: 65 → Nachuntersuchung: 20
- DASH: 8 → gutes Ergebnis
- Mayo-Wrist-Score/Cooney & Bussey-Score: 70/70 → befriedigendes Ergebnis
- Krimmer-Score: 80 → gutes Ergebnis
- Kraft zur Gegenseite: 95%
- ROM zur Gegenseite: E/F 55%, R/U 50%, P/S 100%
- aktive Bewegung der operierten Seite: E/F 40-0-20, R/U 5-0-25, P/S 90-0-90
- aktive Bewegung der Gegenseite: E/F 55-0-55, R/U 20-0-40, P/S 90-0-90

### Patient 3: Operation nach Graner



13 J postoperativ: Pseudarthrose

J.R. \*22.12.1949

Dieser Studienteilnehmer stellte sich mit seit vier Monaten anhaltenden starken Schmerzen im rechten Handgelenk vor ohne vorausgegangenen adäquatem Trauma. Es wurde eine Lunatumnekrose im Stadium IIIA festgestellt und eine Operation nach Graner durchgeführt. Im Nativröntgenbild der Nachuntersuchung zeigte sich, dass eine möglich Komplikation der angewendeten Operationsmethode aufgetreten ist: Zwischen proximalem und distalem

Capitatumpol hat keine ausreichende Osteosynthese stattgefunden. Auf den ersten Blick scheint es sogar, als ob das Mondbein, dessen Platz nun der proximale Capitatumpol eingenommen hat, gar nicht reseziert worden wäre. Obwohl es bei diesem Patienten zu einer Pseudarthrose des proximalen Capitatumpols gekommen ist, ist der Patient auch 13 Jahre nach der Operation immer noch sehr zufrieden und weist keinerlei Schmerzen auf. Der funktionelle Status liefert ein überraschend gutes Ergebnis.

- Beruf: Heizungsmonteur
- Rechtshänder
- Stadium IIIA
- Arthrosegrad 1
- Operation am 25.04.1996
- Nachuntersuchung: 13 Jahre postoperativ
- VAS präoperativ: 65 → Nachuntersuchung: 0
- DASH: 0 → sehr gutes Ergebnis
- Mayo-Wrist-Score/Cooney & Bussey-Score: 70/65 → befriedigendes Ergebnis
- Krimmer-Score: 80 → gutes Ergebnis
- Kraft zur Gegenseite: 77%
- ROM zur Gegenseite: E/F 71%, R/U 57%, P/S 100%
- aktive Bewegung der operierten Seite: E/F 40-0-35, R/U 10-0-30, P/S 90-0-80
- aktive Bewegung der Gegenseite: E/F 60-0-45, R/U 30-0-40, P/S 90-0-75



**Patient 4: Ulna- und Capitatumverkürzung bei Z.n. Radiusverkürzung (rechte Hand)  
Operation nach Graner (linke Hand)**



Rechte Hand: präoperativ



Rechte Hand: 5 J postoperativ



Linke Hand: präoperativ

1 J postoperativ

22 J postoperativ

C.W. \*26.01.59

Die Patientin war an einer Lunatumnekrose beidseits erkrankt. Zunächst traten die Schmerzen im Handgelenk auf der rechten Seite auf. Die Beschwerden führten erst ein Jahr später zur Diagnose Morbus Kienböck. 1986 wurde eine Radiusverkürzung rechts vorgenommen. Als dann im Jahr darauf (1987) dieselbe Symptomatik linksseitig auftrat, wurde bei diagnostizierter Lunatumnekrose im Stadium IIIB eine Operation nach Graner am linken Handgelenk angewendet. 2004 verschlechterte sich das Beschwerdebild der rechten Hand erneut, sodass hierauf eine Ulnaverkürzung zur Anpassung des radioulnaren Niveaus

bei vorangegangener Radiusüberkorrektur und zeitgleich eine Capitatumverkürzung durchgeführt. Der funktionelle Status beider Handgelenke kann als gut bewertet werden. Der Bewegungsumfang sowohl der rechten als auch der linken Hand ist überdurchschnittlich gut. Die Patientin ist mit dem Zustand und der Funktion beider Hände voll zufrieden und beschreibt beide als wesentlich gebessert. Auch die Röntgenbilder zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bestätigen den positiven Gesamteindruck: Das Os lunatum der rechten Hand bei Capitulatumverkürzung erscheint in seiner Form stabil. Die Operation nach Graner des linken Handgelenks weist auch 22 Jahre danach einen zufriedenstellenden radiologischen Befund vor: Die Fusion der Knochenfragmente ist solide und auch eine Zunahme von Arthrosezeichen kann nicht vermerkt werden.

- Beruf: Verwaltungsangestellte
- Rechtshänder
- Rechte Hand: Stadium IIIA (unverändert)
- Linke Hand: Stadium IIIB
- Arthrosegrad 1 (beidseits unverändert)
- Operation rechte Hand am 03.08.2004
- Operation linke Hand am 21.05.1987
- Nachuntersuchung rechte Hand: 5 Jahre postoperativ
- Nachuntersuchung linke Hand: 22 Jahre postoperativ
- VAS präoperativ: 80 → Nachuntersuchung: 40
- DASH: 38 → befriedigendes Ergebnis
- Mayo-Wrist-Score/Cooney & Bussey-Score: 90/75 → gutes/befriedigendes Ergebnis
- Krimmer-Score: 80 → gutes Ergebnis
- Kraft rechte Hand (Vigorimeter/Dynamometer): 28kPa/18kg
- Kraft linke Hand (Vigorimeter/Dynamometer): 26kPa/12kg
- aktive Bewegung der rechten Seite: E/F 55-0-45, R/U 10-0-30, P/S 90-0-80
- aktive Bewegung der linken Seite: E/F 50-0-50, R/U 10-0-40, P/S 90-0-80

## 8. Zusammenfassung

1843 beschrieb Peste erstmals das Krankheitsbild der Lunatumnekrose. Es war jedoch Robert Kienböck, der mit seiner 1910 veröffentlichten, klassischen röntgenologischen Beschreibung das Krankheitsbild als Morbus Kienböck prägte. Die Nekrose des Os lunatum zählt zu den aseptischen Knochennekrosen, die sich klinisch durch Schmerzen, Schwellung im Handgelenk, Kraftverlust und Bewegungseinschränkung äußert. Die Ätiologie konnte bis jetzt noch nicht vollständig geklärt werden. Allerdings gibt es hierzu zahlreiche Modelle, die verschiedene Ursachen für die Entstehung beschreiben – unter anderem eine anlagebedingte arterielle Minderdurchblutung, ein gestörter venöser Abfluss, Traumata, eine Radiusüberlänge oder häufige Erschütterungen. In der Literatur sind unterschiedliche Klassifikationen, nach denen der Morbus Kienböck eingeteilt wird, beschrieben. Die geläufigste ist die nach Lichtmann, in der fünf Stadien unterschieden werden (I, II, IIIA, IIIB, IV). Bis heute sind keine verbindlichen Richtlinien zur Therapie der Mondbeinnekrose festgelegt. Es werden lediglich Empfehlungen ausgesprochen, die sich am Stadium orientieren. Eine operative Therapie sollte im Allgemeinen erst ab dem Stadium II erfolgen. Für das Stadium I ist prinzipiell die Ruhigstellung Mittel der Wahl. In den Frühstadien (II, IIIA) werden vor allem revaskularisierende bzw. druckentlastende Eingriffe sowie Umstellungs- und Verkürzungsosteotomien bei Vorliegen einer Ulnarminusvarianz im Sinne einer Radiusverkürzung durchgeführt. Eine PRC oder (Teil-) Arthrodesen, hierbei vor allem die STT-Fusion, ist den Spätstadien (IIIB, IV) vorbehalten [63].

Die vorliegende Dissertation stellt eine retrospektive klinische Studie dar, in der die Ansätze und Ergebnisse der operativen Therapie bei Lunatumnekrose aufgezeigt und einander gegenübergestellt werden. Zur Erhebung der subjektiven und objektiven Langzeitergebnisse erfolgte eine Einbestellung der Patienten, in der ein Anamnese-, Frage- und Untersuchungsbogen ausgefüllt sowie radiologische Kontrollaufnahmen der Hand angefertigt wurden. Zu den subjektiven Kriterien zählt das Ergebnis des DASH (Disabilities of Arm, Shoulder and Hand) sowie die VAS (Visuelle Analogskala), zu den objektiven die radiologische Auswertung sowie die funktionellen Messdaten von Kraft- und Bewegungsumfang. Das Handgelenksbewertungsschema (Mayo-Wrist-Score) vereint sowohl subjektive als auch objektive Inhalte. Letztendlich sollten diese Ergebnisse in die künftige Therapieplanung der Lunatumnekrose einbezogen werden.

## Zusammenfassung

Im Zeitraum von 1987 bis 2008 wurden insgesamt 58 Patienten aufgrund einer Lunatumnekrose in der Handchirurgie am Klinikum rechts der Isar durch denselben Operateur chirurgisch behandelt. Davon beteiligten sich 27 Patienten, von denen zwei an einer doppelseitigen Lunatumnekrose erkrankt waren, an der Nachuntersuchung. Somit standen insgesamt 29 operierte Hände zur Auswertung zur Verfügung. Anhand der Daten aus Anamnese sowie Krankenakte und klinischer Nachuntersuchung wurden der Langzeitverlauf und der aktuelle Zustand ermittelt. Die Nachuntersuchung fand im Mittel nach 10 Jahren statt und das Patientenalter bei Operation betrug durchschnittlich 35 Jahre. Das Verhältnis Männer zu Frauen trat mit 2:1 auf. Bei nahezu der Hälfte der Patienten bestand eine Ulnarminussynostose und in der Mehrzahl der Fälle lag eine Nekrose im Stadium IIIA vor.

Die Capitatumverkürzung (n=8), die Capitatumverkürzung mit Span (n=6) und die Operation nach Graner (n=8) waren die am häufigsten vorkommenden Operationsverfahren. Die Patienten mit Radiusverkürzung (n=1), Radiusverkürzung mit Span (n=1), PRC (n=2), Ulna- und Capitatumverkürzung (n=2) sowie Capitatumverkürzung in Kombination mit der Operation nach Graner (n=1) müssen aufgrund ihrer geringen Fallzahl als Einzelfallbeschreibung gewertet werden.

Für die Capitatumverkürzung, die im Stadium II und IIIA zur Anwendung kam, ergab sich in der VAS eine Schmerzreduktion von  $66 \pm 13$  auf  $29 \pm 30$  Punkte. Der Bewegungsumfang der betroffenen Hand war bei E/F auf 72% und bei R/U auf 67%, die Kraft auf 92% gegenüber der Gegenseite reduziert. Der im DASH ermittelte Wert betrug  $21 \pm 25$  Punkte (gutes Ergebnis). Für den Mayo-Wrist-Score wurden  $64 \pm 30$  Punkte erzielt, was insgesamt einem befriedigenden Ergebnis entspricht. Bei einem Patienten kam es zu einer Zunahme des Arthrosegrads, während dagegen bei einem anderen eine Stadiumverbesserung der Lunatumnekrose verzeichnet werden konnte. Lediglich ein Patient war subjektiv nicht zufrieden und würde aus heutiger Sicht dem Eingriff nicht nochmal zustimmen.

Die Capitatumverkürzung mit Einbringung eines vaskularisierten Spans wurde zumeist im Stadium IIIA durchgeführt. Für die VAS ergab sich eine Reduktion der Schmerzsymptomatik von  $69 \pm 14$  auf  $16 \pm 4$  Punkte. Der Bewegungsumfang der betroffenen Hand war bei E/F auf 63% und bei R/U auf 68%, die Kraft auf 76% gegenüber der Gegenseite vermindert. Im DASH wurden durchschnittlich  $8 \pm 6$  Punkte (gutes Ergebnis) erreicht. Im Mayo-Wrist-Score

## Zusammenfassung

wurden  $65 \pm 6$  Punkte ermittelt, was insgesamt einem befriedigenden Ergebnis entspricht. Bei je einem Patienten kam es zu einer Zunahme des Arthrosegrads und einer Stadiumverschlechterung der Lunatumnekrose.

Eine Operation nach Graner erfolgte im Stadium IIIA und IIIB. In der Auswertung der VAS zeigte sich eine Reduktion der Schmerzsymptomatik von  $71 \pm 16$  auf  $12 \pm 14$  Punkte. Der Bewegungsumfang der betroffenen Hand war bei E/F auf 63% und bei R/U auf 76%, die Kraft auf 69% gegenüber der Gegenseite herabgesetzt. Die Werte im DASH betragen  $19 \pm 22$  Punkte (gutes Ergebnis) und im Handgelenksscore  $69 \pm 10$  Punkte, was insgesamt einem befriedigenden Ergebnis entspricht. Eine Zunahme der Arthrose wurde nicht festgestellt.

Bei allen Operationsmethoden wurde in der visuellen Analogskala eine deutliche Schmerzreduktion im Vergleich zum präoperativen Zustand offensichtlich. Betrachtet man das gesamte nachuntersuchte Patientenkollektiv, so scheinen alle Patienten von der jeweiligen Operation profitiert zu haben. Sehr schlechte Ergebnisse konnten in keinem der Fälle beobachtet werden.

Eine Capitatumverkürzung ist unseres Erachtens einer Operation nach Graner vorzuziehen, da diese einfacher durchzuführen ist und eine geringere Komplikationsrate in sich birgt. Zudem fallen die Bewegungseinschränkung und Kraftverlust im Langzeitverlauf bei der Capitatumverkürzung wesentlich geringer aus.

Die Therapieempfehlungen, die aus dieser Studie resultieren, sind folgende: Eine Operationsindikation besteht nur in den Stadien II bis IV. Im Stadium II und IIIA empfiehlt sich eine Capitatumverkürzung mit oder ohne Span sowie eine radioulnare Niveauangleichung. Im Stadium IIIB bietet sich die PRC bzw. STT-Arthrodese bei Läsion der Gelenkflächen von Capitatum oder Fossa lunata an. Die PRC ist auch noch im Stadium IV bei erhaltenen Gelenkflächen möglich. Ansonsten werden im Endstadium eine Arthrodese des Handgelenks und die Denervation befürwortet. Die Denervation – zumindest Teildenervation – ist in jedem Stadium sinnvoll, um die subjektiven Beschwerden des Patienten zu mindern.

Die Wahl des Verfahrens sollte neben dem Erkrankungsstadium auch die möglichen Komplikationen und Belastungen für den Patienten berücksichtigen. Internationale, standardisierte Studien mit großen Fallzahlen wären für die Zukunft wünschenswert, um die Überlegenheit einer Operationsmethode für das jeweilige Stadium beweisen zu können.

## 9. Literaturverzeichnis

1. Almquist, E.: Kienbock's disease. Clin Orthop (1986), 68-78
2. Alnot, J. Y.; Apredoaei, C.; Frot, B.: Resection of the proximal row of the carpus. A review of 45 cases. International Orthopaedics (SICOT) (1997) 21: 145-150
3. Amillo, S.; Martinez-Peric, R.; Barrios, R. H.: Radial shortening of Kienböck's disease. International Orthopaedics (SICOT) (1993) 17: 23-26
4. Bartelmann, U.; Kalb, K.; Schmitt, R.; Fröhner, S.: Radiologische Diagnostik der Lunatumnekrose. Handchir Mikrochir Plast Chir (2001) 33: 365-378
5. Beckenbaugh, R. D.; Shives, T. C., Dobyns, J. H.; Linscheid, R. L.: Kienböck's Disease: The Natural History of Kienböck's Disease and Consideration of Lunate Fractures. Clinical Orthopaedics and Related Research (1980) 149: 98-106
6. Bonzar, M.; Firell, J. C.; Hainer, M.; Mah, E.T.; McCabe, S.J.: Kienböck disease and negative ulnar variance. J Bone Joint Surg Am (1998) 80: 1154-1157
7. Braun, C.; Bühren, V.: Die Ersatzplastik des Os lunatum durch Interposition des Os capitatum: Operation nach Graner II. Operative Orthopädie und Traumatologie (1992) 4: 268-277
8. Braun, C.; Bühren, V.; Seiler, H.: Die Kapitatum-Interpositionsarthroplastik nach Graner bei Lunatummalazie. (1988)
9. Chochole, M.: Robert Kienböck: The man and his work. J Hand Surg (2010) 0: 0: 1-4
10. Cooney, W. P. (Hrsg.): The Wrist: Diagnosis and Operative Treatment. Lippincott Williams & Wilkins, 2nd revised edition (2010)
11. Cooney, W. P.; Bussey, R.; Dobyns, J. H.; Linscheid, R. L.: Difficult wrist fractures. Clinical Orthopaedics and Related Research 214 (1987), 136-147
12. Culp, R. W.; McGuigan, F. X.; Turner, M. A.; Lichtman, D. M.; Osterman, A. L.; McCarroll, H. R.: Proximal row carpectomy: A multicentre study. J Hand Surg (1993) 18A: 19-25

13. D'Hoore, K.; De Smet, L.; Leuven, K. U.: Negative ulnar variance is not a risk factor for Kienböck's disease. *J Hand Surg* (1994) 19: 2: 229-231
14. Dias, J. J.; Lunn, P.: Ten questions on Kienböck's disease of the lunate. *J Hand Surg* (2010) 0: 0: 1-6
15. Ehall, R.; Neubauer, W.; Stampfel, O.: Die aseptische Mondbeinnekrose. Ätiologie, Klinik, stadiengerechte Therapie. *Beitrag Orthop Traumatol* (1990) 37: 7: 414-422
16. Ehall, R.; Neubauer, W.; Stampfel, O.: Interkarpale Pseudarthrose als Komplikation der Granerschen Operation. *Handchir Mikrochir Plast Chir* (1989) 21: 257-261
17. Ehall, R.; Neubauer, W.; Stampfel, O.; Peicha, G.: Die Intercarpalarthrodese nach Graner zur Therapie der aseptischen Mondbeinnekrose. *Beitrag Orthop Traumatol* (1990) 27: 422-430
18. Gabl, M.: Idiopathische Mondbeinnekrose, Morbus Kienböck. 37-44
19. Garcia-Elias, M.; Vidal, A. M.: Kienböck's disease. *Current orthopaedics* (1997) 11: 28-35
20. Gay, A. M.; Parratte, S.; Glard, Y.; Mutaftschiev, N.; Legre, R.: Isolated capitate shortening osteotomy for the early stage of Kienböck disease with neutral ulnar variance. *Plast Reconstr Surg* (2009) 124: 2: 560-566
21. Gelberman, R. H.; Gross, M. S.: The vascularity of the wrist. *Clinical Orthopaedics and Related Research* (1986) 202: 40-49
22. Gelberman, R. H.; Salamon, H.; Jurist, J. M.; Posch, J. L.: Ulnar variance in Kienböck's disease. *J Bone Joint Surg Am* (1975) 57A: 674-676
23. Genelin, F.; Gasperschitz, F.; Helmberger, R.; Kröpfl, A.: Therapie der Mondbeinnekrose. *Z Orthop* (1991) 128: 243-247
24. Green, D.; Hotchkiss, R.; Pederson, W.; Wolfe, S.: *Green's operative hand surgery*. Elsevier, Churchill Livingstone (1982), fifth edition, volume one, 744-756
25. Griffin, D.; Audige, L.: Common statistical methods in orthopaedic clinical studies. *Clinical Orthopaedics and Related Research* (2003) 413: 70-79

## Literaturverzeichnis

26. Hashizume, H.; Asahara, H., Nishida, K.; Inoue, H.; Konishiike, T.: Histopathology of Kienböck's disease. *J Hand Surg Br* (1996), 21: 1: 89-93
27. Horch, R. E.; Unglaub, F.; Dragu, A.; Kneser, U.; Bach, A. D.: Morbus Kienböck. Diagnostik und Therapie der Os-lunatum-Nekrose. *Der Chirurg* (2008) 5: 452-460
28. Imbriglia, J. E.; Broudy, A. S.; Hagber, W. C.; McKernan, D.: Proximal row carpectomy: Clinical evaluation. *J Hand Surg* (1990) 15A: 426-430
29. Inglis, A. E.; Jones, E. C.: Proximal row carpectomy for diseases of the proximal row. *J Bone Joint Surg Am* (1977) 59: 460-463
30. Inoue, G.: Capitate-hamate fusion for Kienböck's disease. *Acta Orthop Scand* (1992) 63: 5: 560-562
31. Iwasaki, N.; Minami, A.; Oizumi, N.; Suenga, N.; Kato, H.; Minami, M.: Radial osteotomy for late-stage Kienböck's disease. Wedge osteotomy versus radial shortening. *J Bone Joint Surg* (2002) 84B: 673-677
32. Joeck, H.: Der Einfluss der Minusvariante Hultens auf die Entstehung der Lunatummalacie, zugleich ein Versuch einer einheitlichen Deutung. *Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie* (1937) 37: 619-640
33. Kalb, K.; Fuchs, Ludwig, A.; Rauscher, A.; Landsleitner, B.; Wiemer, P.; Krimmer, H.: Behandlungsergebnisse nach operativer Handgelenksversteifung. *Handchir Mikrochir Plast Chir* (1999) 31: 253-259
34. Kämmerer, S.; Thalhammer, A.; Heinemann, U.; Windolf, J.; Jacobi, V.: Mountainbike-Fahren – mögliche Ursache für eine Lunatummalazie?. *Unfallchirurgie* (1998) 24: 6: 289-292
35. Kienböck, R.: Über traumatische Malazie des Mondbeins und ihre Folgezustände: Entartungsformen und Kompressionsfrakturen. *Fortschr Geb Röntgenstr* (1910) 161: 78-103
36. Koebke, J.: Anatomie des Handgelenks. *Unfallchirurgie* (1988) 14: 2: 74-79



37. Koh, S.; Nakumara, R.; Horii, E.; Nakao, E.; Inagaki, H.; Yajima, H.: Surgical outcome of radial osteotomy for Kienböck's disease - minimum 10 years of follow-up. *J Hand Surg* (2003) 28: 6: 910-916
38. König, G.: Über die traumatische Entstehung der Lunatummalacie. *Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie* (1961) 53: 481-489
39. Kristensen, S. S.; Thomassen, E.; Christensen, F.: Kienböck's disease – Late results by non-surgical treatment. *J Hand Surg* (1986) 11B: 3: 422-425
40. Kristensen, S. S.; Thomassen, E.; Christensen, F.: Ulnar variance in Kienböck's disease. *J Hand Surg* (1986) 11B: 2: 258-260
41. Lamey, D. M.; Fernandez, D. L.: Results of the modified Sauve-Kapandji procedure in the treatment of chronic posttraumatic derangement of the distal radioulnar joint. *J Bone Joint Surg Am* (1998) 80: 1758-1769
42. Ledoux, P.; Lamblin, D.; Wuilbaut, A.; Schuind, F.: A finite-element analysis of Kienböck's disease. *J Hand Surg* (2008) 33E: 3: 286-291
43. Lee, M. L. H.: The intraosseous arterial pattern of the carpal lunate bone and its relation to avascular necrosis. *Acta Orthop Scand* (1963) 33: 43-55
44. Linscheid, R. L.: Kinematic considerations of the wrist. *Clinical orthopaedics and Related Research* (1986) 202: 27-39
45. Lippert, H.: *Lehrbuch Anatomie*. Urban & Fischer, 6. Auflage 2003, 738-742
46. Luchetti, R.; Soragni, O.; Fairplay, T.: Proximal row carpectomy through a palmar approach. *J Hand Surg (British and European Volume, 1998)* 23B: 3: 406-409
47. Martini, A. K.: Zur Indikation und Durchführung. *Z Orthop* (1992) 130: 175-180
48. Mennen, U.; Sithebe, H.: The incidence of asymptomatic Kienböck's disease. *J Hand Surg* (2009) 34E: 3: 348-350
49. Mikkelsen, S. S.; Gelineck, J.: Poor function after nonoperative treatment of Kienböck's disease. *Acta Orthop Scand* (1987) 58: 241-243

50. Moritomo, H.; Murase, T.; Yoshikawa, H.: Operative Technique of a New Decompression Procedure for Kienböck Disease: Partial Capitate Shortening. *Techniques in Hand and Upper Extremity Surgery* (2004) 8: 2: 110-115
51. Nattrass, G. R.; King, G. J.; McMurtry, R. Y.; Brant, R. F.: An alternative method for determination of the carpal height ratio. *J Bone Joint Surg Am* (1994) 76: 88-94
52. Neviasser, R. J.: On resection of the proximal carpal row. *Clinical Orthopaedics and Related Research* (1986) 202: 12-15
53. Peters, K. M.: Morbus Kienböck – Mondbein unter Druck. *Orthopädie & Rheuma* 1 (2004), 46-47
54. Pichler, M.; Putz, R.: The venous drainage of the lunate bone. *Surg Radiol Anat* (2002) 24: 372-376
55. Plecko, M.: Ein differenziertes Therapiekonzept zur Behandlung der Lunatumnekrose. *Eur Surg* (2002) 34: 63-68
56. Rabarin, F.; Saint Cast, Y.; Cesari, B.; Raimbeau, G.; Fouque, P. A.: Capitate shortening in Kienböck's disease in 12 cases. Clinical and radiological results more than five years of follow-up. *Chir Main* (2010) 29: 2: 67-71
57. Rock, M. G.; Roth, J. H.; Martin, L.: Radial shortening osteotomy for treatment of Kienböck's disease. *J Hand Surg* (1991) 16A: 454-460
58. Sauerbier, M.; Tränkle, M.; Bickert, B.; Erdmann, D.; Germann, G.: Therapeutische Möglichkeiten zur Behandlung der Lunatumnekrose. *Trauma und Berufskrankheit* (2000) 232-238
59. Schiltenswolf, M.: Osteochondrodysplasien – Osteonekrosen des Ellenbogens und des Handgelenks. In: *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, Ellenbogen, Unterarm, Hand*; Wirth C. J., Zichner L. (Hrsg.), Georg Thieme Verlag, Stuttgart (2003), 234-243
60. Schiltenswolf, M.: Untersuchung zur Ätiopathogenese der Mondbeinnekrose. *Trauma Berufskrankheiten* 1 (1998), 74-82

61. Schmitt, H. M.; Lanz, U.: Chirurgische Anatomie der Hand. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1992), 2., überarbeitete und aktualisierte Auflage
62. Schmitt, R.; Heinze, A.; Fellner, F.; Obletter, N.; Strühn, R.; Bautz, W.: Imaging and staging of avascular osteonecroses at the wrist and hand. *European J of Radiology* (1997) 25: 92-103
63. Schmitt, R.; Lanz, U.: Bildgebende Diagnostik der Hand. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (2008), 2., überarbeitete und erweiterte Auflage
64. Schuind, F.; Eslami, S.; Ledoux, P.: Kienböck's disease. *J Bone Joint Surg (Br)* (2008) 90B: 133-139
65. Streich, N. A.; Martini, A. K.; Daecke, W.: Resektion der proximalen Handwurzelreihe bei karpalem Kollaps. *Handchir Mikrochir Plast Chir* (2003) 35: 299-303
66. Takahara, M.; Watanabe, T.; Tsuchida, H.; Yamahara, S.; Kikuchi, N.; Ogino, T.: Long-term follow-up of radial shortening osteotomy for Kienbock disease. *Surgical technique. J Bone Joint Surg Am* (2009) 91: 2: 184-190
67. Tomaino, M. M.; Delsignore, J.; Burton, R. I.: Long-term results following proximal row carpectomy. *J Hand Surg* (1994) 19A: 694-703
68. Tränkle, M.; Sauerbier, M.; Blum, K.; Bickert, B.; Germann, G.: Die Entfernung der proximalen Handwurzelreihe als bewegungserhaltender Eingriff beim karpalen Kollaps. *Unfallchirurg* (2003) 12:106: 1010-1015
69. Tsuge, S.; Nakumara, R.: Anatomical risk factors for Kienböck's disease. *J Hand Surg* (1993) 18B: 70-75
70. Waitayawinyu, T.; Cin, S. H.; Luria, S.; Trumble, T. E.: Capitate shortening osteotomy with vascularized bone grafting for the treatment of Kienböck's disease in the ulnar positive wrist. *J Hand Surg Am* (2008) 33: 8: 1267-1273
71. Waldram, A.; Kleinert, M.: Avascular necrosis of the carpal bones. *Current Orthopaedics* (1991) 5: 4-12

## Literaturverzeichnis

72. Watson, H. K.; Guidera, P. M.: Aetiology of Kienböck's disease. J Hand Surg (1997) 22B: 1: 5-7
73. Weiss, A. P. C.; Weiland, A. J.; Moore, J. R.; Wilgis, E. F. Sh.: Radial shortening for Kienböck's disease. J Bone Joint Surg Am (1991) 73: 3: 384-391

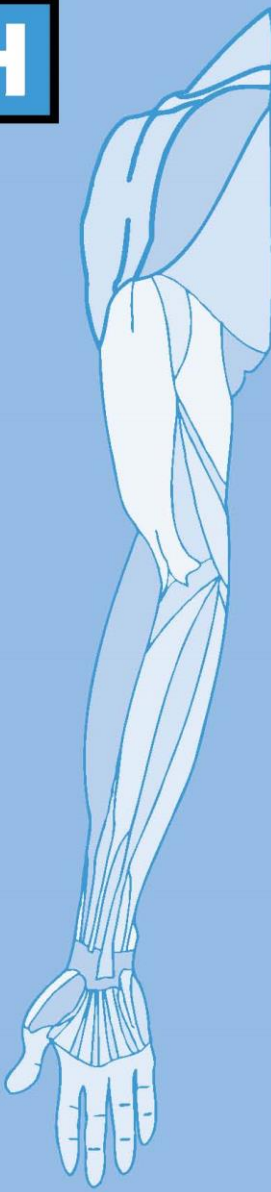
## 10. Anhang

### 10.1 DASH

**DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND**

THE

DASH



**ANLEITUNG**

Dieser Fragebogen beschäftigt sich sowohl mit Ihren Beschwerden als auch mit Ihren Fähigkeiten, bestimmte Tätigkeiten auszuführen.

Bitte beantworten Sie *alle Fragen* gemäß Ihrem Zustand in der vergangenen Woche, indem Sie einfach die entsprechende Zahl ankreuzen.

Wenn Sie in der vergangenen Woche keine Gelegenheit gehabt haben, eine der unten aufgeführten Tätigkeiten durchzuführen, so wählen Sie die Antwort aus, die Ihrer Meinung nach *am ehesten* zutreffen würde.

Es ist nicht entscheidend, mit welchem Arm oder welcher Hand Sie diese Tätigkeiten ausüben. Antworten Sie Ihrer Fähigkeit entsprechend, ungeachtet, wie Sie die Aufgaben durchführen konnten.

## DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie folgende Tätigkeiten in der vergangenen Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.

|   | Keine Schwierigkeiten | Geringe Schwierigkeiten | Mäßige Schwierigkeiten | Erhebliche Schwierigkeiten | Nicht möglich |
|---|-----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|---------------|
| 1. Ein neues oder festverschlossenes Glas öffnen  | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 2. Schreiben  | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 3. Einen Schlüssel umdrehen   | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 4. Eine Mahlzeit zubereiten   | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 5. Eine schwere Tür aufstoßen   | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 6. Einen Gegenstand über Kopfhöhe auf ein Regal stellen   | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 7. Schwere Hausarbeit (z. B. Wände abwaschen, Boden putzen)   | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 8. Garten- oder Hofarbeit   | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 9. Betten machen  | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 10. Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen   | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 11. Einen schweren Gegenstand tragen (über 5kg)   | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 12. Eine Glühbirne über Ihrem Kopf auswechseln  | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 13. Ihre Haare waschen oder föhnen  | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 14. Ihren Rücken waschen  | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 15. Einen Pullover anziehen   | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 16. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden   | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 17. Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z. B. Karten spielen, Stricken, usw.)   | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 18. Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z. B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.) <sup>1</sup> |                       | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 19. Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (z. B. Badminton, Frisbee)  | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 20. Mit Fortbewegungsmitteln zurecht kommen (um von einem Platz zum anderen zu gelangen)  | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 21. Sexuelle Aktivität  | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |

## DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

22. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt? (Bitte reuzen Sie die entsprechende Zahl an)

| Überhaupt nicht | Ein wenig | Mäßig | Ziemlich | Sehr |
|-----------------|-----------|-------|----------|------|
| 1               | 2         | 3     | 4        | 5    |

23. Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt? (Bitte reuzen Sie die entsprechende Zahl an)

| Überhaupt nicht eingeschränkt | Ein wenig eingeschränkt | Mäßig eingeschränkt | Sehr eingeschränkt | Nicht möglich |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|---------------|
| 1                             | 2                       | 3                   | 4                  | 5             |

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Beschwerden während der letzten Woche ein. (Bitte reuzen Sie in jeder Zeile die entsprechende Zahl an)

|  | Keine | Leichte | Mäßige | Starke | Sehr starke |
|--|-------|---------|--------|--------|-------------|
| 24. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand   | 1     | 2       | 3      | 4      | 5           |
| 25. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand während der Ausführung einer bestimmten Tätigkeit | 1     | 2       | 3      | 4      | 5           |
| 26. Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand                                      | 1     | 2       | 3      | 4      | 5           |
| 27. Schwächegefühl in Schulter, Arm oder Hand  | 1     | 2       | 3      | 4      | 5           |
| 28. Steifheit in Schulter, Arm oder Hand   | 1     | 2       | 3      | 4      | 5           |

29. Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche aufgrund von Schmerzen im Schulter-, Arm- oder Handbereich? (Bitte reuzen Sie die entsprechende Zahl an)

| Keine Schwierigkeiten | Geringe Schwierigkeiten | Mäßige Schwierigkeiten | Erhebliche Schwierigkeiten | Nicht möglich |
|-----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|---------------|
| 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |

30. Aufgrund meiner Probleme im Schulter-, Arm- oder Handbereich empfinde ich meine Fähigkeiten als eingeschränkt, ich habe weniger Selbstvertrauen oder ich fühle, dass ich mich weniger nützlich machen kann. (Bitte reuzen Sie die entsprechende Zahl an)

| Stimme überhaupt nicht zu | Stimme nicht zu | Weder Zustimmung noch Ablehnung | Stimme zu | Stimme sehr zu |
|---------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------|----------------|
| 1                         | 2               | 3                               | 4         | 5              |

**Auswertung DASH:** Addieren Sie die angekreuzten Antworten (Nr. 1 bis 30); subtrahieren Sie 30; dividieren Sie durch 1,2 = DASH-Wert.  
Falls Antworten fehlen, beachten Sie die detaillierten Anweisungen

## DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

### SPORT- UND MUSIK-MODUL (OPTIONAL)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihres Schulter-, Arm- oder Handproblems auf das Spielen Ihres Musikinstrumentes oder auf das Ausüben Ihres Sports oder auf beides.

Wenn Sie mehr als ein Instrument spielen oder mehr als eine Sportart ausüben (oder beides), so beantworten Sie bitte die Fragen in bezug auf das Instrument oder die Sportart, die für Sie am wichtigsten ist.

Bitte geben Sie dieses Instrument bzw. diese Sportart hier an:

Ich treibe keinen Sport oder spiele kein Instrument (Sie können diesen Bereich auslassen).

Bitte kreuzen Sie die Zahl an, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der vergangenen Woche am besten beschreibt. Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:

|  | Keine Schwierigkeiten | Geringe Schwierigkeiten | Mäßige Schwierigkeiten | Erhebliche Schwierigkeiten | Nicht möglich |
|--|-----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|---------------|
| 1. In der üblichen Art und Weise Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?                     | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 2. Aufgrund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben? | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 3. So gut Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben wie Sie es möchten?                         | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 4. Die bisher gewohnte Zeit mit dem Spielen Ihres Musikinstrumentes oder mit Sporttreiben zu verbringen?   | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |

### ARBEITS- UND BERUFS-MODUL (OPTIONAL)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihres Schulter-, Arm- oder Handproblems auf Ihre Arbeit (einschließlich Haushaltsführung, falls dies Ihre Hauptbeschäftigung ist).

Bitte geben Sie Ihre/n Arbeit/Beruf hier an:

Ich bin nicht berufstätig (Sie können diesen Bereich auslassen).

Bitte kreuzen Sie die Zahl an, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der vergangenen Woche am besten beschreibt. Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:

|  | Keine Schwierigkeiten | Geringe Schwierigkeiten | Mäßige Schwierigkeiten | Erhebliche Schwierigkeiten | Nicht möglich |
|--|-----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|---------------|
| 1. In der üblichen Art und Weise zu arbeiten?  | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 2. Aufgrund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihre übliche Arbeit zu erledigen? | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 3. So gut zu arbeiten wie Sie es möchten?  | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |
| 4. Die bisher gewohnte Zeit mit Ihrer Arbeit zu verbringen?                            | 1                     | 2                       | 3                      | 4                          | 5             |



## 10.2 Mayo-Wrist-Score

| Kategorie              | Befund  | Punkte |
|------------------------|---|--------|
| <b>Schmerz</b>         | Kein Schmerz                                  | 25     |
|                        | Leichter Schmerz bei starker Aktivität        | 20     |
|                        | Schmerz nur bei Wetteränderung                | 20     |
|                        | Mittelgradiger Schmerz bei starker Aktivität  | 15     |
|                        | Leichter Schmerz bei Alltagstätigkeiten       | 15     |
|                        | Mittelgradiger Schmerz bei Alltagstätigkeiten | 5      |
|                        | Ruheschmerz                                   | 0      |
| <b>Zufriedenheit</b>   | Sehr zufrieden                                | 25     |
|                        | Mittelmäßig zufrieden                         | 20     |
|                        | Nicht zufrieden, aber arbeitsfähig            | 10     |
|                        | Nicht zufrieden, arbeitsunfähig               | 0      |
| <b>Bewegungsumfang</b> | 100% der Gegenseite                           | 25     |
|                        | 75-99% der Gegenseite                         | 15     |
|                        | 50-74% der Gegenseite                         | 10     |
|                        | 25-49% der Gegenseite                         | 5      |
|                        | 0-24% der Gegenseite                          | 0      |
| <b>Griffstärke</b>     | 100% der Gegenseite                           | 25     |
|                        | 75-99% der Gegenseite                         | 15     |
|                        | 50-74% der Gegenseite                         | 10     |
|                        | 25-49% der Gegenseite                         | 5      |
|                        | 0-24% der Gegenseite                          | 0      |

Tabelle 3: Mayo-Wrist-Score nach Lamey und Fernandez [41]

| Punkte | Beurteilung  |
|--------|--------------|
| 90-100 | Sehr gut     |
| 80-89  | Gut          |
| 65-79  | Befriedigend |
| <65    | Schlecht     |

### 10.3 Mayo-Wrist-Score nach Cooney und Bussey

| Kategorie                   | Befund                              | Punkte |
|-----------------------------|-------------------------------------|--------|
| <b>Schmerz</b>              | Kein Schmerz                        | 25     |
|                             | Wenig, manchmal                     | 20     |
|                             | Mäßig, tolerabel                    | 15     |
|                             | Stark bis unerträglich              | 0      |
| <b>Funktioneller Status</b> | Zurückgekehrt zur normalen Arbeit   | 25     |
|                             | Eingeschränkte Arbeit               | 20     |
|                             | Kann arbeiten, arbeitslos           | 15     |
|                             | Kann wegen Schmerzen nicht arbeiten | 0      |
| <b>Bewegungsumfang</b>      | 100% der Gegenseite                 | 25     |
|                             | 75-99% der Gegenseite               | 15     |
|                             | 50-74% der Gegenseite               | 10     |
|                             | 25-49% der Gegenseite               | 5      |
|                             | 0-24% der Gegenseite                | 0      |
| <b>Griffstärke</b>          | 100% der Gegenseite                 | 25     |
|                             | 75-99% der Gegenseite               | 15     |
|                             | 50-74% der Gegenseite               | 10     |
|                             | 25-49% der Gegenseite               | 5      |
|                             | 0-24% der Gegenseite                | 0      |

Tabelle 4: Mayo-Wrist-Score nach Cooney und Bussey [11]

| Punkte | Beurteilung  |
|--------|--------------|
| 90-100 | Sehr gut     |
| 80-89  | Gut          |
| 65-79  | Befriedigend |
| <65    | Schlecht     |

Tabelle 5: Bewertung des Mayo-Wrist-Score nach Lamey &amp; Fernandez und Cooney &amp; Bussey [11, 41]

## 10.4 Krimmer-Score

| Kategorie                 | Befund   | Punkte |         |    |
|---------------------------|--|--------|---------|----|
| <b>Schmerz</b>            | VAS  |        |         |    |
|                           | Sehr stark, extrem   | 76-100 | 0       |    |
|                           | Mit/ohne Belastung   | 51-75  | 10      |    |
|                           | Nur bei Belastung  | 26-50  | 15      |    |
|                           | Schmerzfrei  | 0-25   | 20      |    |
| <b>Gebrauchsfähigkeit</b> | Starke Einschränkung bei täglicher Aktivität                 |        | 0       |    |
|                           | Mäßige Einschränkung   |        | 10      |    |
|                           | Einschränkung bei bestimmten Aktivitäten                     |        | 20      |    |
|                           | Normal, keine Einschränkung                                  |        | 30      |    |
| <b>Bewegungsumfang</b>    | Extension/Flexion Ulnar/Radialabduktion Pronation/Supination |        |         |    |
|                           | <30  | <10    | <80     | 0  |
|                           | 31-60  | 10-35  | 81-110  | 10 |
|                           | 61-100   | 36-50  | 111-140 | 15 |
|                           | >100   | >50    | >140    | 20 |
| <b>Griffstärke</b>        | 0-24% der Gegenseite   |        | 0       |    |
|                           | 25-49% der Gegenseite  |        | 10      |    |
|                           | 50-74% der Gegenseite  |        | 20      |    |
|                           | 75-100% der Gegenseite                                       |        | 30      |    |

Tabelle 6: Krimmer-Score [33]

| Punkte | Beurteilung  |
|--------|--------------|
| 90-100 | Sehr gut     |
| 80-89  | Gut          |
| 65-79  | Befriedigend |
| <65    | Schlecht     |

Tabelle 7: Bewertung des Krimmer-Score [33]

## 10.5 Anamnesebogen

### Anamnesebogen

Datum: \_\_\_\_\_

( ) Frau ( ) Herr

Name \_\_\_\_\_

Vorname \_\_\_\_\_

Geburtsdatum \_\_\_\_\_

1. Händigkeit ( ) Rechtshänder ( ) Linkshänder
2. Seite der operierten Hand ( ) rechts ( ) links
3. Erlerner Beruf \_\_\_\_\_
4. Berufliche Tätigkeit vor der Operation \_\_\_\_\_
5. Aktuelle berufliche Tätigkeit \_\_\_\_\_
6. War ein handgelenksbedingter Berufswechsel erforderlich? ( ) nein ( ) ja
7. Bestand oder besteht eine vermehrte Belastung des betroffenen Handgelenks  
z.B. durch Beruf oder Hobby? ( ) nein ( ) ja  
Wenn ja, durch \_\_\_\_\_
8. Haben Sie Probleme mit der Gegenseite? ( ) nein ( ) ja  
Wenn ja, inwiefern? \_\_\_\_\_
9. Haben Sie vor der OP geraucht? ( ) nein ( ) ja  
Wenn ja, wie viele Zigaretten pro Tag? \_\_\_\_\_
10. Rauchen Sie aktuell? ( ) nein ( ) ja  
Wenn ja, wie viele Zigaretten pro Tag? \_\_\_\_\_

11. Sind bei Ihnen Vorerkrankungen bekannt?

- |                                |                               |                             |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Diabetes mellitus              | <input type="checkbox"/> nein | <input type="checkbox"/> ja |
| Arterielle Verschlusskrankheit | <input type="checkbox"/> nein | <input type="checkbox"/> ja |
| Fettstoffwechselstörung        | <input type="checkbox"/> nein | <input type="checkbox"/> ja |
| Andere: _____                  | <input type="checkbox"/> nein | <input type="checkbox"/> ja |

12. Wurden andere (nicht-operative) Therapieversuche vor der OP unternommen?

Wenn ja, geben Sie bitte das Datum, die Dauer und die Art der Therapie an.

nein  ja

---

---

---

13. Welche Beschwerden hatten Sie vor der OP?

- Schmerz
- Schwellung
- Kraftverlust
- Funktionsverlust
- Bewegungseinschränkung
- Fehlstellung
- Sonstige: \_\_\_\_\_

14. Wie lange bestanden die Beschwerden vor der OP? \_\_\_\_\_

15. Wie lange waren Sie nach der OP krank geschrieben? \_\_\_\_\_

16. Sind Sie mit dem kosmetischen Ergebnis zufrieden?  nein  ja

17. Würden Sie die Operation aus heutiger Sicht noch einmal durchführen lassen?

nein  ja

18. Sind Komplikationen (Infektionen, Wundheilungsstörungen, Sehnen- oder Nervenschäden, etc) nach der OP aufgetreten?  nein  ja

Wenn ja, geben Sie bitte den Zeitpunkt und die Art der Komplikationen an.

---

---

---

---

19. Sind Folgeeingriffe aufgrund der Erkrankung durchgeführt worden?

Wenn ja, geben Sie bitte das Datum und -falls bekannt- die Methode der Operation (Was wurde gemacht?) an.  nein  ja

---

---

---

---

20. Welche Nachbehandlungen haben Sie erhalten?

Gips (geschlossen) Wann? \_\_\_\_\_ Dauer? \_\_\_\_\_

Art? \_\_\_\_\_

Schiene Wann? \_\_\_\_\_ Dauer? \_\_\_\_\_

Art? \_\_\_\_\_

Krankengymnastik Wann? \_\_\_\_\_ Häufigkeit? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

sonstige Therapie \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Wann? \_\_\_\_\_ Dauer? \_\_\_\_\_

21. Nehmen Sie aktuell Medikamente aufgrund der Erkrankung (wie z.B. Schmerzmittel) ein? ( ) nein ( ) ja

Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_  
warum? \_\_\_\_\_  
wann? \_\_\_\_\_  
wie oft? \_\_\_\_\_  
seit wann? \_\_\_\_\_

22. Hatten Sie von der Erkrankung unabhängige Erkrankungen oder Verletzungen der Hände bzw. der Arme, die die operierte Seite betreffen?

Wenn ja, geben Sie bitte den Zeitpunkt, die Seite und Art der Erkrankung oder Verletzung sowie deren Versorgung bzw. Therapie an.

• Vor der OP? ( ) nein ( ) ja

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

• Nach der OP? ( ) nein ( ) ja

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 10.6 Fragebogen

# Fragebogen

Datum: \_\_\_\_\_

( ) Frau ( ) Herr

Name \_\_\_\_\_

Vorname \_\_\_\_\_

Geburtsdatum \_\_\_\_\_

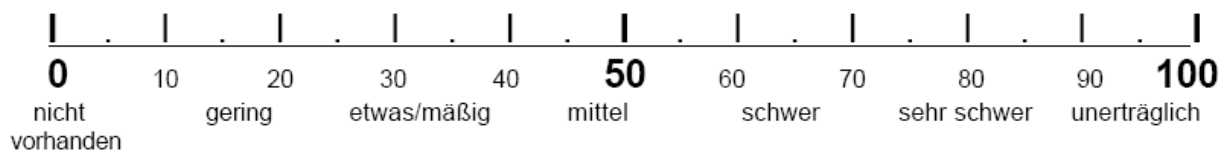
Bitte lesen Sie die Antwortmöglichkeiten aufmerksam durch und kreuzen diejenige Aussage an, die am ehesten auf Sie zutrifft.

Vielen Dank für Ihre Mithilfe!

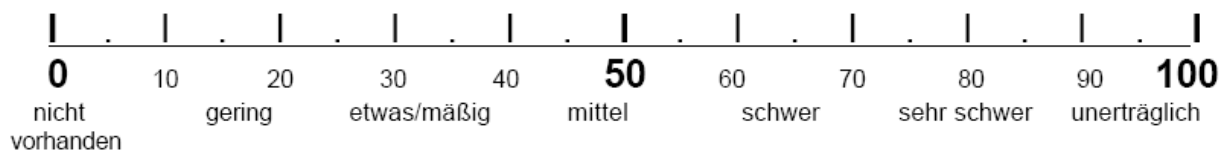
### 1. Schmerz

#### 1.1 Visuelle Analog-Skala zur Schweregradbeurteilung von Symptomen

1.1.1 Bitte markieren Sie auf der Skala, wie stark Sie die Schmerzen vor der Operation empfunden haben.



1.1.2 Bitte markieren Sie auf der Skala, wie stark Sie die Schmerzen aktuell empfinden.





1.2 Welche Art von Schmerz hatten Sie vor der Operation und welche haben Sie aktuell?

Kreuzen Sie bitte die zutreffende Aussage in der jeweiligen Spalte an.

vor OP      aktuell

|  |  |    |   |
|--|--|----|---|
|  |  | 25 | Kein Schmerz                                  |
|  |  | 20 | Leichter Schmerz bei starker Aktivität        |
|  |  | 20 | Schmerz nur bei Wetteränderung                |
|  |  | 15 | Mittelgradiger Schmerz bei starker Aktivität  |
|  |  | 15 | Leichter Schmerz bei Alltagstätigkeiten       |
|  |  | 5  | Mittelgradiger Schmerz bei Alltagstätigkeiten |
|  |  | 0  | Ruhschmerz                                    |

Mayo Wrist Score

## 2. Zufriedenheit

2.1 Wie zufrieden sind Sie mit Ihrem Operationsergebnis?

|  |    |                                    |
|--|----|------------------------------------|
|  | 25 | Sehr zufrieden                     |
|  | 20 | Mittelmäßig zufrieden              |
|  | 10 | Nicht zufrieden, aber arbeitsfähig |
|  | 0  | Nicht zufrieden, arbeitsunfähig    |

Mayo Wrist Score

2.2 Wie beurteilen Sie den Zustand nach der Operation?

|  |   |                          |
|--|---|--------------------------|
|  | 6 | Gebessert/voll zufrieden |
|  | 2 | Gleichgeblieben          |
|  | 0 | Schlechter/unzufrieden   |

Martini Score

### 3. Funktion

Wie beurteilen Sie Ihre Handfunktion vor der Operation und wie schätzen Sie diese aktuell ein?

Kreuzen Sie bitte die zutreffende Aussage in der jeweiligen Spalte an.

vor OP    aktuell

|  |  |    |  |
|--|--|----|--|
|  |  | 30 | Normal, keine Einschränkung                                |
|  |  | 20 | Arbeitsfähig, eingeschränkt nur bei speziellen Tätigkeiten |
|  |  | 10 | Arbeitsfähig, erhebliche Einschränkungen                   |
|  |  | 0  | Arbeitsunfähig, starke Einschränkung im Alltag             |

Krimmer Score

**Wir bedanken uns für Ihre Mitarbeit!**

10.7 Untersuchungsbogen

**Untersuchungsbogen**

Datum: \_\_\_\_\_

Untersucher: \_\_\_\_\_

Patientennummer: \_\_\_\_\_

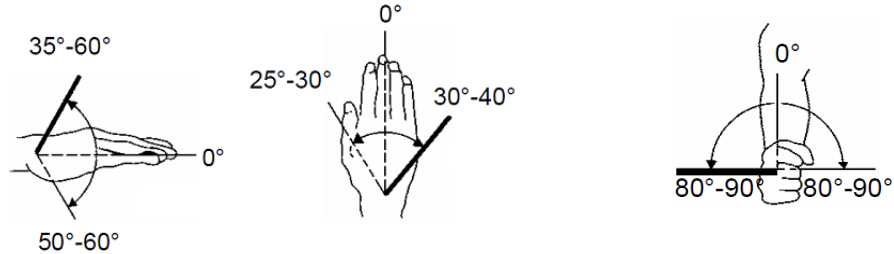
( ) Frau ( ) Herr

Name \_\_\_\_\_

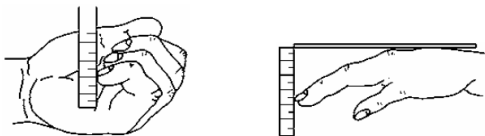
Vorname \_\_\_\_\_

Geburtsdatum \_\_\_\_\_

**1. Beweglichkeit**



|        | Extension/Flexion | Radial-/Ulnarabduktion | Pronation/Supination |
|--------|-------------------|------------------------|----------------------|
| Rechts |                   |                        |                      |
| Links  |                   |                        |                      |



**Fingergelenke (in cm)**

Nagelrand/quere Hohlhandfalte

Nagelrand/verl. Handrückenebene

**Rechts**

**Links**

| Rechts |     |    |   | Links |     |    |   |
|--------|-----|----|---|-------|-----|----|---|
| II     | III | IV | V | II    | III | IV | V |
|        |     |    |   |       |     |    |   |
|        |     |    |   |       |     |    |   |

**2. Kraft**

- Jamardynamometer (Stufe 3) in kg

|                    | Rechts | Links |
|--------------------|--------|-------|
| 1. Messung         |        |       |
| 2. Messung         |        |       |
| 3. Messung         |        |       |
| <b>Maximalwert</b> |        |       |

- Vigorimeter in kp

|                    | Rechts | Links |
|--------------------|--------|-------|
| 1. Messung         |        |       |
| 2. Messung         |        |       |
| 3. Messung         |        |       |
| <b>Maximalwert</b> |        |       |

**3. Allgemeines**

- Narbe \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- Schwellung(sneigung) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

⇒ Handgelenksumfang      rechts \_\_\_\_\_      links \_\_\_\_\_

(bei hängendem Arm distal des Proc. styl. radii in cm gemessen)

- Druckschmerz \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- Sonstige Auffälligkeiten \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### 4. Bewegungsumfang

- Pronation/Supination

|  |    |                       |
|--|----|-----------------------|
|  | 25 | 100% der Gegenseite   |
|  | 15 | 75-99% der Gegenseite |
|  | 10 | 50-74% der Gegenseite |
|  | 5  | 25-49% der Gegenseite |
|  | 0  | 0-24% der Gegenseite  |

- Ulnar-/Radialabduktion

|  |    |                       |
|--|----|-----------------------|
|  | 25 | 100% der Gegenseite   |
|  | 15 | 75-99% der Gegenseite |
|  | 10 | 50-74% der Gegenseite |
|  | 5  | 25-49% der Gegenseite |
|  | 0  | 0-24% der Gegenseite  |

- Extension/Flexion

|  |    |                       |
|--|----|-----------------------|
|  | 25 | 100% der Gegenseite   |
|  | 15 | 75-99% der Gegenseite |
|  | 10 | 50-74% der Gegenseite |
|  | 5  | 25-49% der Gegenseite |
|  | 0  | 0-24% der Gegenseite  |

**5. Griffstärke (Grobgriff)**

- Jamardynamometer (Stufe 3) in kg

|  |    |                       |
|--|----|-----------------------|
|  | 25 | 100% der Gegenseite   |
|  | 15 | 75-99% der Gegenseite |
|  | 10 | 50-74% der Gegenseite |
|  | 5  | 25-49% der Gegenseite |
|  | 0  | 0-24% der Gegenseite  |

- Vigorimeter in kp

|  |    |                       |
|--|----|-----------------------|
|  | 25 | 100% der Gegenseite   |
|  | 15 | 75-99% der Gegenseite |
|  | 10 | 50-74% der Gegenseite |
|  | 5  | 25-49% der Gegenseite |
|  | 0  | 0-24% der Gegenseite  |

## **Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die Dissertation selbstständig verfasst habe und keine anderen als die angegebenen Quellen als Hilfsmittel verwendet habe.

Gegen mich ist kein strafrechtliches Ermittlungs- oder Disziplinarverfahren eingeleitet.

Bad Reichenhall, Juli 2013

---

## **Danksagung**

Zunächst danke ich Herrn Dr. med. K. D. Werber, dem ehemaligen Leiter der Handchirurgie im Klinikum rechts der Isar, ganz herzlich für die Überlassung des Themas und die gute Beratung.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. J. Lohmeyer, der mich in all der Zeit hervorragend betreute und mir stets geduldig mit Rat und Tat zur Seite stand. Durch sein außerordentliches Engagement und seine immer sehr hilfreiche Unterstützung war er maßgeblich an der Verwirklichung dieser Dissertation beteiligt. Vielen Dank für die gute Zusammenarbeit.

Genauso möchte ich mich auch bei allen Mitarbeitern des Ambulanzbereichs der Handchirurgie im Klinikum rechts der Isar bedanken, die einen reibungslosen und patientenfreundlichen Ablauf der Nachuntersuchung ermöglichten.

Mein Dank geht auch an die Mitarbeiter der radiologischen Abteilung des Klinikums rechts der Isar, ohne die eine Röntgendiagnostik und Auswertung nicht durchführbar gewesen wäre.

Zum Abschluss danke ich Herrn Professor Dr. med. H. G. Machens, Leiter der Klinik und Poliklinik für Plastische Chirurgie und Handchirurgie des Klinikums rechts der Isar der Technischen Universität München, der die Einreichung der Dissertation und damit die Erlangung der Doktorwürde ermöglichte.



## **Lebenslauf**

### **Persönliche Daten**

Name, Vorname: Hanusch, Miriam  
Geburtsdatum: 31.03.1985  
Geburtsort: Bad Reichenhall  
Familienstand: ledig  
Staatsangehörigkeit: deutsch

### **Schulausbildung**

1991-1995 Grundschole Marzoll  
1995-2004 Karlsruhgymnasium Bad Reichenhall  
Abitur in Latein, Biologie, Englisch, Religion

### **Studium**

2004-2007 Ludwig-Maximilians-Universität München  
Studium der Humanmedizin (Vorklinik)  
März 2007 Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung  
2007-2011 Technische Universität München  
Fortsetzung des Studiums (Klinik)  
April/Mai 2011 Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung

### **Berufsleben**

Seit Dezember 2011 Assistenzärztin für Anästhesiologie  
Schön Klinik Vogtareuth

Bad Reichenhall, Juli 2013

---