

AUS DEM UNIVERSITÄTSKLINIKUM MÜNSTER  
KLINIK UND POLIKLINIK FÜR UNFALL-, HAND- UND WIEDERHERSTELLUNGSSCHIRURGIE

DIREKTOR: UNIV.-PROF. DR. MED M. J. RASCHKE

**Ergebnisse nach palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese bei  
AO 23 A3, C1, C2 und C3 Frakturen des distalen Radius**

INAUGURAL - DISSERTATION  
ZUR  
ERLANGUNG DES DOCTOR MEDICINAE  
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT  
DER WESTFÄLISCHEN WILHELMS-UNIVERSITÄT MÜNSTER

VORGELEGT VON BANGEN, DENNIS

AUS MÜNSTER

2005

GEDRUCKT MIT GENEHMIGUNG DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT DER  
WESTFÄLISCHEN WILHELMS-UNIVERSITÄT MÜNSTER

DEKAN: UNIV.-PROF. DR.MED. H. JÜRGENS

1. BERICHTERSTATTER: PRIV.-DOZ. DR. MED. R.MEFFERT

2. BERICHTERSTATTER: PRIV.-DOZ. DR. MED.U.LILJENQVIST

TAG DER MÜNDLICHEN PRÜFUNG: 26.OKTOBER 2005

AUS DEM UNIVERSITÄTSKLINIKUM MÜNSTER

KLINIK UND POLIKLINIK FÜR UNFALL-, HAND- UND WIEDERHERSTELLUNGSSCHIRURGIE

DIREKTOR: UNIV.-PROF. DR. MED. M. J. RASCHKE

REFERENT: PRIVAT-DOZENT DR. MED. R. MEFFERT

KORREFERENT: PRIVAT-DOZENT DR. MED. U. LILJENQVIST

## ZUSAMMENFASSUNG

### **Ergebnisse nach palmarer, winkelstabiler Plattenosteosynthese bei**

### **AO 23 A3, C1, C2 und C3 Frakturen des distalen Radius**

### **Bangen, Dennis**

In der vorliegenden Arbeit wird die distale Radiusfraktur in ihrer Behandlung mit palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthesen untersucht. Als häufigste Fraktur des menschlichen Skeletts und der Hand als wichtigstem Instrument des Menschen ist eine schnelle und erfolgreiche Behandlung wichtig. Nachdem zuerst auf die spezielle Problematik des distalen Radius und seinen Frakturen eingegangen wird, erfolgt später eine Vorstellung einiger Platten in Form und Funktion sowie ein Vergleich der aktuellen Literatur zu diesem Thema.

Untersucht wurden 49 Patienten und 51 distale Radiusfrakturen, die von 01/2001 bis 07/2003 in der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie in Münster mit der LCP (41,2%) bzw. der Jupiter-Platte (58,8%) der Firma Synthes® behandelt wurden. Unter den Patienten fanden sich 36 Frauen (73,5%, 17–82 Jahre) und 13 Männer (26,5%, 18–58 Jahre). Insgesamt lag das Durchschnittsalter am Operationstag bei 55,3 Jahren (Frauen 60,2, Männer 35,5 Jahre). Die Nachuntersuchungen fanden bei 95,9% der Patienten im Mittel  $8,1 \pm 4,0$  Monate (3-21) nach Frakturereignis statt. Bis auf 2 Flexionsfrakturen waren alle anderen Extensionsfrakturen. Die Frakturen wurden nach der AO-Klassifikation eingeteilt. Mit 60,8% traten AO 23 C Frakturen am häufigsten auf. Komplikationen ereigneten sich in 13,7% der Fälle, zumeist Sehnenrupturen.

Die radiologischen und funktionellen Ergebnisse wurden mit Hilfe des Scores von Gartland und Werley ausgewertet. Danach konnten 36,7% sehr gute, 38,8% gute, 14,3% befriedigende und 10,2% schlechte Ergebnisse erzielt werden. Eine subjektive Befragung erbrachte 84% Patienten, die mit ihrer Behandlung zufrieden waren. Als die am erfolgreichsten behandelte Fraktur zeigte sich die AO 23 C1 Fraktur. Bei Untersuchung blieb den Patienten eine um durchschnittlich 14% eingeschränkte Beweglichkeit im Vergleich zur gesunden Gegenseite. Die postoperativen Röntgenbilder waren in allen Werten signifikant besser ( $p < 0,05$ ) als die präoperativen.

Der Vergleich der eigenen Ergebnisse mit denen der aktuellen Literatur erbrachte eine weitestgehende Übereinstimmung der Daten. Der dort propagierte positive Grundtenor zur winkelstabilen palmaren Plattenosteosynthese bei distaler Radiusfraktur kann mitgetragen werden. Sie ist ein effektives Therapiekonzept in der Behandlung distaler Radiusfrakturen.

Tag der mündlichen Prüfung: 26. Oktober 2005

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>DER DISTALE RADIUS</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Anatomie</b> .....	<b>2</b>
2.1.1	Knöchernen Strukturen.....	2
2.1.2	Diskus und Kapselbandapparat .....	3
2.1.3	Muskulatur, Gefäße und Nerven .....	5
<b>2.2</b>	<b>Gelenkmechanik</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3</b>	<b>Radiologische Kriterien und wichtige physiologische Winkel</b> .....	<b>11</b>
2.3.1	Radiuslänge, Radioulnarer Index (radial length / height).....	11
2.3.2	Radiusbasiswinkel (radial tilt).....	12
2.3.3	Palmarer Kippwinkel (palmar tilt).....	12
2.3.4	Radial- und Dorsalverschiebung (radial, dorsal shift).....	12
<b>3</b>	<b>DIE DISTALE RADIUSFRAKTUR</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Historie</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>Definition und Differentialdiagnosen</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3</b>	<b>Epidemiologie</b> .....	<b>15</b>
<b>3.4</b>	<b>Altersstruktur und altersspezifische Unfallart</b> .....	<b>16</b>
3.4.1	Distale Radiusfraktur im Alter .....	17
3.4.2	Vergleich älterer zu jüngeren Menschen.....	18
3.4.3	Distale Radiusfraktur im Kindesalter .....	19
<b>3.5</b>	<b>Frakturmechanismen</b> .....	<b>21</b>
<b>3.6</b>	<b>Klinik</b> .....	<b>23</b>
<b>3.7</b>	<b>Begleitverletzungen</b> .....	<b>24</b>
3.7.1	Frakturen des Processus styloideus ulnae und Schädigung des TFCC .....	24

3.7.2	Ligamentäre Verletzungen .....	25
3.7.3	Frakturen der Handwurzelknochen und Knorpelschäden .....	27
<b>3.8</b>	<b>Frakturklassifikationen .....</b>	<b>27</b>
3.8.1	Klassifikation nach Frykmann .....	29
3.8.2	Klassifikation nach Melone .....	29
3.8.3	Klassifikation nach Fernandez und Jupiter .....	30
3.8.4	Mayo-Klassifikation .....	30
3.8.5	AO-Klassifikation .....	31
<b>3.9</b>	<b>Therapie.....</b>	<b>33</b>
3.9.1	Ziele .....	33
3.9.2	Therapieformen .....	34
3.9.2.1	Konservative Behandlung .....	36
3.9.2.2	Kirschner-Draht-Osteosynthese .....	37
3.9.2.3	Intrafokale Verdrahtung nach Kapandji .....	39
3.9.2.4	Schraubenosteosynthese .....	40
3.9.2.5	Fixateur-Extern .....	41
3.9.2.6	Plattenosteosynthesen .....	43
3.9.2.7	Winkelstabile palmare Platte .....	47
3.9.3	Kostenübersicht .....	49
<b>3.10</b>	<b>Komplikationen .....</b>	<b>50</b>
3.10.1	Nervenirritationen .....	50
3.10.2	Fehlstellungen .....	51
3.10.3	Sehnenkomplikationen .....	52
3.10.4	Morbus Sudeck (sympathische Reflexdystrophie, Kausalgie) .....	53
3.10.5	Gelenkarthrosen .....	53
3.10.6	Behandlungsspezifische Komplikationen .....	54
<b>3.11</b>	<b>Versorgungskonzept der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie Münster zur palmaren winkelstabilen Platte .....</b>	<b>55</b>
3.11.1	Klinische Erstbeurteilung .....	55
3.11.2	Operative Therapie .....	55
3.11.3	Nachbehandlung .....	58

<b>4</b>	<b>PATIENTEN, MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>60</b>
<b>4.1</b>	<b>Studiendesign .....</b>	<b>60</b>
<b>4.2</b>	<b>Patienten.....</b>	<b>60</b>
<b>4.3</b>	<b>Frakturklassifikation .....</b>	<b>60</b>
<b>4.4</b>	<b>Verwendete Implantate.....</b>	<b>61</b>
<b>4.5</b>	<b>Protokoll.....</b>	<b>62</b>
<b>4.6</b>	<b>Radiologische Methodik.....</b>	<b>63</b>
<b>4.7</b>	<b>Beurteilungsschema.....</b>	<b>64</b>
<b>4.8</b>	<b>Statistische Analyse .....</b>	<b>64</b>
<b>5</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>65</b>
<b>5.1</b>	<b>Beschreibung der Patienten.....</b>	<b>65</b>
5.1.1	Epidemiologie.....	65
5.1.2	Unfallursachen.....	66
<b>5.2</b>	<b>Frakturdaten.....</b>	<b>67</b>
5.2.1	Seitenlokalisierung .....	67
5.2.2	Klassifikation.....	68
5.2.3	Weitere Frakturdaten .....	68
5.2.4	Zusatzverletzungen.....	68
<b>5.3</b>	<b>Therapie und Komplikationen .....</b>	<b>69</b>
5.3.1	Überblick der therapeutischen Maßnahmen .....	69
5.3.2	Versorgung der Frakturen.....	70
5.3.3	Krankengymnastische Übungen .....	70
5.3.4	Revision und Metallentfernung.....	70
5.3.5	Komplikationen .....	71
<b>5.4</b>	<b>Radiologische Ergebnisse.....</b>	<b>78</b>

<b>5.5</b>	<b>Auswertung .....</b>	<b>81</b>
5.5.1	Untersuchung der Patienten bezüglich Beweglichkeit .....	81
5.5.2	Untersuchung der Patienten bezüglich Kraft.....	84
5.5.3	Vermessung der Patienten .....	84
5.5.4	Protokoll von Gartland und Werley .....	84
<b>5.6</b>	<b>Subjektives Ergebnis .....</b>	<b>87</b>
<b>6</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>88</b>
<b>6.1</b>	<b>Epidemiologische Daten.....</b>	<b>88</b>
<b>6.2</b>	<b>Frakturdaten.....</b>	<b>90</b>
6.2.1	Allgemeines .....	90
6.2.2	Klassifikation.....	91
6.2.3	Zusatzverletzungen.....	92
<b>6.3</b>	<b>Allgemeiner Vergleich der Studien.....</b>	<b>93</b>
<b>6.4</b>	<b>Therapie.....</b>	<b>94</b>
6.4.1	Verwendete Implantate.....	95
6.4.2	Zusatzstabilisation .....	97
<b>6.5</b>	<b>Komplikationen .....</b>	<b>98</b>
<b>6.6</b>	<b>Radiologische Ergebnisse.....</b>	<b>100</b>
<b>6.7</b>	<b>Funktionelle Ergebnisse .....</b>	<b>101</b>
<b>6.8</b>	<b>Auswertung .....</b>	<b>103</b>
6.8.1	Protokoll nach Gartland and Werley .....	104
6.8.2	DASH-Score.....	105
6.8.3	Andere Scores.....	105
<b>6.9</b>	<b>Schlußfolgerungen.....</b>	<b>107</b>
6.9.1	Die Literatur .....	107
6.9.2	Die Studie .....	108

<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>110</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>111</b>
<b>9</b>	<b>LEBENS LAUF.....</b>	<b>122</b>
<b>10</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>124</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Knöcherne Strukturen im Bereich des Handgelenkes: links von dorsal, rechts von palmar [104]	2
Abbildung 2: Ulnokarpaler Komplex, Präparat in Epoxidharz imprägniert [130]	3
Abbildung 3: Radiokarpalgelenk von dorsal eröffnet [104]	4
Abbildung 4: Oben: Bänder von palmar. Unten: Bänder von dorsal [130]	5
Abbildung 5: Muskeln, Gefäße und Nerven des Unterarmes. Oben: Unterarm von palmar, links oberflächlich, rechts tief. Unten: Unterarm von dorsal, links oberflächlich, rechts tief. [104]	6
Abbildung 6: Nervöse Versorgung der Handgelenke (nach Wilhelm 1958), links palmar, rechts dorsal [130]	8
Abbildung 7: Beweglichkeit des Handgelenkes: links Flexion und Extension, rechts Radial- und Ulnarabduktion [130]	10
Abbildung 8: In Bild a ist die Radiuslänge sowie die Radialverschiebung erläutert, in Bild b der Radiusbasiswinkel und in Bild c der palmare Kippwinkel und die Dorsalverschiebung. Mit angegeben sind die jeweiligen Normwerte.	11
Abbildung 9: Abraham Colles (1773-1843), Gemälde aus dem Royal College of Surgeons in Irland	13
Abbildung 10: Typische Frakturtypen: Colles-Fraktur seitlich und AP, Smith- Fraktur I, III, Barton (=Smith II) und reversed Barton-Fraktur, (Aus Green's operative hand surgery, ed 4, New York, 1999, Churchill Livingstone)	14
Abbildung 11: Metaphysärer Knochendefekt nach Reposition (nach Pechlaner 2000 sowie Meffert et al 2003)	18
Abbildung 12: Tabelle zum Vergleich distaler Radiusfrakturen bei jüngeren und älteren Patienten. (von --: wenig, gering, bis ++: stark, viel)	19
Abbildung 13: Kindliche Frakturen; a: Stauchungsfrakturen (Wulstbrüche), b: Biegungsfrakturen, c: Epiphysenlockerung und -lösung, evtl. mit Ausbruchkeil. (nach L. v. Laer, 2001)	20

Abbildung 14: Typischer Frakturmechanismus der Colles-(re) und Smith-(li) Fraktur (nach Schumpelick, 2000)	21
Abbildung 15: Frakturmechanismus der Colles Fraktur, Castaing 1964 [87]	22
Abbildung 16: Chauffeur- und Die-punch-Fraktur [44]	23
Abbildung 17: a: Bajonette-Stellung b: Fourchette Fehlstellung bei Extensionsfraktur, c: bei Flexionsfraktur (nach Schumpelick, 2000)	24
Abbildung 18: Perilunäre Luxation	26
Abbildung 19: Frykman-Klassifikation	29
Abbildung 20: Melone-Klassifikation	30
Abbildung 21: Mayo-Klassifikation	31
Abbildung 22: AO-Klassifikation	32
Abbildung 23: A: Reposition nach Böhler, B: Reposition nach Charnley und C: Dreipunktgips	37
Abbildung 24: Krischner-Draht-Fixierung einer einfachen artikulären Fraktur AO 23 B1 (nach Pechlaner 2000)	38
Abbildung 25: Intrafokale Verdrahtung nach Kapandji einer AO 23 A2 Fraktur	39
Abbildung 26: Fixateur mit Doppelkugelgelenk, a: Standardfixateur mit Kompressions-Distraktionsmodul (rechts) b: für extraartikuläre Montage mit T-Backe (rechts), Kompr.-Distr.-Modul (links)	41
Abbildung 27: Ligamentotaxis nach Gupta [46]	43
Abbildung 28: dorsale Zugangswege [132]	44
Abbildung 29: Beispiel einer dorsalen Platte: $\pi$ -Platte der Firma Synthes®	45
Abbildung 30: a: 3 Säulen-Theorie nach Rikli und Regazzoni [121] , b und c: dorsoradiale Osteosynthese (Synthes®)	46
Abbildung 31: Querschnitt durch das Handgelenk auf Höhe des Tuberculum listeri (nach Pechlaner, 2000)	46
Abbildung 32: a: LCP-Platte am Knochen, b: Funktionsweise der winkelstabilen Platte (Synthes®)	48
Abbildung 33: N. medianus und Aufzweigungen sowie Retinaculum flexorum (nach Pechlaner, 2000)	51
Abbildung 34: A: Reposition der Fraktur nach Böhler 1953 sowie B: intraoperative Lagerung des Armes [132]	56

Abbildung 35: Zugangsweg, a: im Querschnitt, b: mit M. pronator quadratus, b: abgelöster Muskel, [104;132]	57
Abbildung 36: Patient mit AO23 C2 Fraktur, Röntgenbilder AP und seitlich vor und nach Jupiterplattenosteosynthese (aus UKM)	57
Abbildung 37: 23 jährige Patientin mit AO 23 C1 (aus UKM)	58
Abbildung 38: AO 23 A3 Fraktur einer 64 jährigen Patientin, gewünschte Metallentfernung (aus UKM)	59
Abbildung 39: Implantate: a: Jupiter Platte, b: LCP 3,5mm, (beide Synthes®)	61
Abbildung 40: a: 1,8mm Abstützstifte mit Gewindekopf, b: 3,5mm winkelstabile Kopfverriegelungsschraube, c: Rundloch mit konischem Gewinde, d: Kombinationsloch (Synthes®)	61
Abbildung 41: Kraftmessung	63
Abbildung 42: Prozentuale Verteilung der Patienten verschiedener Altersgruppen abhängig vom Geschlecht (n=51)	65
Abbildung 43: Unfallursachen, in absoluten Zahlen (n=49)	66
Abbildung 44: Jahreszeitliche Verteilung der mit palmarer Platte versorgten Unfälle in Prozent (n=51)	67
Abbildung 45: Anzahl der Frakturen eingeteilt nach Frakturklassifikation nach AO (n=51)	68
Abbildung 46: Zusatzstabilisation absolut und in Prozent (n=51)	70
Abbildung 47: Plattendimensionen absolut und in Prozent (n=51)	70
Abbildung 48: Häufigkeit postoperativer subjektiver geringfügiger Veränderungen zur Gegenseite.	72
Abbildung 49: Komplikationen in absoluten Zahlen, mit Mehrfachnennungen	73
Abbildung 50: Konventionelle Röntgenaufnahmen ap und seitlich sowie CT des Handgelenkes mit intraartikulärer Schraubenlage (aus UKM)	74
Abbildung 51: Zusammenschau der radiologischen Ergebnisse	78
Abbildung 52: Teil 1 der Ergebnisse der Auswertung der Röntgenbilder mit Standardabweichungen	79
Abbildung 53: Teil 2 der Ergebnisse der Auswertung der Röntgenbilder	79

Abbildung 54: Entfernung zum Normwert: präoperativ und postoperativ	80
Abbildung 55: Röntgenologische Ergebnisse der „sehr guten“ Patienten (n=18), mit Standardabweichungen	80
Abbildung 56: Beweglichkeit der Handgelenke, angegeben mit Neutral-0- Methode	82
Abbildung 57: Postoperative Beweglichkeit im Handgelenk mit SD	83
Abbildung 58: Teil 1 - Auswertung nach <i>Gartland und Werley</i> . Die erste Spalte zeigt die möglichen Punkte, die zweite die jeweilige Patientenanzahl, die entsprechende Punkte erreichten.	84
Abbildung 59: Teil 2 - Auswertung nach Gartland und Werley	85
Abbildung 60: Ergebnisse nach <i>Gartland und Werley</i> (n=49)	86
Abbildung 61: Ergebnisse im Bezug auf den Frakturtyp nach AO- Klassifikation (n=49)	86
Abbildung 62: Kosmetische und Funktionelle Zufriedenheit	87
Abbildung 63: Gesamtzufriedenheit.	87
Abbildung 64: Durchschnittsalter und Anzahl an Frauen und Männern	89
Abbildung 65: Frakturformen und Seitenangaben	91
Abbildung 66: Frakturtypen nach AO	92
Abbildung 67: Patientenanzahl, tatsächlich Nachuntersuchte, Beobachtungszeitraum in Monaten	93
Abbildung 68: Zeit von Frakturereignis bis zur Operation in Tagen.	94
Abbildung 69: Verwendete Implantate	95
Abbildung 70: a: Locking screw plate der Firma Mathys-Synthes® b: 2,4mm LCP der Firma Synthes® c: multidirektionale Patte der Firma Medartis®	96
Abbildung 71: a: DVR-Platte der Firma Hand innovations®; b: Königsee®- Implantat	97
Abbildung 72: Zusatzstabilisation (Sp-pl=Spongiosaplastik)	97
Abbildung 73: Komplikationsrate	98
Abbildung 74: Radiologische Ergebnisse	100
Abbildung 75: Funktionelle Ergebnisse, Beweglichkeit in Grad, Kraft in Prozent der Gegenhand	102

Abbildung 76: Funktionelle Ergebnisse, Beweglichkeit und Kraft in Prozent der gesunden Gegenhand	102
Abbildung 77: Beweglichkeit nach palmarer winkelstabiler Platteosts Synthese am 10. postoperativen Tag nach AO 23 C1 Fraktur	102
Abbildung 78: Verwendete Scores	104
Abbildung 79: Ergebnisse der Studien, die das Protokoll von <i>Gartland und Werley</i> verwenden	104
Abbildung 80: Durchschnittliche Punktzahl bei der DASH-Score	105
Abbildung 81: Auswertung aller Artikel	105

# 1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit untersucht die Behandlungseffektivität der winkelstabilen palmaren Platte bei distalen Radiusfrakturen, den häufigsten Frakturen des menschlichen Skeletts. Aufgrund der demographischen Veränderungen der Industrieländer mit stark erhöhter Lebenserwartung, des hohen Aktivitätslevels in Beruf und Freizeit und nicht zuletzt aufgrund des hohen Anspruchsdenkens unserer Patienten, stellt dieser Frakturtyp auch heute noch eine erhebliche Herausforderung an den Chirurgen dar. Aus der großen Anzahl an Therapieoptionen von rein konservativen bis zu operativen bei selbst stabilen Frakturformen, gilt es, die Ergebnisse definierter Frakturtypen eines Behandlungskonzeptes zu analysieren.

Die Therapie unterlag gerade im letzten Jahrzehnt einem erheblichen Wandel, was die Behandlungsstrategien angeht. Wurden früher noch fast alle Frakturen, auch komplizierte, einer konservativen Behandlung unterzogen, so geht der Trend nun mehr zur operativen Therapie hin. Hier sind Kirschnerdrähte, Schraubenosteosynthesen, der Fixateur-Extern und die Plattenosteosynthesen zu nennen.

Sind die Brüche doch oft leicht geschlossen zu reponieren, so ist die Retention des erreichten Ergebnisses um so schwerer. Auch die Tatsache, dass die konservative Therapie mit bis zu 30% unbefriedigenden Ergebnissen bei vielen Patienten Folgeschäden hervorruft, führte in den unfallchirurgischen Behandlungsstrategien zu einem erheblichen Wandel. Eine Vielzahl verschiedener Konzepte wurde entwickelt und etabliert. Eine von ihnen ist die winkelstabile Platte, die entweder über einen dorsalen, palmaren, oder kombiniert radial-dorsoulnaren Zugang an den Radius gebracht wird.

Das für das Handgelenk junge System der winkelstabilen Platte bietet den Vorteil einer sofortigen Übungsstabilität, was eine lange Ruhigstellung des Handgelenkes verhindert. Denn schon 1814 warnte *Colles* seine Kollegen vor einer zu langen Ruhigstellung des Handgelenkes. Des Weiteren sind die kürzere Behandlungsdauer und die geringere Arbeitsunfähigkeitszeit bei der großen sozioökonomischen Relevanz der distalen Radiusfraktur von Interesse. Im Gegensatz hierzu müssen hohe Implantatkosten bei diagnosebezogener Pauschalisierung der Vergütung (DRG) in Kauf genommen werden. Die Analyse der erzielten Ergebnisse eines Implantatsystems bei definierten Frakturtypen ist also von großem medizinischen und wirtschaftlichen Interesse.

## 2 Der distale Radius

Um die Problematiken der Frakturen und Therapien am distalen Radius zu verstehen, ist eine Kenntnis seiner Strukturen im Gesunden unabdingbar. Aus diesem Grund werden die anatomischen, funktionellen und radiologischen Grundbegriffe in diesem Kapitel näher erläutert.

### 2.1 Anatomie

#### 2.1.1 Knöcherne Strukturen

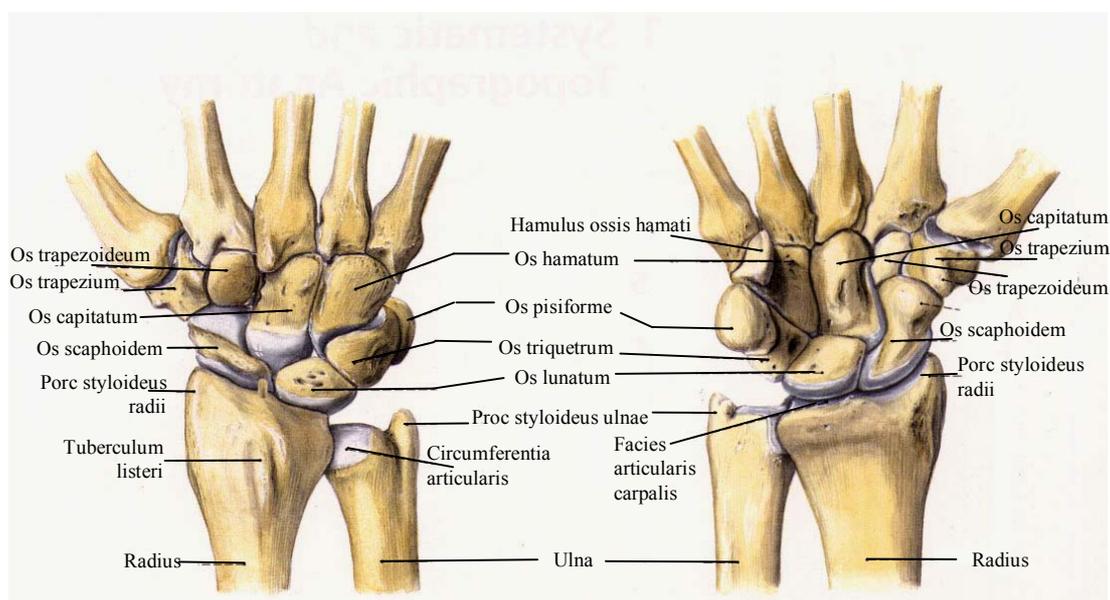


Abbildung 1: Knöcherne Strukturen im Bereich des Handgelenkes: links von dorsal, rechts von palmar [104]

Bei der Bildung des Handgelenks spielen folgende Knochen eine wichtige Rolle:  
Der proximale Anteil des Gelenkes (Radiocarpalgelenk) wird aus Radius und Ulna gebildet. Diese haben als Gegenspieler das Os scaphoideum, das Os lunatum sowie das Os triquetrum. Man kann dieses Gelenk dementsprechend in drei Abschnitte unterteilen, die Artikulation des Radius mit dem Scaphoid und dem Lunatum, getrennt durch die sagittale Crista am Radius, sowie die Artikulation der Ulna, bzw. des Discus triangularis mit dem Triquetrum und dem ulnaren Anteil des Lunatums (siehe auch Abbildung 3). Das distale Handgelenk (Mediocarpalgelenk) wird aus den

obengenannten Mittelhandknochen und dem Os trapezium, trapezoideum, capitatum und dem Os hamatum gebildet.

### 2.1.2 Diskus und Kapselbandapparat

Auf der Ulna, zwischen dem Processus styloideus ulnae und der ulnaren Seite des Radius ist der dreieckige faserknorpelige Discus articularis befestigt und aufgespannt. Er füllt den Spalt zwischen Ulnakopffläche und den Ossa lunatum et triquetrum als Gelenkscheibe aus und stellt ein adaptierendes und druckübertragendes Element dar. Befestigt ist der Diskus zum einen am Radius zum anderen ist er im Bereich der Ulna sowohl mit dem Processus styloideus selbst als auch radial mit dessen Basis verwurzelt. Verbindungen bestehen zudem zum Os triquetrum, hamatum und dem Os metacarpale V. Durch die Sehne des Musculus extensor carpi ulnaris wird er dynamisch unter Spannung gehalten. Bei einer Fraktur des Styloids muß sich also der Griffelfortsatz nicht unbedingt Ablösen, da die basale Fixierung erhalten bleiben kann.

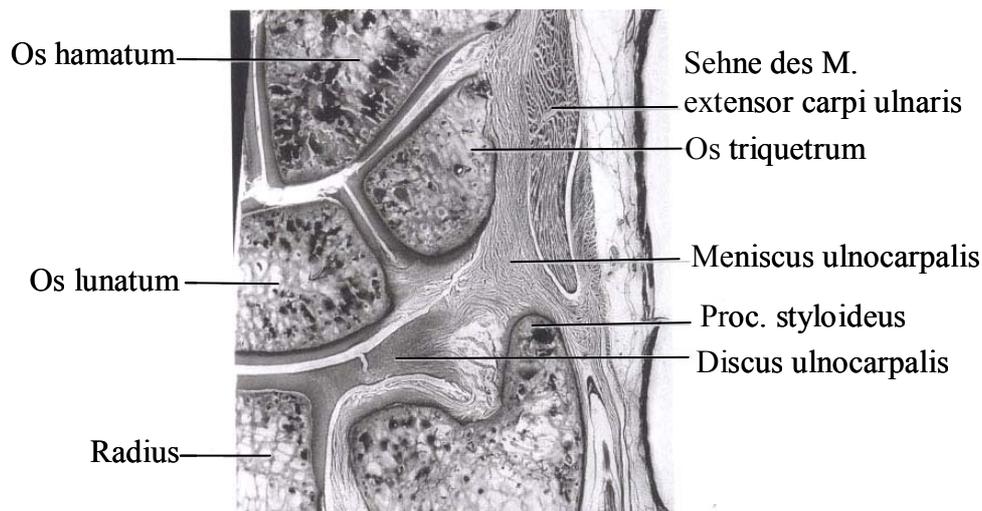


Abbildung 2: Ulnokarpaler Komplex, Präparat in Epoxidharz imprägniert [130]

Die Gelenkkapseln beider Gelenke sind an der Knorpel-Knochen-Grenze der beteiligten Knochen befestigt. Beim Radioulnargelenk erweitert sie sich auf der dorsalen Seite zu einem Recessus sacciformis, durch den der notwendige Bewegungsspielraum für die Drehbewegungen geschaffen wird. Die Kapsel des distalen Handgelenkes ist mit dem Discus articularis fest verwachsen.

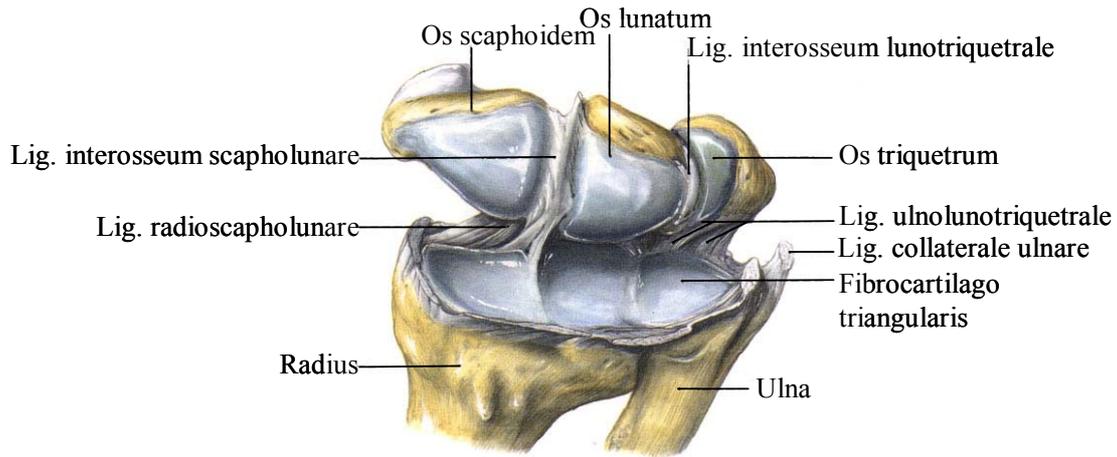


Abbildung 3: Radiokarpalgelenk von dorsal eröffnet [104]

Die wesentlichen Bänder des Handgelenks liegen intrakapsulär, die Kapsel des Radiokarpalgelenks wird so an der palmaren, dorsalen und radialen Seite zusätzlich verstärkt.

Die Gruppierung der für die Gelenkfunktion wichtigen Bänder erfolgt als beidseitige Kollateralbänder und als palmare und dorsale Bandzüge, von denen die palmaren Bänder stärker und daher von größerer Bedeutung als die dorsalen sind. Unter funktionellen Aspekten werden die Bandzüge zu einem V-Bandkomplex zusammengefaßt, dessen Faserzüge auf der palmaren Seite auf das Os capitatum und Os lunatum gerichtet sind (palmares V-Band) und dorsal mit dem Os triquetrum ein vergleichbares dorsales V-Band bilden (Agee 1993). Taleisnik [144] unterscheidet intrinsische, die Carpalknochen miteinander verbinden und extrinsische Bänder, welche den Carpus mit Radius und Metacarpus verbinden.

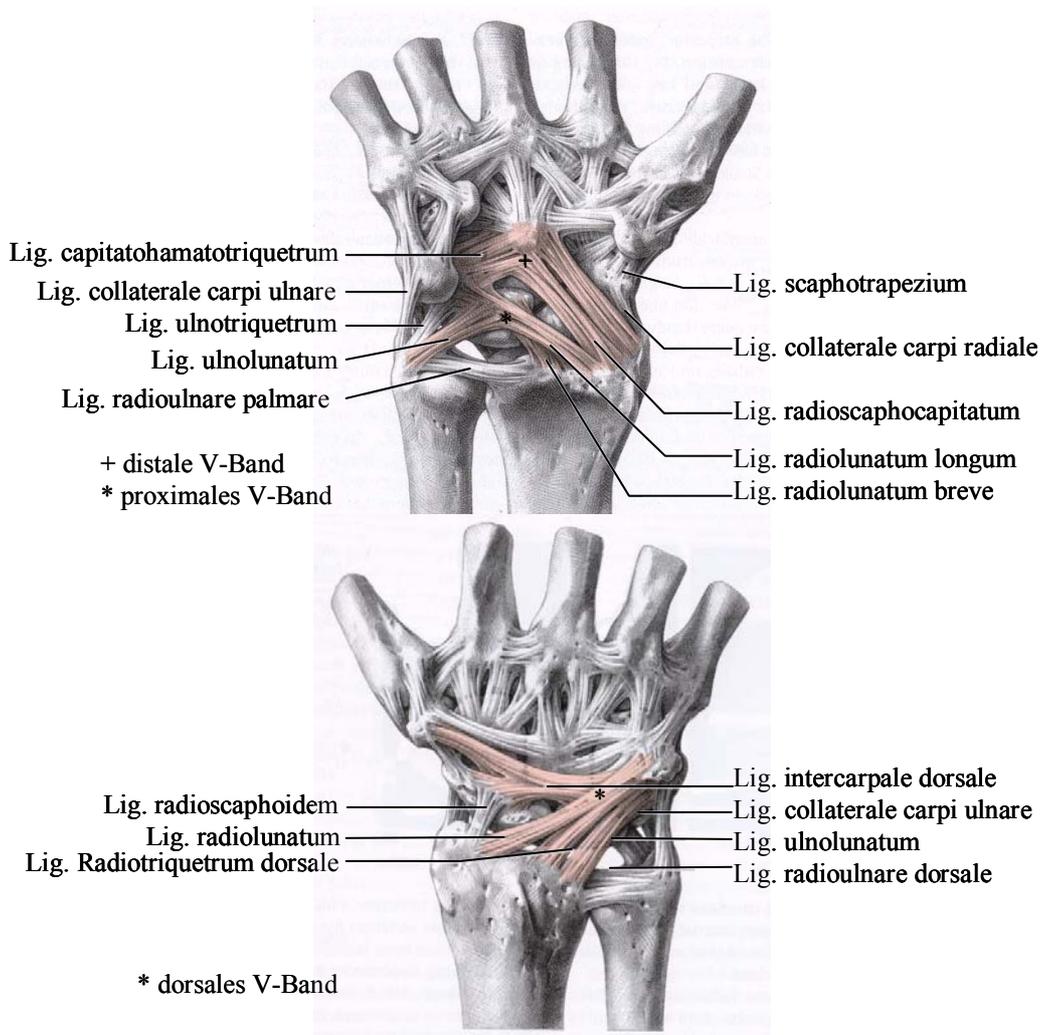


Abbildung 4: Oben: Bänder von palmar. Unten: Bänder von dorsal [130] .

### 2.1.3 Muskulatur, Gefäße und Nerven

Zwischen den Beugern und Streckern des Unterarms sind die Ossa antebrachii und die Membrana interossea antebrachii. Die Flexoren werden vom Nervus medianus und vom Nervus ulnaris innerviert, die Extensoren und die von ihnen abzuleitende Gruppe der radialen Muskeln, werden vom Nervus radialis versorgt.

Die Extensoren bestehen aus einer oberflächlichen, einer tiefen und einer radialen Schicht. Sie entspringen zu einem großen Teil am Epicondylus lateralis humeri und seiner Umgebung. Die Flexoren bestehen ebenfalls aus einer oberflächlichen und einer tiefen Gruppe und entspringen größtenteils am Epicondylus medialis.

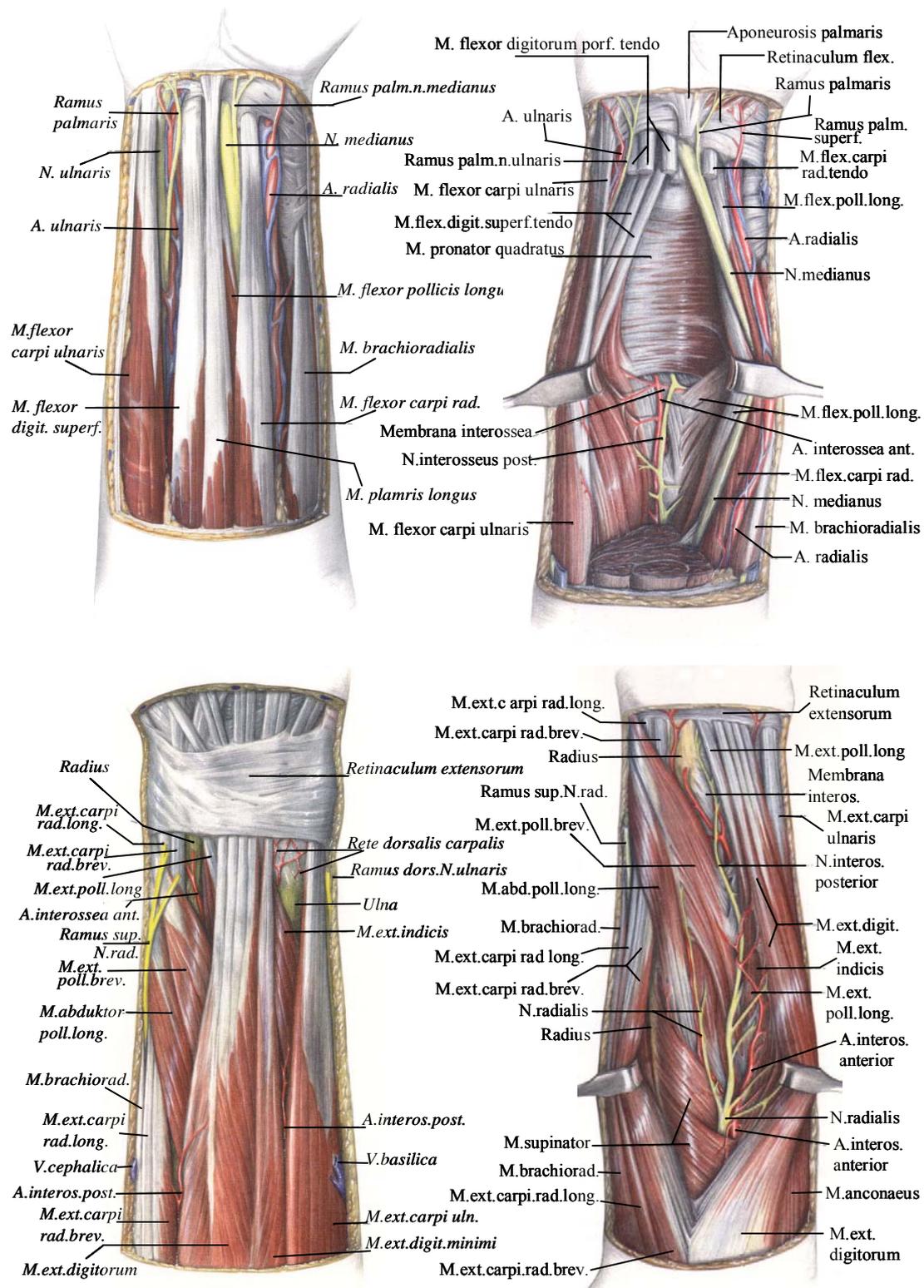


Abbildung 5: Muskeln, Gefäße und Nerven des Unterarmes. Oben: Unterarm von palmar, links oberflächlich, rechts tief. Unten: Unterarm von dorsal, links oberflächlich, rechts tief. [104]

Der einzige Muskel des Unterarmes, der seinen Ansatz und Ursprung im Bereich des Handgelenkes hat, ist der *Musculus pronator quadratus*. Er verbindet Elle und Speiche palmar im distalen Bereich miteinander und hilft bei der Pronation.

Umhüllt wird der Unterarm insgesamt von der *Fascia antebrachii*. Im Bereich des proximalen Handgelenkes bildet sie auf der Dorsalseite durch verstärkende Faserzüge das *Retinaculum extensorum*. Die Sehnen der Strecker werden hier in 6 Fächern geführt. Das *Retinaculum flexorum* auf der palmaren Seite ist eine bandartige Verbindung, durch die der *Sulcus carpi* zum *Canalis carpi*, dem Karpaltunnel vervollständigt wird. Durch diese Struktur verlaufen die Sehne der langen Fingerbeuger und der *Nervus medianus*.

Die arteriellen Gefäße im Bereich des Handgelenkes sind vor allem die beiden Hauptarterien *A. ulnaris* und *A. radialis*, die aus der *A. brachialis* entstehen.

Die *A. radialis* verläuft in einem Raum zwischen *M. flexor carpi radialis* (Flexorengruppe) und dem *M. brachioradialis* (radiale Gruppe der Extensoren), der radialen Gefäßnervenstrasse. Unmittelbar im Bereich des Radiokarpalgelenkes liegt sie so oberflächlich, dass ihr Puls gefühlt werden kann.

Leitmuskel der *A. ulnaris* ist der *M. flexor carpi ulnaris*. Unter ihm verläuft sie mit gleichnamiger Vene und Nerv (ulnare Gefäßnervenstrasse) und überquert dann das *Retinaculum flexorum*. Über den Handgelenken bilden beide Gefäße *Rami carpales*, die das *Rete carpale dorsale et palmare* bilden. Aus diesen Gefäßnetzen entspringen *Aa. Nutriciae carpales* zur Versorgung der Handgelenke. Des Weiteren sind so Kollateralkreisläufe zwischen *A. radialis et ulnaris* möglich, weshalb eine Unterbindung einer meist ohne Folgen bleibt.

Zwischen der oberflächlichen und tiefen Schicht der Flexoren zieht der *N. medianus* nach distal. Er verläuft medial der Sehne des *M. flexor carpi radialis*, dann unter dem *Retinaculum flexorum* durch den *Canalis carpi* zur Hohlhand. Sensibel versorgt er palmar die Haut der 3½ Finger und dorsal die Haut der Endglieder dieser Finger.

Durch die ulnare Gefäßnervenstrasse entlang des *M. flexor carpi ulnaris* zieht der *N. ulnaris* nach distal. Er zieht über das *Retinaculum extensorum* weiter zur Hand und sorgt hier für die sensible Innervation der ulnaren 2½ Finger.

Der Ramus superficialis des Nervus radialis zieht in der radialen Gefäßnervenstrasse und läuft am Übergang des mittleren zum distalen Drittel des Unterarmes auf die Streckseite, verzweigt sich in zwei bis drei Äste und innerviert dort die Haut des Handrückens. Die Äste sind meist auf der Sehne des M. extensor pollicis longus zu tasten. Die Grund- und Mittelglieder der radialen 2½ Finger sind sein sensibles Gebiet [94;131].

Bei der Versorgung der Handgelenke besteht meist aufgrund zahlreicher Anastomosen eine mehrwegige Innervation. Die Hauptversorgung geht palmar von Gelenkstäben des N. ulnaris, N. interosseus anterior und N. medianus, radial aus dem N. cutaneus antebrachii lateralis und dem R. superficialis n. radialis zu den Gelenken. Der Handrücken erhält hauptsächlich Gelenkstäbe aus dem N. interosseus posterior und dem N. cutaneus antebrachii posterior. Der ulnare Anteil der Handgelenke wird schließlich vom R. dorsalis manus des N. ulnaris erreicht (nach Wilhelm 1958 [153]).

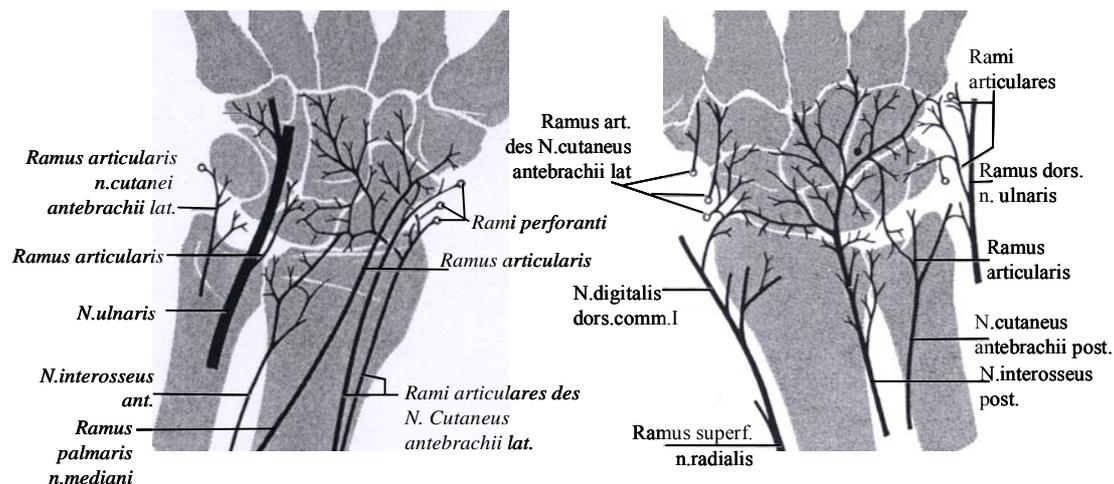


Abbildung 6: Nervöse Versorgung der Handgelenke (nach Wilhelm 1958), links palmar, rechts dorsal [130]

## 2.2 Gelenkmechanik

Der Handgelenkskomplex besteht aus zwei funktionellen Einheiten, welche sich gegenseitig beeinflussen.

Bei der Articulatio radioulnaris distalis, dem distale Radioulnargelenk, artikuliert die Circumferentia articularis des Caput ulnae mit der Incisura ulnaris des Radius. Das Radiokarpalgelenk wird durch die Facies articularis carpalis radii und dem Discus articularis auf der einen Seite und den proximalen Gelenkflächen der proximalen Reihe

der Handwurzelknochen (Os scaphoideum, lunatum und triquetrum) auf der anderen Seite gebildet.

Das distale Radioulnargelenk, ein Trochleagelenk, hat einen Freiheitsgrad und ist in Verbindung mit dem proximalen Radioulnargelenk und der Membrana interossea für die Pro- und Supinationsbewegung der Hand um die Längsachse verantwortlich. Der Bewegungsumfang beträgt aus der Mittelstellung (Neutral-0-Stellung), bei der die Hand sagittal steht und der Daumen nach oben zeigt,  $90^\circ$  für die Supination und  $85^\circ$  für die Pronation also  $90^\circ-0^\circ-85^\circ$ .

Die Articulatio radiocarpalis ist ein Ellipsoid-Gelenk, besitzt zwei Freiheitsgrade und ist für die Beugung (Palmarflexion) und die Streckung (Dorsalextension) sowie die Radial- und Ulnarabduktion der Hand zuständig. Es bildet einen Komplex mit dem mediokarpalen Gelenk. Dieses wird durch die Artikulation der proximalen Handwurzelknochenreihe mit der distalen, also dem Os trapezium, trapezoideum, capitatum und dem Os hamatum gebildet. Damit stellen auch diese Bewegungen ein Zusammenspiel dar, in diesem Fall vom Radiocarpal- und Mediocarpalgelenk. An der Palmarflexion ist vorwiegend das proximale, an der Dorsalextension das distale Handgelenk beteiligt. Es kann daher vereinfachend eine kombinierte Achse (Summationsachse), die transversal durch das Zentrum des Os capitatum verläuft, angenommen werden. So beträgt die Dorsalextension  $70^\circ$  und die Palmarflexion  $80^\circ$ , also  $70^\circ-0^\circ-80^\circ$ .

Die Radial- und Ulnarabduktion erfolgt um eine dorsopalmare Achse, die durch das Zentrum des Os capitatum verläuft. Bei der Bewegung nach radial spielt das Radiocarpalgelenk, bei der Bewegung nach ulnar das Mediocarpalgelenk eine größere Rolle. Aus der Mittelstellung (Unterarmachse und Längsachse des Mittelfingers bilden eine Gerade) beträgt der Umfang der Ulnarabduktion  $40^\circ$  und der Umfang der Radialabduktion nur  $15^\circ$  bis  $25^\circ$  also  $40^\circ-0^\circ-25^\circ$ .

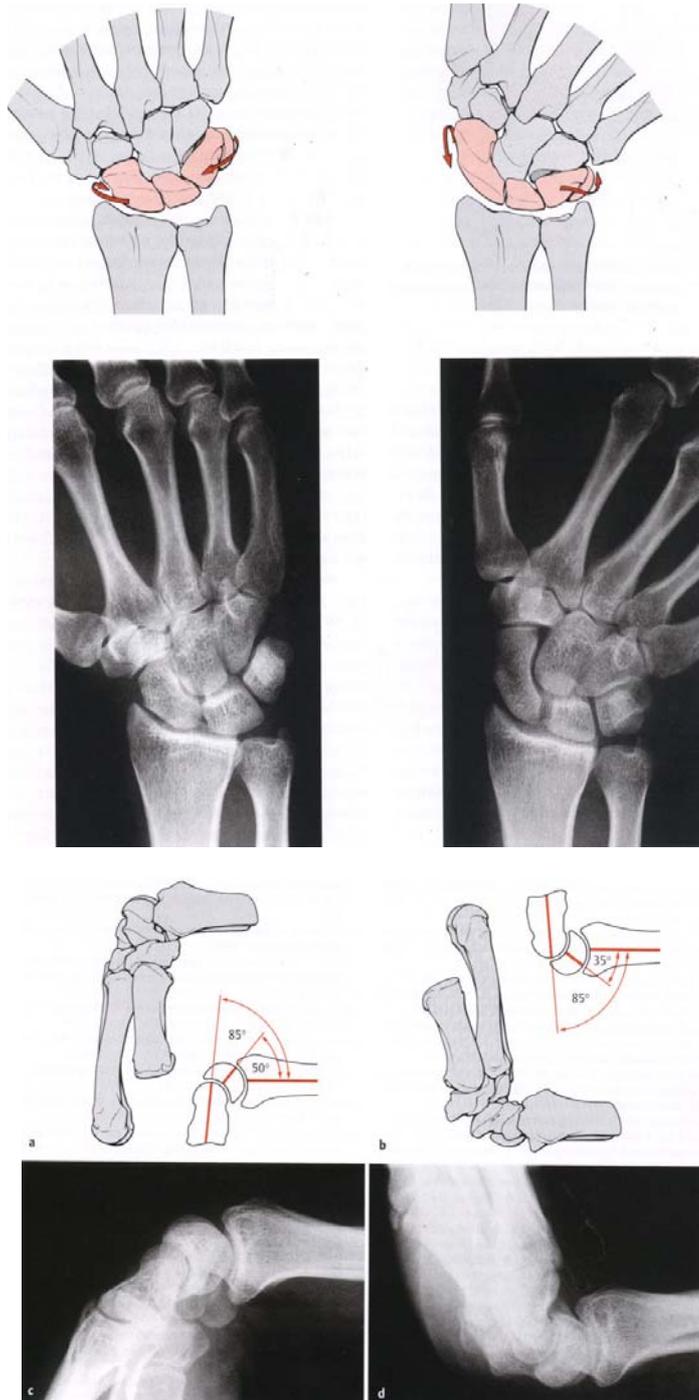


Abbildung 7: Beweglichkeit des Handgelenkes: links Flexion und Extension, rechts Radial- und Ulnarabduktion [130]

## 2.3 Radiologische Kriterien und wichtige physiologische Winkel

Sowohl für die Messung der physiologischen Winkel als auch für die Diagnose, die Klassifikation, die Behandlung und die postoperative Begleitung des Patienten sind die Röntgenaufnahmen bei der distalen Radiusfraktur Voraussetzung. Hier sind besonders zwei Aufnahmen zu nennen, zum einen die p.a.- Aufnahme, also eine Aufnahme im postero-anterioren Strahlengang, zum anderen die Aufnahme im seitlichen Strahlengang. Anhand dieser Bilder lassen sich mit einem Winkelmesser sowohl die *Böhler-Winkel* [14] als auch die möglichen Pathologien erfassen.

Andere Aufnahmeverfahren, wie die Magnetresonanztomographie oder die Computertomographie sind bei der klassischen distalen Radiusfraktur von untergeordnetem Interesse und bleiben komplexen Frakturformen oder Komplikationen vorbehalten.

Die in dieser Erhebung gemessenen Winkel sind im Folgenden in Bild und Text näher erläutert.

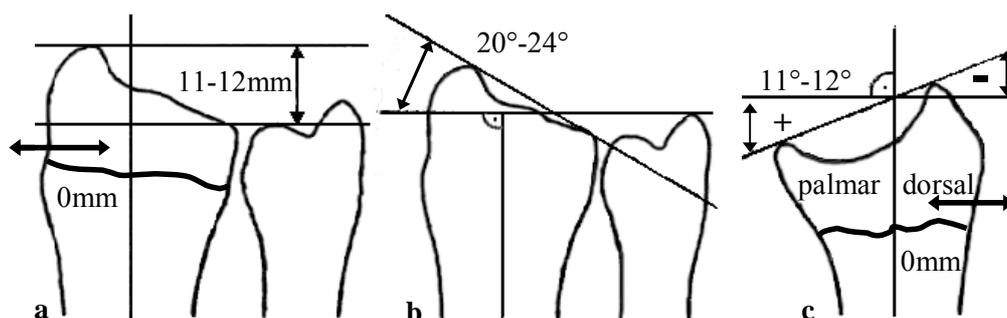


Abbildung 8: In Bild a ist die Radiuslänge sowie die Radialverschiebung erläutert, in Bild b der Radiusbasiswinkel und in Bild c der palmare Kippwinkel und die Dorsalverschiebung. Mit angegeben sind die jeweiligen Normwerte.

### 2.3.1 Radiuslänge, Radioulnarer Index (radial length / height)

Im a.-p.-Bild lassen sich die Radiuslänge bzw. der sogenannte radioulnare Index nach *Poigenfürst und Tuchmann* [126] ermitteln (Abbildung 8a), welcher die Strecke zwischen einer Orthograde zur Radiusschaftachse durch die Spitze des Processus styloideus radii und der ulnaren Gelenkfläche bezeichnet und zwischen 11 und 12 mm beträgt [94;125]. Ein Höhenverlust des Radius im Bezug zur Ulna kann festgestellt werden.

### **2.3.2 Radiusbasiswinkel (radial tilt)**

Ebenfalls im a.-p.-Strahlengang (Abbildung 8b) lässt sich mittels einer Orthograden zur radiären Schaftachse, welche durch die Mitte der radiokarpalen Gelenkfläche zieht die Kippung der radiokarpalen Gelenkfläche bestimmen. Sie beträgt im Durchschnitt 22-23 Grad und variiert zwischen 13 und 30 Grad [94;125;126] . Dieser Winkel wird auch als Böhlerwinkel a.-p. bezeichnet.

### **2.3.3 Palmarer Kippwinkel (palmar tilt)**

Im seitlichen Strahlengang lässt sich die in der Regel 11-12 Grad betragende palmare Kippung der Gelenkfläche, auch Böhlerwinkel seitlich genannt, bestimmen (Abbildung 8c). Sie stellt die Verbindung der dorsalen und palmaren Begrenzungspunkte der Radiusgelenkfläche und deren Winkel zur Radiusschaftachse dar [94] . Die Größe des Winkels kann im Normalkollektiv allerdings stark variieren [125;126] .

### **2.3.4 Radial- und Dorsalverschiebung (radial, dorsal shift)**

Zur eventuellen Dislokation des Radius nach radial bzw. dorsal sagen die Strecken radial und dorsal shift etwas aus. Der radial shift bezeichnet eine Verschiebung des distalen Fragmentes nach radial und bei negativen Werten dem entsprechend nach ulnar. Der dorsal shift spiegelt einen Versatz nach dorsal mit positivem bzw. nach palmar bei negativem Ergebnis wider.

### 3 Die distale Radiusfraktur

Die distale Radiusfraktur entspricht nicht der einfachen Fraktur der Speiche. Aufgrund der einwirkenden Kräfte sowie der häufig osteoporotisch geschwächten Radiusmetaphyse kommt es zu komplexen Verletzungen des Handgelenkes.

#### 3.1 Historie



Abbildung 9: Abraham Colles (1773-1843), Gemälde aus dem Royal College of Surgeons in Irland

Bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde die distale Radiusfraktur von *Colles* 1814, *Barton* 1838 und *Smith* 1847 genau beschrieben [11].

Und da Frakturen früher lediglich mit einem Eigennamen versehen wurden, wurde die extraartikuläre metaphysäre Radiusfraktur mit dorsaler Verschiebung entsprechend dem Erstbeschreiber *Abraham Colles* [22] als *Colles*-Fraktur benannt. Im französischen Sprachraum wird diese Fraktur nach ihrem Beschreiber von 1783 als *Pouteau*-Fraktur [114] bezeichnet.

Die Fraktur mit palmarer Verschiebung wurde entgegengesetzte *Colles*-Fraktur, *Goyrand*-Fraktur, oder auch *Smith*-Fraktur [138] genannt. Nach *Thomas* wurden diese weiter in Smith I, II und III unterteilt. Eine Fraktur mit Verschiebung des Carpus, gewöhnlich nach dorsalen Frakturen, erhielt den Namen *Barton*-Fraktur [8], das Gegenstück hierzu mit der Verschiebung eines Fragmentes nach palmar „reversed-

*Barton*“ (auch *Letenneur*-Fraktur), wobei die *Barton*-Fraktur der *Smith II* Fraktur entspricht.

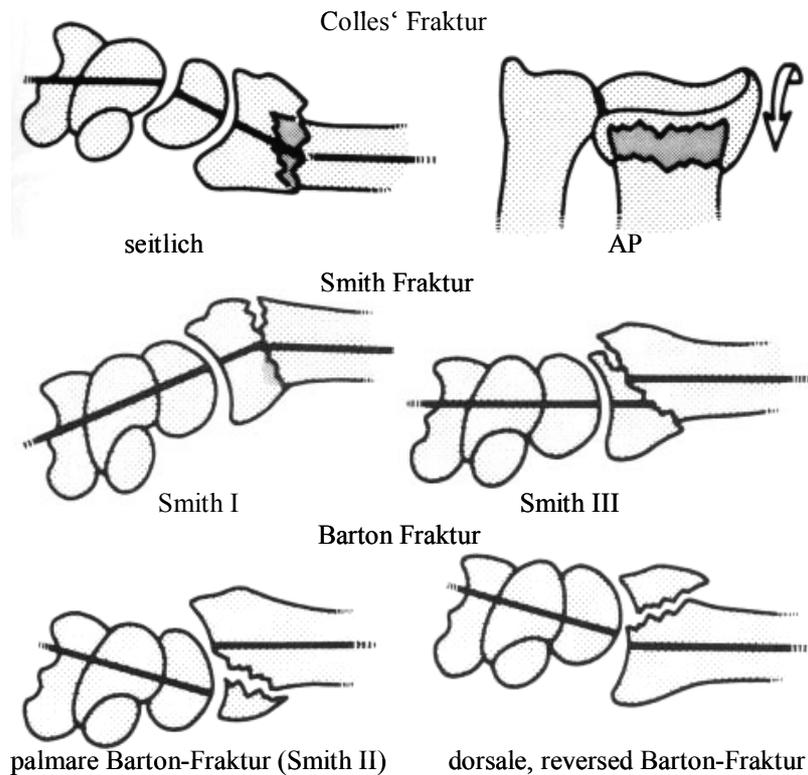


Abbildung 10: Typische Frakturtypen: Colles-Fraktur seitlich und AP, Smith- Fraktur I, III, Barton (=Smith II) und reversed Barton-Fraktur, (Aus Green's operative hand surgery, ed 4, New York, 1999, Churchill Livingstone)

Dr. *Abraham Colles* beschrieb die Frakturen des distalen Radius als die Möglichkeiten der Anästhesie (1846), der aseptischen Chirurgie (1865), der Röntgendiagnostik (1895) geschweige denn der Elektrizität (1879) noch nicht gab wie folgt:

*One consolation only remains, that the limb will at some remote period again enjoy perfect freedom in all its motions, and be completely exempt from pain; the deformity, however, will remain undiminished throughout life [136].*

Seitdem hat sich in der Diagnostik, der Klassifikation und der Behandlung der Frakturen sehr viel verändert. Man geht heute davon aus, dass eine anatomische Rekonstruktion der Gelenkfläche, der Längen- und Winkelverhältnisse des Radius Voraussetzungen sind, um tatsächlich eine schmerzfreie und kräftige Handgelenkfunktion wieder zu erlangen [11;13;32;59;70;102;128] . *McQueen und*

*Caspers* [82] konnten eine direkte Relation zwischen funktionellem Ergebnis und der Qualität der anatomischen Reposition aufzeigen.

### **3.2 Definition und Differentialdiagnosen**

Die distale Radiusfraktur ist eine extraartikuläre (metaphysäre), eine intraartikuläre (epiphysäre) oder eine kombinierte Fraktur der körperfernen Speiche. Die häufigste Ursache, eine solche Fraktur zu erleiden, ist der Sturz auf die dorsalextendierte Hand. Dieses führt zur *Colles*-Fraktur, der Fraktur in loco typico.

Als Differentialdiagnosen müssen die diaphysären Radiusfrakturen, Frakturen der Handwurzelknochen, der Ulna oder Luxationen genannt werden. Des Weiteren seien *Galeazzi*-Frakturen, *Monteggia*-Frakturen, Verstauchungen, Zerrungen, Bandverletzungen des Carpus, Arthrose oder *Grünholz*-Frakturen bei Kindern erwähnt.

### **3.3 Epidemiologie**

Die Fraktur des distalen Radius gehört neben der Sprunggelenkdistorsion zu den häufigsten, von Unfallchirurgen zu behandelnden Verletzungen. Sie macht etwa 1/6 aller Frakturen in einer chirurgischen Notaufnahme aus und ist in der unfallchirurgischen Praxis die am häufigsten zu behandelnde Verletzung [42;53;100;109;126;156]. Unter den Frakturen des Unterarmes macht sie alleine derzeit 75% aus. Durch unterschiedliche Kollektive wird ein Anteil an der Gesamtheit der Frakturen zwischen 10-25% angegeben [7;17;47;49;71;90;155].

Dem Bundesamt für Statistik [140] zufolge war der Anteil der distalen Radiusfrakturen an allein im Jahre 1996 in der BRD registrierten stationär behandelten Frakturen  $530.000 = 21\%$ .

Mit einer Inzidenz von etwa 2-4 pro 1000 Einwohner pro Jahr ist die distale Radiusfraktur die häufigste Fraktur des menschlichen Skeletts [42;53;100;126;146;150;156].

Für die Bevölkerung von Gross-Britannien hat *O'Neill* 2000 herausgefunden, daß die Inzidenz der Fraktur bei Frauen 37 pro 10.000 Einwohner pro Jahr und für Männer 9 pro 10.000 Einwohnern pro Jahr beträgt [48].

Schon jetzt sind mehr als 30% der Verletzten über 65 Jahre alt [16] . Nach *Meffert et al* 2002 waren in Münster in den Jahren 1991–2001 etwa 32% der Patienten älter als 65 Jahre. Auf Grund der durch die steigende Lebenserwartung sich weiter entwickelnden Altersstruktur in den westlichen Industrienationen zugunsten einer älter werdenden Bevölkerung, wird sich die Inzidenz der distalen Radiusfraktur bis zum Jahr 2030 um weitere 50% erhöhen [126] .

Und auch im Kindesalter ist die diastale Radiusfraktur keine Seltenheit. *Meffert et al* [85] bezifferten die Anzahl dieser Frakturen bezogen auf alle bei Kindern auftretenden Frakturtypen mit 22,4%, *von Laer* [66] mit 19,4%, was damit die häufigste Fraktur der oberen Extremität ist. Natürlich ist die Art der auftretenden Frakturen sowie die Behandlung eine Unterschiedliche. Während bei Erwachsenen die operative Therapie weiter im Vormarsch ist, so sind bei Kindern aufgrund des großen Korrekturpotenzials konservative Therapieschemata aktuell.

Des Weiteren ist die Fraktur von hoher sozioökonomischer Relevanz [146;150] . Die Arbeitsunfähigkeit ging zwar nach von *Böhler* [14] beschriebenen 144 Tagen im Jahre 1935 auf heutzutage immer noch etwa 67 Tage zurück, doch ist, je nach Frakturtyp, der Anteil an Rentenfällen mit 15-70% [117] sehr hoch. Andere Untersuchungen konnten zeigen, dass mehr als die Hälfte der Patienten zum Zeitpunkt der Verletzung im einem Beschäftigungsverhältnis standen [60] .

### **3.4 Altersstruktur und alterspezifische Unfallart**

Waren vor 20 Jahren noch überwiegend ältere Patienten um das sechzigste Lebensjahr von den distalen Radiusfrakturen betroffen, so hat sich in den letzten 20 Jahren ein weiterer Häufigkeitsgipfel unter den 20 bis 40 jährigen ergeben [50;107;135] . Die Altersverteilung ist also zweigipfelig.

Die erste Häufung in der zweiten und dritten Lebensdekade gilt vor allem für männliche Patienten. Hierbei sind meist heftigere Gewalteinwirkungen bei Arbeits- und Sportunfällen, Hochrasanzunfällen wie z.B. beim Inline-Skaten [75;156] , oder Stürze aus größerer Höhe ursächlich [30;125;137] . Auch als Kombinationsverletzung mit Polytrauma tritt diese Fraktur in dieser Altersgruppe gehäuft auf [156] .

Im zweiten Gipfel betrifft die distale Radiusfraktur bevorzugt die hellhäutige, ältere Bevölkerung [48;127;137] . Eine zunehmende Hinfälligkeit des Alters [16] und ein oft osteoporotischer Knochen führen in dieser Gruppe schon bei einer zumeist geringen Gewalteinwirkung wie der Sturz in der Ebene zu Frakturen am distalen Radius [30;125;137] .

Für das weibliche Geschlecht kann ein stetiger Anstieg der Frakturhäufigkeit ab der sechsten Lebensdekade beobachtet werden. Sie sind mehr als doppelt so häufig betroffen wie Männer [1;126] .

Es wurde geschätzt, dass eine 50 jährige weiße Frau aus den USA oder aus Nord-Europa ein lebenszeitliches Risiko von 40-50% hat, an einer distalen Radiusfraktur zu erkranken. Bei Männern liegt dieses bei nur 2% [16;25;48;120] .

Nach *Lauritzen* et al. [68] liegt das lebenszeitliche Risiko einer 60 jährigen Frau mit einer Lebenserwartung von 81 Jahren, eine distale Radiusfraktur zu erleiden, bei 17%.

### **3.4.1 Distale Radiusfraktur im Alter**

*Brug et al.* erklären das Frakturrisiko im Alter durch eine Kumulation indirekter wie auch direkter Prädispositionsfaktoren.

Indirekte Prädisposition bestehen aus präexistenten kardiovaskulären, aber auch Stoffwechselerkrankungen wie zum Beispiel den Diabetes mellitus. Direkte prädisponierende Faktoren, wie die Involutions- oder pathologische Osteoporose, denen eine Hauptbedeutung zukommt [16] , steigern ebenfalls das Frakturrisiko und müssen als primärer kausaler Zusammenhang genannt werden [32] .

Aufgrund der Altersstruktur der verunfallten Personen wie auch der Aufteilung des Geschlechts muß man von belastungsbedingten Veränderungen der epi- und metaphysären Knochenstruktur des Radius ausgehen. Die dorsal ausgedehnte Kompaktaschwäche des distalen Radius, sowie die osteoporotische Spongiosaausdünnung setzen bei einer plötzlich einwirkenden Kraft einen geringeren Widerstand entgegen [6;30] . Die Osteoporose begünstigt nicht nur die Frakturentstehung, sondern auch einen bestimmten Frakturtyp. Je nach Krafteinwirkung und Grad der Osteoporose entsteht eine mehr oder weniger irreversible Kompression der Spongiosa, die naturgemäß nach Entstauchung, also Reposition der begrenzenden

dünnen Corticalis einen Hohlraum hinterläßt. Es besteht die Gefahr der Zusammensinterung und eines radialen Längenverlust [16] .

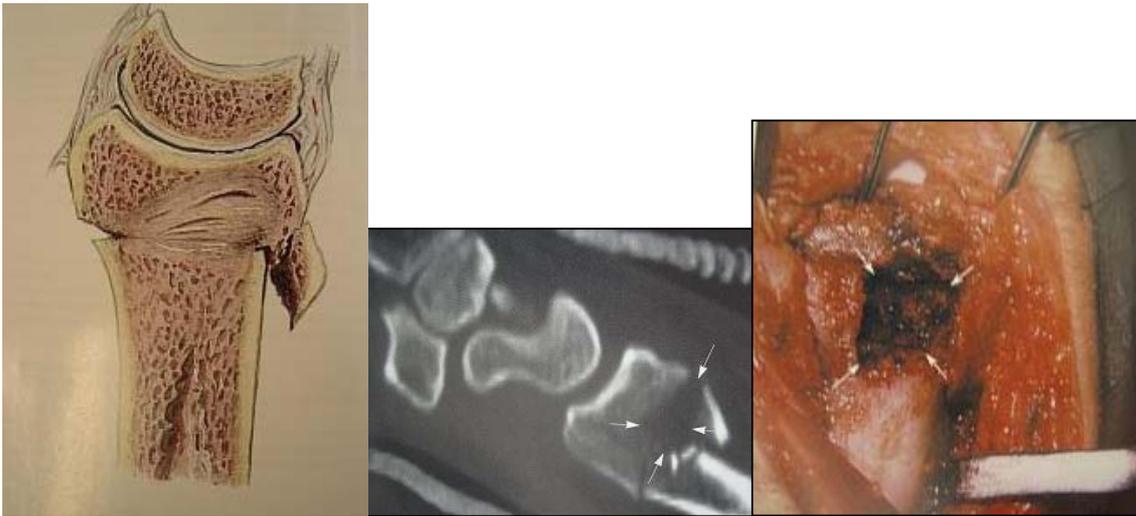


Abbildung 11: Metaphysärer Knochendefekt nach Reposition (nach Pechlaner 2000 sowie Meffert et al 2003)

Auch eine arthrosebedingte Gelenksteifigkeit und eine hypotrophe Muskulatur lassen das Sturztrauma ohne Schutzwirkung ungefedert auf den fragilen Knochen einwirken. Eine weitere altersspezifische Problematik stellen die Weichteile dar, da die oft pergamentartige Altershaut besonders anfällig für schwellungsbedingte posttraumatische Läsionen einerseits als auch für Druckulzera im Gips andererseits ist. Des Weiteren besteht bei älteren Menschen durch die Verwendung von Gehhilfen häufig ein hoher Belastungsanspruch auf das Handgelenk [76] . Gerade der alte Mensch benötigt eine frühzeitig stabile Situation nach Bruchversorgung, da in vielen Fällen zur Mobilisierung Gehhilfen genutzt werden müssen, sei es aus Gründen der altersbedingten Gebrechlichkeit, oder aufgrund simultaner Frakturen der unteren Extremität [89] .

*Kelsey et al* beschreiben die typische distale Radiusfraktur-Persönlichkeit als die ältere Dame mit niedriger Kalksalzdichte aber noch relativ gesund und aktiv und von guter neuromuskulärer Funktion [62] .

### 3.4.2 Vergleich älterer zu jüngeren Menschen

Vergleicht man die auftretenden Frakturen älterer Menschen mit denen jüngerer, so können einige Unterschiede festgestellt werden. Brüche junger Menschen mit guter

Knochenqualität zeichnen sich durch eine geringe Anzahl großer Frakturfragmente aus. Trümmerzonen (meist dorsalseitig) sind deutlich seltener als beim älteren, osteoporotischen Patienten. Bei älteren Menschen hingegen sind nach *Brug et al.* häufig ausgedehnte dorsale Trümmerzonen und Frakturen mit einer großen Anzahl an kleinen Fragmenten zu verzeichnen [16].

	jung	alt
Gewalteinwirkung	+ bis ++	- bis +
Osteoporose	seltener	häufig
Knochenqualität	+ bis ++	- -
(dorsale) Trümmerzonen	-	++
Anzahl der Fragmente	- bis +	+ bis ++
Größe der Fragmente	+	-

Abbildung 12: Tabelle zum Vergleich distaler Radiusfrakturen bei jüngeren und älteren Patienten. (von --: wenig, gering, bis ++: stark, viel)

### 3.4.3 Distale Radiusfraktur im Kindesalter

Die im Kindesalter auftretenden Frakturtypen und Behandlungsschemata unterscheiden sich grundsätzlich von denen bei Erwachsenen. Häufig auftretende Frakturen sind Grünholzfrakturen im dia-metaphysären Übergang, also unvollständige Frakturen mit erhaltenem, intaktem Periostschlauch. Im metaphysären Bereich sind Stauchungsbrüche eines oder beider Knochen mit Einstauchung der einer oder beider, dorsaler und palmarer Cortikalis und die selteneren Biegungsbrüche zu nennen. Die Epiphysenlockerungen und -lösungen des distalen Radius sind als häufigste Lokalisation aller Epiphysenlösungen wichtig. Sie entsprechen der Radiusfraktur loco typico des Erwachsenen.

Eine Phänomen, das so nur bei Kindern auftritt, ist das sehr große Korrekturpotenzial, das für die Frontal- und Sagittal-Verschiebung bis zu 50° beträgt. Seit-zu-Seit-Verschiebungen werden bis zur vollen Schaftbreite ausgeglichen. Ab dem 12. Lebensjahr nimmt dieses Potential ab. Gründe dafür sind der hohe Wachstumsanteil der distalen Vorderarmfugen und die ausgedehnten Bewegungsmöglichkeiten im Handgelenk.

Daher ist bei Kindern eine konservative Therapie mit Gipsschiene häufig ausreichend, bis etwa zum 8. Lebensjahr als Oberarmgips, dann als Vorderarmgips. Bei abgekippter Fraktur allerdings ist ab dem 12. Lebensjahr aufgrund abnehmendem

Korrekturpotentials eine ideale Stellung durch geschlossene Reposition mit nachfolgender definitiver Retention mit 1-2 Kirschner-Drähten anzustreben. Eine Indikation für eine offene Reposition bei Kindern ist ein Interponat des M.pronator quadratus in den Frakturspalt.

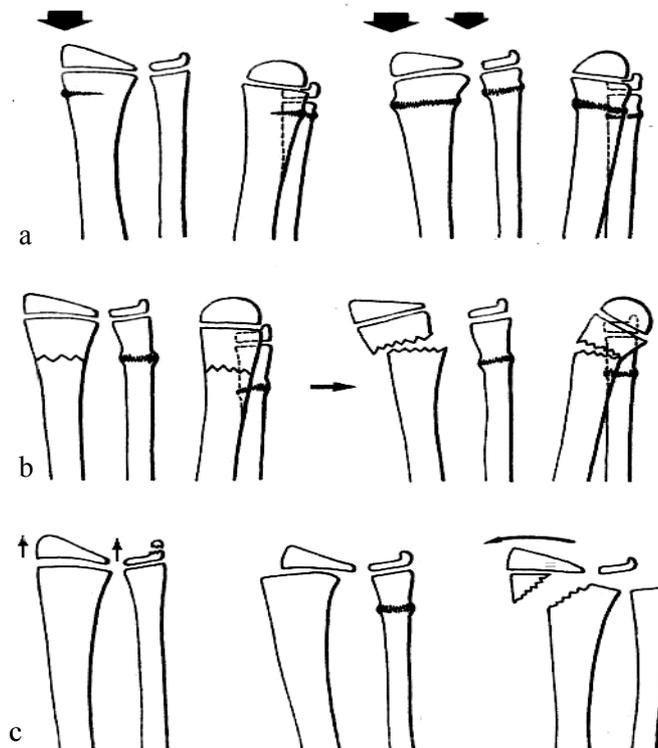


Abbildung 13: Kindliche Frakturen; a: Stauchungsfrakturen (Wulstbrüche),  
 b: Biegefrakturen, c: Epiphysenlockerung und -lösung,  
 evtl. mit Ausbruchkeil. (nach L. v. Laer, 2001)

Frakturen bei Kindern haben als weitere Besonderheit, was bei Erwachsenen nicht existiert, eine aus der passageren Stimulation auftretende Wachstumsstörung im Sinne eines Mehrwachstums. Gehäufte Reposition sowie mehrmalige Frakturen führen zu einem Längenwachstum des Radius gegenüber der Ulna, das allerdings meist geringgradig ausfällt und keine klinische Relevanz besitzt. Selten sind operative Längenkorrekturen nötig. Nach *Lutz von Laer* [66]

### 3.5 Frakturmechanismen

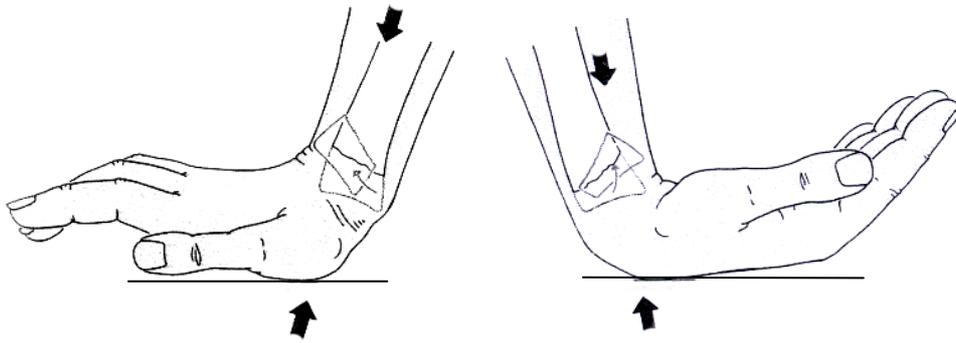


Abbildung 14: Typischer Frakturmechanismus der Colles-(re) und Smith-(li) Fraktur (nach Schumpelick, 2000)

Zur Entstehung einer Fraktur am distalen Radius kommt es vor allem durch Stürze, weniger durch direkte Gewalteinwirkung. *Palmer* [101] wies in experimentellen Arbeiten nach, daß etwa 80% der axial eingeleiteten Kräfte vom distalen Ende des Radius aufgenommen werden und etwa 20% vom distalen Ende der Ulna, bzw. des triangulären

fibrocartilaginären Komplexes. *Lindschied* [74] beschrieb die Verteilung der axial einwirkenden Kräfte anders. 46% träten im Bereich der Fossa lunata, 43% im Bereich der Fossa scaphoidea und 11% beim triangulären fibrocartilaginären Komplex auf.

Neben der Stellung des Handgelenks beim Auftreffen der einwirkenden Gewalt sind auch die Größe der einwirkenden Kraft, der individuelle Knochenbau sowie die Festigkeit des Knochens für die Entstehung der unterschiedlichen Bruchformen und eventueller Begleitverletzungen ausschlaggebend [94;111].

Bereits 1834 beschrieb *Dupuytren* [29] bei Kadaversuchen den Sturz auf die dorsal extendierte Hand als einen typischen Frakturmechanismus.

*Lilienfeld* [73] wies in seinen 1885 publizierten Studien auf die Bedeutung des Winkels der Extension der Hand sowohl im Hinblick auf die Beteiligung des Skaphoids, als auch der Gelenkfläche hin, während *Castaing* 1964 [19;126] eine Radial- bzw. Ulnaradduktion der Hand als bedeutsam für die ligamentären Zusatzverletzungen ausmachte.

So entstehen bei einem Extensionswinkel von 40 bis 90° und gleichzeitiger radialer oder ulnarer Abduktion zwischen 0 und 35° typische Frakturen des distalen Radiusendes. Dabei wird der notwendige Kraftaufwand für eine Fraktur mit zunehmendem Extensionswinkel größer. Bei einer Handgelenksstreckung von 90° und

mehr entstehen keine Radiusbrüche mehr, sondern Luxationen und Frakturen der Handwurzel. Bei einem Winkel geringer als  $40^\circ$  kommt es eher zu Brüchen im Unterarmschaft- und Ellenbogenbereich [94].

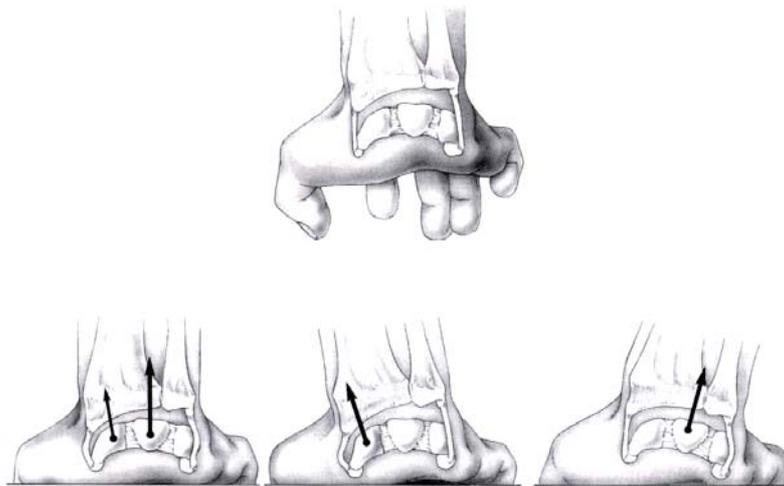


Abbildung 15: Frakturmechanismus der Colles Fraktur, Castaing 1964 [87]

Der Sturz auf die gestreckte Hand ist bei bis zu 90% [111] der Frakturen Ursache der klassischen extraartikulären Colles-Fraktur, der Extensionsfraktur „Loco typico“ mit dorsaler Fragmentabkippung. Eine Cortikalis liegt auf der dorsalen Seite erst ab dem Lister-Tuberkel vor. So wird die dorsale Abkippung der Radiusmetaphyse und Diaphyse bis hin zum Lister-Tuberkel aufgrund des Frakturmechanismus und der dorsal schwächeren Kompaktastruktur häufiger beobachtet als die palmare Dislokation [32].

Der Sturz auf die flektierte Hand oder bei supiniertem Unterarm und gestrecktem Ellenbogen auf die extendierte führt zur mit einem Anteil von 5-10% deutlich selteneren Smith-Fraktur, die im Gegensatz zur Extensionsfraktur häufig eine Gelenkbeteiligung aufweist. Diese Fraktur kann auch beim Schlag mit der geballten Faust in leichter Flexion des Handgelenkes auftreten. Diese Flexionsfaktor führt zu einer Dislokation des distalen Fragments nach radial-palmar.

Eine Barton-Fraktur, die nur ein verschwindend geringen Anteil an der Gesamtheit der Frakturen ausmacht [111], ist immer mit artikulärer Beteiligung und eine Folge eines Hyperextensionstraumas mit einem Abriß der dorsalen Radiuslippe [125]. Die reverse Barton-Fraktur gehört in die Gruppe der Hyperflexionstraumata und entspricht einer Abrißfraktur der palmaren Radiuslippe.

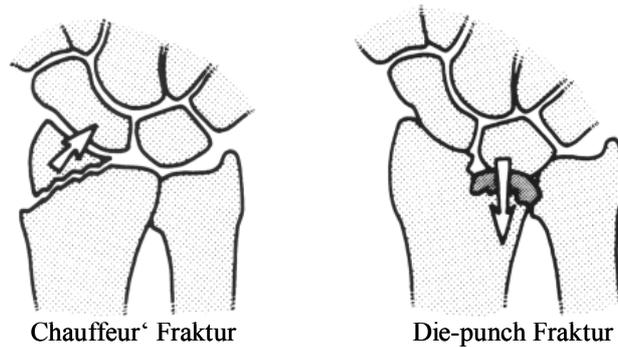


Abbildung 16: Chauffeur- und Die-punch-Fraktur [44]

Zur Pathogenese der Chauffeur-Fraktur gehört das axiale Stauchungstrauma. Die Frakturlinie geht durch den Processus styloideus radii und der Carpus ist nach ulnar disloziert. Ein ebensolches Trauma ist auch die „die-punch-fracture“, welche einer Impressionsfraktur der Fovea lunata radii durch das Os lunatum entspricht [32], die mit einer Begleitverletzung z.B. des SL-Bandes (siehe Kapitel 3.7.2) verbunden sein kann. Dieser Frakturmechanismus wird auch bei der *Malone*-Klassifikation zugrundegelegt, bei der typischerweise zwei ulnare Kantenfragmente beschrieben werden [86].

### 3.6 Klinik

Klinisch kann eine distale Radiusfraktur durch eine Weichteilschwellung, einen Druckschmerz und eine schmerzhaft eingeschränkte Beweglichkeit im Handgelenk mit Instabilitätsgefühl auffällig werden. Des Weiteren sind bei dieser Fraktur typische Fehlstellungen zu beobachten.

Die Bajonettstellung ist bei Ansicht von der Beuge- bzw. Streckseite her am besten zu Erkennen. Sie kommt durch eine radiale Abknickung des Handgelenkes zustande und ist meist bei der *Colles*-Fraktur zu sehen.

Eine „Gabel-Stellung“ infolge einer dorsalen (*Colles*-Fraktur) bzw. palmaren (*Smith*-Fraktur) Abknickung des körperfernen Frakturanteils nennt man Fourchette-Stellung und ist am besten in seitlicher Ansicht der Hand zu erkennen.

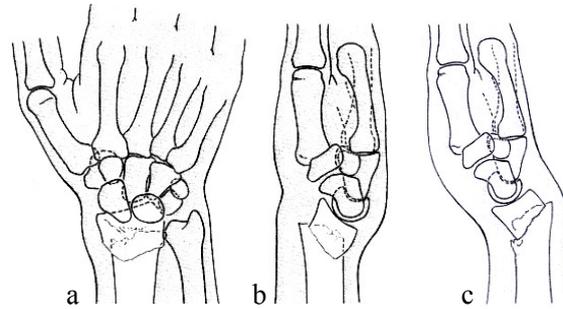


Abbildung 17: a: Bajonette-Stellung b: Fourchette Fehlstellung bei Extensionsfraktur, c: bei Flexionsfraktur (nach Schumpelick, 2000)

### 3.7 Begleitverletzungen

Typische Begleitverletzungen beeinflussen das funktionelle Ergebnis und sind Ausdruck für die Komplexität der Verletzung. Insbesondere bei Hochrasanztraumen muss auf zusätzliche ligamentäre und knöcherne Schäden im Bereich des radiokarpalen und des distalen Radioulnargelenkes geachtet werden [119]. Solche Begleitverletzungen werden häufig unterschätzt oder nicht diagnostiziert und können den Erfolg der Behandlung deutlich mindern.

Wichtige Begleitverletzungen sind Frakturen des Processus styloideus ulnae und damit oft verbunden eine Schädigung des trianuglären fibrocartilaginären Komplexes. Da der Komplex ein wesentlicher Stabilisator dieses distalen Radio-Ulnar-Gelenkes (DRUG) ist, verbleiben häufig hier Inkongruenzen. Und auch die Bandverbindungen oder die Handwurzelknochen werden gerne in Mitleidenschaft gezogen. Wichtig sind hier vor allem Rupturen der scapholunären Bänder. Hinweise ergibt bereits die primäre Röntgendiagnostik.

Schäden, die nicht nur Begleitverletzung sondern auch Komplikation darstellen, sind im Kapitel Komplikationen aufgeführt. Dieses gilt zum Beispiel für das Carpaltunnelsyndrom und die Ruptur der Sehne des M. extensor pollicis longus.

#### 3.7.1 Frakturen des Processus styloideus ulnae und Schädigung des TFCC

Diese zusätzliche Fraktur des Griffelfortsatzes kommt sehr häufig vor und kann bereits in der initialen Röntgenaufnahme gesehen werden. Zum einen kann der Processus an

der Basis frakturiert sein, was einem Abriß des ulnaren Ansatzes des triangulären fibrokarartilaginären Komplexes (TFCC) entspricht und mit einer Instabilität des distalen Radioulnargelenkes verbunden sein kann. Eine Gefahr kann die Interposition des Griffelfortsatzes in das Gelenk nach Reposition sein. In diesem Fall sollte von dorsolateral offen reponiert werden. Zum anderen kann die Spitze des Griffelfortsatzes geschädigt sein. Dieses beträfe nur den kapsulären Ansatz des Komplexes. Der TFCC kann allerdings an seiner Basis ohne knöchernen Ausriß rupturiert sein. Diese Verletzung ist identisch mit einer Fraktur der Basis, kann nur radiologisch nicht nachgewiesen werden [87] . Bei erheblicher radialer Dislokation der Radiusbasis und fehlender Fraktur des Ulnakopfes kann dieses der Fall sein. Ist der Discus zu sehr geschädigt, so ist an eine teilweise oder vollständige Resektion zu denken. Ansonsten reicht eine Reposition und evtl. die Retention mit transossären Nähten. Um Läsionen im Bereich des Discus näher zu beschreiben, sind Arthroskopien und MRT-Bilder indiziert. Die Fraktur des Styloids kann mit Fixation durch einen Fadenanker, einer Minischraube oder einer Zuggurtung, je nach Größe der Fragmente, behandelt werden.

Eine Dislokation des Ulnaköpfchens begleitet von einer Ruptur der Membrana interossea darf ebenfalls nicht übersehen werden. Sie führt zu einer radioulnaren Instabilität. Ihr muß nach Reposition mit einer temporären Ruhigstellung des Radioulnargelenkes in der Neutralposition zum Beispiel mit einer Transfixation mittels Kirschner-Draht begegnet werden.

### **3.7.2 Ligamentäre Verletzungen**

*Fontes* [35] konnte durch systematisch durchgeführte Arthrographien bei distalen Radiusfrakturen einen hoher Prozentsatz an ligamentären Begleitverletzungen feststellen. Besondere Bedeutung kommt der skapholunären Dissoziation, also einer Ruptur der skapholunären Bänder, zu. Vor allem Patienten mit AO 23 C-Verletzungen sind davon betroffen [88] . In 40 bis 70% der intraartikulär dislozierten Frakturen mit Beteiligung der Fossa lunata und vertikal verlaufendem Frakturspalt finden sich unterschiedlich ausgeprägte Verletzungen des intrinsischen Bandapparats mit Zeichen einer akuten SL-Instabilität [43;142] .

Diese häufig vorliegende Begleitverletzung bleibt oft unerkannt, weist allerdings auf eine erhebliche Schädigung der karpalen Ligamente hin. Das skapholunäre interossäre

Ligament wie auch das radioskapholunäre Ligament können betroffen sein. Da es zu einer Proximalisierung des Capitulum und Hamatum und Ulnarverschiebung des Lunatum kommt [119], kann die Dissoziationen aufgrund der Scherbelastung der Radiusgelenkfläche und der Handwurzelknochen zu einer Arthrose führen. Das Lunatum kommt in eine DISI-Stellung (dorsiflexed intercalated segment instability), da es aufgrund seiner Form in einer Extensionsstellung zu liegen kommt [110].

Ein diagnostisches Zeichen ist eine Vergrößerung des Abstandes zwischen Os scaphoideum und Os lunatum über 2mm und pathologische carpale Winkelverhältnisse (veränderter SL-Winkel). Zu sehen sind die Zeichen in der konventionellen Röntgenaufnahme (Terry-Thomson-Zeichen, Siegelringzeichen) oder einer Stressaufnahme in ulnar und radial-Abduktion, bzw. der Faustschlussaufnahme, der Arthroskopie und dem CT [80]. Der häufigste Unfallmechanismus ist der Sturz auf die dorsalflektierte, pronierte und ulnarabduzierte Hand. Die Knochen folgen den Radiusfragmenten, mit denen sie durch feste Bänder unterschiedlich verbunden sind. [94] Die Position der Handwurzelknochen sollte durch feine Kirschner-Drähte fixiert werden. Die möglicherweise entstehende perilunäre Dislokation, also die Verschiebung des Os lunatum, hat bei geschlossener Reposition ohne Wiederherstellung eine schlechte Prognose, da sie mit einer erheblichen Zerstörung des Kapselbandapparates einhergeht. Eine operative Exploration sollte auf alle Fälle erfolgen, um die Bänder mittels Naht wieder zu adaptieren.

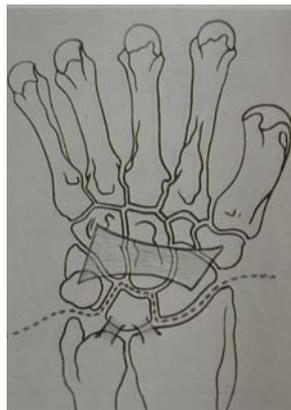


Abbildung 18: Perilunäre Luxation

Eine weitere ligamentäre Verletzung ist die Dissoziation des lunotriquetralen (LT) Bandes. Auch hierdurch kommt es zu einer ulnaren Instabilität des Karpus. Sie ist schwer zu diagnostizieren, da charakteristische klinische und radiologische Zeichen fehlen. Das Os triquetrum ist in seiner Verbindung zu den umgebenden Strukturen

gestört. Ist die Instabilität fortgeschritten, so kann eine PISI-Stellung (palmarflexed intercalated segment instability) die Folge sein. Dabei kippt das Os lunatum aus seiner natürlichen Position nach palmar ab, da es aufgrund der fehlenden Führung des LT-Bandes dem Scaphoid in die Flexionsstellung strebt. Eine eindeutige Diagnostik ist zur Zeit nur arthroskopisch zu erzielen [110] . Unbehandelt kann eine Arthrose des Gelenkes folgen.

### **3.7.3 Frakturen der Handwurzelknochen und Knorpelschäden**

Insgesamt sind begleitende Frakturen der Handwurzelknochen eher selten und kommen bei hochenergetischen Traumata vor. Zu nennen sei die Kahnbeinfraktur, die wenn sie instabil, abgekippt oder verschoben ist und eine Lunatumkipfung aufweist (DISI-Deformität) eine absolute Operationsindikation darstellt. Bei Verdacht auf eine solche Fraktur sollte eine CT-Untersuchung des Kahnbeins in seiner Längsrichtung in 1mm Schichtung erfolgen. Eine Kompressionsosteosynthese mittels Herbert-Schraube ist Therapie der Wahl. Die Fraktur kommt in weniger als 1% der dislozierten distalen Radiusfrakturen vor. Auf andere Handwurzelknochen, wie des Os triquetrum, trapezium, hamatum oder capitatum soll nicht näher eingegangen werden.

Der Gelenkknorpel kann nachhaltig bei der Die-punch-Fraktur, bei der es zu einer zentralen Impaktierung der Gelenkfläche kommt, geschädigt werden. Diese schwer zu erkennenden Schäden, die teilweise nur in der Arthroskopie entdeckt werden, können zu schweren Arthrosen im Gelenk im erheblichen Einschränkungen seiner Funktion führen. Bei einem Verdacht sollte also eine ergänzende Arthroskopie durchgeführt werden.

## **3.8 Frakturklassifikationen**

Aufgrund der mannigfaltigen Verletzungsschweregrade der distalen Radiusfrakturen ist eine detaillierte Klassifikation mit einem hieraus resultierenden Therapieschema dringend erforderlich.

Bei einer großen Vielzahl von möglichen Frakturformen im Bereich des distalen Radius ist eine Klassifikation nur nach dem Erstbeschreiber nicht möglich. Eine Systematik der Frakturen nach Ausmaß der Fraktur, nach dem Röntgenbefund oder dem Dislokationsgrad, nach der Gelenkbeteiligung oder nach dem Mechanismus der

Verletzung ist daher notwendig. *Wittner* beschreibt die Ziele einer Klassifikation wie folgt:

Eine Frakturklassifikation ist bei folgenden Kriterien brauchbar:

Sie sollte umfassend und eindeutig in der Beschreibung sein, sollte eine prognostische Aussage zulassen, aus ihr sollte sich das therapeutische Prozedere herleiten lassen und die Klassifikation sollte einfach anwendbar und überschaubar sein [154] .

Jedoch ist die Verwendung einer Klassifikationen auch problembehaftet. Die Schwierigkeit aller gebräuchlichen Klassifikationen liegt teilweise in der unterschiedlichen Betrachtung und Einstufung der Frakturen, zum anderen auch in der Reproduzierbarkeit einer einmal getroffenen Klassifikation. In der Untersuchung von *Anderson* [2] wurde die Übereinstimmung zwischen einigen erfahrenen Handchirurgen und Radiologen bei Anwendung der *Mayo*-Klassifikation als mäßig, der *Frykman*-, *Melone*- und *AO*-Klassifikation als unbefriedigend bewertet.

Es konnte in Studien gezeigt werden, dass bei einer Systematisierung, die mehr als 3 Gruppen aufwies, die Übereinstimmung mehrerer Untersucher bei der Einteilung die Signifikanzgrenze nicht erreichte ( $p < 0,05$ ). Dies galt sowohl für die *Frykman*- als auch für die *Mayo*-Klassifikation, genauso wie für die Einteilung der intraartikulären Frakturen nach *Melone*. Für die *AO*-Klassifikation konnte ebenfalls eine signifikante Übereinstimmung nur dann erzielt werden, wenn von den 27 Untergruppen auf die 3 Frakturgruppen A, B, C zurückgegriffen wurde [148] .

Auf eine dezidierte Beschreibung soll, außer bei der *AO*-Klassifikation, im Rahmen dieser Arbeit verzichtet werden. Es folgen grobe Skizzierungen der einzelnen Klassifikationen ohne auf die jeweiligen Vor- und Nachteile einzugehen. Im Folgenden werden die Einteilungen von *Frykman*, *Malone*, *Mc Murty and Jupiter*, *Fernandez and Jupiter*, *Mayo* und die der *AO*-Klassifikation beschrieben. Die Einteilungen nach *Gartland* 1951 [38] , *Thomas* 1957 [147] , *Lidström* 1959 [72] , *Older* 1965 [97] , *Jenkins* 1989 [58] oder *McMurty and Jupiter* 1992 [81] , etc. soll ganz verzichtet werden und seien nur der Vollständigkeit halber genannt.

### 3.8.1 Klassifikation nach Frykman

Diese 1967 publizierte Einteilung besteht aus 8 Subtypen, basierend auf der Beteiligung des distalen Radioulnargelenkes und/oder Radiokarpalgelenkes sowie der Mitbeteiligung des Processus styloideus ulnae im Sinn einer ulnaren Instabilität nach *Poigenfürst* [32;37;77;126;154] .

- Die Typen 1 und 2 umfassen die extraartikulären Frakturen,
- die Typen 3 und 4 die Beteiligung des Radiokarpalgelenks,
- die Typen 5 und 6 die Radioulnargelenkbeteiligung und
- die Typen 7 und 8 eine Beteiligung beider Gelenke.

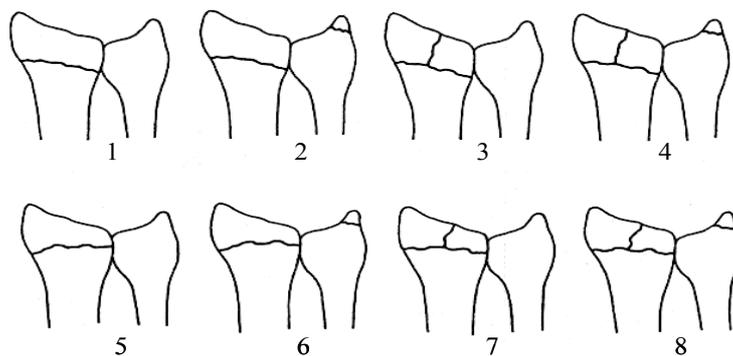


Abbildung 19: Frykman-Klassifikation

### 3.8.2 Klassifikation nach Melone

Von *Melone* [86] stammt die Einteilung intraartikulärer Frakturen. Sie unterscheidet 6 Subtypen und basiert auf einer anatomischen Einteilung des Radius. Die Frakturkomponenten bestehen aus dem Schaftanteil, dem Processus styloideus radii, dem dorsomedialen Fragment und aus einem palmaren medialen Fragment [32;41] .

- Typ 1 ist eine unverschobene Fraktur,
- Typ 2 eine Fraktur mit palmarer oder doraler Verschiebung,
- Typ 3 entspricht Typ 2 mit zusätzlichem radialem Fragment,
- Typ 4 beinhaltet die Rotation der Gelenkflächen und
- Typ 5: stellt die Trümmerfraktur dar.

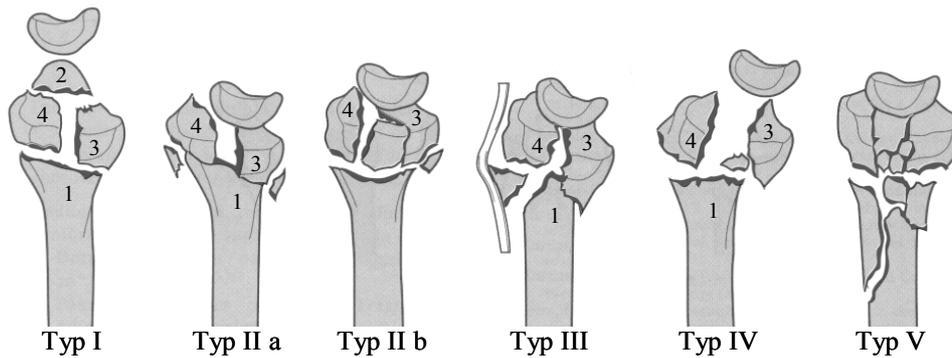


Abbildung 20: Melone-Klassifikation

### 3.8.3 Klassifikation nach Fernandez und Jupiter

Diese noch recht neue und daher noch nicht verbreitete Klassifikation unterscheidet sich grundsätzlich von den oben angeführten Einteilungen, da sie ein kausales, biomechanisches Denken zugrunde legt, auf dessen Grundlage 5 Frakturtypen ermittelt werden, die sich bezüglich der anzustrebenden Therapieform unterscheiden. *Jupiter und Fernandez* [34], die auch an der AO-Klassifikation der Radiusfraktur beteiligt waren, unterscheiden nach der Art der Gewalteinwirkung und in Anlehnung an die Einteilung nach *Poigenfürst* [112]. Gleichzeitig wird eine Beteiligung des distalen Radioulnargelenks eingeteilt. Die resultierenden Verletzungen werden mit den kindlichen Äquivalenzverletzungen, der Art der Dislokation, der Anzahl der möglichen Zusatzverletzungen und einem Therapieversuch versehen [126].

### 3.8.4 Mayo-Klassifikation

Aus der Gruppe um *Cooney* [24] entstand basierend auf der *Frykman*-Einteilung eine Klassifikation, die ebenfalls intraartikuläre Frakturen beschreibt. Die Beteiligung des *Processus styloideus ulnae* wird außer acht gelassen, dafür die Art der Gelenkflächenbeteiligung in Bezug auf das *Os lunatum* beschrieben, sowie der Begriff des „die-punch-injury“ zur Beschreibung des ulnarseitigen intraartikulären Fragmentes eingeführt.

- Typ 1 beschreibt eine unverschobene intraartikuläre Fraktur,
- Typ 2 betrifft nur die scaphoidale Gelenkfläche,
- Typ 3 nur das Radioulnargelenk und
- Typ 4 das radio-scapholunäre und radio-ulnare Gelenk.

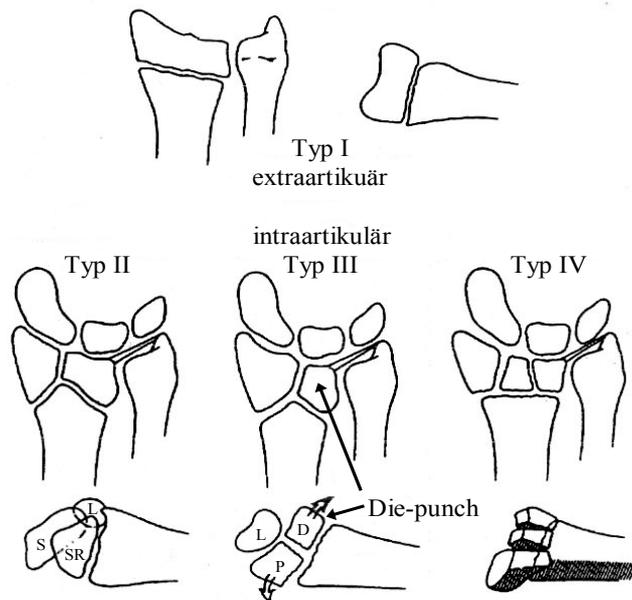


Abbildung 21: Mayo-Klassifikation

### 3.8.5 AO-Klassifikation

Da die AO-Klassifikation, die 1989 publiziert wurde und im deutschsprachigen Raum gebräuchlich [90;91] ist, auch in dieser Untersuchung verwandt wurde, soll sie im folgenden ausführlicher betrachtet werden.

Die distalen Radiusfrakturen werden bei der AO-Klassifikation unter den Brüchen des distalen Unterarmes geführt (23= 2 für Unterarm und 3 für distal). Insgesamt sind für den klinischen Gebrauch 27 Unterscheidungsmöglichkeiten wichtig. Neben der Schwere der Knochenverletzung ist auch eine Beurteilung der Dislokationsgefahr bzw. -richtung möglich [11].

Sie teilt in 3 Grundtypen ein:

- A: extraartikuläre Fraktur mit völlig intakter Gelenkfläche
- B: partiell artikuläre Frakturen, die einfach intraartikulär mit teilweisem Erhalt der Kontinuität zwischen Meta- und Epiphyse sind
- C: die vollständig artikulären Frakturen als intraartikuläre Mehrfragmentbrüche mit kompletter Ablösung der Metaphyse.

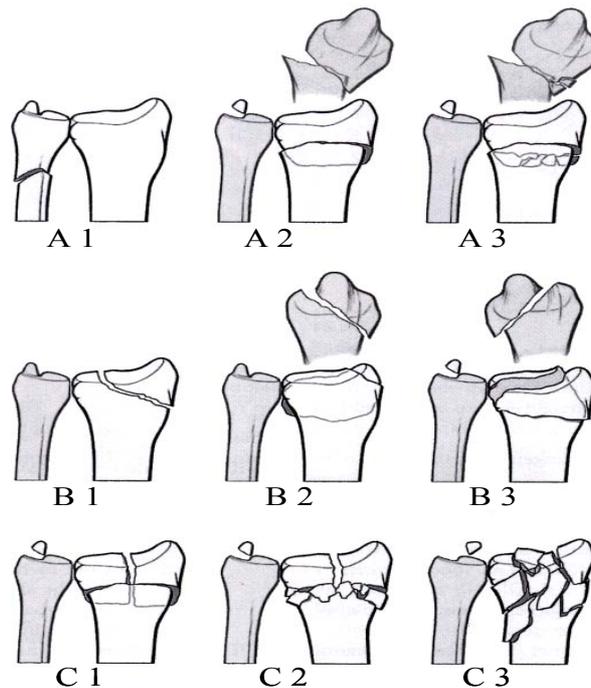


Abbildung 22: AO-Klassifikation

Diese Haupt-Gruppen können in jeweils 3 weitere Untergruppen unterteilt werden, also A1-3, B1-3 und C 1-3.

- Typ A: Die Gruppe A1 umfasst die isolierte Ulnafraktur. Zur Gruppe A2 gehören einfache Frakturen ohne Trümmerzone und zur Gruppe A3 Frakturen mit Trümmerzone.
- Typ B: Die Unterteilung des Typ B erfolgt nach der Richtung der Frakturebene. Bei der Gruppe B1 verläuft sie in sagittaler Richtung, bei der Gruppe B2 in frontaler Richtung und bei der Gruppe B3 in frontaler Richtung unter Beteiligung der palmaren Gelenkfläche.
- Typ C: Die Gruppen unterscheiden sich nach dem Zustand der gebrochenen Gelenkfläche und der metaphysären Trümmerzone. In der Gruppe C1 ist die Gelenkfläche und die Metaphyse einfach gebrochen. In der Gruppe C2 ist die Gelenkfläche einfach gebrochen und die Metaphyse mehrfach. Die Gruppe C3 umfasst alle Frakturformen mit mehrfach gebrochener Gelenkfläche.

Zu jeder einzelnen Untergruppe bestehen nochmals 3 Unterteilungen, so dass man auf einen Anzahl von 27 unterschiedlichen Frakturtypen kommt. Zusätzlich können die Untergruppen A 2-3, B 1-3 und C 1-3 noch in 6 Subgruppen unterteilt werden, je nach Zustand der Ulna. Dieses wird allerdings äußerst selten angewandt.

## 3.9 Therapie

### 3.9.1 Ziele

Schon Mitte der 60er Jahre berichtete u.a. *Rehn* von schlechten Ergebnissen und legte einen Zusammenhang von Komplikationen sowie schlechten Funktionsergebnissen und dem Ausmaß zurückbleibender Fehlstellungen dar [118].

Ziel einer jeden Behandlung muss die langfristig schmerzfreie, bewegliche und kraftvolle Funktion der Hand und des Unterarmes sein. Um dieses Ziel sicher zu erreichen, wird eine anatomische Rekonstruktion mit regelrechten Achsen- und Längenverhältnissen und möglichst stufenlosen kongruenten radiokarpalen und radioulnaren Gelenkflächen sowie die primäre Versorgung der Begleitverletzungen als morphologische Grundlage eines guten funktionellen und kosmetischen Ergebnisses nach Frakturheilung angestrebt [11;32;70;128].

Die exakte Wiederherstellung der regelrechten Gelenkkonfiguration ist für das Langzeitergebnis distaler Radiusfrakturen entscheidend [17;70] und es ist nicht, wie *Abraham Colles* bei der Erstbeschreibung der Radiusextensionsfraktur 1814 [22;146] prophezeite, unabhängig vom anatomischen Ausheilungsergebnis.

Klinische Studien haben in den letzten Jahren eine enge Wechselbeziehung zwischen dem radiologischen Endresultat und dem funktionellen Ergebnis im Fall der distalen Radiusfraktur [146] nachgewiesen, auch wenn teilweise eine zufriedenstellende Funktion trotz schlechter radiologischer Ergebnisse erreicht werden kann.

Bei intraartikulären Frakturen ist es sehr wichtig, die Gelenkfläche exakt zu repositionieren und zu rekonstruieren [32;79]. Die größte noch gerade zu tolerierende Gelenkstufe darf nicht mehr als 2mm betragen [63]. 2mm oder mehr werden schon als Präarthrose angesehen. Nach anderen Quellen darf in den postoperativen Bildern eine Gelenkstufe sogar nicht größer als 1 mm sein [148], da dieses sonst zu einer entscheidenden Verschlechterung des funktionellen Ergebnisses führt. Die Arthrose des Radiokarpalgelenkes sei sonst vorprogrammiert [86].

Denn die Fähigkeit eines Knorpels, sich zu regenerieren und umzubilden scheint von seiner Knorpeldicke abhängig zu sein. Das menschliche Knie zum Beispiel toleriert mit einer dickeren Knorpellage wesentlich größere Gelenkinkongruenzen als das Handgelenk [148]. Die operative Reposition und Stabilisierung während der

Frakturheilung hat deshalb gegenüber der konservativen Therapie einen hohen Stellenwert erlangt [128] . Eine Missachtung der oben genannten Ziele bzw. ein Nichterreichen dieser Ziele durch die Behandlung führt zu schlechten Ergebnissen.

Ein Wandel der Versorgungsstrategien zu einem vermehrt operativen Vorgehen wurde so vollzogen.

### **3.9.2 Therapieformen**

Die Behandlung der distalen Radiusfraktur war über Jahrzehnte eine Domäne der konservativen Therapie. Sie wurde über Jahrzehnte hinweg als Standard betrieben, führt allerdings, trotz adäquater Behandlung in 15-37% zu unbefriedigenden anatomischen und funktionellen Ergebnissen [30;70;149] . Inzwischen folgt die Therapie dieser Frakturen den allgemein anerkannten Prinzipien der Behandlung von Gelenk- oder gelenknahen Frakturen. Die Wiederherstellung der Achsenverhältnisse, der Stabilität des Gelenkes sowie die Kongruenz der Gelenkflächen werden angestrebt. Die Problematik sowohl für das konservative wie auch für das operative Vorgehen besteht dabei weniger in der Reposition als vielmehr in der Retention der erreichten Rekonstruktion bis zur Frakturheilung [128] . Die sekundäre Dislokation während der Immobilisation ist hier von signifikanter Bedeutung [70] . Häufig kann ein gut reponierter distaler Radius nur durch operative Maßnahmen dauerhaft retiniert werden [11;18;24;26;28;32] .

Ursächlich ist die häufig ausgeprägte Instabilität der Fraktur, meist auf dem Boden eines typischen metaphysären Substanzdefektes, intraartikulärer Frakturzonen und einer zusätzlich geringen Knochenqualität bei Osteoporose.

Dabei mangelte es nicht an Versuchen, eines der entwickelten Verfahren als für alle Typen von Radiusfrakturen als geeignet zu propagieren. Damit war allerdings die Gefahr einer Überbehandlung einfacher Frakturen bzw. einer Unterversorgung komplizierterer Defekte gegeben [30] . Doch soll die Therapieplanung und damit die Verfahrenswahl individuell sowohl von der jeweiligen Frakturform des Radius, als auch von der Knochenqualität, dem Alter, den Begleiterkrankungen und der Compliance des Patienten sowie den zur Verfügung stehenden verfahrenstechnischen Möglichkeiten beeinflusst werden [11] . Beim Vorliegen einer per se stabilen Fraktur ist eine

Übertherapie natürlich zu vermeiden. Andererseits sollten Hinweise für eine eher instabile Fraktursituation nicht übersehen werden.

Unterschiedliche Kriterien der Instabilität wurden beschrieben [16;59] . Die radiologische Zeichen für Instabilität nach *Poigenfürst* [113] und *Boszotta* [15] sind:

- Dorsalkippung des peripheren Fragmentes über 20°
- Palmarkippung des peripheren Fragmentes bei schrägem Frakturverlauf
- Abbruch einer beugeseitigen Gelenkklippe
- Dorsale und / oder palmare dislozierte Kantenfragmente
- Trümmerzonen mit Verkürzung des Radius um mehr als 4 mm
- Basisnaher Abbruch des Ellengriffelfortsatzes und/oder dislozierte Trümmerfraktur

*Jupiter* [59] beschreibt folgende Kriterien der Instabilität:

- Dorsale Trümmerzone
- Mehrfragmentfraktur
- Verlust der radialen Länge >2mm
- Dorsalabkippung >20°
- Assoziierte Ulnarfraktur
- Radio-ulnare Instabilität

Ein stadiengerechtes Operationsverfahren kann so notwendig werdenden Folgeoperationen wie zum Beispiel die Radiuskorrekturosteotomie, die Ulnarverkürzungsosteotomie, die Arthrodesse des DRUG mit Segmentresektion nach Kapandji-Sauvé, die Ulnakopfhemiresektion nach *Bowers* oder die Kompletentfernung nach *Darrach*, bis hin zur Handgelenksarthrodesse oder –prothese vermeiden [32] .

Die Indikation zum operativen Vorgehen wird also überwiegend dann gestellt, wenn durch die geschlossene Reposition eine gute Fragmentstellung nicht erreichbar ist bzw. eine erreichte gute Fragmentstellung nicht zuverlässig durch Gipsanlage zu halten ist [11] . Des Weiteren sind offene Frakturen oder Frakturen mit zusätzlicher Nerven-Kompression (hier vor allem der Nervus medianus), Störungen der Blutzirkulation (Compartment-Syndrom) oder Weichteilschäden eine absolute Indikationen für die operative Sanierung einer Fraktur [52] . Eine Osteoporose, kann nicht, wie in einigen älteren Publikationen [118] veröffentlicht, als Kontraindikation für eine chirurgische Behandlung gesehen werden [70] .

### 3.9.2.1 Konservative Behandlung

Einfachere Brüche wurden und werden noch heute erfolgreich durch geschlossene Reposition und Fixierung unter Zuhilfenahme von zum Beispiel einer Unterarm-Gipsschiene behandelt. Wurden auf diese Art noch bis in die 70er und 80er Jahre 70%-90% aller Frakturen am distalen Radius behandelt [17;70;92] , so sind es nach *Petracic* 1997 nur noch 39% [108] ,und die Tendenz, operativ vorzugehen, steigt.

Indikationen der konservativen Behandlung sind vor allem stabile, extraartikuläre Hyperextensionsfrakturen ohne ausgeprägte metaphysäre Trümmerzone (AO 23 A1, A2). Die Technik des Repositionsverfahren kann nach *Charnley* [21] oder *Böhler* [14;52] gewählt werden. Eine suffiziente Analgesie ist bei der Manipulation essentiell.

Sie besteht aus einem vertikalen Dauerzug entweder über Extensionshülsen oder mit der Hand. Bei liegendem Patienten wird in Rechtwinkelstellung des Ellenbogengelenks über Zug am Daumen und Langfingern extendiert. Der Zug führt in der Regel zum Ausgleich der Verkürzung. Aufgrund des Z-förmig verlaufenden Retinaculum extensorum, welches sich bei der Ligamentotaxis weniger strafft als das Retinaculum flexorum, wird in der Regel jedoch die Extensionsfehlstellung im seitlichen Strahlengang nicht aufgehoben [9] .

Durch Pronation des Unterarms aus der Mittelstellung kann eine Supinationsfehlstellung des distalen Fragments beseitigt werden. Schließlich kann durch gezielten bimanuellen Daumendruck, meist von dorsal, eine Feinkorrektur vorgenommen werden.

Die äußere Fixation erfolgt durch eine Unterarmgipsschiene in Funktionsstellung (d.h. in etwa 20° Dorsalflexion) oder einen eng anmodellierten 3-Punkt-Fixationsverband, der im Mittelhandbogen anmodelliert, das Handgelenk in leichter Palmarstellung von höchstens 10° und gegebenenfalls leichter Ulnarabduktion fixiert, dabei die freie Beweglichkeit der Fingergrundgelenke und des Ellenbogengelenkes zulässt.

Eine über 10° verstärkte Palmarstellung des Handgelenkes kann zu einer Medianuskompression im Karpaltunnel führen [135] . Der Gipsverband muss die volle Beweglichkeit der Fingergelenke gestatten. Der zirkulär fixierende Verband wird beugeseitig vollständig durchtrennt. In vergleichenden Studien ist allerdings gezeigt worden, dass der Ruhigstellung weitaus weniger Bedeutung zukommt, als der initialen anatomisch korrekten Reposition [10;17;126] .

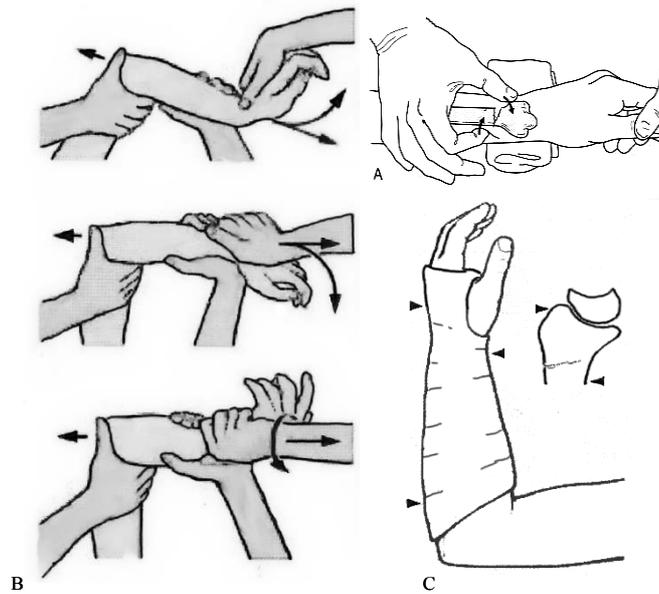


Abbildung 23: A: Reposition nach Böhler, B: Reposition nach Charnley und C: Dreipunktgips

Die Röntgenkontrolle des Frakturbereichs zeigt, ob die Indikationsstellung (stabile Fraktur) korrekt war. Alternativ zu einem zirkulären fixierenden Verband kann eine dorsale Unterarmgipsschiene angelegt werden, die von der Ulnarseite bis an die Beugeseite der ulnaren Handkante, an der Radialseite über den 1. Mittelhandknochen bis auf den Daumenballen reicht. Die Gipslonguette wird mit einer Binde fixiert.

Die Weiterbehandlung besteht in einer sorgfältigen Kontrolle der Motorik, Durchblutung und Sensibilität. Nach 4 Wochen erfolgt eine gipsfreie Aufnahme mit der Frage der Frakturkonsolidierung. Hier beginnt in der Regel auch die funktionelle krankengymnastische Behandlung [126].

### 3.9.2.2 Kirschner-Draht-Osteosynthese

Vor allem für instabile Hyperextensionsfrakturen ohne dorale oder palmare Trümmerzonen, Therapieversager der alleinigen konservativen Therapie im Sinne eines Repositionsverlustes oder als additive Maßnahme kommt die KD-Fixierung in Frage.

Bereits 1913 wurde von *Lambotte* ein Verfahren der Stabilisierung distaler Radiusfrakturen mit Hilfe von Drähten veröffentlicht [67]. Im Verlauf des Jahrhunderts wurden immer wieder Modifikationen im Bezug auf die mögliche Lage der Drähte publiziert.

In der Tat liegen die Vorteile der Kirschner-Draht-Fixierung in der Variabilität. In Anpassung an den Frakturtyp kommen unter anderem radio-radiale, transfixierende, gelenkparallele oder intrafokale Drähte zur Anwendung.

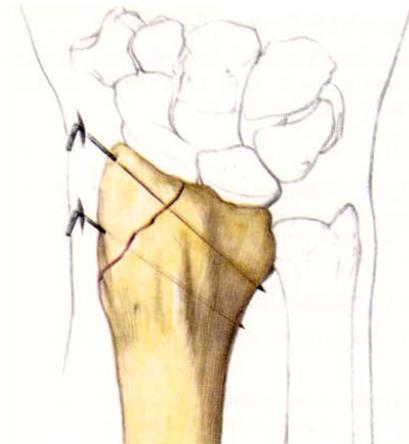


Abbildung 24: Kirschner-Draht-Fixierung einer einfachen artikulären Fraktur AO 23 B1 (nach Pechlaner 2000)

Die Repositionstechnik erfolgt nach den Kriterien der konservativen Behandlung. Oberstes Ziel bei der Platzierung der Drähte ist die Vermeidung einer Verletzung des Ramus superficialis des Nervus radialis. Anatomische Studien [5] haben eine erhebliche Variabilität von 3 bis 10 Ästen im Bereich des distalen Radius nachweisen können. Die Kirschnerdrahteinbringung kann zwar geschlossen erfolgen, sollte allerdings aus diesen Gründen offen durchgeführt werden. Der Processus styloideus radii wird durch eine 1cm lange Längsinzision an der Basis der Tabatiere, parallel zum Hautast des N. radialis, freigelegt. Weichteile werden durch stumpfes Präparieren geschont, der Ramus superficialis angeschlungen und Verletzung des Nerven und/oder die versehentliche Fixierung einer Sehne so vermieden. Des Weiteren kann so auch die Sehne des M. extensor pollicis longus geschont werden.

Die Drahtplatzierung erfolgt bei beiden Verfahren gleich. Zwei bis drei versetzte Kirschnerdrähte von 1,4 bis 1,8 mm Durchmesser werden vom Processus styloideus aus nach proximal ulnar eingebohrt. Der Winkel zur Speichenlängsachse beträgt 30–45 Grad. Zur sicheren intraossären Lage im Radius orientiert man sich an der Olekranonspitze, nicht an der Ulnarmitte.

Die Drähte sollten in der Gegencortikalis fest verankert sein und in 2 Ebenen divergent verlaufen. Durch diese Verstrebung kann unter Umständen ein erneutes Zusammensintern bei metaphysärem Defekt verhindert werden. Keinesfalls sollten sich die Drähte in der Fraktur kreuzen, da so unweigerlich Instabilitäten entstünden.

Zusätzlich kann ein Kirschnerdraht von proximal-radial nach distal-ulnar eingebracht werden.

Bei einer Gelenkfraktur wird zuerst ein zum Gelenk paralleler Draht eingebracht oder aber das ulnare Fragment von dorso-ulnar her mit einem weiteren Kirschnerdraht stabilisiert. Seine Aufgabe besteht in der Retention des reponierten Radioulnargelenkes. Die Drähte werden umgebogen gekürzt und mit einem Stößel unter das Hautniveau versenkt. Die Ruhigstellung erfolgt wie bei der konservativen Behandlung, eine abschließende Bildwandlerdokumentation beendet den Eingriff. Durch den relativen Substanzdefekt durch Kompaktierung der Spongiosa und die aufrechterhaltende Distraction ist eine Konsolidierung der Fraktur erst nach 6 Wochen zu erwarten. Dann sollten die Drähte entfernt werden und eine funktionelle Behandlung kann beginnen. [93]

### 3.9.2.3 Intrafokale Verdrahtung nach Kapandji

Die Intrafokale Verdrahtung wurde 1976 von *Kapandji* [61] das erste Mal beschrieben. Eigentlich ist diese Art der Behandlung nur eine Variante der perkutanen Kirschnerdrahtbehandlung und stellt eine teilweise offene Plazierung von stützenden Kirschnerdrähten dar. Ursprünglich war sie für extraartikuläre instabile Frakturen mit geringer dorsaler Trümmerzone bei jungen Menschen gedacht, wurde allerdings auf ältere Patienten und minimal dislozierte intraartikuläre Frakturen erweitert.

Kontraindikationen bestehen in einer intraartikulären Beteiligung, einer palmaren Trümmerzone, fortgeschrittener Osteoporose und einer nicht zu erreichenden guten geschlossenen Reposition [125].

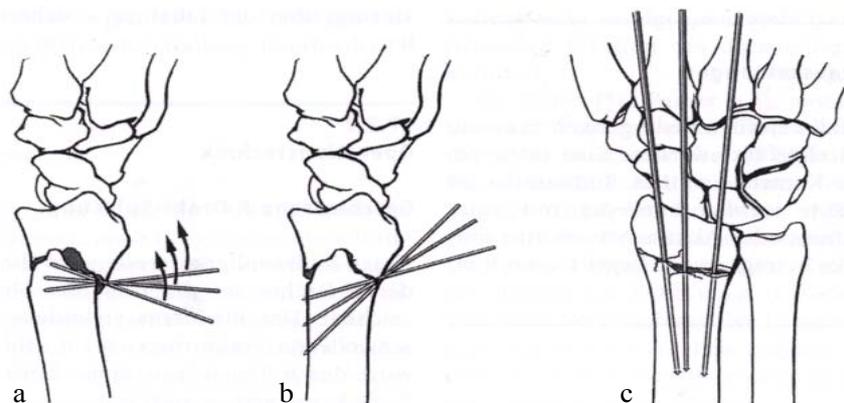


Abbildung 25: Intrafokale Verdrahtung nach Kapandji einer AO 23 A2 Fraktur

Drei Kirschnerdrähte werden von dorsal direkt in die Fraktur eingebracht und nach entsprechender Reposition in den proximalen Radius eingetrieben. Die distalen Fragmente werden nicht erfasst, sondern durch die Drähte in Reposition gehalten.

Bei einer Radialverschiebung wird ein Kirschnerdraht von radial in den Frakturspalt eingebracht, die Bohrmaschine in Richtung Processus styloideus angehoben und der Kirschnerdraht in das proximale Fragment eingebracht. Bei Verschiebungen nach dorsal wird in gleicher Weise ein Draht auf Höhe des Tuberculum Lister eingebracht, anschließend die Bohrmaschine in Richtung Handrücken abgesenkt und der Draht unter Reposition des peripheren Fragmentes in den proximalen Radius eingebohrt.

Die Dauer der Ruhigstellung beträgt 4 Wochen. Die Kirschnerdrähte werden noch 2 Wochen belassen und nach 6 Wochen erfolgt die Implantatentfernung in Lokalanästhesie [93].

Eine ganz ähnlich Variante beschreibt *J. Böhler* 1985. Er verwendet ein löffelförmig vorgeformtes, dickeres Metallimplantat zur intrafokalen Abstützung der Fraktur.

#### **3.9.2.4 Schraubenosteosynthese**

Die Schraubenosteosynthese ermöglicht eine stabile Kompression größerer Fragmente und sichert damit die frühe Übungsstabilität. Vor allem die Fraktur des Processus styloideus radii, die sogenannte Chauffeurfraktur ist eine Hauptindikation. Des Weiteren sind B1 Frakturen und als additive Maßnahme bei C1 und C2 Frakturen als Indikation zu nennen.

Als Zugang genügt eine kleine Inzision am Processus styloideus radii. Die Fraktur wird zwischen dem ersten und zweiten Strecksehnenfach dargestellt. Der Ramus superficialis nervi radialis muss dargestellt werden.

Kirschnerdrähte werden vorgelegt, um zum einen die Fragmente nach Reposition temporär zu fixieren und die Zugschraubenplatzierung zu erleichtern, zum zweiten kann über einen liegenden Kirschnerdraht mit kanülierten Schrauben die Osteosynthese durchgeführt werden. Wichtig dabei ist, dass das Gewinde jenseits des Frakturspaltes zu liegen kommt, um eine Kompressionswirkung zu erzielen [93;135].

### 3.9.2.5 Fixateur-Extern

Grundsätzlich sind zwei Möglichkeiten zur Montage eines Fixateur extern bekannt. Der Fixateur kann Handgelenksübergreifend, transartikulär angebracht werden, oder rein fragmentfixierende, extraartikuläre an den Knochen gebracht werden [36;105].

Indikationen des transartikulären Fixateurs sind Stauchungsbrüche mit metaphysärer Trümmerzone (A3, C2, C3) oder Therapieversager der konservativen oder Kirschnerdraht Therapie (Sinterung) oder Zusatzverletzungen wie ausgeprägte Weichteilschäden. Der extraartikuläre Fixateur sollte vor allem bei Frakturen der Gruppe AO 23 A2 und A3 angewendet werden, also bei Frakturen mit möglichst großem distalen Fragment und ohne Gelenkflächenbeteiligung. Der Fixateur extern kann auch, wenn aus bestimmten Gründen eine primäre Plattenosteosynthese nicht möglich ist, zuerst eingesetzt werden, um im Intervall einen Verfahrenswechsel durchzuführen und die endgültige offene Reposition und interne Fixation anzustreben.

Vom Design her gibt es verschiedene Typen von Fixateuren. Ein klassischer steifer Fixateur ist der *Hoffmann*-Fixateur. Mit ihm sind keine Bewegungen oder eine Distraction möglich. Weiterentwicklungen wie Distractionselemente, die von *Burny, Vidal und Asche* eingeführt wurden und Kugelgelenke wie beim *Clyburn*-Gerät, wurden später vorgestellt [105].

Nachdem *Gupta und Agee* die Ligamentotaxis wie von *Vidal* beschrieben näher untersuchten und das Prinzip der multiplanaren Ligamentotaxis erkannt hatten, wurde bei der Fixateur-Behandlung die manuelle Reposition von der mechanischen Einrichtung abgelöst. Hier helfen neuere Fixateure mit einem Doppelkugelgelenk.



Abbildung 26: Fixateur mit Doppelkugelgelenk, a: Standardfixateur mit Kompressions-Distraktionsmodul (rechts) b: für extraartikuläre Montage mit T-Backe (rechts), Kompr.-Distr.-Modul (links)

Die Montage des extraartikulären Fixateurs erfolgt von dorsoradial. Die gelenküberschreitende Variante kann ebenfalls dorsoradial angebracht werden, allerdings ist bei gewünschter Mobilisation der Fixateur in der Koronar-Ebene von radial zu installieren. Im Folgenden wird die Montage des transartikulären Fixateurs beschrieben.

Zwei Schanzschrauben werden in einem Winkel von 45 Grad zur horizontalen und vertikalen Ebene proximal der Fraktur im Radius und distal der Fraktur im Os metacarpale 2, knapp proximal des Köpfchens nach Hautinzision und Freilegung der Kortikalis eingebracht. Die Spitzen der Schanzschrauben sollen beide Cortices fassen und im jeweiligen Knochen konvergieren, das heißt, sie werden in einem Winkel von 40–60 Grad eingeführt, ohne das sich die Spitzen berühren. Damit verlängert man den Durchgangsweg durch den Knochen und die Fixation wird stabiler, was besonders im oft dünnen Os metacarpale 2 von Bedeutung ist. Sind die Schrauben fixiert, richtet sich das weitere Vorgehen nach dem jeweiligen Frakturtyp. Die Backen und Verbindungsstangen werden an den Schanz'schen Schrauben angebracht. Beim extraartikulären Fixateur würden die distalen Schanzschrauben im distalen Frakturfragment plaziert.

Ist der dynamische Handgelenksfixateur montiert, wird die multiplanare Ligamentotaxis zur Frakturstabilisation ausgenutzt. Dies setzt eine erhaltene Kapselbandstruktur im Bereich der Handgelenke voraus. Hierbei gilt auch heute noch die Repositionstechnik nach *Charnley* in drei Schritten, die *Dée et al* 1997 am montierten Fixateur beschreibt. Als erstes wird ein longitudinaler Zug in leichte Extension ausgeübt. Hierdurch desimpaktiert die Fraktur, die radiale Länge wird wieder hergestellt. Bei einer typischen *Colles*-Fraktur bleibt das distale Fragment nach dorsal geneigt. Alsdann bringt die Palmartranslation des Carpus den „palmar-tilt“ des peripheren Fragmentes in die ursprüngliche Position und spannt die radiodorsalen Bandstrukturen. Nach Festziehen des proximalen Kugelgelenkes erfolgt zuletzt eine Dorsalextension im Mediokarpagelenk. Dieses spannt die palmaren Bänder [26] . Das auf das Rotationszentrum des Handgelenkes etwa in Höhe des Capitumpols ausgerichtete Kugelgelenk wird nun endgültig fixiert.

Die exakte Repositionsstellung wird nach Kontrolle mittels Bildwandler durch Schließen der Klemmbacken fixiert.

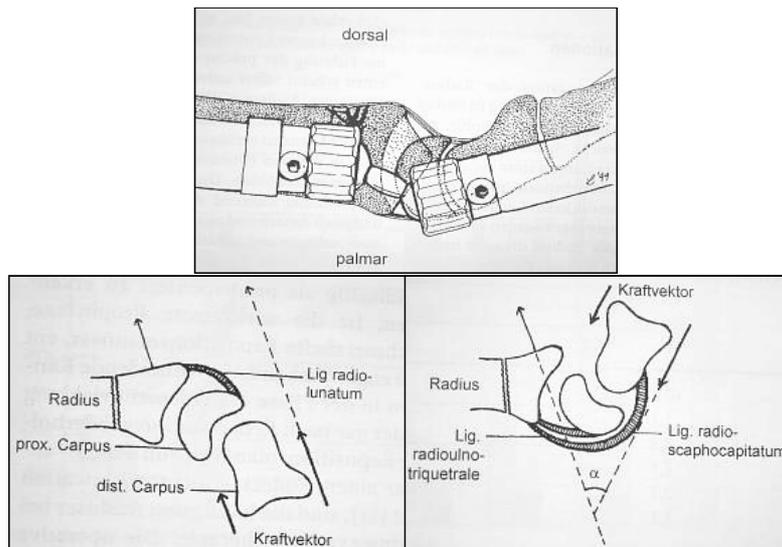


Abbildung 27: Ligamentotaxis nach Gupta [46]

Häufig lässt sich lediglich die Radiuslänge korrekt wiederherstellen. Noch bestehende Fragmente und Fehlstellungen der Gelenkfläche müssen nach Reposition fixiert werden. Es können additive Kirschnerdrahtfixierung, Schraubenosteosynthesen oder kleine Plattenosteosynthesen erfolgen.

Des Weiteren sind als mögliche Zusatzmaßnahmen autogene Spongiosa oder Knochenersatzmaterial einsetzbar [93;135]. Besteht ein erheblicher Substanzdefekt, so sollte nach Wiederherstellung der radialen Länge dieser mit kortikospongiösem Material aufgefüllt werden. Gewonnen wird ein solcher Zylinder im Bereich der Crista iliaca. Zur Platzierung wird meist von dorsal, proximal des Tuberculum listeri eingegangen.

### 3.9.2.6 Plattenosteosynthesen

Grundsätzlich stehen bei der Implantation von Plattenosteosynthesen am distalen Radius drei Varianten zur Verfügung. Die Frakturen können von der palmaren Seite her, der dorsalen Seite, oder als dorsoradiale Kombination versorgt werden.

Palmare Plattenlage:

In einem Vortrag des Universitätsklinikum Münster geben *S. Ochman und M. Langer* als Indikation für die palmare Plattenosteosynthese die klassische, aber seltene Flexionsfraktur B3 sowie insbesondere die instabile A3 und C1, C2 und C3 Extensionsfrakturen an. Eingesetzt werden hier vor allem T-Plattenosteosynthesen, die als normale oder auch winkelstabile Varianten zur Verfügung stehen. Für eine genaue

Beschreibung und bildliche Darstellung des operativen Zugangsweges wie auch der Operationstechnik soll an dieser Stelle auf das Kapitel 3.11 verwiesen werden. Im Folgenden wird auf eine Vorstellung der konventionellen Plattenosteosynthesen verzichtet. Nur die winkelstabilen Plattenosteosynthesen werden dargestellt.

Neben der in Kapitel 4.4 abgebildeten Jupiter- und LCP-Platte existieren noch andere aktuelle Osteosynthesemöglichkeiten. Diese werden in Kapitel 6.4.1 beschrieben.

Dorsale Plattenlage:

Indikationen für eine dorsale Plattenosteosynthese stellen vor allem nach dorsal dislozierte Frakturen dar. Die Platte dient als Abstützplatte. Um den distalen Radius darzustellen existieren unterschiedliche Zugangswege.

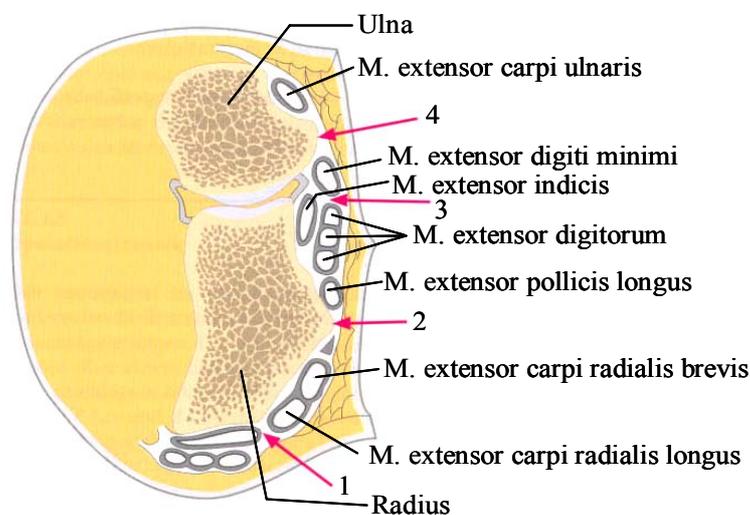


Abbildung 28: dorsale Zugangswege [132]

Ein Zugang soll exemplarisch beschrieben werden. Eine gerader oder leicht s-förmig in der Mitte des distalen Radius über dem Tuberculum listeri gelegener Schnitt ermöglicht ein Eingehen zwischen dem 3. und 4. Strecksehnenfach. Das 4. Strecksehnenfach kann subperiostal abgeschoben werden. Um die Unterfläche des Kompartments nicht zu verletzen muss streng darauf geachtet werden, dass das Retinaculum extensorum, das Strecksehnenfach, Gelenkkapsel und das Periost in einem Stück abgehoben wird. Der Knochen liegt frei und das Implantat kann eingebracht werden. Bei den T-Platten verhindert das Tuberculum listerii die plane Anmodellierung der Platte, so dass dieses geopfert werden muss. Andere Platten sind so konstruiert, dass sie eine Belassung des Tuberculum radii möglich machen [123].

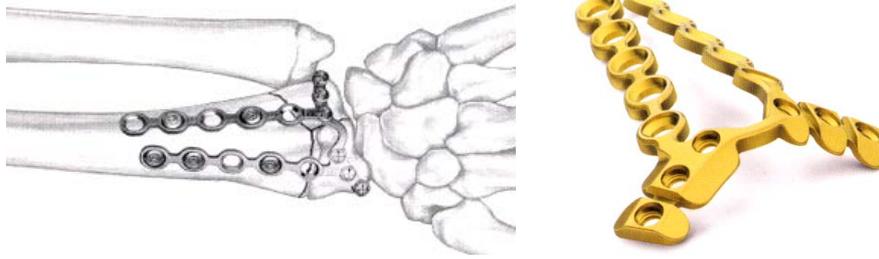


Abbildung 29: Beispiel einer dorsalen Platte:  $\pi$ -Platte der Firma Synthes®

Wegen der Dicke der Implantate muss über der Platte die Gelenkkapsel zusammen mit dem Periost vernäht werden. Dadurch wird die Irritation der Strecksehnen über der Platte vermindert. Die Sehne des *M. extensor pollicis longus* (EPL-Sehne) wird mobilisiert und verbleibt beim Wundverschluss oberhalb des Retinakulums, um Verletzungen der Sehne durch Ischämie oder direkten Kontakt mit dem Implantat zu vermeiden.

Anfangs kann eine kurzfristige Ruhigstellung bis zur Abschwellung und Wundheilung sinnvoll sein. Anschließend ist eine rasche Mobilisierung in Abhängigkeit von der Knochenstruktur und Stabilität der Osteosynthese möglich. In jedem Fall muß bei der dorsalen Plattenosteosynthese eine frühe Metallentfernung (ca. 8 bis 10 Wochen postoperativ) in das Therapiekonzept aufgenommen werden.

Dorsoradialer Zugang:

Diese neuere Variante der Osteosynthese beruht auf dem 3 Säulen-Prinzip (Abbildung) wie es auch *Rikli et al* [122] beschreiben. Die ulnare Säule besteht aus dem Ulnakopf einschließlich des triangulären fibrokartilaginären Komplexes und ulnaren Teils des distalen Radioulnargelenkes (rot). Die intermediäre Säule des distalen Radius (grün) schließt den ulnaren Teil des Radius einschließlich Fossa lunaris und Incisura radialis ulnae ein und die radiale Säule (blau) die Fossa scaphoidea bis zum Processus styloideus radii. Die Platten sollen Stabilität durch eine günstige Lage zueinander erreichen, indem sie etwa in einem Winkel von  $50^\circ$  bis  $70^\circ$  zueinander implantiert sind.

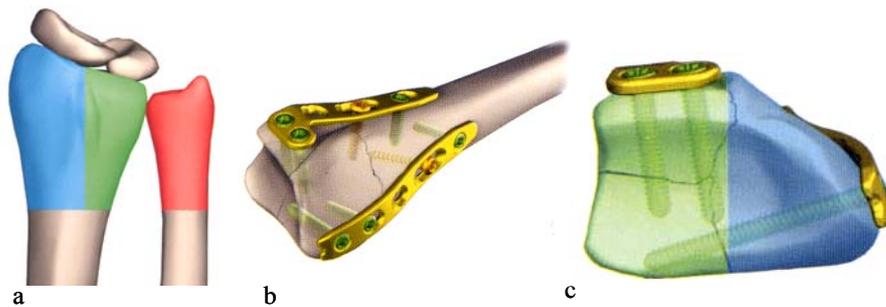


Abbildung 30: a: 3 Säulen-Theorie nach Rikli und Regazzoni [121] , b und c: dorsoradiale Osteosynthese (Synthes®)

Der Zugangsweg für eine solche Osteosynthese liegt weiter radial, um die radiale Seite des Radius besser zu erreichen. Mittels einer 2,4mm L-Platte wird die intermediäre Säule stabilisiert und die radiale Säule durch eine 2,4mm gerade Platte. Dieses Verfahren ist vor allem für Impressionsfrakturen mit radialen oder dorsalen Kantenabbrüchen oder Trümmerzonen geeignet [57] .

#### **Palmare versus dorsale Plattenlage:**

Vorteile der palmaren Plattenlage gegenüber der dorsalen liegen vor allem in der niedrigeren Komplikationsrate. Obwohl die dorsale Plattenosteosynthese weitgehend zufriedenstellende Resultate zeigt, ist die Inzidenz der Komplikationen von bis zu 30% nicht zu vernachlässigen [18;124] . Die Gefahr der postoperativen Irritation der Extensorensehnen, wie der Sehne des M. extensor pollicis longus, ist groß, da diese postoperativ direkt der Platte anliegen. Die sehr gute muskuläre Deckung des palmaren Implantates durch den M. pronator quadratus und damit der größeren räumlichen Distanz zu den funktionellen Strukturen bietet einen deutlichen Vorteil.

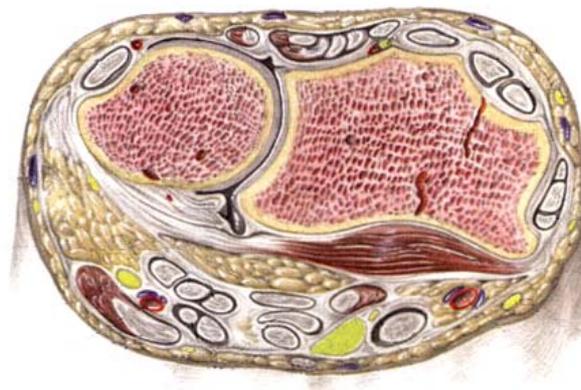


Abbildung 31: Querschnitt durch das Handgelenk auf Höhe des Tuberculum listeri (nach Pechlaner, 2000)

Der Abstand zwischen den Flexorensehnen und der palmaren Kortikalis ist deutlich größer und ermöglicht die Verwendung dickerer, stabilerer Implantate. Ein weiterer, daraus resultierender wesentlicher Nachteil der dorsalen Osteosynthese liegt in der Notwendigkeit, in einem Zweiteingriff das Implantat wieder zu entfernen. Die zu erwartenden Sehnenschäden machen dieses unumgänglich.

Der einfachere operative Zugang wie auch die Tatsache, dass die T-Platte den anatomischen Gegebenheiten besser angepaßt und anzupassen ist, sind weitere Vorteile [11;28;98;131;150] der palmaren Lösung. Die klare Orientierung an der palmaren Kortikalis vereinfacht auch die intraoperative Reposition. Gerade bei dorsalen Trümmerzonen ist die Orientierung hinsichtlich der Reposition von dorsal ausgesprochen problematisch.

### **3.9.2.7 Winkelstabile palmare Platte**

Der Unterschied der winkelstabilen Osteosyntheseplatten zur „normalen“ Platte liegt darin, dass die eingesetzten Schrauben, bzw. Stifte in ihrem Kopf ein Gewinde enthalten, dessen Gegenstück, ein Gewindeloch, in der Osteosyntheseplatte liegt. Die Schraube ist fest in ihrer Position fixiert und gewährleistet einen sicheren Halt. Die Kraftübertragung erfolgt nicht mehr über den Anpressdruck der Platte an den Knochen, sondern durch die Überbrückung der Fraktur über das in sich stabile System aus Platte und den in ihr verankerten winkelstabilen Schrauben. Das Implantat muss nicht zwingend dicht am Knochen anliegen. Bei der klassischen Plattenosteosynthese orientiert sich der Zugang an der Lokalisation der Hauptpathologie. Daher wurde bislang üblicherweise bei Frakturen, die nach dorsal abgekippt sind, der dorsale Zugangsweg gewählt und umgekehrt bei palmar dislozierten Frakturen palmare Zugangsweg. Die winkelstabile Platte hingegen kann bei Flexionsfrakturen als Abstützplatte oder nach dem Zuggurtungsprinzip bei der Extensionsfraktur [131] eingesetzt werden.

Diese winkelstabile Lösung bietet mehrere Vorteile. Zum einen ist die Kontrolle der Reposition an der meist nur einfach frakturierten palmaren Kortikalis gut möglich. Durch die Winkelstabilität erfolgt eine dauerhafte Abstützung der Gelenkfläche bis zum Abschluss der Knochenneubildung in den Defektzonen ohne Gefahr des sekundären Korrekturverlustes. Ein fehlender Halt der Schrauben stellt aufgrund der Verankerung in der Platte keine Gefahr dar. Eine Spongiosaplastik ist aufgrund der langfristigen

Retention der Fraktur nur noch in Ausnahmefällen nötig und frühfunktionelle Übungen sind gewährleistet [65] , welche positiv die Ergebnisse bezüglich der Handgelenksbeweglichkeit und Fingerfunktion beeinflussen [33] .

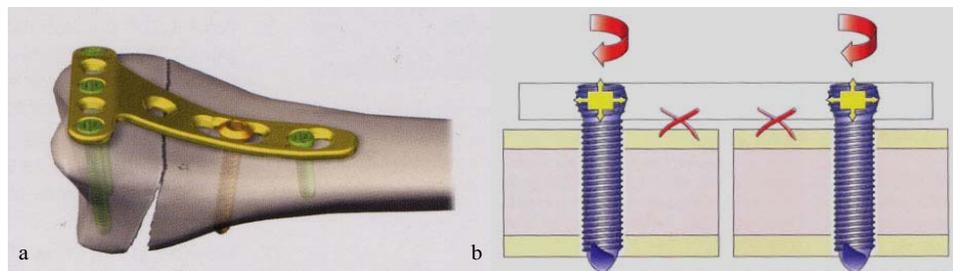


Abbildung 32: a:LCP-Platte am Knochen, b: Funktionsweise der winkelstabilen Platte (Synthes®)

Aus den oben genannten Gründen ist diese Platte auch für Extensionsfrakturen mit ausgeprägter dorsaler Defektzone geeignet. Durch das Verblocken der Schrauben in der Platte kann nach dem Fixateur-interne-Prinzip eine sichere Retention erreicht werden. Die Verankerung kann eine dorsale Abstützfunktion dauerhaft gewährleisten [150] .

Der große Nutzen dieser Platte bei osteoporotischem Knochen stellt einen weiteren entscheidenden Vorteil dar, denn trotz schlechter Knochenqualität und einer häufig eingeschränkten Compliance der Patienten kann ein Repositionsergebnis gut gehalten werden [99;152] . Dieses spielt bei der immer älter werdenden Bevölkerung eine wichtige Rolle, insbesondere im Hinblick auf den Verlust oder den Erhalt der Eigenständigkeit.

Die meisten verwendeten Implantate sind unidirektionale Systeme. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass Schrauben und Stifte in vorgegebener Richtung und mit einem Winkel von  $80^{\circ}$ - $90^{\circ}$  zur Plattenebene mit dem Schraubenkopf in der Platte verriegelt werden. Bei multidirektionalen Systemen können die Schrauben in einem variablen Winkel zur Platte eingebracht werden, um dann in der Platte verblockt zu werden.

Zwei verschiedene Philosophien werden bei den Osteosynthesen in Bezug auf die Schraubenart und Lage vertreten. Die „Jupiter“-Platte zum Beispiel repräsentiert eine davon. Um das distale Fragment zu halten werden hier in den harten subchondralen Knochen 1,8mm gewindelose Stifte eingebracht (Abbildung siehe Kapitel 4.4). Die radiale Gelenkfläche liegt wie ein Tablett auf den subchondralen Abstützstiften. Die mit der Platte fest verriegelten Stifte verleihen der Konstruktion, insbesondere in axialer Richtung, Winkelstabilität und Steifigkeit. Eine Sinterung wird verhindert. Eine

Verankerung in der Kortikalis liegt nicht vor. Es ist wichtig, die Stifte so nah wie möglich an die Gelenkfläche zu bringen, da zu weit entfernt der Knochen weicher wird und durch die dünnen Stifte ein Repositionsverlust vorprogrammiert wäre.

Ein anderes Prinzip, eine Fraktur am distalen Radius zu halten verfolgen die LCP-Platten von *Synthes*® wie auch von *Königsee*®. Bestehen zwar geringe Unterschiede im Design der Schrauben, so ist der Grundgedanke doch derselbe. Die Schrauben werden etwas weiter proximal in den Knochen gebohrt. Bei der Firma *Synthes*® sollen 2,0-2,4mm Feingewindeschrauben und bei dem *Königsee*®-Fabrikat bis zu 3,5mm dicke Kopfverriegelungsschrauben den Knochen tragen. Die distalen Schrauben befestigen die Frakturfragmente an der Platte und die in axialer Richtung auftretenden Kräfte werden durch die Reibungskraft zwischen Knochen und Platte aufgefangen.

### **3.9.3 Kostenübersicht**

Als Nachteil der winkelstabilen Varianten sind die relativ hohen Kosten zu nennen. Winkelstabile Platten kosten im Vergleich zu konventionellen Implantaten etwa 30% mehr. Vor allem die Schrauben mit bis zu viermal so hohen Kosten sind auffällig.

Unter DRG-Gesichtspunkten ist dies nicht zu vergessen, da die Festbeträge hohe Materialkosten in der Behandlung der Patienten nicht berücksichtigen. Zur Zeit wird der komplexe Eingriff an Ellenbogen und Unterarm (I 31 Z) mit einem Erlös von 2573,23€ versehen (Bewertungsrelation: 1,057x2434,47€, UGVD: 2 Tage, OGVD: 15 Tage, ohne wertsteigernde Nebendiagnosen).

Betrachtet man die Kosten, der in der Literatur am häufigsten verwendeten Implantate, so liegen die Preise der Firma *Synthes*® für die LCP zwischen 166€ und 267€ (normale Platte ab 30 Euro), für die Kopfverriegelungsschrauben zwischen 36€ bis 40€ (normale Schrauben: 12-16€). Vergleichbare Implantate der Firma *Königsee*® kosten zwischen 95€ und 121€, die entsprechenden Schrauben liegen bei 30€. Zu den reinen Sachkosten der operativen Versorgung kommen noch etwa 250€ für weitere Materialien hinzu. (Alle oben genannten Preise ohne Mehrwertsteuer.)

Im Gegensatz dazu kostet ein Kirschner-Draht nur um die 15€ und die Preise für die konventionelle Behandlung im Gips sind noch weit geringer. Bei der Verwendung von aufwendigen Fixateur-extern-Anlagen kommen jedoch ebenfalls hohe Kosten zustande. In der Anschaffung können sie um die 2000€ kosten und die einzelne Schanzschraube

liegt zwischen 15€ und 40€. Bei vier benötigten Schrauben ist der Preis ebenfalls entsprechend hoch. Es gibt allerdings auch deutlich billigere Varianten, die unter den Preisen der Plattenosteosynthesen liegen.

Die Kosten der Platten relativieren sich durch die Verkürzung der Liegezeit der Patienten im Krankenhaus, sowie durch den wesentlich geringeren Personalaufwand in der Versorgung. Der Fixateur extern ist aufgrund der Pintraktpflege und den aufwendigeren Verbandswechseln kostenintensiver.

### **3.10 Komplikationen**

Trotz des häufigen Auftretens der distalen Radiusfraktur und einer Vielzahl möglicher Behandlungsoptionen sind resultierende funktionelle Einbussen auch heutzutage noch immer keine Seltenheit. Es hat sich gezeigt, dass die Radiusfraktur keineswegs, wie von *Colles* postuliert, immer mit guter Funktion ausheilt, sondern dass bei den heute anzulegenden Qualitätsmaßstäben bei der chirurgischen Versorgung von Frakturen die Radiusfraktur immer noch ein Herausforderung an den Unfallchirurgen darstellt. In Studien konnten Komplikationsraten von über 31% angegeben werden [24].

Die häufigsten Komplikationen sind N. medianus Reizungen, Fehlstellung, radiocarpale und radioulnare Arthrose, Fingereinstellung, Sehnenrupturen und sympathische Reflexdystrophie. *Colles* selbst schon warnte vor zu langer Ruhigstellung des Handgelenkes.

Neben den allgemeinen Frühkomplikationen, die bei allen Operationen bestehen, wie Wundheilungsstörungen, Infektionen zum Beispiel von belassenen Hämatomen oder dergleichen, bestehen bei der distalen Radiusfraktur eine Zahl spezifischer Spätkomplikationen. Bei Kindern besteht zusätzlich die Gefahr von Fehlwachstum nach Epiphysenschädigung.

#### **3.10.1 Nervenirritationen**

Zu den am häufigsten beobachteten Komplikationen gehören die Irritationen des Nervus medianus. In 8–17% der distalen Radiusfrakturen werden Kompressionssyndrome des N. medianus, ulnaris und radialis angegeben [4]. Kompressionssyndrome des Nervus medianus sind auf verschiedene Ursachen zurückzuführen. Stark verschobene Frakturen, extreme Fehlstellung, initiale Nervenschäden, begleitende

Sehnenverletzungen, eine ausgeprägte Weichteilschwellung, oder eine Ruhigstellung in extremer Flexion durch vermehrten Karpaltunneldruck sind mögliche Ursachen [24] . Eine direkte Korrelation zum Frakturtyp, zum Grad der Dislokation oder zur Genauigkeit der Reposition konnten nicht nachgewiesen werden [126] . Wenn anfänglich bereits sensible und/oder motorische Ausfälle (M. opponens pollicis) im Ausbreitungsgebiet bestehen, ist eine Revision mit Spaltung des Carpaltunnels zu empfehlen. Auch im Zweifel sollte immer eine Spaltung erfolgen, denn oft ist eine Reflexdystrophie Folge einer Irritation des Nervs ohne adäquate Therapie. Eine neurologische Untersuchung ist also unabdingbar [32;93;126] . Allerdings ist das Karpaltunnelsyndrom nach distaler Radiusfraktur noch heute wegen der anatomischen Verhältnisse umstritten (siehe Abbildung). Die Fraktur liegt wesentlich weiter proximal als das Retinaculum flexorum.

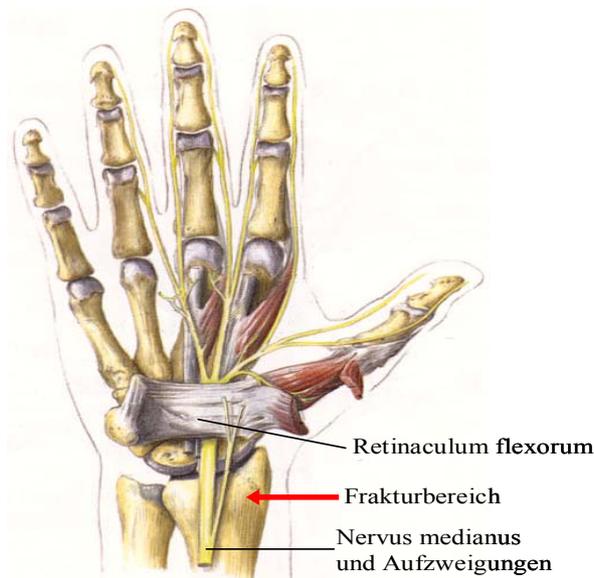


Abbildung 33: N. medianus und Aufzweigungen sowie Retinaculum flexorum (nach Pechlaner, 2000)

### 3.10.2 Fehlstellungen

In einer prospektiven Studie betrug die Fehlstellungsrate 35% [83] . Andere Untersucher berichten über ähnliches [24;139] . Es besteht eine enge Korrelation zwischen Fehlstellung und funktionellem Ergebnis. Die Mehrzahl der Patienten mit fehlverheilte distaler Radiusfraktur hat Beschwerden im distalen Radioulnargelenk bei der Rotation mit oder ohne Einschränkung der Pro- und Supination [96] . Eine intraartikuläre Fehlstellung von über 1-2mm kann zu einer posttraumatischen Arthrose

führen [63] . Eine symptomatische Fehlstellung ist durch Radiuskorrekturosteotomie mit eventuell zusätzlichen Eingriffen an der Ulna korrigierbar. Eine Intraartikuläre Osteotomie ist nur bei Gelenkstufen indiziert, vor dem Auftreten einer Arthrose [93] . Die Vielzahl der notwendigen Rettungsoperationen macht deutlich, dass es doch gehäuft bei fehlverheilten distalen Radiusfrakturen zu erheblichen Beschwerden kommt [3;103;115;116] .

Allerdings wurde die konservative Behandlung lange Zeit dadurch untermauert, dass Patienten nach fehlverheilten Radiusfrakturen mit posttraumatischem Ulnavorschub und Abkipfung der Radiuskonsole bisweilen ein gutes klinisches Ergebnis aufwiesen [56;128] Und auch von schlechten postoperativen radiologischen Ergebnissen, die nicht das gute klinische Ergebnis erklärten, wurde berichtet [20;55;64] .

Da allerdings nicht vorherzusagen ist, welcher Patient nach fehlverheilter Radiusfraktur Beschwerden entwickelt, und sekundäre Rekonstruktionen wesentlich aufwendiger sind und den Behandlungsablauf deutlich verzögern, ist ein Wandel zum verstärkten operativen Vorgehen zu vertreten [65] .

### **3.10.3 Sehnenkomplikationen**

Sehnenkomplikationen können sowohl die Beuger als auch die Strecker betreffen und umfassen Verklebungen, Tendinitiden und Rupturen.

Rupturen der Extensoren- und Flexorensehnen kommen in 0,7 bis zu 10% der Fälle vor [24;54;93] . Die Rupturen können Wochen bis Monate nach dem Trauma auftreten. Am häufigsten ist die Ruptur der Sehne des M. extensor pollicis longus [27] . Die Prädilektionsstelle für die Spontanruptur liegt distal des 3. Strecksehnenfaches am Austrittspunkt aus dem engen osteofibrösen Kanal auf einer Strecke von 2-3 cm. Hier hat die Sehne die geringste Querschnittsfläche und ihre schlechteste Vaskularisation. Als Ursache wird diskutiert, dass bei wenig verschobenen Frakturen der Erguss in der Sehnenscheide eine Druckwirkung mit konsekutiver Ernährungsstörung bewirkt, denn weniger Abnutzung als ischämische Ursachen konnten in histologischen Studien als verantwortlich nachgewiesen werden [31;51] .

Da eine direkte Sehnennaht wegen der mehrere Zentimeter umfassenden Sehnenveränderung häufig nicht mehr möglich ist, erfolgt am geeignetsten ein Transfer der Sehne des M. extensor indicis.

Eine weiter mögliche die Sehnen betreffende Komplikation ist die Tendovaginitis de Quervain oder Tendovaginitis stenosans. Es kommt zu Veränderungen der Retinacula mit schmerzhafter Hemmung der Gleitfähigkeit der Sehnen vor allem des M. extensor pollicis brevis und M. abductor pollicis longus [93;126] .

#### **3.10.4 Morbus Sudeck (sympathische Reflexdystrophie, Kausalgie)**

Zu den schwersten Komplikationen gehört sicherlich die sympathische Reflexdystrophie. Mit einer Inzidenz von 0,1 bis 10,3 % schwanken die Angaben in der Literatur. Erstmals wurde sie im Jahr 1864 beschrieben. Aufgrund der brennenden Schmerzen wurde diese Syndrom als Kausalgie bezeichnet [93] .

Über die Pathogenese ist man sich bis heute nicht im Klaren. Man nimmt aber an, dass eine neurovaskuläre Fehlregulation mit inadäquater sympathischer vasomotorischer Reflexantwort ursächlich ist [69;143;151] .

Ätiologisch kommen unter anderem brüske oder wiederholte Repositionsmanöver, eine sympathische Überaktivität, häufige Gipswechsel, einschnürende Verbände, lokale Infektionen und diverse andere Ursachen in Betracht. Das klassische *Sudeck*-Syndrom läuft in 3 Phasen ab, einem Entzündungsstadium, einem Stadium der Dystrophie und zuletzt einer Atrophiephase, in der die Extremität irreversibel geschädigt wird [93] .

#### **3.10.5 Gelenkarthrosen**

Die Bedeutung des distalen Radioulnargelenkes ist für das funktionelle Ergebnis nicht zu vergessen [24;37] . Es kann entweder durch Diastase als direkte Traumafolge oder bei in Fehlstellung verheilten Fraktur beteiligt sein. Schmerzen, Instabilität und Einschränkungen der Umwendlbewegung sind die Folge. Die posttraumatische Arthrose im Radiokarpalgelenk ist radiologisch häufig (bis zu 25%) bleibt jedoch oft symptomlos [27] . Sie scheint eher vom Grad der initialen Dislokation und hohem Patientenalter abhängig zu sein, als vom Repositionsergebnis. Die fast ebenso häufige (19%) Arthrose im distalen Radioulnargelenk ist dagegen in einem hohen Prozentsatz symptomatisch. Die schon weiter oben erwähnte Kongruenz der Gelenkflächen ist bei der Vermeidung von arthrotischen Veränderungen von großer Wichtigkeit [126] .

### 3.10.6 Behandlungsspezifische Komplikationen

Neben den oben genannten häufigen Komplikationen hat jedes Behandlungsverfahren seine eigenen spezifischen Problemstellungen [93;126;135] . Hier sind vor allem die Infektionen der Osteosynthesen zu nennen sowie die Schäden der Weichteile durch das verwendete Verfahren.

- Die Konservative Behandlung hat sicherlich als auffälligste Komplikation die hohe Anzahl nicht zufriedenstellender Ergebnisse aufgrund von Redislokation der reponierten Fraktur.
- Kirschner-Draht spezifische Komplikationen umfassen Pintrakt-Infektionen, Drahtwanderung, Irritationen des sensiblen Radialisastes oder bei Einbringung des Kirschnerdrahtes in dorsaler Richtung des N. medianus sowie Schäden der Daumen und Langfingerstrecksehnen. Bei Trümmerzonen kommt es häufig zur Ausheilung in Verkürzung. Nur selten ist eine Frühmobilisation möglich.
- Das nur noch selten angewandte Verfahren nach Kapandji hat ähnliche Komplikation wie die Kirschner-Draht-Behandlung. Läsionen der Strecksehnen, der subkutan verlaufenden Radialsnervenäste, Pininfektionen, sekundärer Repositionsverlust sind häufig.
- Typisch beim Fixateur-Extern sind Verletzung von Sehnen, Nervenästen des N. radialis, Gefahr der Frakturierung des Os metacarpale 2 beim gelenkübergreifenden Fixateur sowie Pininfektionen. Der Fixateur erlaubt zwar einen Längenausgleich, doch ist die Ligamentotaxis bei intraartikulären Frakturen meist überfordert und eine Gelenkstufe verbleibt. Nur selten kann früh mobilisiert werden.
- Bei Plattenosteosynthesen zeigen sich Weichteilinfektionen bzw. Infektionen im Plattenlager, Sehnenrupturen vor allem der EPL-Sehne bei dorsaler Plattenlage, bei palmarer Plattenlage Rupturen der Sehne des M. flexor pollicis longus. Wundheilungsstörungen und bei dorsaler Plattenlage die frühzeitige Metallentfernung sind weitere mögliche Komplikationen. Eine genaue Beschreibung aufgetretener Komplikationen bei winkelstabiler Plattenosteosynthese kann in Kapitel 5.3.5 und in Kapitel 6.5 nachgelesen werden.

## **3.11 Versorgungskonzept der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie Münster zur palmaren winkelstabilen Platte**

### **3.11.1 Klinische Erstbeurteilung**

Nach klinischer Untersuchung und radiologischer Abklärung in zwei Ebenen erfolgt die Einteilung der Fraktur nach AO anhand der Bilder und bei Indikationsstellung zur winkelstabilen, palmaren Plattenosteosynthese erfolgt entweder sofort eine Operation oder bei zu sehr geschwollenem Arm zunächst eine Reposition und Ruhigstellung in einer Unterarmgipsschiene. Begleitend wird eine symptomatische Therapie mit abschwellenden Maßnahmen durchgeführt.

### **3.11.2 Operative Therapie**

Der Eingriff erfolgt in Rückenlage mit Lagerung des entsprechenden Armes auf dem Armtisch. Als Narkoseformen kommen die Allgemeinanästhesie, die Plexusanästhesie oder die Larynxmaske in Frage. Die Blutleere des Arms wird durch Auswickeln mit der Esmarch'schen Binde und Aufblasen der Blutdruckmanschette auf bis zu 300 mmHg, erreicht. Nach Desinfektion, sterilem Abwaschen und Abdecken des Patienten erfolgt die operative Versorgung bei supinierter Hand über einen Hautschnitt am palmaren distalen Radius in Projektion auf die Sehne des Musculus flexor carpi radialis.

Standardisiert wird durch das Bett der Sehne des M. flexor carpi radialis präpariert. Von der distalen Beugefalte aus wird der Hautschnitt etwa 4-6cm nach proximal fortgeführt. Beim Vorgehen in die Tiefe werden die Fingerbeuger nach ulnar gehalten. Nach radialem Spalten der Fascie des Musculus pronator quadratus wird dieser von seiner radialen Insertion gelöst und vom Radius mit einem Raspatorium nach ulnar abgeschoben. Nach Einsetzen eines Selbstspreizers wird die nun dargestellte Fraktur durch verschiedene Manöver, je nach Frakturtyp reponiert. Dieses erreicht man zum Beispiel über ein Hypomochlion, welches dorsalseitig unter dem Handgelenk plaziert wird. Unter Extension und Längszug läßt sich die Reposition einfach erzielen.

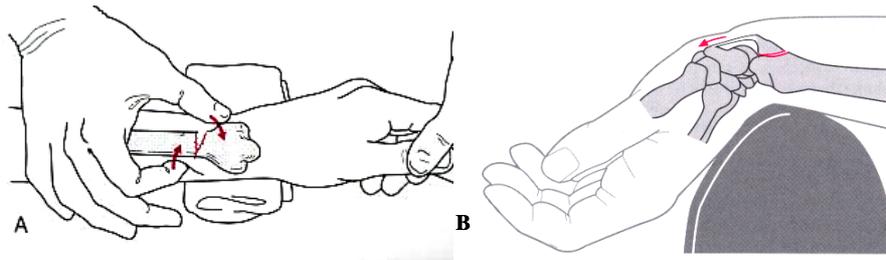


Abbildung 34: A: Reposition der Fraktur nach Böhler 1953 sowie B: intraoperative Lagerung des Armes [132]

Selten ist eine temporäre Kirschnerdraht-Fixierung der Reposition erforderlich. Nach Kontrolle des Repositionsergebnisses folgt das Einbringen der Plattenosteosynthese. Die Jupiter-Platte wird angepasst, durch Kürzen auf die optimale Länge gebracht und eventuell noch zurechtgebogen, da die palmare Platte anatomisch nicht ganz plan der distalen palmaren Radiusfläche aufliegt. Die anatomisch vorgeformte LCP-Platte wird je nach Gegebenheiten in der entsprechenden Größe ausgewählt und ohne weitere Manipulation an den Knochen gebracht. Welche Platte verwendet wird, wird individuell, je nach Patient und Anatomie entschieden.

Die erste Schraube wird im Schlitzloch im Schaftbereich konventionell besetzt, um die Platte an den Schaft heranzuziehen und die Lage noch korrigieren zu können. Nach dem endgültigen Positionieren der Platte werden die distalen Löcher winkelstabil, in der Regel exakt subchondral, mit Hilfe einer einschraubbaren Führungsbuchse vorgebohrt und besetzt. Sie ermöglicht das exakte Bohren und damit Positionieren der Schrauben in Bezug auf das Gewinde.

Nach Bildwandlerkontrolle in zwei Ebenen mit Kontrolle der Reposition, Rekonstruktion der Gelenkfläche und Sitz der Platte, folgt das Spülen des OP-Situs und die Readaption des M. pronator quadratus an den Radius. Da in der Regel die Schraubenplatzierung sehr gelenknah erfolgt, sollte der Unterarm um 20-30 Grad vom OP-Tisch aus gesehen angehoben werden, um entsprechend des radial tilt die Gelenkfläche genau einsehen zu können, um eine intraartikuläre Lage der Schrauben auszuschließen.

Es wird eine Drainage eingelegt und es folgt erst ein subkutaner Verschluss, dann eine fortlaufende Hautnaht. Ein steriler Wundverband wird angelegt und der Arm wird entweder mit einem elastokompressiven Watteverband oder einer palmaren Gipsschiene verbunden.

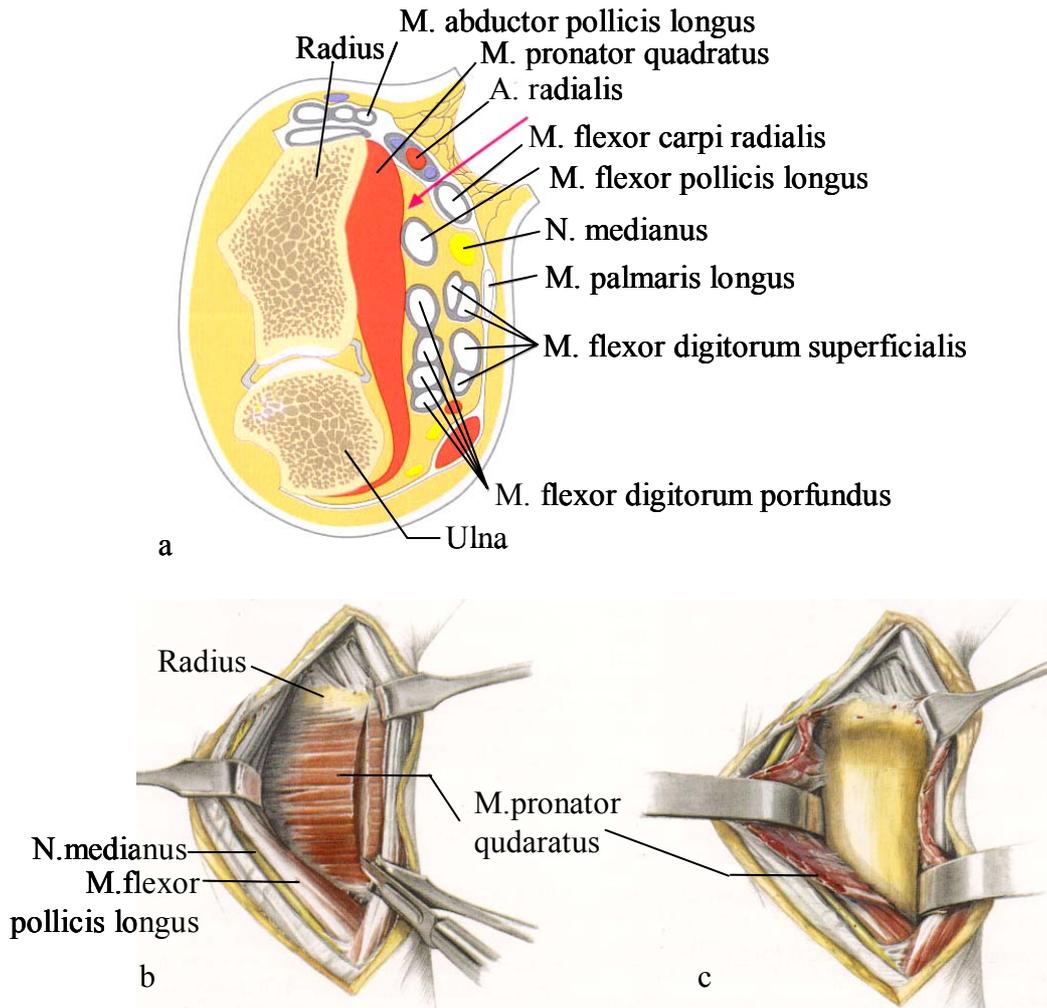


Abbildung 35: Zugangsweg, a: im Querschnitt, b: mit M. pronator quadratus, b: abgelöster Muskel, [104;132]



Abbildung 36: Patient mit AO23 C2 Fraktur, Röntgenbilder AP und seitlich vor und nach Jupiterplattenosteosynthese (aus UKM)

### 3.11.3 Nachbehandlung

Unmittelbar postoperativ erfolgt eine Röntgenkontrolle, der Arm wird hoch gelagert, der Patient bekommt ein Analgetikum.

Postoperativ kann für kurze Zeit eine Gipsschiene angelegt werden, die nach Wundheilung entfernt wird. Es ist dann eine frühfunktionelle Therapie anzustreben [32;93;95;135;150] . Zuerst erfolgt die aktive schmerzadaptierte Mobilisierung von Schulter, Ellenbogen, Finger- und Daumengelenken als frühfunktionelle isometrische Übungen. Nach Wundkontrollen und dem Abschluss der Wundheilung kann das Handgelenk im schmerzfreien Bereich ohne Belastung bewegt werden. Eine Belastung erfolgt abhängig von der Konsolidierung der Fraktur zwischen der 8–10 Woche.

Materialentfernungen werden nicht regelhaft durchgeführt und sind bei den heute verwendeten Materialien wie Titan nicht mehr nötig. Nur bei zwingenden Gründen (Infektion im Plattenlager, Materialdislokation, deutlichem Korrekturverlust), Patienten die eine Entfernung wünschen, oder jungen Patienten wird eine Entfernung der Plattenosteosynthese nach etwa 10-12 Monaten in Betracht gezogen.



Abbildung 37: 23 jährige Patientin mit AO 23 C1 (aus UKM)



Abbildung 38: AO 23 A3 Fraktur einer 64 jährigen Patientin, gewünschte Metallentfernung (aus UKM)

## **4 Patienten, Material und Methoden**

### **4.1 Studiendesign**

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine retrospektive klinische und radiologische Untersuchung der Behandlungseffektivität der palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthese. Die Patienten wurden anhand eines standardisierten Protokolls untersucht und befragt. Mit Hilfe der archivierten prä- und postoperativen Röntgenbilder der Patienten wurden die Frakturen nach der AO-Klassifikation eingeteilt, vermessen und beurteilt. Als Einschlusskriterien galt der Frakturtyp, das Alter in Bezug auf eine geschlossene Wachstumsfuge, sowie eine Primärversorgung der Fraktur. Sekundärversorgung und Korrekturingriffe wurden als Ausschlußkriterium gewertet. Als Beurteilungsschema wurde der Score von *Gartland und Werley* [38] verwendet. Er wurde ausgewählt, da er sowohl generell als auch hausintern häufig verwendet wird und so eine Vergleichbarkeit mit anderen Daten gewährleistet. Auf die Befragung der Patienten mittels des *DASH*-Scores wurde verzichtet.

### **4.2 Patienten**

Beginnend am 01.01.2001 sollten 50 Radiusfrakturen, welche die Einschlusskriterien erfüllten, d.h. primär mit einem palmaren winkelstabilen Implantat bei distaler Radiusfraktur operativ versorgt wurden, in der Klinik und Poliklinik für Unfall- Hand- und Wiederherstellungschirurgie in Münster untersucht werden. Der Zeitraum der Erfassung konnte am 15.07.2003 abgeschlossen werden. Es wurden 49 Patienten mit 51 distalen Radiusfrakturen erfasst. 2 Patienten wurden an beiden Handgelenken behandelt. Eine Altersbegrenzung nach oben gab es bei der Auswahl der Patienten nicht.

### **4.3 Frakturklassifikation**

Die untersuchten Handgelenksfrakturen wurden nach der oben beschriebenen AO-Klassifikation eingeteilt. Es wurden nur die 3 Hauptgruppen und 9 Untergruppen A1-3, B1-3 und C1-3 bei der Beurteilung berücksichtigt.

#### 4.4 Verwendete Implantate

Bei dieser Untersuchung wurden zwei verschiedene winkelstabile Implantate verwendet.

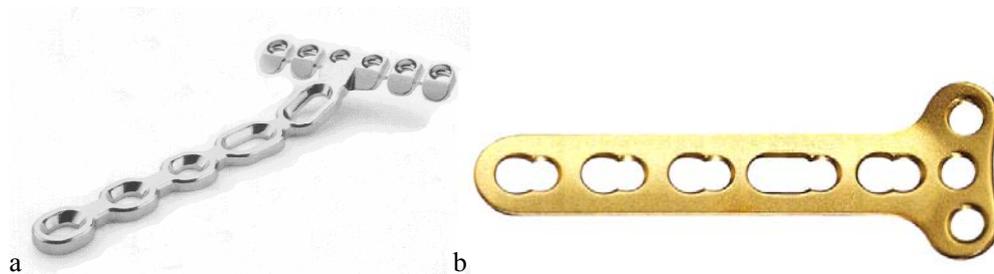


Abbildung 39: Implantate: a: Jupiter Platte, b: LCP 3,5mm, (Synthes®)

Beide sind Titanimplantate der Firma Synthes®, die durch die Mathys Medizinaltechnik AG, CH-2544 Bettlach, Schweiz und SYNTHES-Stratec Inc. hergestellt und vertrieben werden.

Die sogenannte Jupiterplatte ist eine Einheitsgröße, die auf die entsprechende Größe vom Operateur zugeschnitten wird. Es wird nur zwischen rechter und linker Seite unterschieden. Sie ist den anatomischen Gegebenheiten am distalen Radius angepasst. Die distalen Löcher besitzen ein Innengewinde und sind passend für 1,8mm-Abstützstifte mit Gewindekopf oder 2,4mm Kortikalisschrauben. Der Schaftbereich wird mit 2,7mm Kortikalisschrauben besetzt.

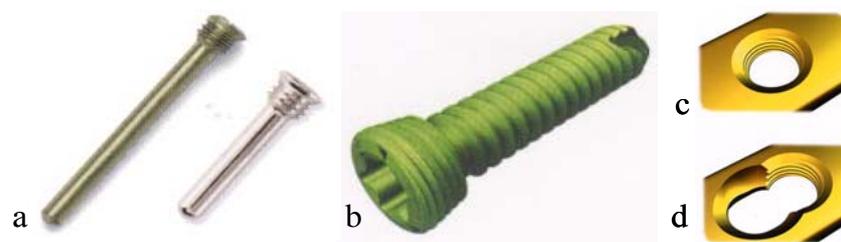


Abbildung 40: a: 1,8mm Abstützstifte mit Gewindekopf, b: 3,5mm winkelstabile Kopfverriegelungsschraube, c: Rundloch mit konischem Gewinde, d: Kombinationsloch (Synthes®)

Locking Compression Plates sind in unterschiedlichen Größen konstruiert. Auch sie unterscheiden rechtes und linkes Handgelenk, sowie ein neutrales Implantat und sind anatomisch vorgeformt. Für das distale T-Stück und den Schaft sind entweder 3,5mm Kopfverriegelungsschrauben oder Kortikalisschrauben vorgesehen. Der proximale

Bereich besitzt Kombinationslöcher, die eine dynamische Kompressionseinheit für Standardschrauben mit dem konischen Gewindeloch für winkelstabile Kopfverriegelungsschrauben kombiniert.

## 4.5 Protokoll

Basisgrundlage für die körperliche Untersuchung ist ein Erhebungsbogen (siehe Anhang) nach dem systematisch vorgegangen wurde. Alle Patienten konnten so standardisiert erfasst werden.

Die klinischen Untersuchungen wurden stets im Seitenvergleich durchgeführt, um Abweichungen zu Gegenseite festzustellen.

Im Durchschnitt konnten die Patienten  $8,1 \pm 4,0$  (3-21) Monate nach dem Frakturereignis untersucht werden.

Die klinische Untersuchung beinhaltet:

- Gelenkbeweglichkeiten nach der Neutral-0-Methode des Ellenbogengelenkes,
- des proximalen und distalen Humeroulnar-Gelenkes,
- des proximalen und distalen Handgelenkes,
- der Fingerbeweglichkeit,
- die Vermessung des Armes und der Hand in Umfängen und Längen,
- die Inspektion der Narbenverhältnisse,
- die Kraftmessung der Hand mit Hilfe eines Ballonkraftmessers,
- die Überprüfung der Sensibilität.

Die Gelenkbeweglichkeiten werden nicht aktiv durch Muskelkraft selbiger Hand, sondern passiv bis zum Erreichen eines Widerstand bzw. der Schmerzgrenze gemessen. Bei dem Ballonkraftmesser wurden bei allen Patienten Ballons in 3 verschiedenen Größen verwandt. Der Ballon wurde zwischen Daumen und Zeigefinger gehalten und zusammengepresst, mit jedem Ballon jeweils 3-mal. Von den erfassten Daten wurde ein Mittelwert gebildet und die Abweichung zur Gegenhand erfasst. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass schon bei gesunden zwischen der dominanten Hand und der nicht dominanten Hand ein Unterschied von 30% bestehen kann [12] .

Zur Beurteilung der subjektiven Ergebnisse wurden die Patienten befragt nach:

- Schmerzen, Beschwerden, Funktionsbehinderungen im täglichen Leben, Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis der Narbe, der ganzen Hand und dem Behandlungsergebnis insgesamt, Verwendung von Krankengymnastik, Unfallhergang und Komplikationen.

Soweit möglich wurden ebenfalls Informationen aus den Krankenblättern der Patienten zur Eruiierung aller Details erfasst.



Abbildung 41: Kraftmessung

#### 4.6 Radiologische Methodik

Von den Patienten lagen die präoperativen, die direkt postoperativen Röntgenaufnahmen, sowie die Verlaufsröntgenkontrollen des proximalen Handgelenkes jeweils in zwei Ebenen vor. Bei den Verlaufsbildern wurden die zuletzt geschossenen Bilder berücksichtigt.

Folgende Details wurden vergleichend bei den präoperativen, den postoperativen Bildern wie auch den Verlaufsaufnahmen berücksichtigt:

- die physiologischen Winkel: radial tilt, palmar tilt und radial length,
- die radiale und dorsale Verschiebung der Frakturen: dorsal shift und radial shift.

Anhand der präoperativen Aufnahmen konnten zusätzlich noch folgende Informationen erhoben werden:

- AO-Klassifikation der Fraktur,
- Beteiligung des Processus styloideus ulnae,
- Beteiligung der Mitbeteiligung des distalen Radioulnargelenkes.

Die postoperativen Bilder wurden auf folgendes zusätzlich analysiert:

- der verwendete Plattentyp (Jupiter, LCP)
- die Plattendimensionen mit distaler und proximaler Schraubenanzahl

- Zusatzstabilisation (Gips, Fixateur-Extern, Schrauben, Kirschner-Drähte, Verwendung von Knochenersatzmaterial)

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung erfolgte aus Gründen der Strahlenhygiene nur eine radiologische Kontrolle, wenn die Patienten unter starken Schmerzen, einer schweren Bewegungseinschränkung oder unter anderen auf schwerwiegenden Komplikationen hinweisende Symptomatiken litten.

#### **4.7 Beurteilungsschema**

Die erhobenen Daten wurden in den Score von Gartland und Werley übertragen (siehe Anhang) [38] . In diesem Scoresystem ist die Beurteilung vorwiegend von dem objektivierbaren funktionellen und radiologischen Resultat abhängig. Um zu einem Ergebnis zwischen sehr gut, gut, befriedigend und schlecht zu kommen wurden

- die radiologischen Veränderungen (Winkelmaße am distalen Radius),
- die aufgetretenen Komplikationen,
- die Bewegungsausmaße nach Neutral-Null-Methode,
- die Griffkraft und
- eine subjektive Einschätzung zu Schmerz und Bewegungseinschränkung

in einem Punktesystem ausgewertet. Viele erzielte Punkte spiegeln hier ein schlechtes Ergebnis wider, wenig Punkte ein gutes. Die Anzahl der zu erreichenden Punkte bewegt sich zwischen 0 und 39.

#### **4.8 Statistische Analyse**

In der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine deskriptive Arbeit. Für die graphische Darstellung wurde das Programm Microsoft Excel 2002 und für die statistische Analyse SPSS für Windows, Version 11.5.1.2002 Chicago, SPSS Inc. angewandt.

Als Lagemaß wurde das arithmetische Mittel, als Streuungsmaß die Standardabweichung verwendet. Signifikanzen wurden mit dem Mann-Whitney U-Test ermittelt. Signifikant galten Werte  $p < 0,05$ . Andernfalls wird lediglich festgestellt, dass die beobachteten Abweichungen auch durch zufällige Variabilitäten erklärt werden können.

## 5 Ergebnisse

Dieser Teil der vorliegenden Arbeit beschreibt alle im Rahmen der Untersuchung erhobenen Ergebnisse und gliedert sie in 6 Hauptteile auf. In einem ersten Teil werden das gesamte Patientengut sowie die Unfallgegebenheiten beschrieben. Ein zweiter Teil beschreibt die entstandenen Frakturen, gefolgt von der Erläuterung der ergriffenen operativen Maßnahmen und entstandenen Komplikationen. Hierauf werden in einem vierten Abschnitt die radiologischen Daten und fünftens die mittels des Untersuchungsbogens erfassten Ergebnisse aufgezeigt. Zuletzt wurden die Patienten um eine subjektive Bewertung ihrer Behandlung gebeten.

### 5.1 Beschreibung der Patienten

#### 5.1.1 Epidemiologie

Bis zum 15.07.2003 wurden in der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand und Wiederherstellungschirurgie 51 Frakturen mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese bei distaler Radiusfraktur versorgt. Unter den Patienten befanden sich 36 Frauen (73,5%, 17–82 Jahre) und 13 Männer (26,5%, 18–58 Jahre). 2 Patientinnen brachen sich im Untersuchungszeitraum beide distalen Radii.

Bei den Frauen konnte ein Durchschnittsalter von 60,2 Jahren, bei den Männern von 35,5 Jahren ermittelt werden. Insgesamt lag das Durchschnittsalter am Operationstag bei 55,3 Jahren (zwischen 17 und 82 Jahren).

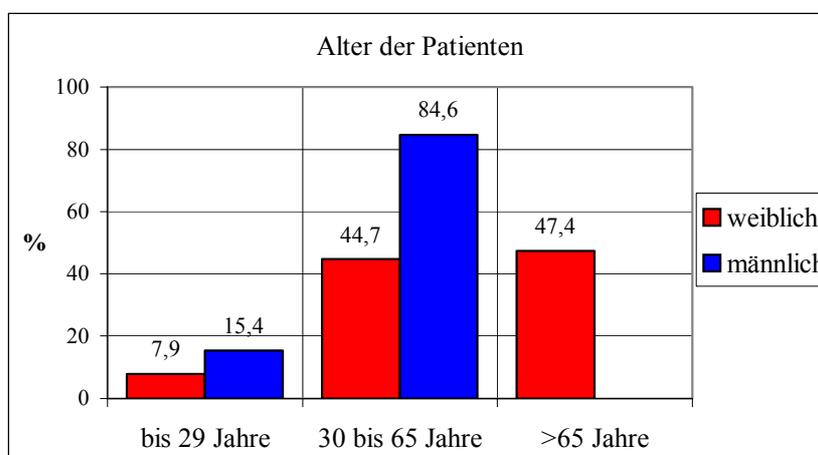


Abbildung 42: Prozentuale Verteilung der Patienten verschiedener Altersgruppen abhängig vom Geschlecht (n=51)

Bei den jüngeren Verletzten stellen Männer den prozentualen Hauptanteil des Patientenguts dar, bei den älteren die Frauen. Insgesamt ist die Frau ab 65 die von der Fraktur am stärksten betroffene.

Von den 49 zutreffenden Patienten konnten 47 (95,9%) untersucht und befragt werden. Bei 2 Patienten (3,9%) war dieses nicht möglich. Ein Patient lebt im Ausland und ein anderer war nicht auffindbar.

### 5.1.2 Unfallursachen

Die untersuchten Unfälle ereigneten sich als:

- Sturz auf öffentlichen Verkehrswegen (gestolpert, bei Glätte ausgerutscht, gestoßen, etc.),
- Sportunfall (Fahrrad, Inline Scates, Fußball, Schlittschuh, etc.),
- Sturz im Haushalt (vom Stuhl, Treppe, über Teppich, Leiter, etc),
- Verkehrsunfall (Auto- und Motorradunfall, Polytraumen),
- Arbeitsunfall (Sportunterricht, Leiter, etc),
- oder im Rahmen von Schwindelanfällen und unter Alkoholeinfluß.

Damit lassen sich die in dieser Untersuchung aufgetretenen Unfälle in folgende Gruppen unterteilen:

- Ebenerdiger Sturz, Bagateltrauma
- Sturz von einer Anhöhe
- Sportunfall
- Hochrasanztrauma

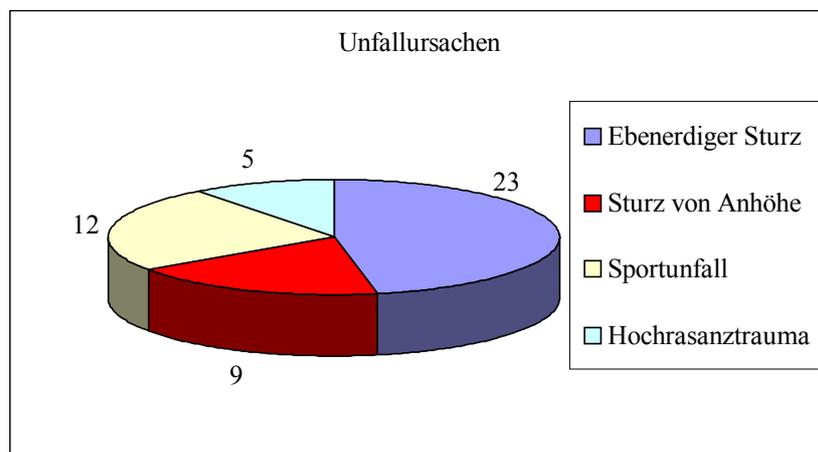


Abbildung 43: Unfallursachen, in absoluten Zahlen (n=49)

Betrachtet man die Unfallursache in Bezug auf das Alter, so kann festgestellt werden, daß der ebenerdige Sturz sowie der Sturz von einer Anhöhe vor allem bei älteren Patienten auftritt (Durchschnittsalter: 65,0 Jahre). 73,0% aller weiblichen Patienten finden sich hier wieder. Der Sportunfall sowie das Hochrasanztraum sind bei den jüngeren Patienten federführend (Durchschnittsalter 40,2 Jahre). Hier reihen sich mit 66,7% die meisten der männlichen Patienten ein. 44,9% aller Frakturen ereigneten sich im häuslichen Umfeld und bei Betrachtung lediglich der ebenerdigen Stürze und denen von einer Anhöhe, so sind es 75,9%.

Die häufigsten Unfälle fanden im Januar und Februar sowie im Mai und Juni statt. Wenn man die Unfallursachen in diesen Gruppen betrachtet, so sind Stürze in der Ebene in den Wintermonaten (Glatteis) und in den Sommermonaten Sportunfälle (z.B. Inline-Skating) gehäuft aufzufinden.

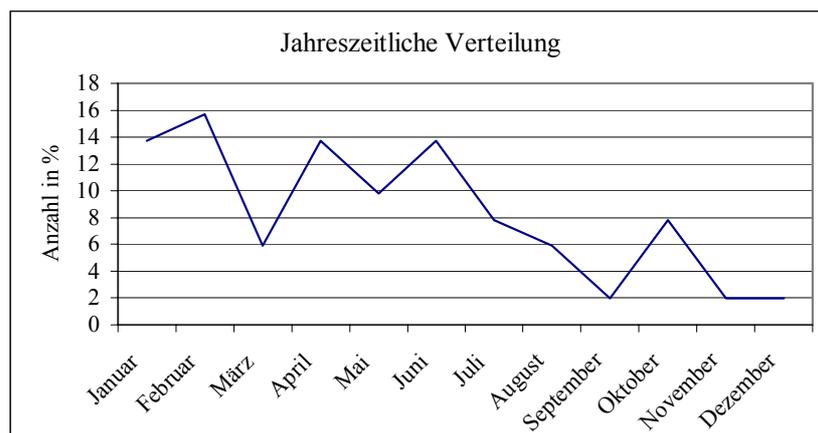


Abbildung 44: Jahreszeitliche Verteilung der mit palmarer Platte versorgten Unfälle in Prozent (n=51)

## 5.2 Frakturdaten

### 5.2.1 Seitenlokalisation

Die Patienten teilten sich in 45 Rechtshänder (91,8%) und 4 Linkshänder (8,2%) auf. In 47,1% war die rechte Hand betroffen, in 52,9% die linke. 22 Patienten (43,1%) brachen sich die Führungshand, 56,9% die Gegenhand.

### 5.2.2 Klassifikation

Von den 51 behandelten Frakturen der 49 Patienten handelt es sich in 49 Fällen (96,1%) um eine Extensionsfraktur, eine Colles-Fraktur und bei 2 Patienten (3,9%) um eine Flexionsfraktur, der Smith-Gayrand-Fraktur.

Nach der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese eingeteilt, wurden vor allem C Frakturen (60,8%) mit der winkelstabilen Platte versorgt. Die häufigste Fraktur war allerdings die A3-Fraktur mit 39,2%.

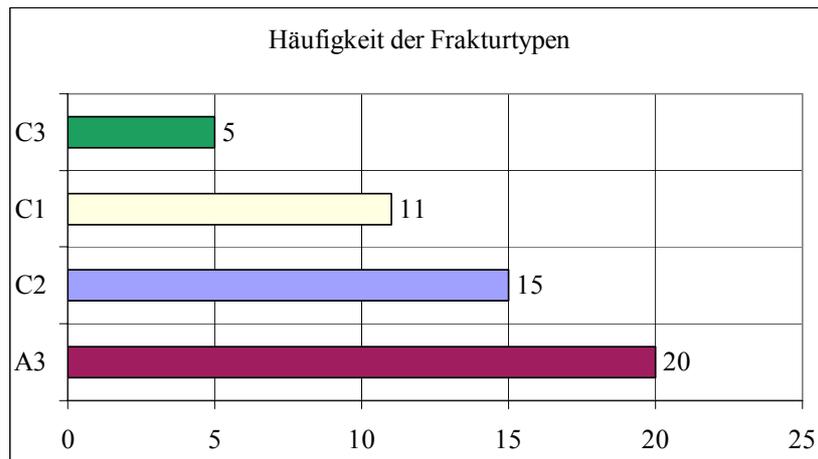


Abbildung 45: Anzahl der Frakturen eingeteilt nach Frakturklassifikation nach AO (n=51)

### 5.2.3 Weitere Frakturdaten

Des Weiteren wurde bei der vorliegenden Untersuchung auf die Mitbeteiligung des distalen Radioulnargelenkes (DRUG), eine zusätzliche Fraktur des Styloideus Ulnae sowie die Anzahl der kortikalen Trümmerzonen geachtet.

- Mitbeteiligung des DRUG: 51%
- gleichzeitige Fraktur des Styloids: 57%
- kortikale Trümmerzonen: 1=20%; 2=45%; 3=25%

### 5.2.4 Zusatzverletzungen

39 der 51 distalen Radiusfrakturen (76,5%) zeigten sich ohne jegliche Zusatzverletzungen, 12 (23,5%) mit, wovon 6 (11,8%) ein Polytrauma erlitten. Eine Fraktur des Styloideus ulnae wird nicht als Zusatzverletzung gewertet, da sie an anderer Stelle berücksichtigt wird.

Zusatzverletzungen:

- 2 Orbitabodenfrakturen
- Nasenbeinfraktur
- Radiusköpfchenfraktur der Gegenseite
- Ulnaköpfchenfraktur
- Os scaphoideum-Fraktur der Gegenseite
- Unterkieferfraktur mit Zahnverlust
- Distale transkondyläre Femurfraktur
- Acetabulumfraktur
- 3 Polytraumata

## **5.3 Therapie und Komplikationen**

### **5.3.1 Überblick der therapeutischen Maßnahmen**

In der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie in Münster wurden die 51 untersuchten Handgelenke primär mit einer offenen Reposition und Anlage einer palmaren winkelstabilen Platte versorgt.

Insgesamt wurden die Patienten nach  $1,3 \pm 3$  (0-12) Tagen operiert. 37 Frakturen (72,5%) konnten noch am Tag der Verunfallung operativ versorgt werden, 7 (13,7%) am darauf folgenden Tag. 7 Frakturen (13,7%) konnten nicht sofort angegangen werden, so dass man sich für eine Sanierung im Intervall von etwa einer Woche (6-12 Tage) entschied.

Die durchschnittliche Dauer des stationären Aufenthaltes aller Patienten betrug  $8,8 \pm 15,2$  Tage (2-75). Lässt man allerdings die polytraumatisierten, sowie Patienten mit schweren Zusatzverletzungen außer Acht (insgesamt 6 Patienten), beträgt die durchschnittliche Aufenthaltsdauer von Operation bis zur Entlassung  $3,4 \pm 1,8$  Tage (2-10).

### 5.3.2 Versorgung der Frakturen

Von den 51 Frakturen wurden 30 (58,8%) mit einer Jupiterplatte und 21 (41,2%) mit der LCP Platte versorgt.

70,6% der behandelten Frakturen wurden ohne ergänzende Stabilisation therapiert, 29,4% bedurften zusätzlicher Maßnahmen.

Keine Zusatzmaßnahmen	36	70,6%
Schraube	7	13,7%
Knochenersatz, Endobone	4	7,8%
Kirschner Draht	3	6,1%
Fixateur Extern	1	2,0%

Abbildung 46: Zusatzstabilisation absolut und in Prozent (n=51)

Nach eventuellem Kürzen der Platten, wurden diese am häufigsten mit 4 Schrauben im distalen Fragment und 3 Schrauben im proximalen Fragment besetzt.

3 3	11	21,6%
3 4	6	11,8%
4 3	17	33,3%
4 4	6	11,8%
5 3	3	5,9%
Andere	8	15,7%
1.Zahl=Schrauben im distalen Fragment		
2.Zahl=Schrauben im proximalen Fragment		

Abbildung 47: Plattendimensionen absolut und in Prozent (n=51)

### 5.3.3 Krankengymnastische Übungen

Von den befragten Patienten nahmen 28 (59,6%) krankengymnastisch angeleitete Übungen in Anspruch. Weitere 17 (36,2%) Patienten machten, angeleitet von den Physiotherapeuten der Universitätsklinik, in Eigenregie Übungen. 2 Patienten verzichteten ganz auf Übungen.

### 5.3.4 Revision und Metallentfernung

Bei 10 Patienten (19,6%) wurde eine Entfernung der Osteosynthese durchgeführt. Im Rahmen einer notwendigen Nachbehandlung wurde bei 6 Patienten (11,8%) die Entfernung durchgeführt. Eine Plattenlockerung mit Wanderung der Schrauben nach

distal sowie Sehnenverletzungen, evtl. durch eine Schraube, etc. waren Gründe. Im Rahmen der Nachuntersuchung konnte bei einem Patienten eine weitere Behandlung eingeleitet werden, die zu einer Revision führen wird. Ein Patient mit auffälligem Ergebnis lehnte eine erneute Vorstellung ab. Eine nähere Beschreibung findet im nächsten Unterpunkt „Komplikationen“ statt.

Des Weiteren konnten zum Zeitpunkt der Datenerhebung 4 (7,8%) reine Metallentfernungen erfasst werden. Zwei Patienten wünschten diese unabhängig vom Ergebnis und zwei ließen die Platte aufgrund von Frakturfolgen wie Wetterfühligkeit, das Nichtvertragen von Sonne und hohen Temperaturen sowie einem zeitweise Anschwellen der Finger entfernen.

### **5.3.5 Komplikationen**

Bei den Komplikationen können Früh- und Spät komplikationen unterschieden werden. Typische Frühkomplikationen wie Infektionen, Wundheilungsstörungen oder Nachblutungen konnten im Rahmen dieser Untersuchung nicht festgestellt werden. Auch eine primäre intraartikuläre Lage der Platte zeigte sich in keinem Fall. Bei allen Patienten wurde die Wunde primär verschlossen und die Haut heilte folgenlos aus.

Als Spät komplikationen werden alle solche erfasst, die nach Entlassung aus dem Krankenhaus bzw. bei solchen mit langen Krankenhausaufenthalten nach Wundheilung auftraten. Aufzuzählen sind z.B. die Implantatlockerung, Repositionsverlust, Fragmentdislokation, Gefäß-Nerven-Verletzungen mit evtl. Lähmungen, Sehnenrupturen sowie der M. Sudek.

Insgesamt konnte festgestellt werden, dass es bei 7 Patienten (13,7%) zu einem Auftreten von Komplikationen bzw. zu einem Erzielen eines schlechten Ergebnisses kam. 43 Patienten, also 84,3% berichteten über einen komplikationslosen Verlauf.

Exemplarisch soll ein solch idealer Verlauf beschrieben werden:

Patient 1: Alter: 73 Jahre, Geschlecht: weiblich

- Die Patientin stürzte eine Treppe hinunter und brach sich das linke Handgelenk. Kurz darauf stellt sie sich in der Unfallklinik vor. Nach kurzer klinischer Untersuchung und Anfertigung eines Röntgenbildes der verunfallten Hand in 2 Ebenen konnte die Diagnose einer dislozierten distalen Radiusfraktur AO 23 A3

und damit die Operationsindikation gestellt werden. Nach Aufklärung und Erläuterung der Alternativen erfolgte an selbigem Tag das operative Angehen der Fraktur mittels palmarer winkelstabiler Jupiterplattenosteosynthese. Bei kleinem kortikalen Defekt wurde Endobone zur Stabilisierung eingebracht. 2 Tage nach der Operation konnte die Patientin aus der stationären Behandlung entlassen werden. Krankengymnastische Übungen wurden der Patientin an die Hand gegeben.

29 dieser Patienten (59,2%) klagten über geringfügige Veränderungen im Vergleich zur Gegenseite:

Auffälligkeiten gegenüber Gegenseite	
Leichte Deformität am Handgelenk	17
Wetterfühligkeit, Wärmeintoleranz, Wärmegefühl	12
zeitweises kurzzeitiges Anschwellen der Hände	7
leichtes Taubheitsgefühl im Narbenbereich	6
leichtes vorübergehendes Kribbeln	4
Gelegentliches Gelenkknacken, Springen im Gelenk	4
Arm und Hand dünner als die Gegenhand	2
Hand wird schneller kalt, bzw. Kältegefühl	2
anderes	6

Abbildung 48: Häufigkeit postoperativer subjektiver geringfügiger Veränderungen zur Gegenseite.

Diese werden zwar als störend aufgefasst, schränken jedoch die Person nicht in Aktivitäten des täglichen Lebens ein. Sie können auch nicht einem bestimmten Behandlungsverfahren zugeschrieben werden, da sie Fraktur- bzw. Versorgungsfolgen sind. Sie können nach jeder Handgelenksoperation auftreten. Die häufigsten genannten Auffälligkeiten waren hier die leichte Deformität der Hände, die Wetterfühligkeit oder ein zeitweises Anschwellen der Hände.

Zwei Patienten litten schon vor der Operation an Arthrose in Händen und Fingern. Hier waren die postoperativen Schmerzen schwer zu beurteilen. Nach Angaben der Patienten wurden die Schmerzen jedoch als gleich bleibend beschrieben. Die typische Symptomatik eines peripheren Nervenkompressionssyndrom (KTS, Loge de Guyon) lagen nicht vor.

Insgesamt traten bei 7 Patienten (13,7%) Komplikationen auf. Im Weiteren sollen diese Verläufe in Kurzform beschrieben werden.

Komplikationen	
Sehnenrupturen (FPL+FPD 2+3, FDS2; EDC4; EPL+EDC2)	3
Belastungsschmerzen und Bewegungseinschränkung	2
Implantatdislokation oder falsche Lage der Schrauben	2
Radiocarpal-, Radioulnararthrose	2

Abbildung 49: Komplikationen in absoluten Zahlen, Mehrfachnennungen

Patient 2: Alter: 75 Jahre, Geschlecht: weiblich, AO 23 C3

- Patient 2 hatte sich nach einem Treppensturz eine distale Radiusmehrfragmentfraktur (AO 23 C3) links, eine transkondyläre Femurfraktur rechts sowie eine Stirnplatzwunde zugezogen. Noch an selbigem Tage konnte der Patient operativ behandelt werden. Die Radiusfraktur wurde mit einer Jupiter-Titan-Platte und Schraubenosteosynthese versorgt. Postoperativ zeigten sich regelrechte Achsen- und Gelenkflächenstellungen, die Wundheilung erfolgte primär. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (4 ½ Monate nach OP) gab der Patient Schmerzen beim Ziehen und Heben an, der Zeigefinger schliefe teilweise ein und im Endglied bestand eine Bewegungseinschränkung. Des Weiteren war eine Schwellung und ein fesselndes Gefühl vorhanden. Eine erneute Therapie wurde von dem Patienten zu diesem Zeitpunkt nicht erwünscht. 11 Monate nach Operation stellte sich dann der Patient aufgrund einer zunehmenden Bewegungseinschränkung im rechten Daumen sowie im DIP-Gelenk des 2. Fingers vor, zudem kam es zu einer zunehmenden Schmerzhaftigkeit bei Beugung der Langfinger. In Röntgenaufnahmen zeigte sich eine *sekundäre Dislokation des Implantates mit Schraubenfehlage*. Bei knöchern konsolidierter Fraktur wurde deshalb die Indikation zur Implantatentfernung und Revision der Beugesehnen gestellt. Intraoperativ fand sich eine neben der konsolidierten Radiusfraktur eine *Ruptur der Sehnen des M. flexor pollicis longus (FPL), M. flexor digitorum superficialis des II. Fingers (FDS II), M. flexor digitorum profundus des II. Fingers (FDP II) und des III. Fingers (FDP III)* sowie eine ausgeprägte Synovialitis der Beugesehnen. Es erfolgte eine Implantatentfernung, eine komplette Synovialektomie der Beugesehnen sowie Seit zu Seit-Tenorrhaphien FDS II an FDS III sowie FDP II und FDP III an FDP IV, eine Karpaldachspaltung und Neurolyse des Nervus medianus mit Karpaldachplastik und eine Augmentation der FPL-Sehne. Die

Patientin konnte mit belastungsfreien Übungen unter krankengymnastischer Kontrolle entlassen werden.



Abbildung 50: Konventionelle Röntgenaufnahmen a.p. und seitlich sowie CT des Handgelenkes mit intraartikulärer Schraubenlage (aus UKM)

Patient 3: Alter: 58 Jahre, Geschlecht: männlich, AO 23 C2

- Nach einem Motorradunfall wurde der Patient 3 polytraumatisiert in die Unfallchirurgie eingeliefert. Hier wurde eine Acetabulumfraktur rechts, eine beidseitige Oberschenkelfraktur sowie eine distale Radiusfraktur links (AO 23 C2) festgestellt. Nach sofortiger Versorgung des Femur erfolgt in 9-tägigem Intervall die operative Sanierung von Acetabulum und Radius. Letztere wurde mit einer palmaren winkelstabilen Jupiterplatte versorgt. Zum Zeitpunkt der Untersuchung (4 Monate nach OP) klagte der Patient über ein leichtes Streckdefizit des 4. Fingers und über Schmerzen vor allem zur Nacht. Eine Wetterfühligkeit sowie eine leichte Schwellung des Handgelenkes störten weniger. Die Wiederaufnahme des Patienten (5 Monate nach OP) erfolgte aufgrund von vermehrten, zunehmenden Schmerzen nach einem Sturz in der

Rehaklinik. Es konnte eine knöchern konsolidierte Fraktur mit *Strecksehnenruptur D IV* diagnostiziert werden. Das Implantat wurde entfernt, die Strecksehnen D IV wurden rekonstruiert und eine Seit zu Seit-Tenorrhaphie dieser Sehne auf die Strecksehne D III durchgeführt. Eine palmare Unterarmgipsschiene wurde angelegt.

Hier ist es schwer zu sagen, ob die Sehnenruptur ihre Ursache in einer sturzbedingten Überlastung findet oder Implantatabhängig ist.

Patient 4: Alter: 53 Jahre, Geschlecht: männlich, AO 23 C1

- Eine AO 23 C1 Fraktur des distalen Radius zog sich der Patient 4 durch Einklemmen der rechten Hand zu. Ohne weitere Komplikationen konnte diese mit einer winkelstabilen palmaren Jupiterplatte versorgt werden und der Patient nach 2-tägigem Krankenhausaufenthalt entlassen werden. Etwa 8 Monate nach der Operation stellte sich der Patient mit einer bemerkten Strecksehneninsuffizienz des Daumens vor. Das Rupturereignis war nicht erinnerlich. Intraoperativ zeigte sich eine *Ruptur der Sehne des M. extensor pollicis longus (EPL), des M. extensor digitorum communis II (EDC II)* sowie eine narbige Verwachsung der Extensor communis-Sehne, der Indicis-proprius-Sehne sowie der Strecksehne des Mittelfingers. Es wird zunächst eine Implantatentfernung, eine Tenolyse und Seit zu Seit-Vereinigung zwischen Communis- und Indicis-proprius-Strecksehne und eine Entfernung der Narbenplatte durchgeführt. Des Weiteren wurde im Intervall eine Tenolyse des EPL, des Extensor indicis, des EDC II sowie eine Indicisplastik zur Rekonstruktion des EPL durchgeführt. Eine Transposition des EDC II Seit zu Seit an EDC III wurde zur Rekonstruktion des Zeigefingerstreckers durchgeführt. Jetzt berichtet der Patient über ein verbliebenes Streckdefizit bei DI und II sowie ein Taubheitsgefühl über dem Daumen.

Patient 5: Alter: 31 Jahre, Geschlecht: männlich, AO 23 C3

- Durch einen Sportunfalls kam es bei Patient 5 zu einer intraartikulären distalen Radiusfraktur links (AO 23 C3). Nach Versorgung mittels palmarer LCP-Platte und zweier Kirschner Drähte und nach komplikationslosem postoperativem Verlauf konnte der Patient aus dem Krankenhaus entlassen werden. Zur Wiedervorstellung 7 Monate später kam es aufgrund von starken Schmerzen und Bewegungseinschränkungen. Festgestellt wurde bei einer

Handgelenksarthroskopie eine *Chondromalazie III.-IV.* Grades sowie Briden, so daß ein Knorpelshaving und eine Bridenresektion durchgeführt wurden. Weitere 5 Monate später, bei Beschwerdepersistenz, erfolgte eine Implantatentfernung, eine Handgelenksmobilisation sowie eine Arthrolyse. Postoperativ zeigt sich eine Beschwerdebesserung.

Patient 6: Alter: 41 Jahre, Geschlecht: männlich, AO 23 C3

- Dieser Patient erlitt ein Polytrauma mit einer instabilen Beckenfraktur rechts, Tibiakopffraktur rechts, einem Mediastinalhämatom, Lungenkontusionen links sowie einer distalen Radiusfraktur AO 23 C3. Letztgenannte wurde mit einer palmaren Jupiterplattenosteosynthese versorgt. Die Nachuntersuchung 13 Monate nach Operation des Patienten deckten multidirektionale Bewegungseinschränkungen, Bewegungs- und Druckschmerzhaftigkeit bei palpablem Implantat, sowie Kraftminderungen im Bereich des rechten Handgelenkes auf. Das Implantat zeigte sich palpabel. Es wurde die Diagnose der Implantatirritation bei konsolidierter Fraktur gestellt und es erfolgte eine Implantatentfernung, welche dem Patienten postoperativ zu einer Verbesserung der Beschwerden verhalf. Jedoch wurden radiologische Zeichen einer *Radiocarpalarthrose* sowie einer *Arthrose des distalen Radioulnargelenkes* diagnostiziert und die Empfehlung ausgesprochen, im Intervall eine Arthroskopie durchführen zu lassen. Bei diesem Patienten ist allerdings einschränkend zu erwähnen, dass schon in Voraufnahmen von 1998 bei chronischem Handgelenksschmerz rechts diskrete degenerative Veränderungen zu sehen waren.

Patient 7: Alter: 79 Jahre, Geschlecht: weiblich, AO 23 C3

- Patient 7 erlitt Frakturen an beiden distalen Radii. Die Frakturen traten nicht gleichzeitig auf, sondern nacheinander, einmal beim Sturz auf eine Bordsteinkante, ein anderes Mal beim Stolpern über einen Teppich. Es handelte sich um eine AO 23 C3 Fraktur links sowie eine C1 Fraktur rechts. Beide wurden mit einer Jupiterplatte versorgt. Während die rechte Seite komplikationslos verheilte, bestanden auf der linken Seite zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung eine überwärmte, schmerzhaft, bewegungseingeschränkte und geschwollene linke Hand. Bei einem darauf angefertigten Röntgenbild der

Hand konnte eine *sehr distale Lage des Implantates* festgestellt werden, jedoch ohne Hinweis auf eine intraartikuläre Lage einer Schrauben.

Patient 8: Alter: 84 Jahre, Geschlecht weiblich, AO 23 C1

- Vorab sei gesagt, daß die Situation dieses Patienten schwer einzuschätzen war, da als Begleiterkrankung eine schwere Arthrose und Polymyalgie bestand und eine Behandlung in einem anderen Krankenhaus stattgefunden hatte. Nach Sturz im Haushalt wurde eine AO 23 C1 Fraktur festgestellt und mittels Jupiterplatte versorgt. Bei der Nachuntersuchung konnte als Befund eine Implantatentfernung, die in einem anderen Krankenhaus durchgeführt wurde, erhoben werden. Das Daumengelenk stand in starker Extension, die *Beweglichkeit war deutlich eingeschränkt und schmerzhaft*. Über dem 1.-3. Finger bestanden Kribbelparesthesien. Eine erneute Vorstellung zur weiteren Diagnostik lehnte die Patientin ab.

## 5.4 Radiologische Ergebnisse

Von den 51 Frakturen konnten von 44 (86,3%) die prä- und direkt postoperativen Röntgenbilder sowie die letzten Röntgenkontrollaufnahmen analysiert und ausgewertet werden. Im Durchschnitt wurde die letzte Aufnahme 6,5 (3–16) Monate nach der Operation angefertigt. Die Werte „radial tilt“ und „palmar tilt“ sind Winkel und wurden in Grad gemessen. „radial hight“, „radial und dorsal shift“ sind als Strecken in Millimeter angegeben.

Normalwerte		<b>Radial tilt</b>	SD	Max	Min
23° ±	Präop	14°	8,8	28°	-24°
	Postop	21°	5,4	31°	8°
	Kontrolle	20°	5,0	28°	8°
		<b>radial hight</b>			
12mm ±	Präop.	6mm	4,9	14mm	-6mm
	Postop	13mm	3,8	24mm	5mm
	Kontrolle	11mm	3,9	21mm	-4mm
		<b>Palmar tilt</b>			
11° ±	Präop	-18°	17,2	19°	-48°
	Postop	5°	6,7	18°	-12°
	Kontrolle	6°	6,2	16°	-10°
		<b>radial shift</b>			
0mm ±	Präop	1mm	5,3	9mm	-24mm
	Postop	0,2mm	1,0	5mm	-3mm
		<b>Dorsal shift</b>			
0mm ±	Präop	4mm	6,4	20mm	-20mm
	Postop	0,1mm	0,5	2mm	0mm

Abbildung 51: Zusammenschau der radiologischen Ergebnisse

Die folgenden Graphiken wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit getrennt. Abbildung 50 stellt die Werte radial tilt, radial hight und palmar tilt dar, da diese in ähnlichen Größenordnungen liegen. Mit angegeben sind die jeweiligen Standardabweichungen (SD). Radial und dorsal shift sind in Abbildung 51 aufgezeigt.

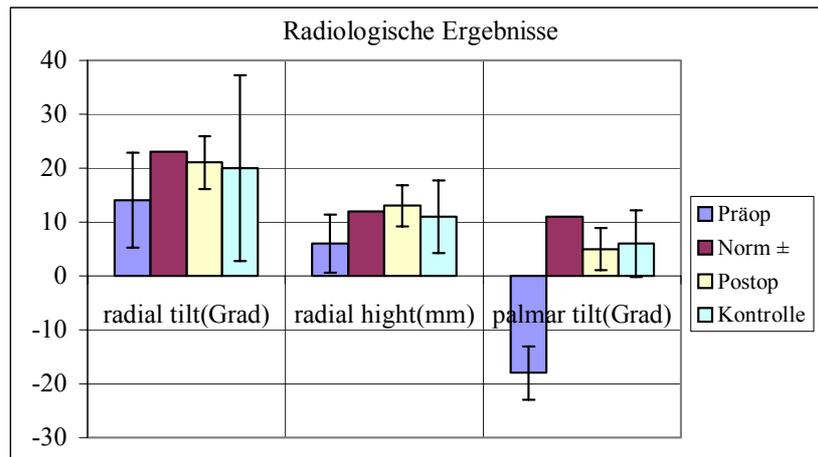


Abbildung 52: Teil 1 der Ergebnisse der Auswertung der Röntgenbilder mit Standardabweichungen

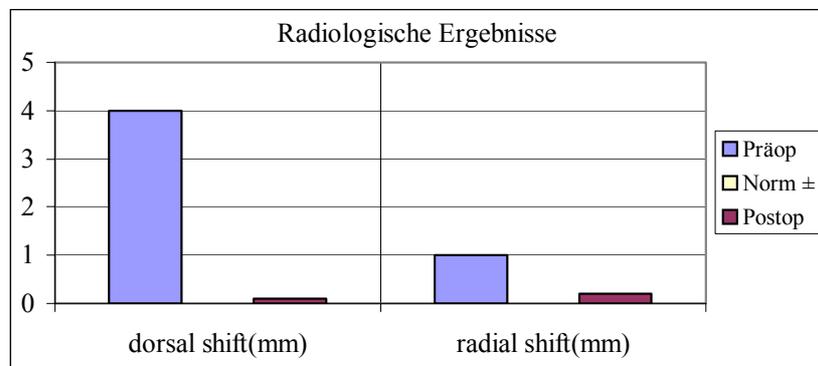


Abbildung 53: Teil 2 der Ergebnisse der Auswertung der Röntgenbilder

Um die Unterschiede der Werte vor und nach der Operation besser zu verdeutlichen, sind die Abweichungen von den Normwerten in Abbildung 52 aufgeführt. Der Wert 0 wäre also der optimale Fall eines dem durchschnittlichem Normwert entsprechenden Ergebnisses.

Betrachtet für die Werte radial tilt, radial hight und palmar tilt wichen diese präoperativ um 117% (39%; 50%; 263%) und postoperativ durchschnittlich um 23,8% (8,7%; 8,3%; 54,5%) sowie bei den Kontrollen um 22,2% (13,0%; 8,3%; 45,5%) von den durchschnittlichen anatomischen Normwerten ab.

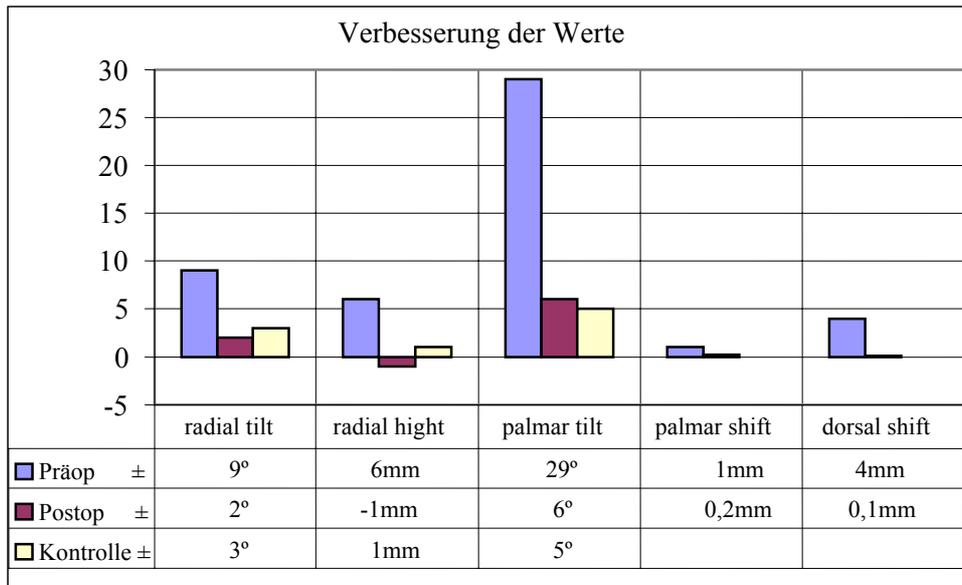


Abbildung 54: Entfernung zum Normwert: präoperativ und postoperativ

Die folgende Darstellung berücksichtigt die gleichen Werte, allerdings nur von Patienten mit sehr gutem Ergebnis. Exemplarisch werden die Werte „radial tilt“, „radial height“ und „palmar tilt“ verbildlicht. Die postoperativen Röntgenbilder sowie Röntgenkontrollen dieser Patienten entsprechen weitestgehend den anatomischen Normwerten.

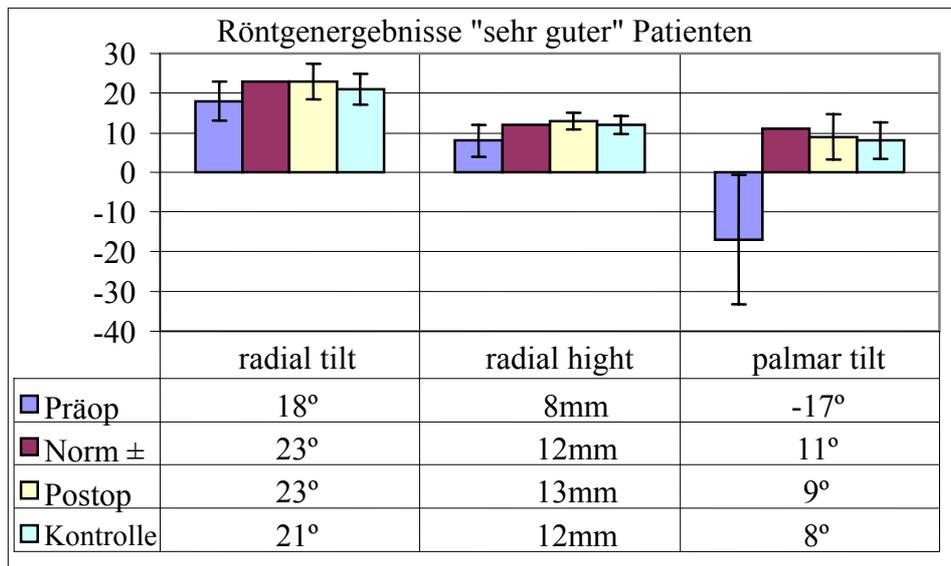


Abbildung 55: Röntgenologische Ergebnisse der „sehr guten“ Patienten (n=18), mit Standardabweichungen

Direkt postoperativ entsprechen die Daten für den Wert radial tilt (Radiusbasiswinkel) dem durchschnittlichen Normwert. Bei der Kontrolle weicht er lediglich 2° von ihm ab, was sich allerdings noch in der Spannbreite eines Normwertes befindet. Ähnlich verhält es sich mit dem Wert radial hight (Radiuslänge). Hier sind sowohl postoperativer Wert wie auch der Kontrollwert der Norm weitestgehend entsprechend und weicht maximal 1° von ihm ab. Lediglich beim Wert palmar tilt, also dem palmaren Kippwinkel weichen die gemessenen Werte postoperativ 2 und bei der Kontrolluntersuchung um 3 Grad von der jeweiligen Norm ab.

Die statistische Auswertung mit dem *Mann-Whitney U-Test* konnte signifikante Unterschiede mit  $p < 0,05$  für die Werte radial tilt, radial hight und palmar tilt im Vergleich sowohl der postoperativen wie auch der Kontroll-Aufnahmen mit den präoperativen Aufnahmen zeigen. Im Vergleich der postoperativen mit den Kontroll-Aufnahmen zeigten sich lediglich signifikante Unterschiede mit  $p = 0,02$  für den Wert radial hight. Radial tilt und palmar tilt wichen nicht signifikant von einander ab.

## **5.5 Auswertung**

Bei der Untersuchung und Befragung der Patienten unter Zuhilfenahme der vorgefertigten Bögen konnten folgende Ergebnisse erzielt werden:

### **5.5.1 Untersuchung der Patienten bezüglich Beweglichkeit**

Im Durchschnitt konnten die 49 untersuchten Frakturen der 47 Patienten  $8,1 \pm 4,0$  (3-21) Monate nach dem Frakturereignis untersucht werden.

Für die Beweglichkeit des Ellenbogens und des Handgelenkes konnten folgende Daten erhoben werden:

Bei der Kontrolle des direkt benachbarten Gelenkes, dem Ellenbogengelenk, konnten sowohl bei der Extension, wie auch der Flexion keine Unterschiede zwischen gesundem und frakturiertem Arm festgestellt werden.

	operiert			Ellenbogengelenk 10° /0°/ 150° (Norm)	gesund		
	Extension		Flexion		Extension		Flexion
	11°	0°	155°		12°	0	153°
Max	-10°	0°	165°		-15°	0	160°
Min	20°	0°	130°		15°	0	135°

	operiert			Handgelenk 80-90°/0°/80-90° (Norm)	gesund		
	Supinat		Pronat		Supinat		Pronat
	79°	0°	82°		86°	0°	87°
Max	90°	0°	90°		90°	0°	90°
Min	20°	0°	30°		70°	0°	80°
SD	13,3		10,0		4,8		4,1

	operiert			35-60°/0°/50-60° (Norm)	gesund		
	Dorsalex		Palmarflex		Dorsalex		Palmarflex
	47°	0°	49°		56°	0°	60°
Max	60°	0°	65°		65°	0°	70°
Min	15°	0°	25°		35°	0°	40°
SD	8,2		9,4		6,8		7,1

	operiert			30-40°/0°/25-30° (Norm)	gesund		
	Ulnarabd		Radialabd		Ulnarabd		Radialabd
	30°	0°	20°		35°	0°	26°
Max	40°	0°	35°		50°	0°	35°
Min	20°	0°	10°		25°	0°	10°
SD	5,3		6,5		6,0		5,3

Abbildung 56: Beweglichkeit der Handgelenke, angegeben mit Neutral-0-Methode

Anders bei den Bewegungen im Handgelenk. Die Abbildung 56 beschreibt die postoperativ festgestellten Unterschiede der Beweglichkeit zwischen dem jeweils betroffenen und dem gesunden Handgelenk.

In Prozenten ausgedrückt ist bei der operierten Hand

- die Auswärtsdrehung (Supination) um 8% ,
- die Einwärtsdrehung (Pronation) um 6%,
- die Dorsalexension um 16%,
- die Palmarflexion um 18%,
- die Ulnarwärtsbewegung (Ulnarabduktion) um 14%,
- und die Radialwärtsbewegung (Radialabduktion) um 23%

im Mittel schlechter als bei der Gegenhand. Insgesamt konnte bei den operierten Handgelenken eine Beweglichkeitseinschränkung um 14%, verglichen mit der gesunden Gegenhand, festgestellt werden.

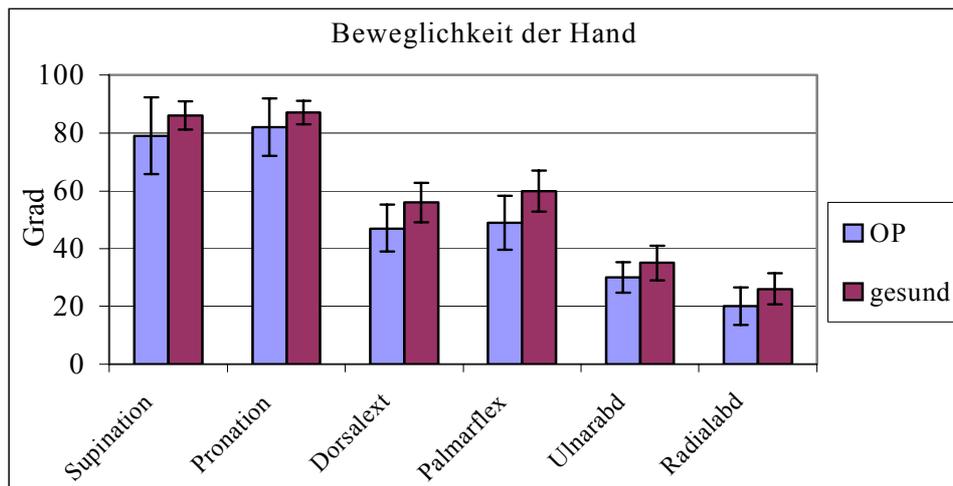


Abbildung 57: Postoperative Beweglichkeit im Handgelenk mit SD

Nach dem *Mann-Whitney U-Test* zeigen sich für alle beschriebenen Bewegungen des Handgelenkes im Vergleich der operierten zur nichtoperierten Seite eine Signifikanz mit  $p < 0,05$ .

Die Vermessung des Daumengrund- und Daumenendgelenkes, sowie dem Winkel zwischen Daumen und ersten Finger in der Ebene und rechtwinklig dazu konnten nur geringe Unterschiede zwischen operierter Hand und Gegenhand festgestellt werden.

Die durchschnittliche Beugung im Daumengrundgelenk betrug  $54^\circ$  ( $70^\circ - 25^\circ$ ) an den betroffenen Handgelenken und  $57^\circ$  ( $70^\circ - 40^\circ$ ), was einen Unterschied von 3% ausmacht. Im Endgelenk war eine Beweglichkeit von  $73^\circ$  ( $90^\circ - 10^\circ$ ) zu  $79^\circ$  ( $90^\circ - 50^\circ$ ) zu messen mit einem Unterschied von 6%.

Zwischen erstem Finger und Daumen ergaben sich folgende durchschnittliche Winkel:

- In der Ebene:  $77^\circ$  ( $95^\circ - 60^\circ$ ) zu  $80^\circ$  ( $95^\circ - 70^\circ$ ),
- Rechtwinklig zur Ebene:  $74^\circ$  ( $90^\circ - 55^\circ$ ) zu  $79^\circ$  ( $95^\circ - 65^\circ$ )

Im Weiteren wurden noch das Beuge- und Streckvermögen der Finger untersucht. Es wurden die Abstände zwischen den Nagelrändern und der Handfläche einerseits und dem Handrücken andererseits ermittelt. Insgesamt wurden bei 8 Patienten hier leichte Defizite festgestellt (17%).

Der durchgeführte Daumenfinger-Fingerkuppenversuch, bei dem mit dem Daumen die Kuppen der übrigen Finger berührt werden müssen, verlief bei allen Patienten unauffällig.

### 5.5.2 Untersuchung der Patienten bezüglich Kraft

Um eine bessere Vergleichbarkeit der Kraft in den Händen zu erhalten wird sie in Prozent der gesunden Gegenseite angegeben. Es konnte ein durchschnittlicher Wert von 77% (10–110%, SD=23,4) errechnet werden. Das heißt, die behandelte Hand erlitt einen durchschnittlichen Kraftverlust von 33%. Betrachtet man nur die sehr guten Patienten, so hatten diese einen durchschnittlichen Kraftverlust von nur 11% (89%, 45–110%, SD=15,7)

### 5.5.3 Vermessung der Patienten

Abschließend wurden bei allen Patienten die Arme und Hände vermessen. Bei den Umfängen von Oberarm und Unterarm konnten außer einer intraindividuellen Schwankung von 0,5 bis 1cm, die meist zu Gunsten der Führungshand ausfiel keine Auffälligkeiten festgestellt werden. Ebenso waren die Ergebnisse der Handspanne (Daumenspitze zu Kleinfingerkuppe) und der Armlängen. Im Bereich des Handgelenks konnte, unabhängig ob Führungshand oder nicht, ein durchschnittlicher Umfangunterschied von 0,6cm (-1cm– 1,5cm) und bei der Mittelhand ohne Daumen einen Unterschied von -0,5cm (-1cm– 1cm) gesehen werden.

Eine Patientin wurde nicht berücksichtigt, da hier Umfangveränderungen aufgrund von Lymphdrainageproblemen nach Brustkrebsoperation ursächlich waren.

### 5.5.4 Protokoll von Gartland und Werley

Die folgende Abbildung ist eine Zusammenschau in tabellarischer Form der mit dem Protokoll von *Gartland und Werley* erfassten Ergebnisse.

Radiologische Veränderungen	Punkte	Anzahl
Ulnarvorschub	1	11
Radiale Deviation	1;2	13;1
Bajonettfehlstellung	1;2;3	14;8;1
Maximum	6	3

Abbildung 58: Teil 1 - Auswertung nach *Gartland und Werley*. Die erste Spalte zeigt die möglichen Punkte, die zweite die jeweilige Patientenanzahl, die entsprechende Punkte erreichten.

Subjektive Einschätzungen				
	Keine Schmerzen Keine Bewegungseinschränkungen	0	24	
	Leicht Schmerzen Leicht Einschränkungen	2	12	
	Gelegentliche Schmerzen, Schwäche, Bewegungseinschränkungen	4	7	
	Ständiger Schmerz, deutl. Bew.einschr. Behinderte Aktivität	6	5	
	Maximum	6	1	
Bewegungsausmaße				
	Einschränkung < 20%	0	34	
	20 - 50%	2	13	
	> 50%	6	2	
	Einsteifung	6	0	
	Maximal	6	0	
Griffkraft				
	Normal	0	29	
	2 - 4 Standardabweichungen	2	13	
	4 - 6 Standardabweichungen	4	7	
	> 6	6	0	
	Maximum	6	0	
Komplikationen				
	Keine - minimal	0	35	
	leichte Krepitationen	1;2	4;2	
	starke Krepitationen	3;4	0	
	Medianuskompression	1;2;3	2;0;0	
	FHA 1 cm	3	1	
	FHA > 2cm	5	0	
	Schmerzen im Radioulnargelenk	1;2;3	3;0;0	
	Maximum	15	5	
Auswertung				
	sehr gut	0\2	18	36,7%
	gut	3\7	19	38,8%
	befriedigend	8\18	7	14,3%
	schlecht	19\39	5	10,2%

Abbildung 59: Teil 2 - Auswertung nach Gartland und Werley

Die nach Auswertung der Punktzahlen zustande gekommen Ergebnisse sind in der Abbildung 20 nochmals bildlich aufgeführt.

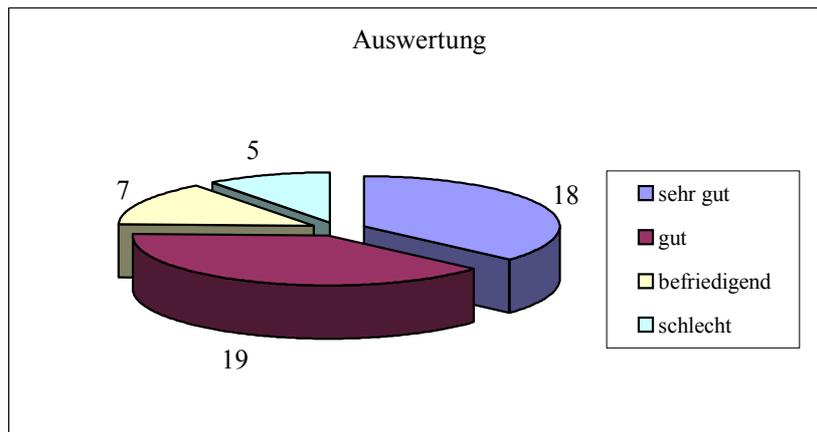


Abbildung 60: Ergebnisse nach *Gartland und Werley* (n=49)

18 (36,7%) Patienten erlangten nach Protokoll ein sehr gutes Ergebnis, 19 (38,8%) ein gutes, 7 (14,3%) immerhin noch ein befriedigendes und 5 Patienten (10,2%) ein schlechtes Ergebnis. Insgesamt können also 75,5% gute bis sehr gute Ergebnisse im Rahmen dieser Untersuchung erhoben werden.

Die Ergebnisse in Bezug auf den jeweiligen Frakturtyp nach AO-Klassifikation stellt die folgende Abbildung 61 dar.

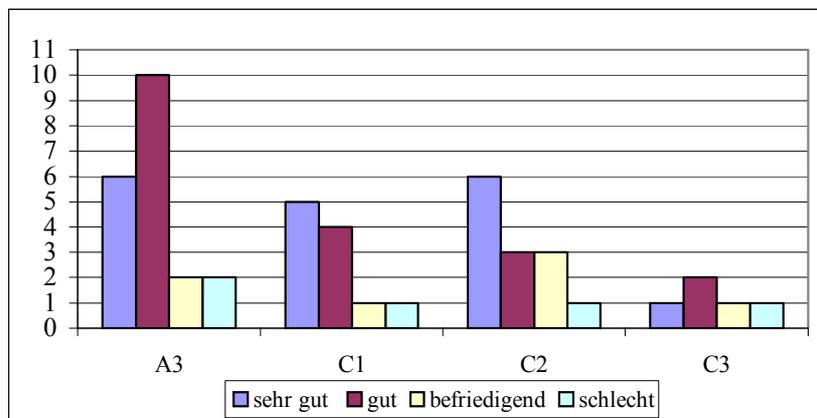


Abbildung 61: Ergebnisse im Bezug auf den Frakturtyp nach AO-Klassifikation (n=49)

Die am erfolgreichsten behandelte Fraktur stellte in dieser Untersuchung die C1 Fraktur mit 82% guter bis sehr guter Ergebnisse dar, gefolgt von der A2 Fraktur mit 80%, der C2 Fraktur mit 69% und der C3 mit 60%.

Vergleicht man die verwendeten Plattentypen miteinander, so sind beide in ihren Ergebnissen vergleichbar, mit leichter Überlegenheit der LCP. Die Jupiterplatte konnte in 71% und die in LCP 77% gute bis sehr gute Ergebnisse erzielen.

## 5.6 Subjektives Ergebnis

Alle nachuntersuchten Patienten wurden zu ihrer subjektiven Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis, dem funktionellen Ergebnis und dem Gesamtergebnis befragt. Es wurde um eine Einteilung, dem Schulnotensystem entsprechend, gebeten.

Bei dem kosmetischen Ergebnis wurde auf mögliche Deformitäten sowie die Narbenverhältnisse geachtet. Es konnte festgestellt werden, daß Männer wesentlich bessere Noten vergaben als Frauen. Das funktionelle Ergebnis war den Männern ähnlich wichtig wie den Frauen, es wurde von beiden Geschlechtern gleich kritisch benotet.

	Kosmetisches Ergebnis		Funktionelles Ergebnis	
	absolut	%	absolut	%
1 sehr gut	6	12	10	20
2 gut	15	31	15	31
3 befriedigend	19	39	12	24
4 ausreichend	5	10	5	10
5 mangelhaft	1	2	3	6
6 ungenügend	3	6	4	8

Abbildung 62: Kosmetische und Funktionelle Zufriedenheit

Die subjektive Gesamtzufriedenheit mit dem Ergebnis der Behandlung ist in etwa mit dem des Auswertungsbogens zu vergleichen. Mit gut oder sehr gut schätzen 72% der Patienten den Erfolg ihrer Behandlung ein und 84% waren mit ihrer Behandlung zufrieden.

Ergebnis insgesamt	absolut	%
1 sehr gut	14	29
2 gut	21	43
3 befriedigend	6	12
4 ausreichend	2	4
5 mangelhaft	3	6
6 ungenügend	3	6

Abbildung 63: Gesamtzufriedenheit.

## 6 Diskussion

Im Rahmen dieser Diskussion sollen die erhobenen Ergebnisse und Daten mit denen der Literatur bis 08/2004 zum Thema winkelstabile palmare Plattenosteosynthese bei distaler Radiusfraktur verglichen werden.

Die Veröffentlichungen von *H. Drobetz et al* (2003), *H. Krimmer et al* (2004), *J.L. Orbay et al* (2002, 2004) *M. Sakhii et al* (2003), *A. Schupp et al* (2003), *M. Schütz et al* (2003), *K.-H.Thielke et al* (2002, 2003), *T. Uzdil et al* (2001), *M. Walz et al* (2004) und *A. Woltmann et al* (2003) [28;65;98;99;128;133;134;145;146;150;152;155] werden berücksichtigt.

Direkte Vergleichsmöglichkeiten sind jedoch in der Literaturübersicht schwierig. Dieses liegt an den zumeist inhomogenen Patientengruppen (in Alter, Geschlecht und Frakturtypen), den unterschiedlichen Klassifikationen und Scoringssystemen, den häufig geringen Patientenzahlen sowie an den unterschiedlichen Implantaten.

### 6.1 Epidemiologische Daten

Die epidemiologischen Basisdaten bezüglich Alter, Geschlecht und Unfallursache sind mit denen der Literatur vergleichbar.

Insgesamt befanden sich unter den Patienten 36 Frauen (73,5%) und 13 Männer (26,5%). Das gehäufte Auftreten der Fraktur beim weiblichen Geschlecht ist eine Tatsache, die durch die gesamte Literatur zu verfolgen ist. Nach *Cummings* (1985) trägt die 50 jährige, hellhäutige Frau ein lebenszeitliches Risiko von 40 bis 50% an einer distalen Radiusfraktur zu erkranken. Bei Männern gleichen Alters liegt dieses bei nur 2%. Und auch der Durchschnitt der untersuchten Veröffentlichungen gibt eine Verteilung Frauen zu Männern von 74 zu 26% an.

Das Durchschnittsalter von 60,2 Jahren (17–82) bei den weiblichen und 35,5 Jahren (18-58) bei den männlichen Patienten spiegelt die in der Einleitung beschriebene Situation wider. Die von *Heim* (1979), *Petracic* (1993) und *Siebert* (1997) beschriebenen zweigipfelige Altersverteilung mit einer ersten Häufung in der zweiten

und dritten Lebensdekade, welche vor allem für männliche Patienten gilt und einem zweiten Gipfel, der die hellhäutige, weibliche und ältere Bevölkerung bevorzugt [48;127;137] ist ebenso bei den Patienten dieser Studie auffällig. *H. Drobetz et al* (2003) wie auch *M. Sakhii et al* (2003) stellen gleichermaßen fest, dass Männer in jüngeren Jahren betroffen sind als Frauen. *T. Uzdil et al* (2001) beschreibt die typische, zweigipfelige Altersverteilung.

Wie anfangs erwähnt ist die von *Brug et al* (2000) beschriebene typische distale Radiusfraktur-Persönlichkeit die ältere Dame mit niedriger Kalksalzdichte aber noch relativ gesund und aktiv und von guter neuromuskulärer Funktion. Und auch in dieser Untersuchung ist die gesunde Frau ab 70 Jahren die von der Fraktur am stärksten betroffene.

	<b>Alter in Jahren</b>	<b>Frauen/Männer</b>
<b>Eigene Daten</b>	55,3 (17-82)	36/13 (73,5/26,5%)
H. Drobetz et al (2003)	62 (32-89)	40/9 (81,6/18,4%)
H. Krimmer et al (2004)	54,7 (21-83)	33/29 (53,2/46,8%)
J.L. Orbay et al (2002)	54 (25-86)	17/12 (58,6/41,2%)
J.L. Orbay et al (2004)	78,6 (75-94)	17/6 (73,9/26,1%)
M. Sakhii et al (2003)	63 (21-89)	77/22 (77,8/22,2%)
A. Schupp et al (2003)	76,2	34/3 (91,9/8,1%)
M. Schütz et al (2003)	52 (28-87)	14/10 (58,3/41,7%)
K.-H.Thielke et al (2003)	59,9 (27-86)	keine Angaben
T. Uzdil et al (2001)	keine Angaben	51/20 (70,4/29,6%)
M. Walz et al (2004)	79,4 (71-94)	40/4 (90,9/9,1%)
<b>Metaanalyse</b>	64,4 (21-94)	35,9/12,8 (74,2/25,8%)

Abbildung 64: Durchschnittsalter und Anzahl an Frauen und Männern

Der Literaturvergleich zeigt ein Durchschnittsalter von 64,4 Jahren auf. Lässt man allerdings die Artikel, die sich explizit mit dem älteren Patienten über 70 Jahr (als Einschlusskriterium) beschäftigen außer Acht, so liegt das Durchschnittsalter derer, die mit einem winkelstabilen Implantat behandelt wurden bei 57,6 Jahren, und ist mit den eigenen Ergebnissen absolut zu vergleichen.

Die Unfallursachen sind ebenfalls vergleichbar. Die jüngeren Patienten waren meist durch heftigere Gewalteinwirkungen bei Arbeits- und Sportunfällen, Hochrasanzunfällen wie z.B. beim Inline-Skaten, oder Stürze aus größerer Höhe und als

Kombinationsverletzung mit Polytrauma gefährdet. Hier reihen sich mit 66,7% die meisten der männlichen Patienten ein (Durchschnittsalter 40,2 Jahre). Die älteren Patienten verunfallen vermehrt im Rahmen von Bagatelltraumata. 73,0% aller weiblichen Patienten gehörten zu dieser Gruppe (Durchschnittsalter: 65,0 Jahre). Dieses ist in der Literatur zum Beispiel bei *Majetschak* (1997) oder *Singer* (1998) ganz ähnlich nachzulesen [30;75;125;137;156] und auch *J.L. Orbay et al* (2002, 2003) gibt den Sturz auf die ausgestreckte Hand mit 55,2% und 79,2% aller Unfallursachen als die häufigste an. *A. Schupp et al* (2003) zeigte auf, dass 81,1% aller Unfälle in der häuslichen Umgebung stattfinden. Er betrachtet allerdings Patienten mit einem Durchschnittsalter von 76,2 Jahren und vornehmlich Frauen. Wenn nur ältere Frauen berücksichtigt werden, so ereignen sich nach eigenen Zahlen 75,9% der Unfälle in dieser Gruppe in häuslicher Umgebung.

## **6.2 Frakturdaten**

In diesem Abschnitt sollen erst einige allgemeine Frakturdaten behandelt werden, ob Extensions- oder Flexionsfrakturen vorliegen sowie die jahreszeitliche und die seitenbezogene Verteilung. Des Weiteren sollen die Frakturklassifikationen und eventuell vorhandene Zusatzverletzungen beleuchtet werden.

### **6.2.1 Allgemeines**

Die Extensionsfraktur ist in alle Publikationen der häufigste Frakturtyp. Die Flexionsfraktur ist aufgrund ihrer Seltenheit an sich weniger beschrieben oder nicht in den Studien berücksichtigt worden. Mit 28% Flexionsfrakturen bildet *M. Sakhaii* eine Ausnahme. Eine explizite Abhandlung dieses Frakturtyps und dessen Therapie mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese ist in der Literatur nicht zu finden.

Bezüglich der Seitenverteilung der Radiusfraktur ist keine Auffälligkeit festzustellen. Alles zusammengefasst war in 47,9% die rechte und in 52,1% die linke Seite betroffen (eigene Daten:47,1%/52,9%). Auch was die dominante und nicht dominante Hand betrifft ist in der Literatur zur distalen Radiusfraktur keine Bevorzugung der einen oder anderen Hand zu finden. *JL. Orbay et al* beschreiben 2002 eine in 63,0% betroffene dominante Hand und 2004 in 40,9%. Nach eigener Datenlage ist die dominante Hand in

41,3% der Fälle betroffen. Diese entspricht einer eher zufälligen Verteilung und lässt so keine weiteren Schlüsse zu.

	<b>Frakturtypen Ex/Flex</b>	<b>Seite r/l</b>
<b>Eigene Daten</b>	49/2	47,1%/52,9%
H. Drobotz et al (2003)	50/0	32%/68%
H. Krimmer et al (2004)	54/8	keine Angaben
J.L. Orbay et al (2002)	31/0	58,1%/41,9%
J.L. Orbay et al (2004)	16/4, 4 winkelneutral	63,6%/36,4%
M. Sakhii et al (2003)	72/28	38%/62%
M. Schütz et al (2003)	24/0	keine Angaben
T. Uzdil et al (2001)	59/0	keine Angaben
M. Walz et al (2004)	41/3	keine Angaben
<b>Metaanalyse</b>	43,4/5,4	47,9%/52,1%

Abbildung 65: Frakturformen und Seitenangaben

Ähnlich sieht es bei der jahreszeitlichen Verteilung aus. In der vorliegenden Untersuchung ist der Umfang sicherlich zu gering, um zu diesem Thema Aussagen zu treffen. In der Literatur fehlen ebenfalls zu diesem Themenbereich vergleichbare Ausführungen.

### **6.2.2 Klassifikation**

Alle vorhandenen Artikel verwenden die Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen für den Unterarm, AO 23. Es findet lediglich eine Differenzierung in die 3 Haupt- und 9 Nebengruppen statt. Auf eine weiterführende Bezifferung der Frakturen wird verzichtet. Bei der in der Einleitung beschriebenen Problematik der nur schwerlich möglichen Reproduzierbarkeit einer getroffenen Fraktуреinteilung kann diese Reduzierung nur als sinnvoll angesehen werden.

Beim Vergleich der Daten kann festgestellt werden, dass die Indikation für die palmare winkelstabile Platte vor allem AO 23 A3, C1, C2 und C3 Frakturen sind, also die extraartikuläre Fraktur mit völlig intakter Gelenkfläche und metaphysärer Trümmerzone sowie die vollständig artikulären Frakturen als intraartikuläre Mehrfragmentbrüche mit kompletter Ablösung der Metaphyse. Seltener wurden die A2, B2 und B3 Frakturen auf dieser Art therapiert. Die eigenen Daten sind in diesem Bereich mit denen der Literatur zu vergleichen.

	A2	A3	B2	B3	C1	C2	C3
<b>Eigene Daten</b>		20			11	15	5
H. Drobotz et al (2003)	6	10	1		15	17	1
H. Krimmer et al (2004)	3	24		7	14	9	5
J.L. Orbay et al (2002)	5	12			4	7	3
J.L. Orbay et al (2004)	3	12		1	2	5	1
M. Sakhii et al (2003)		10		6	22	42	20
A. Schupp et al (2003)		9	1		3	15	9
M. Schütz et al (2003)	2	8			1	8	5
K.-H.Thielke et al (2002)	2	2		3	6	6	5
K.-H.Thielke et al (2003)					21	19	9
T. Uzdil et al (2001)		28			16	17	10
M. Walz et al (2004)	9	12		2	7	8	6
A. Woltmann et al (2003)		9	1	2	2	1	12
<b>Metaanalyse</b>	2,6	12,9	0,3	1,8	10,3	14,1	7,5

Abbildung 66: Frakturtypen nach AO

### 6.2.3 Zusatzverletzungen

Bei der Bewertung der Ergebnisse ist sicherlich das Vorhandensein von Zusatzverletzungen, Polytraumata oder schweren Allgemeinerkrankungen zu berücksichtigen, was bei nicht wenigen Patienten dieser Untersuchung vorlag. 23,5% aller Patienten hatten zusätzlich zur distalen Radiusfraktur eine oder mehrere weitere Verletzungen und mehr als die Hälfte derer (11,8%) erlitten ein Polytrauma.

In der Literatur existieren für das Patientengut häufig zahlreiche Ausschlusskriterien. So werden im Rahmen der Untersuchung von *M. Schütz et al* nur Monotraumata berücksichtigt und *K.-H. Thielke* berücksichtigt in beiden Veröffentlichungen nur Patienten die symptomatisch mit abschwellenden Maßnahmen vorbehandelt wurden und elektiv zur Operation erschienen. *JL Orbay et al* beschreiben 2002 als Einschlusskriterium die fehlgeschlagene geschlossene Reposition und Schienung. Zu einem großen Teil werden Begleitverletzungen nicht erwähnt, so dass davon ausgegangen werden kann, dass nur das Monotrauma am Handgelenk berücksichtigt wurde. Lediglich *A. Schupp et al* geben bei 7 Patienten eine oder mehrere Erkrankungen als wesentliche Nebendiagnosen an, so die proximale Femurfraktur, proximale Humerusfraktur, die Fraktur des oberen Sprunggelenks, die Beckenring-, die BWK- und

die Rippenserienfraktur. T. Uzdil et al geben Mehrfachverletzte in der Untersuchung an, erläutern dieses allerdings nicht näher.

### 6.3 Allgemeiner Vergleich der Studien

An dieser Stelle sollen die einleitend genannten Artikel auf Aspekte wie die Patientenzahl, die Menge an Nachuntersuchten und der Beobachtungszeitraum in Monaten verglichen werden.

Bei fast allen Studien besteht ein relativ kleines Patientengut, im Durchschnitt sind es 55,5 Patienten (24-125) pro Veröffentlichung. Faßt man die letzten Endes nachuntersuchten Patienten zusammen, so kommt man auf eine durchschnittliche Anzahl von 45,2 Patienten (12-100) pro Studie. Es konnten also 81,4% der jeweils möglichen Patienten erfasst werden. Mit 96,1%, also 49 von 51 möglichen nachuntersuchten Handgelenken liegen die eigenen Daten hier überdurchschnittlich.

Betrachtet man den durchschnittlichen Beobachtungszeitraum von 12,2 Monaten (3-30) nach Operation, so liegen die eigenen Patienten mit 8,1 Monaten postoperativ im „frischeren“ Bereich. Hier sind sicherlich nachfolgende Studien zur Untersuchung der Langzeitergebnisse notwendig.

	<b>Pat./Frakt. insges.</b>	<b>Pat./Frakt. Nachunters.</b>	<b>Beobachtungszeit</b>
<b>Eigene Daten</b>	49/51	47/49 (96,1%)	8,1 (3-21)
H. Drobetz et al (2003)	70/71	49/50 (70,4%)	26 (24-30)
H. Krimmer et al (2004)	62/62	62/62 (100%)	11 (6-23)
J.L. Orbay et al (2002)	29/31	29/31 (100%)	12,5 (12-23)
J.L. Orbay et al (2004)	26/27	23/24 (88,9%)	14,5 (12-23)
M. Sakhii et al (2003)	124/125	99/100 (80%)	10 (3-17)
A. Schupp et al (2003)	37/37	33/33 (89,2%)	11,1 (4-21)
M. Schütz et al (2003)	24/24	12/12 (50%)	6
K.-H.Thielke et al (2002)	64/64	24/24 (37,5%)	5,5
K.-H.Thielke et al (2003)	49/49	40/40 (81,6%)	12 (10-15)
T. Uzdil et al (2001)	71/71	59/59 (83,1%)	13,2 frühestens 6
M. Walz et al (2004)	44/44	44/44 (100%)	keine Angaben
A. Woltmann et al (2003)	61/61	61/61 (100%)	retrospektiv
<b>Metaanalyse</b>	55,1/55,5	44,6/45,2 (81,4%)	12,2 (3-30)

Abbildung 67: Patientenzahl, tatsächlich Nachuntersuchte, Beobachtungszeitraum in Monaten

## 6.4 Therapie

Die Indikation zur Implantation einer palmaren winkelstabilen Platte wurde, was den Frakturtypen nach AO 23 betrifft in der Literatur wie auch in den eigenen Daten ähnlich getroffen. Unterschiede taten sich beim Zeitpunkt der Operation auf. Einige untersuchten Patienten, die maximal 24 Stunden nach Trauma operiert wurden [152], andere nur solche die symptomatisch vorbehandelt wurden [145;146] und wieder andere nur solche mit vorangegangener fehlgeschlagener konservativer Therapie [98]. Solche Einschlusskriterien fanden, ausgenommen der vorausgesetzten Primärversorgung im Hause, bei den hier vorliegenden Daten keine Berücksichtigung. Alle Patienten wurden so bald als möglich operiert, entweder sofort oder nach abschwellender symptomatischer Therapie. So vergingen bis zur Operation im Durchschnitt nur 1,3 Tage (1-12), was im Vergleich zu 5,6 Tagen (0-40) als gemittelte Dauer der anderen Untersucher sehr wenig Zeit ist.

	<b>Zeit bis zur OP</b>
<b>Eigene Daten</b>	1,3 (0-12)
H. Drobotz et al (2003)	5 (0-7)
H. Krimmer et al (2004)	5,5 (0-40)
J.L. Orbay et al (2002)	9 (0-26)
J.L. Orbay et al (2004)	10 (0-30)
M. Sakhii et al (2003)	3,6 (1-25)
M. Walz et al (2004)	0-1
<b>Metaanalyse</b>	5,6 (0-40)

Abbildung 68: Zeit von Frakturereignis bis zur Operation in Tagen.

Was die Dauer des stationären Aufenthaltes betrifft, so betrug diese nach eigenen Daten  $8,8 \pm 15,2$  Tage (2-75), und ohne die polytraumatisierten und Patienten mit schweren Zusatzverletzungen (11,8%)  $3,4 \pm 1,8$  Tage (2-10) von Operation bis zur Entlassung.

A. Schupp *et al* beschreiben eine durchschnittliche stationäre Verweildauer von 14,2 (4-30) Tage und ohne Berücksichtigung derer mit Nebenverletzungen 10,9 Tage (4-21). T. Uzdil *et al* ermitteln für Monoverletzungen eine 8,1 (2-14) Tage und für Mehrfachverletzte eine 21,2 (2-37) Tage dauernde stationäre Behandlung.

Bei allen operierten Patienten gelang nach Implantation ein primärer Hautverschluss. Eine in der älteren Literatur beschriebenen Rate von 39% sekundären

Wundverschlüssen [156] konnte in der moderneren Literatur wie auch den eigenen Daten nicht bestätigt werden, die Notwendigkeit einer sekundären Wundheilung taucht, wenn überhaupt, nur äußerst selten auf.

#### 6.4.1 Verwendete Implantate

Die große Anzahl an unterschiedlichen Implantaten ist, wie eingangs in der Diskussion erwähnt, sicherlich ein den Vergleich der Studien schwieriger machender Punkt, da die Wirkungsweise dieser Implantate teilweise unterschiedlich ist.

	Plattenfabrikat
<b>Eigene Daten</b>	LCP 3,5mm, Jupiter-Platte, Synthes
H. Drobetz et al (2003)	Locking screw plate, Mathys-Synthes
H. Krimmer et al (2004)	LCP 2,4mm, 3,5mm, Jupiter-Platte, Synthes,
J.L. Orbay et al (2002)	DVR-Platte, Hand innovations
J.L. Orbay et al (2004)	DVR-Platte, Hand innovations
M. Sakhii et al (2003)	Jupiter-Platte, Synthes
A. Schupp et al (2003)	LCP 2,4mm, 3,5mm, Jupiter-Platte, Synthes
M. Schütz et al (2003)	LCP 3,5mm, Synthes
K.-H.Thielke et al (2002)	Winkelstabile Radiusplatte 3,5mm Königsee
K.-H.Thielke et al (2003)	Winkelstabile Radiusplatte 3,5mm Königsee
T. Uzdil et al (2001)	Jupiter-Platte, Synthes
M. Walz et al (2004)	Winkelstabile Radiusplatte 3,5mm Königsee
A. Woltmann et al (2003)	LCP 3,5mm, Synthes

Abbildung 69: Verwendete Implantate

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Locking Compression Platte (6-mal) gefolgt von der Jupiter-Platte (4-mal), beider der Firma Synthes®, die am häufigsten verwendeten Implantate darstellen.

*Drobetz et al* entwickelten 1997 eine eigene Osteosynthese-Platte in Zusammenarbeit mit der Firma Mathys®, die sogenannte „locking screw plate“. Das distale T-Stück der Platte wird mit 4mm Spongiosaschrauben besetzt. Die Winkelstabilität wird durch kleine Schrauben erreicht, die in den Kopf der Spongiosaschraube eingebracht werden, diese aufspreizen und so für eine Verblockung in der Platte sorgen. Die radiale Schraube divergiert um 10° und die ulnare um 5°. Der Schaftbereich wird mit konventionellen 3,5mm Kortikalisschrauben besetzt.



Abbildung 70: a: Locking screw plate der Firma Mathys-Synthes® b: 2,4mm LCP der Firma Synthes® c: multidirektionale Patte der Firma Medartis®

*Krimmer et al* verwenden abgesehen von der in Kapitel 4.4 beschriebene Jupiter-Platte und 3,5mm LCP der Firma Synthes® weitere Implantate. Ein neueres, dünneres Implantat der Firma Synthes®, welches ähnlich der älteren LCP aufgebaut ist, wird verwendet. Die 2,4mm LCP lässt sowohl distal wie auch für den Schaft 2,4mm Kopfverriegelungsschrauben oder 2,4 bzw. 2,7mm Kortikalisschrauben zu. Des Weiteren erprobten sie in der Zusammenarbeit mit der Firma Medartis® eine multidirektionale Platte mit variabler Schraubenplatzierung distal in 2 Reihen, die winkelstabil durch Keilverblockung fixiert werden können. Das extraartikuläre Einbringen der Schrauben soll erleichtert und eine zentrale und dorsale Abstützung der Gelenkfläche ermöglicht werden. Auch diese Platte ist den anatomischen Gegebenheiten des distalen Radius angepasst.

Die Gruppe um *Jorge L. Orbay* untersuchte in Zusammenarbeit mit der Firma Hand Innovations® (Miami, FL) die anatomisch vorgeformte sogenannte DVR-Platte. Die proximalen Löcher können mit 3,5mm Kortikalisschrauben besetzt werden und das distale T-Stück nimmt 2,0mm winkelstabile Abstützstifte auf. Diese Platte ist damit nach ähnlichen Gesichtspunkten konstruiert wie die Jupiter-Platte der Firma Synthes. Auch hier kommt es auf eine möglichst subchondrale Plazierung der Stifte an. Ein Unterschied ist die sehr massive Konstruktion der Platte, die damit 3-mal so haltbar wie andere Implantate sein soll.



Abbildung 71: a: DVR-Platte der Firma Hand innovations®; b: Königsee®-Implantat

Von der Firma Königsee Implantate GmbH stammen die von *K.-H. Thielke und M. Walz et al* verwendeten Platten, die wie die meisten Fabrikate anatomisch vorgeformt ist. Der distale Bereich wurde für 3,5mm dicke winkelstabile Kopfverriegelungsschrauben konstruiert, der Schaftbereich wird mit 3,5mm konventionellen Kortikalisschrauben besetzt. Das Implantat ähnelt sowohl von der Konstruktion der Platte wie auch der Schrauben der in dieser Studie verwendeten LCP der Firma Synthes.

#### 6.4.2 Zusatzstabilisation

Insgesamt wurden mit 29,4% relativ viele Zusatzstabilisationen verwendet. Der Durchschnittswert liegt mit 26,4% niedriger.

	Insges.	Schrauben	Fix Ex	KD	Sp-pl	andere
<b>Eigene Daten</b>	29,4%	13,7%	2,0%	6,1%	7,8%	
H. Krimmer et al (2004)	6,4%			1,6%		4,8%
J.L. Orbay et al (2002)	6,5%			6,5%		
J.L. Orbay et al (2004)	22,2%			3,7%	18,5%	
M. Sakhii et al (2003)	70,0%	31,0%	2,0%	31,0%	6,0%	
A. Schupp et al (2003)	70,0%				70,0%	
K.-H.Thielke et al (2003)	18,4%			18,4%		
T. Uzdil et al (2001)	4,2%				4,2%	
M. Walz et al (2004)	13,6%		6,8%	6,8%		
<b>Metaanalyse</b>	26,4%					

Abbildung 72: Zusatzstabilisation (Sp-pl=Spongiosplastik)



- Carpaltunnelsyndrom 1
- frühe Infektion 1
- späte Infektion 4 Monate 1
- Fehlplazierte Schraube 1
- Verlust der Winkelstabilität 1
- Die Hauptkomplikation, die Ruptur der Muskelsehnen wird in dieser Studie auf die scharfen Kanten der Schraubenköpfe sowie die relativ dicke Platte zurückgeführt, da nach Entfernen der Platte keine weiteren Sehnen rissen.

*H. Krimmer et al (2004):*

- intraartikuläre Schraubenlage 1
- Sudeck 1
- Metallentfernung 2

*J.L. Orbay et al (2002):*

- Sehnenreizung dorsal durch Stift 1

*J.L. Orbay et al (2004):*

- Sudeck 1

*M. Sakhii et al (2003):*

- inkompletter Faustschluss 5
- Pseudarthrosen 3
- Sudeck 2
- Karpaltunnelsyndrom 2
- Weichteilaffektion durch Schrauben 2

*A. Schupp et al (2003):*

- Sudeck 1
- Medianusirritation 1
- Materiallockerung 1
- kein primärer Wundverschluss 1

*M. Schütz et al (2003):*

- Fehlplazierte Schraube 1
- Fingerfunktion eingeschränkt 1

*K.-H.Thielke et al (2002):*

- Sudeck 1
- Reosteosynthesen 2

- Medianusirritation 1
- K.-H.Thielke et al (2003):*
- Sudeck 2
  - Reosteosynthesen 3
  - Medianusirritation 1
- T. Uzdil et al (2001):*
- Karpaltunnelsyndrom 1
  - Fehlplazierte Schrauben 4
- M. Walz et al (2004):*
- EPL-Sehnenruptur 1
- A. Woltmann et al (2003):*
- Karpaltunnel 3
  - EPL-Sehnenruptur 1
  - Redislokation 1
  - Pseudarthrose 1

## 6.6 Radiologische Ergebnisse

Der Vergleich der postoperativen radiologischen Bilder beschränkt sich hauptsächlich auf die Messwerte „radial tilt“, „palmar tilt“ sowie „radial hight“. Die anderen Winkel und Längen wurden in der Literatur zumeist nicht angegeben.

	radial tilt	radial hight	pamlar tilt
<b>Eigene Daten</b>	21	13	5
<b>Nachunters.</b>	20	11	6
Krimmer	21	9	
Orbay	21	5	
Orbay Neu	20	5	
Sakhaii	23,3	4,6	
Schupp	23,6	4,2	
Schütz	22,8	9,2	11,3
Thielke	20,2	6,4	
<b>Metaanalyse</b>	21,7	6,2	11,3

Abbildung 74: Radiologische Ergebnisse

Es kann gesehen werden, dass sämtliche Untersucher postoperativ mit den radiologischen Messwerten, abgesehen vom „palmar tilt“, in den Bereich der Normwerte gekommen sind. Lediglich dieser Wert wich bei allen postoperativ um etwa 5mm von der Norm ab. Bei allen kam es also zu einem Höhenverlust des Radius gegenüber der Ulna.

Zusätzlich sind im Ergebnisteil (Kapitel 5.4) bei der Analyse der Röntgenbilder in Abbildung nur solche berücksichtigt worden, die von Patienten mit sehr gutem Ergebnis stammen. Vergleicht man diese Werte mit denen aller Patienten, so kann in den Werten „radial tilt“ und „palmar tilt“ ein Erreichen der Normwerte festgestellt und beim „radial tilt“ eine Annäherung bis auf 2mm verzeichnet werden. Dieses entspricht der in der Literatur postulierten Meinung, dass die Funktion der Form folgt.

Oft werden in der Literatur nur die letzten vorhandenen Bilder analysiert, also die Verlaufsbilder. In der obenstehenden Tabelle sind in den eigenen Daten sowohl die direkt postoperativen Bilder als auch die Verlaufskontrollen mit ihren Ergebnissen angegeben. Es kann gesehen werden, dass sich die Frakturen im Verlauf im Mittel um 13% (5–20%) in ihrer Lage veränderten. Bei den guten bis sehr guten Patienten waren es im Mittel 9% (8–11%). Die letzte Röntgenkontrollaufnahme ist Mittel 6,5 (3–16) Monate nach Operation gefertigt worden.

## **6.7 Funktionelle Ergebnisse**

Die hier vorgestellten Messwerte sind zweigeteilt, da in den zu vergleichenden Studien teils die Beweglichkeit in Grad und teils in Prozent der Gegenseite angegeben wurde. Dort wo die angegebenen Werte ausreichten, wurde selbige verrechnet und zusätzlich in Prozent der Gegenseite aufgeführt.

Die postoperative Kraft in den Händen wird von der Vergleichsliteratur mit 73,9% (65,5%-79%) der Kraft der Gegenhand angegeben. Mit 77% ist nach eigener Datenlage die Kraft um 3,1% höher als der Mittelwert der Anderen und ist damit im oberen Bereich angesiedelt.

	<b>Ext./Flex.</b>	<b>Pro./Supi.</b>	<b>Radial/Ulnarabd.</b>	<b>Kraft</b>
<b>Eigene Daten</b>	47/49	82/79	20/30	77%
Orbay(2002)	59/57	80/78	17/27	79%
Orbay(2004)	58/55	80/76	13/26	77%
Sakhaii	60/53	81/79	23/36	74%
Schupp	54,5/50,6	86/84	21,9/30,5	65,5%
Schütz	50,7/45	82,9/80,1	19,3/19,1	77%
Thielke(2003)	50,0/48,6	nahezu frei	31,6/28,9	Keine Ang.
<b>Metaanalyse</b>	55,4/51,5	82,0/79,4	21,0/27,9	

Abbildung 75: Funktionelle Ergebnisse, Beweglichkeit in Grad, Kraft in Prozent der Gegenhand

	<b>Ext./Flex.</b>	<b>Pro./Supi.</b>	<b>Radial/Ulnarabd.</b>	<b>Kraft</b>
<b>Eigene Daten</b>	84%/82%	94%/92%	77%/86%	77%
Krimmer	81%/81%	90%/90%	87%/87%	71%
Schupp	86,2%/84,1%	97,7%/95,5%	88,7%/91,6%	65,5%
Schütz	71,0%/72,5%	94,3%/92%	92,8%/70,5%	77,0%
Thielke(2003)	84,3%/77,5%	nahezu frei	85,5%/88,0%	keine Ang.
<b>Metaanalyse</b>	80,6%/78,8%	94%/92,5%	88,5%/84,3%	73,9%

Abbildung 76: Funktionelle Ergebnisse, Beweglichkeit und Kraft in Prozent der gesunden Gegenhand



Abbildung 77: Beweglichkeit nach palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese am 10. postoperativen Tag nach AO 23 C1 Fraktur

Auch bei der postoperativen Beweglichkeit, lagen die Ergebnisse für die Extension, Flexion, Pronation und Supination und für die Radialabduktion und Ulnaabduktion teils oberhalb, teils unterhalb der errechneten Mittelwerte.

Der Vergleich mit *T. Uzdil et al*, *A. Woltmann et al* und der Veröffentlichung von *M. Walz et al* stellen eine Schwierigkeit dar. In diesen Artikeln fanden sich keine exakten Daten zur vergleichenden Analyse der radiologischen wie auch der funktionellen Ergebnisse und auch die verwendeten Scores waren andere.

## 6.8 Auswertung

Zur Bewertung der Ergebnisse werden in der Literatur viele verschiedene Scoring-Systeme benannt und ihre Anwendbarkeit kontrovers diskutiert. Das in der Vergleichsliteratur am häufigsten verwendete Scoring-System war der Score nach *Gartland und Werley* [38] welcher auch in dieser Untersuchung angewandt wurde. In dem System ist die Beurteilung vorwiegend von dem objektivierbaren funktionellen und radiologischen Resultat abhängig, beinhaltet aber auch einen subjektiven Bereich zur Einschätzung von Schmerz und Bewegungseinschränkung. Das nächst häufige System ist die *DASH-Score* [40] (Disability of Arm-Schoulder-Hand), welches vom Patienten selbst beantwortet werden kann und die Globalfunktion der oberen Extremität erfasst. Den Beurteilungen von 30 Fragen werden Punkte zugeordnet, die das Ergebnis bilden. Dieses System ist also rein subjektiv.

Als weitere Auswertungsschlüssel waren der Score nach *Cooney und Bussey* [23] , welcher jeweils zur Hälfte subjektiv und objektiv gestaltet ist und eine Modifikation des *Green-O'Brien-Score* [45] darstellt, der Score nach *Lidström* [72] der in einen funktionellen und einen radiologischen Teil aufgeteilt ist, das System der AO [106] , welches rein objektiv die radiologischen Ergebnisse auswertet und andere wie der Score nach *Martini* [78] , *Steward* [141] oder *Sarmiento* [129] , eine Modifikation des *Gartland und Werley Scores*.

	Score
<b>Eigene Daten</b>	Gartland and Werley
H. Drobetz et al (2003)	Gartland and Werley, Green O'Brien
H. Krimmer et al (2004)	DASH
J.L. Orbay et al (2002)	Gartland and Werley, Stewart
J.L. Orbay et al (2004)	DASH
M. Sakhaii et al (2003)	Sarmiento, Cooney Bussey, Lidström
A. Schupp et al (2003)	Lidström
M. Schütz et al (2003)	Gartland and Werley
K.-H.Thielke et al (2002)	Gartland and Werley, DASH, Martini
K.-H.Thielke et al (2003)	Gartland and Werley, DASH, Martini
T. Uzdil et al (2001)	Cooney Bussey, System der AO
M. Walz et al (2004)	Keine Score verwendet
A. Woltmann et al (2003)	System der AO

Abbildung 78: Verwendete Scores

### 6.8.1 Protokoll nach Gartland and Werley

Im Folgenden wird eine Gegenüberstellung aller, die den Score von *Gartland und Werley* verwendet haben vorgestellt.

	sehr gut	gut	befriedigend	schlecht
<b>Eigene Daten</b>	18 (36,7%)	19 (38,8%)	7 (14,3%)	5 (10,2%)
H. Drobetz et al (2003)	26 (52%)	20 (40%)	3 (6%)	1 (2%)
J.L. Orbay et al (2002)	19 (61,3%)	12 (38,7%)	0	0
M. Schütz et al (2003)	3 (27,3%)	8 (72,7%)	0	0
K.-H.Thielke et al	9 (37,5%)	9 (37,5%)	5 (20,8%)	1 (4,2%)
K.-H.Thielke et al	14 (35%)	20 (50%)	6 (15%)	0
<b>Metaanalyse</b>	14,2 (45,5%)	13,8 (44,2%)	2,8 (9%)	0,4 (1,3%)

Abbildung 79: Ergebnisse der Studien, die das Protokoll von *Gartland und Werley* verwenden

Sehr gute oder gute Ergebnisse konnten im Durchschnitt 89,7% der Patienten erreichen. Nach eigenen Daten erbrachte der *Gartland und Werley* Score 75,5% was mit 14,2% eine deutlich schlechtere Benotung darstellt.

Zu berücksichtigen ist bei der Benotung die Auswahl der Patienten. Je ausgeprägter die Ausschlusskriterien sind, desto wahrscheinlicher ist es, potentielle Risikopatienten nicht in die Studie aufzunehmen.

### 6.8.2 DASH-Score

Orbay, Thielke, Krimmer *et al* benutzten bei der Auswertung den DASH-Score. 100 Punkte ist der Maximalwert und damit ist das schlechteste zu erreichende Ergebnis (maximale Einschränkung), 0 dementsprechend das Beste (keine Einschränkung).

Orbay *et al* (2004) kamen durchschnittlich auf 8,28 Punkte. Thielke *et al* (2002) differenziert die Punktzahlen und kamen auf 11,2 Punkte bei AO 23 A2 Frakturen und auf 47,3 Punkten bei C3-Frakturen (durchschnittlich 25,4 Punkte), Thielke *et al* (2003) von 13,7 bis 20,1 Punkten (durchschnittlich 15,5 Punkte). Bei Krimmer *et al* (2004) gaben die Patienten eine durchschnittliche Punktzahl von 19 an.

	DASH
Orbay et al (2004)	8,28
Thilke et al (2002)	25,4
Thilke et al (2003)	15,5
Krimmer et al (2004)	19

Abbildung 80: Durchschnittliche Punktzahl bei der DASH-Score

Diese Punktzahlen stehen für eine hohe subjektive Zufriedenheit mit dem Funktionellen Ergebnis der Behandlung.

### 6.8.3 Andere Scores

Es folgt ein allgemeiner Vergleich mit den Veröffentlichungen von Sakhaii, Schupp, Uzdil, Walz und Woltmann *et al* die jeweils unterschiedliche Bewertungssysteme anwendeten.

	sehr gut	gut	befriedigend	schlecht
<b>Eigene Daten</b>	36,7%	38,8%	14,3%	10,2%
<b>Metaanalyse Abb. 80</b>	45,5%	44,2%	9,0%	1,3%
Sakhaii (Sarmiento)	15%	56%	28%	1%
Schupp (Lidström)	39,4%	45,5%	12,1%	3%
Uzdil (Cooney Bussy)	58%	28%	14%	0%
<b>Metaanalyse Insges.</b>	39,4%	43,4%	15,8%	1,3%

Abbildung 81: Auswertung aller Artikel

Alles in allem werden in der untersuchten Literatur 82,8% gute bis sehr gute Ergebnisse erzielt, nach eigenen Daten 75,5%.

Nicht in Scores zu vergleichen waren die Artikel von *Woltmann et al* und *Walz et al*.  
A. *Woltmann* verwenden nur den Score nach AO, der lediglich die radiologischen Ergebnisse verwertet (palmare Platte: 24 Gelungen, 3 Tolerabel).  
Bei *M. Walz* wird nur der Repositionsverlust untersucht. In 4,6% wurde ein Repositionsverlust bei den winkelstabilen Platten festgestellt, der im Vergleich zur 40,0% bei den konventionellen Plattenosteosynthesen wesentlich geringer ausfiel.

## 6.9 Schlußfolgerungen

### 6.9.1 Die Literatur

Betrachtet man die Schlussfolgerungen der einzelnen Autoren, so kann ein durchweg positiver Grundtenor aufgefangen werden.

Krimmer et al bezeichnen die winkelstabilen Implantate als markante Trendwende in der Behandlung distaler Radiusfrakturen und Schütz resümiert, dass die palmare winkelstabile Platte ein sicheres und effektives Verfahren zur Behandlung nach dorsal abgekippter distaler Radiusfrakturen darstellt.

Die klinischen Erfahrungen mit dem winkelstabilen Implantat ermöglichen nach *Thielke et al* eine breite Indikation und sichere operative Versorgung und *Uzdil et al* trauen diesem Verfahren zu, ein Standard in der Behandlung instabiler Extensionsfrakturen am distalen Radiusende zu werden.

Sie vergleichen die palmare winkelstabile Platte mit einem vergleichbaren konventionellen Implantat und können feststellen, dass die winkelstabile Variante funktionell und radiologisch signifikant besser abschneidet. Bei der Kontrolle der Retention der erreichten Reposition konnte er unzureichende Ergebnisse nur bei der konventionelle Platte feststellen. Ebenso wurde die Hospitalisationszeit um 1,1 Tage gesenkt. Die Komplikationsrate war mit 7% gegenüber 12% geringer.

*Walz et al* untersuchten wie *Uzdil et al* den Unterschied zwischen konventioneller und winkelstabiler Platte und resümierten, dass die winkelstabile Platte eine erheblich geringere Rate an Redislokationen aufweist, nämlich 4,6% zu 40,0%. Eine postoperative Handgelenksimmobilisation kann damit auch bei alten Menschen zugunsten einer frühfunktionellen Behandlung aufgegeben werden. Die Osteoporose sowie die häufig eingeschränkte Kooperationsfähigkeit des Patienten stellen kein Problem dar.

*Schupp et al* zeigen auf, dass die verwendete winkelstabile Plattenosteosynthese bei osteoporotischem Knochen in über 80% zu einem guten bis sehr gutem Ergebnis führt. Ein wesentlicher Unterschied im radiologischen und funktionellen Befund bestehe im Vergleich zu *Uzdil und Sakhaii et al* nicht, obwohl dort wesentlich jüngere Patienten untersucht wurden. Aufgrund der guten Ergebnisse folgern sie, dass das Konzept der winkelstabilen Osteosynthese auch für den osteoporotischen Knochen zu empfehlen ist.

*Orbay et al* zogen als Fazit, dass die winkelstabile Plattenosteosynthese einen entscheidenden Vorteil bietet, da auch bei osteoporotischer Knochenqualität das erreichte Repositionsergebnis gehalten werden kann und eine Ausheilung in anatomiegerechter Stellung erreicht werden kann, was einem sehr gutem funktionellen Ergebnis entspricht und eine zügige Wiederherstellung der Funktion gewährleistet.

Sakhaii et al vergleichen die Ergebnisse und Erfahrungen mit der winkelstabilen Platte mit denen von *Basten, Carter, Felderhoff, Georgoulis und Uzdil et al* [11;18;32;39;150] und kommen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass der postoperative sekundäre Korrekturverlust und die Rate an sekundären Fragmentdislokationen durch die winkelstabile Platte vermindert werden. Insgesamt kommen sie zu dem Schluss, dass sich durch dieses Verfahren eine Fraktur anatomisch reponieren und langfristig, auch bei osteoporotischem Knochen, stabil fixieren lässt.

*A. Woltmann et al* fassen positiv zusammen, dass die palmare Platte sowohl für Extensionsfrakturen wie auch Flexionsfrakturen geeignet ist, einen Stabilitätsverlust insbesondere bei dorsaler Trümmerzone zu verhindern, frühfunktionelle Übungen möglich zu machen, das Implantat zu belassen und eine Spongiosaplastik meist überflüssig zu machen.

Nach Untersuchung der oben genannten Literatur kann folgendes festgestellt werden: Die am häufigsten untersuchten Frakturtypen waren die AO 23 A3-, sowie die C1-, C2- und C3-Fraktur. Betrachtet man das durchschnittliche Ergebnis von 82,8% guten oder sehr guten Ergebnissen in der Behandlung dieser Frakturtypen mit der palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthese, so bleibt festzustellen, dass diese Frakturtypen durchaus geeignet sind, mit einem derartigen Verfahren therapiert zu werden.

## **6.9.2 Die Studie**

Wir können uns diesem positiven Eindruck zur winkelstabilen Plattenosteosynthese bei Frakturen im Bereich des distalen Radius anschließen. Die Patienten gaben insgesamt in 83,1% an, mit der Behandlung zufrieden zu sein. Nach dem Score von Gartland und Werley lag in 75,5% ein gutes bis sehr gutes Ergebnis vor. Die im Rahmen unserer Studie erzielten Ergebnisse sind zum größten Teil mit der modernen Literatur zum

Thema: „winkelstabile palmare Plattenosteosynthese“ identisch. Die Untersuchten Frakturtypen waren ebenfalls AO 23 A3-, C1-, C2- und C3-Frakturen.

So sind auch nach eigenen Ergebnissen die oben genannten Frakturtypen geeignet, mit einem modernen Implantat von palmar her behandelt zu werden. Die winkelstabile Plattenosteosynthese stellt sich als gutes und zuverlässiges Behandlungsverfahren in der Therapie distaler Radiusfrakturen dar. Die am erfolgreichsten behandelte Fraktur stellte in dieser Untersuchung die C1 Fraktur mit 82% guter bis sehr guter Ergebnisse dar, gefolgt von der A2 Fraktur mit 80%, der C2 Fraktur mit 69% und der C3 mit 60%.

Die Implantate untermauern mit ihren guten Ergebnissen bei einer geringen Rate an Redislokationen sowie der guten Wiederherstellung der ursprünglichen anatomischen Gegebenheiten die These „die Funktion folgt der Form“.

Doch ist dieses moderne Osteosyntheseverfahren nicht als Universallösung für alle Frakturtypen und jeden Patienten zu sehen. Vielmehr sollte es als eine erfolgversprechende und sinnvolle Alternative zu anderen Methoden gelten. Denn vergleicht man die hier analysierten Daten mit umfangreichen Studien zum Thema Fixateur extern, so ist gerade bei älteren Menschen, oder solchen mit starker Osteoporose dieses Verfahren nicht zu vernachlässigen.

*Meffert et al* beschreiben in einem Bericht an die DGU 2003 über 87% gute bis sehr gute gegenüber nur 13% mäßigen Ergebnissen bei instabilen A3- sowie C1-, C2- und C3- Frakturen bei über 65 jährigen Menschen. Und auch bei älteren oder alten Menschen mit ausgeprägter Osteoporose könnten mit diesem Verfahren gute Ergebnisse erzielt werden [84]. Brug et al [16] fanden in 73,9% gute bis sehr gute Ergebnisse im Bezug auf die Knochenbruchbehandlung älterer Menschen mit dem Fixateur extern.

Man sollte nun andere Verfahren nicht als veraltet ansehen, sondern als ein Behandlungsverfahren unter vielen. In der Zukunft bleibt noch genau herauszuarbeiten, welche Indikation, bzw. welche Frakturform mit welchem Behandlungskonzept die ideale Kombination bietet.

## 7 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die distale Radiusfraktur in ihrer Behandlung mit palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthesen untersucht. Als häufigste Fraktur des menschlichen Skeletts und der Hand als wichtigstem Instrument des Menschen ist eine schnelle und erfolgreiche Behandlung wichtig. Nachdem zuerst auf die spezielle Problematik des distalen Radius und seinen Frakturen eingegangen wird, erfolgt später eine Vorstellung einiger Platten in Form und Funktion sowie ein Vergleich der aktuellen Literatur zu diesem Thema.

Untersucht wurden 49 Patienten und 51 distale Radiusfrakturen, die von 01/2001 bis 07/2003 in der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie in Münster mit der LCP (41,2%) bzw. der Jupiter-Platte (58,8%) der Firma Synthes® behandelt wurden. Unter den Patienten fanden sich 36 Frauen (73,5%, 17–82 Jahre) und 13 Männer (26,5%, 18–58 Jahre). Insgesamt lag das Durchschnittsalter am Operationstag bei 55,3 Jahren (Frauen 60,2, Männer 35,5 Jahre). Die Nachuntersuchungen fanden bei 95,9% der Patienten im Mittel  $8,1 \pm 4,0$  Monate (3-21) nach Frakturereignis statt. Bis auf 2 Flexionsfrakturen waren alle anderen Extensionsfrakturen. Die Frakturen wurden nach der AO-Klassifikation eingeteilt. Mit 60,8% traten AO 23 C Frakturen am häufigsten auf. Komplikationen ereigneten sich in 13,7% der Fälle, zumeist Sehnenrupturen.

Die radiologischen und funktionellen Ergebnisse wurden mit Hilfe des Scores von Gartland und Werley ausgewertet. Danach konnten 36,7% sehr gute, 38,8% gute, 14,3% befriedigende und 10,2% schlechte Ergebnisse erzielt werden. Eine subjektive Befragung erbrachte 84% Patienten, die mit ihrer Behandlung zufrieden waren. Als die am erfolgreichsten behandelte Fraktur zeigte sich die AO 23 C1 Fraktur. Bei Untersuchung blieb den Patienten eine um durchschnittlich 14% eingeschränkte Beweglichkeit im Vergleich zur gesunden Gegenseite. Die postoperativen Röntgenbilder waren in allen Werten signifikant besser ( $p < 0,05$ ) als präoperativen.

Der Vergleich der eigenen Ergebnisse mit denen der aktuellen Literatur erbrachte eine weitestgehende Übereinstimmung der Daten. Der dort propagierte positive Grundtenor zur winkelstabilen palmaren Plattenosteosynthese bei distaler Radiusfraktur kann mitgetragen werden. Sie ist ein effektives Therapiekonzept in der Behandlung distaler Radiusfrakturen.

## 8 Literaturverzeichnis

1. Alffram PA, Bauer GCH (1962)  
Epidemiology of fractures of the forearm. A biomechanical investigation of bone strength.  
J Bone Joint Surg (Am) 44, 105-114.
2. Anderson DJ, Blair WF, Steyers CM, Adams BD, El-Khoury GY (1996)  
Classification of distal radius fractures: an analysis of interobserver reliability and intraobserver reproducibility.  
J Hand Surg 4, 574-582.
3. Aro H, Koivunen T (1991)  
Minor axial shortening of the radius affects outcome of Colles' fracture treatment.  
J Hand Surg [Am] 3, 392-398.
4. Aro H, Kourinen T, Katevuo K (1988)  
Late compression neuropathies after Colles' fractures.  
Clin.Orthop. 233, 217-225.
5. Auerbach DM, Collins ED, Kunkle KL, Monsanto EH (1994)  
The radial sensory nerve.  
Clin.Orthop. 308, 241-249.
6. Bade H, Lehmann J, Schubert M (1993)  
Morphologische Ursachen und Konsequenzen der Fraktur des distalen Radius.  
Unfallchirurgie 19, 195-201.
7. Baron JA, Karagas M, Barrett J, Kniffin W, Matenka D, Mayor M, Keller RB (1996)  
Basic epidemiology of fractures of the upper limb among Americans over 65 years of age.  
Epidemiology 7, 612-618.
8. Barton JR (1838)  
Views and treatment of an important injury of the wrist.  
Medical Examiner and Record of Medical Science , 367.
9. Bartosh RA, Saldana MJ (1990)  
Intraarticular fractures of the distal radius. A cadavaric study to determine if ligamentotaxis restores palmar tilt.  
J.Hand Surg.[Am.] 15, 18-21.
10. Bassett RL (1987)  
Displaced intraarticular fractures of the distal radius.  
Clin.Orthop. 214, 148.
11. Basten K, Hansen M, Rommens PM (1999)  
Die operative Behandlung der distalen Radiusfraktur durch T-Plattenosteosynthese.  
Akt Traumatol 29, 137-143.
12. Bechtol CO (1954)  
Grip test. The use of a Dynamometer with adjustable handle spacings.  
J Bone Joint Surg 36-A, 820-824.
13. Böhler L (1951)  
Behandlung der Brüche am peripheren Ende der Speiche, Technik der Knochenbruchbehandlung.  
Maudrich, Wien , 837-859.

14. Böhler L (1953)  
Technik der Knochenbruchbehandlung.  
12. und 13. Aufl. Maudrich, Wien .
15. Boszotta H, Helperstorfer E, Sauer G (1991)  
Zur Operationsindikation bei der distalen Radiusfraktur.  
Unfallchirurg 94, 417-427.
16. Brug E, Joosten U, Pullen M (2000)  
Fractures of the distal forearm. Which therapy is indicated when?  
Orthopäde 29[4], 318-326.
17. Brunner U, Habermeyer P, Schweiberer L (1989)  
Frakturen des distalen Radiusendes.  
Orthopäde 18, 214-224.
18. Carter PR, Frederick HA, Lasseter GF (1998)  
Open reduction and internal fixation of unstable distal radius fractures with a low-profile plate: a multicenter study of 73 fractures.  
J. Hand Surg. [Am.] 23, 300-307.
19. Castaing J (1964)  
Les fractures récentes de l'extrémité inférieure du radius chez l'adulte.  
Rev Chr Orthop 50, 581-596.
20. Catalano LW 3rd, Cole RJ, Gelberman RH, Evanoff BA, Gilula LA, Borrelli J Jr (1997)  
Displaced intra-articular fractures of the distal aspect of the radius. Long-term results in young adults after open reduction and internal fixation.  
J Bone Joint Surg (Am) 79, 1290-1302.
21. Charnley J (1972)  
The closed treatment of common fractures.  
Livingstone, London , 128-136.
22. Colles A (1814)  
On the fracture of the carpal extremity of the radius.  
Edinburgh Med Surg J 10, 182-186.
23. Cooney WP, Bussey R, Dobyns JH (1987)  
Difficult wrist fractures.  
Clin Orthop 214, 136-147.
24. Cooney WP, Dobyns JH, Linscheid RL (1980)  
Complications of Colles' fracture.  
J Bone Joint Surg (Am) 62, 613-619.
25. Cummings SR, Kelsey JL, Nevitt MC, O'Dowd KJ (1985)  
Epidemiology of osteoporosis and osteoporotic fractures.  
Epidemiol Rev 7, 178-208.
26. Dée W, Klein W, Rieger H (1997)  
Besondere Aspekte der Repositionstechnik distaler Radiusfrakturen.  
Osteosynthese International 5, 116-122.
27. Dobyns JH, Linscheid RL (1978)  
Complications of treatment of fractures and dislocation of the wrist.  
Complications in orthopaedic surgery, Lippincott, Philadelphia , 271-352.
28. Drobetz H, Kutscha-Lissberg E (2003)  
Osteosynthesis of distal radial fractures with a volar locking screw plate system.  
Int. Orthop. 27[1], 1-6.
29. Dupuytren G (1839)  
Des fractures de l'extrémité inférieure du radius simultant les luxations du poignet.

- Oral Clin Chir 1, 140.
30. Eingartner C, Müller JE, König CG, Weiser K (2000)  
Behandlungsergebnisse der operativen Therapie distaler Radiusfrakturen.  
Aktuelle Traumatol 30, 32-36.
  31. Engkvist O, Lundborg G (1979)  
Rupture of the extensor pollicis longus tendon after fracture of the lower end of the radius - a clinical and microangiographic study.  
Hand 11, 76-86.
  32. Felderhoff J, Wiemer P, Dronsella J, Weber U (1999)  
The operative therapy of distal unstable radius fractures with dorsal and palmar plates. A retrospective study with respect to the DASH-score system.  
Orthopade 28[10], 853-863.
  33. Fernandez DL (2000)  
Should anatomic reduction be pursued in distal radius fractures?  
J.Hand Surg.[Br.] 25, 1-6.
  34. Fernandez DL, Jupiter JB (1996)  
Fractures of the distal radius.  
Springer, Berlin Heidelberg New York , 49-50.
  35. Fontes D (1990)  
Instabilité du carpe et fracture du radius, Iie Congrès de chirurgie de la main et du membre supérieure.  
Paris .
  36. Frank WM, Dahlen C, et al (2000)  
Distale Radiusfraktur - Ist der nicht-gelenküberbrückende Fixateur externe eine therapeutische Alternative.  
Unfallchirurg 103, 826-833.
  37. Frykman GK (1967)  
Fracture of the distal radius including sequelae-shoulder hand finger syndrome. Disturbance in the distal radioulnar joint and impairment of nerve function. A clinical and experimental study.  
Acta Orthop.Scand.Suppl 108, 1-155.
  38. Gartland JJ, Werley CW (1951)  
Evaluation of healed Colles fractures.  
J Bone Joint Surg (Am) 33, 895-907.
  39. Georgoulis A, Lais E, Bernard M, Hertel P (1992)  
Volar plate osteosynthesis in typical and atypical distal radius fractures.  
Aktuelle Traumatol 22[1], 9-14.
  40. Germann G, Wind G, Harth A (1999)  
Der DASH-Fragebogen-Ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität.  
Handchir Mikrochir Plast Chir 31, 149-152.
  41. Glowacki KA, Weiss AP, Akelman E (1996)  
Distal radius fractures: Concepts and complications.  
Orthopaedics 19, 601-608.
  42. Golden GN (1963)  
Treatment and prognosis of Colles fracture.  
Lancet 1, 511-514.
  43. Grechenig W (2004)  
Distal radius fractures, the value of wrist arthroscopy in the acute setting.  
Eur J Trauma 6, 353-360.

44. Green D (1999)  
Green's operative hand surgery, ed 4.  
New York, Churchill Livingstone .
45. Green DP, O'Brien ET (1978)  
Open reduction of carpal dislocations: indications and operative techniques.  
J Hand Surg [Am] 3, 250-265.
46. Gupta A (1991)  
The treatment of Colles' fracture: Immobilisation with the wrist dorsiflexed.  
J Bone Joint Surg (Br) 73, 312-315.
47. Haas N, Tempka A (1990)  
Behandlung der distalen Radiusfraktur - Diagnostik und Therapie.  
Langenbecks Arch Chir II [Suppl], 687-692.
48. Handoll HH, Madhok R (2002)  
Managing fractures of the distal radius in adults. Clinical and research implications from systematic reviews of existing trials.  
Acta Orthop.Scand.Suppl 73[305], 45-48.
49. Havemann D, Busse F-W (1990)  
Unfallmechanismen und Klassifikationen bei der distalen Radiusfraktur.  
Langenbecks Arch Chir II [Suppl], 639-642.
50. Heim U (1979)  
Die gelenknahen Speichenbrüche des Erwachsenen.  
Unfallheilkunde 82, 15-22.
51. Helal B, Chen SC, Iwegbu G (1982)  
Rupture of the extensor pollicis longus tendon in undisplaced Colles' type of fracture.  
Hand 14, 41-47.
52. Hierholzer C, Chylarecki C (1994)  
Indikation zur T-Plattenosteosynthese bei Frakturen des distalen Radius.  
Op-Journal 1, 32-39.
53. Hollingsworth R, Morris J (1976)  
The importance of the ulnar side of the wrist in fractures of the distal radius.  
Injury 7, 263-266.
54. Hove LM (1994)  
Delayed rupture of the thumb extensor tendon. A 5 year study of 18 consecutive cases.  
Acta Orthop Scand 65, 434-438.
55. Hove LM, Nilsen PT, Furnes O, Oulie HE, Solheim E, Molster AO (1997)  
Open reduction and internal fixation of displaced intraarticular fractures of the distal radius. Thirty-one patients followed for 3-7 years.  
Acta Orthop Scand 68, 59-63.
56. Jakob M, Mielke S, Keller H, Metzger U (1999)  
Therapieergebnisse nach primärer konservativer Versorgung distaler Radiusfrakturen bei Patienten im Alter von über 65 Jahren.  
Handchir Mikrochir Plast Chir 4, 241-245.
57. Jakob M, Rikli DA, Regazzoni P (2000)  
Fractures of the distal radius treated by internal fixation an early function. A prospective study of 73 consecutive patients.  
J Bone Joint Surg (Br) 3, 340-344.
58. Jenkins NH (1989)  
The unstable Colles' fracture.

- J.Hand Surg.[Br.] 14, 149-154.
59. Jupiter JB (1991)  
Fractures of the distal end of the radius.  
J Bone Joint Surg (Am) 73, 461-469.
  60. Kakarlapudi TK (2000)  
The cost of treatment of distal radius fractures.  
Injury 31, 229-232.
  61. Kapandji A (1976)  
L'ostéosynthèse par double embrochage intrafocal. Traitement fonctionnel des fractures non articulaires de l'extrémité inférieure du radius.  
Ann Chir 30, 903-908.
  62. Kelsey JL, Browner WS, Seeley DG, Nevitt MC, Cummings SR (1992)  
Risk factors for fractures of the distal forearm and proximal humerus. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group.  
Am J Epidemiol 135, 477-498.
  63. Knirk JL, Jupiter JB (1986)  
Intra-articular fractures of the distal end of the radius in young adults.  
J Bone Joint Surg (Am) 68, 647-649.
  64. Kopylov P, Johnell O, Redlund-Johnell I, Bengner U (1993)  
Fractures of the distal end of the radius in young adults: a 30-year follow up.  
J Hand Surg [Br] 18, 45-49.
  65. Krimmer H, Pessenlehner C, Haßelbacher K, Meier M, Roth F, Meier R (2004)  
Palmar winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur.  
Unfallchirurg 107, 460-467.
  66. Laer von L (2001)  
Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter, 4. neu bearbeitete und erweiterte Auflage.  
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York .
  67. Lambotte (1913)  
Chirurgie opératoire des fractures.  
Masson, Paris
  68. Lauritzen JB, Schwarz P, Lund B, McNair P, Transbol I (1993)  
Changing incidence and residual lifetime risk of common osteoporosis - related fractures.  
Osteoporos Int 3, 127-132.
  69. Lerich R (1916)  
De la causalgie, envisagé comme une névrite du sympathique et de son traitement par la dénudation et l'excision des plexus nerveux periartiels.  
Presse Med 24, 178-180.
  70. Letsch R, Infanger M, Schmidt J, Kock HJ (2003)  
Surgical treatment of fractures of the distal radius with plates: a comparison of palmar and dorsal plate position.  
Arch.Orthop.Trauma Surg.
  71. Letsch R, Schmit-Neuerburg KP, Towfigh H (1984)  
Indikation und Ergebnisse er Plattenosteosynthese am distalen Radius.  
Langenbecks Arch Chir 364, 363-368.
  72. Lidström A (1959)  
Fractures of the distal end of the radius: a clinical and statistical study of end results.  
Acta Orthop.Scand.Suppl 41.

73. Lilienfeldt A (1885)  
Über den klassischen Radiusbruch.  
Arch Klin Chir 27, 475.
74. Linscheid RL (1986)  
Kinematic considerations of the wrist.  
Clin.Orthop. 202, 27-39.
75. Majetschak M, Kock H, Neudeck F, Schmit-Neuerburg KP (1997)  
Unfallursachen und Verletzungsmuster bei In-line-Skating.  
Unfallchirurgie 23, 171-178.
76. Markmiller, M (2003)  
Die distale Radiusfraktur des alten Menschen.  
Akt Traumatol 33, 129-131.
77. Martin JS, Marsh JL (1997)  
Current classification of Fractures.  
Clin Orthop North Am 35, 491-506.
78. Martini AK (1999)  
Bewertungsschemata zur Beurteilung des Handgelenkes.  
Handchir Mikrochir Plast Chir 31, 153-154.
79. Martini AK, Fromm B (1991)  
Die sekundäre Arthrose des Handgelenkes bei in Fehlstellung verheilte und nichtkorrigierte distale Radiusfraktur.  
Handchir Mikrochir Plast Chir 23, 249-254.
80. Marzi I, Frank J (2002)  
Palmare und dorsale Plattenosteosynthese der distalen Radiusfraktur.  
Bericht über die Unfallmedizinische Tagung in Mainz 105, 151-161.
81. McMurty RY, Jupiter JB (1992)  
Fractures of the distal radius.  
Skeletal trauma.Saunders, Philadelphia , 1063-1094.
82. McQueen M, Caspers J (1988)  
Colles' Fraktur: does the anatomical result affect the final funktion?  
J Bone Joint Surg (Br) 70, 649-651.
83. McQueen MM, Jupiter JB (1999)  
Radius and Ulna (Musculoskeletal trauma series).  
British Library Cataloguing in Publication Data .
84. Meffert R, Armsen N, Tüttenberg H-T, Langer M (2002)  
External fixation of wrist fractures in elderly patients.  
Osteoporos Int 13, 13.
85. Meffert R, Langer M (2004)  
Biokompatible Operationsmethoden, Band 2 Gelenkchirurgie und Osteosyntheseverfahren.  
Hans Marseille Verlag GmbH München .
86. Melone CP (1984)  
Articular fractures of the distal radius.  
Clin Orthop North Am 15, 217-236.
87. Merle M, Dautel G, Rehart S (1999)  
Chirurgie der Hand: Bd 2 Sekundäreingriffe, Traumatologie des Handgelenkes.  
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York .
88. Mudgal CS, Jones WA (1990)  
Scapholunate diastasis: a component of fractures of the distal radius.  
J.Hand Surg.[Br.] 15, 503-505.

89. Mulhall KJ, Ahmed A, Khan J (2002)  
Simultaneous hip and upper limb fracture in the elderly. Incidence, fractures and management considerations.  
*Injury* 33, 29-31.
90. Müller ME (1990)  
The comprehensive classification of fracture of long bones.  
Springer, Berlin Heidelberg New York, 43.
91. Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H (1991)  
Manual of internal fixation. Techniques recommended by AO-ASIF Group.  
Springer, Berlin Heidelberg New York 3rd edn.
92. Münst P, Kuner EH (1994)  
Konservative Therapie der distalen Radiusfraktur.  
*Op-Journal* 1, 4-20.
93. Oestern HJ (1999)  
Distale Radiusfrakturen - Teil 2. Operative Therapien.  
*Chirurg* 70, 1381-1394.
94. Oestern HJ (1999)  
Distale Radiusfrakturen Teil 1. Grundlagen und konservative Therapie.  
*Chirurg* 70, 1180-1192.
95. Oestern HJ, Huls E (1994)  
Differential treatment of fractures of the distal radius.  
*Zentralbl.Chir* 119[8], 521-532.
96. Oestern HJ, Laqué K (1990)  
Korrekturosteotomie fehlverheilte distaler Radiusfrakturen.  
*Orthopäde* 19, 343-349.
97. Oldner TM, Stabler EV, Cassebaum WH (1965)  
Colles fracture: Evaluation and selection of therapy.  
*J Trauma* 5, 469.
98. Orbay JL, Fernandez DL (2002)  
Volar fixation for dorsally displaced fractures of the distal radius: a preliminary report.  
*J.Hand Surg.[Am.]* 27[2], 205-215.
99. Orbay JL, Fernandez DL (2004)  
Volar Fixed-Angle Plate Fixation for Unstable Distal Radius Fractures in the Elderly Patient.  
*J.Hand Surg.[Am.]* 29A, 96-102.
100. Owen RA, Melton LJ, Johnson KA, Ilstrup DM, Riggs BL (1982)  
Incidence of Colles fracture in North American community.  
*Am J Public Health* 72, 605-607.
101. Palmer AK (1987)  
The distal radio-ulnar joint: anatomy, biomechanics, and triangular fibrocartilage complex abnormalities.  
*Hand Clin* 3, 31-40.
102. Pechlaner S (1993)  
Distale intraartikuläre Radiusfrakturen. Indikation und Technik zur offenen Einrichtung und Plattenosteosynthese.  
*Orthopäde* 22, 46-51.
103. Pechlaner S (1998)  
Alternative Operationsmethoden bei in Fehlstellung verheilte distaler Radiusfraktur: Verfahren nach Kapandji-Sauve.

- Handchir Mikrochir Plast Chir 6, 379-381.
104. Pechlaner S, Hussl H, Kerschbaumer F (2000)  
Atlas of Hand Surgery.  
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York .
  105. Pennig D, Mader K, Gausepohl T, Klein W, Dée W. (2004)  
Differenzierte Behandlung der instabilen distalen Radiusfraktur. Fixateur extern und Zusatzmaßnahmen.
  106. Petravic B, Balk R, Faensen M, Hagermann M, Hermichen HG, Hierholzer C, Mommsen U, Müller M, Rudoph H, Seiler H, Siebert HR, Towigh H, Welz K, Witte T, Zilch H (1997)  
Kriterien zur Beurteilung des primären Behandlungsergebnisses bei distalen Frakturen des Radius bei Erwachsenen.  
DOA-Aktuell , 99-111.
  107. Petravic B (1993)  
Treatment of distal multi-fragment joint fractures of the radius. Indications, technique and results.  
Chirurg 64[11], 894-898.
  108. Petravic B (1997)  
Indikation zur Behandlung der distalen Radiusfraktur bei Erwachsenen.  
Akt Traumatol 27, 2-6.
  109. Petravic B, Balk R, Faensen M, et al (1998)  
Indikation zur Behandlung der distalen Radiusfrakturen bei Erwachsenen und Beurteilung des primären Behandlungsergebnisses.  
Trauma und Berufskrankheit , 33-39.
  110. Pillukat T, van Schoonhoven J, Lanz U (2004)  
Die ulnare Instabilität des Karpus.  
Orthopäde 33, 676-684.
  111. Pilz F, Lindemann-Sperfeld L, Winter S, Otto W (2000)  
Distale Radiusfraktur - Behandlungskonzept und Erfahrungen.  
Trauma und Berufskrankheit 2, 313-319.
  112. Poigenfürst J (1980)  
Brüche am distalen Unterarmende. Einteilung der Bruchformen und Indikationen.  
Hefte Unfallheilkd 148, 53.
  113. Poigenfürst J, Tuchmann A (1978)  
Bedeutung der ulnaren Bandverletzung beim Speichenbruch an typischer Stelle.  
Handchir Mikrochir Plast Chir 10, 121.
  114. Pouteau C (1783)  
Oeuvres posthumes de M. Pouteau. Memoire, contenant quelques réflexions sur quelques fractures de l'avantbras sur les luxation incomplettes du poignet et sur le diastasis.  
Paris Ph-D Pierres .
  115. Prommersberger KJ, Moossavi S, Lanz U (1999)  
Ergebnisse der Korrekturosteotomie fehlverheilte Extensionsfrakturen der Speiche an typischer Stelle.  
Handchir Mikrochir Plast Chir 4, 234-240.
  116. Prommersberger KJ, Schoonhoven J, Lanz U (2002)  
Outcome after corrective osteotomy for malunited fractures of the distal end of the radius.  
J Hand Surg [Br] 1, 55-60.
  117. Radek E, Wentzensen A, Leuftink D (1998)

- Externe Qualitätssicherung am Beispiel der distalen Speichenbrüche.  
Trauma und Berufskrankheit 1, 49-56.
118. Rehn J (1965)  
Behandlungsergebnisse typischer Radiusfrakturen.  
Chirurg 36, 206.
  119. Reill P, Krufft S (1993)  
Diagnostik und Behandlung der Begleitverletzungen und Folgeschäden bei distalen Radiusfrakturen.  
Chirurg 64, 899-906.
  120. Riggs BL, Melton LJ (1995)  
The worldwide problem of osteoporosis: insights afforded by epidemiology.  
Bone 17[[Suppl 5]], 505-511.
  121. Rikli DA, Regazzoni P (1996)  
Fractures of the distal end of the radius treated by internal fixation and early function.  
J Bone Joint Surg (Br) 78, 588-592.
  122. Rikli DA, Regazzoni P, Babst R (2003)  
Die dorsale Doppelplattenosteosynthese am distalen Radius - ein biomechanisches Konzept und dessen klinische Realisation.  
Zentralbl Chir 128, 1003-1007.
  123. Ring D, Jupiter JB (1997)  
Dorsal fixation of the distal radius using the δ-plate.  
Atlas Hand Clinics 2, 25-44.
  124. Ring D, Jupiter JB, Brennwald J, Buehler U, Hastings H II (1997)  
Prospective multicenter trial of a plate for dorsal fixation of distal radius fractures.  
J.Hand Surg.[Am.] 22[777], 784.
  125. Rodriguez-Merchan EC (1998)  
Management of comminuted fractures of the distal radius in the adult.  
Conservative or surgical?  
Clin.Orthop. [353], 53-62.
  126. Rueger M, Linhart W, Sommerfeldt DW (1998)  
Differentialindikation zur Behandlung der distalen Radiusfraktur.  
Trauma und Berufskrankheit 1, 6-14.
  127. Sahlin Y (1990)  
Occurrence of fractures in a defined population: a 1-year study.  
Injury 21[3], 158-160.
  128. Sakhaii M, Groenewold A, Klönz A, Reilmann H (2003)  
Ergebnisse nach palmarer Plattenosteosynthese mit der winkelstabilen T-Platte bei 100 distalen Radiusfrakturen.  
Unfallchirurg 106, 272-280.
  129. Sarmiento A, Pratt GW, Berry NC, Sinclair WF (1980)  
Functional bracing of the Colles' fractures: a prospective study of immobilisation in supination vs. pronation.  
Clin Orthop 146, 175-183.
  130. Schmidt H-M, Lanz U (2003)  
Chirurgische Anatomie der Hand - 2., überarbeitete und aktualisierte Auflage.  
Georg Thiema Verlag .
  131. Schmidt J, Petereit U, Winker KH (1997)  
Die volare Plattenosteosynthese als Zuggurtungsprinzip bei der Extensionsfraktur.  
Aktuelle Traumatol 27, 23-25.

132. Schmit-Neuerburg K-P, Towfigh H, Letsch R (2001)  
Tscherne Unfallchirurgie; Ellenbogen, Unterarm, Hand; 1 Ellenbogen, Unterarm.  
Springer, Berlin Heidelberg New York .
133. Schupp A, Tuttlies C, Möhling T, Siebert HR (2003)  
Der distale Speichenbruch - Winkelstabile Osteosynthese mit 2.4 mm  
Formplatten. Ist der Aufwand gerechtfertigt?  
Chirurg 74, 1009-1017.
134. Schütz M, Kolbeck B, Spranger A, Arndt-Kolbeck M, Haas NP (2003)  
Die winkelstabile palmare Plattenosteosynthese bei der dorsal dislozierten distalen  
Radiusfraktur-Anwendungen und erste klinische Erfahrungen.  
Zentralbl Chir 128, 997-1002.
135. Siebert HR (1997)  
Distale Radiusfraktur an typischer Stelle.  
Akt Traumatol 27, 7-15.
136. Simic PM, Weiland AJ (2003)  
Fractures of the distal aspect of the radius: changes in treatment over the past two  
decades.  
Instr.Course Lect. 52, 185-195.
137. Singer BR, McLauchlan GJ, Robinson CM, Christie J (1998)  
Epidemiology of fractures in 15000 adults: the influence of age and gender.  
J Bone Joint Surg (Br) 80[2], 243-248.
138. Smith RW (1847)  
A treatise on fracture in the vicinity of joints and on certain forms of accidental  
and congenital dislocations.  
Hodges and Smith, Dublin , 162-163.
139. Solgaard (1988)  
Function after distal radius fracture.  
Acta Orthop Scand 59, 39-42.
140. Statistisches Bundesamt (1996)  
Krankenhausdiagnosestatistik.  
Statistisches Bundesamt Wiesbaden .
141. Steward HD, Innes AR, Burke FD (1985)  
Factors affecting the outcome of Colles' fracture: an anatomical and functional  
study.  
Injury 16, 289-295.
142. Stoffelen D, DeMulder K, Broos P (1998)  
The clinical importance of carpal instabilities following distal radius fractures.  
J Hand Surg [Br] 23, 512-516.
143. Sudeck P (1942)  
Die sogenannte akute Knochenatrophie als Entzündungsvorgang.  
Chirurg 14, 449-458.
144. Taleisnik J (1985)  
The Wrist.  
Churchill Livingstone, Philadelphia .
145. Thielke K-H, Wagner T, Bartsch S, Echtmeyer V (2003)  
Winkelstabile, volare Plattenosteosynthese komplexer artikulärer Frakturen am  
distalen Radius.  
Chirurg 74, 1057-1063.
146. Thielke K-H et al (2002)

- Winkelstabile Plattenosteosynthese am distalen Radius: Lösung einer Problemfraktur?  
Akt Traumatol 32, 245-250.
147. Thomas FB (1957)  
Reduction of Smith's fracture.  
J Bone Joint Surg (Br) 39, 463.
  148. Trumble TE, Culp RW, Hanel DP, Geissler WB, Berger RA (1999)  
Intra-articular fractures of the distal aspect of the radius.  
Instr.Course Lect. 48, 465-480.
  149. Tscherne H, Jahne J (1990)  
Current status of the treatment of distal radius fracture.  
Unfallchirurg 93, 157-164.
  150. Uzdil T, Neumann W, Bauschke A (2001)  
Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese bei distalen Radiusextensionsfrakturen.  
Akt Traumatol 31, 141-148.
  151. van der Laan L, Goris RJA (1997)  
Reflex sympathetic dystrophy: was Sudeck right?  
Unfallchirurg 2, 90-99.
  152. Walz M, Kolbow B, Auerbach F (2004)  
Was leistet die winkelstabile Plattenosteosynthese bei der distalen Radiusfraktur des alten Menschen?  
Unfallchirurg 109.
  153. Wilhelm A (1958)  
Zur Innervation der Gelenke der oberen Extremität.  
Z.Anat.Entwickl.Gesch.120 , 331-371.
  154. Wittner B, Holz U (1993)  
Allgemeine Klassifikation der distalen Radiusfrakturen und Behandlung der extraartikulären distalen Radiusfrakturen (Typ A2 und A3).  
Chirurg 64, 880-888.
  155. Woltmann A, Wagner F, Beisse R, Bühren V (2003)  
Winkelstabile Plattenosteosynthese am distalen Radius.  
Trauma und Berufskrankheit .
  156. Zettl RP, Ruchholtz S, Taeger G, Obertacke U, Nast-Kolb D (2001)  
Postoperative morbidity in surgically treated extension fractures of the distal radius. A comparative study of dorsal and volar approach.  
Unfallchirurg 104[8], 710-715.

## 9 Lebenslauf

### Persönliche Daten:

Name: Bangen  
Vorname: Dennis  
Geburtsdatum und Ort: 22.01.1976 in Münster  
Anschrift: Max-Reger-Strasse 17  
48165 Münster  
Familienstand: ledig  
Eltern: Marion Bangen, geb. Aymanns,  
Lehrerin  
Dr. med. Wolfgang Bangen, Arzt

### Schulbildung:

1982 – 1986 Grundschule  
Clemensschule Münster-Hiltrup  
1986 – 1995 Kardinal-von-Galen-Gymnasium  
Münster-Hiltrup  
07.06.1995, Zeugnis der allgemeinen  
Hochschulreife

### Wehrdienst:

1995 – 1996 01.07.1995 – 30.09.1995 Hildesheim,  
01.10.1995 – 30.04.1996 Münster,  
Truppsanitätsdienst

### Hochschulbildung:

1996 – 1997 WWU-Münster  
Studium der Zahnmedizin  
10.03.97 naturwissenschaftliche  
Vorprüfung

1997 – 2003	WWU-Münster Studium der Humanmedizin
1998	Ärztliche Vorprüfung
1999	Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung
1999 – 2000	Studium an der Faculté de Médecin, Université de Nantes, Frankreich
2002	Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
2002 – 2003	Praktisches Jahr: Pädiatrie und Innere Medizin: UKM, Chirurgie: Unité d'accueil des Urgences Chirurgicales, CHU de Grenoble, Frankreich
25.04.2003	Ärztliche Prüfung
01.10.2004	Approbation als Arzt

**Beruflicher Werdegang:**

01.11.2003 – 30.09.2004	Tätigkeit als AiP in der chirurgischen Abteilung des St. Franziskus-Hospital in Münster, Priv. Doz. Dr. med. U. Schulz
seit 01.10.2004	Assistenzarzt in selbiger Abteilung

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

# 10 Anhang

Name:				Rechtshänder:				
geb.:	Betroffene Hand: re			li			Linkshänder:	
	re		li		Normalwerte			
<b>Ellenbogengelenk</b>								
Stecken / Beugen							10 - 0 - 150	
<b>Unterarmdrehung</b>								
auw. / einw							80-90 - 0 - 80-90	
<b>Handgelenk</b>								
dorsalextension / palmarflexion							35-60 - 0 - 50-60	
radialw. außen / ulnaw. innen							30-40 - 0 - 25-30	
<b>Fingergelenke Abstand in cm</b>	II	III	IV	V	II	III	IV	V
Nagelrand Handfläche								
Nagelrand Handrücken								
<b>Daumengelenke</b>								
Streckung / Beugung								
Grundgelenk								
Endgelenk								
<b>Winkel zw Daumen und 1.Finger</b>								
in Handebene								
rechtwinklig zur Hande.								
<b>Daumenspitze - Fingerkuppen</b>	II	III	IV	V	II	III	IV	V
<b>Handspanne Daumenspitze- Kleinfingerkuppe in cm</b>								
<b>Umfang in cm</b>								
Oberarm								
Unterarm								
Handgelenk								
Mittelhand ohne Daumen								

<b>Radiologische Veränderungen</b>					
	Unlavorschub			1	
	Radiale Deviation			1\2	
	Bajonettfehlstellung			1\3	
	Maximum			6	
<b>Subjektive Einschätzungen</b>					
	Keine Schmerzen			0	
	Keine Bewegungseinschränkungen				
	Leicht Schmerzen			2	
	Leicht Einschränkungen				
	Gelegentliche Schmerzen, Schwäche, Bewegungseinschränkungen			4	
	Ständiger Schmerz, deutliche Bewegungseinschränkung Behinderte Aktivität			6	
	Maximum			6	
<b>Bewegungsausmaße</b>					
	Einschränkung < 20%			0	
	20 - 50%			2	
	> 50%			6	
	Einsteifung			6	
	Maximal			6	
<b>Griffkraft</b>					
	Normal			0	
	2 - 4 Standartabweichungen			2	
	4 - 6 Standartabweichungen			4	
	> 6			6	
	Maximum			6	
<b>Komplikationen</b>					
	Keine - minimal			0	
	leichte Krepitationen			1\2	
	starke Krepitationen			3\4	
	Medianuskompression			1\3	
	FHA 1 cm			3	
	FHA > 2cm			5	
	Schmerzen im Radioulnargelenk			1\3	
	Maximum			15	
<b>Auswertung</b>					
	sehr gut			0\2	
	gut			3\7	
	befriedigend			8\18	
	schlecht			19\39	
<b>Manometrie</b>					
rechts	groß	mittel	klein		
1					
2					
3					
links	groß	mittel	klein		
1					
2					
3					

