

Die palmare winkelstabile T-Radiusplatten-Osteosynthese  
im Vergleich mit anderen Operationsverfahren

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
des Fachbereichs Medizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Weihrauch, Thomas  
aus Kassel

Gießen 2008

Aus dem Zentrum für Chirurgie, Anästhesiologie und Urologie

Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie

Direktor: Univ.-Prof. Dr. Dr. R. Schnettler  
des Universitätsklinikums Gießen - Marburg  
Standort Gießen

Gutachter: Prof. Dr. D. Hofmann

Gutachter: Prof. Dr. H. Stürz

Tag der Disputation: 13. November 2008

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

## **Meinen Eltern**

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>I.</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>GRUNDLAGEN</b> .....	<b>4</b>
1.	Unfallmechanismus.....	4
2.	Anatomie.....	5
3.	Begleitverletzungen / Folgeschäden einer Radiusfraktur.....	6
3.1.	Abrissfraktur des Processus styloideus ulnae.....	6
3.2.	Post-traumatisches Karpaltunnelsyndrom.....	6
3.3.	Algodystrophie Sudeck / Complex Regional Pain Syndrom.....	7
3.4.	Ausheilung in Fehlstellung.....	7
4.	Prinzip der winkelstabilen Osteosynthese.....	8
5.	Defektauffüllung.....	9
<b>III.</b>	<b>MATERIAL UND METHODIK</b> .....	<b>10</b>
1.	Gruppeneinteilung.....	10
2.	Implantate und Operationsverfahren.....	12
2.1.	Die winkelstabile T-Radiusplatte .....	12
2.1.1.	Operationsverfahren.....	13
2.2.	Kirschnerdrahtosteosynthese.....	15
2.2.1.	Operationsverfahren.....	15
2.3.	Fixateur externe.....	18
2.3.1.	Operationsverfahren.....	18
2.4.	Palmare und dorsale nicht winkelstabile Plattenosteosynthese. ....	19
2.4.1.	Operationsverfahren.....	19
3.	Nachuntersuchung.....	21
3.1.	Allgemeine Datenerhebung.....	21
3.2.	Klinische Untersuchung.....	21
3.3.	Radiologische Auswertung.....	21
3.4.	Traumascores .....	23
3.4.1.	DASH - Score.....	23
3.4.2.	Solgaard - Score .....	24
<b>IV.</b>	<b>ERGEBNISSE</b> .....	<b>25</b>
1.	<b>Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplatten-Osteosynthese)</b> .....	<b>25</b>
1.1.	Allgemeine Datenerhebung.....	25
1.2.	Komplikationen.....	27
1.3.	Klinische Untersuchungsergebnisse.....	28
1.4.	Radiologische Parameter.....	28
1.4.1.	Winkel der Gelenkflächen nach Böhler .....	28
1.4.2.	Gelenkflächenstufung.....	30
1.4.3.	Radiale Verkürzung.....	30
1.4.4.	Radiologische Bewertung nach Naumann .....	31
1.5.	Traumascores .....	31
1.5.1.	DASH - Score.....	31
1.5.2.	Solgaard - Score .....	32

2.	<b>Gruppe 2 (gesamt)</b> .....	33
2.1.	Art und Häufigkeit der Operationsverfahren .....	33
2.2.	Allgemeine Datenerhebung.....	33
2.3.	Komplikationen.....	36
2.4.	Klinische Untersuchungsergebnisse.....	37
2.5.	Radiologische Parameter.....	37
2.5.1.	Winkel der Gelenkflächen nach Böhler .....	37
2.5.2.	Gelenkflächenstufung.....	39
2.5.3.	Radiale Verkürzung.....	39
2.5.4.	Radiologische Bewertung nach Naumann .....	40
2.6.	Traumascors .....	40
2.6.1.	DASH - Score.....	40
2.6.2.	Solgaard - Score .....	41
3.	<b>Gruppe 2 a (Kirschnerdrahtosteosynthesen)</b> .....	42
3.1.	Allgemeine Datenerhebung.....	42
3.2.	Komplikationen.....	44
3.3.	Klinische Untersuchungsergebnisse.....	44
3.4.	Radiologische Parameter.....	45
3.4.1.	Winkel der Gelenkflächen nach Böhler .....	45
3.4.2.	Gelenkflächenstufung.....	47
3.4.3.	Radiale Verkürzung.....	47
3.4.4.	Radiologische Bewertung nach Naumann .....	48
3.5.	Traumascors .....	48
3.5.1.	DASH - Score.....	48
3.5.2.	Solgaard - Score .....	49
4.	<b>Gruppe 2 b (nicht winkelstabile Plattenosteosynthesen) ...</b> .....	50
4.1.	Allgemeine Datenerhebung.....	50
4.2.	Komplikationen.....	52
4.3.	Klinische Untersuchungsergebnisse.....	52
4.4.	Radiologische Parameter.....	53
4.4.1.	Winkel der Gelenkflächen nach Böhler .....	53
4.4.2.	Gelenkflächenstufung.....	54
4.4.3.	Radiale Verkürzung.....	55
4.4.4.	Radiologische Bewertung nach Naumann .....	56
4.5.	Traumascors .....	56
4.5.1.	DASH - Score.....	56
4.5.2.	Solgaard - Score .....	57
5.	<b>Vergleich der Ergebnisse</b> .....	58
5.1.	Vergleich der Ergebnisse der klinischen Untersuchung .....	58
5.2.	Vergleich der radiologischen Parameter .....	59
5.2.1.	Winkel der Gelenkflächen nach Böhler .....	59
5.2.2.	Gelenkflächenstufung.....	61
5.2.3.	Radiale Verkürzung.....	62
5.2.4.	Radiologische Bewertung nach Naumann .....	63
5.3.	Vergleich der Traumascors.....	63
5.3.1.	DASH - Score.....	63
5.3.2.	Solgaard - Score .....	64

<b>V.</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	.65
<b>VI.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	.80
<b>VII.</b>	<b>SUMMARY</b> .....	.83
<b>VIII.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	.86
	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	.98
	<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	102

---

## I. EINLEITUNG

---

Die distale Radiusfraktur ist mit 10 % - 25 % aller Frakturen die häufigste Fraktur des menschlichen Skeletts mit einer Inzidenz von 2 - 3 Frakturen auf 1000 Einwohner und Jahr. Dieses zeigt die große sozio-ökonomische Bedeutung der Fraktur und ihrer Behandlung [41; 58]

Die Geschlechts- und Altersverteilung der distalen Radiusfraktur zeigt einen biphasischen Verlauf. Im jüngeren Lebensalter handelt es sich vorwiegend um männliche Patienten, mit Arbeits- und Sportunfällen. Im höheren Alter dominiert, der Bevölkerungsstruktur entsprechend, das weibliche Geschlecht, wobei der postmenopausalen Osteoporose bei der Frakturgenese, im Hinblick auf die notwendige Gewalteinwirkung um die Integrität des Knochens zu verletzen, eine wesentliche Bedeutung zukommt [27; 56].

Eine Studie von H. Minne an einem großen Patientenkollektiv zeigt, dass die distale Radiusfraktur hauptsächlich bei älteren Menschen zu finden ist [42]. Überwiegend ist dabei das 6. und 7. Dezennium betroffen [71]. In diesem Zusammenhang spielt die häufig verminderte Knochendichte des alten Menschen eine große Rolle. Bei zuvor bestehender Osteoporose kann es bereits bei Bagateltraumen ohne große Gewalteinwirkung leicht zu Frakturen im distalen Bereich des Unterarmes kommen [64]. Die postmenopausale High-turnover-Osteoporose mit negativer Knochenbilanz wird hier als primärer kausaler Zusammenhang genannt [71].

Aufgrund der mannigfaltigen Verletzungsschweregrade der distalen Radiusfraktur war eine detaillierte Klassifikation mit hieraus resultierenden Therapieschemata erforderlich. Hierzu wurde die bestehende Typisierung in Colles -, Smith -, Barton -, Reversed-Barton - und Chauffeur - Fraktur ergänzt durch die Einteilungen nach Frykman (1967), Melone (1984, Klassifikation für intraartikuläre 4-Fragment-Frakturen) und die heute überwiegend benutzte AO - Klassifikation (Müller, Nazarian Koch, Schatzker 1990) [46].

AO - Klassifikation nach Müller (1987)

- 23-A = extra-artikuläre Fraktur  
 A 1 .. der Ulna, Radius intakt  
 A 2 .. des Radius, einfach und impaktiert  
 A 3 .. des Radius, mehrfragmentär
- 23-B = partielle Gelenkfraktur des Radius  
 B 1 .. Sagittalebene  
 B 2 .. dorsale Kante (Barton)  
 B 3 .. palmare Kante (Smith, reversed Barton)
- 23-C = vollständige Gelenkfraktur  
 C 1 .. artikulär einfach, metaphysär einfach  
 C 2 .. artikulär einfach, metaphysär mehrfragmentär  
 C 3 .. mehrfragmentär

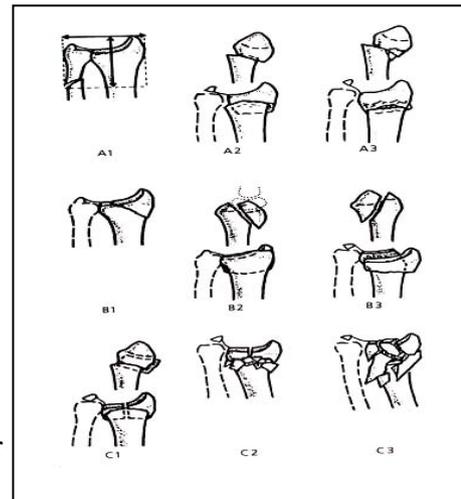


Abb. 1 AO - Klassifikation der distalen Radiusfraktur nach Müller

Im Falle der distalen Radiusfraktur, insbesondere auch der des alten Menschen, ist die anatomiegerechte Wiederherstellung als Voraussetzung einer ungestörten Ausheilung mit Wiedererlangung einer guten Funktion von essenzieller Bedeutung. Insbesondere zu rekonstruieren sind der Böhler-Gelenkwinkel, die Kongruenz der Gelenkflächen sowie die regelrechte Länge und Artikulation der distalen Ulna [38]. Dieses ist Voraussetzung zur Vermeidung von Spätschäden infolge posttraumatischer Arthrose, die bevorzugt im distalen Radioulnargelenk oder dem Radiokarpalgelenk auftritt [49].

Heute stehen somit die exakte Rekonstruktion der Gelenkflächen durch unterschiedliche Operationsverfahren (geschlossene Reposition und Kirschnerdrahtosteosynthese, Schraubenosteosynthese, Fixateur externe, kombinierte Operationsverfahren und Plattenosteosynthese), sowie die primäre Versorgung der Begleitverletzungen im Vordergrund.

Die häufigen posttraumatischen Gelenkstufen und sekundären palmaren und dorsalen Dislokationen der Radiusbasis post repositionem waren Anlass von den bisher üblichen Therapieschemata (Kirschnerdrahtosteosynthese bei A2- und B1-Frakturen, dorsale und palmare Plattenosteosynthese bei den übrigen Gelenkfrakturen) abzuweichen und alle distalen, instabilen Radiusfrakturen mit einer palmaren winkelstabilen T-Radiusplatte (distale T-Radiusplatte 2,4 / 2,7 mm Titan) zu versorgen.

Mit der vorliegenden Arbeit sollen das therapeutische Konzept und die Behandlungsergebnisse der Osteosynthese der distalen Radiusfraktur für die Jahre 1997 bis 2003 im Rahmen einer retrospektiven Nachuntersuchung analysiert und ausgewertet.

Darüber hinaus soll festgestellt werden, ob die neue Vorgehensweise (Osteosynthese mittels palmarer winkelstabiler T-Radiusplatte) zu besseren Ergebnissen führt als die bisher angewendeten Operationsverfahren (geschlossene Reposition, Kirschnerdrahtosteosynthese, Schraubenosteosynthese, Fixateur externe, kombinierte Operationsverfahren und dorsale Plattenosteosynthesen).

---

II. GRUNDLAGEN

---

### 1. Unfallmechanismus

Die Hauptursache einer Fraktur im distalen Anteil des Radius ist in 90 % der Fälle ein Hyperextensionstrauma des Handgelenkes. Der klassische Unfallmechanismus der körperfernen Speichenfraktur ist der Sturz auf die ausgestreckte, dorsal extendierte Hand. Hierbei kommt es zu einem Bruch im umschriebenen Bereich, welcher dann auch als Fraktur an typischer Stelle, „loco typico“ bezeichnet wird. Es handelt sich dabei meist um eine extraartikuläre Fraktur der Radiusepiphyse mit Dislokation nach dorsal und radial und mehr oder weniger ausgeprägter metaphysärer Trümmerzone [68].

Dieser, mit 90 % am häufigsten auftretende, Frakturtyp mit nach dorsal abgekipptem Fragment wird synonym auch als Extensionsfraktur nach Colles bezeichnet. Abraham Colles beschrieb 1814 nach präparatorischen Untersuchungen am Handgelenk erstmals diesen Frakturtyp bei distalen Radiusfrakturen. Durch Kippen der Gelenkfläche zur Streckseite (Extensionsfraktur) resultiert klinisch die so genannte „Bajonettstellung“. Eine zusätzliche radiale Abwinklung bezeichnet man als „Gabelstellung“. In einem großen Teil der Fälle findet sich gleichzeitig eine Abrissfraktur des Processus styloideus ulnae. Hier schwanken die Literaturangaben zwischen 34 % und 80 % [29].

Kommt es zu einem Sturz auf die volar flektierte Hand, der als Unfallmechanismus wesentlich seltener auftritt, disloziert in Folge der Krafteinwirkung das Fragment zur Beugeseite. Diese Flexionsfraktur tritt nur mit einem Anteil von circa 10 % aller Handgelenksfrakturen auf und wird auch als Smith - Fraktur nach Sir Robert W. Smith bezeichnet (1807-1873), der diesen Frakturtyp 1847 zum ersten Mal beschrieben hat [6].

Eine große Rolle bei der Fraktorentwicklung nach stattgehabtem Sturz spielen der Winkel der extendierten Hand und die Krafteinwirkung. Nach experimentellen Studien von Frykman sind Extensionswinkel von 40° - 90°, sowie die einwirkende Kraft von 300 kp beim erwachsenen Mann mittleren Alters und 200 kp bei der erwachsenen Frau im mittleren Alter die prädestinierenden Faktoren zum Eintreten eines Bruches im Bereich der handgelenksnahen Speiche [19]. Dabei ist die dünne Kompakta der distalen Radiusmetaphyse biomechanisch als Prädilektionsstelle für diese Fraktur anzusehen [32].

Im fortgeschrittenen Alter und bei osteoporotisch vorbelasteten Knochen reicht bereits, nach den von H. Minne geführten Studien, eine verminderte Krafteinwirkung von 150 kp beim

erwachsenen Mann mittleren Alters, und 100 kp bei der erwachsenen Frau mittleren Alters zur Entwicklung einer Radiusfraktur aus [42; 49].

Die initiale Dislokation einer Fraktur ist bei vorhandener Osteoporose größer, ebenfalls das Ausmaß und die Häufigkeit einer Redislokation [6].

### **2. Anatomie**

Das distale Ende des Radius bildet das anatomische Fundament des Handgelenkes. Das Handgelenk setzt sich proximal aus der radiokarpalen Gelenkfläche, dem distalen Radioulnargelenk (DRUG) und dem triangulären Faserknorpel (TFC) zusammen. Distal wird das Handgelenk von der ersten Handwurzelknochenreihe gebildet, die durch intrinsische Bänder zusammengehalten werden, wie das skapholunäre und das lunotriquetrale Band. Die Stabilität des Handgelenkes selbst wird durch die Gelenkkapsel und vor allem die das Gelenk überbrückenden dorsalen und palmaren Bänder gewährleistet [18].

Das distale Radioulnargelenk besitzt einen Freiheitsgrad und ist für die Pro- / Supinationsbewegungen des Unterarmes um die Längsachse verantwortlich. Der radiokarpale Gelenkkomplex besteht aus dem Radiokarpal- und dem Mediokarpalgelenk und besitzt Freiheitsgrade für die Flexion und Extension und die Ab- und Adduktion. Die Articulatio radio-ulnaris distalis ist mechanisch an das proximale Radioulnargelenk und funktionell an das Handgelenk gebunden.

Der Gelenkanteil des distalen Radius ist bikonkav und dreieckförmig. Die Spitze des Dreiecks weist in Richtung auf den Processus styloideus, während die Basis zur gelenkigen Verbindung mit dem Ulnaköpfchen dient. Die Gelenkfläche des Radius verläuft in ulnarer und palmarer Richtung. Im radialen Kompartiment des proximalen Handgelenkes artikulieren Skaphoid und Os lunatum mit dem Radius, dessen karpale Gelenkfläche entsprechende Facetten aufweist, die durch einen individuell markant ausgeprägten First voneinander getrennt sind. Die Lunatumfacette liegt auf gleicher Höhe oder bis zu 2 mm proximaler oder distaler zur radialen Seite des Ulnaköpfchens [54].

Die wesentlichen Bänder des Handgelenkes liegen intrakapsulär. Die palmaren Bänder sind stärker und daher bedeutender als die dorsalen. Der beugeseitige Bandapparat bildet die Form eines Dreiecks, dessen Innenraum direkt über dem kapitulo-lunären Gelenk liegt. Die intrinsischen Bänder verbinden die Karpalknochen miteinander, während die extrinsischen den Karpus mit Radius und Metakarpus verbinden.

Zwischen Ulna und der proximalen Handwurzelknochenreihe befindet sich der Discus triangularis (triangular fibrocartilage, TFC). Der Diskus ist wie andere Meniskus- und

Diskusflächen adaptierendes und druckübertragendes Element. Er füllt die radiologisch vorhandene Lücke zwischen karpaler Ulnakopffläche und den Ossa lunatum et triquetrum und besitzt Verbindungen zum Triquetrum, Hamatum und Metacarpale V. Während der Diskus an der Inzisur des Radius breit befestigt ist, besitzt er an der Ulna eine doppelte Verankerung. Zum einen wurzelt er in einer grubigen Vertiefung radial der Basis des Griffelfortsatzes, zum anderen macht er am Griffelfortsatz selbst fest. Dieser radioulnokarpale fibröse Komplex wird dynamisch durch die Sehne des Musculus extensor carpi ulnaris unter Spannung gehalten. Bei einer Fraktur des Processus styloideus ulnae muss es deshalb nicht unbedingt zu einer vollständigen ulnaren Ablösung des Diskus kommen, da die basale Fixierung erhalten bleiben kann [18].

Der Ramus superficialis des Nervus radialis verzweigt sich schon im distalen Unterarmbereich in 2 bis 3 Äste, die meist auf der Sehne des Musculus extensor pollicis longus zu tasten sind. Der Nervus medianus liegt im distalen Unterarmbereich unter der Sehne des Musculus palmaris longus bzw. neben der Sehne des Musculus flexor carpi radialis.

### **3. Begleitverletzungen / Folgeschäden einer Radiusfraktur**

#### **3.1. Abrissfraktur des Processus styloideus ulnae**

Die häufigste Begleitverletzung der distalen Radiusfraktur stellt die Abrissfraktur des Processus styloideus ulnae dar. Die Ausheilung erfolgt zumeist in Form einer Pseudarthrose. Über die Bedeutung des Ulnastyloids besteht in der Literatur keine Einigkeit. Einige Autoren messen dieser Fraktur keine entscheidende Bedeutung bei, während andere die Rolle des Processus styloideus ulnae als Insertionstelle wesentlicher Anteile des triangulären fibrocartilaginären Komplexes als bedeutungsvoll ansehen, und diese Fraktur deshalb mit einem erhöhten Instabilitätsgrad einhergeht. Durch eine Pseudarthrose in diesem Bereich soll es zu ligamentären Insuffizienzen im Handgelenk kommen [33; 87].

#### **3.2. Post-traumatisches Karpaltunnelsyndrom**

Bei einem Extensionstrauma kommt es auf Grund seiner anatomischen Lage nicht selten zu einer Schädigung des Nervus medianus (8 - 17 %) [51]. In Kombination mit dem Frakturhämatom, traumatischer Ödembildung oder einer Verengung des Karpaltunnels durch Frakturfragmente, kann es zur anhaltenden Kompression des Nerven kommen [54].

### **3.3. Algodystrophie Sudeck / Complex Regional Pain Syndrom (CRPS)**

Bis heute sind Ursachen und Ätiologie der zur Jahrhundertwende von Paul H. Sudeck beschriebenen Dystrophie, heute im Allgemeinen als Complex Regional Pain Syndrom (CRPS) bezeichnet, weitestgehend ungeklärt. Sie tritt mit einer durchschnittlichen Inzidenz von 7 - 10 % der Fälle auf [29]. Bezüglich der Geschlechtsverteilung findet sich ein Männer zu Frauenverhältnis von 1 : 2. [82]. Ein Grundproblem stellt das Fehlen von objektivierbaren Parametern dar, um die Diagnose untersucherunabhängig stellen zu können. Ein weiteres Problem ist die relativ lange Latenzzeit zwischen den ersten klinischen Symptomen und dem Auftreten der im Röntgenbild charakteristisch sichtbar werdenden fleckigen Demineralisierung. Diskutiert werden Mechanismen, die über eine Veränderung der afferenten Impulse zu einer Sympathikusdysregulation mit gestörter efferenter Aktivität führen. Hierbei zeigen sich signifikante Unterschiede in der Durchblutung der betroffenen Extremität in Abhängigkeit von dem Stadium der Erkrankung. Es ist lediglich bekannt, dass es ein durch ein Trauma ausgelöstes, abakterielles, entzündliches Syndrom ist. Dies hat eine Durchblutungsstörung aller Gewebe zur Folge [82].

### **3.4. Ausheilung in Fehlstellung / Spätfolgen**

Wenn nach distalen Radiusfrakturen durch Dorsalkippung und Sinterung der Fraktur eine signifikante Radiusverkürzung bestehen bleibt, kommt es zu einer Subluxationsstellung im Radioulnargelenk, wodurch ein ulnokarpales Impingementsyndrom entstehen kann. Hierdurch kommt es zu einer Mehrbelastung des ulnokarpalen Gelenkes, die im weiteren Verlauf zu einer posttraumatischen Osteoarthrose zwischen Ulnaköpfchen und den Handwurzelknochen führt. Fehlstellungen im distalen Radioulnargelenk, mit Verziehungen der Membrana interossea, bedingen eine schmerzhafte Instabilität bei Umwendbewegungen, und führen über Jahre zu Osteoarthrosen mit weiterem Funktionsverlust [4; 87].

Durch eine distale Radiusfraktur können auch die umgebenden Weichteile in Mitleidenschaft gezogen werden. Durch die gestörte Blutversorgung im Frakturgebiet kann es, bereits nach wenigen Wochen und bis zu 20 Jahren später, zu nekrosebedingten Rupturen der Sehne des Musculus extensor pollicis longus kommen (weniger als 1 %). Durch eine Plastik mit der Sehne des Musculus extensor indicis kann jedoch eine Restitutio ad integrum erreicht werden [51].

#### 4. Prinzip der winkelstabilen Osteosynthese

Das Prinzip der winkelstabilen Osteosynthese ist vom Fixateur externe bekannt. Dabei sind die im Knochen verankerten Schrauben so mit einem die Fraktur überbrückenden Kraftträger verbunden, dass sie ihren Einspannwinkel nicht verändern. Eine große Bedeutung hat die gute Reposition der Fragmente vor der Osteosynthese, da die steifen Implantate und die winkelstabilen Schrauben keine Korrektur mehr erlauben [9].

Winkelstabilität am Radius setzt eine stabile Verblockung der im distalen Kopffragment eingebrachten Schrauben oder Stifte nach dem Fixateur-interne-Prinzip voraus. Prinzipiell werden unidirektionale und multidirektionale Winkelstabilität unterschieden:

Unidirektionale Systeme sind dadurch gekennzeichnet, dass Schrauben oder Stifte in einer vorgegebenen Richtung, meist zwischen  $80^\circ$  und  $90^\circ$  zur Plattenebene, durch korrespondierende Gewinde an der Platte verriegelt werden. Bei unidirektionalen Systemen wird eine Zielbohrhülse in das Plattenloch aufgeschraubt, um die exakte Richtung vorzugeben.

Multidirektionale Systeme dagegen bieten die Möglichkeit die Schrauben in einem variablen Winkel zur Platte einzubringen. Das Verblockungsprinzip wird hierbei entweder durch Materialverformung oder durch ein spezielles Verblockungsprinzip des Schraubenkopfes in der Platte realisiert. Für multidirektionale Systeme steht eine Bohrhülse zur Verfügung, die im Plattenloch aufgesetzt und dann entsprechend der Variabilität, die zwischen  $10^\circ$  –  $15^\circ$  beträgt, in allen Ebenen zur Senkrechten gekippt werden kann [77; 80].

Durch die winkelstabile Verankerung der Schrauben oder Bolzen ist ein Übertreten der dorsalen Kortikalis durch die Schraubenspitzen nicht mehr erforderlich, was die Gefahr einer operationsbedingten Schädigung der Strecksehnen ausschließt [52]. Durch die unmittelbar subchondrale Lage der Schrauben oder Bolzen wird auch im osteoporotischen Knochen eine hohe Primärstabilität erreicht [80].

Weiterhin vermeiden winkelstabile Osteosynthesen ein Anpressen des Implantates an den Knochen und beeinträchtigen die Vaskularität im Knochenheilungsgebiet in geringerem Maß als konventionelle Plattenosteosynthesen. Durch den kurzen Abstand zwischen Platte und Knochen mit geringer freier Länge der Schrauben entstehen nur sehr geringe interfragmentäre Bewegungen, die in einer Größenordnung liegen, die eine Kallusbildung stimulieren und die Knochenheilung begünstigen [13; 14].

## 5. Defektauffüllung

Die autogene Knochentransplantation gilt immer noch als „golden standard“ für die Auffüllung von traumatischen Knochendefekten. [37]. Als Knochenspender dient in der Regel der vordere oder hintere Beckenkamm. Diese Beckenkammspongiosa besitzt die höchste osteogene Potenz aller Spenderregionen des menschlichen Körpers [66].

Durch die Verwendung autogenen Knochens zur Rekonstruktion der Radiusmetaphyse durch stabile Defektauffüllung mit einem kortikospongiosen Span konnten die anatomischen und funktionellen Ergebnisse verbessert werden. Der guten biologischen Eigenschaft autogenen Knochen stehen mögliche Komplikationen an der Entnahmestelle sowie eine Verlängerung der Operations- und Narkosezeit gegenüber. Das Verfahren ist beim betagten Patienten aufwändig und die Hebedefektmorbidität bei der Entnahme des Beckenkammspanes nicht zu unterschätzen [38].

Auch ist die Gewinnung von Spongiosa in ausreichender Menge gerade bei älteren Patienten nicht immer möglich [37].

Als Alternative zur autogenen Knochentransplantation kommen Knochenersatzmaterialien in Frage. Wir verwendeten in unserer Klinik zunächst Pyrost und später Biobon, das ab 1998 zum Einsatz kam.

Pyrost ist xenogenes keramisiertes Knochenersatzmaterial mit osteokonduktiver und osteostimulativer Wirkung, das sich als Knochenersatz in kleineren Knochendefekten und als sinnvolle Ergänzung zur autogenen Knochentransplantation in großen Defekten bewährt hat [43].

Osteokonduktiv bedeutet, das Mineralgerüst wirkt als Leitschiene für neu gebildeten und einwachsenden Knochen. Aufgrund der transplantierten Proteine (BMP, TGF- $\beta$  etc.) wirken beide Substanzen auch osteoinduktiv, das heißt fördern die lokale Osteogenese.

Biobon ist ein resorbierbarer Kalziumphosphatzement, der in flüssiger Form in den Defekt eingebracht werden kann. Diese synthetische Kalziumphosphatverbindung ist durch die chemische Zusammensetzung und die Kristallstruktur der niedrig kristallinen Apatitstruktur dem menschlichen Knochen sehr ähnlich und in Teilen biologisch abbaubar [37].

### III. MATERIAL und METHODIK

#### III.1. Gruppeneinteilung

In der vorliegenden Arbeit wurden 443 Radiusfrakturen, die im Marienhausklinikum im Kreis Ahrweiler im Krankenhaus Maria Hilf Bad Neuenahr - Ahrweiler, Abteilung Allgemein- und Unfallchirurgie (Ärztlicher Direktor Prof. Dr. med. D. Hofmann), in den Jahren 1997 - 2003 behandelt wurden, retrospektiv analysiert und in die folgenden Gruppen, die dann nachuntersucht wurden, eingeteilt.

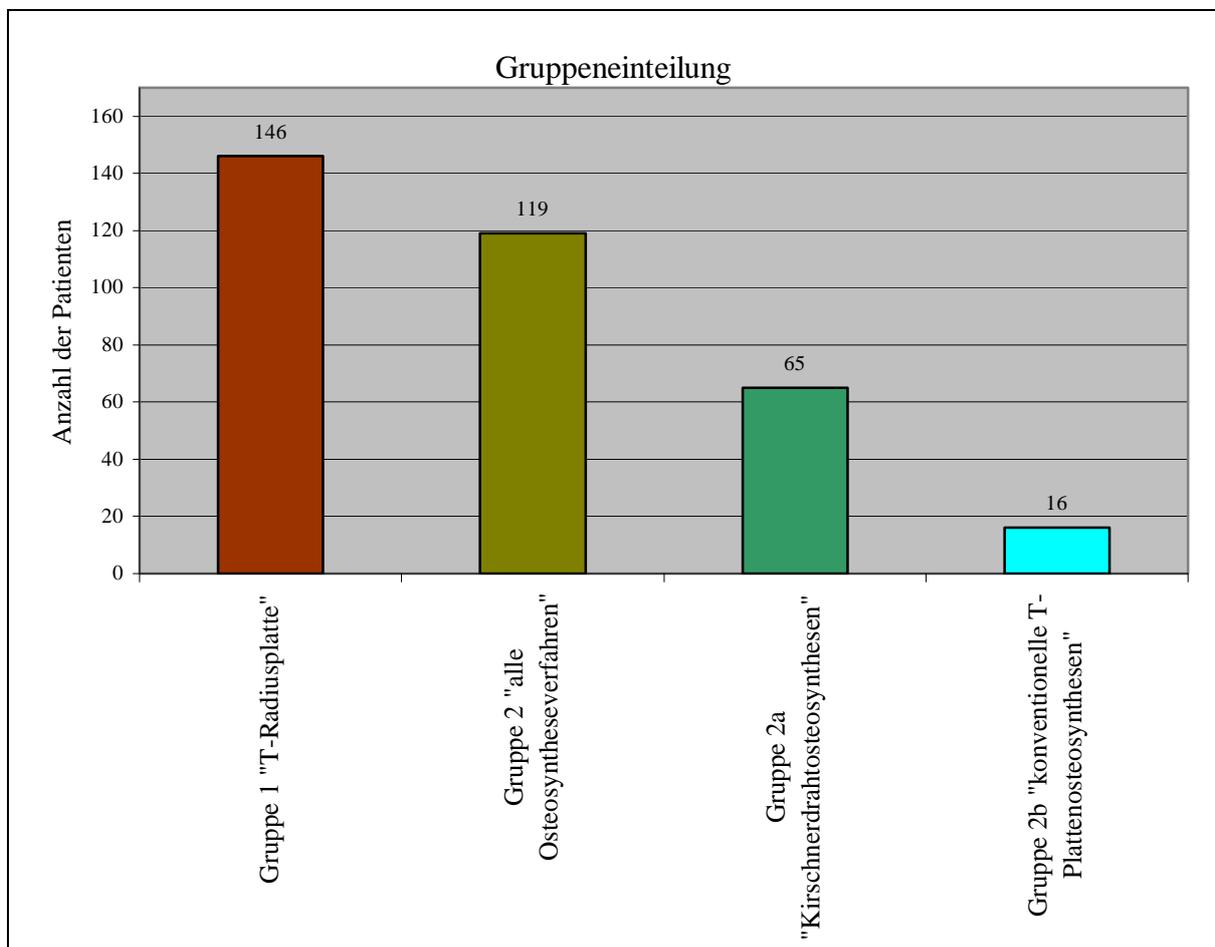


Abb. 2 Gruppeneinteilung

#### Gruppe 1

In der Zeit zwischen 2001 und 2003 wurden 146 Patienten nach offener Reposition einer distalen Radiusfraktur mit einer palmaren winkelstabilen T-Radiusplatten-Osteosynthese (distale T-Radiusplatte 2,4 / 2,7 mm Titan) versorgt.

## **Gruppe 2**

Der Gruppe 1 wurde die Gruppe 2 gegenübergestellt, in die 119 Patienten aus den Jahren 1997 – 2000 aufgenommen wurden. Diese Patienten waren mit den bis dahin durchgeführten Operationsverfahren (Kirschnerdrahtosteosynthese, Fixateur externe, Plattenosteosynthese von dorsal / palmar, kombinierte Verfahren) versorgt worden. Um diese Gruppen mit der Gruppe 1 vergleichen zu können, wurde eine Unterteilung der Gruppe 2 in Gruppe 2a (ausschließliche Kirschnerdrahtosteosynthesen) und in die Gruppe 2b (nicht winkelstabile Plattenosteosynthesen) vorgenommen.

Die Operationen wurden durch 14 Operateure unterschiedlichen Ausbildungsstandes durchgeführt.

## **Konservative Therapie**

Die Indikation zur konservativen Behandlung der distalen Radiusfraktur bei Erwachsenen wurde bei stabilen extraartikulären Frakturen, vor allem Typ A2 nach AO und bei Vorliegen von Kontraindikationen zur Operation gestellt. Sie finden in dieser Untersuchung ebenso keine Berücksichtigung wie die Frakturen, die in Bruchspaltanästhesie oder Kurznarkose reponiert und anschließend im Gipsverband ruhig gestellt wurden (135 Patienten).

## **Kindliche Frakturen**

In die Nachuntersuchung wurden kindliche Radius- und Unterarmfrakturen (43 Patienten), die überwiegend konservativ behandelt wurden, nicht aufgenommen.

## 2. Implantate und Operationsverfahren

### 2.1. Winkelstabile distale T-Radiusplatte

Als erstes winkelstabile Implantat für den palmaren Zugang stand in unserer Klinik seit 1997 die 2,4 / 2,7 mm T-Radiusplatte zur Verfügung. Die distale T-Radiusplatte hat eine schräge T-Form und ist in Anpassung an die Wölbung der Palmarseite des distalen Radius bereits vom Hersteller mit einer entsprechenden Biegung versehen. Die AP-Biegung von 20° passt auf die volare Oberfläche des distalen Radius. Der 18° - Winkel des distalen Plattenarmes sorgt für anatomische Anpassung an die radiale Neigung. Die aus Titan verfügbare Platte kann durch individuelles Zuschneiden der Frakturversorgung angepasst werden. Der quere distale Schenkel ist mit Gewindelöchern ausgestattet, in denen 1,8 mm Abstützstifte verriegelt werden. Der glatte Schaft der Abstützstifte kann leicht in den Knochen eingebracht werden, ohne dabei die Fragmente zu verschieben. Der 10° - Winkel der Gewindelöcher erlaubt ein weit distales Positionieren der Platte. Alternativ dazu können 2,4 mm selbstschneidende Schrauben eingebracht werden, die nicht winkelstabil sind.

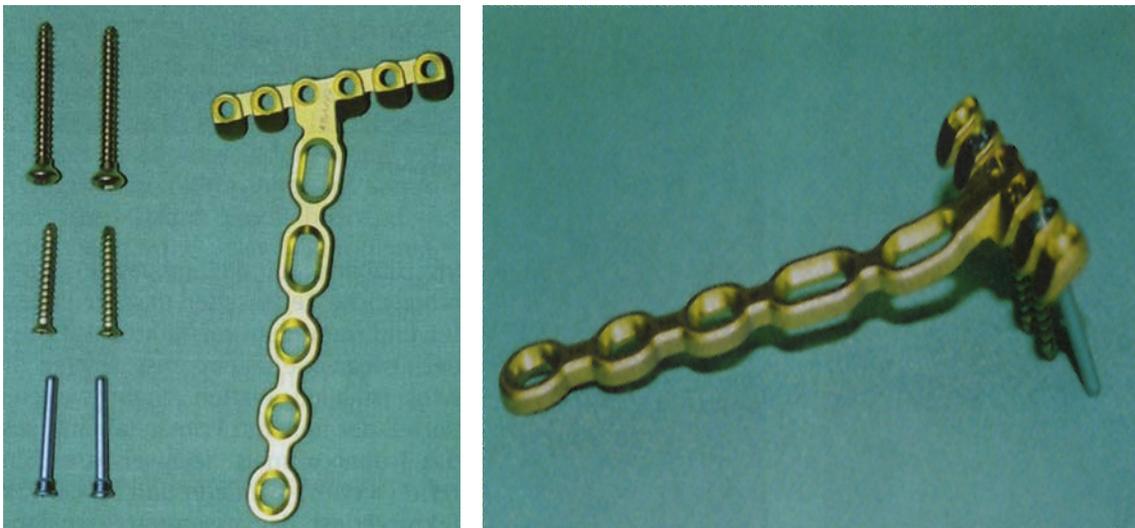


Abb. 3 Distale T-Radiusplatte 2,4 / 2,7 mm Titan

Die Anzahl der Stifte oder Schrauben kann je nach Bedarf variiert werden. Am proximalen Schaft sind 2 verlängerte und 3 normale DCU-Gleitlöcher (Dynamische Kompressionseinheit) vorhanden, die die korrekte Platzierung und Fixierung der Platte mit 2,7 mm selbstschneidenden Kortikalisschrauben ermöglichen [39].

Nachfolgend wurde ein distales Radiusystem mit 2,4 mm Kopfverriegelungsschrauben distal und wahlweise 2,4 oder 2,7 mm Schrauben im Schaft eingeführt. Diese kleineren Implantate können dem Radius besser angepasst werden. Auch hier wurde die Winkelstabilität durch die Kopfverriegelung mit Gewinden am Schraubenkopf und der Platte realisiert.

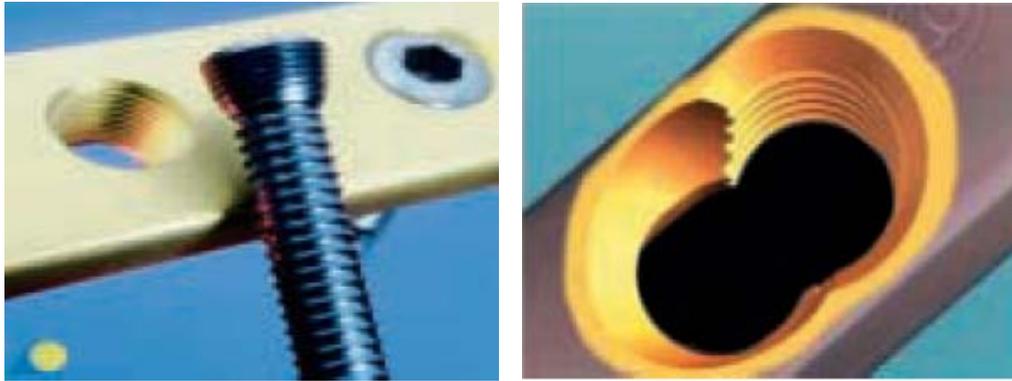


Abb. 4 Winkelstabile Schrauben und Plattenlöcher

(Abbildungen 3 und 4 mit freundlicher Genehmigung der Firma Synthes)

### 2.1.1. Operationsmethode

Die Osteosynthese erfolgt in der Regel zum frühestmöglichen Zeitpunkt und wird in pneumatischer Blutleere durchgeführt. Der radio-palmare Zugang zum distalen Radius erfolgt radial der Sehne des Musculus flexor carpi radialis. Nach Präparation durch die Fascia antebrachii werden durch Weghalten nach ulnar die Arteria radialis, die Finger-Beugesehnen und der Nervus medianus in aller Regel sicher geschont. Der Musculus pronator quadratus wird quer zur Faserrichtung im Bereich seines radialen Ansatzes durchtrennt. Die Beugeseite des distalen Radius stellt sich nun konkav geformt dar. Nach Darstellen der Fraktur und Säuberung des Frakturspaltes erfolgt die Reposition durch direkte Reposition der meist nur einfach frakturierten palmaren Kortikalis unter Wiederherstellung der möglichst exakten Anatomie der Epi- und Metaphysenzone mit nachfolgender Retention durch Auflage der Platte und Fixierung durch die winkelstabilen Plattenschrauben. Gegebenenfalls ist eine temporäre Kirschnerdrahtfixierung bei der Reposition hilfreich. Zunächst wird die Platte proximal in der Mitte eines Gleitloches fixiert, so dass sie je nach Befund unter Bildwandlerkontrolle noch verschoben werden kann. Die Platte sollte distal so vor dem Gelenkspalt platziert werden, dass der Bohrer und anschließend die Stifte oder Schrauben exakt subchondral und extraartikulär zu liegen kommen. Gebohrt wird über eine spezielle

Zielbohrbüchse, die in die Plattenlöcher eingeschraubt wird, so dass die Schrauben und Stifte im richtigen Winkel eingebracht werden können.

Eine andere Möglichkeit ergibt sich durch die exakte Reposition der Epiphyse des distalen Radius und die winkelstabile Montage der angepassten Platte an das epiphysäre Fragment und Reposition der Fraktur durch Befestigen der Platte am meta- und diaphysären Fragment unter Ausnutzung des vorher festgelegten Plattenschaft-Winkels [52].

Bei hochgradigen Instabilitäten kann die Anwendung einer oder mehrerer parallel zur palmaren Fläche des distalen Radius eingebrachten Zugschrauben oder Kirschnerdrähte notwendig sein.



Abb. 5 Distale Radiusfraktur: Unfallbild – post operatives Röntgenbild - Ausheilungsbild mit winkelstabiler distaler T-Radiusplatten-Osteosynthese

## **2.2. Kirschnerdrahtosteosynthese**

Die Kirschnerdrahtosteosynthese wurde erstmals durch Lambotte (1908) beschrieben und durch Kapandji (1976) modifiziert [26]. Mit ihr werden instabile distale Monoblock-Frakturen mit Dislokation nach dorsal und ohne wesentliche Gelenkbeteiligung versorgt [44]. Es werden dabei überwiegend Kirschnerdrähte 1,6 mm / 2,0 mm aus Stahl benutzt (Ausnahme: bekannte Nickelallergie, dann Einsatz von Titandrähten).

### **2.2.1. Operationsmethode**

Unter Bildwandlerkontrolle wird die gewünschte Lage der Kirschnerdrähte auf die Haut des Handrückens eingezeichnet. Der Processus styloideus radii, der im geschwollenen Frakturbereich oft schlecht zu tasten ist, kann durch Einstechen einer Injektionsnadel in das Radiokarpalgelenk markiert werden. Als sichere Zone im Hinblick auf eine mögliche Nervenverletzung gilt die perkutane Fixierung über die Tabatière [88].

Wegen der Gefahr der Verletzung des Ramus superficialis des Nervus radialis empfehlen daher einige Autoren die offene Bohrdrahtosteosynthese. Der Processus styloideus radii wird durch eine 1 cm lange Längsinzision an der Basis der Tabatière, parallel zum Hautast des Nervus radialis, freigelegt. Der Ramus superficialis wird angeschlungen, die Stabilisierung der Fraktur erfolgt dann entsprechend dem geschlossenen Verfahren [50].

Zwei bis drei versetzte Kirschnerdrähte von 1,6 bis 2 mm Durchmesser werden vom Processus styloideus aus nach proximal ulnar eingebohrt. Der Winkel zur Speichenlängsachse beträgt 30 bis 45°. Die Drähte sollen sich in beiden Ebenen überkreuzen und in der Gegenkortikalis fest verankert sein. Durch diese Verstrebung kann ein erneutes Zusammensintern bei metaphysärem Defekt vermieden werden. Zusätzlich kann ein Kirschnerdraht von proximal radial nach distal ulnar ebenfalls als überkreuzender Draht eingebracht werden, so dass die Fraktur wie auf ausgebreiteten Händen ruht. In experimentellen Untersuchungen hat sich diese Form der Stabilisierung als die biomechanisch beste bewährt. Dünnere Kirschnerdrähte als 1,6 mm sind biomechanisch instabil. 2,0 mm Kirschnerdrähte führen zu einer verbesserten Rotationsstabilität. Die Biegefestigkeit weist bei 2,0 mm K-Drähten keine Verbesserung gegenüber den 1,6 mm Kirschnerdrähten auf [48].

Bei einer Gelenkfraktur wird zuerst ein zum Gelenk paralleler Draht eingeführt oder aber das ulnare Fragment von dorsolateral her mit einem weiteren Kirschnerdraht stabilisiert. Seine Aufgabe besteht in der Retention des reponierten Radioulnargelenkes.

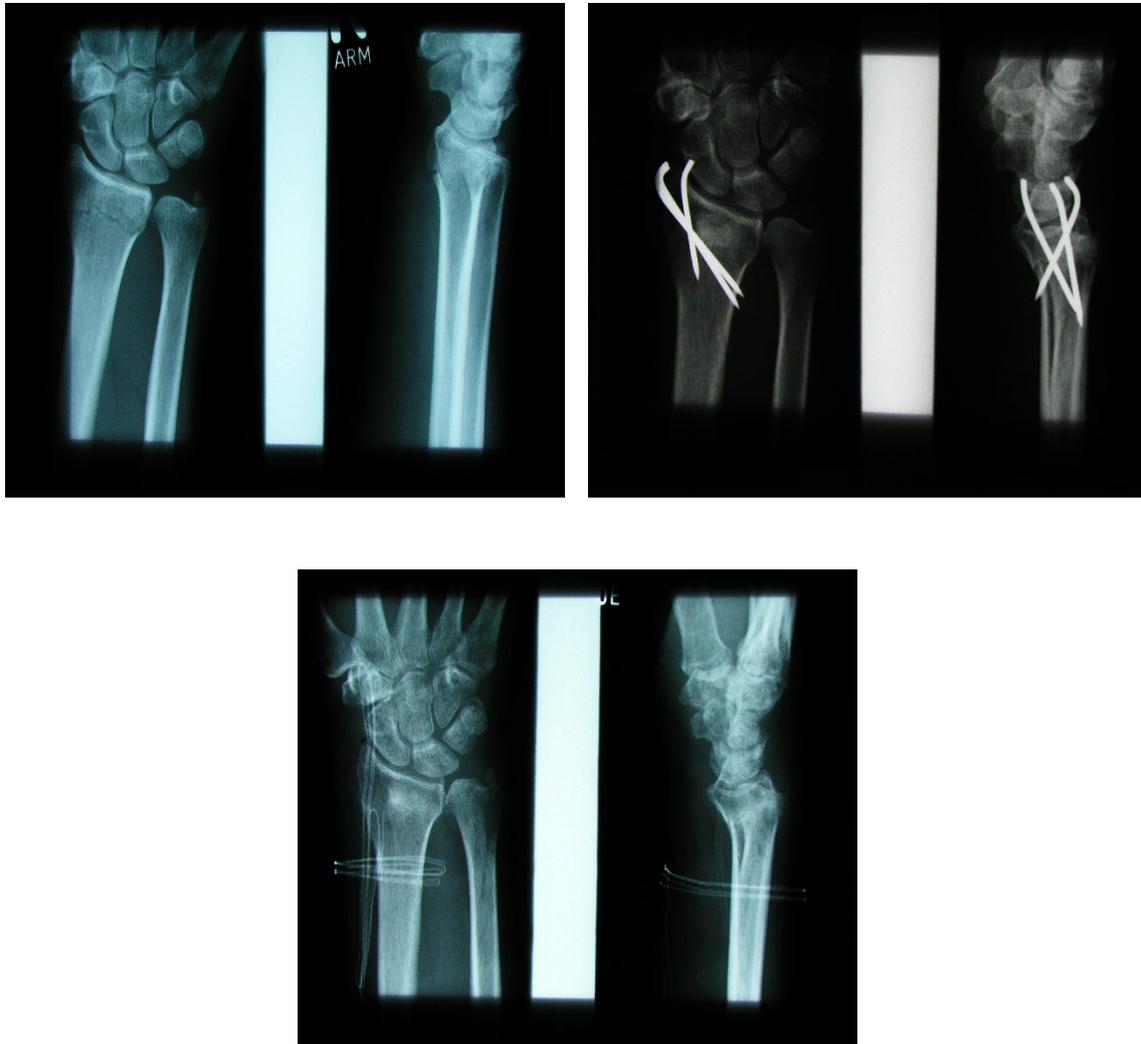


Abb. 6 Kirschnerdrahtosteosynthese (Stahl) mit Pyrost-Unterfütterung:  
Präoperativ – postoperativ – Ausheilungsbild nach Metallentfernung

Diese Methode wurde 1976 von Kapandji modifiziert. Hierbei werden zwei dorsale und ein lateraler Kirschner-Draht zunächst senkrecht in den Frakturspalt eingebracht, um dann mit einer Neigung von  $45^\circ$  nach distal in der proximalen Gegenkortikalis verankert zu werden. Durch die Anhebung der Drähte auf  $45^\circ$  wird die Reposition des distalen Fragmentes durchgeführt. Die infraokale Spickung bietet, durch die kippachsennahe Lage der Drähte den besten Rückhalt gegen eine sekundäre Dislokation [3].

Die Kirschnerdrahtosteosynthese ist aber auch ein Verfahren, das bei schwierigen Weichteilverhältnissen oder in Kombination mit anderen Verfahren (z.B. Fixateur externe) Anwendung findet.

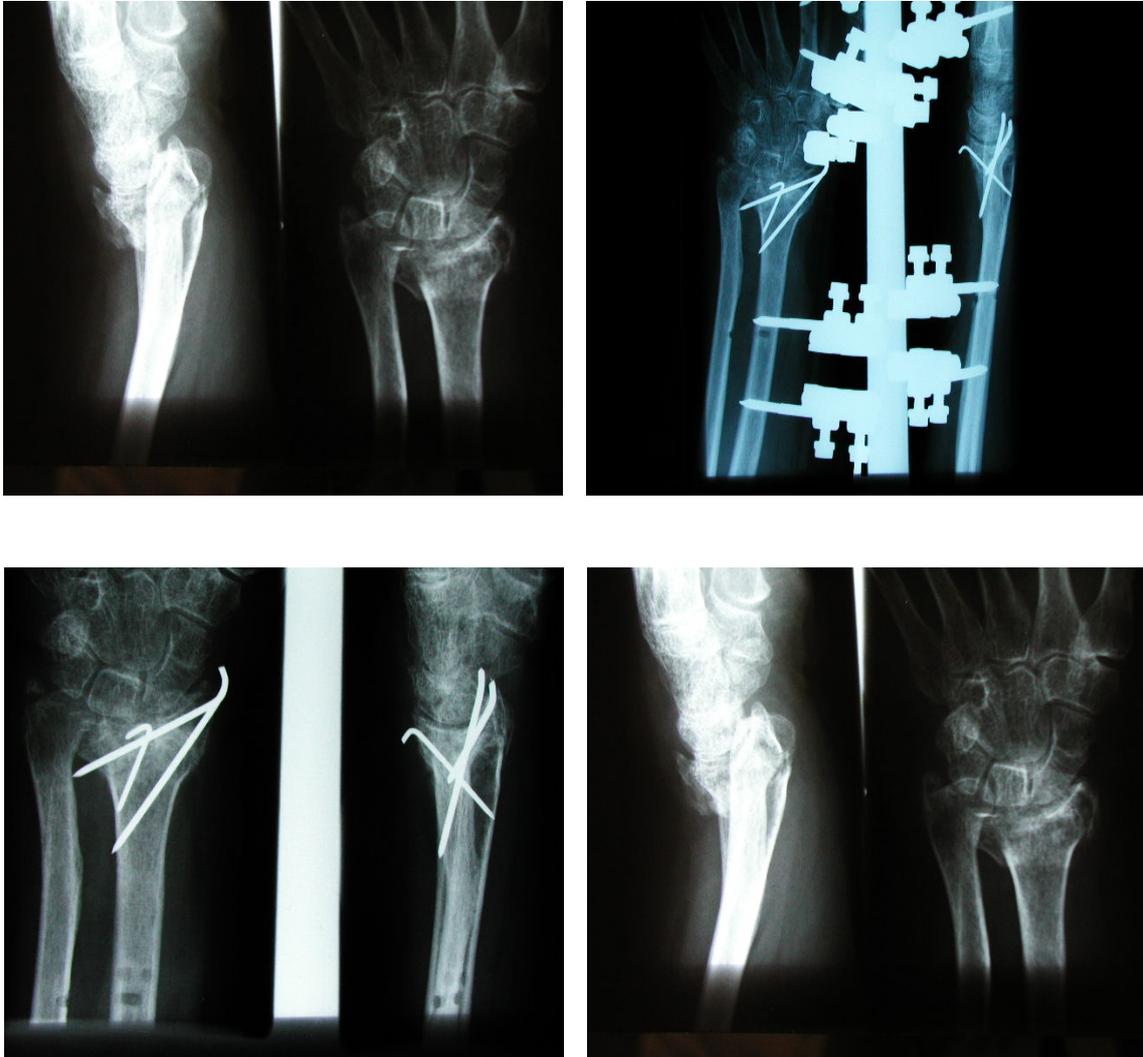


Abb. 7 Kombiniertes Verfahren Kirschnerdrahtosteosynthese (Stahl) und Fixateur externe (unilateraler Klammerfixateur (AO-Rohrfixateur)): Präoperativ – postoperativ – Ausheilungsbild nach Metallentfernung

### 2.3. Fixateur-externe-Osteosynthese

Die Indikation zur Fixateur-externe-Osteosynthese besteht bei offenen Frakturen 3. Grades, offenen Frakturen 2. Grades, die jenseits der 6 - 8 Stundengrenze zur Aufnahme kommen, bei infizierten Frakturen und bei Frakturen mit ausgedehnten Trümmerzonen oder auch in Kombination mit den genannten anderen Verfahren [84].

#### 2.3.1 Operationsmethode

Die Schanz'schen Schrauben werden über Stichinzisionen im Bereich des Radius und Os metacarpale II platziert. Im Bereich des Metacarpale soll ein Pin basisnah und ein Pin distal eingebracht werden. Am Radius werden die Schanz'schen Schrauben proximal der Fraktur eingebracht. Um nicht die Strecksehnen zu verletzen und zur Schonung des Ramus superficialis des Nervus radialis wird auch ein offenes Vorgehen zur Platzierung der Schanz'schen Schrauben empfohlen. Die Schanz'schen Schrauben sollen beide Kortikales fassen. Sie werden in einem Winkel von  $45^\circ$  in der Horizontal- und Vertikalebene eingebracht, ohne dass sich die Spitzen berühren. Damit verlängert sich der Durchgangsweg am Knochen und die Fixation wird stabiler [22].

Dann wird das Verbindungsrohr mit den vier Kupplungsbacken angebracht, die Fraktur reponiert und die Backen festgezogen. Die freien Kupplungsbacken dienen als Zielgerät für die beiden verbliebenen Pins, von denen je einer im Os metacarpale II und einer im Radius verankert wird, so dass sich ein Winkel zum korrespondierenden Pin von  $60^\circ$  ergibt [2].

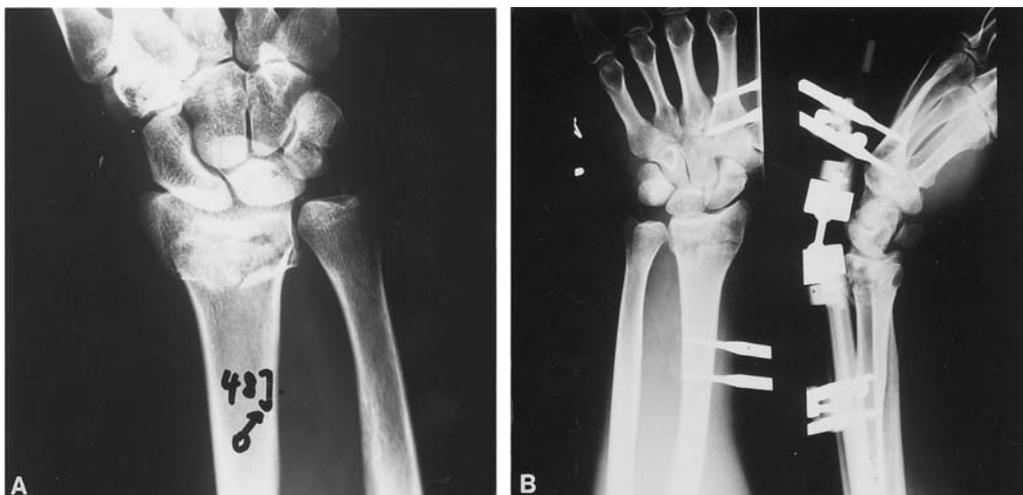


Abb. 8a Fixateur-externe-Osteosynthese (unilateraler AO-Rohrfixateur):  
Präoperativ - postoperativ



Abb. 8b Fixateur-externe-Osteosynthese (unilateraler AO-Rohrfixateur):  
Ausheilungsbild nach Metallentfernung

## 2.4. Palmare und dorsale nicht winkelstabile Plattenosteosynthese

Bei der Plattenosteosynthese wurde die Indikation zu dorsalem oder palmarem Zugang abhängig vom Frakturtyp gestellt. Die instabilen Flexionsfrakturen (Smith, Reversed-Barton) wurden über einen palmaren Zugang mit einer Abstützplatte versorgt, während die Extensionsfrakturen mit einer 3,5-mm-T-Platte von dorsal abgestützt wurden [70].

### 2.4.1. Operationsmethode

Der dorsale Zugang ist gerade oder leicht s-förmig in der Mitte des distalen Radius gelegen. Eingehen zwischen dem 3. und 4. Strecksehnenfach. Das 4. Strecksehnenfach kann subperiostal abgeschoben werden, um die Unterfläche des Kompartments nicht zu verletzen. Dadurch wird eine Irritation der Strecksehnen über der Platte vermindert. Die Extensor pollicis longus - Sehne wird mobilisiert und verbleibt beim Wundverschluß oberhalb des Retinakulums, um eine Verletzung der Sehne durch Ischämie oder direkten Kontakt mit dem Implantat zu vermeiden. Die Gelenkkapsel kann über eine Längsarthrotomie zur besseren Übersicht der radialen Gelenkfläche des Karpus eröffnet werden. Die dorsal applizierte Platte fungiert als Abstützplatte. Es erfolgt zunächst die Reposition und Fixierung des Processus styloideus radii - Fragmentes mit einem Kirschnerdraht. Die anatomische Reposition kann metaphysär überprüft werden. Die dorsale Randfraktur wird anschließend gegen Skaphoid und Lunatum reponiert und die dorsale Subluxation des Karpus korrigiert. Die intraartikuläre

Kongruenz wird über eine dorsale Querarthrotomie oder mit Bildwandler überprüft. Die Gelenkfragmente können gegen das volare Fragment des Radius fixiert werden [50, 79].

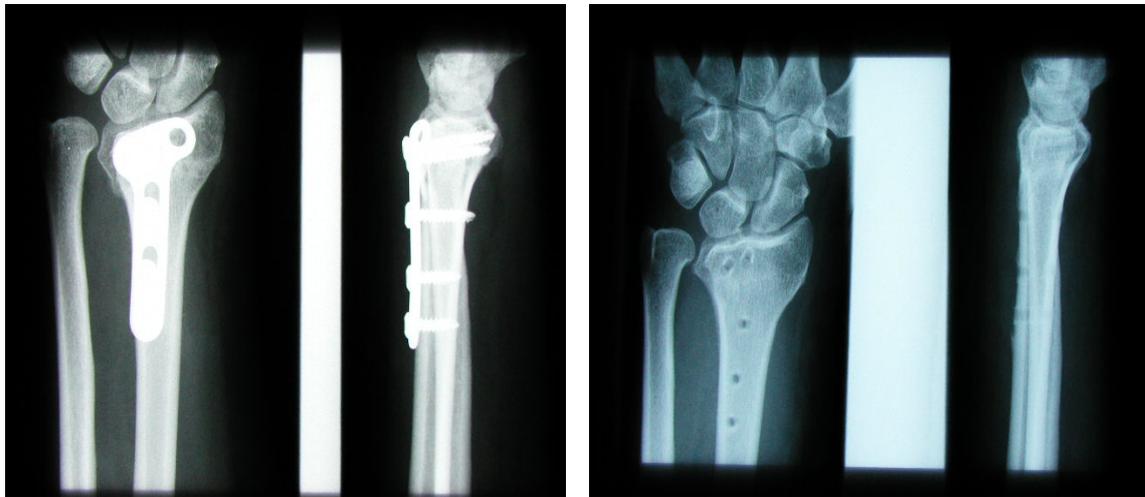


Abb. 9 Dorsale nicht winkelstabile Plattenosteosynthese:  
Postoperativ – Ausheilungsbild nach Metallentfernung

Der palmare Zugang zum distalen Radius wurde unter 2.1.1. beschrieben. Im Abbildungsbeispiel wurden noch zwei Kirschnerdrähte zur zusätzlichen Abstützung neben der nicht winkelstabilen palmaren Abstützplatte eingebracht.



Abb. 10 Palmare nicht winkelstabile Plattenosteosynthese:  
Postoperativ – Ausheilungsbild nach Metallentfernung

### 3. Nachuntersuchung

Die Nachuntersuchung der Patienten erfolgte innerhalb eines Zeitraumes von 3 Monaten bis 3 Jahre postoperativ und wurde in folgende Bereiche unterteilt:

#### 3.1. Allgemeine Datenerfassung

Die zur Auswertung relevanten Daten der Patienten wurden durch Befragung und Untersuchung der Patienten, sowie Akteneinsicht und Beurteilung der Röntgenbilder durch einen einzigen Untersucher gewonnen. Dabei wurden Geschlecht, Alter, ASA - Klassifikation, Frakturtyp nach AO - Klassifikation, präoperative Reposition, Operationszeitpunkt, Operationsdauer, Art der Anästhesie, Verweildauer im Krankenhaus, postoperative Ruhigstellung, Stabilität der Osteosynthese und intra- und postoperative Komplikationen erfasst.

Die erhaltenen Daten wurden in einen selbstentwickelten Erfassungsbogen und eine Access - Datenbank eingetragen und mit dem Programm Excel und SPSS für Windows Version 15.0 ausgewertet.

#### 3.2. Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung des Bewegungsumfanges im Handgelenk wurde nach der Neutral-0-Methode durchgeführt.

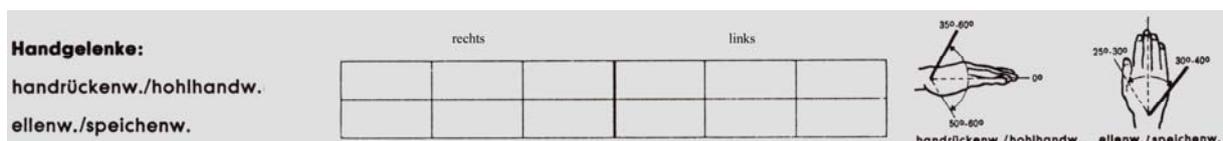


Abb. 11 Messblatt obere Gliedmaßen Neutral-0-Methode

#### 3.3. Radiologische Auswertung

Die Grundlage der bildgebenden Diagnostik waren die Standardröntgenaufnahmen mit Beurteilung der physiologischen Radiusschaft-Gelenk-Winkel, dem radio-ulnaren und dem dorso-palmaren Winkel nach Böhler. Der Radiusbasiswinkel (Ulnarinklination) wird gebildet durch eine Gerade, die die Begrenzungspunkte des Processus styloideus und der

Radiusgelenkfläche ulnarseitig verbindet, gemessen zur Senkrechten zur Radiuschaftlängsachse. Dieser Winkel beträgt normalerweise  $25^\circ$  bis  $30^\circ$ . Der Palmarwinkel (Palmarinklination) wird im seitlichen Strahlengang gebildet durch die Verbindung der dorsalen und palmaren Begrenzungspunkte der Radiusgelenkfläche und deren Winkel zur Radiuschaftlängsachse. Dieser Winkel beträgt  $11^\circ$  bis  $12^\circ$  [5].

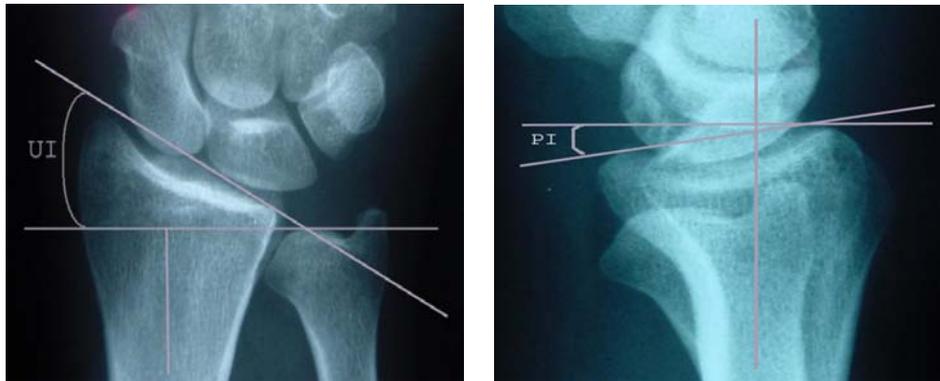


Abb. 12 Radiologische Auswertung der radiokarpalen Gelenkwinkel:  
Ulnarinklination (UI n:  $25^\circ$  -  $30^\circ$ ), Palmarinklination (PI n:  $10^\circ$  -  $12^\circ$ )

Weiterhin von Interesse waren eine Kalksalzminderung, eine Stufenbildung der radiokarpalen Gelenkfläche und eine Pseudarthrosenbildung des Processus styloideus ulnae. Die Einordnung der entsprechenden Ergebnisse geschah anhand des Scores nach Naumann [47]. Im Bewertungsschema nach Naumann entspricht die Summe von 0 - 2 Punkten einem sehr guten, 3 - 7 Punkte einem guten, 8 - 15 Punkte einem befriedigenden und  $> 16$  Punkten einem schlechten radiologischen Ausheilungsergebnis. Zum Tragen kommen dabei die in der folgenden Tabelle aufgeführten Kriterien:

Pseudarthrose Processus styloideus ulnae		1
Dorsalabkippung	$< 10^\circ$	1
Dorsalabkippung	$10^\circ - 20^\circ$	2
Dorsalabkippung	$> 20^\circ$	3
Radialabweichung	$< 10^\circ$	2
Radialabweichung	$10^\circ - 20^\circ$	3
Radialabweichung	$> 20^\circ$	4
Gelenkstufe	$< 1$ mm	1
Gelenkstufe	$< 2$ mm	2
Gelenkstufe	$< 4$ mm	4
Gelenkstufe	$> 4$ mm	5
Dystrophe Kalksalzminderung		1
Ulnarvorschub	$< 2$ mm	1
Ulnarvorschub	$< 4$ mm	2
Ulnarvorschub	$< 6$ mm	3
Ulnarvorschub	$> 6$ mm	4

Tab. 1 Bewertungsschema nach Naumann

### 3.4. Traumascores

Als Instrumente zur Beurteilung und zum Vergleich der Behandlungsergebnisse bei Verletzungen der oberen Extremität stehen verschiedene Scores zur Verfügung. In der hier vorliegenden Untersuchung wurden die in den Leitlinien der Gesellschaft für Unfallchirurgie bei Radiusfrakturen empfohlenen Traumascores DASH und Solgaard angewendet [76].

#### 3.4.1. DASH - Score

In den letzten Jahren hat sich die Beurteilung einer Behandlungsmethode weg von ausschließlich funktionell anatomischen Kriterien hin zur Erfassung der Änderung der Lebensqualität des Patienten entwickelt. Die dabei angewendeten Scores erfassen nicht nur diagnosespezifische Daten sondern auch Daten hinsichtlich der Wiedererlangung von Routineaktivitäten des täglichen Lebens. Im angloamerikanischen Sprachraum existiert bereits eine Reihe solcher diagnoseübergreifender Messinstrumente.

Von der „American Academy of Orthopedic Surgeons“ (AAOS) wurde gemeinsam mit dem „Institute for Work and Health“ und dem „Council of Musculoskeletal Speciality Societies“ (COMSS) der DASH - Score (**D**isability of **A**rm, **S**houlder, **H**and) entwickelt, der seit 1997 in deutscher Übersetzung vorliegt und 1999 veröffentlicht wurde [20; 78].

Es handelt sich dabei um einen „self report“ Fragebogen, in dem der Patient Fragen zu seinem derzeitigen Zustand beantwortet, die die Globalfunktion der oberen Extremität erfassen.

Zur Berechnung des DASH - Punktwertes wird von der erreichten Gesamtpunktzahl der Minimalscore von 30 subtrahiert und anschließend durch den Score Range dividiert. Ein DASH - Punktwert von 0 entspricht einem Ergebnis mit optimaler Funktion ohne Behinderung. Ein DASH - Punktwert von 100 entspricht einer maximalen Behinderung.

$$\text{DASH Punktwert} = \frac{\text{Gesamtpunktzahl} - 30 \text{ (Minimalpunktzahl)}}{1,20 \text{ (Bandbreite)}}$$

### 3.4.2. Solgaard - Score

Zusätzlich erfolgte die Auswertung nach dem Solgaard - Score. Dieser Score schließt neben den subjektiven Beschwerden die Bereiche Deformität / Achsabweichung, Bewegungsausmaß des Handgelenkes, Kraft und Komplikationen ein [72].

Deformität (max. 6)	Prominenz des Processus styloideus ulnae	1
	Radialabweichung	1-2
	Fourchette - Stellung	1-3
Bewegungsausmaß (max. 6)	Bewegungseinschränkung < 20 %	0
	Bewegungseinschränkung < 50%	2
	Bewegungseinschränkung > 50%	4
	Gelenksteife	6
Subjektive Einschätzung (max. 6)	Schmerzfreiheit, keine Bewegungseinschränkung	0
	Geringer Schmerz, geringe Bewegungseinschränkung	2
	Gelegentlicher Schmerz, größere Bewegungseinschränkung, Kraftminderung	4
	Dauerschmerz, ausgeprägte Bewegungseinschränkung, Einschränkung der Aktivität	6
Grobe Kraft (max. 6)	Normal (innerhalb $\pm$ SD)	0
	Innerhalb 2 SD - 4 SD	2
	Innerhalb 4 SD - 6 SD	4
	Kleiner als 6 SD	6
Komplikationen (max. 15)	Keine oder minimale	0
	Leichte Krepitation	1-2
	Schwere Krepitation	3-4
	Kompression des Nervus medianus	1-3
	Finger – Hohlhand - Abstand 1 cm	3
	Finger – Hohlhand - Abstand > 2 cm	5
	Schmerzen im distalen Radioulnargelenk	1-3
Ergebnisse	0 - 2	sehr gut
	3 - 7	gut
	8 - 18	befriedigend
	19 - 39	ausreichend

Tab. 2 Solgaard - Score

## IV. ERGEBNISSE

### 1. Gruppe 1 (palmare winkelstabile T - Radiusplatte, 146 Patienten)

Die Nachuntersuchung dieser Patientengruppe erfolgte im Durchschnitt 11,5 Monate postoperativ (minimal 3 Monate bis maximal 2 Jahre postoperativ).

#### 1.1. Allgemeine Daten

Das im weiteren Verlauf Gruppe 1 genannte Patientenkollektiv umfasste 146 Patienten, deren Durchschnittsalter 65,3 Jahre betrug, der älteste Patient war 93 Jahre alt, der jüngste 20 Jahre. Das weibliche Geschlecht war mit 125 Patienten (darunter 105 Monoverletzungen), das männliche Geschlecht mit 21 Patienten (20 Monoverletzungen) vertreten.

In der ASA - Klassifikation wurden 28 Patienten in ASA 1, 90 Patienten in ASA 2 und 28 Patienten in ASA 3 eingeteilt.

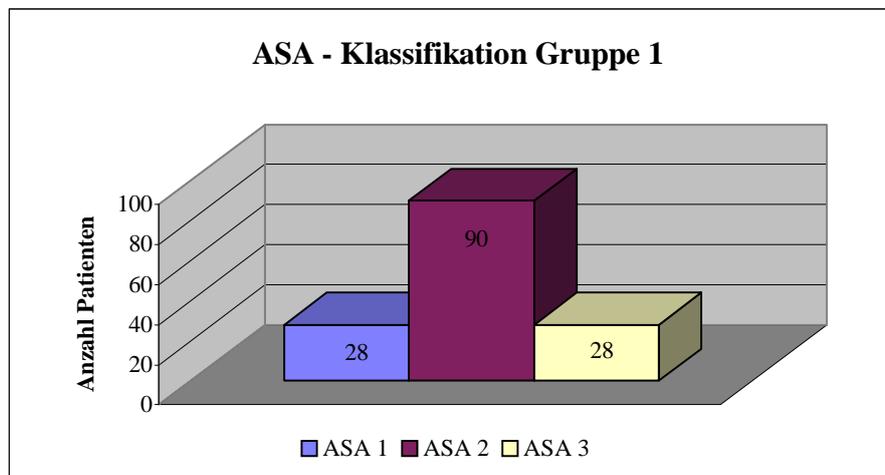


Abb. 13 ASA - Klassifikation Gruppe 1

Die Einordnung der Frakturen in die AO - Klassifikation nach Müller zeigte in den Frakturtypen A2: 4 Patienten (2,74 %), A3: 69 Patienten (47,26 %), B1: 8 Patienten (5,48 %), B3: 5 Patienten (3,42 %), C1: 30 Patienten (20,55 %), C2: 20 Patienten (13,7 %) und C3: 10 Patienten (6,84 %).

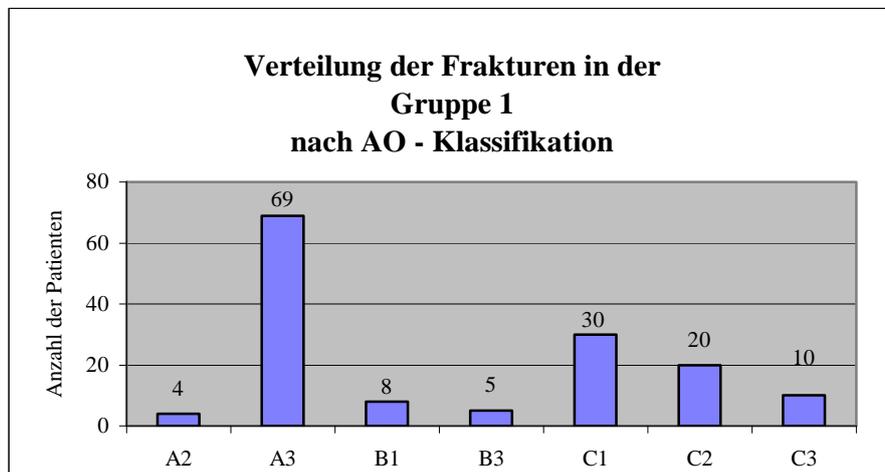


Abb. 14 Frakturverteilung nach AO - Klassifikation Gruppe 1

Eine präoperative geschlossene Reposition mit nachfolgender Gipsruhigstellung und operativer Versorgung der Fraktur nach Rückgang der Weichteilschwellung wurde bei 87 Patienten (59,59 %) durchgeführt. 59 Patienten (40,41 %) wurden einer primären operativen Therapie zugeführt.

Der durchschnittliche Operationszeitpunkt lag bei 3,6 Tagen nach Unfallereignis, mit einer Spannweite von 0 bis 14 Tagen. Die Operationsdauer betrug zwischen 26 und 200 Minuten (im Mittel 68,6 Minuten). Die Operationen wurden von insgesamt 14 Operateuren durchgeführt. 63 % der Patienten wurden durch Oberärzte, die übrigen 37 % der Operationen wurden durch Assistenten unter Aufsicht eines Oberarztes operiert.

Eine zusätzliche Spongiosaplastik wurde in diesem Patientengut nicht durchgeführt.

18 Operationen wurden in axillärer Plexusanästhesie, 14 Operationen mit einer vertikalen, infraklavikulären Plexus-brachialis-Blockade (VIP), 78 Operationen in Larynxmaskennarkose und 36 Operationen in allgemeiner Intubationsnarkose durchgeführt.

Die durchschnittliche Verweildauer im Krankenhaus betrug 10,6 Tage, mit einer Maximalkrankenhausverweildauer von 59 Tagen (polytraumatisierter Patient) und einer minimalen Liegezeit von 3 Tagen.

Postoperativ wurden alle Radiusfrakturen bis zur knöchernen Konsolidierung in einer dorsoradialen Unterarmgipsschiene ruhiggestellt.

Die Stabilität der Osteosynthesen wurde durch den jeweiligen Operateur (insgesamt 14 Operateure) beschrieben und in der folgenden Tabelle dargestellt.

Stabilität	Anzahl	Prozent
Belastungsstabil	2	1,37
Passiv übungstabil	20	13,70
Übungstabil	99	67,81
Nicht übungstabil	25	17,12

Tab. 3 Stabilität der Osteosynthesen in Gruppe 1

## 1.2. Komplikationen

Der postoperative Verlauf bis zur Nachuntersuchung war in 140 Fällen (95,89 %) völlig komplikationslos. Bei 6 Patienten (4,11 %) wurden Komplikationen beobachtet. Jeweils ein Patient (0,68 %) klagte über eine Nervenirritation im Sinne einer prä- und postoperativen Hypästhesie, eines Radialisastschadens bzw. einer Medianusirritation. Bei einem Patienten (0,68 %) kam es zu einer Wundheilungsstörung, die nach Wundrevision folgenlos ausheilte. Bei 2 Patienten (1,37 %) wurde eine Algodystrophie / CRPS festgestellt, die Patienten entsprechend einer intensiven krankengymnastischen und analgetischen Therapie zugeführt.

Komplikationen	Anzahl	Prozent
keine	140	95,89
Algodystrophie / CRPS	2	1,37
Medianusirritation	1	0,68
prä- & postoperative Hypästhesie	1	0,68
Radialisastschaden	1	0,68
Wundheilungsstörung	1	0,68
Komplikationen gesamt:	6	4,11

Tab. 4 Übersicht der Komplikationen in Gruppe 1

### 1.3. Klinische Untersuchung des Bewegungsumfanges im Handgelenk nach der Neutral-0-Methode

Folgende Bewegungsausmaße konnten bei der postoperativen Nachuntersuchung der Beweglichkeit im Handgelenk erhoben werden:

Extension	(n: 35° - 60°)	15° - 66°	Ø 42,0°
Flexion	(n: 50° - 60°)	20° - 61°	Ø 47,2°
Ulnar	(n: 25° - 30°)	10° - 38°	Ø 23,7°
Radial	(n: 30° - 40°)	05° - 40°	Ø 27,6°

### 1.4. Radiologische Parameter

#### 1.4.1. Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler

##### 1.4.1.1. Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler nach palmar (n: 10°)

Bei der Betrachtung der Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler im Vergleich von präoperativem zu postoperativem Winkel war die folgende Verteilung erkennbar:

Im Mittel stellte sich präoperativ ein palmarer Winkel von 17,2° mit einer Bandbreite von 0° bis 45° dar. Postoperativ zeigte sich eine Verteilung der Winkelmaße von 3° bis 20° mit einem Mittelwert von 9,7°.

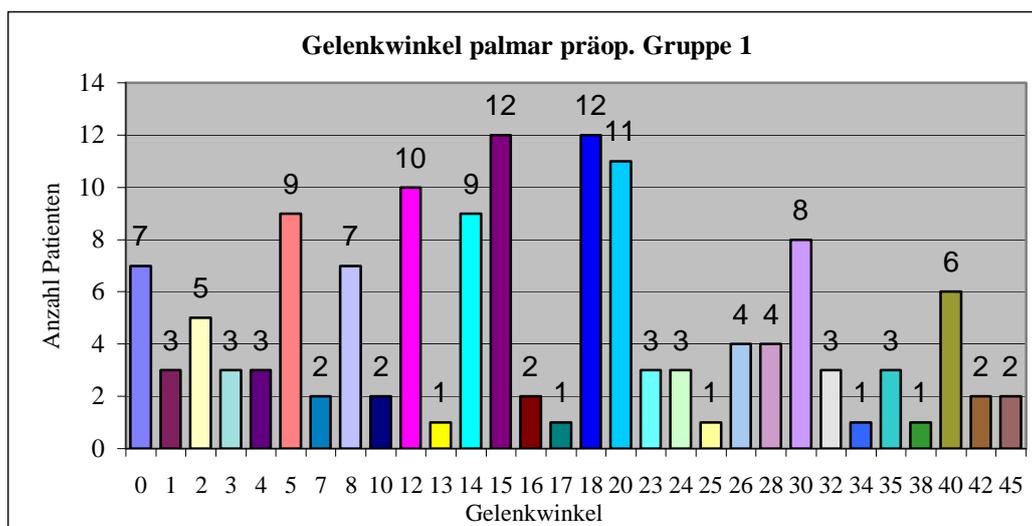


Abb. 15 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler präoperativ nach palmar in Gruppe 1

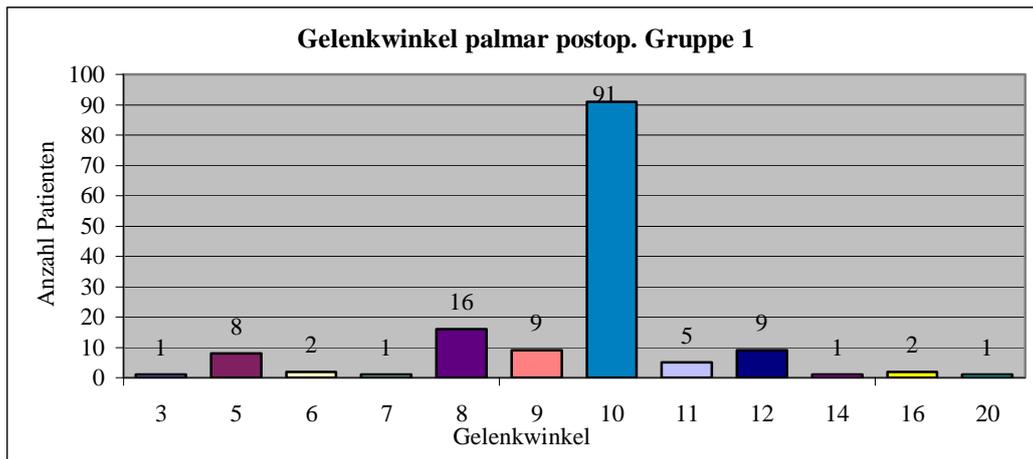


Abb. 16 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler postoperativ nach palmar in Gruppe 1

**1.4.1.2. Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler nach ulnar (n: 25 - 30°)**

Die Neigung des Winkels nach ulnar betrug präoperativ 0° bis 35° mit einem Mittelwert von 16,2°. Postoperativ wurde ein mittlerer Winkel von 25,7° gemessen, die Bandbreite betrug 8° bis 34°.

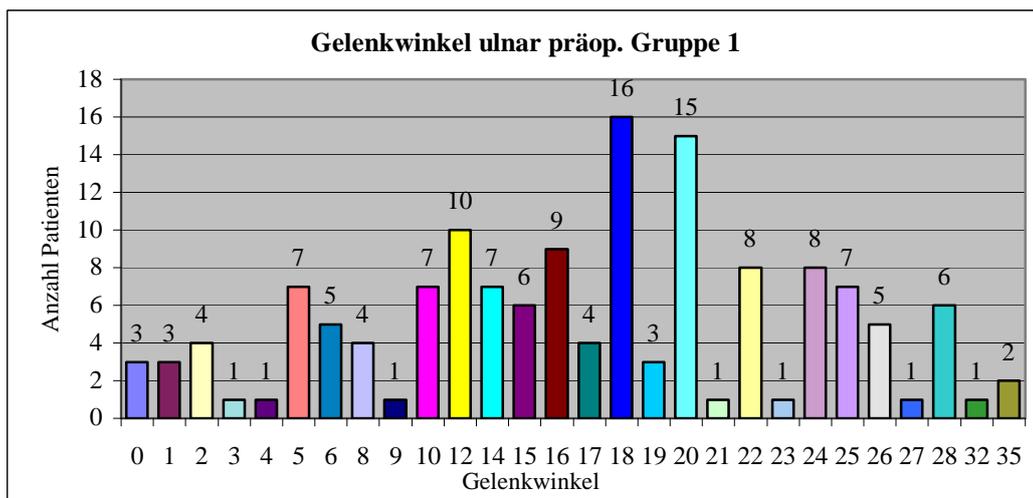


Abb. 17 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler präoperativ nach ulnar in Gruppe 1

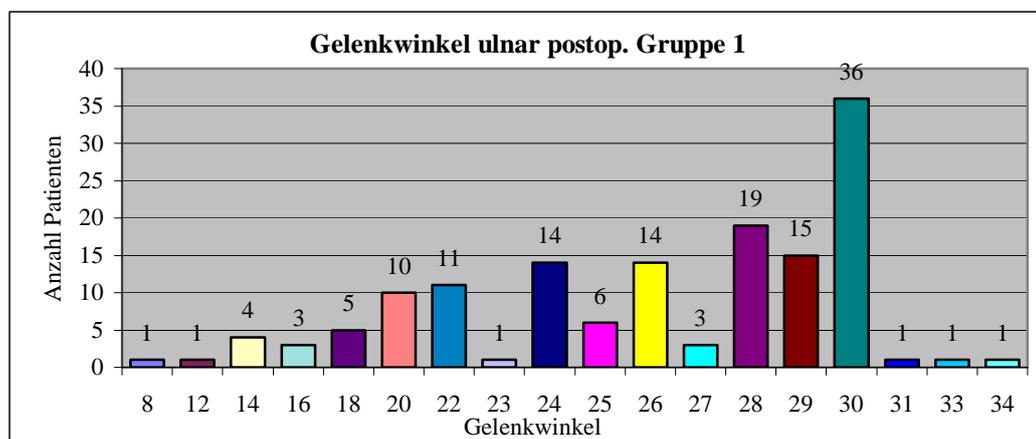


Abb. 18 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler postoperativ nach ulnar in Gruppe 1

### 1.4.2. Intraartikuläre Gelenkflächenstufung

Die intraartikuläre Gelenkflächenstufung betrug präoperativ 0 bis 6 mm (durchschnittlich 0,63 mm), postoperativ wurden 0 bis 2 mm und im Durchschnitt 0,06 mm gemessen.

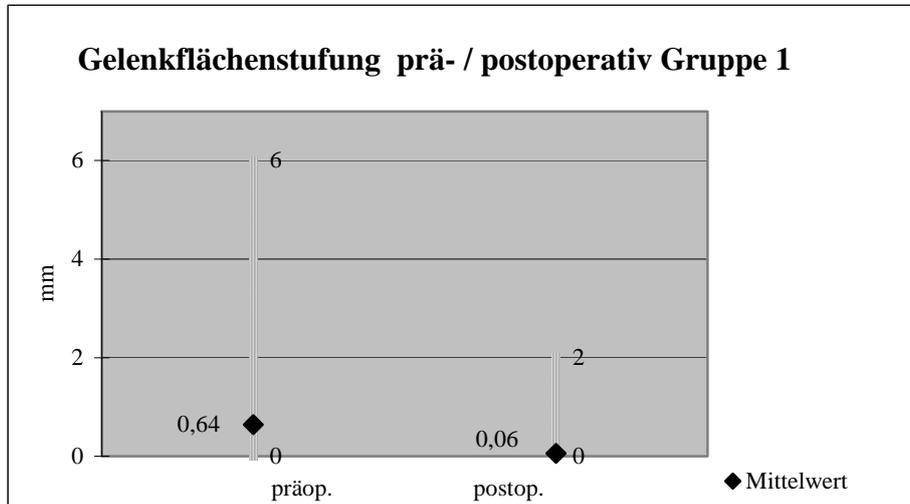


Abb. 19 Intraartikuläre Gelenkflächenstufung präoperativ / postoperativ Gruppe 1

### 1.4.3. Radiale Verkürzung

Die radiale Verkürzung betrug präoperativ 0 bis 30 mm (durchschnittlich 9 mm), postoperativ wurden 0 bis 12 mm und im Durchschnitt 0,8 mm gemessen.

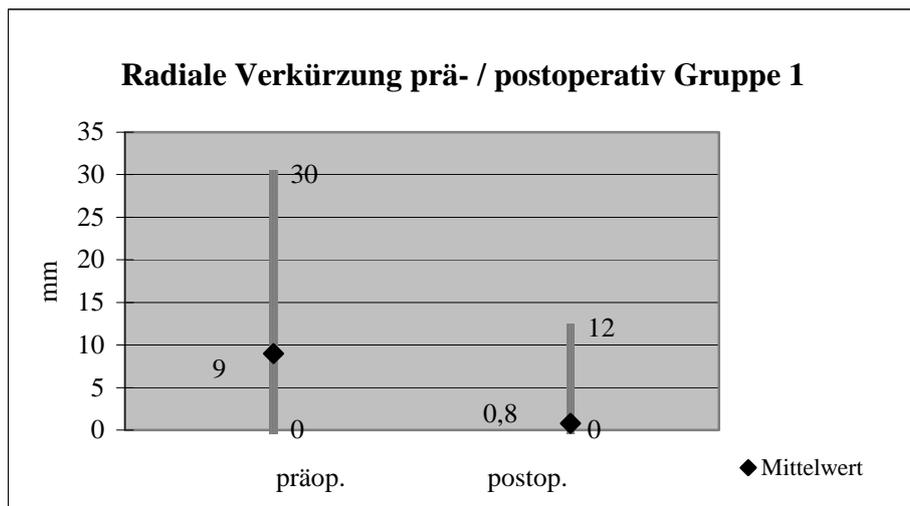


Abb. 20 Radiale Verkürzung präoperativ / postoperativ Gruppe 1

#### 1.4.4. Radiologisches Bewertungsschema nach Naumann

In das radiologische Bewertungsschema nach Naumann [47] flossen die Ausbildung einer Pseudarthrose des Processus styloideus ulnae, die Dorsalabkipfung, Radialabweichung, Gelenkflächenstufung, dystrophe Kalksalzminderung und der Ulnarvorschub ein.

Bei der Auswertung entspricht die Summe von 0 - 2 Punkten einem sehr guten, 3 - 7 Punkte einem guten, 8 - 15 Punkte einem befriedigendem und >16 Punkte einem schlechten knöchernen Ausheilungsergebnis. Demnach zeigten 73 Patienten (50 %) ein sehr gutes, 70 Patienten (47,95 %) ein gutes und 3 Patienten (2,05 %) ein befriedigendes radiologisches Ausheilungsbild.

Naumann Score	Anzahl Patienten	Angabe in Prozent
0 - 2	73	50
3 - 7	70	47,95
8 - 15	3	2,05
> 16	0	0

Tab. 5 Radiologisches Bewertungsschema nach Naumann Gruppe 1

#### 1.5. Traumascores

##### 1.5.1. DASH - Score

Die Auswertung des DASH - Fragebogens [20] ergab im Mittel eine Punktzahl von 13,95 Punkten, ein DASH - Punktwert von eins wurde einmal erreicht, das niedrigste Ergebnis wurde mit 54 Punkten ausgewertet. Die Verteilung zeigte bei 49 Patienten (33,6 %) eine Punktzahl unter 10, bei 69 Patienten (47,2 %) wurde eine Punktzahl von 10 bis 19, bei 18 Patienten (12,3 %) eine Punktzahl von 20 bis 29, bei 5 Patienten (3,4 %) eine Punktzahl von 30 bis 39, bei 4 Patienten (2,7 %) eine Punktzahl von 40 bis 49 und bei einem Patienten (0,7 %) eine Punktzahl über 50 erhoben.

DASH - Score	Anzahl der Patienten	Angabe in Prozent
< 10	49	33,6
10 - 19	69	47,2
20 - 29	18	12,3
30 - 39	5	3,4
40 - 49	4	2,7
> 50	1	0,7

Tab. 6 Selbstbeurteilung nach DASH in Gruppe 1

**Bewertung:** 0 Punkte = optimale Funktion; 100 Punkte = maximale Behinderung

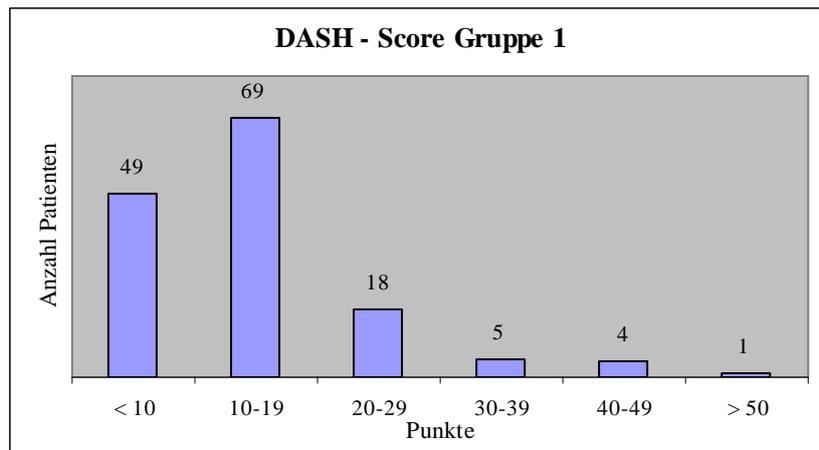


Abb. 21 DASH - Score Gruppe 1

### 1.5.2. Solgaard - Score

Die Auswertung des Traumascores nach Solgaard [72] zeigte bei 119 Patienten ein sehr gutes Ergebnis, bei 19 Patienten ein gutes, bei 7 Patienten ein befriedigendes und bei einem Patienten ein ausreichendes Ergebnis. Dadurch ergibt sich ein Mittel von 1,5 Punkten (sehr gute postoperative Funktion) bei einer Bandbreite von 0 bis maximal 21 Punkten.

Solgaard - Score	Anzahl der Patienten	Angabe in Prozent
0 - 2 sehr gut	119	81,5
3 - 7 gut	19	13
8 - 18 befriedigend	7	4,8
19 - 39 ausreichend	1	0,7

Tab. 7 Traumascore nach Solgaard Gruppe 1

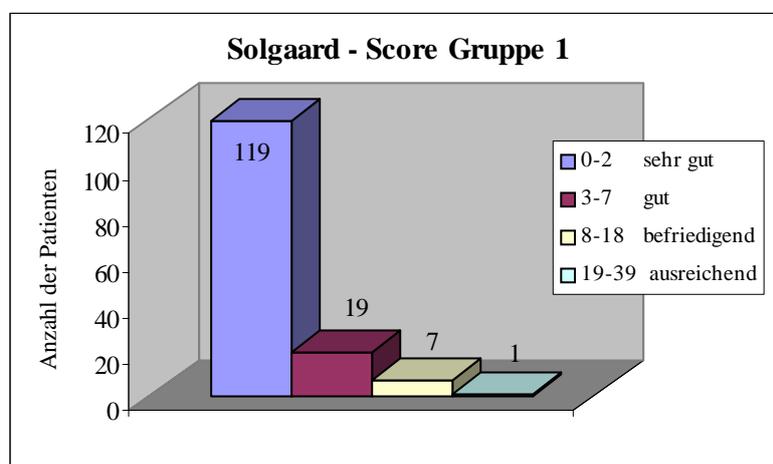


Abb. 22 Solgaard – Score Gruppe 1

## IV.2. Gruppe 2

(alle von 1997 bis 2000 angewandten Osteosyntheseverfahren, 119 Patienten)

### 2.1. Art und Häufigkeit der Operationsverfahren

Die Nachuntersuchung der Patienten dieser Gruppe erfolgte im Mittel 2,8 Jahre postoperativ. Bei den in der Gruppe 2 zusammengefassten Patienten kamen die von 1997 bis 2000 durchgeführten Osteosyntheseverfahren zur Anwendung, die in der folgenden Tabelle aufgeführt werden:

Verfahren	Anzahl
Fixateur externe (Fix. ext.)	3
Kirschnerdraht (KD)	65
KD / später Fix. ext.	1
KD + Fix. ext.	5
KD + Fix. ext. / Platte	1
KD + Schraube	8
Schraube	2
T-Platte (nicht winkelstabil)	16
T-Platte + KD	10
T-Platte + KD / Reosteosynthese Fix. ext. + T-Platte	1
T-Platte + KD + Schraube	2
T-Platte + Schraube	5
Gesamt:	119

Tab. 8 Art und Häufigkeit der Operationsverfahren in Gruppe 2

Die 65 Patienten mit reiner Kirschnerdrahtosteosynthese und die 16 Patienten mit reiner dorsaler oder palmarer nicht winkelstabiler Plattenosteosynthese werden im Abschnitt IV.3. Ergebnisse Gruppe 2a und IV.4. Ergebnisse Gruppe 2b einer gesonderten Betrachtung unterzogen.

Zunächst sollen jedoch alle angewandten Osteosyntheseverfahren zusammengenommen untersucht werden.

### 2.2. Allgemeine Datenerhebung

Das im weiteren Verlauf Gruppe 2 genannte Patientenkollektiv umfasste 119 Patienten, deren Durchschnittsalter 65 Jahre betrug, der älteste Patient war 93 Jahre, der jüngste 18 Jahre alt. Das weibliche Geschlecht war mit 91, das männliche Geschlecht mit 28 Patienten vertreten.

In der ASA - Klassifikation wurden 22 Patienten in ASA 1, 80 Patienten in ASA 2 und 17 Patienten in ASA 3 eingeteilt.

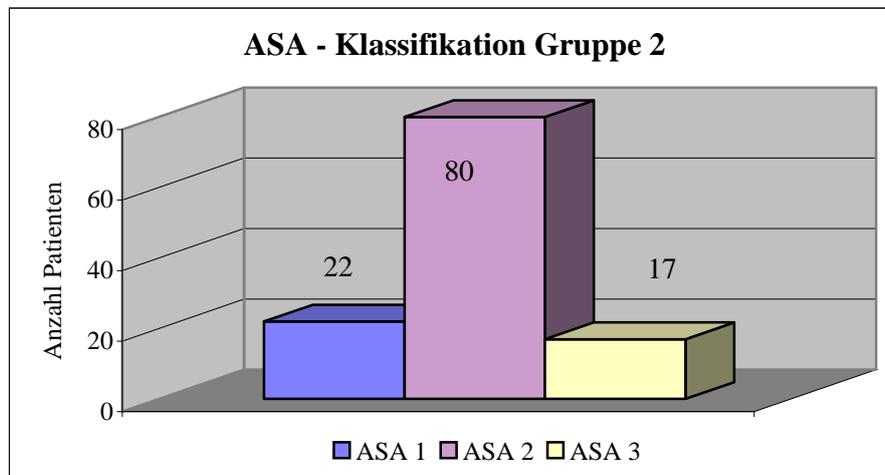


Abb. 23 ASA - Klassifikation Gruppe 2

Die Einordnung der Frakturen in die AO - Klassifikation nach Müller zeigte in den Frakturtypen A2: 3 Patienten (2,52 %), A3: 59 Patienten (49,58 %), B1: 10 Patienten (8,40 %), B3: 1 Patienten (0,84 %), C1: 6 Patienten (5,04 %), C2: 7 Patienten (5,88 %) und C3: 23 Patienten (19,33 %).

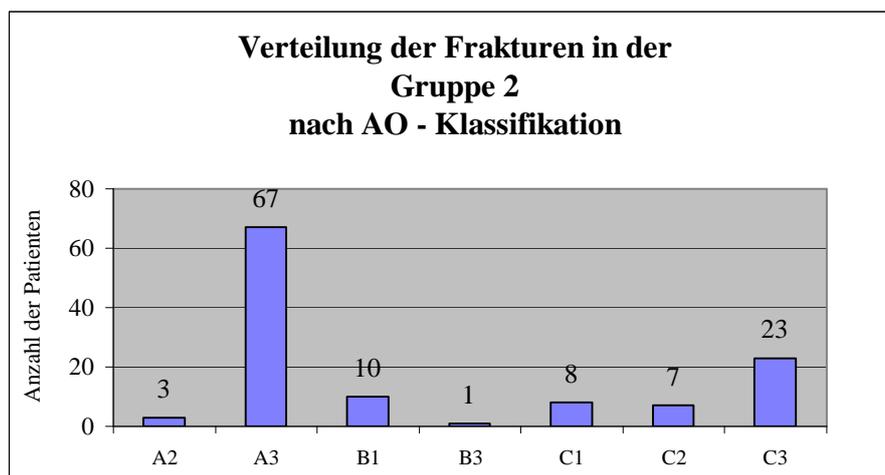


Abb. 24 Frakturverteilung nach AO - Klassifikation Gruppe 2

Eine präoperative geschlossene Reposition mit nachfolgender Gipsruhigstellung und operativer Versorgung der Fraktur nach Rückgang der Weichteilschwellung wurde bei 48 Patienten (40,34 %) durchgeführt. 71 Patienten (59,66 %) wurden einer primären operativen Therapie zugeführt.

Der durchschnittliche Operationszeitpunkt lag 2,2 Tage nach dem Unfallereignis, mit einer Spannweite von 0 bis 17 Tagen.

Die Operationsdauer lag zwischen 10 und 168 Minuten (im Mittel 51,6 Minuten). Die Patienten wurden von 15 Operateuren, darunter 10 Assistenzärzte, die 16 % der Eingriffe durchführten, operiert. Die übrigen 84 % der Operationen führten Chef- und Oberärzte durch.

Die zusätzliche Durchführung einer Spongiosaplastik war bei 92 Patienten nicht notwendig. In den übrigen Fällen wurde eine Defektauffüllung mit autogener Beckenkammspongiosa (11 Patienten), mit Biobon (1 Patient) und Pyrost (14 Patienten) durchgeführt.

Defektauffüllung	Anzahl
keine	92
Autogene Beckenkammspongiosa	11
Biobon	1
Pyrost	14

Tab. 9 Art der Defektauffüllung Gruppe 2

19 Operationen wurden in axillärer Plexusanästhesie, eine Operation mit einer vertikalen, infraklavikulären Plexus-brachialis-Blockade (VIP), 68 Operationen in Larynxmaskennarkose und 31 Operationen in allgemeiner Intubationsnarkose durchgeführt.

Die durchschnittliche Verweildauer im Krankenhaus betrug 12,6 Tage, mit einer Maximalkrankenhausverweildauer von 96 Tagen (polytraumatisierter Patient) und einer minimalen Liegezeit von 0 Tagen.

Postoperativ wurden 116 Radiusfrakturen in einer dorsoradialen Unterarmgipsschiene ruhiggestellt, in 3 Fällen wurde keine Gipsruhigstellung benötigt.

Die Stabilität der Osteosynthesen wurde durch den jeweiligen Operateur beschrieben und in der folgenden Tabelle dargestellt.

Stabilität	Anzahl	Prozent
Belastungsstabil	0	0
Passiv übungsstabil	6	5,04
Übungsstabil	20	16,81
Nicht übungsstabil	93	78,15

Tab. 10 Stabilität der Osteosynthesen Gruppe 2

## 2.2. Komplikationen

Der postoperative Verlauf bis zur Nachuntersuchung war in 105 Fällen (88,24 %) völlig komplikationslos. Bei 14 Patienten (11,77 %) wurden Komplikationen beobachtet. Ein Patient (0,84 %) erlitt eine Beinvenenthrombose. Bei 4 Patienten (3,36 %) kam es zu Wundheilungsstörungen, die nach Wundrevision folgenlos ausheilten. Zwei Patienten (1,68 %) mussten aufgrund einer Pseudarthrosenbildung ein zweites Mal operiert werden. Zwei Patienten (1,68 %) klagten über eine Nervenirritation im Sinne einer prä- und postoperativen Hypästhesie (Ramus palmaris Nervus medianus), je ein Patient (0,84 %) über ein Taubheitsgefühl am Daumen (Ramus superficialis Nervus radialis) bzw. einer Nervenläsion am Beckenkamm (Ramus cutaneus lateralis Nervus iliohypogastricus,) im Bereich der Spongiosaentnahmestelle. Bei 3 Patienten (2,52 %) wurde eine Algodystrophie festgestellt, die Patienten entsprechend einer intensiven krankengymnastischen und analgetischen Therapie zugeführt.

Komplikationen	Anzahl	Prozent
keine	105	88,24
Beinvenenthrombose	1	0,84
Dislokation	4	3,36
Algodystrophie	3	2,52
Pseudarthrose, Reosteosynthese + Spongiosaplastik	1	0,84
Pseudarthrose / Fehlstellung	1	0,84
Sensibilitätsstörung präoperativ und postoperativ	2	1,68
Taubheitsgefühl Daumen (Ramus superficialis N. radialis)	1	0,84
Nervenläsion Beckenkamm (R. cutaneus lat. N. iliohypogastricus)	1	0,84
Komplikationen gesamt:	14	11,77

Tab. 11 Übersicht der Komplikationen in Gruppe 2

### 2.3. Klinische Untersuchung des Bewegungsumfanges im Handgelenk nach der Neutral-0-Methode

Folgende Bewegungsausmaße konnten bei der postoperativen Nachuntersuchung der Beweglichkeit im Handgelenk erhoben werden:

Extension	(n: 35° - 60°)	19° - 65°	Ø 39,1°
Flexion	(n: 50° - 60°)	15° - 60°	Ø 43,8°
Ulnar	(n: 25° - 30°)	10° - 31°	Ø 20,9°
Radial	(n: 30° - 40°)	09° - 42°	Ø 24,9°

### 2.4. Radiologische Parameter

#### 2.4.1.1. Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler nach palmar (n: 10°)

Bei der Betrachtung der Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler im Vergleich von präoperativem zu postoperativem Winkel war folgende Verteilung erkennbar:

Im Mittel stellte sich präoperativ ein palmarer Winkel von 16,91° mit einer Bandbreite von 0° bis 40° dar. Postoperativ zeigte sich eine Verteilung der Winkelmaße von 3° bis 38° mit einem Mittelwert von 11,1°.

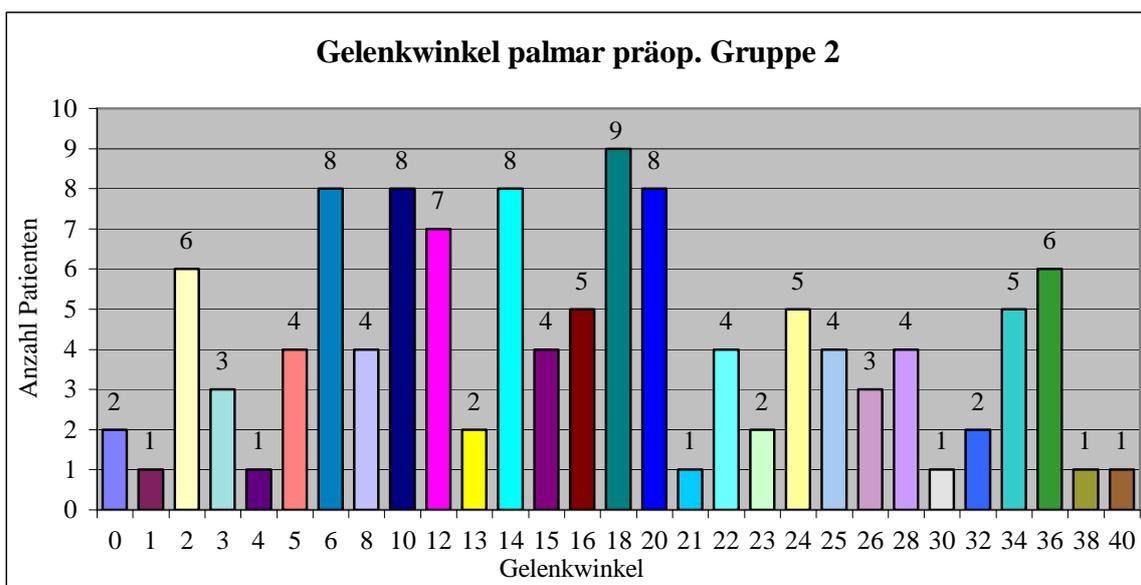


Abb. 25 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler präoperativ nach palmar Gruppe 2

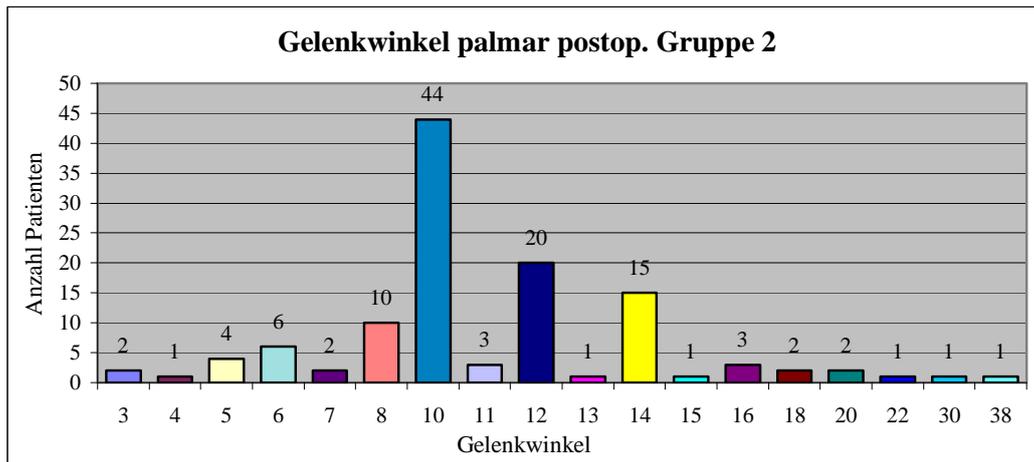


Abb. 26 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler postoperativ nach palmar Gruppe 2

#### 2.4.1.2. Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler nach ulnar (n: 25 - 30°)

Die Neigung des Winkels nach ulnar betrug präoperativ 0° bis 41° bei einem Mittelwert von 20,8°. Postoperativ wurde ein mittlerer Winkel von 25,1° gemessen, die Bandbreite betrug 12° bis 36°.

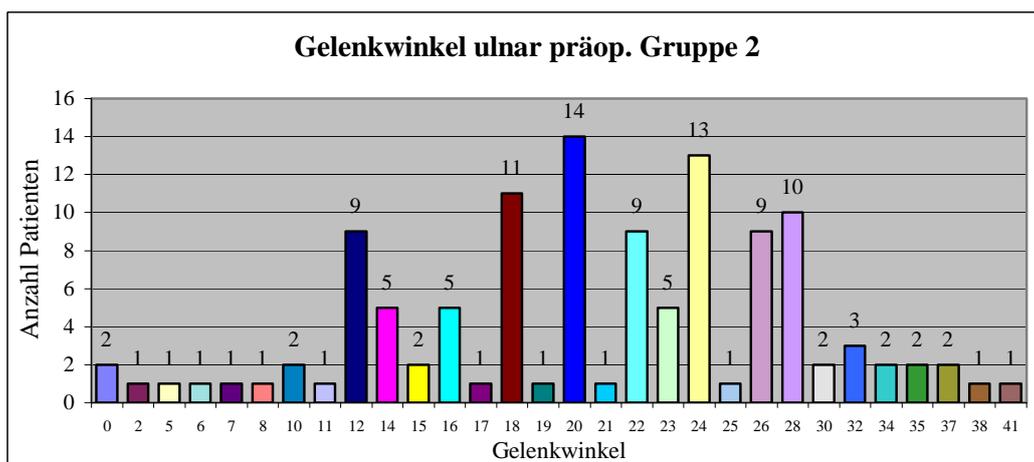


Abb. 27 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler präoperativ nach ulnar Gruppe 2

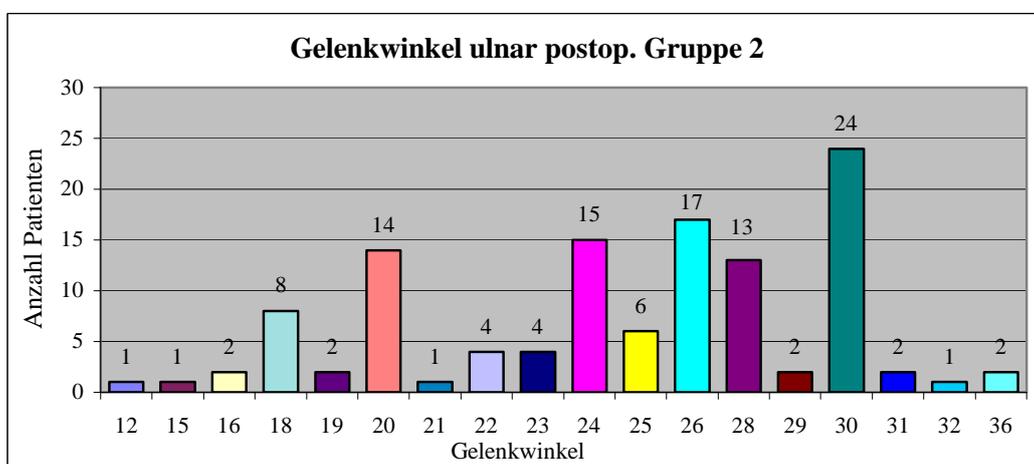


Abb. 28 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler postoperativ nach ulnar Gruppe 2

### 2.4.2. Intraartikuläre Gelenkflächenstufung

Die intraartikuläre Gelenkflächenstufung betrug präoperativ 0 bis 5 mm (durchschnittlich 0,63 mm), postoperativ wurden 0 bis 2 mm und im Durchschnitt 0,1 mm gemessen.

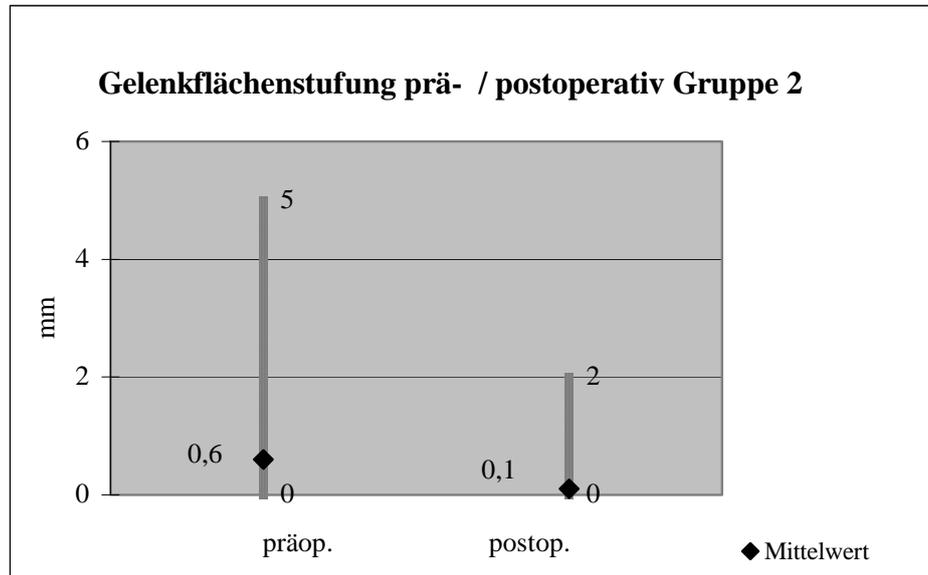


Abb. 29 Intraartikuläre Gelenkflächenstufung präoperativ / postoperativ Gruppe 2

### 2.4.3. Radiale Verkürzung

Die radiale Verkürzung betrug präoperativ 0 bis 26 mm (durchschnittlich 7,7 mm), postoperativ wurden 0 bis 15 mm und im Durchschnitt 2,6 mm gemessen.

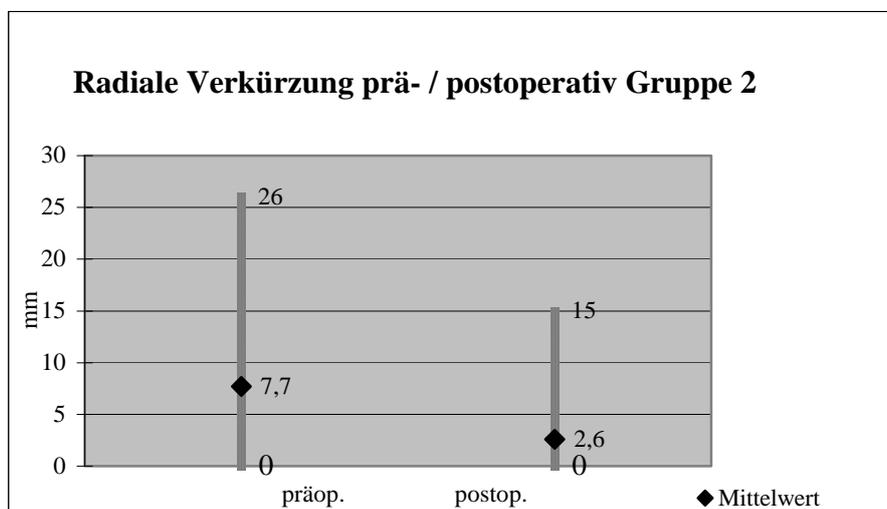


Abb. 30 Radiale Verkürzung präoperativ / postoperativ Gruppe 2

#### 2.4.4. Radiologisches Bewertungsschema nach Naumann

Bei der Auswertung der Röntgenbilder nach dem Bewertungsschema nach Naumann [47] zeigten 40 Patienten (33,6 %) ein sehr gutes, 57 Patienten (47,9 %) ein gutes und 20 Patienten (16,8 %) ein befriedigendes radiologisches Ausheilungsbild.

Naumann - Score	Anzahl Patienten	Angabe in Prozent
0 - 2	40	33,6
3 - 7	57	47,9
8 - 15	20	16,8
> 16	0	0

Tab. 12 Radiologisches Bewertungsschema nach Naumann Gruppe 2

### 2.5. Traumascores

#### 2.5.1. DASH - Score

Die Auswertung des DASH - Fragebogens ergab im Mittel eine Punktzahl von 23,13 Punkten, ein DASH - Punktwert von zwei wurde einmal erreicht, das niedrigste (= schlechteste) Ergebnis wurde mit 69 Punkten ausgewertet.

Die Verteilung zeigte bei 7 Patienten (5,9 %) eine Punktzahl unter 10, bei 13 Patienten (10,9 %) wurde eine Punktzahl von 10 bis 19, bei 16 Patienten (13,4 %) eine Punktzahl von 20 bis 29, bei 30 Patienten (25,2 %) eine Punktzahl von 30 bis 39, bei 32 Patienten (26,9 %) eine Punktzahl von 40 bis 49 und bei 21 Patienten (17,6 %) eine Punktzahl über 50 erhoben.

DASH - Score	Anzahl der Patienten	Angabe in Prozent
< 10	7	5,9
10 - 19	13	10,9
20 - 29	16	13,4
30 - 39	30	25,2
40 - 49	32	26,9
> 50	21	17,6

Tab. 13 Selbstbeurteilung nach DASH Gruppe 2

Selbstbeurteilung nach DASH (0 = optimale Funktion; 100 = max. Behinderung):

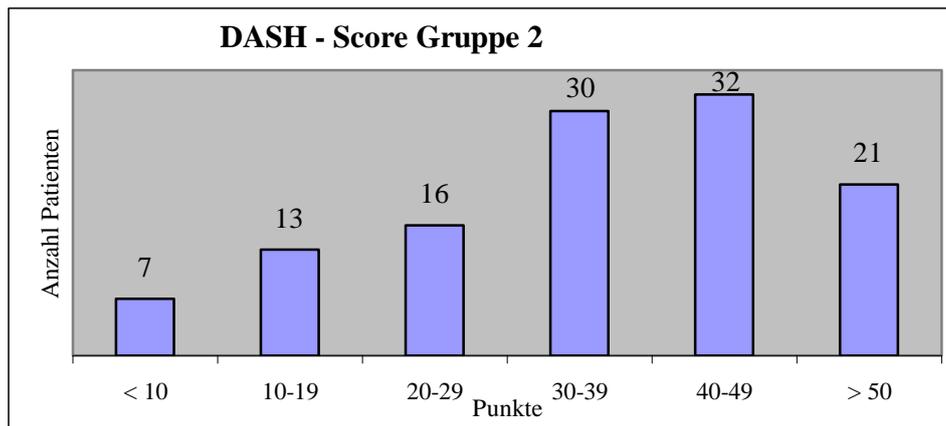


Abb. 31 DASH - Score Gruppe 2

### 2.5.2. Solgaard - Score

Die Auswertung des Traumascores nach Solgaard zeigte bei 26 Patienten ein sehr gutes Ergebnis, bei 59 Patienten ein gutes, bei 33 Patienten ein befriedigendes und bei einem Patienten ein ausreichendes Ergebnis. Dadurch ergibt sich ein Mittel von 5,9 Punkten (entsprechend einer guten postoperativen Funktion) bei einer Bandbreite von 1 bis maximal 21 Punkten.

Solgaard - Score	Anzahl der Patienten	Angabe in Prozent
0 - 2 sehr gut	26	21,8
3 - 7 gut	59	49,6
8 - 18 befriedigend	33	27,7
19 - 39 ausreichend	1	0,8

Tab. 14 Traumascore nach Solgaard Gruppe 2

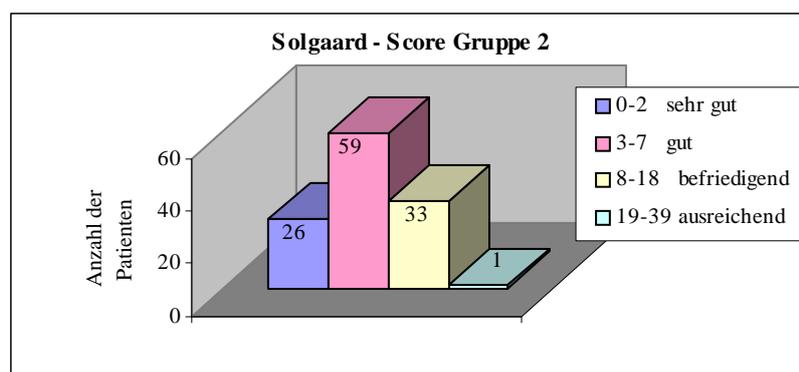


Abb. 32 Solgaard – Score Gruppe 2

### IV.3. Gruppe 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen, 65 Patienten)

#### 3.1. Allgemeine Datenerhebung

Das im weiteren Verlauf Gruppe 2a genannte Patientenkollektiv umfasste 65 Patienten, deren Durchschnittsalter 64 Jahre betrug, der älteste Patient war 91 Jahre alt, der jüngste 18 Jahre.

Das weibliche Geschlecht war mit 52 Patienten, das männliche Geschlecht mit 13 Patienten vertreten.

In der ASA - Klassifikation wurden 14 Patienten in ASA 1, 41 Patienten in ASA 2 und 10 Patienten in ASA 3 eingeteilt.

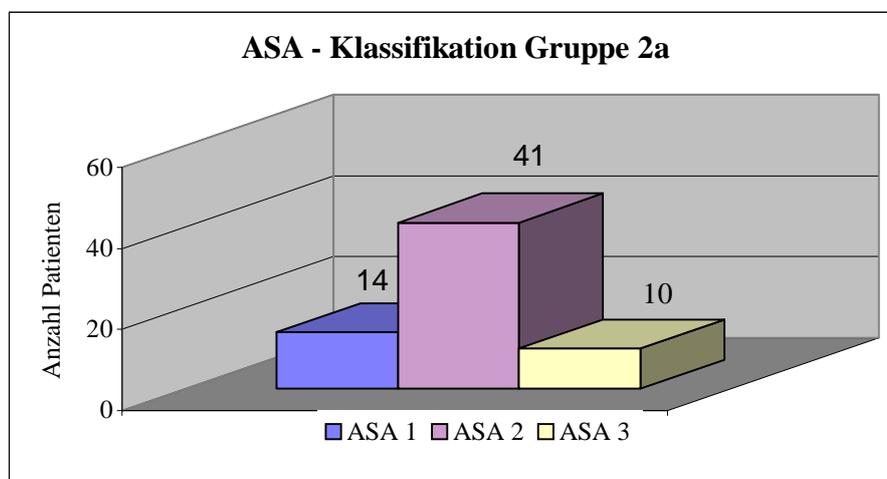


Abb. 33 ASA - Klassifikation Gruppe 2a

Die Einordnung der Frakturen in die AO - Klassifikation nach Müller zeigte in den Frakturtypen A3: 45 Patienten (69,23 %), B1: 2 Patienten (3,08 %), B3: 1 Patienten (1,54 %), C1: 3 Patienten (4,62 %), C2: 6 Patienten (9,23 %) und C3: 8 Patienten (12,3 %).

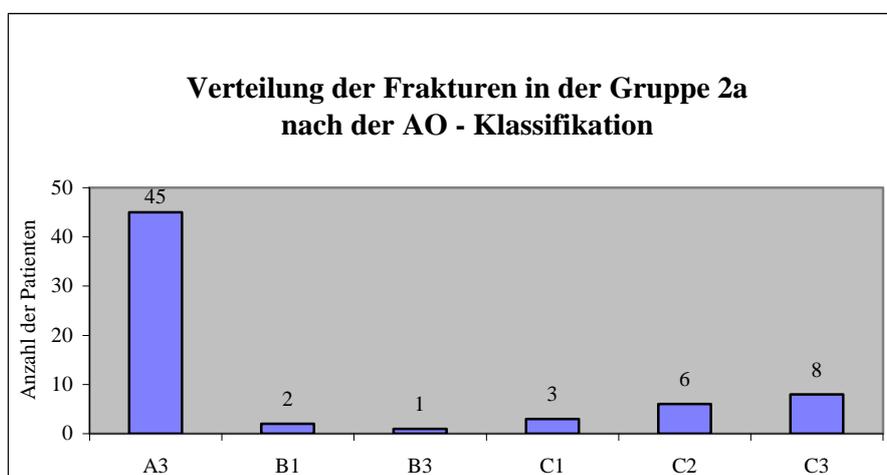


Abb. 34 Frakturverteilung nach AO - Klassifikation Gruppe 2a

Eine präoperative geschlossene Reposition mit nachfolgender Gipsruhigstellung und operativer Versorgung der Fraktur nach Rückgang der Weichteilschwellung wurde bei 31 Patienten (47,69 %) durchgeführt. 34 Patienten (52,31 %) wurden primär einer operativen Therapie zugeführt.

11 Operationen wurden in axillärer Plexusanästhesie, eine Operation mit einer vertikalen, infraklavikulären Plexus-brachialis-Blockade (VIP), 42 Operationen in Larynxmaskennarkose und 11 Operationen in allgemeiner Intubationsnarkose durchgeführt.

Der durchschnittliche Operationszeitpunkt lag bei 2,2 Tagen nach dem Unfallereignis, mit einer Spannweite von 0 bis 10 Tagen. Die Operationsdauer lag zwischen 14 und 112 Minuten (im Mittel 38,4 Minuten). 80 % der Eingriffe führten Chef- und Oberärzte durch, die restlichen 20 % der Eingriffe wurden durch Assistenten unter Anleitung eines Oberarztes durchgeführt.

Die zusätzliche Durchführung einer Spongiosaplastik war bei 50 Patienten nicht notwendig. In den übrigen Fällen wurde eine Defektauffüllung mit autogener Beckenkammpongiosa (6 Patienten), mit Biobon (1 Patient) und Pyrost (8 Patienten) durchgeführt.

Defektauffüllung	Anzahl
keine	50
Autogene Beckenkammpongiosa	6
Biobon	1
Pyrost	8

Tab. 15 Art der Defektauffüllung Gruppe 2a

Die durchschnittliche Verweildauer im Krankenhaus betrug 10,7 Tage, mit einer Maximalverweildauer von 59 Tagen (polytraumatisierter Patient) und einer minimalen Liegezeit von 0 Tagen.

Postoperativ wurden alle 65 Radiusfrakturen in einer dorsoradialen Unterarmgipsschiene ruhiggestellt. Die Stabilität der Osteosynthesen wurde durch den jeweiligen Operateur beschrieben und in der folgenden Tabelle dargestellt:

Stabilität	Anzahl	Prozent
Belastungsstabil	0	0
Passiv übungstabil	4	6,15
Übungstabil	0	0
Nicht übungstabil	61	93,85

Tab. 16 Stabilität der Osteosynthesen Gruppe 2a

### 3.2. Komplikationen

Der postoperative Verlauf bis zur Nachuntersuchung war in 57 Fällen (87,68 %) völlig komplikationslos. Bei 8 Patienten (12,31 %) wurden Komplikationen beobachtet. Bei je einem Patienten (1,54 %) kam es zu einer Kirschnerdrahtlockerung und zu einer Wundheilungsstörung, die nach Revision folgenlos ausheilte. Je ein Patient (1,54 %) klagte über eine Nervenirritation im Sinne einer prä- und postoperativen Hypästhesie (Ramus palmaris Nervus medianus), über ein Taubheitsgefühl am Daumen (Versorgungsgebiet des Ramus superficialis Nervus radialis) bzw. einer Nervenläsion am Beckenkamm (Ramus cutaneus lateralis Nervus iliohypogastricus) im Bereich der Spongiosaentnahmestelle. Bei 3 Patienten (1 Mann, 2 Frauen, 4,62 %) wurde eine Algodystrophie / CRPS festgestellt und die Patienten einer intensiven krankengymnastischen und analgetischen Therapie zugeführt.

Komplikationen	Anzahl	Prozent
keine	57	87,68
Kirschnerdraht - Lockerung	1	1,54
lokaler Wundinfekt	1	1,54
Algodystrophie / CRPS ( 1 Mann, 2 Frauen)	3	4,62
Nervenläsion Beckenkamm (Ramus cutaneus lateralis Nervus iliohypogastricus)	1	1,54
Sensibilitätsstörung prä- und postoperativ (Ramus palmaris Nervus medianus)	1	1,54
Taubheitsgefühl Daumen (Ramus superficialis Nervus radialis)	1	1,54
Komplikationen gesamt:	8	12,31

Tab. 17 Übersicht der Komplikationen in Gruppe 2a

### 3.3. Klinische Untersuchung des Bewegungsumfanges im Handgelenk nach der Neutral-0-Methode

Folgende Bewegungsausmaße konnten bei der postoperativen Nachuntersuchung (im Mittel 2,8 Jahre postoperativ) der Beweglichkeit im Handgelenk erhoben werden:

Extension	(n: 35° - 60°)	19° - 65°	Ø 38,2°
Flexion	(n: 50° - 60°)	15° - 60°	Ø 42,7°
Ulnar	(n: 25° - 30°)	10° - 31°	Ø 20,9°
Radial	(n: 30° - 40°)	10° - 42°	Ø 24,7°

### 3.4. Radiologische Parameter

#### 3.4.1.1. Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler nach palmar (n: 10°)

Bei der Betrachtung der Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler im Vergleich von präoperativem zu postoperativem Winkel war folgende Verteilung erkennbar:

Im Mittel stellte sich präoperativ ein palmarer Winkel von 16,8° mit einer Bandbreite von 0° bis 38° dar. Postoperativ zeigte sich eine Verteilung der Winkelmaße von 3° bis 22° mit einem Mittelwert von 10,6°.

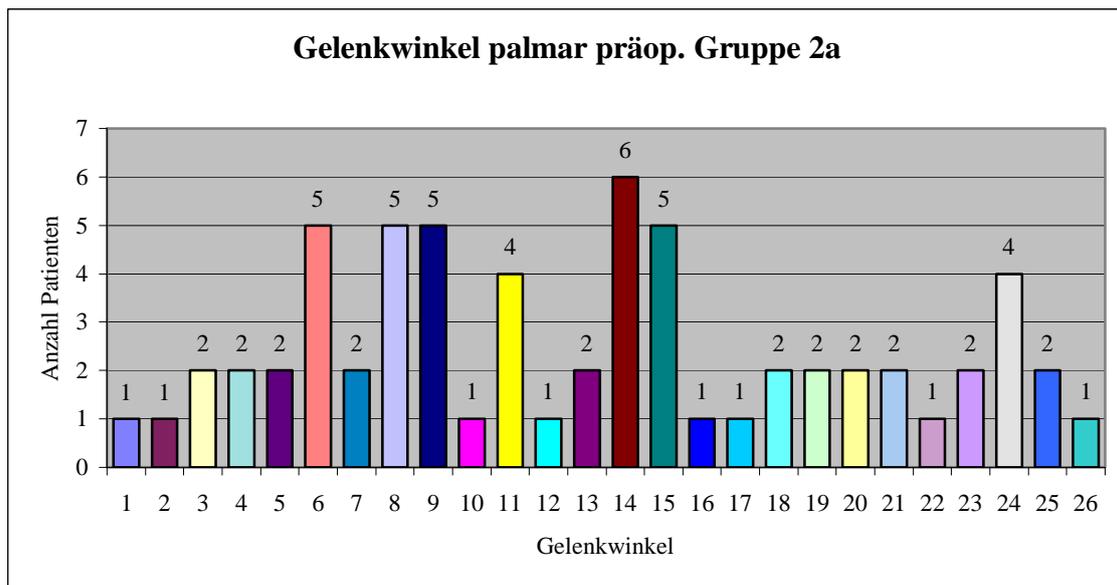


Abb. 35 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler präoperativ nach palmar Gruppe 2a

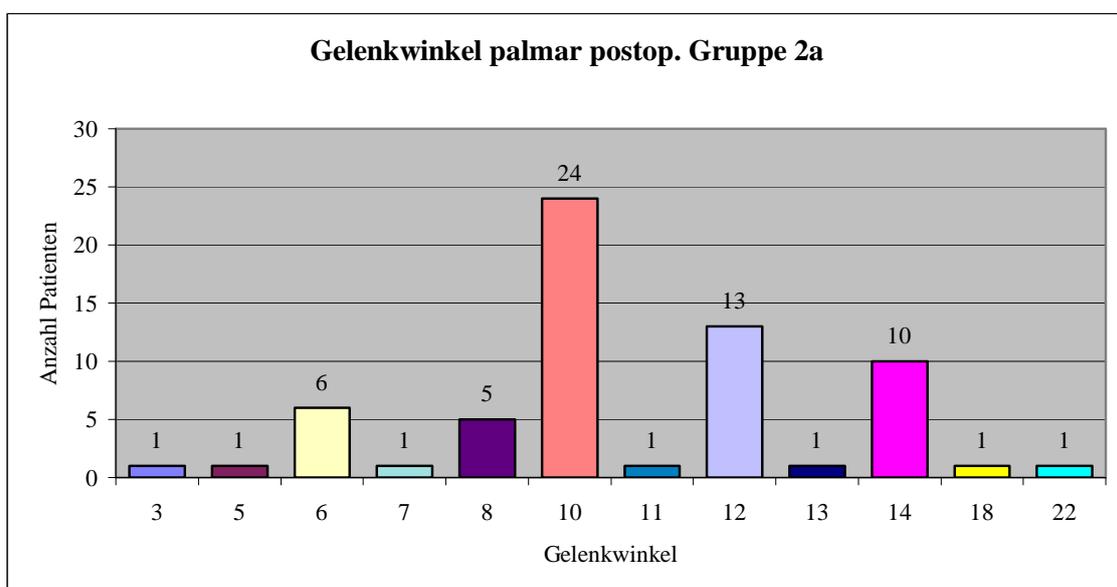


Abb. 36 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler postoperativ nach palmar Gruppe 2a

### 3.4.1.2. Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler nach ulnar (n: 25° - 30°)

Die Neigung des Winkels nach ulnar betrug präoperativ 6° bis 38° bei einem Mittelwert von 21,7°. Postoperativ wurde ein mittlerer Winkel von 25° gemessen, die Bandbreite betrug 15° bis 36°.

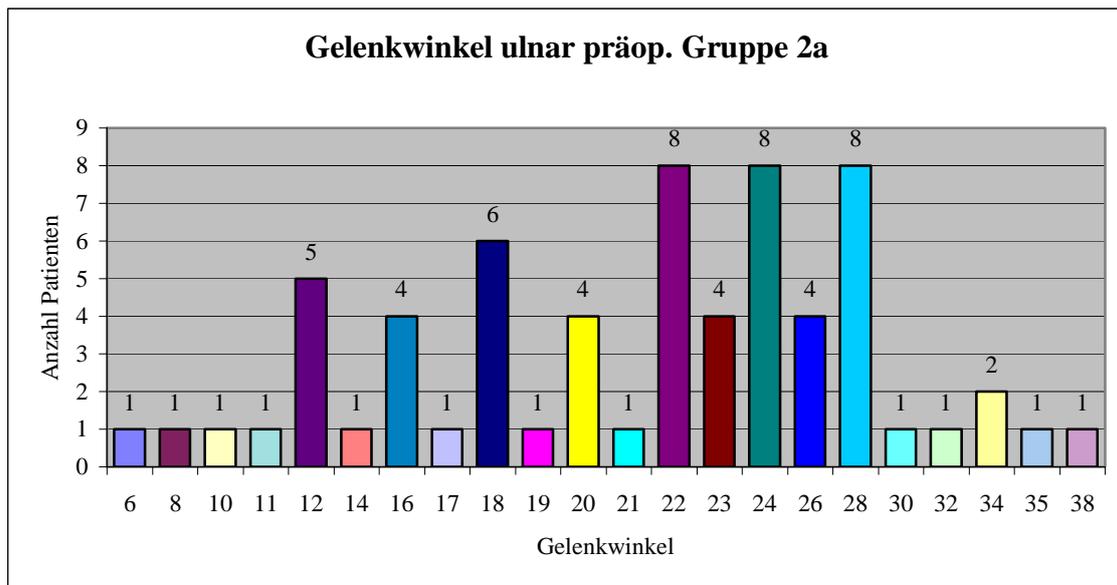


Abb. 37 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler präoperativ nach ulnar Gruppe 2a

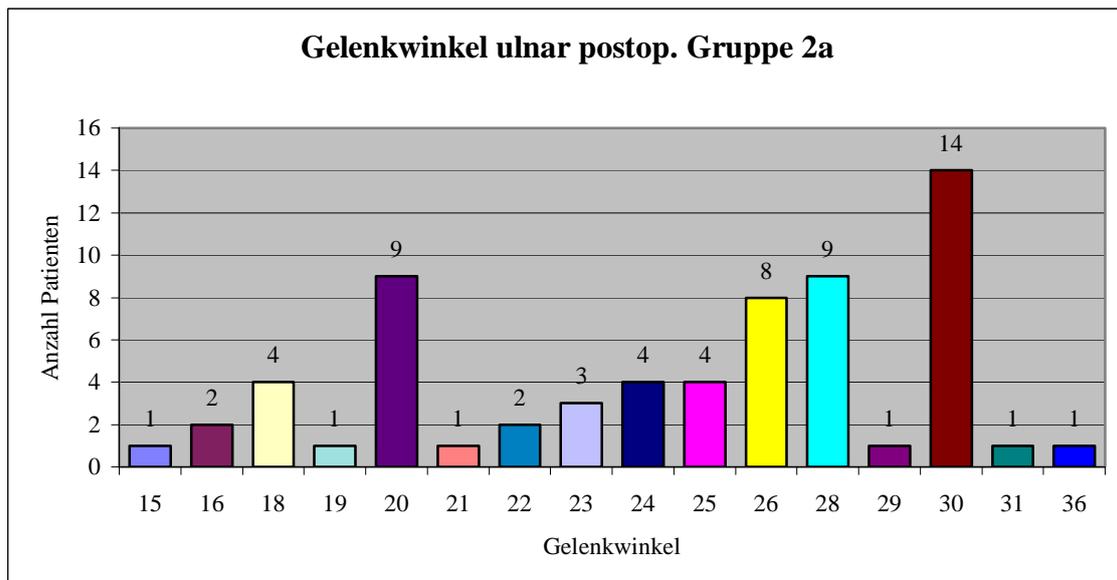


Abb. 38 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler postoperativ nach ulnar Gruppe 2a

### 3.4.2. Intraartikuläre Gelenkflächenstufung

Die intraartikuläre Gelenkflächenstufung betrug präoperativ 0 bis 4 mm (durchschnittlich 0,4 mm), postoperativ wurden 0 bis 1 mm und im Durchschnitt 0,05 mm gemessen.

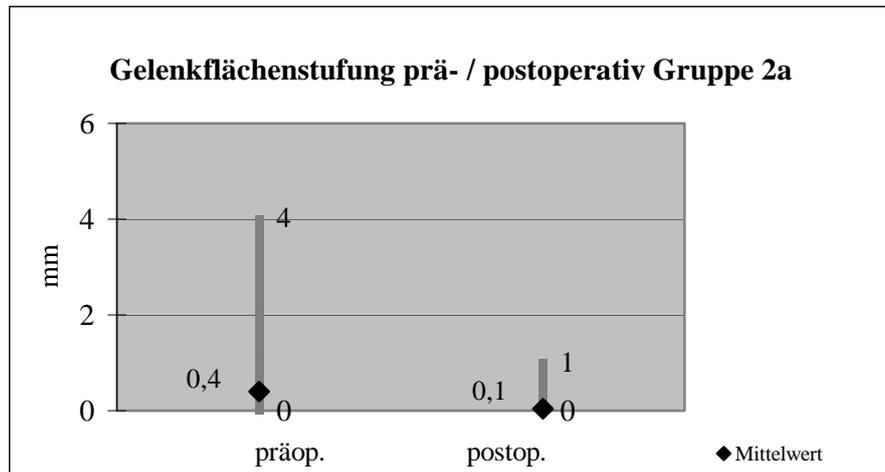


Abb. 39 Intraartikuläre Gelenkflächenstufung präoperativ / postoperativ Gruppe 2a

### 3.4.3. Radiale Verkürzung

Die radiale Verkürzung betrug präoperativ 0 bis 26 mm (durchschnittlich 7,4 mm), postoperativ wurden 0 bis 15 mm und im Durchschnitt 2,5 mm gemessen.

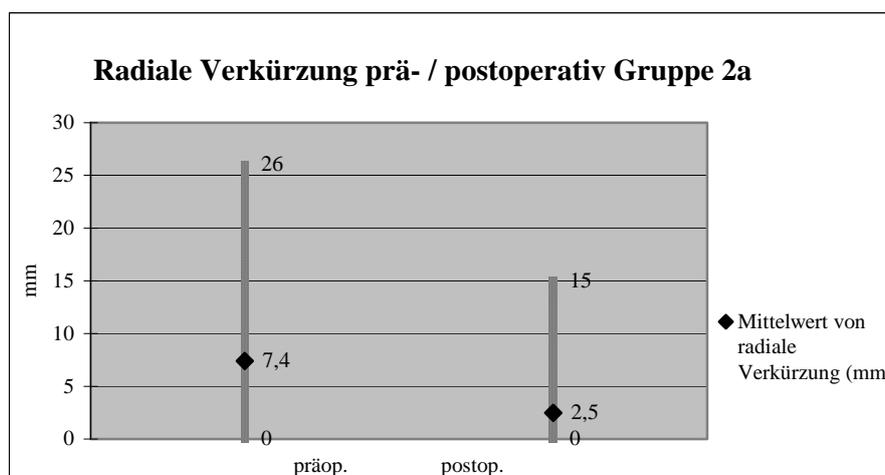


Abb. 40 Radiale Verkürzung präoperativ / postoperativ Gruppe 2a

### 3.4.4. Radiologisches Bewertungsschema nach Naumann

Bei der Auswertung der Röntgenbilder zeigten 11 Patienten (16,9 %) ein sehr gutes, 40 Patienten (61,5 %) ein gutes und 14 Patienten (21,5 %) ein befriedigendes radiologisches Ausheilungsbild.

Naumann - Score	Anzahl Patienten	Angabe in Prozent
0-2	11	16,92
3-7	40	61,54
8-15	14	21,54
>16	0	0

Tab. 18 Radiologisches Bewertungsschema nach Naumann Gruppe 2a

Bewertungsschema nach Naumann:

0 - 2 Punkte: sehr gutes, 3 - 7 Punkte: gutes, 8 - 15 Punkte: befriedigendes, > 16 Punkte: schlechtes knöchernes Ausheilungsbild

### 3.5. Traumascores

#### 3.5.1. DASH - Score

Die Auswertung des DASH - Fragebogens ergab im Mittel eine Punktzahl von 23,6 Punkten, ein DASH - Punktwert von zwei wurde einmal erreicht, das schlechteste Ergebnis wurde mit 69 Punkten ausgewertet.

Die Verteilung zeigte bei 12 Patienten (18,5 %) eine Punktzahl unter 10, bei 16 Patienten (24,5 %) wurde eine Punktzahl von 10 bis 19, bei 17 Patienten (26,2 %) eine Punktzahl von 20 bis 29, bei 7 Patienten (10,8 %) eine Punktzahl von 30 bis 39, bei 9 Patienten (13,8 %) eine Punktzahl von 40 bis 49 und bei 4 Patienten (6,2 %) eine Punktzahl über 50 Punkten erhoben.

DASH - Score	Anzahl der Patienten	Angabe in Prozent
< 10	12	18,5
10 - 19	16	24,5
20 - 29	17	26,2
30 - 39	7	10,8
40 - 49	9	13,8
> 50	4	6,2

Tab. 19 Selbstbeurteilung nach DASH Gruppe 2a

Selbstbeurteilung nach DASH: 0 = optimale Funktion 100 = maximale Behinderung

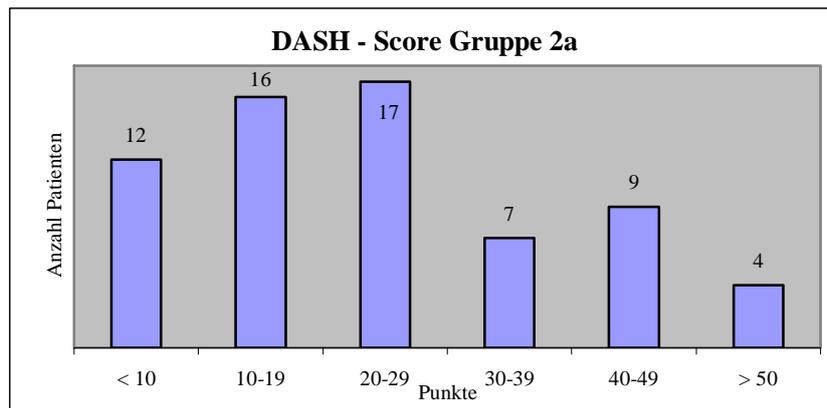


Abb. 41 DASH - Score Gruppe 2a

### 3.5.2. Solgaard - Score

Die Auswertung des Traumascores nach Solgaard zeigte bei 11 Patienten ein sehr gutes Ergebnis, bei 33 Patienten ein gutes, bei 20 ein befriedigendes und bei einem Patienten ein ausreichendes Ergebnis. Dadurch ergibt sich ein Mittel von 6,4 Punkten (gute postoperative Funktion) bei einer Bandbreite von 1 bis maximal 21 Punkten.

Solgaard - Score	Anzahl der Patienten	Angabe in Prozent
0 - 2 sehr gut	11	16,9
3 - 7 gut	33	50,8
8 - 18 befriedigend	20	30,8
19 - 39 ausreichend	1	1,5

Tab. 20 Traumascore nach Solgaard Gruppe 2a

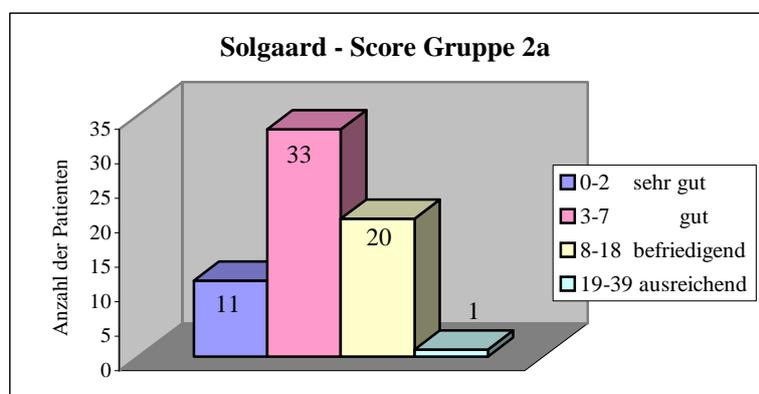


Abb. 42 Solgaard – Score Gruppe 2a

#### IV.4. Gruppe 2b (nicht winkelstabile Plattenosteosynthese, 16 Patienten)

##### 4.1. Allgemeine Datenerhebung

Das im weiteren Verlauf Gruppe 2b genannte Patientenkollektiv umfasste 16 Patienten, deren Durchschnittsalter 68,3 Jahre betrug, der älteste Patient war 89 Jahre alt, der jüngste 25 Jahre. Das weibliche Geschlecht war mit 14 Patienten, das männliche Geschlecht mit 2 Patienten vertreten.

In der ASA - Klassifikation wurden 2 Patienten in ASA 1, 12 Patienten in ASA 2 und 2 Patienten in ASA 3 eingeteilt.

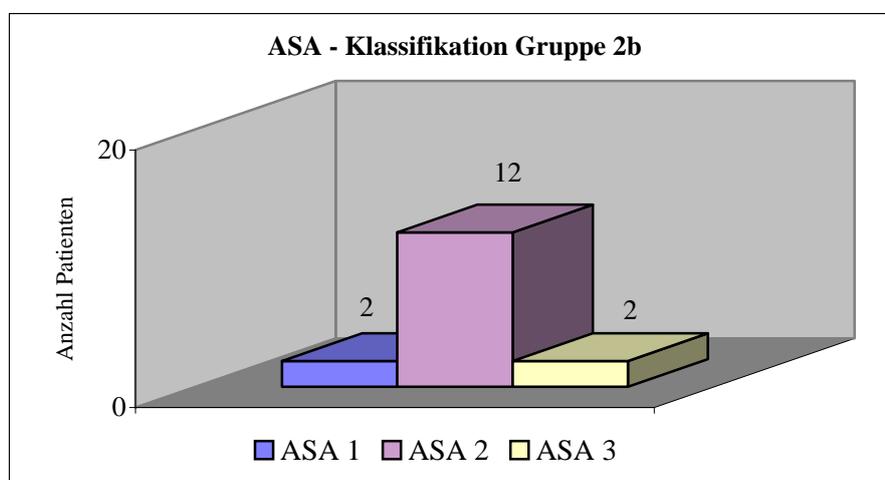


Abb. 43 ASA - Klassifikation Gruppe 2b

Die Einordnung der Frakturen in die AO - Klassifikation nach Müller zeigte in den Frakturtypen A2: 2 Patienten (12,5 %), A3: 11 Patienten (68,75 %), B1: 1 Patienten (6,25 %) und C3: 3 Patienten (18,75 %).

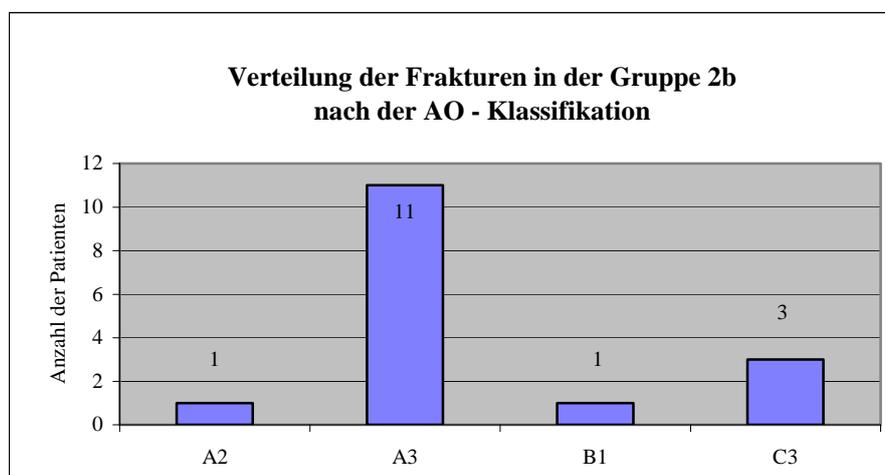


Abb. 44 Frakturverteilung nach AO - Klassifikation Gruppe 2b

Eine präoperative geschlossene Reposition mit nachfolgender Gipsruhigstellung und operativer Versorgung der Fraktur nach Rückgang der Weichteilschwellung wurde bei 7 Patienten (43,75 %) durchgeführt. 9 Patienten (56,25 %) konnten einer primären operativen Therapie zugeführt werden.

2 Operationen wurden in axillärer Plexusanästhesie durchgeführt, 9 in Larynxmaskennarkose und 5 in allgemeiner Intubationsnarkose.

Der durchschnittliche Operationszeitpunkt lag bei 1,6 Tagen nach dem Unfallereignis, mit einer Spannweite von 0 bis 4 Tagen. Die Operationsdauer betrug zwischen 29 und 129 Minuten (im Mittel 68,3 Minuten).

Die zusätzliche Durchführung einer Spongiosaplastik war bei 12 Patienten nicht notwendig. In den übrigen Fällen wurde eine Defektauffüllung mit autogener Spongiosa (1 Patient) und mit Pyrost (3 Patienten) durchgeführt.

Defektauffüllung	Anzahl
keine	12
Autogene Beckenkammspongiosa	1
Pyrost	3

Tab. 21 Art der Defektauffüllung Gruppe 2b

Die durchschnittliche Verweildauer im Krankenhaus betrug 13,6 Tage, mit einer Maximalverweildauer von 53 Tagen und einer minimalen Liegezeit von 4 Tagen.

Postoperativ wurden alle 16 Radiusfrakturen in einer dorsoradial angelegten Unterarmgipsschiene ruhiggestellt.

Die Stabilität der Osteosynthese wurde durch den jeweiligen Operateur beschrieben und in der folgenden Tabelle dargestellt:

Stabilität	Anzahl	Prozent
Belastungsstabil	0	0
Passiv übungstabil	1	6,25
Übungstabil	8	50
Nicht übungstabil	7	43,75

Tab. 22 Stabilität der Osteosynthesen Gruppe 2b

## 4.2. Komplikationen

Der postoperative Verlauf bis zur Nachuntersuchung war in 15 Fällen (93,75 %) völlig komplikationslos. In einem Fall (6,25 %) entwickelte ein Patient eine Beinvenenthrombose.

Komplikationen	Anzahl	Prozent
keine	15	93,75
Beinvenenthrombose	1	6,25
Komplikationen gesamt:	1	6,25

Tab. 23 Übersicht der Komplikationen in Gruppe 2b

## 4.3. Klinische Untersuchung des Bewegungsumfanges im Handgelenk nach der Neutral-0-Methode

Folgende Bewegungsausmaße im Handgelenk konnten bei der Nachuntersuchung, die im Durchschnitt 3 Jahre postoperativ durchgeführt wurde, erhoben werden:

Extension	(n: 35° - 60°)	24° - 60°	Ø 38,6°
Flexion	(n: 50° - 60°)	27° - 60°	Ø 43,3°
Ulnar	(n: 25° - 30°)	10° - 30°	Ø 21,1°
Radial	(n: 30° - 40°)	13° - 40°	Ø 26,3°

#### 4.4. Radiologische Parameter

##### 4.4.1.1. Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler nach palmar (n: 10°)

Bei der Betrachtung der Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler im Vergleich von präoperativem zu postoperativem Winkel war folgende Verteilung erkennbar:

Im Mittel stellte sich präoperativ ein palmarer Winkel von  $17,63^\circ$  mit einer Bandbreite von  $3^\circ$  bis  $40^\circ$  dar. Postoperativ zeigte sich eine Verteilung der Winkelmaße von  $3^\circ$  bis  $18^\circ$  mit einem Mittelwert von  $10,44^\circ$ .

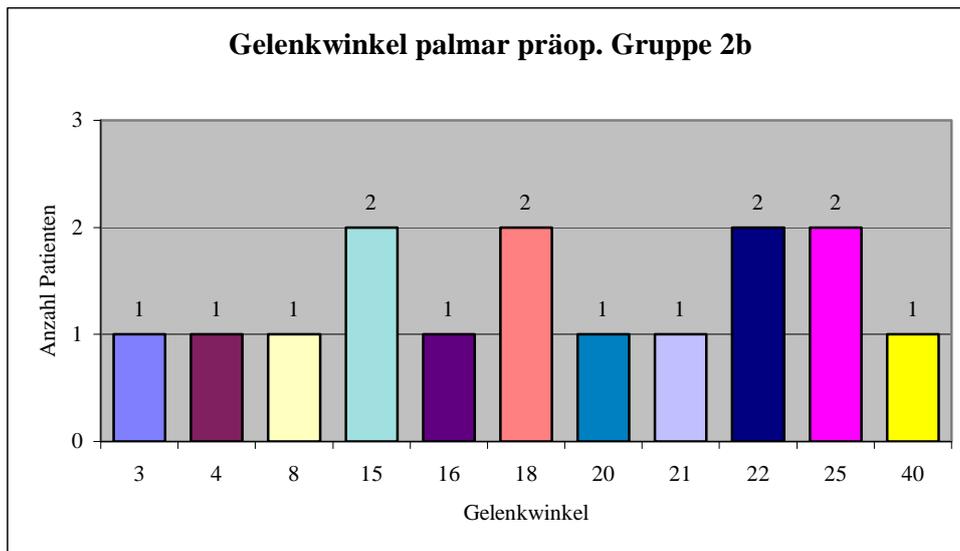


Abb. 45 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler präoperativ nach palmar Gruppe 2b

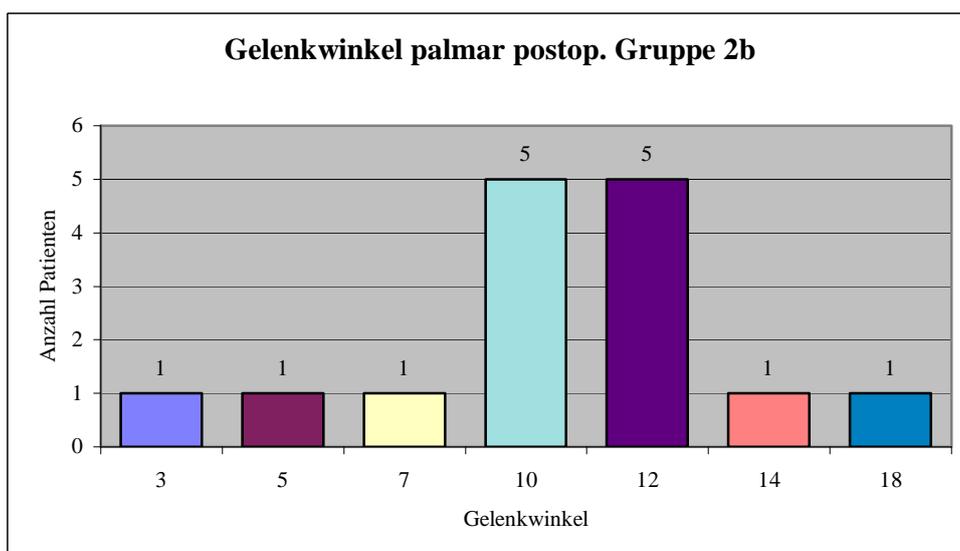


Abb. 46 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler postoperativ nach palmar Gruppe 2b

#### 4.4.1.2. Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler nach ulnar (n: 25 - 30°)

Die Neigung des Winkels nach ulnar betrug präoperativ 2° bis 41° bei einem Mittelwert von 21,2°. Postoperativ wurde ein mittlerer Winkel von 24,2° gemessen, die Bandbreite betrug 18° bis 31°.

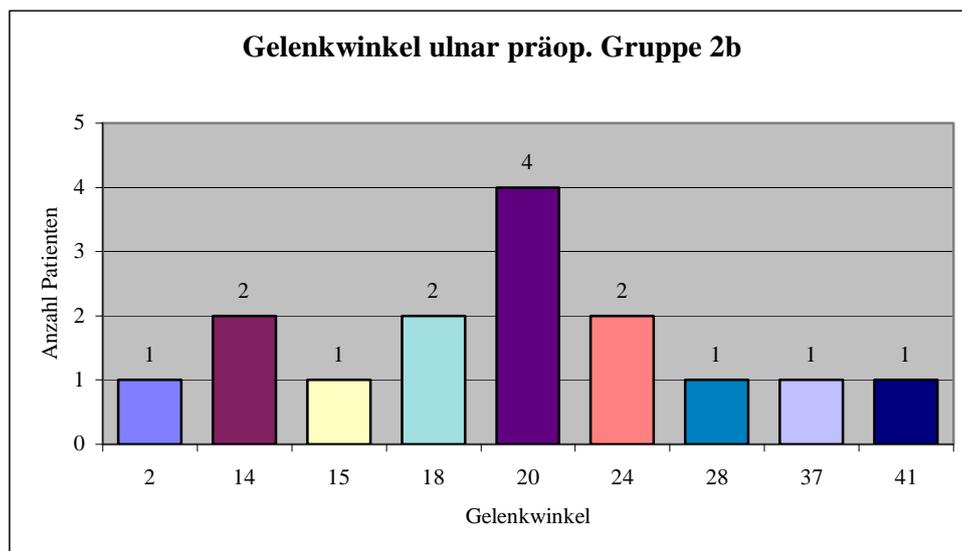


Abb. 47 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler präoperativ nach ulnar Gruppe 2b

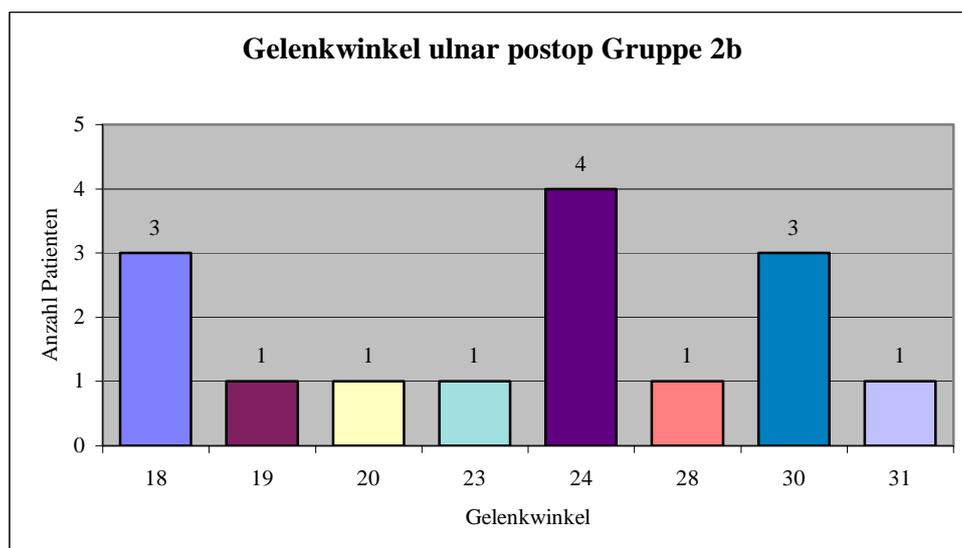


Abb. 48 Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler postoperativ nach ulnar Gruppe 2b

#### 4.4.2. Intraartikuläre Gelenkflächenstufung

Die intraartikuläre Gelenkflächenstufung betrug präoperativ 0 bis 5 mm (durchschnittlich 0,69 mm), postoperativ wurden 0 bis 2 mm und im Durchschnitt 0,2 mm gemessen.

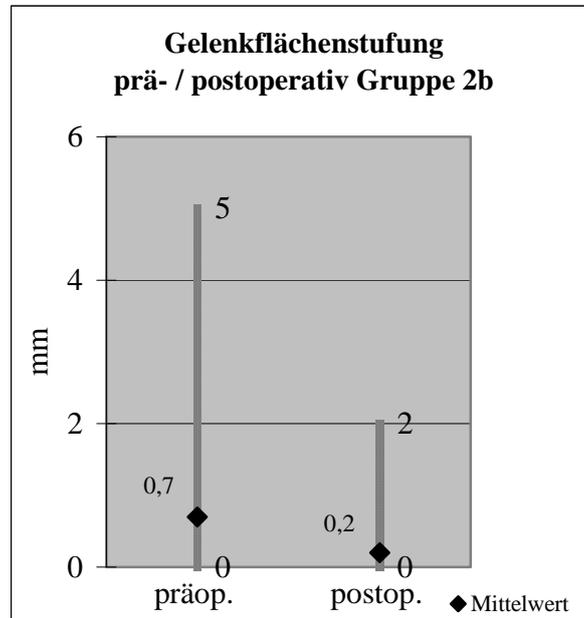


Abb. 49 Intraartikuläre Gelenkflächenstufung präoperativ / postoperativ Gruppe 2b

#### 4.3. Radiale Verkürzung

Die radiale Verkürzung betrug präoperativ 0 bis 25 mm (durchschnittlich 6,9 mm), postoperativ wurden 0 bis 10 mm und im Durchschnitt 2,8 mm gemessen.

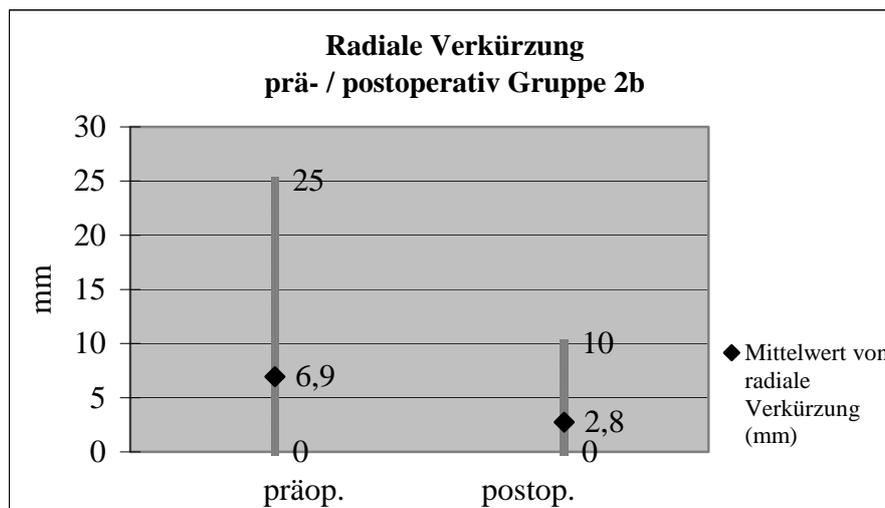


Abb. 50 Radiale Verkürzung präoperativ / postoperativ Gruppe 2b

#### 4.4.4. Radiologisches Bewertungsschema nach Naumann

Bei der Auswertung nach dem radiologischen Bewertungsschema von Naumann zeigten 4 Patienten (25 %) ein sehr gutes, 11 Patienten (68,75 %) ein gutes und ein Patient (6,25 %) ein befriedigendes radiologisches Ausheilungsbild.

Naumann - Score	Anzahl Patienten	Angabe in Prozent
0 - 2	4	25
3 - 7	11	68,75
8 - 15	1	6,25
> 16	0	0

Tab. 24 Radiologisches Bewertungsschema nach Naumann Gruppe 2b

Bewertungsschema nach Naumann:

0 - 2 Punkte: sehr gutes, 3 - 7 Punkte: gutes, 8 - 15 Punkte: befriedigendes, > 16 Punkte: schlechtes knöchernes Ausheilungsbild

#### 4.5. Traumascores

##### 4.5.1. DASH - Score

Die Auswertung des DASH - Fragebogens ergab im Mittel eine Punktzahl von 23,18 Punkten, ein DASH - Punktwert von vier wurde einmal erreicht, das schlechteste Ergebnis wurde mit 54 Punkten ausgewertet.

Die Verteilung zeigte bei 4 Patienten (25 %) eine Punktzahl unter 10, bei 4 Patienten (25 %) wurde eine Punktzahl von 10 bis 19, bei 3 Patienten (18,7 %) eine Punktzahl von 20 bis 29, bei 1 Patienten (6,3 %) eine Punktzahl von 30 bis 39, bei 2 Patienten (12,5 %) eine Punktzahl von 40 bis 49 und bei 2 Patienten (12,5 %) eine Punktzahl über 50 erhoben.

DASH -Score	Anzahl der Patienten	Angabe in Prozent
< 10	4	25
10 - 19	4	25
20 - 29	3	18,7
30 - 39	1	6,3
40 - 49	2	12,5
> 50	2	12,5

Tab. 25 Selbstbeurteilung nach DASH Gruppe 2b

Selbstbeurteilung nach DASH: 0 = optimale Funktion; 100 = max. Behinderung:

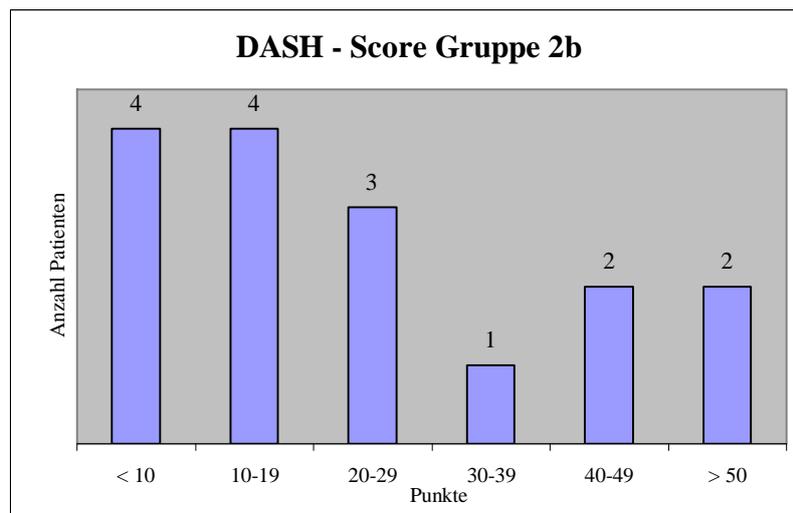


Abb. 51 DASH - Score Gruppe 2b

#### 4.5.2. Solgaard - Score

Die Auswertung des Traumascores nach Solgaard zeigte bei 4 Patienten ein sehr gutes Ergebnis, bei 6 Patienten ein gutes und bei 6 Patienten ein befriedigendes Ergebnis. Dadurch ergibt sich ein Mittel von 5,8 Punkten (gute postoperative Funktion) bei einer Bandbreite von 0 bis maximal 17 Punkten.

Solgaard -Score	Anzahl der Patienten	Angabe in Prozent
0 - 2 sehr gut	4	25
3 - 7 gut	6	37,5
8 - 18 befriedigend	6	37,5
19 - 39 ausreichend	0	0

Tab. 26 Traumascore nach Solgaard Gruppe 2b

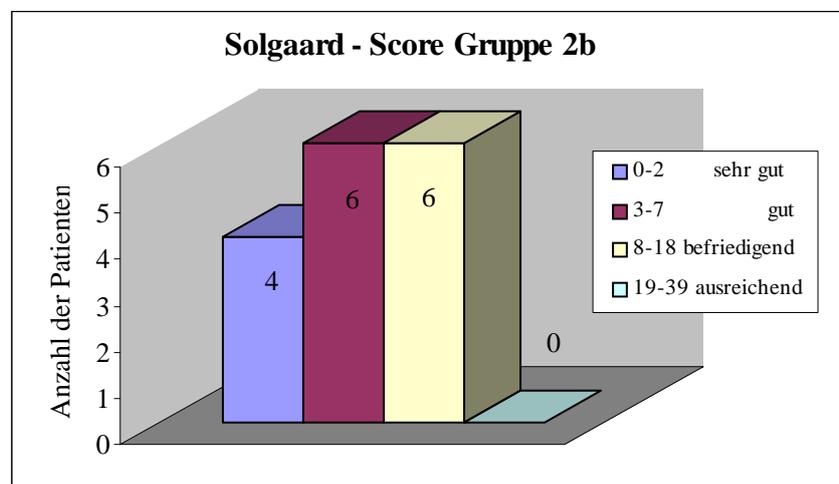


Abb. 52 Solgaard – Score Gruppe 2b

#### **IV.5. Vergleich der Ergebnisse der winkelstabilen T-Radiusplatten-Osteosynthese versus Gesamtheit der Osteosyntheseverfahren versus Kirschnerdrahtosteosynthese versus nicht winkelstabile Plattenosteosynthese**

Es handelt sich um eine retrospektive Untersuchung, bei der die Datenerfassung in einer ACCESS-Datenbank und Microsoft Excel erfolgte. Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm SPSS für Windows Version 15.0 durchgeführt. Zum Testen von Unterschiedshypothesen zwischen den einzelnen Gruppen kam der U-Test von Mann-Whitney zur Anwendung. Vergleiche wurden mit dem Student-T-Test und dem Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Als Signifikanzniveau wurde der Wert  $P = 0,05$  festgelegt.

##### **5.1. Vergleich der Ergebnisse der klinischen Untersuchung des Bewegungsumfanges im Handgelenk nach der Neutral-0-Methode**

Der Vergleich der Ergebnisse der Messung der Bewegungsumfänge der winkelstabilen T-Radiusplatten-Osteosynthese (Gruppe 1) mit den Resultaten der anderen Osteosyntheseverfahren ergab für alle Bewegungsrichtungen signifikant bessere Ergebnisse (jeweils  $p < 0,05$ ) mit im Durchschnitt  $3^\circ$  besseren Beweglichkeiten und geringeren Standardabweichungen ( $1^\circ$  bis  $2^\circ$ ). Die Ergebnisse der konventionellen Osteosyntheseverfahren (Gruppe 2) unterschieden sich dabei kaum von den Einzelergebnissen für die reine Kirschnerdrahtosteosynthese (Gruppe 2a) oder für die konventionelle T-Plattenosteosynthese (Gruppe 2b).

Für die Flexion und Radialabduktion ergaben sich leichte Unterschiede beziehungsweise bessere Ergebnisse für die konventionelle T-Plattenosteosynthese (Gruppe 2b), die jedoch statistisch nicht signifikant sind ( $p = 0,058$  /  $p = 0,061$ ).

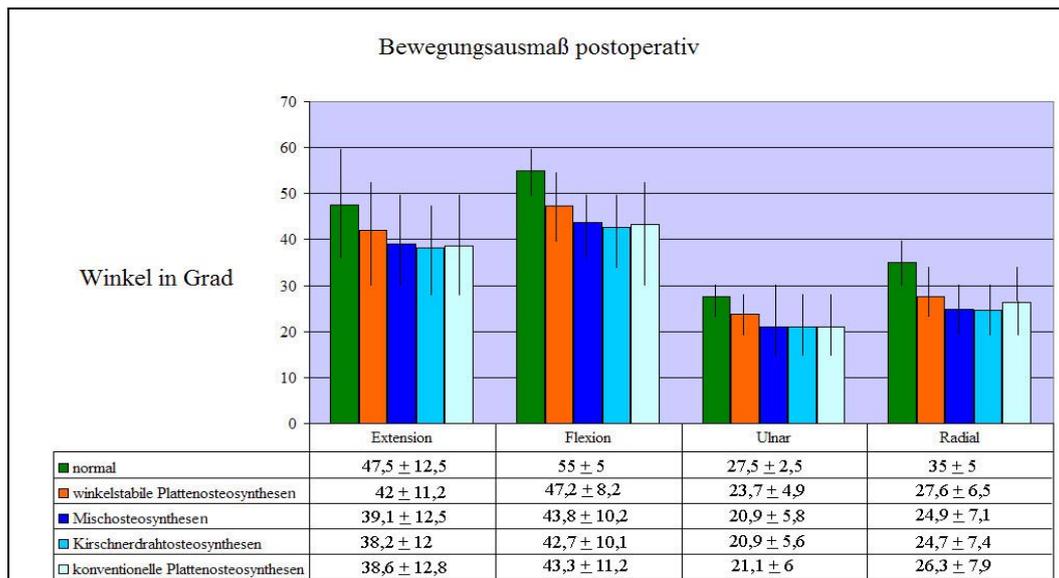


Abb. 53 Vergleich der Bewegungsumfänge im Handgelenk nach der Neutral-0-Methode

## 5.2. Vergleich der radiologischen Parameter

### 5.2.1. Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler postoperativ

#### 5.2.1.1. Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler nach palmar (n: 10°)

Beim Vergleich der postoperativ erreichten Winkel der radiokarpalen Gelenkflächen nach palmar zeigte sich, dass mit Hilfe der winkelstabilen T-Radiusplatten-Osteosynthese (Gruppe 1) der anatomische Winkel annähernd wiederhergestellt werden kann (Mittelwert 9,66°, Standardabweichung 1,18°). Insbesondere im Vergleich mit den konventionellen Osteosyntheseverfahren (Gruppe 2: Mittelwert 11,13°, Standardabweichung 2,84°) fand sich ein deutlich signifikanter Unterschied  $p=0,038$ . In der Einzelbetrachtung der Kirschnerdrahtosteosynthesen (Gruppe 2a) und konventionellen Plattenosteosynthesen (Gruppe 2b) ist dieser Unterschied noch vorhanden, jedoch nicht mehr so deutlich (Mittelwert: 10,63° / 10,47°; Standardabweichung 2,25° / 2,48°,  $p=0,045$ ).

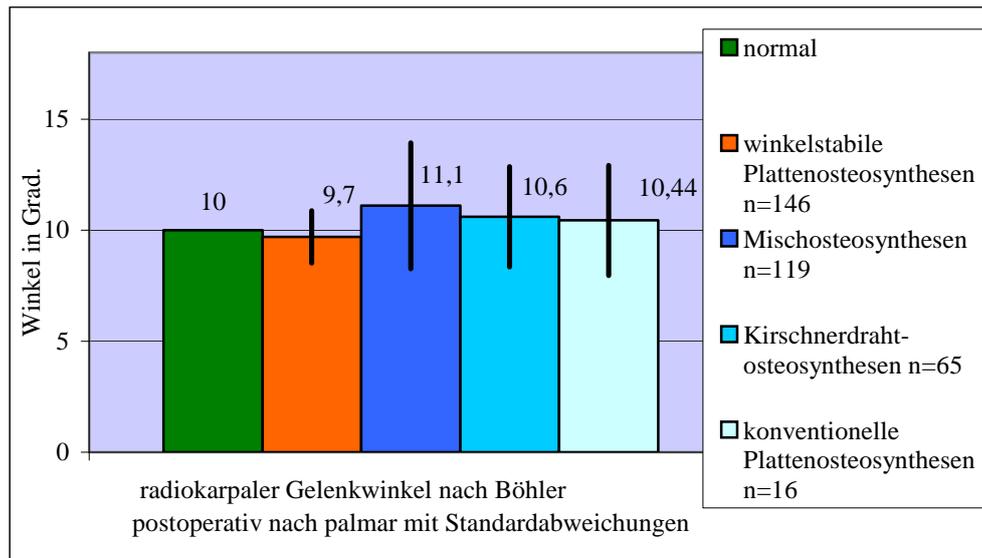


Abb. 54 Vergleich der Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche postoperativ nach palmar

### 5.2.1.2. Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler nach ulnar (n: 25 - 30°)

Der postoperativ erreichte Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach ulnar zeigte im Vergleich der einzelnen Gruppen zunächst keine signifikanten Unterschiede  $p > 0,05$ .

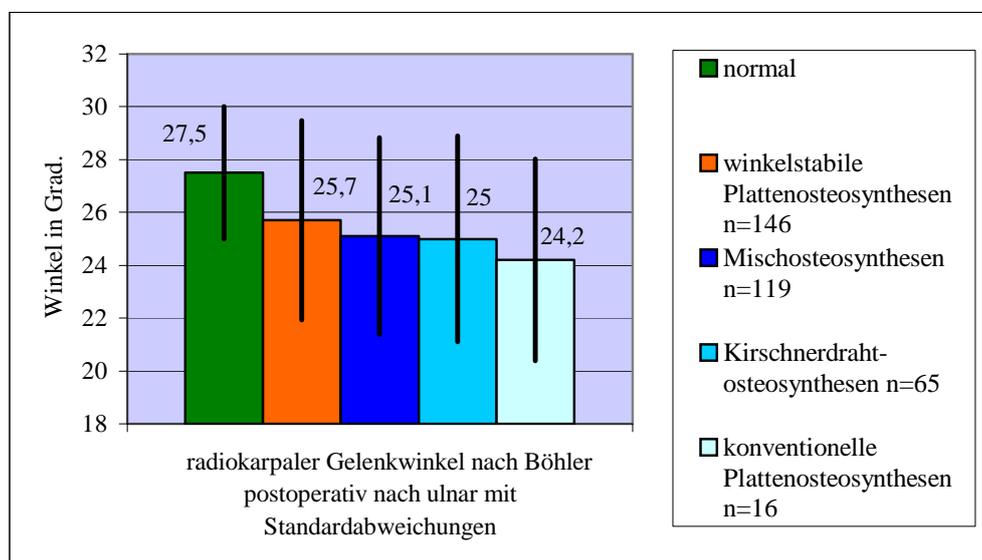


Abb. 55 Vergleich der Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche postoperativ nach ulnar

Erst die Betrachtung der Einzelergebnisse und der Vergleich der präoperativen und postoperativen Werte zeigte deutlich ein signifikant besseres Aufrichtungsergebnis für die

winkelstabile Plattenosteosynthese, mit der es gelang, die Frakturen im Mittel um  $9,5^\circ$  auf durchschnittlich  $25,7^\circ$  ( $8^\circ - 34^\circ$ , Standardabweichung  $3,77^\circ$ ) aufzurichten. Mit der Kirschnerdrahtosteosynthese konnte nur eine Aufrichtung um  $3,3^\circ$  auf  $25^\circ$  ( $12 - 36^\circ$ , Standardabweichung  $3,72^\circ$ ) und mit der konventionellen nicht winkelstabilen Plattenosteosynthese nur eine Verbesserung um  $3^\circ$  auf  $24,2^\circ$  ( $18 - 31^\circ$ , Standardabweichung  $3,82^\circ$ ) erreicht werden.

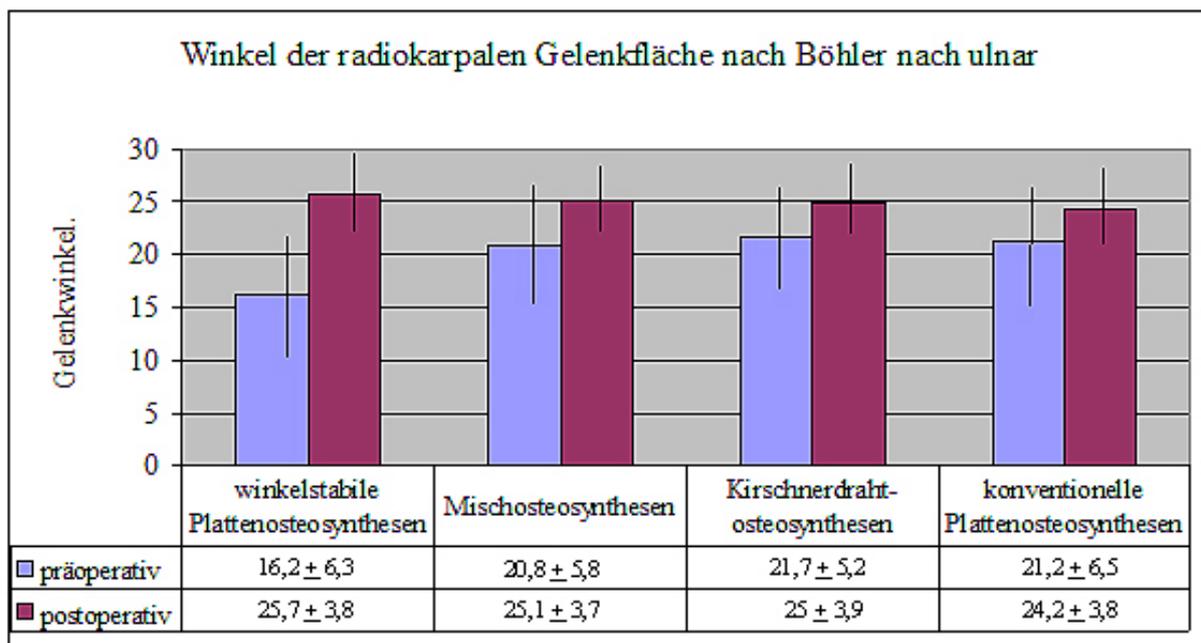


Abb. 56 Vergleich der prä- und postoperativen Gelenkwinkel nach Böhler nach ulnar

### 5.2.2. Intraartikuläre Gelenkflächenstufung

Im Durchschnitt konnte bei allen Gruppen die präoperative Gelenkflächenstufung nahezu aufgehoben werden. Ein signifikanter Unterschied ergab sich im Vergleich der Patientenzahlen in Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplatten-Osteosynthese) zu Gruppe 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) mit  $p=0,037$ . In Gruppe 1 verblieben Gelenkflächenstufen nur bei 4,3 % der Patienten (Mittelwert 0,06 mm; Standardabweichung 0,6 mm) dagegen bei 12,5 % der Patienten in der Gruppe 2b (Mittelwert 0,2 mm, Standardabweichung 0,53 mm)

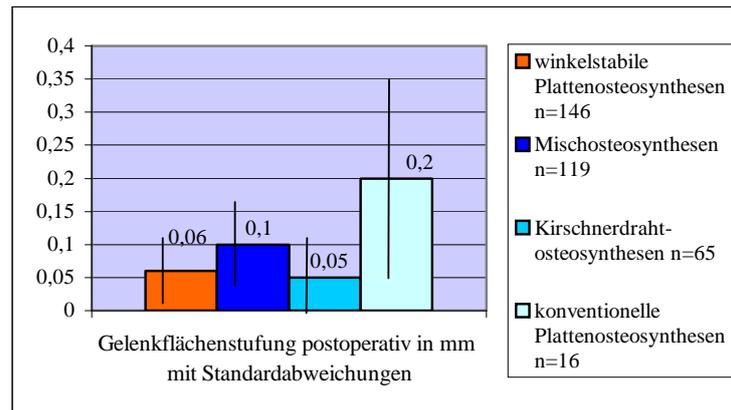


Abb. 57 Vergleich der intraartikulären Gelenkflächenstufung postoperativ

### 5.2.3. Radiale Verkürzung

Die größte Wiederherstellung der radialen Länge wurde mit den winkelstabilen Plattenosteosynthesen mit einer durchschnittlichen Verbesserung der Verkürzung um 8,2 mm (Standardabweichung 1,39 mm) erreicht (Kirschnerdrahtosteosynthesen 5,1 mm (Standardabweichung 2,96 mm); konventionelle Plattenosteosynthesen 4,1 mm (Standardabweichung 3,22 mm))  $p < 0,05$ .

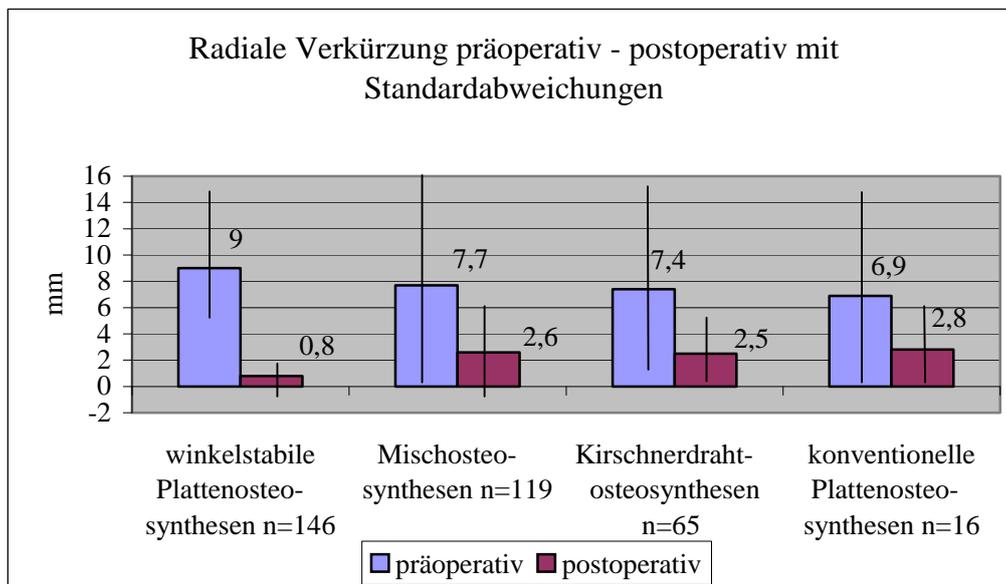


Abb. 58 Vergleich der präoperativen und postoperativen radialen Verkürzung

### 5.2.4. Radiologisches Bewertungsschema nach Naumann

Im radiologischen Bewertungsschema nach Naumann wurden 50 % der Patienten mit winkelstabilen Plattenosteosynthesen (Gruppe 1) mit einem sehr guten Ergebnis (0 bis 2 Punkte) bewertet. Im Vergleich dazu konnte dieses Ergebnis in den anderen Gruppen nur von 33,6 % der Mischosteosynthesen (Gruppe 2), 16,9 % der Kirschnerdrahtosteosynthesen (Gruppe 2a) beziehungsweise von 25 % der Patienten mit konventionellen Plattenosteosynthesen (Gruppe 2b) erreicht werden.

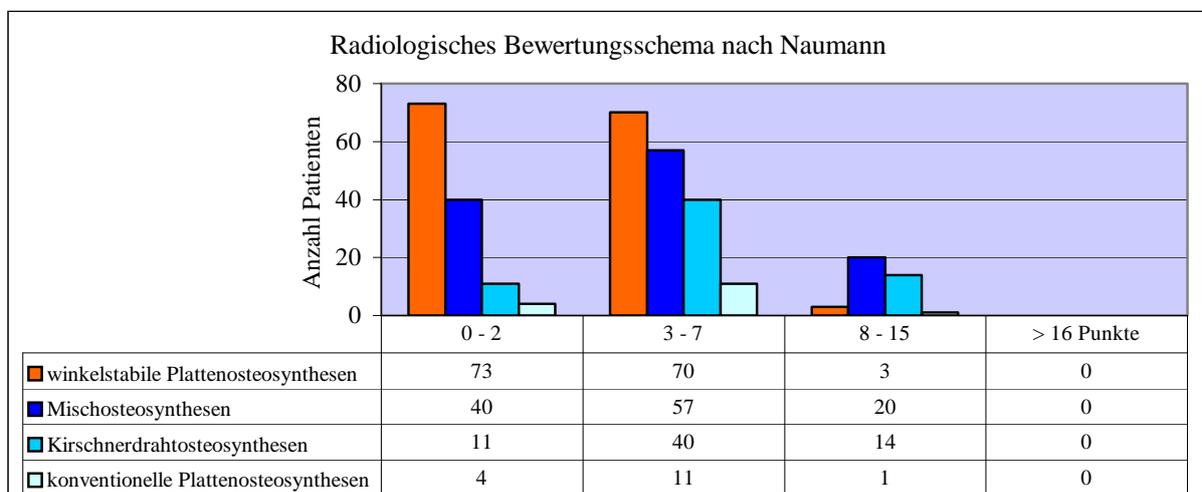


Abb. 59 Vergleich der Naumann Scores

## 5.3. Vergleich der Traumascores

### 5.3.1. DASH - Score

Im DASH - Score erreichten 80 % der Patienten aus der Gruppe der winkelstabilen Plattenosteosynthesen (Gruppe 1) ein sehr gutes bis gutes Ergebnis (<10 Punkte bzw. 10 - 19 Punkte). Dagegen erzielten in der Gruppe der Mischosteosyntheseverfahren (Gruppe 2) nur 16,8 % der Patienten ein vergleichbares Ergebnis. In den Einzelbetrachtungen erreichten 43 % der Patienten mit reinen Kirschnerdrahtosteosynthesen (Gruppe 2a) und 50 % der Patienten mit konventionellen Plattenosteosynthesen (Gruppe 2b) ein sehr gutes bis gutes Ergebnis.

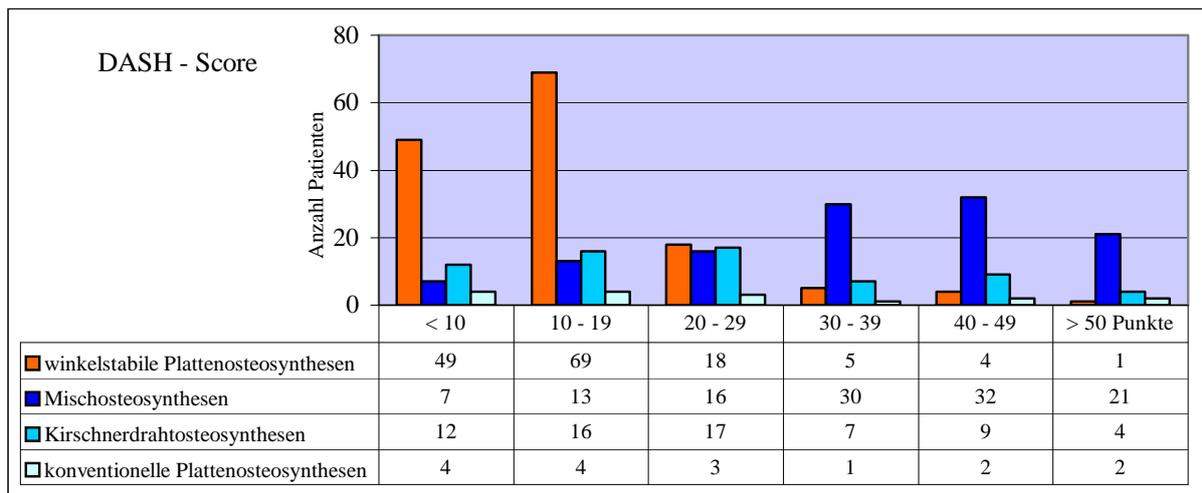


Abb. 60 Vergleich der DASH - Scores

### 5.3.2. Solgaard- Score

81 % der Patienten mit winkelstabiler Plattenosteosynthese (Gruppe 1) erreichten sehr gute Ergebnisse, während die Patienten der Gruppen 2 (Mischosteosynthesen) und 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) dies nur zu 21,8 % beziehungsweise 16,9 % erreichten. Für diese Gruppen lag der Schwerpunkt mit 49,6 / 50,8 Prozent im guten Bereich. Die Patienten der konventionellen Plattenosteosynthesegruppe (Gruppe 2b) verteilten sich nahezu gleichmäßig auf alle Bewertungsgruppen.

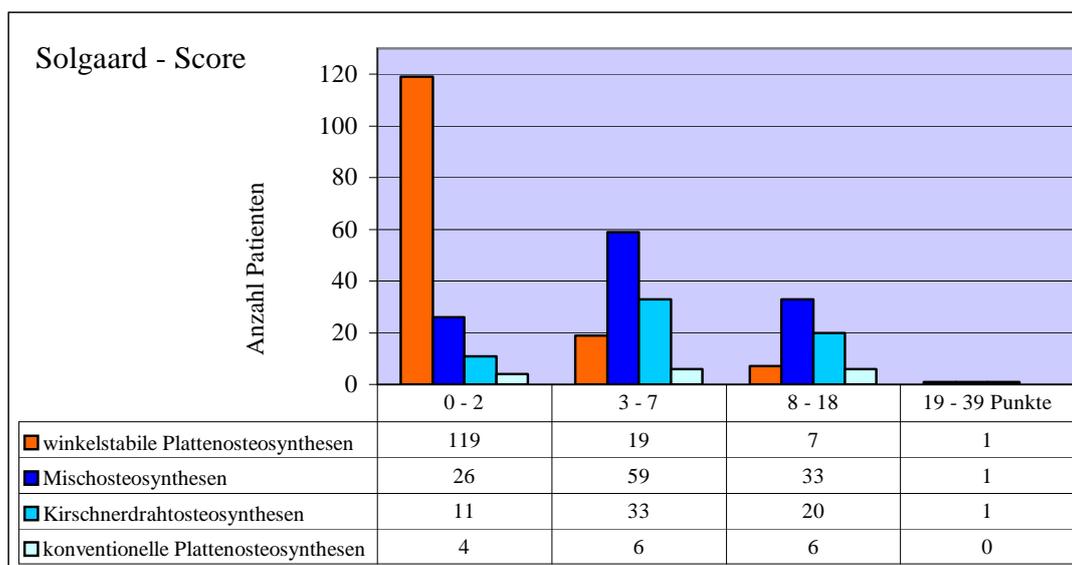


Abb. 61 Vergleich der Solgaard – Scores

## V. DISKUSSION

In der Bewertung des Ausheilungsergebnisses nach distalen Radiusfrakturen stehen objektive Kriterien wie röntgenologisches Ausheilungsbild, knöcherner Frakturdurchbau und Messung der Beweglichkeit des Handgelenkes sowie des Muskelumfanges, die lokale Durchblutung, Hautfarbe, Behaarung und Sensibilität zur Verfügung. Daneben sind jedoch subjektive Kriterien wie Schmerz, körperliche Leistungsfähigkeit und Verlust an Lebensqualität nicht ohne weiteres messbar. Insbesondere die subjektiven Kriterien entscheiden aber häufig über die Wiedereingliederung eines Patienten in sein soziales und berufliches Umfeld.

Das Ziel der Datenanalyse bestand darin, Trends und Hinweise auf mögliche Unterschiede im klinischen und radiologischen Ausheilungsbild im Vergleich winkelstabiler Plattenosteosynthese zu den bisher angewandten Osteosyntheseverfahren zu finden.

Die distale Radiusfraktur wurde im Jahr 2000 hinter den Schenkelhalsfrakturen auf Rang 2 unter den „geriatrischen Frakturen“ eingeordnet, der somit den hohen Altersdurchschnitt erklärt [7], der sich auch in unseren beiden Untersuchungsgruppen mit einem Mittelwert von 65,3 bzw. 65 Jahren widerspiegelt. Diese Verteilung findet sich in den meisten anderen Untersuchungen zu diesem Thema ebenso wieder, wie die Geschlechterverteilung [8, 34].

Das Geschlechterverhältnis weiblich / männlich 3 : 1 bzw. 6 : 1 zeigt eine auch in den Untersuchungen von Dias et al. vorgefundene Häufung des weiblichen Geschlechtes, die dieser durch die in diesem Alter ausgeprägtere Osteoporose erklären [11]. Die postmenopausale (Typ-I-) Osteoporose ist die häufigste Form der Osteoporose und tritt bei Frauen zwischen dem 51. und 75. Lebensjahr als Folge des Östrogenabfalls auf. Der Knochenschwund beginnt bereits Jahre vor der Menopause und nimmt nach der Menopause weiter zu [81]. Dabei ist die dünne Kompakta der distalen Radiusmetaphyse biomechanisch als Prädilektionsstelle für diese Fraktur anzusehen [32].

Die ASA - Klassifikation der Patienten zeigt in beiden Gruppen und den beiden Untergruppen eine gleiche Verteilung mit zwei Drittel der Patienten in ASA II und je einem Drittel in ASA I und ASA III. Diese Verteilung findet sich auch in der Untersuchung von Schupp [67] wieder.

Die Einordnung der Frakturen in die AO - Klassifikation ergibt ein gleiches Verteilungsmuster mit einem Maximum der Typ A3 Frakturen von 47,26 % in Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) und 49,58 % in Gruppe 2

(Mischosteosynthesen). In den Untergruppen kommen Typ A3 Frakturen zu 69,23 % in Gruppe 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) und zu 68,75 % in Gruppe 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) vor. Ein zweiter Gipfel wird im Bereich der Typ C1 Frakturen in der Gruppe 1 20,55 % bzw. bei den Typ C3 Frakturen in der Gruppe 2 10,92 % und den beiden Untergruppen Gruppe 2a 12,31 % und Gruppe 2b 18,75 % erreicht. Diese Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen der meisten anderen Arbeitsgruppen [8, 15, 36].

Eine präoperative geschlossene Reposition wurde in Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) in 59,59 % der Fälle durchgeführt. Dagegen erfolgte in Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) nur in 40,34 % der Fälle eine präoperative Reposition, beim Betrachten der Untergruppen wurde in Gruppe 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) in 47,69 % und in Gruppe 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) in 43,75 % der Fälle präoperativ die Fraktur reponiert.

Die winkelstabile Plattenosteosynthese wurde in der Regel nach Abswellen der Weichteile durchgeführt. Es erfolgte daher zunächst eine Korrektur der Fehlstellung mit anschließender Ruhigstellung in einer dorsoradialen Unterarmgipsschiene.

Durch dieses Vorgehen ergibt sich auch ein deutlicher Unterschied in den Operationszeitpunkten in den einzelnen Gruppen. So lag der Operationszeitpunkt in Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) bei 3,6 Tagen nach dem Unfallereignis. Im Durchschnitt erfolgte die Operation in Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) 1,4 Tage früher. Der Operationszeitpunkt in Gruppe 2 und Gruppe 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) lag bei 2,2 Tagen, in der Gruppe 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) bei 1,6 Tagen nach dem Unfallgeschehen.

Die oben genannte Verfahrensweise mit zunächst geschlossener Reposition und Gipsruhigstellung bis zur Operation beschreibt auch Sakahii [64] in seiner Untersuchung. Die Operation erfolgte dort ebenfalls im Mittel am 3,6. Tag, ebenso bei Thielke [77], er gibt im Mittel 4 Tage an. Nur in der Untersuchung von Walz [83] wird von einer Operation der Patienten innerhalb einer 24h-Grenze gesprochen.

Die Operationen wurden in allen Gruppen unseres Patientengutes überwiegend in Larynxmaskennarkose ausgeführt. Dagegen gibt Lindemann-Sperfeld [36] in 55 % der Fälle eine intravenöse Regionalanästhesie an.

Die Operationsdauer in Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) war im Durchschnitt 17 Minuten länger (durchschnittlich 68,6 min) als in der Gesamtgruppe 2 (durchschnittlich 51,6 min). Aber auch Krimmer [31] und Thielke [77] berichten über eine durchschnittliche Operationsdauer von 64 min. bzw. 65 min. für die winkelstabile Plattenosteosynthese.

Vergleicht man jedoch die Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) mit der Gruppe 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) so findet sich eine nahezu identische Operationsdauer von durchschnittlich 68,6 min bei der winkelstabilen T-Radiusplattenosteosynthese zu durchschnittlich 68,3 min bei der herkömmlichen dorsalen oder palmarer Plattenosteosynthese. Die reine Kirschnerdrahtosteosynthese (Gruppe 2a) dauerte im Durchschnitt 38,4 Minuten.

In der Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) wurde in keinem Fall eine Defektauffüllung durchgeführt, während in den Vergleichsgruppen in 11 Fällen eine autogene Spongiosaplastik (6 mal bei der Kirschnerdrahtosteosynthese, 1 mal bei der Plattenosteosynthese) und in 15 Fällen Biobon oder Pyrost (9 mal bei der Kirschnerdrahtosteosynthese und 3 mal bei der Plattenosteosynthese) in den Defekt eingebracht wurde. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Untersuchungen von Dumont [15], Krimmer [31], Stahel [75], Arndt-Kolbeck [1] und Walz [83], die in ihren Untersuchungen ebenfalls keine Spongiosaplastik zur Unterfütterung einsetzten. Basten [8] berichtet über die Notwendigkeit zweier Spongiosaplastiken in einem Patientenkollektiv von 102 Patienten. In der Arbeit von Uzdil [80] werden 3 Patienten von einem Kollektiv von 71 Patienten mit einer Spongiosaplastik versorgt.

Eine Spongiosaplastik ist laut Woltmann [89] bei der winkelstabilen Osteosynthese nicht mehr notwendig, da durch die winkelstabile Verbindung der Schrauben und Stifte mit der Platte und die subchondrale Lage der Schrauben ein Nachsintern der Fraktur kaum zu befürchten ist [57, 80]. Durch die Winkelstabilität gelingt nicht nur die Versorgung von Flexionsfrakturen mit offener Reposition und palmarer Plattenosteosynthese im Sinne einer Abstützplatte, sondern auch die stabile Versorgung der instabilen Extensionsfrakturen von palmar im Sinne einer Zuggurtungsosteosynthese [65] mit der Möglichkeit der frühen funktionellen Nachbehandlung [12, 15, 52].

Postoperativ wurden in der Gruppe 1 alle mit der winkelstabilen Plattenosteosynthese versorgten Radiusfrakturen in einer dorsoradialen Unterarmgipsschiene zumindest bis zur Stabilisierung der Weichteilverhältnisse ruhiggestellt. In der Literatur finden sich hierzu unterschiedliche Angaben von keiner Ruhigstellung [34], Ruhigstellung bis zur Stabilisierung der Weichteilverhältnisse [15] oder Ruhigstellung bis zur knöchernen Konsolidierung. Moghaddam [45] führte zu diesem Thema eine prospektive Studie durch, in der aus der Lagerungsschiene heraus eine frühzeitige krankengymnastische Übungsbehandlung erfolgte, die eine Tendenz zu einer verbesserten Beweglichkeit und subjektiven Beschwerdefreiheit nach frühfunktioneller Behandlung zeigte. Thielke [77] beschreibt in 59,1 % seiner Fälle eine gipsfreie frühfunktionelle Nachbehandlung bei der winkelstabilen Plattenosteosynthese.

Dagegen besteht in der Ruhigstellung nach Kirschnerdrahtosteosynthese oder konventioneller Plattenosteosynthese weitgehend Übereinstimmung über eine Ruhigstellung bis zur knöchernen Konsolidierung, wie sie in beiden Untergruppen 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) und 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) durchgeführt wurden [50, 83].

Zur Frage der Stabilität der Osteosynthese wurde die Aussage des Operateurs im Operationsbericht herangezogen. Demnach waren in der Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplatte) 82,88 % der Osteosynthesen (94 Patienten) übungstabil und konnten mit einer frühfunktionellen krankengymnastischen Übungsbehandlung aus der Schiene heraus ab dem ersten postoperativen Tag geübt werden. Nur 17,12 % der Osteosynthesen (25 Patienten) wurden vom Operateur als nicht übungstabil bezeichnet und in der Gipsschiene ausbehandelt. Diese waren überwiegend Osteosynthesen, bei denen der Operateur intraoperativ den Eindruck eines „weichen“ Knochens hatte, da die eingebrachten Schrauben im Knochen keinen sicheren festen Halt fanden, oder Patienten mit winkelstabilen Osteosynthesen, die in der Anfangszeit durchgeführt wurden und in der Abteilung noch wenig Erfahrung im Umgang mit den winkelstabilen Implantaten vorhanden war. Heute erfolgt eine weitgehend gipsfreie frühfunktionelle Nachbehandlung.

In Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) wurden dagegen 78,15 % der Osteosynthesen als nicht übungstabil und nur 21,85 % als übungstabil eingestuft. In den Untergruppen fand sich eine Verteilung von 93,85 % nicht übungstabiler Osteosynthesen in Gruppe 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) und 43,75 % nicht übungstabile Plattenosteosynthesen in der Gruppe 2b.

Die Krankenhausverweildauer ist in Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) im Durchschnitt mit 10,6 Tagen 2 Tage kürzer als in Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) mit 12,6 Tagen. In den Untergruppen findet sich bei der Kirschnerdrahtosteosynthese eine Verweildauer von 10,7 Tagen, bei der Plattenosteosynthese eine Liegezeit von 13,6 Tagen.

Diese Zeiten aus den Jahren 1997 - 2003 sind sicherlich nicht mehr repräsentativ, so beträgt heute die Verweildauer bei der Plattenosteosynthese maximal 4 bis 6 Tage und die Kirschnerdrahtosteosynthese wird überwiegend ambulant durchgeführt.

Komplikationen im Zusammenhang mit distalen Radiusfrakturen haben erhebliche Bedeutung für den Patienten. Diese lassen sich in Früh- und Spät komplikationen unterteilen. Zu ersteren gehören Redislokationen sowie frühe, posttraumatische Karpaltunnelsyndrome [29].

Die erstgenannten Redislokationen traten bei vier Patienten (3,36 %) in der Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) auf, darunter drei Fälle, die zusätzlich mit revisionspflichtigen Wundheilungsstörungen (2,52 %) einhergingen. Diese Frakturen waren durch Osteosynthesen mit Materialkombinationen (Kirschnerdraht / Schraube / Fixateur externe) versorgt worden.

In der Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) trat keine Redislokation der Fraktur auf. Mit den winkelstabilen Implantaten gelingt es durch die winkelstabile Verbindung zwischen Schrauben- beziehungsweise Stiftköpfe mit dem Plattenloch, ein vorzeitiges Auslockern der Platte und vor allem der Schrauben und eine entsprechende damit verbundene Sekundäredislokation der Fragmente wesentlich zu verringern. Biomechanisch betrachtet handelt es sich dadurch eigentlich um einen Fixateur interne. Durch die erhöhte Stabilität und die deutlich verbesserte Ausreißkraft aus dem Knochen ist es so möglich, eine stabilere Fragmentfixation zu erreichen [75], deren Vorteile vor allem bei kleineren Fragmenten und in Gelenknähe deutlich hervortreten [23]. Auch durch die exakte subchondrale Lage der Verankerungselemente in der Zone der größten Knochenfestigkeit im distalen Fragment wird die Gefahr der sekundären Redislokation selbst bei osteoporotischem Knochen minimiert [52].

Unspezifische Sensibilitätsstörungen traten in jeder der untersuchten Gruppen bei jeweils drei Patienten entsprechend 1,37 % in Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) und 2,52 % in Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) auf. In den Untergruppen waren es in Gruppe 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) 2 Patienten und in Gruppe 2b (konventionelle Platten-

osteosynthesen) kein Patient. In den Arbeiten von Dumont [15] und Prokop [57] werden sogar bis zu 12 % Nervenirritationen beschrieben. Ähnlich beschreibt es Cyffka [10], der in einer ersten Untersuchung der Patienten zunächst ebenfalls 12 % Nervenirritationen sah, die bei der nächsten Nachuntersuchung nicht mehr nachweisbar waren. Oestern [51] beschreibt in seiner Übersichtsarbeit 8 % bis 17 % Kompressionssyndrome der Nervi medianus, ulnaris und radialis. Die hohe Komplikationsrate von 16% in der Untersuchung von Woltmann [89] erklärte dieser mit der anfänglich nicht konsequent durchgeführten Spaltung des Karpaltunnels. In der Untersuchung von Larsen [34] wurde in 2,4 % der Fälle eine vorzeitige Metallentfernung wegen Narbenzuges und zunehmender Nervus medianus - Irritation durchgeführt. Unmittelbar postoperativ führte in dieser Studie in 3,6 % der Fälle ein postoperatives Karpaltunnelsyndrom zu einem Revisionseingriff. Ein solches postoperatives Karpaltunnelsyndrom kam in unserem Patientengut in keiner Gruppe vor. Eine Medianusirritation, die im Verlauf rückläufig war, trat bei einem Patienten (0,68 %) der Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) auf. Eine routinemäßige, intraoperative Spaltung des Karpalkanals wurde nicht durchgeführt und erscheint auf Grund unserer guten Ergebnisse auch nicht erforderlich.

Besonders nach mehrfachen und vor allem zu heftigen Repositionsversuchen sowie zu engen ruhigstellenden Verbänden während der Frakturbehandlung besteht die Gefahr der Ausbildung einer Algodystrophie / eines CPRS, die mit 7,2 % die häufigste Komplikation der distalen Radiusfraktur ist [29]. So berichtet Eingartner [16] über 8,1 % Dystrophien in seinem Krankgut nach perkutaner Kirschnerdrahtosteosynthese und über 11,6 % Dystrophien bei der herkömmlichen palmaren oder dorsalen Plattenosteosynthese. In einer Untersuchung von Heim [21], in der 29 Patienten mit konventionell plattenosteosynthetisch versorgter distaler Radiusfraktur nachuntersucht wurden, trat sogar in 17 % der Fälle eine Algodystrophie auf, insbesondere bei vorheriger volarer Abkipfung und intraartikulärem Verlauf der Fraktur. Bei einem Kollektiv von 166 Patienten beschreibt Dumont [15] in 5 % eine Algodystrophie bei der palmaren Plattenosteosynthese mit der normalen nicht winkelstabilen T-Platte.

Dagegen berichtet Sakahii [64] nur über 2 % Algodystrophien bei der Versorgung der Frakturen mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese.

In unserem Krankengut kam es in der Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) mit 146 Patienten in 2 Fällen entsprechend 1,37 % zu einer Ausbildung einer Algodystrophie, während sich in Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) mit 119 Patienten in 2,5 % der Fälle, das heißt bei 3 Patienten aus der Gruppe der Kirschnerdrahtosteosynthesen, das

klinische und radiologische Bild einer Algodystrophie zeigte. Es zeigt sich ein Vorteil für die winkelstabile Osteosynthese. Dieses Ergebnis wird auch in den Untersuchungen von Papst und Uzdil [52] bestätigt.

Ein Patient der Gruppe 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) entwickelte trotz Thromboseprophylaxe eine Beinvenenthrombose (0,84 %).

Die knöcherne Konsolidierung in Fehlstellung stellt eine der häufigsten Spätkomplikationen dar und bedeutet für den Patienten oft eine erhebliche Behinderung. Diese Fehlstellung wird durch eine Einschränkung der Palmarflexion und seltener der Dorsalflexion, durch einen Kraftverlust beim Faustschluß, durch eine Behinderung der Ulnarabduktion durch die relative Ellenverlängerung und durch eine schmerzhaft eingeschränkte Pro- und Supination sowie vorzeitige arthrotische Veränderungen symptomatisch.

Häufigste Form der Fehlstellung nach Abheilung einer distalen Radiusfraktur ist die Verkürzung des Radius mit gleichzeitigem Ellenvorschub und einer nach dorsal abgekippten radiokarpalen Gelenkfläche [59]. Hierauf wird bei der Auswertung der radiologischen Ergebnisse weiter eingegangen werden.

Gelegentlich werden posttraumatische Karpaltunnelsyndrome auch als Spätkomplikation beobachtet. Eine Pseudarthrosenbildung im Bereich des häufig mitfrakturierten Processus styloideus ulnae kann zu lokalisierter Druckschmerzhaftigkeit führen. Selten kommt es zur sekundären Ruptur der Sehne des Musculus extensor pollicis longus [29].

Larsen [34] berichtet in ihrem Krankengut mit 251 operierten Patienten von einer Verletzung einer Zeigefingerbeugesehne (0,4 %). In unseren Untersuchungsgruppen trat dieses Ereignis nicht auf.

Die von Siebert insbesondere beim dorsalen Zugang beschriebenen hohen Raten von Sehnenreizungen bis hin zu Sehnenrupturen fanden sich in unserer Untersuchung ebenfalls nicht [70].

In unserem Patientengut kam es bei zwei Patienten (1,68 %) der Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) zu einer Pseudarthrose, die einmal revisionsbedürftig war. Eine weitere Pseudarthrose mit Fehlstellung bei einer Patientin in deutlich reduziertem Allgemeinzustand wurde belassen.

Werden alle Komplikationen zusammengefasst betrachtet, so fielen in der Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) in 11,77 % der Fälle (14 Patienten) Komplikationen auf, wobei die Komplikationen überwiegend in der Gruppe der Kirschnerdrahtosteosynthesen (12,31% entsprechend 8 Patienten) auftraten. In der Gruppe 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) kam es lediglich in einem Fall (6,25%) zu einer Komplikation.

In den Untersuchungen von Sakahii [64] zur winkelstabilen T-Radiusplattenosteosynthese wurden insgesamt 10 % Komplikationen beobachtet.

In unserer Gruppe 1 der winkelstabilen T-Radiusplattenosteosynthese kam es dagegen nur in 4,11 % der Fälle (6 Patienten) zu Komplikationen.

Bei der klinischen Untersuchung wurden die Bewegungsumfänge im Handgelenk mittels Neutral-Null-Methode gemessen. Diese Meßmethode ist das am weitesten verbreitete Verfahren und Standard in der Beurteilung des Bewegungsumfanges von Gelenken [7]. Sie hat sowohl eine hohe inter- als auch intraindividuelle Reliabilität [53]. In dieser Untersuchung wurde der Bewegungsumfang in allen Fällen durch denselben Untersucher erhoben. Dadurch konnten Meßabweichungen durch interindividuell unterschiedliches Messen so gut wie ausgeschlossen werden. Ein Vergleich des Bewegungsumfanges der verletzten Extremität mit dem der Gegenseite wurde nicht durchgeführt, da Messungen bei gesunden Probanden bereits signifikante Seitabweichungen gezeigt hatten [25].

Ryu et al. [63] gaben Werte für Palmarflexion und Dorsalflexion bzw. Radialabduktion und Ulnarabduktion an, die für die komfortable Verrichtung von 24 Gebrauchsbewegungen des täglichen Lebens notwendig sind. So verlangten sie 60° Dorsalflexion und 54° Palmarflexion sowie 17° Radialabduktion und 40° Ulnarabduktion. Als Minimalwerte für die Verrichtung dieser Gebrauchsbewegungen gaben sie 40° Dorsalflexion und 40° Palmarflexion sowie 10° Radialabduktion und 20° Ulnarabduktion an.

In der Gruppe 1 der winkelstabilen Plattenosteosynthese wurden im Durchschnitt 42° (15° - 66°) Dorsalflexion, 47,2° (20° - 61°) Palmarflexion, 27,6° (5° - 40°) Radialabduktion und 23,7° (10° - 38°) Ulnarabduktion gemessen. Diese Mittelwerte der Bewegungsumfänge in der Gruppe 1 entsprechen den oben genannten Anforderungen und ermöglichen den Patienten somit einen normalen Gebrauch der verletzten Extremität.

Im Vergleich dazu berichtet Thielke [77] in seiner Untersuchung über eine durchschnittliche Beweglichkeit von 50,0° in Dorsalextension, 48,6° Palmarflexion, 31,6° Radialabduktion und

28,9° Ulnarabduktion bei Patienten mit winkelstabil versorgter Radiusfraktur. Bei den Patienten von Schupp [67] ergibt sich bei der Nachuntersuchung eine Extension / Flexion von im Mittel 54,5° / 50,6° und eine Radialabduktion / Ulnarabduktion von 21,9° / 30,5°.

Im Vergleich der Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) und Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) findet sich in der Gruppe 2 eine eingeschränktere Beweglichkeit. Die Dorsalflexion ist um 3°, die Palmarflexion um 3,4°, die Radialabduktion um 2,8° und die Ulnarabduktion um 3,3° vermindert. Betrachtet man die Untergruppen 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) und 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) gesondert, so ergibt sich eine im Durchschnitt um 0,7° bessere Beweglichkeit in der Gruppe der Plattenosteosynthesen, die aber wiederum eine um 2,9° schlechtere Beweglichkeit als die winkelstabilen Plattenosteosynthesen zeigen.

Vergleicht man die Kirschnerdrahtosteosynthesen mit den winkelstabilen Osteosynthesen so ergibt sich eine um 3,5° schlechtere Beweglichkeit für die Kirschnerdrahtosteosynthesen.

Im Vergleich mit der Untersuchung von Basten [8], der 76 Patienten mit konventioneller T-Plattenosteosynthese nachuntersuchte, konnten in unserer Gruppe der winkelstabilen Plattenosteosynthesen um 2 bis 4° bessere Beweglichkeiten in allen Ebenen gefunden werden (Basten: Extension / Flexion 38°-0-45°, Ulnar / radial 21°-0-19° versus Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen): Extension / Flexion 42°-0-47,2°; Ulnar / radial 23,7°-0-27,6°).

In Bezug auf die von Ryu [63] geforderten Minimalwerte bleiben somit die zusammengefassten Patienten der Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) mit einem Mittelwert von 39° um 1° hinter dem von Ryu geforderten Minimalwert für die Dorsalflexion. Dieses Defizit lässt sich aber durch geringe Ausgleichsbewegungen im Unter- bzw. Oberarm kompensieren, so dass eine ausreichende Funktion der Hand sichergestellt ist.

Die Röntgenbilder wurden prä- und postoperativ unter Berücksichtigung der radiokarpalen Gelenkwinkel nach Böhler, der Gelenkflächenstufung und der radialen Verkürzung ausgewertet. Weiterhin von Interesse waren eine Kalksalzminderung, eine Stufenbildung der radiokarpalen Gelenkfläche und eine Pseudarthrosenbildung des Processus styloideus ulnae.

Es gibt einen klaren Zusammenhang zwischen der Wiederherstellung der Form (Anatomie) des Handgelenkes und dessen Funktion. Die Stellung der Radiusepiphyse beeinflusst die

komplexe karpale Kinematik und die Kraftübertragung auf die radiale Gelenkfläche sowie die Kongruenz im distalen Radioulnargelenk ganz entscheidend. [69]. So führt bereits eine Dorsalkippung der Radiusepiphyse von  $10^\circ$  zu einer Inkongruenz im distalen radioulnaren Gelenk und zur Verspannung der Membrana interossea mit signifikanter Einschränkung der Pronation / Supination [28].

In der Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) stellte sich präoperativ der Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler nach palmar im Mittel mit  $17,2^\circ$  mit einer Verteilung von  $0^\circ$  bis  $45^\circ$  dar, der postoperativ durchschnittlich auf  $9,7^\circ$  (Spannweite  $3^\circ$  bis  $20^\circ$ ) verbessert werden konnte. Im Gegensatz dazu wurde dieser Winkel in der Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) von ursprünglich im Mittel  $16,9^\circ$  nur auf  $11,1^\circ$  (Spannweite  $12^\circ$  bis  $36^\circ$ ) verkleinert. Bezogen auf die Untergruppen wurde in Gruppe 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) ein mittlerer Wert von  $10,6^\circ$  (Spannweite  $3^\circ$  bis  $22^\circ$ ) und in Gruppe 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) ein Wert von  $10,4^\circ$  (Spannweite  $3^\circ$  bis  $18^\circ$ ) gemessen. Im Mittel kann in der Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) der Winkel nach palmar um  $7,5^\circ$  verbessert werden, dagegen in der Gesamtheit der Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) nur um  $5,8^\circ$ . In der Einzelbetrachtung der Gruppen 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) und 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) wird damit ein um  $6,2^\circ$  bzw.  $7,2^\circ$  verbesserter Winkel erzielt.

Die winkelstabile Plattenosteosynthese zeigt also ein deutlich besseres Aufrichtungsergebnis, welches auch in der Untersuchung von Krimmer [31] bestätigt wird. Er beschreibt einen dorsopalmaren Winkel von  $9^\circ$  (Spannweite  $0^\circ$  bis  $15^\circ$ ). Die Untersuchung von Sakahii [64] ergab allerdings nur einen postoperativen palmaren Neigungswinkel von  $4,6^\circ$ . Zum Vergleich dazu erzielte Felderhoff [17] sogar nur  $2^\circ$ . Basten [8] beschreibt  $0^\circ$ , allerdings nur bezogen auf Typ C Frakturen nach AO. In der Untersuchung von Schupp [67] werden  $4,2^\circ$  (Spannweite  $-15^\circ$  bis  $20^\circ$ ) Neigungswinkel beschrieben.

Der Vergleich der Winkel der radiokarpalen Gelenkflächen nach Böhler nach ulnar zeigt eine Aufrichtung in der Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) von durchschnittlich präoperativ  $16,2^\circ$  auf  $25,7^\circ$  postoperativ (Spannweite  $8^\circ$  bis  $34^\circ$ ) und in Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) von  $20,8^\circ$  auf  $25,1^\circ$  postoperativ mit einer Spannweite von  $12^\circ$  bis  $36^\circ$ . Mit der offenen Reposition und anschließenden winkelstabilen Plattenosteosynthese gelingt es das primäre Repositionsergebnis mit einer mittleren Aufrichtung des Winkels um  $9,5^\circ$  zu halten, während die übrigen Osteosyntheseverfahren nur

eine Aufrichtung um  $4,3^\circ$  erreichen. Bezogen auf die Untergruppen gelingt mit Hilfe der Kirschnerdrahtosteosynthese nur eine Aufrichtung um  $3,3^\circ$  und mit der herkömmlichen Plattenosteosynthese nur eine Verbesserung von  $3^\circ$ .

In der Untersuchung von Sakahii [64] findet sich ein mittlerer postoperativer ulnarer Aufrichtungswinkel von  $23,3^\circ$ . Felderhoff [17] gibt in seiner Arbeit durchschnittlich  $20^\circ$ , Basten [8]  $19^\circ$ , Krimmer [31]  $21^\circ$  (Spannweite  $12^\circ$  bis  $31^\circ$ ) und Schupp [67]  $23,6^\circ$  (Spannweite  $14^\circ$  bis  $32^\circ$ ) an. Im Vergleich dazu konnte im eigenen Krankengut der Winkel sogar auf  $25,7^\circ$  angehoben werden.

Die guten Ergebnisse der winkelstabilen palmaren T-Radiusplattenosteosynthese ergeben sich durch die Einsicht auf die meist nur einfach frakturierte palmare Kortikalis mit guten Repositionsmöglichkeiten und der dann folgenden richtungsstabilen Fixierung der Bolzen im T-Schenkel des Plattenimplantates, die eine nachträgliche Veränderung des Platten- / Schraubenwinkels unmöglich macht. Der einmal erreichte Winkel der distalen Radiusgelenkfläche im Repositionsergebnis ist somit weder radioulnar noch dorsopalmar veränderbar. In unserer Nachuntersuchung ist es nicht zu einer signifikanten Sinterung oder Abkipfung der so reponierten und fixierten Fragmente gekommen.

Das Ausmaß von intraartikulären Stufen und Diastasen hat ebenfalls einen Einfluss auf das funktionelle Resultat. Zwar werden residuelle Stufen von 1 mm mit der praktisch obligat sich entwickelnden milden bis moderaten radiokarpalen Arthrose subjektiv häufig gut vertragen, größere Inkongruenzen ( $> 2$  mm) führen aber zur symptomatischen Arthrose und Bewegungseinschränkungen [61].

Die Gelenkflächenstufung in der Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) betrug präoperativ 0 mm bis maximal 6 mm (Mittelwert 0,6 mm) und konnte auf 0 mm bis maximal 2 mm mit einem Durchschnittswert von 0,06 mm verringert werden. Damit fand sich eine Verbesserung von im Durchschnitt 0,58 mm.

In der Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) konnte die Gelenkflächenstufung im Durchschnitt um 0,5 mm auf 0,1 mm postoperativ verringert werden. In der Untergruppe 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) zeigte sich das gleiche Endergebnis, aber nur mit einer Verbesserung der Gelenkflächenstufung um im Durchschnitt 0,3 mm. In der Gruppe 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) mit der herkömmlichen Plattenosteosynthese wurde postoperativ eine Gelenkflächenstufung von im Durchschnitt 0,2 mm gemessen, das bedeutete eine Verbesserung der intraartikulären Stufen um 0,5 mm.

Letztlich konnte aber in allen unseren Gruppen der geforderte Wert von maximal 1 mm [61] erreicht werden.

Sakahii [64] berichtet über eine Gelenkflächenstufe von mehr als 1 mm in 8% der Fälle mit winkelstabiler Platte versorgter Radiusfrakturen. Schupp [67] fand Gelenkflächenstufen  $> 2$  mm von im Mittel 1 %. Auch im Vergleich zu Basten [8], der in seiner Arbeit bei 42 % der Patienten mit Plattenosteosynthese eine Gelenkflächenstufung im Ausheilungsergebnis angibt, ergibt sich in unserer Untersuchung mit einer Gelenkflächenstufung bei 12,5 % der Patienten mit konventioneller T-Plattenosteosynthese und nur 4,1 % Gelenkflächenstufungen bei der winkelstabilen Osteosyntheseversorgung das deutlich bessere Ausheilungsergebnis für die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese.

Die Wiederherstellung der radialen Länge ist bezüglich des funktionellen Resultates ein wichtiger prognostischer Faktor [78]. Bei Verkürzung des Radius führt die relative Überlänge der Ulna zu Schmerzen und zum Impingement zwischen dem ulnaren Karpus und dem Ulnaköpfchen mit Schädigung des Triangulären Fibroartilaginären Komplexes. Es muss deshalb ein Prinzip der Therapie bei intraartikulären Frakturen sein, neben der Korrektur der extraartikulären Fehlstellung die intraartikulären Stufen zu beheben.

Die radiale Verkürzung betrug in allen Gruppen präoperativ 0 mm bis maximal 30 mm, postoperativ fanden sich in der Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) Werte von 0 mm bis 12 mm mit einem Mittelwert von 0,8 mm, bedeutend einer Verbesserung der Länge um 8,2 mm.

Demgegenüber stellte sich in den Gruppen 2, 2a und 2b zusammen nur eine durchschnittliche Aufrichtung des verkürzten Radius um 4,5 mm dar. Im Einzelnen betrachtet konnte in der Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) ein Mittelwert von 2,6 mm und eine Spannweite von 0 bis 15 mm mit einer durchschnittlichen Aufrichtung um 4,6 mm gemessen werden. In der Gruppe 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) fand sich das gleiche Ergebnis; jedoch eine durchschnittliche Aufrichtung um 4,9 mm. In der Gruppe 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) fand sich nur eine Aufrichtung um 4,1 mm und ein postoperativer Mittelwert der radialen Verkürzung von 2,8 mm (Bandbreite von 0 bis 2 mm). Das heißt mit der winkelstabilen Plattenosteosynthese kann eine deutliche Verbesserung der radialen Verkürzung um 3,7 mm im Vergleich zu den anderen Osteosyntheseverfahren erzielt und im Verlauf gehalten werden. Dieses Ergebnis wird auch durch den Vergleich mit den Ergebnissen von Basten bestätigt [8], der 99 Patienten mit volarer und dorsaler T-Plattenosteosynthese (nicht winkelstabil) nachuntersuchte; dabei fand er bei seinen Patienten

einen postoperativen Ulnarvorschub von 0,9 bis 1,8 mm. Auch Sakahii [64] gibt einen mittleren ulnaren Vorschub postoperativ von 0,8 mm an. In einer prospektiven Studie ermittelte Reiter [60] relativen Ulnarvorschub von 0,72 mm. Nur Krimmer [31] erzielte eine Ulnarvarianz von im Mittel -0,2 mm (Spannweite -2 mm bis +2 mm). Schupp [67] berichtet über einen relativen Ulnarvorschub  $> 2$  mm in einem Fall von 37 Patienten.

Wir verwandten das von Naumann [47] bereits 1994 eingeführte, oben beschriebene Bewertungsschema zur radiologischen Begutachtung der Ausheilung der distalen Radiusfraktur. Lange Zeit fand in Publikationen eine auf Lidström [35] zurückgehende Beurteilung des radiologischen Ausheilungsergebnisses Verwendung, die die Radiusverkürzung in 5 mm Abständen nur grob unterteilte und die radiologisch erkennbare Fehlstellungen ohne weitere graduelle Abstufung mit einbezog. Dieser Bewertungsscore ist angesichts der heutigen hohen Ansprüche und Erwartungen an eine kritische Beurteilung eines Behandlungsergebnisses nicht mehr zeitgemäß. Vor diesem Hintergrund wurde von Naumann [47] der radiologische Score insofern modifiziert, dass sowohl Radiusverkürzung als auch radiologisch erkennbare Fehlstellungen einer weiteren Graduierung unterzogen wurden, die eine feinere Abstufung des radiologischen Ausheilungsergebnisses ermöglicht. Die Bewertung der Röntgenbilder erfolgte anhand des Bewertungsscores durch eine Person. Dadurch wurde ausgeschlossen, dass verschiedene Begutachter bei ein und demselben Bild zu unterschiedlichen Ergebnissen kamen.

50 % der Radiusfrakturen (73 von 146 Patienten) der Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) konnten mit sehr gut und 47,95 % (70 Patienten) als gut bewertet werden. Nur 2,05 % (3 Patienten) der Ergebnisse mussten als befriedigendes knöchernes Ausheilungsergebnis bezeichnet werden.

In der Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) lag der Schwerpunkt bei einem guten Ergebnis mit 47,9 % (57 Patienten) der Fälle und 33,6 % (40 Patienten) zeigten ein sehr gutes Ergebnis. Die restlichen 16,8 % (20 Patienten) mussten in der Bewertung mit einem befriedigenden knöchernen Ausheilungsergebnis gewertet werden. In den Untergruppen zeigte sich eine ähnliche Gewichtung, jedoch lagen in der Gruppe 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) zwei Drittel (83 %) der Patienten im Bereich gut und befriedigend und nur ein Drittel (16,92 %) im Bereich sehr gut. In der Gruppe 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) kehrt sich dieses Verhältnis um; 25 % der Ergebnisse wurden als sehr gut bezeichnet und nur 6,25 % als befriedigend. Ein schlechtes knöchernes Ausheilungsergebnis fand sich in allen Gruppen nicht.

Zusammenfassend zeigt die winkelstabile Plattenosteosynthese in unserer Untersuchung unter Einbeziehung von Pseudarthrosenbildung, Stellung der Radiusepiphyse, intraartikulärer Gelenkstufen, Kalksalzminderung und der radialen Verkürzung ein deutlich besseres knöchernes Ausheilungsergebnis gegenüber den Vergleichsgruppen.

Germann [20] beschrieb 1999 den sog. DASH - Fragebogen (Disability of Arm-Shoulder-Hand) als ein Instrument zur subjektiven Einschätzung der Handfunktion an Hand von Fragen, die die Gebiete Funktion, Symptomatik und spezielle Aktivitäten wie Musik oder Sport abdecken sollen. Diese Fragen sind vom Patienten zu beantworten, werden mit entsprechenden Punktwerten verrechnet, und geben dem Arzt somit einen Eindruck der subjektiven Selbsteinschätzung des Patienten im Hinblick auf den Grad seiner Funktionseinschränkung [85].

Die Auswertung der Fragebögen ergab insgesamt mit ihrer Handfunktion zufriedene Patienten in allen Gruppen. So zeigten in der Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) 80 % der Patienten eine sehr gute bis gute Funktion der verletzten Extremität an, 12,3 % der Patienten gaben eine mittlere Beeinträchtigung der Funktion an, nur ein Patient erzielte 54 Punkte gleichbedeutend einer größeren Funktionseinschränkung. Die mittlere erreichte Punktzahl in der Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) lag bei 13,95 Punkten. Im Vergleich dazu lag der mittlere Punktwert der Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) mit 23,13 Punkten (Gruppe 2a 23,6 Punkte; Gruppe 2b 23,18 Punkte) um 9,18 Punkte höher. Die Verteilung der Patienten in die einzelnen Kategorien zeigte in der Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) eine Häufung im befriedigenden bis schlechten Funktionsbereich mit 69,7 % der Patienten. In der Gruppe 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) liegen dagegen 69,2 % der Patienten im sehr guten bis befriedigenden Bereich, in der Gruppe 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) sogar 50 % der Patienten im sehr guten und guten Funktionsbereich.

Dieses gute Ergebnis in der Gruppe 1 der mit der winkelstabilen Platte versorgten Frakturen deckt sich mit der Untersuchung von Dittel [12], der bei allen seinen Patienten gute bis exzellente Ergebnisse in der Nachuntersuchung fand. Diese hohe subjektive Zufriedenheit der Patienten beschreibt auch Thielke [77] in seiner Untersuchung in der 91 Patienten (durchschnittlicher Punktwert 15,5) mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese versorgt und nachuntersucht wurden. Auch die Nachuntersuchung bei Krimmer [31] ergab ein gutes Ergebnis mit durchschnittlich 19 Punkten im DASH - Score.

1988 wurde durch Solgaard, der die Funktion des Handgelenkes nach Radiusfrakturen untersuchte, ein Score aufgestellt, der neben den subjektiven Befindlichkeiten wie z.B. Schmerz, Bewegungsvermögen und eingeschränkter Aktivität, die Bewegungsausmaße, Komplikationen und die radiologisch sichtbaren Deformitäten einschließt. Diese Punkte werden dann zu einem Ergebnis addiert, das einen Eindruck über die postoperative Funktion des Handgelenkes vermittelt [72].

Die Auswertung dieses Scores ergibt ein sehr gutes Ergebnis für die Gruppe 1 (winkelstabile T-Radiusplattenosteosynthesen) mit einem mittleren Punktwert von 1,5 Punkten gegenüber 5,9 Punkten (gutes Ergebnis) in Gruppe 2 (Mischosteosynthesen), 6,4 Punkten in Gruppe 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) und 5,8 Punkten in Gruppe 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen). 81,5 % der Patienten haben demnach ein sehr gutes Ergebnis, während sich in Gruppe 2 (Mischosteosynthesen) 77,3 % der Patienten auf den guten und befriedigenden Bereich verteilen. In der Gruppe 2a (Kirschnerdrahtosteosynthesen) sind es 81,6 % der Patienten und in Gruppe 2b (konventionelle Plattenosteosynthesen) 75 %. Schlechte Ergebnisse finden sich in allen Gruppen nur jeweils ein Mal.

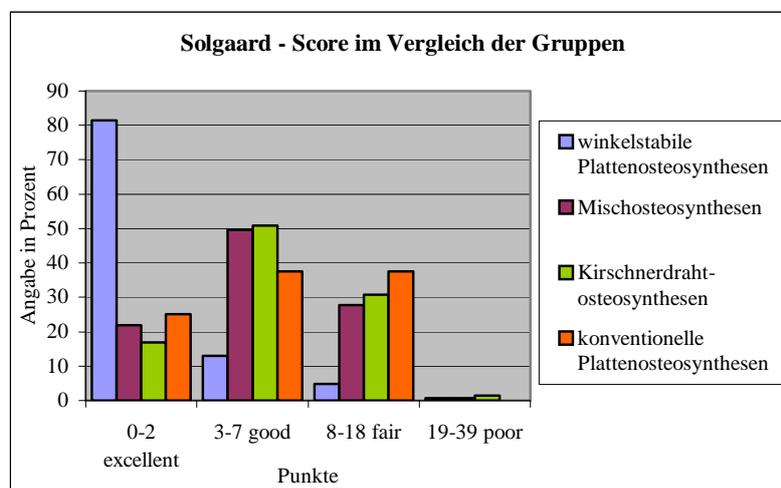


Abb. 62 Solgaard - Score im Vergleich der einzelnen Gruppen

Kritisch anzumerken ist allerdings der hohe subjektive Anteil in der Bewertung und Kategorisierung in den einzelnen Abfragen des Solgaard - Scores.

## VI. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der Versorgung einer distalen Radiusfraktur ist die Wiederherstellung aller anatomischen Strukturen. Zu einer Fehlstellung kommt es vor allem durch Fehllage der Radiokarpalwinkel sowie einer Aufhebung des distalen Radioulnargelenkes. Zusätzlich zu den veränderten Winkelverhältnissen ist meist ein relativer Ulnarvorschub aufgrund einer Sinterung des Radius zu finden. Die Folgen sind neben einer schmerzhaften Einschränkung der Handgelenksflexion und -extension eine Einschränkung der Pronation und Supination des Unterarms. Wie bei allen Gelenkfrakturen muss bei der Radiusfraktur auf eine korrekte Rekonstruktion der Gelenkflächen geachtet werden. Dies sowie eine Wiederherstellung der korrekten Winkelverhältnisse verhindert die Entstehung einer posttraumatischen Arthrose. Die operative Stabilisierung der distalen Radiusfraktur ist zusätzlich aufgrund dorsaler Trümmerzonen und osteoporotischer Knochenqualität häufig mit dem Problem des sekundären Korrekturverlustes behaftet.

In dieser Untersuchung sollte die Therapieform „Osteosynthese mittels palmarer winkelstabiler T-Radiusplatte“ mit den herkömmlichen Osteosyntheseverfahren (Kirschnerdrahtosteosynthese, Plattenosteosynthese, Schraubenosteosynthese, Fixateur externe und kombinierte Operationsverfahren) in Bezug auf das radiologische und funktionelle Ergebnis verglichen werden.

Im unserem Krankengut wurden 146 Patienten mit distaler Radiusfraktur mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese (Gruppe 1) operativ behandelt und nachuntersucht. Außer in 8 Fällen lagen Extensionsfrakturen vor. Alle wurden unabhängig vom Frakturtyp mit dem T-Radiusplattensystem (2,4 / 2,7 mm) ohne zusätzliche Spongiosaplastik operiert.

Dieser Gruppe wurden 119 Patienten gegenübergestellt, die mit den bislang üblichen Operationsverfahren osteosynthetisch versorgt wurden (Gruppe 2). Darunter befanden sich 65 Patienten mit ausschließlicher Kirschnerdrahtosteosynthese (Gruppe 2a) und 16 Patienten mit nicht winkelstabiler Plattenosteosynthese (Gruppe 2b). Die Gruppen 2a und 2b wurden gesondert betrachtet und mit der Gruppe 1 verglichen.

In allen Fällen der Gruppe 1 konnte im Gegensatz zu den anderen Operationsverfahren (Gruppe 2a und 2b) ein anatomisches Ausheilungsergebnis ohne relevanten sekundären Korrekturverlust erreicht werden.

Ein ulnarer Vorschub konnte in der Gruppe 1 mit der winkelstabilen Plattenosteosynthese vermieden werden (durchschnittlich 0,8 mm Verkürzung), dagegen zeigte sich in der Gruppe 2 eine durchschnittliche radiale Verkürzung von 2,6 mm.

Eine verbleibende Gelenkstufe von 2 mm erhöht das Risiko der Entstehung einer posttraumatischen Arthrose im Langzeitverlauf auf 91 %. Eine solche Gelenkflächenstufung wurde bei allen Patienten aufgehoben. Im Durchschnitt konnte in allen Gruppen ein Wert von maximal 1 mm erreicht werden.

Die Beurteilung im radiologischen Bewertungsschema nach Naumann [47] ergab bei den Patienten der Gruppe 1 ein sehr gutes bis gutes Ergebnis (durchschnittlich 2,8 Punkte), in der Gruppe 2 ein gutes Ergebnis mit 4,9 Punkten.

Die Rate postoperativer Komplikationen war bei der winkelstabilen Osteosyntheseform deutlich geringer (4,11 %) als bei den anderen Osteosyntheseformen (Kirschnerdrahtosteosynthese 12,31 %, konventionelle Plattenosteosynthese 6,25 %).

Die klinische Untersuchung der Patienten erbrachte eine verbesserte Beweglichkeit und Gebrauchsfähigkeit bei den Patienten, deren Frakturen mit der winkelstabilen T-Radiusplatte versorgt worden waren; ermöglicht durch eine frühzeitige funktionelle Nachbehandlung.

Auch die subjektiven Scores dieser Patienten zeigten im Vergleich mit den übrigen Osteosyntheseverfahren einen besseren Wert; der durchschnittliche DASH - Wert der Gruppe 1 lag bei 13,95 Punkten, der Solgaard - Score bei 1,5 Punkten. Der DASH - Score der Patienten in Gruppe 2 war mit 23,13 Punkten deutlich schlechter, der Solgaard - Score der Gruppe 2 lag um 3,5 Punkte höher bei durchschnittlich 5,9 Punkten.

Die Behandlung der Frakturen am distalen Radius erfordert aufgrund ihrer hohen Inzidenz und sozioökonomischen Relevanz eine stabile osteosynthetische Versorgung mit anatomischer Reposition und der Möglichkeit zur frühfunktionellen Nachbehandlung.

Die Kirschnerdrahtosteosynthese mit ihren Varianten wird in der aktuellen Literatur nur noch bei stabilen Extensionsfrakturen oder als additives Verfahren vorgeschlagen. Sie wird in der überwiegenden Anzahl der Fälle den Anforderungen einer stabilen Retention von Repositionsergebnissen nur in Verbindung mit einem Gipsverband gerecht. Eine hohe Komplikationsrate wird durch sekundäre Dislokationen mit notwendigen

Verfahrenswechseln, Kirschnerdraht-Infekten und relativ häufig auftretenden Algodystrophien geprägt.

Mit der dorsalen Plattenosteosynthese können auch schwere Mehrfragmentfrakturen versorgt werden. Die dorsale Plattenosteosynthese erlaubt zwar eine gute Abstützung, allerdings ist die Orientierung hinsichtlich der Reposition schwierig und nicht selten eine zusätzliche Spongiosaplastik und Gipsruhigstellung erforderlich. Hinzu kommt die Gefahr der Weichteilirritation, der Nervenverletzung (Ramus superficialis Nervus radialis) und durch die enge Nachbarschaft zu den Strecksehnen, die Sehnenverletzung, die Materialentfernungen meist notwendig macht. Im Vergleich zur winkelstabilen Plattenosteosynthese zeigt die herkömmliche Plattenosteosynthese in dieser Untersuchung schlechtere knöcherne Ausheilungs- und funktionelle Ergebnisse.

Mit winkelstabilen Implantaten können, wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt, die Vorteile des palmaren Zugangs (schonenderer Weichteilzugang, gute Exploration der Fraktur, exakte Reposition der Fraktur, bessere Weichteildeckung und weniger Komplikationen) auch im Falle von Extensionsfrakturen und intraartikulären Frakturen genutzt werden. Durch die subchondrale Abstützung (Platzierung der winkelstabilen Stifte unmittelbar an der Gelenkflächenkortikalis, ohne sie zu perforieren) ist eine dauerhafte Retention nach dem Fixateur-interne-Prinzip gewährleistet mit der Möglichkeit der Frühmobilisation.

Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese kann somit heute als Standardverfahren zur adäquaten Therapie der nach AO definierten A3-, sowie B2- B3- und C1-C3-Frakturen, gerade auch beim älteren Menschen mit osteoporotischem Knochen, gelten.

**VI. SUMMARY**

Every surgical treatment of distal radius fracture must aim to entirely reconstruct all anatomic structures of the radiocarpal joint. The main challenges in treating a distal radius fracture are to reestablish the correct angles of the joint, and to avoid a dissociation of the distal radioulnar joint. A further challenge is that failure to reestablish the physiological angles is in most cases combined with a relative radial shortening. The consequences are a painful reduction of flexion of the wrist, and a reduction of pronation and supination of the forearm. In case of an intraarticular fracture it is critical to carefully reconstruct the various surfaces, like with any other fractured joint. Together a full reconstruction of the surfaces and angles ensure that no posttraumatic arthrosis develops. Finally, a surgical stabilisation of a distal radius fracture often results in a secondary loss of correction, because of unstable dorsally displaced fractures and osteoporotic bones. A successful treatment must also address this challenge.

This study compares the surgical method „osteosynthesis with fixed angle palmar T-radius-plate“ with the traditional osteosyntheses (K-wire-fixation, plate-osteosynthesis, screw-osteosynthesis, unilateral external fixation-system and combined forms), focusing on the radiological and functional result of the compared methods.

In total we included 265 patients into the study. Out of these 146 were surgically treated by means of a fixed angle plate-osteosynthesis and subsequently reviewed (Group 1). All cases but 8 were Colles fractures, and in all cases surgery was performed with the help of a fixed angle T-radius-plate-system (2,4 / 2,7 mm) without additional autogene bone grafting, regardless of the type of fracture.

We compared this group to 119 patients which have all been treated with the traditional osteosynthetic methods (Group 2). Out of those 65 were treated exclusively with K-wire-osteosynthesis (Group 2a), while 16 were treated with plate-osteosynthesis (Group 2b). Groups 2a and 2b were initially analysed on their own, and subsequently compared to Group 1, which yielded the following key findings:

After complete anatomic fracture healing none of the patients in Group 1 suffered from any relevant secondary loss of correction, as opposed to patients treated with the other two methods (Groups 2a and 2b).

No radial shortening was found in Group 1 with the fixed angle T-radius-plate-osteosynthesis (average shortening of 0.8mm). In Group 2 the average radial shortening was 2.6 mm.

An articular step-off of more than 2 mm increases the risk of posttraumatic arthrosis to 91% in the long run.

Neither Group 1 nor Group 2 displayed any articular step-off. In all cases the value was less than 1 mm.

An evaluation of the two methods according to the radiological results in accordance with Naumann [47] yielded a result between „very good“ and „good“ for the patients of Group 1 ( $\bar{x}$  2,8 points), while the result for Group 2 was „good“ ( $\bar{x}$  4,9 points).

Postoperative the frequency of complications was significantly lower in Group 1 with the fixed angle plate-osteosynthesis (4.11 %) than in either Group 2a (K-wire-fixation, 12.31%) or Group 2b (traditional plate-osteosynthesis, 6.25%).

The clinical examination showed improved flexibility and overall usability for Group 1 patients, as the treatment with fixed angle T-radius-plate permits to start post surgical physiotherapy early.

Applying subjective scores the patients in Group 1 also showed better results. The average DASH-Value was 13.95 points and the average Solgaard-Score was 1.5 points. In comparison the DASH-Value of Group 2 patients was significantly worse. It was 23.13 points. The Solgaard-Score of Group 2 was 5.9 points.

Due to its high incidence und socio-economic relevance fractures of the distal radius require a treatment that combines a stable osteosynthesis with anatomic reduction and the opportunity to start postsurgical therapy early.

Recent publications recommend the K-wire-fixation and its several variants only in case of stable Colles fractures or as complementary treatment. Usually it is only able to reliably maintain reduction if applied in combination with a plaster cast. Moreover, complications abound, with secondary dislocations (requiring a change of surgical treatment), pin-tract-infections, and also algodystrophy being the most frequent.

The dorsal plate-osteosynthesis in comparison, is a viable treatment even for complicated multidirectional fractures. It achieves an effective support. The orientation in relation to the reduction is a challenge though. Often a complementary bone grafting and plaster treatment are required. There is also the danger of soft tissue complications due to the close proximity to the extensor tendons, which frequently result in the need for implant removal. Finally, in the course of this study the traditional plate-osteosynthesis also yielded worse radiological and functional outcome in contrast to the fixed angle T-radius-plate-osteosynthesis.

As shown in this study even in case of Colles fractures and intraarticular fractures the advantages of palmar approach with fixed-angled implants can be used, as there are a more gentle approach, better soft tissue cover and less complications.

Because of the subchondral bracing a stable fixation is warranted according to the principle of internal fixation, with the possibility of early functional treatment. Consequently the palmar fixed angle radius-T-plate-osteosynthesis can apply as standard treatment for A3, B2 – B3 and C1 – C2 fractures according to the AO even in elderly patients with osteoporotic bones.

**VII. LITERATURVERZEICHNIS**

- (1) Arndt-Kolbeck et al. (2003)  
Die Verwendung der palmaren, winkelstabilen Radiusplatte bei extra- und intraartikulären distalen Radiusfrakturen mit dorsaler Trümmerzone  
DGU Doc 03dguB2-9
- (2) Asche G, Roth W, Schroeder L (2000)  
Fixateur externe Standard-Indikationen; Operationsanleitung und Montage-Beispiele  
Einhorn-Press-Verlag
- (3) Bahm, J, Faye N, Nonnenmacher J (1994)  
Die operative Behandlung distaler Radiusfrakturen - ein geschlossenes Therapiekonzept  
Der Chirurg, 65: 999-1003
- (4) Behrens S, Mickley V, (1987)  
Korrekturosteotomien am distalen Unterarm  
Unfallchirurg, 90: 6-13
- (5) Böhler L (1953)  
Technik der Knochenbruchbehandlung  
12. und 13. Auflage Maudrich, Wien
- (6) Boszotta H, Helperstorfer W, Sauer G (1991)  
Zur Operationsindikation bei der distalen Radiusfraktur  
Unfallchirurg 94:417–423
- (7) Brug E, Joosten U, Püllen M (2000)  
Brüche am distalen Unterarm. Welche Therapie ist wann indiziert?  
Der Orthopäde 29: 318-326
- (8) Basten K, Hansen M, Rommens PM (1999)  
Die operative Behandlung der distalen Radiusfraktur durch T - Plattenosteosynthese  
Akt Traumatol 29: 137-143

- (9) Claes L (2004)  
Das Prinzip der Winkelstabilität in der Osteosynthese  
OP - Journal 20: 4-7
- (10) Cyffka et al. (2003)  
Versorgungsergebnisse distaler Radiusfrakturen im Alter: die winkelstabile Radiusplatte  
DGU meeting abstract Doc 03dguA15-4
- (11) Dias JJ, Wray CC, Jones JM (1987)  
Osteoporosis and Colles fractures in the elderly  
J Hand Surg 12-B: 57
- (12) Dittel K-H, Rapp M, Hertl H (2003)  
Eine neue Radius-Universal-Platte (RUP) für die Osteosynthese distaler  
Radiusfrakturen - Ergebnisse einer prospektiven Studie  
German Medical Science Doc 03dgu0167
- (13) Duda GN, Sporrer S, Sollmann M (2003)  
Interfragmentary movements in the early phase of healing in distraction and correction  
osteotomies stabilized with ring fixators  
Langenbecks Arch Surg 433 - 440
- (14) Duda GN, Mandruzzato F, Heller M (2002)  
Mechanical conditions in the internal stabilization of proximal tibial defects  
Clin Biochmech 64 - 72
- (15) Dumont C, Fuchs M, Folwaczny EK, Heuermann C und Stürmer KM (2003)  
Ergebnisse der palmaren Plattenosteosynthese bei instabilen distalen Radiusfrakturen  
Der Chirurg 74: 827-833
- (16) Eingartner C, Müller JE, König CG, Weise K (2000)  
Behandlungsergebnisse der operativen Therapie distaler Radiusfrakturen  
Akt Traumatol 30: 32-36

- (17) Felderhoff J, Wiemer P, Dronsella J, Weber U (1999)  
Operative Versorgung der distalen, instabilen Radiusfraktur mit der dorsalen / palmaren  
Abstützplatte - Eine retrospektive Studie unter Berücksichtigung des DASH - Score  
Der Orthopäde 28 (10): 853-863
- (18) Frank J, Pralle H, Marzi I (2003)  
Funktionelle Anatomie und Biomechanik des Handgelenkes und distalen  
Radioulnargelenkes  
OP -Journal 19, 4 -9
- (19) 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
- (20) 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
- (21) Heim D (2000)  
Die Plattenosteosynthese bei distalen Radiusfrakturen - Inzidenz, Indikation und  
Resultate  
Swiss Surgery 6, 304-314
- (22) Hierholzer G, Allgöwer M, Ruedi T (1985)  
Fixateur externe Osteosynthese  
Springer Verlag
- (23) Hotz T (2003)  
Chirurgie: Winkelstabile Implantate für neue Horizonte in der Frakturversorgung.  
Schweiz Med Forum 51/52: 1257-58

- (24) Höntzsch D (2004)  
Welche winkelsteifen Implantate gibt es?  
Platte, Nägel, Fixateure  
OP - Journal 20: 8-12
- (25) Izge G, Nusret K, Oral E, Göktürk E, Seber S (1996)  
Normal range of motion of the joints of the upper extremity in male subjects, with special reference to the side  
J Bone Joint Surg Vol 78-A, 9: 1401-1404
- (25) Kapandji A (1987)  
Intra-focal pinning of fractures of the distal end of the radius 10 years later.  
Arch Chir Main 6(1): 57-63
- (26) Kaps, H.-P. (1994)  
Wann konservativ, wann operativ, wie akut, wie langfristig behandeln?  
Krankenhausarzt, 67: 405-414
- (27) Kihara H, Short W, Werner F et al. (1995)  
The stabilizing mechanism of the distal radio-ulnar joint during pronation and supination  
J Hand Surg 20-A: 930
- (28) Kirchner R, Hüttl T, Krüger-Franke M, Rosemeyer B (1994)  
Ergebnisse nach perkutaner Bohrdrahtspickung bei distalen Radiusfrakturen  
Z Orthop Ihre Grenzgeb 132: 129-135
- (29) Köstler W, Strohm P, Südkamp NP (2005)  
Entwicklung und aktueller Stand winkelstabiler Plattensysteme  
Trauma Berufskrankh 7 [Suppl1]: S5-S9
- (30) Krimmer H, Pessenlehner C, Haßelbacher K, Meier M, Roth F, Meier R (2004)  
Palmare winkelstabile Plattenostosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur  
Der Unfallchirurg 106: 460-467

- (31) Kuner EH, Mellios K, Berwart H (2002)  
Behandlung der komplizierten distalen Radiusfraktur mit dem Fixateur externe  
Unfallchirurg 105, 199- 207
- (32) Langenberg , R. (1989)  
Der Abbruch des Processus styloideus ulnae - Sein Einfluss auf die  
Handgelenksfunktion bei distalen Radiusfrakturen  
Zent.bl. Chir., 114: 1006-1011
- (33) Larsen S, Thies J, Hahn (2003)  
Vorteile der volaren winkelstabilen Plattenosteosynthese bei distalen Radius-  
trümmerfrakturen  
DGU 2003 Doc 03dguB1-10
- (34) Lidström A (1959)  
Fractures of the distal end of the radius  
Acta Orthop Scand 41: 5-14
- (35) Lindemann-Sperfeld L, Pilz F, Marintschev I, Otto W (2003)  
Der distale Speichenbruch  
Der Chirurg 74: 1000 – 1008
- (36) Linhart W, Briem D, Schmitz ND, Priemel M, Lehmann W, Rueger JM (2003)  
Therapie des metaphysären Substanzdefektes nach distaler Radiusfraktur  
Unfallchirurg 106:618 - 624
- (37) Markmiller M (2003)  
Die distale Radiusfraktur des alten Menschen  
Akt Traumatol 33:129–131
- (38) Mathys Medizinaltechnik AG, Osteosynthese (2000)  
Die distale Radiusplatte, Operationstechnik  
Fa. Synthes, Schweiz

- (39) Matschke S, Wentzensen A (2004)  
Winkelstabile Implantate  
OP - Journal 20: 18-26
- (40) Melik N, Togninalli D, Biegger P (1994)  
Retrospektive Analyse konsekutiv behandelter distaler Radiusfrakturen mit Fixateur externe  
Der Unfallchirurg 97: 645-648
- (41) Minne, H. 3. (2004)  
Die distale Radiusfraktur und Osteoporose  
Westdeutsches AO-Seminar Solingen
- (42) Mittelmeier H, Mittelmeier W, Gleitz M (1998)  
Xenogenic deproteinized bone substitute Pyrost. Experimental basics and 13 years of clinical experience in more than 1000 cases  
Der Orthopäde 27, 126 - 135
- (43) Mittelmeier W, Braun C, Schafer R (2001)  
The Kapandji technique for fixation of distal radius fractures – a biochemical comparison of primary stability  
Arch Orthop Trauma Surg 121 (3): 135-138
- (44) Moghaddam A, Glatzel U, Schmidgen A, Wentzensen (2003)  
Die frühfunktionelle Nachbehandlung der distalen Radiusfraktur mit Gelenkbeteiligung  
- Eine prospektiv randomisiert kontrollierte Studie nach winkelstabiler Plattenosteosynthese  
German Medical Science Doc 03dguA15-5
- (45) Müller M, Nazarian S, Koch P (1987)  
Classification AO des fractures  
Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo

- (46) Naumann OG (1994)  
Bruchformen und Behandlungsmöglichkeiten handgelenksnaher Speichenbrüche –  
klinische und radiologische Nachuntersuchungsergebnisse  
Med. Dissertation, Universität Tübingen 1994
- (47) Naidu SH, Capo JT, Moulton M, Ciccone II W, Radin A (1997)  
Percutaneous pinning of distal radius fractures: a biomechanical study  
J Hand Surg 2:252–257
- (48) Oestern HJ (1988)  
Distale Radiusfraktur  
Der Orthopäde 17: 52-63
- (49) Oestern HJ (1999)  
Distale Radiusfrakturen Teil I  
Der Chirurg 70: 1180-1192
- (50) Oestern HJ (1999)  
Distale Radiusfrakturen Teil II  
Der Chirurg 70: 1381-1394
- (51) Pabst T, Uzdil T, Winker KH (2003)  
Die palmare Plattenosteosynthese bei distaler Radiusfraktur  
OP - Journal 19: 42-50
- (52) Palmer AK, Werner FW, Murphy D, Glisson R (1985)  
Functional wrist motion, a biomechanical study  
J Hand Surg 10-A: 39-46
- (53) Palmer AK, Werner FW (1984)  
Biomechanics of the distal radioulnar joint  
Clin Orthop 187:26–35

- (54) Peterson T, Dresing K, Schmidt G (1993)  
Druckmessung im Karpalkanal bei distaler Radiusfraktur  
Unfallchirurg 96: 217-223
- (55) Petračić B (1993)  
Die Behandlung der distalen Mehrfragmentfrakturen des Radius  
Der Chirurg, 64: 894-898
- (56) Prokop A, Jubel A, Andermahr J, Orth B, Rehm KE (2004)  
Do angle stable implants provide advantages? Treatment of distal radius fractures with  
the Locking Compression Plate (LCP)  
Europ Journal Orthopaedic Surgery Traumatology 14 (1), 10-15
- (57) Rahmanzadeh R (1990)  
Die Behandlung der distalen Radiusfraktur mit der Plattenosteosynthese  
Langenbecks Arch Chir Suppl II Verh Dtsch Ges Chir
- (58) Rehn J (1965)  
Behandlungsergebnisse typischer Radiusfrakturen  
Der Chirurg 36: 206-211
- (59) Reiter FO, Hockertz TJ, Gruner A, Reilmann H (2005)  
Lassen sich Korrekturverluste bei winkelstabilen Osteosynthesen vermeiden?  
Trauma Berufskrankh 7 [Suppl 1]: 65-68
- (60) Rikli D, Regazzoni P (1996)  
Fractures of the distal end of the radius treated by internal fixation and early function  
J Bone Joint Surg Br 78-B: 588-592
- (61) Rikli D, Babst R (2002)  
Plattenosteosynthese am distalen Radius  
Current congress 10

- (62) Ryu J, Cooney WP, Askew LJ, Kai-nan A, Chao EYS (1991)  
Functional range of motion of the wrist joint  
J Hand Surg Vol 16A: 409-419
- (63) Sakahii M, Groenewold U, Klonz A, Reilmann H (2003)  
Ergebnisse nach palmarer Plattenosteosynthese mit der winkelstabilen T-Platte bei 100  
distalen Radiusfrakturen  
Der Unfallchirurg 106, 4: 272-280
- (64) Schmidt J, Petereit U, Winker KH (1997)  
Die volare Plattenosteosynthese als Zuggurtungsprinzip bei der Extensionsfraktur des  
distalen Radius  
Akt Traumatol 27: 23-25
- (65) Schmidt J, Schnorr W (2003)  
Die Rolle der Spongiosaplastik und anderer augmentierender Verfahren  
OP-Journal 19, 52-55
- (66) Schupp A, Tuttlies C, Möhlig T, Siebert HR (2003)  
Der distale Speichenbruch  
Der Chirurg 74: 1009-1017
- (67) Schwarz, N. (2003)  
Die distale Radiusfraktur - Konservative Behandlung  
OP-Journal 1: 16-20
- (68) Short WH, Palmer AK, Werner FW, Murphy DJ (1987)  
A biomechanical study of distal radius fracture  
J Hand Surg 12A: 529-534
- (69) Siebert HR (1997)  
Distale Radiusfrakturen an typischer Stelle, Behandlungsverfahren  
Akt Traumatol 27: 7-15

- (70) Siebert HR, Klonz A (2005)  
Distale Radiusfraktur  
Unfallchirurg 108:135 -153
- (71) Solgaard S (1988)  
Function after distal radius fracture  
Acta Orthop Scand 59: 39-42
- (72) Solgaard S, Carlsen A, Kramhoft M, Peterson VS (1986)  
Reproducibility of goniometry of the wrist  
Scand J Rehabil Med 18: 5-7
- (73) Solgaard S (1984)  
Classification of distal radial fractures  
Acta Orth Scand 56, p249-252
- (74) Stahel PF, Infanger M, Bleif IM, Heyde CE, Ertel W (2005)  
Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese  
Trauma Berufskrankh 7 [Suppl1]: 527-532
- (75) Stürmer K M, (Hrsg.) (1999)  
Leitlinien Unfallchirurgie  
2. Auflage, Thieme, Stuttgart New York S. 84–97; [www.awmf-online.de](http://www.awmf-online.de)
- (76) Thielke K-H, Wagner T, Bartsch S, v. Echtermeyer (2003)  
Winkelstabile volare Plattenosteosynthese komplexer artikulärer Radiusfrakturen:  
Lösung einer Problemfraktur  
DGU Doc 03dguB2-3
- (77) Trumble TE, Schmitt SR, Vedder NB (1994)  
Factors affecting functional outcome of displaced intraarticular distal radius fractures  
J Hand Surg 19-A: 325-340

- (78) Tscherne, H., Jähne, J. (1990)  
Aktueller Stand der Therapie der distalen Radiusfraktur  
Unfallchirurg, 93: 157-164
- (79) Uzdil T, Neumann W, Bauschke A, Winkler KH (2001)  
Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese bei distalen Radiusextensionsfrakturen  
Akt Traumatol 31: 141-148
- (80) Vogel T, Dobler T, Bitterling H (2005)  
Osteoporose in der Unfallchirurgie: Prävalenz und Management  
Unfallchirurg 108: 356–364
- (81) Vogel T, (2007)  
Langzeitprognose des Complex Regional Pain Syndrom Type I ( CRPS - M. Sudeck)  
Dissertation LMU München
- (82) Walz M, Kolbowq B, Auerbach F (2004)  
Was leistet die winkelstabile Plattenosteosynthese bei der distalen Radiusfraktur des  
alten Menschen?  
Der Unfallchirurg 107: 644-670
- (83) Wentzenzen A, Matschke S (1999)  
AO - Fixateur zur Behandlung distaler Speichenbrüche. In: Winker KH, Schmidt J: Der  
Stellenwert des externen Fixateurs bei der Behandlung der distalen Radiusfraktur  
Thieme Verlag 1999: 5-7
- (84) Westphal T, Piatek S, Schubert S, Schuschke T, Winckler S (2002)  
Reliabilität und Validität des Fragebogens „Upper-Limb-DASH“ bei Patienten mit  
distalen Radiusfrakturen  
Z Orthop Ihre Grenzgeb 140: 447-451
- (85) Wiemer P, Köster G, Felderhoff J, Weber U (1999)Fractures of the distal radius.  
Changing therapeutic strategies  
Der Orthopäde 28, 10: 846-852

(86) Williams CS, Jupiter JB (1993)

Das schmerzhafte Ulnokarpalgelenk - Diagnostik und Therapie  
Orthopäde, 22: 36-45

(87) Wittner B, Holz U (1993)

Allgemeine Klassifikation der distalen Radiusfrakturen und Behandlung der  
extraartikulären distalen Radiusfrakturen (Typ A2-A3)  
Der Chirurg, 64: 880-888

(88) Woltmann A, Wagner F, Beisse R, Bühren V (2004)

Winkelstabile Plattenosteosynthese am distalen Radius. Indikation, Technik, klinischer  
Nutzen  
Trauma und Berufskrankh 6 Suppl. 2, 251-257

---

**VIII. ABBILDUNGSVERZEICHNIS**


---

	Seite
Abb. 1	AO - Klassifikation der distalen Radiusfraktur nach Müller.....2
Abb. 2	Gruppeneinteilung.....10
Abb. 3	Distale T-Radiusplatte 2,4 / 2,7 mm Titan .....12
Abb. 4	Winkelstabile Schrauben und Plattenlöcher .....13
Abb. 5	Distale Radiusfraktur: Unfallbild – post repositionem – postoperativ Versorgungsbild mit winkelstabiler distaler T-Radiusplatten-Osteosynthese.....14
Abb. 6	Kirschnerdrahtosteosynthese: Präoperativ – postoperativ – Ausheilungsbild nach Metallentfernung.....15
Abb. 7	Kombiniertes Verfahren Kirschnerdrahtosteosynthese und Fixateur externe: Präoperativ – postoperativ – Ausheilungsbild nach Metallentfernung.....16
Abb. 8	Fixateur-externe-Osteosynthese: Präoperativ – postoperativ – Ausheilungsbild nach Metallentfernung.....15/16
Abb. 9	Dorsale nicht winkelstabile Plattenosteosynthese: Postoperativ – Ausheilungsbild nach Metallentfernung .....20
Abb. 10	Palmare nicht winkelstabile Plattenosteosynthese: Postoperativ – Ausheilungsbild nach Metallentfernung .....20
Abb. 11	Messblatt obere Gliedmaßen Neutral-0-Methode .....21
Abb. 12	Radiologische Auswertung der radiokarpalen Gelenkwinkel nach Böhler: Ulnarinklination (UI n: 25° - 30°), Palmarinklination (PI n: 10°).....22
Abb. 13	ASA - Klassifikation Gruppe 1.....25
Abb. 14	Frakturverteilung nach AO - Klassifikation Gruppe 1 .....26
Abb. 15	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler präoperativ nach palmar in Gruppe 1.....28

Abb. 16	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler postoperativ nach palmar in Gruppe 1 .....	29
Abb. 17	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler präoperativ nach ulnar in Gruppe 1 .....	29
Abb. 18	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler postoperativ nach ulnar in Gruppe 1 .....	29
Abb. 19	Intraartikuläre Gelenkflächenstufung präoperativ / postoperativ Gruppe 1 .....	30
Abb. 20	Radiale Verkürzung präoperativ / postoperativ Gruppe 1 .....	30
Abb. 21	DASH - Score Gruppe 1 .....	32
Abb. 22	Solgaard - Score Gruppe 1 .....	32
Abb. 23	ASA - Klassifikation Gruppe 2 .....	34
Abb. 24	Frakturverteilung nach AO - Klassifikation Gruppe 2 .....	34
Abb. 25	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler präoperativ nach palmar in Gruppe 2 .....	37
Abb. 26	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler postoperativ nach palmar in Gruppe 2 .....	38
Abb. 27	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler präoperativ nach ulnar in Gruppe 2 .....	38
Abb. 28	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler postoperativ nach ulnar in Gruppe 2 .....	38
Abb. 29	Intraartikuläre Gelenkflächenstufung präoperativ / postoperativ Gruppe 2 .....	39
Abb. 30	Radiale Verkürzung präoperativ / postoperativ Gruppe 2 .....	39
Abb. 31	DASH - Score Gruppe 2 .....	41
Abb. 32	Solgaard - Score Gruppe 2 .....	41
Abb. 33	ASA - Klassifikation Gruppe 2a .....	42
Abb. 34	Frakturverteilung nach AO - Klassifikation Gruppe 2a .....	42

Abb. 35	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler präoperativ nach palmar in Gruppe 2a.....	45
Abb. 36	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche n. Böhler postoperativ nach palmar in Gruppe 2a .....	45
Abb. 37	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler präoperativ nach ulnar in Gruppe 2a .....	46
Abb. 38	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler postoperativ nach ulnar in Gruppe 2a.....	46
Abb. 39	Intraartikuläre Gelenkflächenstufung präoperativ / postoperativ Gruppe 2a .....	47
Abb. 40	Radiale Verkürzung präoperativ / postoperativ Gruppe 2a .....	47
Abb. 41	DASH - Score Gruppe 2a .....	49
Abb. 42	Solgaard - Score Gruppe 2a.....	49
Abb. 43	ASA - Klassifikation Gruppe 2b.....	50
Abb. 44	Frakturverteilung nach AO - Klassifikation Gruppe 2b .....	50
Abb. 45	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler präoperativ nach palmar in Gruppe 2b .....	53
Abb. 46	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler postoperativ nach palmar in Gruppe 2b.....	53
Abb. 47	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler präoperativ nach ulnar in Gruppe 2b .....	54
Abb. 48	Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche nach Böhler postoperativ nach ulnar in Gruppe 2b.....	54
Abb. 49	Intraartikuläre Gelenkflächenstufung präoperativ / postoperativ Gruppe 2b .....	55
Abb. 50	Radiale Verkürzung präoperativ / postoperativ Gruppe 2b .....	55
Abb. 51	DASH - Score Gruppe 2b .....	57
Abb. 52	Solgaard - Score Gruppe 2b.....	57

Abb. 53	Vergleich der Bewegungsumfänge im Handgelenk nach der Neutral-0-Methode..	59
Abb. 54	Vergleich der Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche postoperativ nach palmar..	60
Abb. 55	Vergleich der Winkel der radiokarpalen Gelenkfläche postoperativ nach ulnar....	60
Abb. 56	Vergleich der prä- und postoperativen Gelenkwinkel nach Böhler nach ulnar.....	61
Abb. 57	Vergleich der intraartikulären Gelenkflächenstufung postoperativ.....	62
Abb. 58	Vergleich der präoperativen und postoperativen radialen Verkürzung.....	62
Abb. 59	Vergleich der Naumann - Scores.....	63
Abb. 60	Vergleich der DASH - Scores.....	64
Abb. 61	Vergleich der Solgaard - Scores.....	64
Abb. 62	Solgaard - Score im Vergleich der einzelnen Gruppen.....	79

---

**VII. TABELLENVERZEICHNIS**


---

Tab. 1	Bewertungsschema nach Naumann .....	22
Tab. 2	Solgaard - Score.....	24
Tab. 3	Stabilität der Osteosynthesen in Gruppe 1.....	27
Tab. 4	Übersicht der Komplikationen in Gruppe 1.....	27
Tab. 5	Radiologisches Bewertungsschema nach Naumann Gruppe 1.....	31
Tab. 6	Selbstbeurteilung nach DASH Gruppe 1.....	31
Tab. 7	Traumascore nach Solgaard Gruppe 1.....	32
Tab. 8	Art und Häufigkeit der OP - Verfahren in Gruppe 2.....	33
Tab. 9	Art der Defektauffüllung Gruppe 2 .....	35
Tab. 10	Stabilität der Osteosynthesen Gruppe 2.....	35
Tab. 11	Übersicht der Komplikationen in Gruppe 2.....	36
Tab. 12	Radiologisches Bewertungsschema nach Naumann Gruppe 2.....	40
Tab. 13	Selbstbeurteilung nach DASH Gruppe 2.....	40
Tab. 14	Traumascore nach Solgaard Gruppe 2.....	41
Tab. 15	Art der Defektauffüllung Gruppe 2a.....	43
Tab. 16	Stabilität der Osteosynthesen Gruppe 2a.....	43
Tab. 17	Übersicht der Komplikationen in Gruppe 2a.....	44
Tab. 18	Radiologisches Bewertungsschema nach Naumann Gruppe 2a.....	48
Tab. 19	Selbstbeurteilung nach DASH Gruppe 2a.....	48
Tab. 20	Traumascore nach Solgaard Gruppe 2a.....	49
Tab. 21	Art der Defektauffüllung Gruppe 2b .....	51
Tab. 22	Stabilität der Osteosynthesen Gruppe 2b.....	51
Tab. 23	Übersicht der Komplikationen in Gruppe 2b.....	52
Tab. 24	Radiologisches Bewertungsschema nach Naumann Gruppe 2b.....	56
Tab. 25	Selbstbeurteilung nach DASH Gruppe 2b.....	56
Tab. 26	Traumascore nach Solgaard Gruppe 2b.....	57

## **DANKSAGUNG**

Ich bedanke mich herzlich bei Herrn Prof. Dr. D. Hofmann für die Überlassung des interessanten Themas und für die Betreuung als Doktorvater.

Weiterhin möchte ich mich bei den Herren Univ.-Prof. Dr. Dr. R. Schnettler und Ltd. OA Dr. P. Stahl dafür bedanken, dass mir mit ihnen weitere Ansprech- und Diskussionspartner zur Seite standen.

Ein großer Dank geht an Frau Dr. C. v. Glisczynski für die tolle Unterstützung, Hilfsbereitschaft und die geduldige Korrekturlesung.

Danken möchte ich auch meiner Familie, wobei mein ganz besonderer Dank meinen Eltern gilt, ohne die ich an diesem Punkt nicht angekommen wäre.

## LEBENS LAUF

### Persönliche Daten

Name: Thomas Weihrauch  
Wohnort: Im Hengst 33 A, 56736 Kottenheim  
Geburtstag/-ort: 04.08.1965 in Kassel

### Schul Ausbildung

1971-1975 Grundschule V, Hildesheim  
1975-1984 Gymnasium Andreanum, Hildesheim

### Wehrdienst

1984-1986 Zeitsoldat für zwei Jahre, Leutnant der Reserve im Sanitätsdienst

### Studium der Medizin an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

1989 Ärztliche Vorprüfung  
1990 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
1993 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
26.04.1994 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

### Medizinischer Werdegang

01.06.1994-30.11.1995 AiP im Krankenhaus Maria Hilf, Bad Neuenahr Abteilung für Allgemein- und Unfallchirurgie CA Prof. Dr. med. D. Hofmann  
01.12.1995 Approbation als Arzt  
01.12.1995-31.03.2002 Assistenzarzt in der Chirurgie, darin  
01.07.1999-30.06.2000 Assistenzarzt in der Abteilung Urologie im KH Maria Hilf, CA Dr. med. H. Griesbaum  
1999 Erwerb der Fachkunde Rettungsdienst  
21.06.2001 Anerkennung als Facharzt für Chirurgie  
Bereichsbezeichnung Notfallmedizin  
ab 01.09.2001 Funktionsoberarzt mit Teilnahme am Hintergrunddienst  
ab 01.04.2002 Oberarzt in der Abteilung für Allgemein- und Unfallchirurgie im Marienhausklinikum im Kreis Ahrweiler  
23.06.2003 Erwerb der Schwerpunktbezeichnung Unfallchirurgie  
01.04.2004 - 31.03.2007 Oberarzt in der Abteilung für Allgemein-, Viszeral- und Unfallchirurgie im St. Elisabeth Krankenhaus Mayen CA Dr. med. B. Engelke  
seit 01.04.2007 Oberarzt in der Abteilung Unfallchirurgie und Orthopädie im Gemeinschaftsklinikum Kemperhof Koblenz / St. Elisabeth Mayen CA Dr. med. H. Kray