

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und  
Wiederherstellungschirurgie  
- Direktor: Univ.- Prof. Dr. med. Michael J. Raschke -

Die Behandlung der Scaphoidpseudarthrose:  
Operative Konzepte und Ergebnisse der Jahre 1995 bis  
2002

INAUGURAL- DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms- Universität Münster

vorgelegt von

Komadinic, Adrian Daniel

aus Herford

2009

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Westfälischen Wilhelm- Universität Münster

Dekan: Univ.- Prof. Dr. med. Wilhelm Schmitz

1. Berichterstatter: Univ.- Prof. Dr. med. Michael J. Raschke
2. Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. med. Robert Rödl

Tag der mündlichen Prüfung: 09. Februar 2009

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Michael J. Raschke

Referent: Univ.-Prof. Dr. med. M. J. Raschke  
Koreferent: Priv. Doz. Dr. med. R. Rödl

## **Zusammenfassung**

### **Die Behandlung der Scaphoidpseudarthrose: Operative Konzepte und Ergebnisse der Jahre 1995 bis 2002**

Adrian Daniel Komadinic

Zwischen Januar 1995 und November 2002 wurden in der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster 91 Patienten aufgrund einer Skaphoidpseudarthrose operiert. In einer retrospektiven Studie wurden Patienten nach operativer Versorgung nachuntersucht. Ziel der vorliegenden Studie war es, die klinischen und radiologischen Ergebnisse nach Versorgung der Kahnbeinpseudarthrosen zu erfassen, mit der Literatur zu vergleichen und unsere Behandlungskonzepte zu bewerten. Weiterhin wurden hierbei auch subjektive Kriterien mit Hilfe des sogenannten DASH-Score berücksichtigt, der die postoperative Lebensqualität aus Sicht des Patienten beurteilt und bewertet.

74 Patienten beantworteten den DASH-Fragebogen und konnten in dieser Studie aufgenommen werden. Es handelt sich um 71 Männer und 3 Frauen. Das Durchschnittsalter betrug 29 Jahre. Von ihnen konnten 70 Patienten nach einer durchschnittlichen Zeit von 66,39 Monaten nachuntersucht werden.

Abhängig vom Behandlungskonzept kam es zu einer knöchernen Durchbauung in durchschnittlich 81,4% der Fälle. Die Durchbauungsrate korreliert dabei mit der Lokalisation und dem Alter der Pseudarthrose und dem Patientenalter.

Die Auswertung der DASH-Score Ergebnisse ergab einen durchschnittlichen Gesamtscore von 9,3 Punkten. Die Gesamtbeweglichkeit lag bei 86,5%, die Grobkraft bei 94% im Vergleich zur gesunden Hand.

Galt das Verfahren nach Matti und Russe lange Zeit als Methode der Wahl bei der Behandlung der Kahnbeinpseudarthrose, so spielt heutzutage zunehmend die zusätzliche Verschraubung mit der Herbertschraube eine wesentliche Rolle.

Tag der mündlichen Prüfung: 09. Februar 2009

Diese Arbeit ist meinem Vater gewidmet.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1. Anatomie und Funktion des Kahnbeins.....	3
1.2. Die Kahnbeinfraktur und ihre Pseudarthrose .....	10
1.3. Derzeitiger Stand der Diagnostik und Therapie der Kahnbeinfraktur und -pseudarthrose .....	28
<b>2. Material und Methode</b> .....	<b>45</b>
2.1. Patientengut.....	45
2.2. Methode.....	46
<b>3. Ergebnisse</b> .....	<b>50</b>
<b>4. Diskussion</b> .....	<b>72</b>
<b>5. Schlussfolgerung</b> .....	<b>82</b>
<b>6. Fallbeispiele</b> .....	<b>84</b>
<b>7. Zusammenfassung</b> .....	<b>90</b>
<b>8. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>92</b>
<b>9. Abbildungs-, Tabellen- und Diagrammverzeichnis</b> .....	<b>105</b>
<b>Abbildungsverzeichnis:</b> .....	105
<b>Tabellenverzeichnis:</b> .....	106
<b>Diagrammverzeichnis:</b> .....	107
<b>Verzeichnis der Abkürzungen:</b> .....	108
<b>10. Danksagung</b> .....	<b>109</b>
<b>11. Lebenslauf</b> .....	<b>110</b>

# 1. Einleitung

Das Kahnbein (Os scaphoideum) hat eine besonders wichtige Rolle im Gefüge der Handwurzelknochen. Es ist das stabilisierende Bindeglied zwischen der proximalen und distalen Handwurzelreihe (55) und durch verschiedene Bandsysteme verspannt. Die Fraktur des Kahnbeins ist mit Abstand der häufigste Bruch unter den Handwurzelknochen (21, 80). Aus unterschiedlichen Gründen entwickelt sich aus einem Kahnbeinbruch häufig eine Kahnbeinpseudarthrose. Hauptgründe für die Entwicklung einer Kahnbeinpseudarthrose sind eine nicht erkannte Fraktur, unzureichende Immobilisation, Achsfehlstellungen und die ungünstigen Durchblutungsverhältnisse des Kahnbeins (52). Spätfolge dieser Verletzung ist die katastrophale Entwicklung eines karpalen Kollapses, auch als SNAC-wrist (Scaphoid Nonunion Advanced Collapse) bezeichnet (68).

Erst Lorenz Böhler führte eine effektive konservative Therapie der Kahnbeinfrakturen ein, die auch im englischsprachigen Raum übernommen wurde und erzielte damit hohe Ausheilungsraten. Er empfahl eine Ruhigstellung von 6 Wochen in einer ungepolsterten Gipsschiene bei unkomplizierten Querfrakturen und für weitere 6 Wochen bei komplizierten Brüchen. Böhler entwickelte dazu die nach ihm benannte Klassifikation der Kahnbeinfrakturen (17).

Eine Ausheilung der Kahnbeinpseudarthrose wurde erst durch die kortikospongiöse Verblockung nach Matti (94) und Russe (118) möglich. Diese setzte sich aufgrund der guten Ergebnisse in ganz Europa und den USA durch.

Die von Timothy Herbert 1984 entwickelte und nach ihm benannte Herbertschraube mit ihrem innovativen Design eines doppelten Gewindesystems führte zur immer breiteren Anwendung der operativen Stabilisierung der Kahnbeinfraktur (64). Die Konstruktion der Doppelgewindeschraube mit proximal flachem und distal steilem Gewindegang übt Kompression auf die Fraktur aus und muss, zumal sie vollständig im Knochen versenkt wird, nicht mehr entfernt werden. In Verbindung mit einer Knochenspanplastik ist sie auch zur Versorgung von Kahnbeinpseudarthrosen geeignet (64).

In dieser Arbeit werden die Resultate der verschiedenen Operationsverfahren zur Behandlung von Kahnbeinpseudarthrosen vorgestellt. Das Ziel dieser retrospektiven Studie war die Evaluation der individuellen, funktionellen und radiologischen mittelfristigen Ergebnisse, der Vergleich mit der Literatur und deren Bemessung anhand etablierter Bewertungsschemata.

## **1.1. Anatomie und Funktion des Kahnbeins**

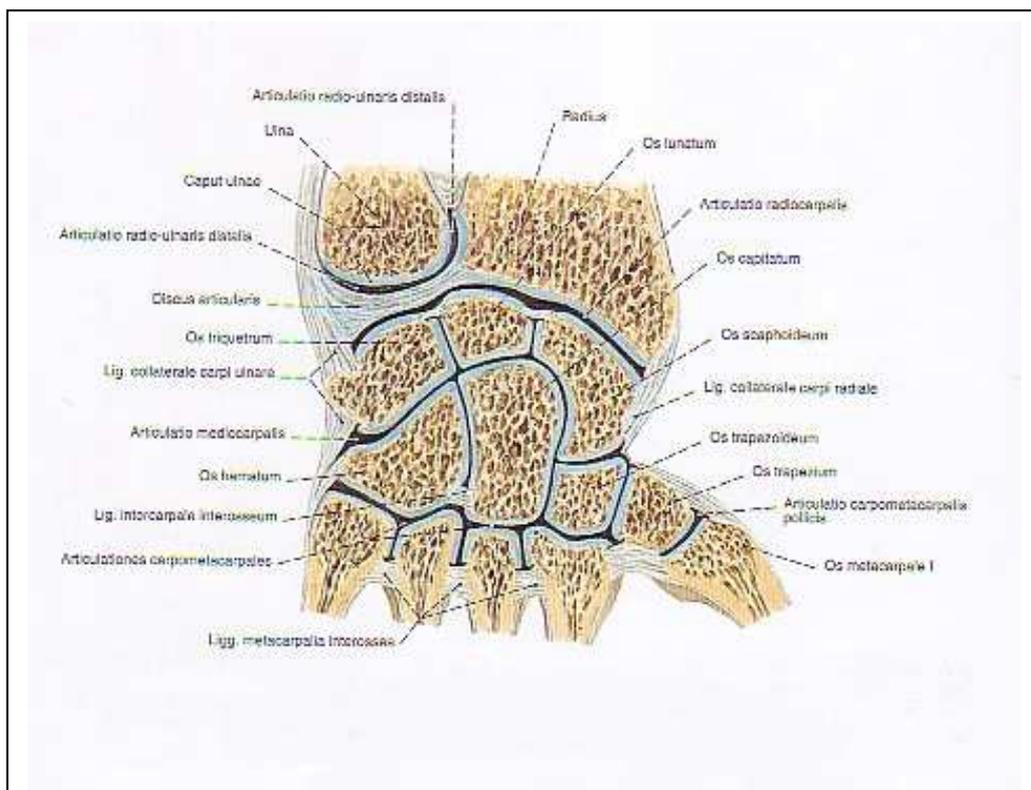
„In der menschlichen Hand sind die Knochen der Handwurzel acht an der Zahl und sind so genau verbunden, dass sie eine Art Kugel bilden, welche sich am Ende der Speiche bewegt (10).“ Diese Feststellung machte Charles Bell bereits im Jahre 1833 in seinem Buch „Bridgwater Treatise IV: The Hand, Its Mechanism and Vital Endowments, as Evincing Design“.

Zum Skelett der Handwurzel (Karpus) gehören insgesamt 8 Knochen (Abb.1). Die Handwurzelknochen, Carpalia, bilden eine proximale und eine distale Reihe, die sich aus je 4 Knochen zusammensetzen. Das Kahnbein (Os scaphoideum) bildet von radial nach ulnar mit dem Mondbein (Os lunatum), dem Dreieckbein (Os triquetrum) und dem Erbsenbein (Os pisiforme) die Reihe der proximalen Handwurzelknochen. Die distale Reihe wird vom großen Vieleckbein (Os trapezium), dem kleinen Vieleckbein (Os trapezoideum), dem Kopfbein (Os capitatum) und dem Hakenbein (Os hamatum) gebildet. Die Hohlhandrinne (Sulcus carpi) wird vom Retinaculum flexorum zum Karpalkanal (Canalis carpi) geschlossen. Durch sie ziehen die Sehnen der langen Beuger und der N. medianus.

Man unterscheidet das proximale und das distale Handgelenk. Die Knochen sind so angeordnet, dass die proximale Reihe eine ovoide (ellipsoide) Gelenkfläche bildet (Abb.1). Sie dient der Articulatio radiocarpalis, dem

proximalen Handgelenk, als Gelenkkopf. Die Gelenkpfanne wird aus der Facies articularis carpalis des Radius und der dem Ulnakopf aufliegendem Discus articularis gebildet. Der Form nach handelt es sich um ein Ellipsoidgelenk mit zwei Freiheitsgraden.

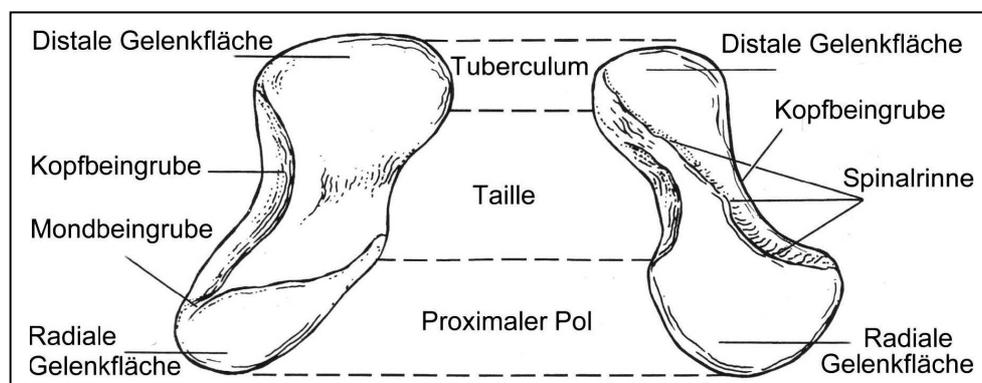
Der Gelenkspalt im Articulatio mediocarpalis, dem distalen Handgelenk, verläuft wellenförmig (sigmoid) und liegt zwischen der proximalen und der distalen Reihe der Handwurzelknochen (Abb.1). Als Articulationes intercarpales werden die gelenkigen Verbindungen der einzelnen Handwurzelknochen untereinander bezeichnet.



**Abb. 1:** Anatomie der Handwurzel aus Putz/Pabst 1993 (Nr.111 S.178)

Das Kahnbein (Os scaphoideum, früher Os naviculare) ist der größte Knochen der proximalen Reihe und stellt das Verbindungsglied zwischen proximaler und distaler Handwurzelreihe dar (55). Seine Länge wird mit durchschnittlich 25 mm, seine Breite mit durchschnittlich 16,7 mm angegeben (2) und ist durch das Tuberculum, die Tuberositas, die Scaphoidtaille, den Korpus und den proximalen Pol (von distal nach proximal) gekennzeichnet.

Die Gelenkflächen des Kahnbeines sind unterschiedlich. Radialwärts findet sich eine glatte, konvexe Gelenkfläche von dreieckiger Form. Um die Ossa trapezium und trapezoideum aufnehmen zu können, ist die distale Gelenkfläche konkav, aber ebenfalls glatt und dreieckig. Die Artikulation mit dem Os lunatum erfolgt über eine von zwei ulnaren Facetten. Die zweite größere nimmt teilweise das Köpfchen des Os capitatum auf (Abb.2).



**Abb. 2:** Gelenkflächen des Kahnbeins nach Herbert 1990 (Nr.61)

Die Interkarpalgelenke bewegen sich mit dem Radioulnargelenk mit und verstärken dessen Bewegung. Dabei liegt der Schwerpunkt der Bewegung im Mediokarpalgelenk.

Beugung (Palmarflexion) und Streckung (Dorsalextension) erfolgen um eine transversale Achse, wobei an der Palmarflexion vorwiegend das proximale, an der Dorsalextension das distale Handgelenk beteiligt ist.

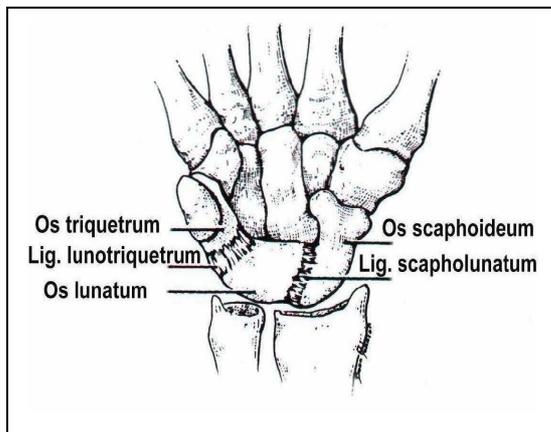
Die Radialduktion findet hauptsächlich zwischen der proximalen und distalen Reihe statt, während die Ulnardeviation sowohl interkarpal als auch radiokarpal bedingt ist (**162**).

Dem Kahnbein kommt in der Ringstruktur des Handgelenkes eine besondere Bedeutung zu. Es setzt die Radial- und Ulnardeviation der distalen karpalen Reihe in eine Flexion oder Extension der proximalen Reihe um (**83**).

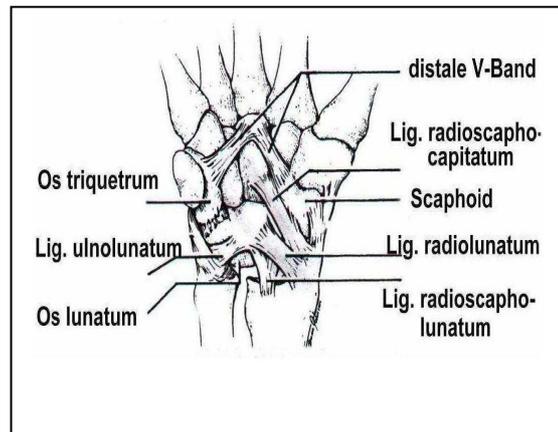
Durch die in diesem Gelenk möglichen Bewegungen, ebenso wie durch die Gleitbewegungen der zu beiden Seiten angeordneten Knochen, hat das Handgelenk einen erheblichen Bewegungsumfang. Durch die Kombination der Bewegungen ist die Zirkumduktion der Hand möglich.

Die Gelenkkapsel wird von den Ligg. intercarpalia dorsalia und den kräftigeren palmaria gebildet und von dem in der Tiefe versenkten Ligg. intercarpalia interossea verstärkt. Auch mit dem Radiokarpalgelenk bestehen Verbindungen über beidseitige Kollateralbänder, den Lig. collaterale carpi radiale et ulnare. Palmar finden sich festere und straffere Bandverbindungen als dorsalseitig. Dorsale radiocarpale Bänder sind breitflächiger und dünner angelegt (**129**).

Der Bandapparat des Handgelenks lässt sich in ein intrinsisches und ein extrinsisches System unterteilen (Abb.3 und 4). Intrinsische Bänder entspringen und setzen innerhalb der Handwurzelknochen an und stabilisieren diese. Der intrinsische Bandapparat der proximalen Reihe setzt sich aus dem Lig. scapholunatum und dem Lig. lunotriquetrum zusammen (66). Das extrinsische System verbindet die distalen Unterarmknochen mit den Handwurzelknochen. Man unterscheidet hierbei ein dorsal angeordnetes V-Band und zwei palmar gelegene V-Bänder.



**Abb. 3:** Intrinsisches Bandsystem nach Johnston 1995 (Nr.66)



**Abb. 4:** Extrinsisches Bandsystem nach Johnston 1995 ( Nr.66).

Das dorsale V-Band, das aus dem Lig. radiocarpale dorsale (bestehend aus dem Lig. radioscaphoideum, dem Lig. radiolunatum und dem Lig. radiotriquetrum) und dem zwischen Skaphoid und Triquetrum liegenden Lig. intercarpale dorsale gebildet wird, verhindert ein Abgleiten des Handgelenks nach ulnar (Abb.5). Palmarseitig unterscheidet man das proximale V-Band, welches sich aus dem Lig. radiolunotriquetrum und dem Lig. ulnolunatum zusammensetzt, und das distale V-Band, welches von dem Lig.

radioscaphocapitatum und dem Lig. capitatohamatotriquetrum gebildet wird (Abb.4). Sie verhindern, dass das Handgelenk bei Dorsalextension nach palmar abgelenkt.

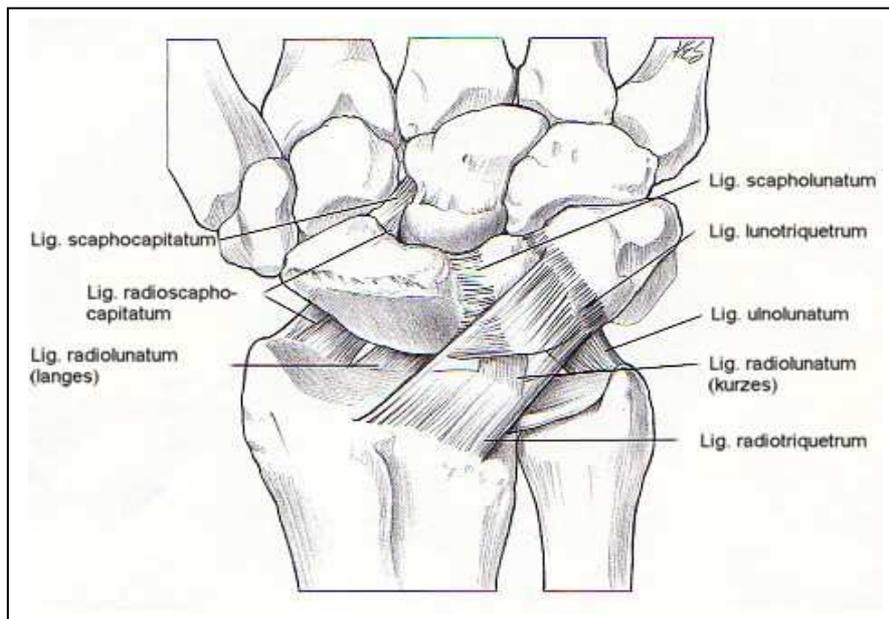
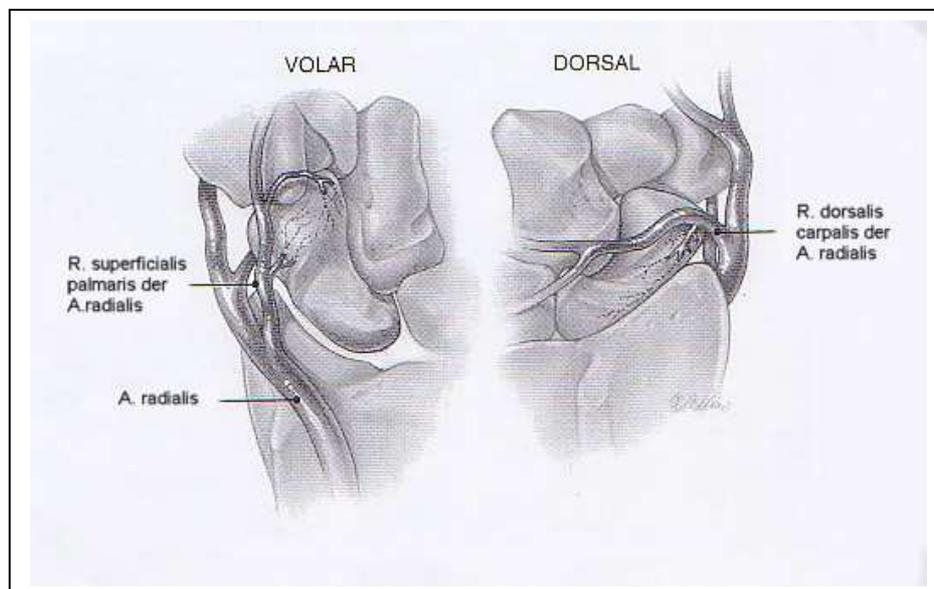


Abb. 5: Dordales V-Band aus Szabo 1994 (Nr.140 S.170)

Bei der Frakturheilung spielt die Gefäßversorgung des Knochens eine ausschlaggebende Rolle. Über die Gefäßversorgung des Kahnbeines finden sich in der Literatur kontroverse Meinungen.

Die Durchblutung des Skaphoids erfolgt zu 70-80 % von distal über Äste aus der A. radialis (52). Die Arteria radialis bildet das Rete carpalare palmare et dorsale, zwei auf den Handwurzelknochen liegende Gefäßnetze (Abb.6). Diese geben kleine Arteriae nutriciae an die Handwurzelknochen ab. Die individuelle Verteilung gestaltet sich jedoch unterschiedlich (154, 105).

Die Blutversorgung des Kahnbeins erfolgt hierbei weitgehend über Gefäße, die von distal in den Knochen eintreten. In 14% der Fälle findet man in der proximalen Hälfte des Skaphoids keine zusätzliche Gefäßversorgung (52). Die Blutversorgung des proximalen Kahnbeindrittels ist wesentlich schlechter (46, 52, 63, 70). Der proximale Pol selbst hat keine eigene Blutversorgung und wird von distal durchblutet (12). Dies führt vielfach zu einer Minderdurchblutung nach Frakturen, mit der Gefahr der Fragmentnekrose (46, 47, 63, 126). Mit dem beschriebenen rekurrenten Verlauf der nutritiven Gefäße von distal nach proximal spielt die Blutversorgung des Kahnbeins auch eine besondere Rolle bei der Entstehung der Pseudarthrose (77). Eine Unterbrechung dieser Blutversorgung bei proximalen Frakturen und die resultierende Ischämie begünstigt die Ausbildung einer Pseudarthrose (139).



**Abb. 6:** Blutversorgung des Kahnbeins aus Amadio 1999 (Nr.3 S.810)

## 1.2. Die Kahnbeinfraktur und ihre Pseudarthrose

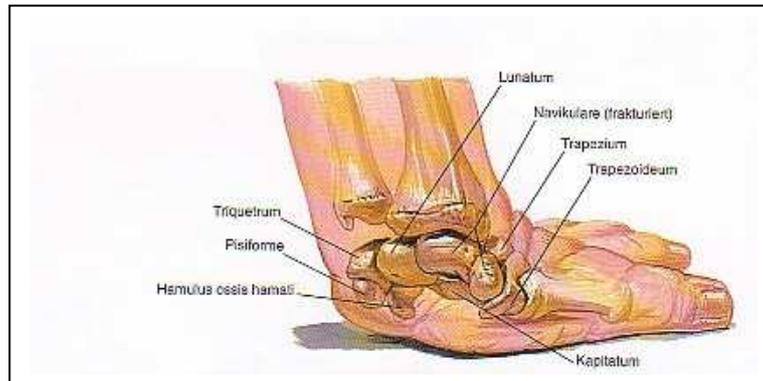


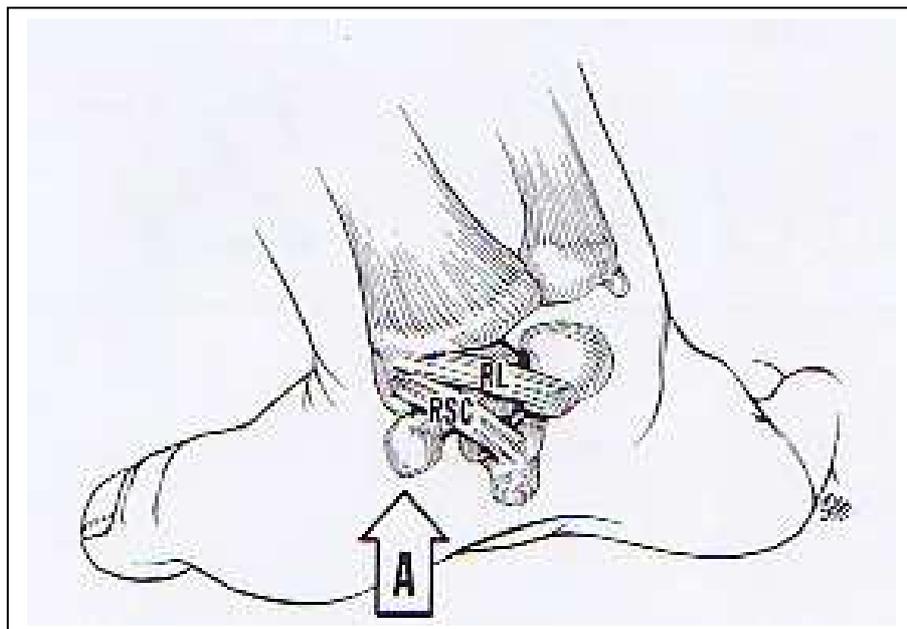
Abb. 7: Kahnbeinfraktur aus Netter 1997 (Nr.102 S.61)

Die Skaphoidfraktur (Synonyme: Kahnbeinfraktur, Navikularfraktur) ist die häufigste Fraktur (ca. 80%) der Handwurzelknochen (**21, 80**) und wurde schon 1847 von Malgaigne beschrieben. Insgesamt ist sie mit 0,7-1.5% (**116**) bzw. etwa 2% (**50**) aller Frakturen des Menschen eine dennoch relativ seltene Verletzung (Abb.7).

Bei der Skaphoidfraktur unterscheidet man zwischen frischen und älteren Frakturen, beziehungsweise stabilen und instabilen Frakturen. Liegt der Diagnosezeitpunkt innerhalb von 6 Wochen nach ursächlichem Trauma, wird die Fraktur als frisch bezeichnet. Andernfalls spricht man von einer älteren Fraktur. Brüche, bei denen die Distanz der Frakturänder weniger als 1mm beträgt, werden als stabil bezeichnet. Bei einer Distanz von mehr als 1mm oder bei Verkippung der Fragmente, werden sie als instabil bezeichnet (**2**). Mehrfragment- oder Trümmerfrakturen gelten ebenfalls als instabil. Frakturen im Bereich des proximalen Kahnbeinpols sind prinzipiell als instabil anzusehen (**99**).

Die Skaphoidfraktur entsteht fast ausschließlich durch indirekte Gewalteinwirkung bei Sturz auf die extendierte Hand (2, 19, 155). Sie ist typischerweise eine Verletzung junger Erwachsener und tritt überwiegend in der Altersgruppe zwischen 15 und 45 Jahren auf (9), mit 85,7% bei deutlicher Bevorzugung des männlichen Geschlechts (35).

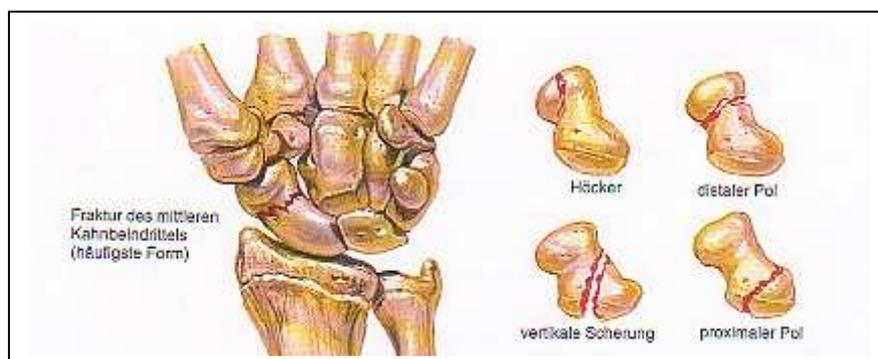
In den meisten Fällen wird die Fraktur durch eine Hyperextension von über 90° des Handgelenks die Fraktur hervorgerufen (2, 83, 148, 155). Die stärksten Biegekräfte entstehen dabei im Bereich der Skaphoidtaille, die hierdurch frakturieren kann (95). Hierbei werden die entstehenden Druckkräfte über die Mittelhand und Handwurzel auf den Radius weitergeleitet, dessen Griffelfortsatz das Kahnbein wie ein Keil sprengen kann (Abb.8).



**Abb. 8:** Frakturmechanismus aus Amadio 1999 (Nr.3 S.810)

Zu den mit dem Kahnbeinbruch am häufigsten assoziierten Verletzungen gehören mit bis zu 6,5% die distale Radiusfraktur und mit 4,1 % die nach De Quervain benannte perilunäre transscaphoidale Luxationsfraktur.

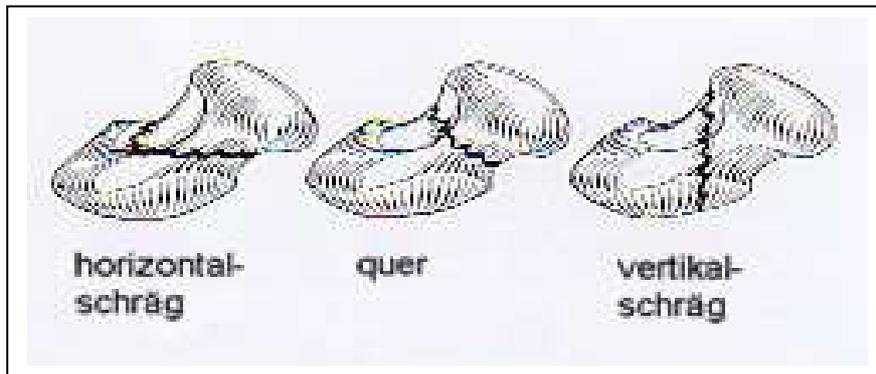
Am häufigsten ist mit etwa 70 % das mittlere Kahnbeindrittel betroffen, das am schlechtesten durchblutete proximale Drittel in etwa 20% der Fälle **(14)** (Abb.9).



**Abb. 9:** Frakturlokalisierung aus Netter 1997 (Nr.102 S.61)

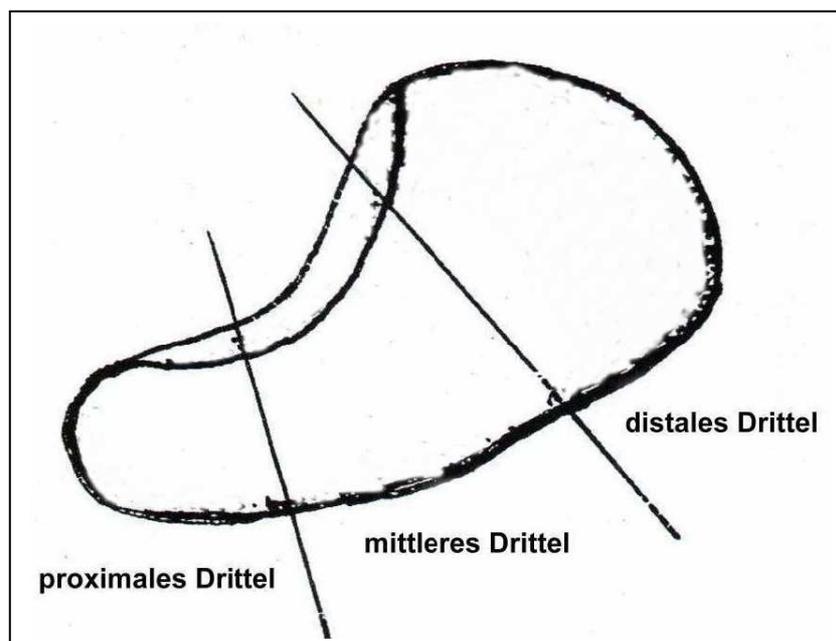
Es sind verschiedene Klassifikationen für die Kahnbeinfraktur vorgeschlagen worden, bei denen die Durchblutungssituation der Fragmente, die Stabilität oder die Form und Lage der Fraktur als führendes Merkmal für die Eingruppierung in ihre Klassifikation zugrunde gelegt wurde **(130)**. Die Lokalisation sowie die Art der Fraktur sind unter anderem von der Stellung des Handgelenkes beim Sturz und der individuellen Anatomie des Kahnbeins abhängig. Die Stabilität des Bruches hängt vom Verlauf der Frakturlinie sowie auch von möglichen zusätzlichen Verletzungen des Bandapparates ab **(104, 128)**.

Böhler erarbeitete eine Einteilung in Anlehnung an die Klassifikation der Schenkelhalsfrakturen in Pauwels I-III nach dem Bruchspaltverlauf in horizontal-schräge, querverlaufende und vertikal-schräge Brüche (19) (Abb.10).



**Abb. 10:** Einteilung nach dem Bruchspaltverlauf aus Amadio 1999 (Nr.3 S.815)

Russe unterteilte die Frakturen nach der Lokalisation des Bruchspaltes im distalen, mittleren und proximalen Drittel (119, 120) (Abb.11).



**Abb. 11:** Einteilung nach Lokalisation aus Russe 1954 (Nr.119)

Schernberg unterteilt das Kahnbein von proximal nach distal in sechs Frakturzonen und gibt dazu folgende Häufigkeiten an (**128**):

- I: der proximale Pol (4%),
- II: der Scaphoidkörper proximal (20%),
- III: der Scaphoidkörper distal (31%),
- IV: der Bereich der Tuberositas (31%),
- V: die distale Intermediärzone (8%),
- VI: das Tuberculum (6%).

Neben der AO-Klassifikation sind weitere Einteilungen von Mc Laughlin (**96**), Watson-Jones (**154**) und Herbert/Fischer (**64**) zu erwähnen.

Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen-AO (B.Petracic/H.R.Siebert 1995):

- Typ A: Abrißfraktur (A1-A3).
- Typ B: Quer-, Schräg-, Längsfraktur (B1-B3).
- Typ C: Mehrfragment-Trümmerfraktur (C1-C3).

Eine neuere von Filan und Herbert modifizierte Version von 1996 beinhaltet auch eine Einteilung der Pseudarthrosen (42) (Abb.12; Tab.1).

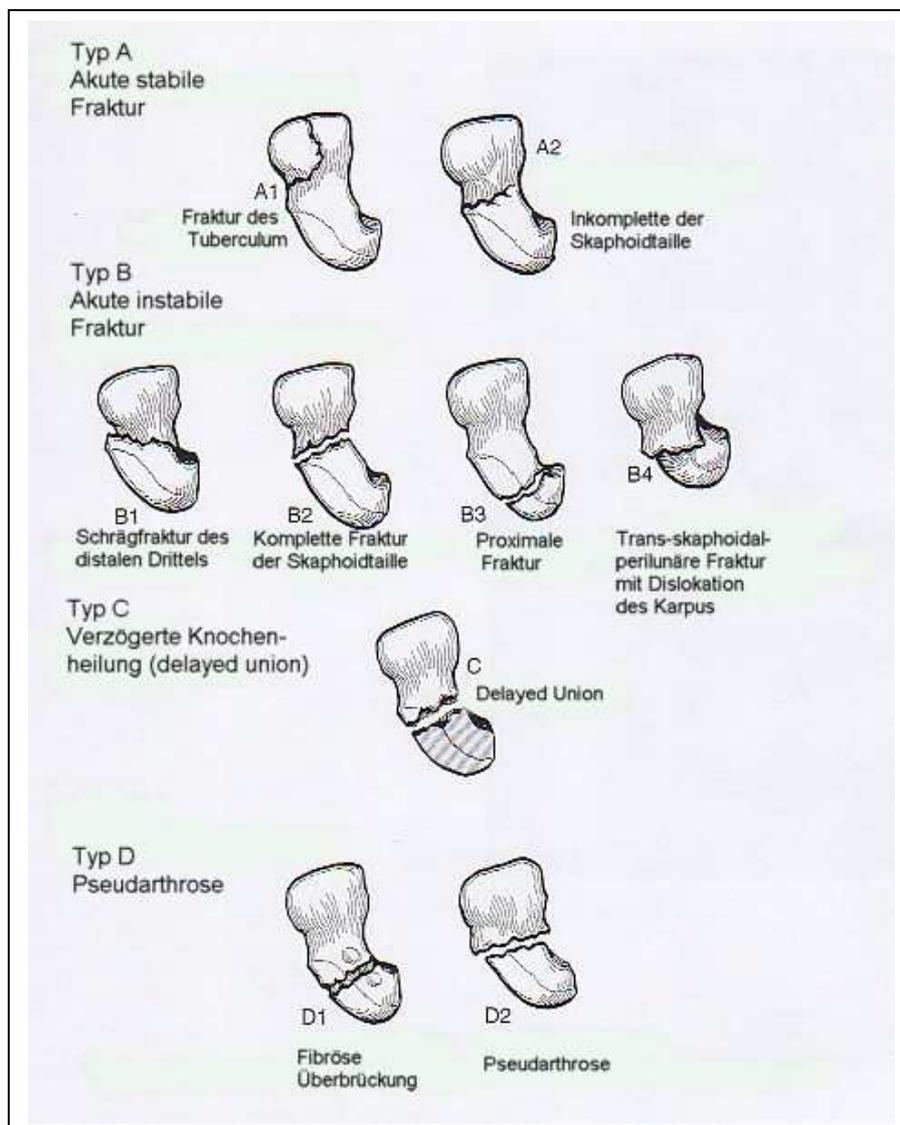


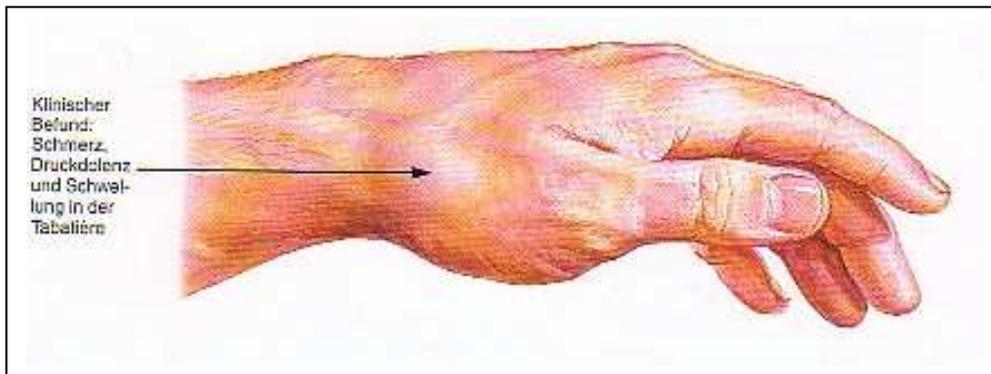
Abb. 12: Herbert-Klassifikation aus Amadio 1999 (Nr.3 S.815)

<b>Typ</b>	<b>Definition</b>
<b>A</b>	<b>Akute stabile Fraktur</b>
A1	Fraktur Tuberculum scaphoidei
A2	Nicht dislozierte (inkomplette) Fraktur der Skaphoidtaille "crack fracture"
<b>B</b>	<b>Akute instabile Fraktur</b>
B 1	Schrägfraktur des distalen Drittels
B 2	Dislozierte (instabile) Fraktur der Skaphoidtaille
B 3	Proximale Fraktur
B 4	Fraktur mit Dislokation des Karpus
B 5	Mehrfragment- bzw. Trümmerfraktur
<b>C</b>	Verzögerte Knochenheilung „delayed union“
<b>D</b>	<b>Pseudarthrose</b>
D 1	Fibröse Überbrückung der Pseudarthrose (fibrous nonunion)
D 2	Frühe Deformierung (sclerotic nonunion)
D 3	Fortgeschrittene Deformierung mit Sklerose
D 4	Avaskuläre Nekrose mit Fragmentierung des proximalen Pols

**Tab. 1:** Herbert-Klassifikation nach Filan 1996 (Nr.42)

Zur klinischen Symptomatik des frischen Kahnbeinbruches gehören (Abb.13):

- Schmerzen im Handgelenk und schmerzhaft eingeschränkte Beweglichkeit,
- Druckschmerz über der häufig geschwollenen Tabatiere mit einem Verstreichen der dorsal-radialen Konkavität des Handgelenks,
- lokalisierter Bewegungsschmerz, insbesondere bei Radialabduktion des Handgelenks und bei Daumenbewegungen,
- Schmerzen bei Stauchung des 1. und 2. Strahles gegen die Handwurzel.



**Abb.13:** Symptomatische Hand aus Netter 1997 (Nr.102 S.61)

Trotzdem werden viele Frakturen primär übersehen und bei persistierenden Beschwerden erst im Stadium der Pseudarthrose diagnostiziert (**63, 70**).

Aber auch bei einer adäquaten Behandlung der Fraktur kann es in bis zu 12 % der Fälle zu einer Pseudarthrosenbildung kommen (**32**). Eine undislozierte stabile Fraktur, welche sofort diagnostiziert und ruhig gestellt wird, heilt in 95 % der Fälle aus (**30**). Die tatsächliche Konsolidierungsrate nach konservativer oder operativer Behandlung ist jedoch immer noch umstritten, da eine knöcherne Durchbauung der Fraktur auf den konventionellen Aufnahmen häufig nur schwer beurteilt werden kann (**33**).

Ist die Skaphoidfraktur nach vier Monaten nicht verheilt, wird sie als delayed union bezeichnet, frühestens nach einem Zeitraum von sechs Monaten liegt eine Pseudarthrose vor (**60, 159**). Radiologisch charakterisiert wird die manifeste Pseudarthrose durch eine in konventionellen Aufnahmen erkennbare glatte Abdeckung der alten Bruchflächen, mit einem deutlichen Saum

zwischen beiden Fragmenten bis hin zu typisch kleinzystischen Veränderungen (18, 22). Diese so genannten Resorptionszysten entstehen durch fortbestehende Knochenresorptionen aufgrund einer ungenügenden Stabilität mit Scherbewegungen der Bruchfragmente gegeneinander.

Neben der schon dargestellten Klassifikation der Scaphoidpseudarthrosen von Filan und Herbert gibt es aber auch hier noch weitere Eingruppierungssysteme. Bereits 1955 etablierten Trojan und Jahna eine sich an den typisch stadienhaften Verlauf der Skaphoidpseudarthrosen anlehrende Klassifikation (143). Diese wurde durch Schmitt et al. 1997 modifiziert, indem das Stadium III in ein Stadium IIIa (ohne Instabilität) und in ein Stadium IIIb (mit so genannter DISI-Gefügestörung = Dorsiflexed intercalated Segment instability; hierzu später mehr) unterteilt wurde. Das Stadium IV (mit Ausbildung einer radio- bzw. mediokarpalen Arthrose) kam hinzu (131) (Tab.2).

Stadium	Röntgenzeichen	Bemerkung
I	Resorptionszone	Reversibel
II	Resorptionszysten	Zysten und Randsklerose der Fragmente
IIIa	Abdeckelung ohne Instabilität	Sklerosierung und Randosteophyten
IIIb	Abdeckelung mit Instabilität	DISI-Position + Höhenminderung des Karpus
IV	Periskaphoidale Arthrose	Radiokarpal (Styloidarthrose) bzw. mediokarpal

**Tab. 2:** Einteilung der Pseudarthrosen modifiziert nach Schmitt 1997 und Trojan 1955 (Nr.131, 143)

Eine von Mack et al. 1997 veröffentlichte Klassifikation (Tab.3) in Abhängigkeit von der vorhandenen Dislokation, der karpalen Instabilität und dem Ausmaß der degenerativen Veränderungen unterteilt die Kahnbeinpseudarthrosen in 5 Typen und beinhaltet zudem die unterschiedlichen Therapiekonzepte (87). Die Verfahrenswahl hängt dabei vom Stadium der Pseudarthrose ab (2).

Stadium	Typ	Therapie	Alternative
I stabil	<i>Stabile</i> Pseudarthrose, keine Fragmentdislokation, keine degenerativen Veränderungen	Matti-Russe-Plastik	Matti-Russe-Plastik mit KD
II instabil	<i>Instabile</i> Pseudarthrose mit Verschiebung der Fragmente oder DISI-Position	Palmarer kortikospongiöser Span mit Herbertschraube	
III frühe degenerative Veränderungen	<i>Arthrose am Proc. Styloideus radii</i> bzw. Radiokaphoidarthrose i.d.R. mit Fragmentverschiebung u./o. karpaler Instabilität	Palmarer kortikospongiöser Span mit Herbertschraube, Styloidektomie	Proximal row carpectomy, mediokarpale Arthrodese
IV SNAC	Arthrose des Radiokaphoidgelenks <i>und</i> im Mediokarpalgelenk	Mediokarpale Arthrodese	Denervation n. Wilhelm HG-Arthrodese
V SNAC plus	Generalisierte Arthrose unter Beteiligung des <i>radiolunären</i> Gelenks	HG-Arthrodese	Denervation n. Wilhelm

**Tab. 3:** Stadienorientierte Therapie nach Mack 1997 (Nr.87)

Nicht nur um eine Klassifikation vornehmen zu können, sondern vor allem aufgrund des besonderen Krankheitsverlaufes und der prognostischen Bedeutung der Kahnbeinerkrankungen, ist eine schnelle, pragmatische und ökonomisch sinnvolle Diagnostik erforderlich.

Neben der Anamnese (Unfallmechanismus, bisherige Behandlung) werden unmittelbar nach einem Handgelenkstrauma Röntgenaufnahmen in zwei

Ebenen angefertigt. Hierbei kann ein haarfeiner Frakturspalt im Skaphoid übersehen werden. Wenn die Projektionsebenen nicht exakt orthograd zum Spaltverlauf liegen, kann es dazu kommen, dass sich zunächst kein pathologischer Befund zeigt. Manchmal verfehlt es die Röntgendiagnostik, eine Fraktur darzustellen. So kann sich hinter einem vermeintlich unauffälligen Röntgenbild eine schwere Handgelenksverletzung verbergen (**62**).

Die üblichen Aufnahmen in zwei Ebenen sind also häufig nicht ausreichend. Im Bedarfsfall muss die Diagnostik durch das so genannte Skaphoid-Quartett, ehemals von Russe erarbeitet, oder durch die Spezialaufnahme nach Stecher (**135**) ergänzt werden. Bei letzterer kommt die gesamte Kahnbeinlänge durch Streckung des Handgelenks in voller Ulnardeviation zur Darstellung. Beim heutigen Skaphoid-Quartett werden dorso-palmare Aufnahmen in a) 20° Supination und b) 40° Supination sowie c) 20° Pronation und d) 40° Pronation angefertigt, um das Kahnbein in allen seinen Abschnitten darzustellen (**163**). Durch die unterschiedlichen Projektionsebenen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, den Frakturspalt in einer Ebene orthograd zu treffen.

Entzieht sich eine akute Skaphoidfraktur dennoch der initialen radiologischen Diagnostik, liegt jedoch aufgrund der vorhandenen Klinik der Verdacht einer Fraktur nahe, sind Kontrollaufnahmen nach zehn bis vierzehn Tagen der Ruhigstellung des Handgelenks anzufertigen (**5, 62**). Der natürliche Heilungsvorgang führt dann über Resorptionen im Bereich der Frakturrenden zu einer radiologisch sichtbaren Bruchspaltverbreiterung. Aufgrund der

schwerwiegenden Folgen, die eine primär nicht diagnostizierte Fraktur haben kann, sollte jede Distorsion des Handgelenks mit radialseitiger Symptomatik solange als Kahnbeinfraktur behandelt werden, bis nachfolgende Röntgenkontrollen beziehungsweise weiterführende Diagnostik das Gegenteil beweisen **(11, 75)**.

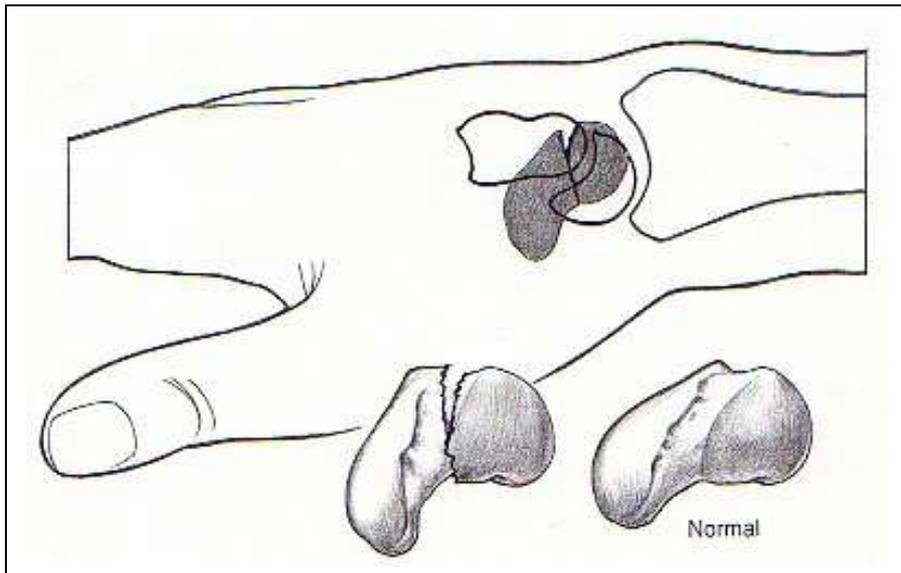
Bei unklaren Situationen und regelhaft bevor eine konservative Therapie einer Skaphoidfraktur eingeleitet wird, fordert man heute eine Computertomographie. Nur so kann eine Fehlstellung mit palmarer Abkipfung (hump-back-Deformität), die regelmäßig in eine Pseudarthrose bei konservativer Therapie einmündet, ausgeschlossen werden. Bleibt eine Skaphoidfraktur unbehandelt, ist das Risiko einer Pseudarthrose sehr groß.

Verschiedene Faktoren begünstigen dabei die Entstehung einer Skaphoidpseudarthrose. Neben der primär übersehenen Fraktur werden eine fehlerhafte Behandlung, eine unzureichende Immobilisation, Achsenfehlstellungen der Bruchfragmente und die ungünstigen Durchblutungsverhältnisse des Kahnbeins, welche insbesondere am proximalen Pol zum Tragen kommen, genannt **(28, 29, 52, 103)**. Die Pseudarthrosenbildung im Bereich des proximalen Kahnbeindrittels ist hierbei doppelt so hoch wie bei einer Fraktur im mittleren Drittel **(61)**. Der Grund dafür ist die bekannte, lediglich von distal bestehende, eigene Blutversorgung **(41)**. Instabile Frakturen, Frakturen des proximalen Drittels **(13, 110)** und vertikale Schrägfrakturen weisen ein erhöhtes Risiko der Pseudarthrosenbildung auf. Die meisten Skaphoidpseudarthrosen werden bei jungen Männern im 2. und 3. Lebensjahrzehnt beobachtet **(134)**.

Die unbehandelte Kahnbeinpseudarthrose führt im Laufe von Jahren über eine zunehmende Instabilität des Handgelenks zur Entwicklung eines karpalen Kollaps, der entsprechend des Entstehungsmechanismus als SNAC-wrist (scaphoid non-union advanced collapse) bezeichnet wird, und zu einer in Stadien verlaufenden radiokarpalen Arthrose (**68**). Die Veränderungen im Gefüge des Handgelenks, die eine skapholunäre Bandruptur verursacht, gleichen denen der Pseudarthrose. Der durch die SL-Dissoziation verursachte karpale Kollaps wird dementsprechend als SLAC-wrist (scapholunate advanced collapse) bezeichnet (**151**).

Instabile Skaphoidpseudarthrosen und auch Skaphoidfrakturen führen über eine karpale Instabilität zu einer Veränderung der Biomechanik. Das Kahnbein kollabiert in eine Art flektierten Zustand. Hierbei rotiert das proximale Fragment in die Extension und gleitet nach palmar, das distale Fragment kippt nach palmar in die Flexion ab. Dorsalseitig führt dies zu einer Zunahme des interfragmentären Spaltes, palmarseitig zu einer Adaption (**84**). Die Folge der palmaren Adaption des Skaphoids über einen längeren Zeitraum ist eine vermehrte Knochenresorption, die mit einem Längenverlust der palmaren Fläche des Skaphoids einhergeht, und ein Fortschreiten der Angulationsfehlstellung (**31, 64**).

Diese so genannte „Humpback“- Deformität, also ein Abkippen des distalen Fragmentes nach palmar mit Buckelbildung der dorsalen Kahnbeinfläche, führt über chronische Mikrobewegungen zur Knochenresorption an der palmaren Kortikalis (**123**) (Abb.14).



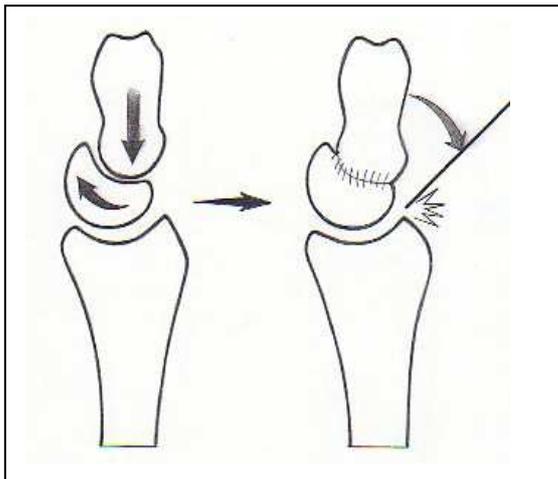
**Abb. 14:** „Humpback“- Deformität aus Linscheid 1994 (Nr.84 S.120)

Ähnlich den Veränderungen bei einer Ruptur des SL-Bandes, ist die „Humpback“-Deformität mit einer begleitenden Instabilität assoziiert.

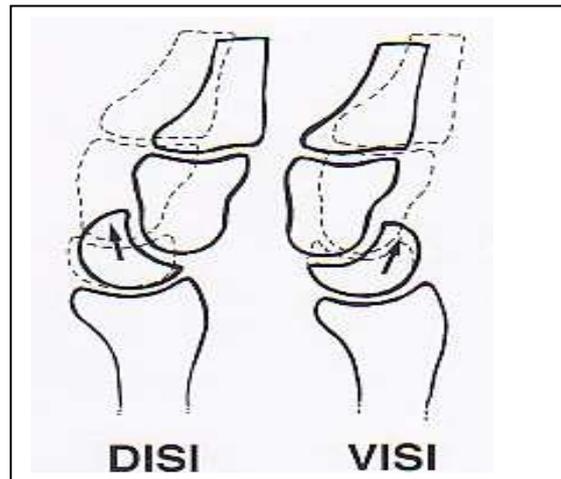
Es entsteht ein DISI (dorsal intercalated segment instability) -Muster (Abb.15), mit einer pathologischen dorsal-rotation des Os lunatum und Vergrößerung des skapholunären Winkels (**84**).

Nach einer Skaphoidpseudarthrose nähern sich Kapitulumkopf und Radius aneinander an, da das Kapitulum bei dorsalrotiertem Lunatum nach dorsal subluxiert. In Folge einer skapholunärer Dissoziation drängt der Kapitulumkopf in die Lücke zwischen Lunatum und Skaphoid. In beiden Fällen entsteht ein karpaler Kollaps mit Höhenminderung des Karpus.

Die karpale Instabilität wird in die beiden Hauptgruppen der dorsalen Instabilität (DISI) und der selteneren palmaren Instabilität (palmar intercalated segment instability; PISI) eingeteilt (Abb.15 und 16).



**Abb. 15:** DISI-Muster aus Ashmead 1994 (Nr.4 S.325)



**Abb. 16:** Karpale Instabilität aus Garcia-Elias 1999 (Nr.49 S.873)

Ein etabliertes Modell, um karpale Instabilitäten zu verdeutlichen, ist das von Lichtman und Martin beschriebene Ringkonzept. In diesem Modell wird die Architektur der Handwurzel mit einem unter Spannung stehenden Ring verglichen, der bei instabilen Skaphoidpseudarthrosen oder bei einer Ruptur des skapholunären Bandes klafft (**81**). Von einer karpalen Instabilität spricht man bei einem skapholunären Winkel größer als  $60^\circ$  und einem kapitolunären Winkel größer als  $15^\circ$  (**84**). Die betroffenen Karpalknochen weichen auseinander und nehmen eine unphysiologische Position ein. Es resultieren die typischen Achsfehlstellungen der Handwurzelknochen. Langfristig führt dies zu

einem Verlust an karpaler Höhe. Der Karpus kollabiert (**151, 152**). Es entsteht das in Stadien verlaufende Vollbild einer generalisierten Handgelenksarthrose.

Diese Gefügestörung entsteht entweder direkt beim Trauma oder sie entwickelt sich im Laufe der Zeit. Bei allen Kahnbeinpseudarthrosen nimmt die karpale Instabilität und die Arthrose im Verlauf zu und führt unbehandelt innerhalb von 10-15 Jahren zu einer destruierenden Handgelenksarthrose (**89**). Auch stabile Pseudarthrosen sollen mit der Zeit instabil werden und zur Arthrose und zum karpalen Kollaps führen (**82, 86**). Ruby et al. fanden Arthrosezeichen bei 55% ihrer Patienten. Bei den Patienten, deren Trauma aber älter als 5 Jahre war, waren es schon 97 % mit arthrotischen Veränderungen (**117**).

Die Handgelenksarthrose und der karpale Kollaps entwickeln sich demnach stadienhaft (**71, 141**) aufgrund einer pathologischen Biomechanik des Handgelenkes bei Skaphoidpseudarthrose als SNAC-wrist oder nach skapholunärer Bandzerreiung als SLAC-wrist. Hierbei kommt es bei beiden Verletzungsmustern zur Instabilität im Bereich der proximalen Handwurzelknochen mit Flexionsstellung des Skaphoids und Extension des Lunatums. Bei gleichen biomechanischen Prinzipien verläuft auch die Arthroseentwicklung ähnlich. Hinsichtlich des Ausmaßes ist die Arthrose in den radiokarpalen Gelenkabschnitten unterschiedlich ausgeprägt. In Hinblick auf therapeutische Verfahren und ihre Vergleichbarkeit ist eine Einteilung nach Schweregrad der Arthrose daher sinnvoll. Eine international anerkannte

Einteilung erarbeiteten Watson und Ryu 1986, diese ist im Folgenden dargestellt (**153**) (Tab.4):

<b>Stadium</b>	<b>Arthrosegrad</b>
I	Schliffarthrose zwischen Processus styloideus radii und distalem Skaphoidfragment
II	Arthrose des Radioskaphoidalgelenk, Beteiligung der Fossa scaphoidea des Radius
III	Zusätzlich mediokarpale Arthrose

**Tab. 4:** Stadieneinteilung SLAC- und SNAC- wrist nach Watson und Ryu1986 (Nr.153)

Die degenerative Arthrose erfolgt also sekundär nach skapholunärer Instabilität entsprechend einem fortschreitenden Muster, wie von Watson und Ballet dokumentiert. Üblicherweise beginnen die degenerativen Veränderungen zwischen der Spitze des radialen Styloids und dem Kahnbein und schreitet entlang des skaphoradialen Gelenkes fort. Anschließend ist das kapitolunäre Gelenk betroffen. Das radiolunäre Gelenk bleibt dabei ausgespart, selbst in fortgeschrittenen Fällen bleibt die Fossa lunata des Skaphoids unbeteiligt (**151**).

Die radiolunäre Gelenkfläche bleibt nicht nur bei der SNAC- wrist, sondern auch bei der SLAC- wrist verschont. Der Grund dafür liegt in dem Aufbau dieser Gelenkflächen. Der distale Radius und das Os lunatum haben sphärische Gelenkflächen, so dass es nicht zu Verkantungen kommt.

Veränderungen im Sinne einer Arthrose werden als erstes zwischen der Spitze des Processus styloideus radii und dem distalen Pol des Skaphoids gesehen (56). Nach Skaphoidpseudarthrose ist dies durch eine Flexion des distalen Skaphoidpols und Extension von proximalem Skaphoidpol und Lunatum (DISI) bedingt (83). Im Stadium II umfasst die Arthrose zusätzlich das gesamte Radioskaphoidalgelenk. Mit fortschreitendem Kollaps greifen die degenerativen Veränderungen auf das Mediokarpalgelenk über (4).

Der karpale Kollaps führt auch zum Kollaps der Handgelenksfunktion. Es resultiert eine Verschlimmerung der Schmerzsymptomatik, eine zunehmende Einschränkung der Beweglichkeit und Kraftverlust bis hin zu völligen Gebrauchsunfähigkeit der Hand.

Eine frühzeitige Behandlung kann diese sekundären Folgen vermeiden oder zumindest ihr Fortschreiten verhindern. Bestehende degenerative Handgelenksveränderungen sind jedoch nicht rückgängig zu machen.

### **1.3. Derzeitiger Stand der Diagnostik und Therapie der Kahnbeinfraktur und -pseudarthrose**

Das Kahnbein ist ein Handwurzelknochen, der eine zentrale Rolle für die Funktion des Handgelenks spielt. Er hat von allen Knochen des menschlichen Körpers die längste Heilungszeit. Je nach Frakturform werden Ruhigstellungszeiten bis zu 16 Wochen angegeben.

Aufgrund der katastrophalen Entwicklung in Richtung eines karpalen Kollaps mit all den beschriebenen Veränderungen, ist eine möglichst frühzeitige Diagnose, am besten im Stadium der frischen Fraktur, erforderlich. Zur „Basisdiagnostik“ gehören die Handgelenksaufnahmen in 2 Ebenen. Diese sollten im Bedarfsfall, wie bereits erörtert, durch das Skaphoid-Quartett oder der Spezialaufnahme nach Stecher ergänzt werden.

Neben der typischen Anamnese und der klinischen Symptomatik gestatten die Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen und die „Quartettaufnahmen“ in den meisten Fällen die sichere Diagnose einer Pseudarthrose. Die Diagnose einer akuten Skaphoidfraktur kann sich jedoch als schwer herausstellen. Um subtile Dislokationen oder begleitende karpale Instabilitäten erkennen zu können, sollten Vergleichsaufnahmen von der Gegenseite bei der Primärdiagnostik angefertigt werden (62). Bei Verdacht auf eine frische Fraktur, die sich in der initialen Röntgendiagnostik nicht zeigt, haben Kontrollaufnahmen nach 10-14

Tagen zu erfolgen. Bei diagnostischer Unsicherheit über das Vorliegen einer Fraktur ohne Nachweis in der konventionellen Röntgendiagnostik sollte darüber hinaus eine Computertomographie (CT) durchgeführt werden. Bei letzterer spielt jedoch auch der wirtschaftliche Aspekt eine wesentliche Rolle. Die Computertomographie wurde anfangs hauptsächlich zur präoperativen Planung bei Problemfrakturen und zur detaillierten Darstellung des Pseudarthrosenspaltes eingesetzt (123), heute zunehmend häufiger auch zur routinemäßigen präoperativen Planung und postoperativen Verlaufskontrolle.

In der Computertomographie zeigen sich neben dem Verlauf des Pseudarthrosenspaltes auch kleinere, zystische Veränderungen sowie der Grad der Arthrose. Eine knöcherne Durchbauung lässt sich generell in einer korrekt durchgeführten CT früher und eindeutiger als in konventionell radiologischen Aufnahmen erfassen (45). Eine verbliebene Fehlstellung nach operativer oder konservativer Therapie kommt ebenfalls am besten in einer CT zur Darstellung (6). Nach Schraubenosteosynthese kann die Schraubenlage in den konventionellen Röntgenaufnahmen weitgehend beurteilt werden, jedoch nicht die Detailinformationen wiedergeben, die eine CT erfasst (109).

Bestätigt sich der Verdacht auf eine Fraktur nicht, muss die Möglichkeit einer skapholunären Bandverletzung in Betracht gezogen werden. Diese ist am besten anhand der klinischen Untersuchung in Verbindung mit einer Hangelenksarthroskopie zu diagnostizieren (62).

Weitere Differentialdiagnosen sind im Folgenden aufgezählt:

- Handgelenksdistorsion
- Distale Radiusfraktur
- Frakturen/Luxationen anderer Handwurzelknochen
- Bandverletzungen radiokarpal bzw. interkarpal
- Luxationen
- Handgelenksarthrose
- Aktivierte Arthrose am Daumensattelgelenk
- Tumoren
- Os scaphoideum bipartitum (Existenz nicht eindeutig nachgewiesen)
- M. Preiser (aseptische Kahnbeinnekrose)
- M. Kiehnböck (aseptische Lunatumnekrose)

Eine zunehmende Kalkdichte des proximalen Fragmentes nach Frakturen in den konventionellen Röntgenaufnahmen entsteht aufgrund einer vorübergehenden Vaskularisationsstörung und hellt sich beim ungestörten knöchernen Durchbau wieder auf (19). Bleibt diese Rückbildung aus oder schreitet die Sklerosierung des proximalen Fragmentes fort, verstärkt dies den Verdacht auf eine avaskuläre/aseptische Nekrose (18). In der weiterführenden Diagnostik stehen hier die Knochenszintigraphie und die Magnetresonanztomographie (MRT) zur Verfügung.

Die Beurteilung der Vitalität der beteiligten Skaphoidfragmente ist nicht nur für den Heilungsverlauf, sondern auch für die Therapieentscheidung wichtig. Die führende Rolle soll dabei das kontrastmittelunterstützte Extremitäten-MRT spielen (145). Postoperative MRT-Untersuchungen nach erfolgter osteosynthetischer Versorgung von Skaphoidpseudarthrosen oder –frakturen können ebenfalls zur Vitalitätsbeurteilung der Fragmente hinzugezogen werden. Trotz der auftretenden Artefakte durch das Osteosynthesematerial sollte bei den modernen Titanlegierungen eine ausreichende Beurteilbarkeit erzielt werden (48, 77). Im Vergleich zu der Knochenszintigraphie ist das MRT in Sensitivität und Spezifität sowie Ortsauflösung und Diagnostik deutlich überlegen (44). Des Weiteren sind auch begleitende Bandverletzungen zuverlässig zu diagnostizieren.

Nach Ansicht von David Green ist die routinemäßige Durchführung einer MRT zur Beurteilung der Vitalität des proximalen Pols nicht notwendig. Zum einen sei der Kostenfaktor dieser Untersuchungsmethode erheblich, und zum anderen sei bei Pseudarthrosen die Operationsindikation stets gegeben und daher eine intraoperative Beurteilung möglich. Nachdem er präoperative MRT-Bilder mit dem intraoperativen Befund verglichen hatte, habe sich gezeigt, dass auch das MRT nicht absolut sicher avaskuläre Nekrosen erkennen könne (56).

Für Ashmead und Watson ist eine komplexe radiologische Diagnostik zur Rekonstruktion der SLAC-wrist nicht nötig. Konventionelle Röntgenaufnahmen würden die Diagnose sichern (4).

Spätfolge einer nicht verheilten Kahnbeinverletzung ist der karpale Kollaps in Form des SNAC-wrist als Folge der Skaphoidpseudarthrose. Um diesen vorhersehbaren Ablauf zu durchbrechen, ist eine möglichst frühzeitige Behandlung notwendig.

Das Hauptaugenmerk muss also auf die Verhinderung der Entwicklung einer Skaphoidpseudarthrose gelegt werden (rechtzeitige Diagnosesicherung, ggf. Kontrolluntersuchungen, rechtzeitige adäquate Therapie).

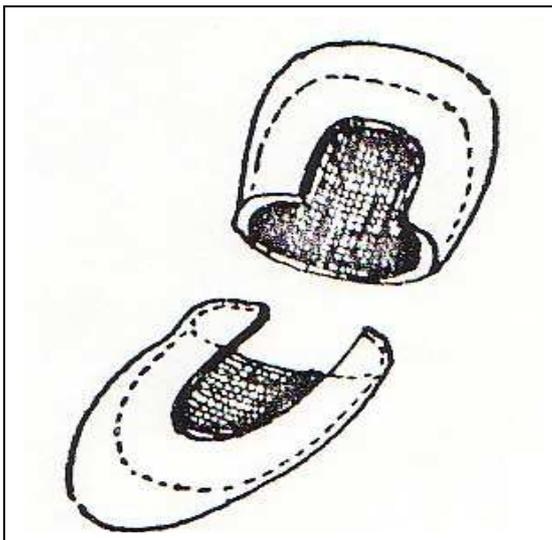
Die Behandlung der Kahnbeinerkrankungen hat eine lange Geschichte. Nachdem die Fortschritte in der Röntgendiagnostik zu der Erkenntnis führten, dass es die Kahnbeinfraktur doch häufiger gab, als man bisher angenommen hatte, machte man sich zwangsläufig auch Gedanken über die Behandlung.

Nach Massagebehandlungen und Extirpation des frakturierten Skaphoids (78), die als allgemeine Therapie bis zur Mitte des letzten Jahrhunderts galt (26), führte Lorenz Böhler eine effektive Behandlung der Kahnbeinfraktur ein (17), die sich auch international durchgesetzt hat.

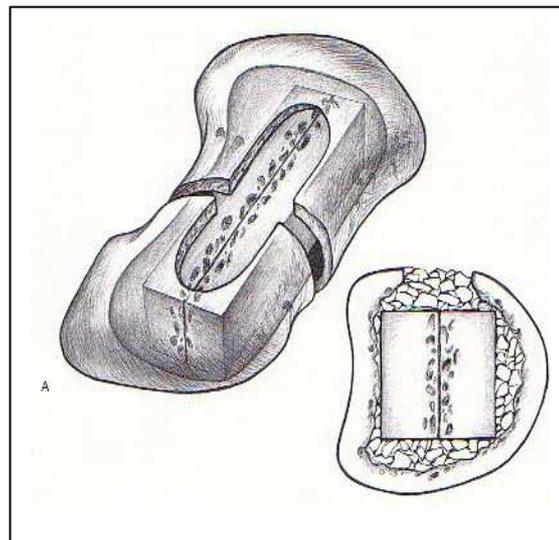
Er empfahl die Ruhigstellung in einer ungepolsterten Gipsschiene für 6 Wochen bei unkomplizierten Querfrakturen. Bei komplizierteren Brüchen wie der Schrägfraktur seien weitere 6 Wochen der Ruhigstellung nötig. Eine Behandlung der Pseudarthrose mit langer Ruhigstellung sei jedoch zwecklos und führe nicht zur Heilung (17).

Eine zuverlässige Methode das fehlerverheilte Kahnbein zur stabilen Ausheilung zu bringen, wurde erst durch die operative Ausräumung der Pseudarthrose und Stabilisierung mit einer Spongiosaplastik nach Matti 1937 (94) (Abb.17) bzw. deren späterer Modifikation des Verfahrens nach Russe 1951 (118) (Abb.18) ermöglicht.

Während Matti eine Aushöhlung des Skaphoids von dorsal und eine Auffüllung durch autologe Spongiosa angab, führte Russe eine Verblockung durch palmare Knochenspanplastik durch. Eine weitere Modifikation (sog. Russe-II-Technik) stellte Russe 1960 vor (120), die auf dem Entfernen eines nekrotisierten, proximalen Fragments und dem Einbringen eines pilzförmigen Knochenspans aus dem Darmbein beruht.



**Abb. 17:** Originalbild von Matti aus Green 1994 (Nr.56 S.108)



**Abb. 18:** Russe Modifikation aus Green 1994 (Nr.56 S.114)

Ein alternatives Verfahren zur Versorgung von Kahnbeinpseudarthrosen stellte Ender 1974 (37) mit der so genannten Kahnbeinzinkenplatte vor. Dieses Plättchen wird nach autologer Spongiosaplastik vom Beckenkamm im distalen Anteil des Kahnbeins mit einer Schraube, im proximalen Fragment mit einem eingeschlagenen Haken fixiert. Ein zweites Modell, speziell für kleine, proximal liegende Fragmente entwickelt, umfasst mit einem Doppelzinken den proximalen Kahnbeinpol (15).

Zur operativen Stabilisierung eines frakturierten und insbesondere instabilen Kahnbeines wurde erstmals von McLaughlin 1954 eine offene Verschraubung des Kahnbeins vorgenommen (96). Der Vorteil der Verschraubung zeigte sich in der Stabilisierung instabiler Frakturen und der Verkürzung der Ruhigstellungszeiten.

Eine Vereinfachung der Verschraubung stellte Streli 1970 mit der Bohrdrahtkompressionsschraube vor (138). Über einen zuvor perkutan eingebrachten Kirschnerdraht wird eine kanülierte Schraube im Kahnbein positioniert.

Dennoch wurde bis vor einigen Jahren die Mehrzahl der isolierten Skaphoidfrakturen konservativ behandelt. Erst mit der Einführung der Herbert-

Schraube 1984 mit ihrem doppelten Gewindesystem kam ein Implantat auf den Markt, das zu einer breiten Anwendung der Verschraubung der Kahnbeinfraktur führte. Herbert und Fisher berichteten über eine große Anzahl mit diesem Implantat erfolgreich behandelter frischer Frakturen und Pseudarthrosen (64).

Die Schraube wird intraossär versenkt, liegt also vollständig im Knochen, und muss nicht mehr entfernt werden. Zudem wird über das distal steile und proximal flache Gewinde Kompression auf die Fraktur ausgeübt (64) (Abb.19).

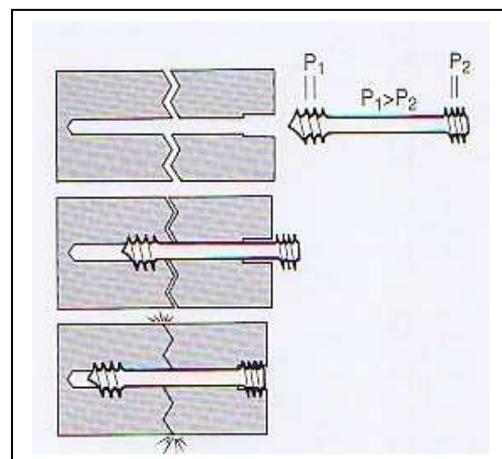
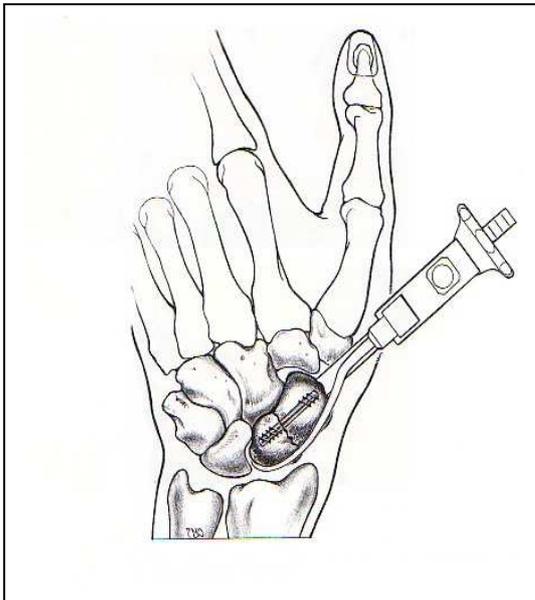
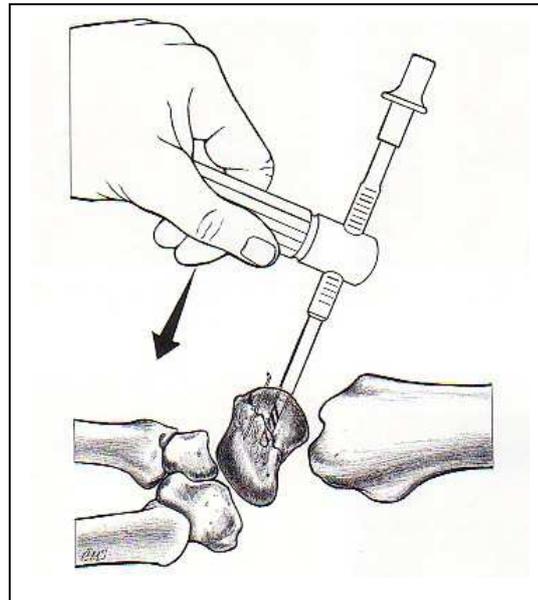


Abb.19: Herbertprinzip aus Amadio 1999 (Nr.3 S.822)

Die Verwendung eines speziellen Zielgeräts, dem so genannten „guiding-jig“, ermöglicht eine zusätzliche Kompression und soll die anatomische Reposition erleichtern (Abb.20). Als so genannte freehand-method bezeichnete Herbert eine Technik ohne Verwendung des Zielgeräts (Abb.21). Die Freehand-Methode wurde von Herbert für proximale Polfrakturen für die von palmar retrograd und dorsal anterograd einzubringende Schraube verwendet (64).



**Abb. 20:** Guiding-Jig aus Herbert 1994 (Nr.62 S.96)



**Abb. 21:** Freehand-Methode aus Herbert 1994 (Nr.62 S.97)

Die Herbertschraube ist sowohl zur Versorgung frischer Frakturen als auch in Kombination mit einer Knochenspanplastik zur Behandlung von Pseudarthrosen geeignet (42, 64, 92, 110). Diese Konstruktion wurde von verschiedenen Anbietern aufgegriffen und modifiziert, so dass sie auch als kanülierte Schraube (156, 157) und als Mini-Herbert-Schraube zur Verfügung steht.

Die kanülierten Schrauben erleichtern die Osteosynthesetechnik und ermöglichen auch eine minimal-invasive perkutane Osteosynthese von Skaphoidfrakturen. Der Vorteil dieser Methoden liegt in der äußerst geringen Weichteiltraumatisierung. Eine Durchtrennung der palmaren Bandstrukturen findet nicht statt, so dass eine postoperative Gipsruhigstellung nicht oder zumindest nur kurzzeitig notwendig ist.

Die Mini-Herbert-Schraube hat einen kleinen Schraubenkopf mit kurzem Gewinde und eignet sich auch zur Fixierung sehr kleiner proximaler Fragmente (42).

Postoperativ erfolgt meist die Schienenruhigstellung des Handgelenkes je nach Art der Osteosynthese und erzielter Stabilität der Fraktur.

Die postoperative Ruhigstellungsdauer im sog. Kahnbeingips (Unterarmgips mit Daumeneinschluss bei freier Beweglichkeit der Grundgelenke) ist je nach Autor unterschiedlich. Einige Autoren propagieren, dass nach Erzielung einer stabilen Osteosynthese auf die Ruhigstellung verzichtet werden kann (21, 58, 64). Filan und Herbert sehen sogar in der immobilisationsbedingten Osteoporose eine Ursache für Knochenheilungsstörungen (42). Andere beschreiben Ruhigstellungszeiten von 2 und 3 Wochen (72, 88). Auch postoperative Ruhigstellungszeiten von bis zu 12 Wochen bis zur sicheren Konsolidierung von primär dislozierten Frakturen werden in der Literatur angegeben (115). Bei zusätzlicher Bandverletzung beträgt die Ruhigstellung ca. 4-6 Wochen.

Im Folgenden sind allgemeine Indikationskriterien zur operativen Therapie des Kahnbeinbruches dargestellt (34):

- Absolute Operationsindikation bei stark instabilen oder dislozierten Skaphoidfrakturen.

- Fraktur mit Knochendefekt.
- Offene Fraktur.
- Frakturklassifikation und Lokalisation.
- Begleiterkrankungen und –verletzungen.
- Kurze Immobilisation aus sozialen oder beruflichen Gründen erwünscht.

Manche Autoren empfehlen auch bei unverschobenen Frakturen die Operation; dies trifft besonders auf proximale Frakturen zu. Frakturen im proximalen Drittel des Kahnbeins sind prinzipiell als instabil anzusehen und bedürfen einer operativen Versorgung (**27**).

Als Kontraindikationen gelten (**34**):

- Ein Frakturfragment ist kleiner als die Länge des jeweiligen Gewindeganges.
- Trümmerfrakturen.

Wie schon ausführlich beschrieben, können verschiedene Traumata eine Unterbrechung des Handgelenkgefüges bewirken und langfristig zu einem karpalen Kollaps bis hin zu ausgeprägten arthrotischen Veränderungen führen. Die Therapie des posttraumatischen Handwurzelkollapses erfordert eine differenzierte Betrachtungsweise und richtet sich nach dem Schweregrad der

arthrotischen Veränderung (2. 71, 125). In den Anfangsstadien sind noch rekonstruktive Maßnahmen sinnvoll, im weiteren Verlauf erscheint dies jedoch weniger erfolgreich zu sein. Bei fortgeschrittener Arthrose, oder nach insuffizienter Rekonstruktion, können hingegen nur noch so genannte Rettungseingriffe („salvage procedure“) durchgeführt werden (69, 84). Hier stehen je nach Genese und Befund unterschiedliche Behandlungsmaßnahmen zur Verfügung. Zu den salvage procedures gehört die Skaphoidextirpation und mediokarpale Arthrodese, die proximale Karpektomie und der Bentzon`s Eingriff (84). Die Versteifung des Handgelenks stellt die Ultima Ratio der operativen Maßnahmen dar. Als vorgeschaltete oder ergänzende Maßnahme ist die Denervation nach Wilhelm in Erwägung zu ziehen.

Bei stabilen Skaphoidfrakturen (nicht disloziert oder nicht palmar verkippt) ist ein konservativer Therapieversuch empfehlenswert. Hierbei wird eine Ruhigstellung bis zur knöchernen Konsolidierung angestrebt. Zunächst ein Unterarmgips mit Einschluss des Daumengrundgliedes, Daumen in Oppositionsstellung, Grundgelenke der übrigen Finger frei (Kahnbeingips). Der weitere Verlauf ist abhängig vom radiologisch nachzuweisenden knöchernen Durchbau. Der erste Gipsverband ist anfänglich bis zu Abschwellung zu spalten. Des Weiteren sind engmaschige Gipskontrollen und regelmäßige Röntgenkontrollen erforderlich. Falls ein knöcherner Durchbau nach 3 Monaten nicht nachweisbar ist, sollte ein Wechsel auf ein operatives Verfahren erwogen werden (74). Alternativ kann ein Oberarm-Kahnbeingipsverband in neutraler Unterarmstellung für die ersten 3 Wochen angelegt werden, der anschließend

auf einen Unterarm-Kahnbeingips gewechselt wird. Gesicherte Erkenntnisse über den Wert eines Oberarmgipses liegen aber nicht vor.

Die mittleren Ruhigstellungszeiten betragen je nach Frakturtyp (67):

- Tuberkulumfraktur: 4 Wochen.
- Fraktur distales Dittel: 6-8 Wochen.
- Fraktur mittleres Dittel: 8-10 Wochen.
- Fraktur proximales Drittel: 10-12 Wochen.

Indikationen zur nicht operativen Therapie (67):

- Unverschobene Fraktur.
- Gering dislozierte Fraktur distales und mittleres Drittel.
- Bei Frakturverdacht bis zur Diagnose.
- Bei lokalen und allgemeinen Kontraindikationen gegen eine Operation.

Da es sich bei dem von einer Kahnbeinfraktur betroffenen Patienten überwiegend um junge, sportlich aktive Männer handelt, bedeutet die bei einer möglichen konservativen Therapie erforderliche lange Immobilisierungszeit eine erhebliche Belastung.

Die größte Gefahr bei der primär leicht zu übersehenden Kahnbeinfraktur besteht in der Ausbildung einer Pseudarthrose, die unbehandelt nach einigen Jahren zum karpalen Kollaps führen kann. Da die Inzidenz der Kahnbeinpseudarthrose von verschiedenen Faktoren – wie Stabilität,

Lokalisation, Vorliegen von Begleitverletzungen, Compliance des Patienten – abhängt, eignen sich diese Faktoren, Indikationskriterien für eine operative Behandlung herauszuarbeiten.

Die Operation ist technisch anspruchsvoll, bei nicht dislozierten Frakturen aber häufig auch als ambulanter Eingriff minimal-invasiv und perkutan möglich, eine begleitende Handgelenkarthroskopie hilft, karpale Begleitverletzungen nachzuweisen oder auszuschließen. Für die Osteosynthese stehen moderne kanülierte Doppelgewinde-Schraubensysteme zur Verfügung. Die offene Reposition und Osteosynthese bleibt den Frakturen vorbehalten, die nicht geschlossen reponiert werden können.

Die konservative Therapie sollte für die Frakturen reserviert werden, die stabil sind und im Unterarmverband zuverlässig innerhalb von 6 Wochen abheilen.

Ohne konservative oder operative Therapie ist die Wahrscheinlichkeit der Entstehung einer Skaphoidpseudarthrose sowie einer späteren Handgelenksarthrose sehr hoch.

Gute knöcherne Konsolidierungschancen bestehen bei adäquat konservativ behandelten stabilen Frakturen. Die Ausheilungsrate beträgt nach Ruhigstellung im Unterarmgips oder Oberarmgips bis zu 98,5% nach konventioneller Röntgenkontrolle (9). Heilungsquoten von 85% bei stabilen und 65% bei instabilen Frakturen werden beschrieben (28). Stewart (1954) berichtet über 320 Fälle mit einer knöchernen Konsolidierung von 95% (137), Trojan und Jahna (1955) über 734 Fällen mit einer Konsolidierung von 96% (143), London

(1961) über 227 Fälle mit einer Konsolidierung von 95% (**85**) und Vescei und Scharf (1980) von 193 Fällen mit einer Konsolidierung von 98% (**149**) bei konservativer Behandlung des frischen Kahnbeinbruches.

Als Nachteil der konservativen Behandlung gelten die erforderliche lange Gipsbehandlung, welche die Gefahr der Knochendystrophie und einer verminderten Beweglichkeit beinhaltet und die mangelhafte Korrekturmöglichkeit eventuell vorhandener Fehlstellungen. Eine persistierende Fehlstellung kann zu degenerativen Veränderungen des Handgelenks führen (**68, 69, 151**). So klagen Patienten nach ausgeheilten Kahnbeinfrakturen bei konservativer Behandlung vielfach über Bewegungseinschränkung, Kraftminderung und anhaltende Schmerzen (**40, 101**).

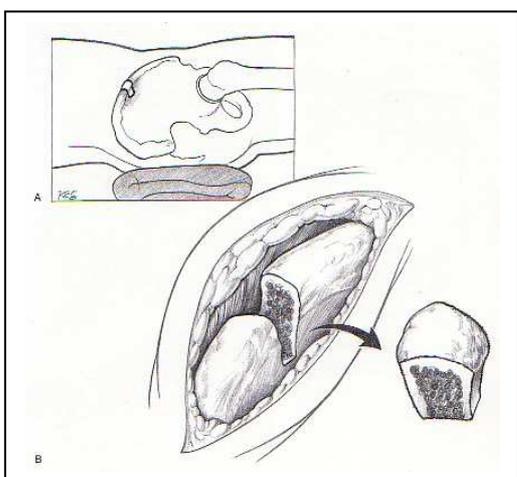
Höchste knöcherner Heilungsaussichten ergeben sich nach vollständiger Reposition und guter interfragmentärer Kompression mittels Herbertschraube. Ausheilungsraten von bis zu 100% werden nach Versorgung von Kahnbeinfrakturen mit der Herbertschraube beschrieben (**64, 88**).

Da die Kahnbeinpseudarthrose im Laufe der Zeit unweigerlich zu einer Handgelenksarthrose führt (**82, 86, 89, 117, 147**), sollte hier stets eine Operation in Erwägung gezogen werden (**86**), um eine katastrophale Entwicklung hin zur SNAC-wrist zu vermeiden. Bei der Auswahl der Operationsmethode spielt die Lokalisation und Vitalität der Fragmente sowie

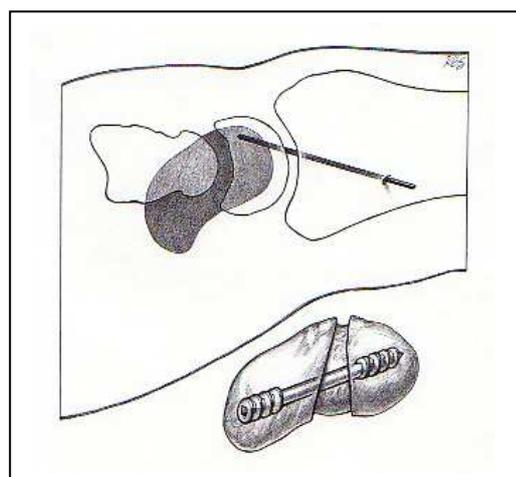
der Zustand des Handgelenks in Bezug auf arthrotische Veränderungen eine wichtige Rolle.

Wesentliche Voraussetzungen für die Sanierung einer Pseudarthrose sind die erreichte Stabilität und die Vitalität der Fragmente, so dass es zur einer knöchernen Durchbauung des Skaphoids kommen kann.

Ziel der operativen Versorgung einer Kahnbeinpseudarthrose besteht in der Ausheilung und in der Rekonstruktion des Kahnbeins in Form und Länge (31) (Abb.23). Die Entstehung eines karpalen Kollaps im Sinne eines SNAC-wrist mit Ausbildung einer Handgelenksarthrose soll dadurch verhindert werden (64, 69). Zur Unterstützung der Ausheilung ist der Einsatz frischer Knochensubstanz notwendig, um die Kapillareinsprossung und Kallusbildung zu stimulieren. Eine alleinige Stabilisierung des bereits geschädigten und minderperfundierte Knochens verspricht keine guten Heilungschancen (16, 61).



**Abb. 22:** Knochenspan aus Linscheid  
1994 (Nr.84 S.126)



**Abb. 23:** Rekonstruktion aus Linscheid  
1994 (Nr.84 S.128)

Zur Rekonstruktion des Kahnbeins lassen sich zudem Kortikospongiöse Knochenspäne verwenden, womit eine Ausheilung in Fehlstellung vermieden werden kann **(94)** (Abb.22). Eine persistierende Fehlstellung wird von zahlreichen Autoren sowohl als Ursache einer Sekundärarthrose angesehen als auch für eine ausbleibende Heilung verantwortlich gemacht **(1, 100, 101)**.

Etablierte Verfahren zur Sanierung der Pseudarthrose sind die Operation nach Matti-Russe **(126)** und die Spanplastik in Verbindung mit einer Herbertschraube **(64)**. Cooney et al. empfiehlt die zusätzliche Fixierung mit der Herbertschraube nur bei dislozierten und instabilen Pseudarthrosen **(31)**.

## **2. Material und Methode**

### ***2.1. Patientengut***

Diese Arbeit befasst sich mit operativ versorgten Kahnbeinpseudarthrosen der Hand. Zwischen Januar 1995 und November 2002 (~95 Monate) wurden in der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster 91 Patienten aufgrund einer Skaphoidpseudarthrose operiert. Nicht berücksichtigt blieben die Patienten, welche konservativ behandelt wurden oder eine entsprechende Operation abgelehnt haben.

In dieser retrospektiven Studie wurden 74 Patienten (=100%) nach operativer Versorgung der Pseudarthrose aufgenommen. Diese 74 Patienten haben einen patientenorientierten Fragebogen (DASH) beantwortet. Von ihnen konnten 70 nach einer durchschnittlichen Zeit von 66,39 Monaten (Follow-up Range 14-130 Monate, Median 71 Monate) nachuntersucht werden. Die funktionellen postoperativen Ergebnisse zweier Patienten wurden aus Berufsgenossenschaftlichen Rentengutachten übernommen. Bei 2 Patienten lag ausschließlich der beantwortete DASH-Fragebogen vor. Von ihnen war ein Patient zwischenzeitlich verstorben, eine Patientin lehnte eine Nachuntersuchung ab.

Die verbleibenden 17 Patienten, welche nicht in die Studie aufgenommen wurden, waren entweder unbekannt verzogen oder hatten kein Interesse an einer Mitarbeit bzw. lehnten eine solche ab. Damit wurden die Daten von 74 der 91 operierten Patienten (81,3%) in die Auswertung einbezogen.

## **2.2. Methode**

Zur Erhebung der notwendigen Daten wurden die zugehörigen ambulanten und stationären Patientenakten retrospektiv ausgewertet. Persönliche Daten (Geburtsdatum, Geschlecht und Beruf), Daten zur Vorgeschichte (ursächliches Trauma, Unfalldatum, Vorbehandlung, dominante Seite) und Therapie (Operationsverfahren, Folgeoperationen, Ruhigstellungszeiten, Krankenhausaufenthalt), prä- und intraoperative Befunde (Lokalisation der Pseudarthrose, vorbestehende Arthrose) wurden erfasst.

Allen 91 Patienten wurde ein DASH-Fragebogen (Disability of Arm, Shoulder and Hand) zusammen mit einem Angebot zur Nachuntersuchung in der Unfallchirurgischen Klinik zugesandt.

Der DASH-Fragebogen (**54, 65**) ist ein anerkanntes Messinstrument für die Erfassung des „outcome“ an der oberen Extremität. Er ist aufgebaut als „self-report-questionnaire“ und erfasst anhand der subjektiven Wahrnehmung des

Betroffenen sowohl die funktionellen Fähigkeiten als auch die Einschränkung im täglichen Leben. Er wurde von der amerikanischen "upper extremity collaborative group", der diverse wissenschaftliche Gesellschaften Nordamerikas angehören, entwickelt und 1996 erstmals veröffentlicht (**65**).

Der DASH besteht aus 78 Fragen, die in 3 Module unterteilt werden können:

- das erste Modul dient der Erfassung von Begleiterkrankungen (Fragen 1-14) und beinhaltet Fragen des „Medical Outcome Study Short Form 36 (SF-36; Fragen 15-25) (**25**).
- das zweite Modul enthält den eigentlichen DASH-Fragebogen.
- im dritten Modul werden Daten zur Person und beruflichen Situation erhoben.

Inhaltlich lässt sich der DASH-Fragebogen in 4 Teile gliedern:

- Teil A: Funktion
- Teil B: Symptom
- Teil C: Spezielle Aktivität (Sport & Musik)
- Teil D: Beruf

Der Antwort der Fragen wird ein Punktwert von 1-5 zugeordnet, wobei 1 Punkt die beste Funktion und 5 Punkte die schlechteste Funktion bedeutet. Anhand der Gesamtpunktzahl und der Bandbreite des Fragebogens lässt sich die Funktion beurteilen. Ein Wert von 0 entspricht dabei einer optimalen Funktion ohne jegliche Einschränkung, ein Wert von 100 bedeutet maximal eingeschränkte Funktion. Mit Hilfe dieses Scores erhält jeder Patient eine der 4 möglichen Noten: „sehr gut“, „gut“, „mäßig“, oder „schlecht“.

Bei sämtlichen nachuntersuchten Patienten wurde neben einer standardisierten klinischen Untersuchung mit Bestimmung des Bewegungsausmaßes beider oberer Extremitäten die grobe Kraft sowohl der betroffenen Seite, als auch der Gegenseite mit einem Vigorimeter erfasst. Die grobe Kraft der Hand und Finger wurde für verschiedene Greifformen gemessen. Zusätzlich zur Messung der Bewegungsausmaße an Ellenbogen-, Hand-, und Daumengelenken nach der Neutral-Null-Methode wurden Handspanne und Umfangmaße von Oberarm, Unterarm, Handgelenk und Mittelhand gemessen. Als Vergleichswerte dienten die ebenfalls ermittelten Werte der gesunden Seite. Die statistische Auswertung erfolgte deskriptiv durch Mittelwertvergleiche und Prozentangaben der Funktionswerte im Vergleich zur Gegenseite.

Des Weiteren wurden radiologische Befunde nach Durchführung von konventionellen Röntgenaufnahmen des Handgelenks in 2 Ebenen bzw. nach Stecher, die im Rahmen der Nachuntersuchungsreihe angefertigt wurden,

erhoben. Hierdurch konnte der Durchbauungsgrad des ehemaligen Pseudarthrosenspaltes und die Arthroseentwicklung beurteilt werden.

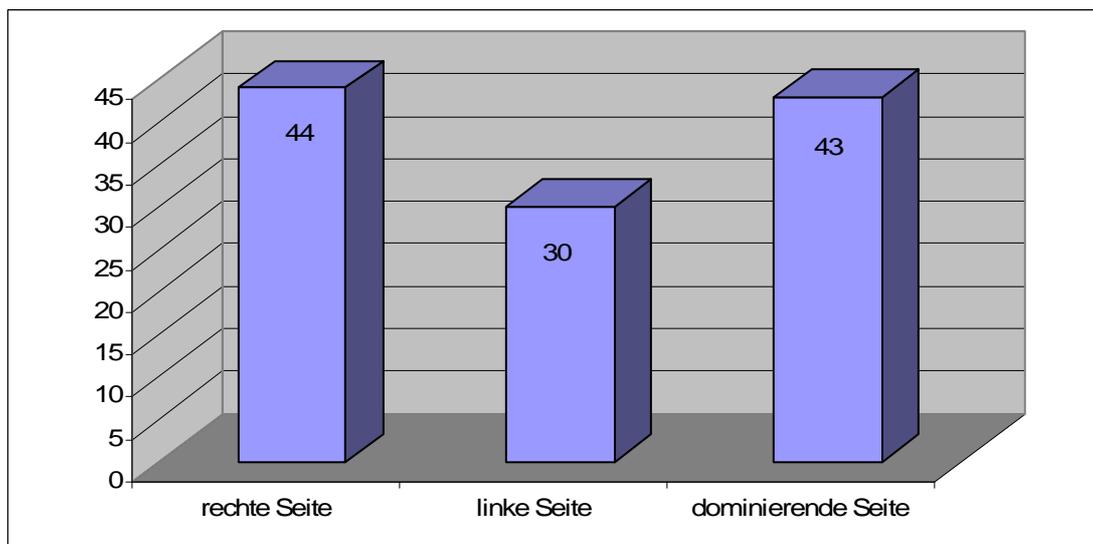
Die Schmerzintensität wurde anhand des Teils B des DASH-Fragebogens und der Schmerzskala des SF-36 beurteilt.

Die statistische Auswertung der evaluierten Daten erfolgte unter Verwendung des Programm SPSS 11.5 for Windows.

### 3. Ergebnisse

Insgesamt 91 Patienten mit Skaphoidpseudarthrose wurden von Januar 1995 bis November 2002 in der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster operativ versorgt. Daten von 74 Patienten (81,3%, =100%) konnten für diese Studie ausgewertet werden.

Hierbei handelte es sich um 71 Männer (95,9%) und 3 Frauen (4,1%). Der Altersdurchschnitt der Patienten zum Zeitpunkt der Operation lag bei 29,22 Jahren. Der jüngste Patient war zum Zeitpunkt der Operation 15 Jahre, der älteste Patient 58 Jahre alt (Range 15-58 Jahren, Median 27 Jahren). Mit 31 Patienten (41,9%) war die Gruppe der 20-29 jährigen am häufigsten betroffen. Bei 44 Patienten (59,5%) war die rechte Seite und bei 30 Patienten (40,5%) die linke Seite betroffen. In 43 Fällen (58,1%) wurde die dominierende Seite operiert (Diagramm 1).



**Diagramm 1:** Seitenverteilung

Das Einzugsgebiet wurde nach dem Wohnort zum Zeitpunkt der ersten Behandlung in Münster bestimmt. Dabei kamen:

- 14 Patienten direkt aus Münster
- 26 Patienten aus einem Umkreis von 20 Kilometern
- 21 Patienten aus einem Umkreis von > 20 und < 50 Kilometern
- 13 Patienten aus einem Umkreis von > 50 und < 100 Kilometern.

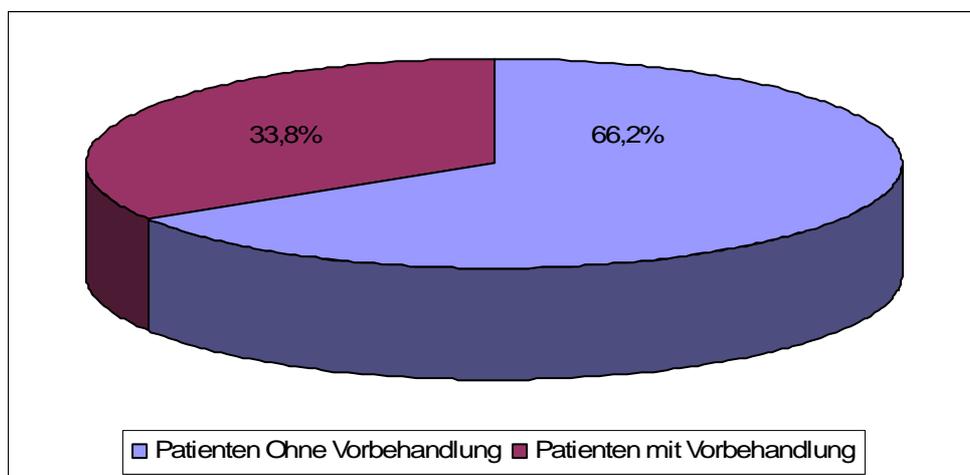
Bei der beruflichen Belastung der Hand wurden drei Schweregrade unterschieden. Berufe mit schwerer Belastung (schwere körperliche Arbeit wie z.B. Bauarbeiter, Schlosser, Tischler etc.), Berufe mit mittlerer Belastung (geringere körperliche Arbeit wie z.B. Elektriker, Lackierer, Fernfahrer, Hausfrauen) und Berufe mit leichter Belastung (z.B. Bürotätigkeit, Schüler, Studenten, Zivildienstleistende). Patienten, die zum Zeitpunkt des Unfalls arbeitslos waren, wurden einer vierten Gruppe zugeordnet. Im Einzelnen handelte es sich um:

- 21 Berufstätige (28,4%) mit schwerer
- 22 Berufstätige (29,7) mit mittlerer
- 28 Berufstätige (37,8%) mit leichter manueller Belastung
- 3 Arbeitslose (4%)

Das der Skaphoidpseudarthrose zugrunde liegende Unfallereignis war in

- 40 Fällen (54,1%) ein banaler Sturz auf die dorsalflektierte Hand
- 21 Fällen (28,4%) Folge eines Sportunfalls, davon 16 beim Fußball, 2 beim Handball und 3 beim Skateboardfahren
- 3 Fällen (4%) Folge eines Verkehrsunfalls
- 3 Fällen (4%) auf einen Fahrradsturz zurückzuführen
- 1 Fall (1,4%) direkte Gewalteinwirkung durch einen Hammerschlag
- 1 Fall (1,4%) Folge eines Rohheitsdeliktes
- 5 Fällen (6,8%) unklar, die Patienten konnten sich an kein spezielles Traumaereignis beruflich oder privat erinnern

Bei 49 (66,2%) Patienten erfolgte die Diagnose verzögert bei manifester Skaphoidpseudarthrose (Diagramm 2).



**Diagramm 2:** Bei den meisten Patienten wurde die Fraktur nicht behandelt

Von den 25 Patienten (33,8%), die nach ursächlichem Trauma einen Arzt aufsuchten, wurden 10 Patienten mit einer Gipsruhigstellung behandelt, 7 Patienten wurden operativ versorgt und bei 8 Patienten wurde keine Kahnbeinverletzung erkannt.

Von den 10 mit einer Gipsruhigstellung vorbehandelten Patienten befand sich bei 7 Patienten die Kahnbeinläsion im proximalen Drittel, das mittlere Drittel war bei 3 Patienten betroffen, das distale Drittel bei keinem Patienten.

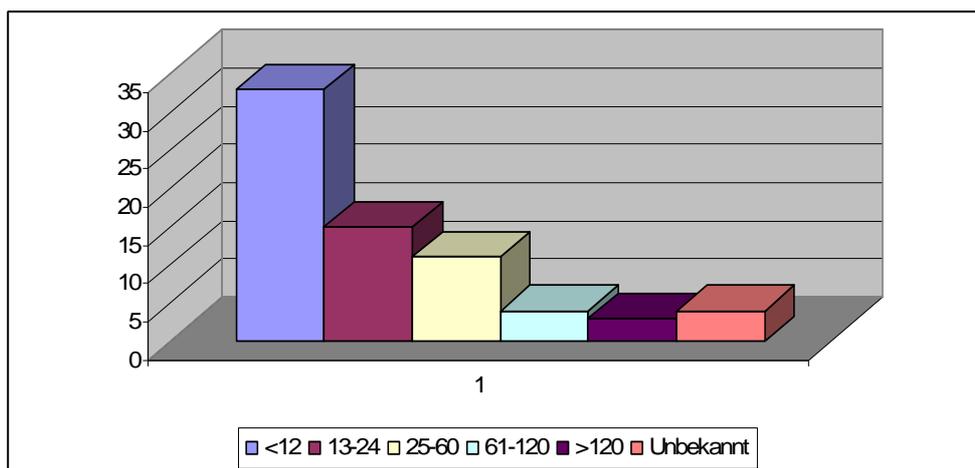
Von den 7 auswärts voroperierten Patienten wurden 5 mit der Diagnose der Skaphoidfraktur wie folgt versorgt:

- 4 Patienten mit einer Schraubenosteosynthese (3x Kleinfragmentspongiosaschraube, 1x Leibingerschraube)
- 1 Patient mit der Herbertschraube

In 4 Fällen lag der Frakturspalt im proximalen, in einem Fall im mittleren Drittel. Bei den anderen 2 voroperierten Patienten wurde mit der Diagnose der Skaphoidpseudarthrose die Matti-Russe-Plastik, einmal in Verbindung mit einer 2-Loch Titanplatte, durchgeführt. Hier lagen beide Pseudarthrosen im proximalen Kahnbeindrittel.

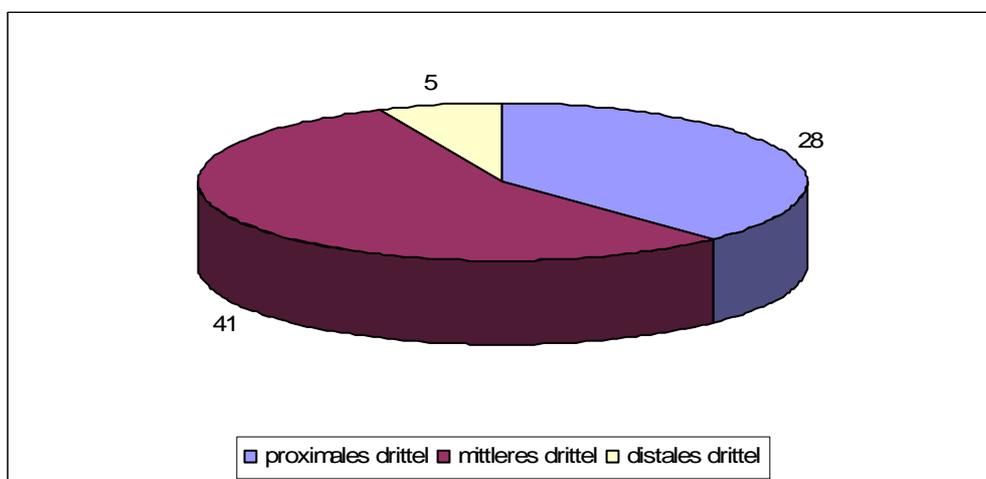
Die Rezidivpseudarthrosenrate lag bei 2,7%.

Das Pseudarthrosenalter, also der Zeitraum zwischen Unfalltag und Erstoperation, lag im Mittel bei 26,38 Monaten (Range 4-240, Median 12 Monate). Bei 5 Patienten ist das Alter der Pseudarthrose unbekannt bzw. fraglich, da ein ursächlicher Unfall nicht Erinnerung ist (Diagramm 3).



**Diagramm 3:** Pseudarthrosenalter [Monate]

Die Klassifikation der Pseudarthrosen wurde aus Aktenvermerken übernommen oder anhand der präoperativen Röntgenaufnahmen nach der Einteilung von Russe (119, 120) vorgenommen. 28 Pseudarthrosen lagen im proximalen (37,8%), 41 im mittleren (55,4%) und 5 im distalen Drittel (6,8%) (Diagramm 4).



**Diagramm 4:** Verteilung der Lokalisation

Neben der Skaphoidpseudarthrose konnte bei 11 Patienten weitere pathologische und erschwerende präoperative Befunde am Handgelenk erhoben werden. Im präoperativen radiologischen Befund wurde bei 2 Patienten eine radiokarpale Arthrose beschrieben. Bei 7 Patienten lag eine Schliffarthrose vor, wobei in 5 Fällen eine Radiusstyloidektomie durchgeführt wurde. In 2 Fällen bei proximaler Pseudarthrose war es zu einer Knochennekrose der proximalen Fragmente gekommen.

Es wurden 38 Patienten (51,4%) mit Skaphoidpseudarthrose durch eine operative Spanverbolzung mit einem kortikospongiösen Beckenspan nach Matti-Russe versorgt. In einem Fall einer 20 Jahre alten Pseudarthrose wurde bei vorbestehender Radioskaphoidarthrose zusätzlich eine Styloidektomie des Processus styloideus radii durchgeführt.

16 Patienten (21,6%) wurden mit einer Herbertschraube in Verbindung mit einer Spongiosaplastik behandelt. In 3 Fällen wurde zusätzlich bei vorbestehender Schliffarthrose eine Styloidektomie durchgeführt.

Bei 12 Patienten (16,2%) erfolgte, nach Resektion der Pseudarthrose und Rekonstruktion mit Spongiosa bzw. in einem Fall mit einem Beckenkammblock, eine Stabilisierung mit einer kanülierten Herbertschraube.

In 2 Fällen (2,7%), bei kleinem proximalem Fragment, erfolgte eine Versorgung mit Kleinfragmentspongiosaschraube und Spongiosaplastik.

3 Pseudarthrosen (4%) wurden, nach Rekonstruktion mit einer Spanverbolzung nach Matti-Russe in 2 Fällen und einer Spongiosaplastik in einem Fall, mit einem Enderplättchen stabilisiert.

Bei avitalem proximalem Fragment erfolgte in 2 Fällen (2,7%) eine Fragmentresektion, bei einem der Patienten mit Defektauffüllung mittels distal gestielter Palmaris longus Sehne und beim zweiten Patienten in Verbindung mit einem gefäßgestielten Radiusspan.

In einem Fall (1,4%) gelang es nicht, ein kleines proximales Fragment zu fixieren, so dass auf eine temporäre Stabilisierung mittels Kirschnerdraht in Verbindung mit einer Spongiosaplastik ausgewichen werden musste. Gleichzeitig wurde hier bei vorbestehender Schliffarthrose eine Radiusstyloidresektion durchgeführt.

Die folgende Tabelle verdeutlicht die Verteilung der Klassifikationen in Bezug auf die Operationsmethode (Tab.5).

OP	Klassifikation			Total N
	<i>proximales</i> 1/3 <i>n</i>	<i>mittleres</i> 1/3 <i>n</i>	<i>distales</i> 1/3 <i>n</i>	
Matti-Russe Plastik	13	22	3	38
Herbertschraube	4	11	1	16
Kanülierte Herbertschraube	4	8	0	12
Enderplättchen	2	0	1	3
Kleinfragmentschraube	2	0	0	2
Fragmentresektion	2	0	0	2
Kirschnerdraht	1	0	0	1
<b>Total</b>	28	41	5	74

**Tab. 5:** Verteilung Klassifikation-Behandlungskonzept

Die Ruhigstellungszeit im Gips betrug abhängig von der durchgeführten Operation und der erreichten Stabilität, zwischen 2 und 12 Wochen (Mean 8,76 Wochen) (Tab.6). Die Patienten mit einer Ruhigstellungszeit von 12 Wochen erhielten sowohl einen Ober- als auch einen Unterarmgips. Dabei wurde die erste Hälfte der Gipsdauer mit einem Oberarm- und die zweite Hälfte mit einem Unterarmgips versorgt.

<b>Operationstechnik:</b>	<b>Durchschnittliche Ruhigstellungszeit im Gips [Wochen]:</b>
Matti-Russe-Plastik	12
Herbertschraube	3,8
Kanülierte Herbertschraube	4,8
Enderplättchen	12
Kleinfragmentschraube	5
Kirschnerdraht	12
Fragmentresektion	9

**Tab. 6:** Ruhigstellungszeiten

	Wochen	<b>Gipsruhigstellung</b>						<b>Total</b>
		2	3	4	6	8	12	
<b>Klassifikation</b>	proximales 1/3 n	1	0	2	6	2	17	28
	mittleres 1/3 n	6	4	3	6	0	22	41
	distales 1/3 n	0	0	1	0	0	4	5
<b>Total</b>	n	7	4	6	12	2	43	74

**Tab. 7:** Ruhigstellungszeiten nach Lokalisation

Eine physiotherapeutische Übungsbehandlung wurde nach Ende der Ruhigstellungsdauer durchgeführt. Die durchschnittliche Dauer der stationären Behandlung betrug 7 Tage (Range 3-14 Tage).

Weder im peri- noch im postoperativen Verlauf kam es zu Komplikationen, wie Wundheilungsstörungen, Infektionen oder Beeinträchtigung der Sensomotorik. Jedoch wurden bei 11 Patienten folgende 12 Folgeoperationen durchgeführt:

In den 3 Fällen mit Stabilisierung per Enderplatte, erfolgte eine Metallentfernung nach durchschnittlich 13 Wochen. Einem Patienten mit Spongiosaplastik und kanülierter Herbertschraube behandelten Patienten, wurde diese auf eigenen Wunsch (Berufliche Gründe wurden genannt) frühzeitig nach 8 Wochen entfernt. Gleichzeitig führten wir bei fehlender Durchbauung eine Handgelenksdenervierung nach Wilhelm aufgrund der zu erwartenden Handgelenksarthrose durch.

In einem Fall erfolgte bei Narbenkompressionsschmerz die Neurolyse des Ramus superficialis nervi mediani 28 Wochen nach Operation der Pseudarthrose.

Bei 2 Patienten musste aufgrund von Beschwerden bei radiocarpaler Arthrose Arthrodesen durchgeführt werden. In einem Fall, der auswärts 7 Jahre zuvor mit einer Kleinfragmentspongiosaschraube operiert worden war, musste 6 Monate nach Matti-Russe-Plastik eine intercarpale Arthrodesese in Verbindung mit Resektion des Radiusstyloids und des proximalen Skaphoidanteils durchgeführt werden.

In einem anderen Fall erhielt ein Patient, der mit Herbertschraube voroperiert war, 9 Monate nach Matti-Russe-Plastik eine radiocarpale Arthrodesse aufgrund einer fehlender Durchbauung und anhaltender Beschwerden.

3 Monate nach Matti-Russe-Plastik wurde bei einem Patienten wegen Dehiszenz der Fragmente ein Spanwechsel in Verbindung mit einer Spongiosaplastik durchgeführt.

Bei fehlender Durchbauung und persistierenden Schmerzen erhielten zwei Patienten, ein Patient 14 Monate nach Versorgung mit kanülierte Herbertschraube und der zweite Patient 3 Monate nach Versorgung mit konventioneller Herbertschraube, eine Matti-Russe-Plastik.

Bei einem weiteren Patienten mit B3-Fraktur nach Herbert und mit einer Kleinfragmentspongiosaschraube voroperiert, erfolgte 13 Monate nach Herbertschraube und Spongiosaplastik die Matti-Russe-Plastik. Weitere 14 Monate später erfolgte die Fragmentresektion und Rekonstruktion mittels gefäßgestieltem Radiusspan. Beide Folgeeingriffe wurden aufgrund einer fehlenden Durchbauung bzw. beim zweiten Folgeeingriff aufgrund zusätzlich bestehender Fragmentnekrose durchgeführt.

Im Durchschnitt erfolgten die Folgeoperationen nach 24 Wochen (Range 8-56 Wochen).

Der durchschnittliche Bewegungsumfang der operierten Hände lag bei 122° (Range 40-170°) für Extension/Flexion und damit bei 88% im Vergleich zur Gegenseite. Aufgeschlüsselt in die einzelnen Operationsverfahren ergibt sich folgendes Bild (Tab.8):

<b>Operation</b>	<b>Durchschnittlicher Bewegungsumfang der operierten Hände in °</b>	<b>Range in °</b>	<b>Prozent der Gegenseite</b>
<b>Matti-Russe</b>	124	45-170	87
<b>Herbertschraube</b>	120	90-165	88
<b>Kanülierte Herbertschraube</b>	121	100-160	91
<b>Kleinfragmentschraube</b>	110		82
<b>Enderplättchen</b>	133	100-150	95
<b>Kirschnerdraht</b>	45		60
<b>Fragmentresektion</b>	125	120-130	89

**Tab. 8:** Bewegungsumfänge Extension/Flexion

Für Ulnar-/ Radialduktion betrug der Bewegungsumfang der operierten Hände 52° (Range 30-75°), das entspricht 85% der Gegenseite (Tab.9).

<b>Operation</b>	<b>Durchschnittlicher Bewegungsumfang der operierten Hände in °</b>	<b>Range in °</b>	<b>Prozent der Gegenseite</b>
<b>Matti-Russe</b>	51	35-70	84
<b>Herbertschraube</b>	51	30-75	86
<b>Kanülierte Herbertschraube</b>	50	35-60	87
<b>Kleinfragmentschraube</b>	48	45-50	79
<b>Enderplättchen</b>	55	45-60	92
<b>Kirschnerdraht</b>	30		60
<b>Fragmentresektion</b>	55	50-60	96

**Tab. 9:** Bewegungsumfänge Ulnar-/ Radialduktion

Für Pronation und Supination zeigten sich bei Werten zwischen 99 und 100 % der Gegenseite keine wesentlichen Einschränkungen. Auf eine gesonderte Darstellung der Ergebnisse wird hier deshalb verzichtet.

Die Grobkraft der operierten Hände bei der Nachuntersuchung betrug im Mittel 104 kPa (Range 60-160 kPa), das entspricht 94% der Gegenseite. Im Einzelnen wurden folgende Messwerte erhoben (Tab.10):

<b>Operation</b>	<b>Durchschnittliche grobe Kraft in kPa</b>	<b>Range in kPa</b>	<b>Prozent der Gegenseite</b>
<b>Matti-Russe</b>	103	60-160	91
<b>Herbertschraube</b>	94	70-150	94
<b>Kanülierte Herbertschraube</b>	111	70-160	96
<b>Kleinfragmentschraube</b>	98	95-100	81
<b>Enderplättchen</b>	120	80-140	100
<b>Kirschnerdraht</b>	90		90
<b>Fragmentresektion</b>	125	100-150	96

**Tab.10:** Kraftmessung

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigte sich eine knöcherne Durchbauung bei 57 von 70 nachuntersuchten Kahnbeinpseudarthrosen. Hiermit wurde eine Konsolidierungsrate von 81,4% erreicht. Bei 13 Patienten konnte keine knöcherne Durchbauung festgestellt werden (18,6%). Den unterschiedlichen Konsolidierungsgrad der einzelnen Operationsmethoden veranschaulicht Tabelle 11:

Operation	Nachuntersuchungen n	Konsolidiert n	Konsolidiert %
<b>Matti-Russe</b>	38	32	84,2
<b>Herbertschraube</b>	15	12	80,0
<b>Kanülierte Herbertschraube</b>	11	9	81,8
<b>Kleinfragmentschraube</b>	2	2	100
<b>Enderplättchen</b>	3	2	66,7
<b>Kirschnerdraht</b>	1	0	0

**Tab. 11:** Konsolidierungsrate der verschiedenen Behandlungskonzepte

Die Pseudarthrosen im mittleren Drittel zeigten mit 92,5% die besten Ausheilungsraten. Die meisten nicht knöchern durchbauten Skaphoidpseudarthrosen befanden sich im proximalen Drittel. Von den 13 persistierenden Pseudarthrosen lagen 9 im proximalen, 3 im mittleren und eine im distalen Drittel (Tab.12).

Lokalisation	Gesamt n	ohne Durchbau n	Ausheilungsrate %
<b>Proximales Drittel</b>	25	9	64,0
<b>Mittleres Drittel</b>	40	3	92,5
<b>Distales Drittel</b>	5	1	80,0

**Tab. 12:** Ausheilungsrate nach der Lokalisation

Bei den sanierten Pseudarthrosen lag das ursächliche Trauma zum Operationszeitpunkt im Durchschnitt 22,4 Monate zurück. Bei den nicht ausgeheilten Pseudarthrosen hingegen waren bereits durchschnittlich 56 Monate vergangen. Im ersten Jahr nach dem ursächlichen Trauma sind die

Ausheilungsergebnisse am besten (Tab.13). In diesem Zeitraum sind auch die meisten Patienten (47,1%) operiert worden. Bei einem Operationszeitpunkt von mehr als einem Jahr nach Unfallereignis liegt die knöcherne Ausheilungsrate nur noch bei durchschnittlich 72,7%.

<b>Zeitraum zwischen Trauma und Operation [Monate]</b>	<b>Anzahl n</b>	<b>Konsolidiert n</b>	<b>Konsolidiert %</b>
<b>&lt; 12</b>	33	30	91
<b>13-24</b>	15	12	80
<b>25-60</b>	11	8	72
<b>61-120</b>	4	3	75
<b>&gt;120</b>	3	1	33
<b>Unbekannt</b>	4	3	75

**Tab. 13:** Ausheilung in Bezug zum Pseudarthrosenalter

In Abhängigkeit vom Lebensalter erreichten die Patienten unter 20 Jahren die höchsten Ausheilungsquoten (Tab.14). Bei der Patientengruppe im Alter von 40-49 Jahren zeigte sich mit 66,7% die niedrigste Ausheilungsrate. Lediglich ein Patient war älter als 50 Jahre, hier heilte die Pseudarthrose aus.

<b>Patientenalter [Jahre]</b>	<b>Anzahl n</b>	<b>Konsolidiert n</b>	<b>Konsolidiert %</b>
<b>&lt; 20</b>	13	12	92,3
<b>20-29</b>	30	24	80,0
<b>30-39</b>	14	12	85,6
<b>40-49</b>	12	8	66,7
<b>50-59</b>	1	1	100

**Tab. 14:** Konsolidierung im Vergleich zum Lebensalter

Betrachtet man das Rauchverhalten der Patienten die in die Auswertung der Konsolidierungsrate mit eingehen, so handelte es sich um 27 Raucher und 29 Nicht-Raucher.

3 Patienten hatten während der letzten 3 Monate aufgehört zu rauchen, 11 Patienten rauchten seit mehr als 6 Monaten nicht mehr. Die verschiedenen Konsolidierungsraten sind in Tabelle 15 dargestellt.

<b>Rauchverhalten</b>	<b>Anzahl n</b>	<b>Konsolidiert N</b>	<b>Konsolidiert %</b>
<b>Raucher</b>	27	21	77,8
<b>&lt; als 6 Monaten aufgehört</b>	3	3	100
<b>&gt; als 6 Monaten Aufgehört</b>	11	9	81,8
<b>Nicht-Raucher</b>	29	23	79,3

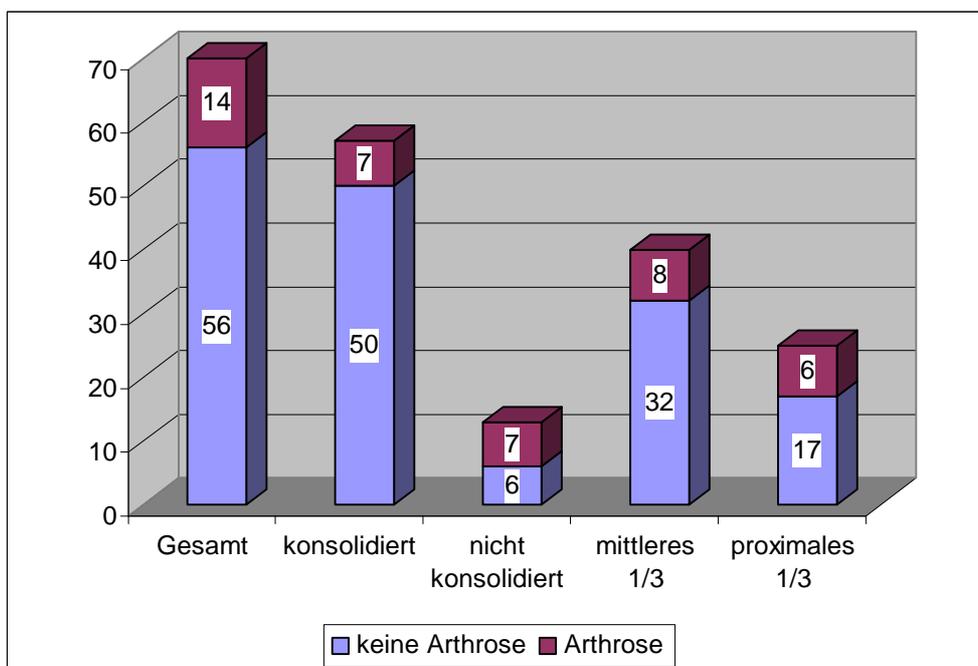
Tab. 15: Konsolidierungsraten und Rauchverhalten

Bei 7 Patienten war präoperativ eine leichte Arthrose im Sinne einer Schliffarthrose (Grad I nach Kruft und Reill) (**73**) vorhanden, von denen 5 Pseudarthrosen ausheilten (71,4 %). Eine mittelgradige Arthrose des radiokarpalen Gelenkes (Grad II nach Kruft und Reill) (**73**) bestand bei 2 Patienten, hiervon zeigte keiner der Fälle eine knöcherne Durchbauung. Hier war insbesondere eine Zunahme der Arthrose zu verzeichnen.

Radiologische Zeichen einer radioskaphoidalen Sekundärarthrose konnten bei 14 Patienten (20%) nachgewiesen werden. Hier lag das durchschnittliche

Pseudarthrosenalter (= Zeitraum zwischen Unfalltag und Erstoperation) bei 40,9 Monaten. Das durchschnittliche Pseudarthrosenalter bei den Patienten, die keine Zeichen einer Sekundärarthrose zeigten, lag hingegen bei 17,7 Monaten.

Die Sekundärarthroserate in der Patientengruppe der konsolidierten Pseudarthrosen lag bei 12,3%. In der Patientengruppe ohne Durchbauung lag sie hingegen bei 53,8%. Dabei unterscheidet sich der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum in der Gruppe der ausgeheilten Pseudarthrosen (69 Monate) nicht wesentlich von dem der Gruppe der nicht ausgeheilten Pseudarthrosen (66,5 Monate). Das gleiche gilt auch für die durchschnittlichen Nachuntersuchungszeiträume für die Patienten ohne (68 Monate) und mit Nachweis (67,5 Monate) einer Folgearthrose. Die Entwicklung von Sekundärarthrosen wird in Diagramm 5 schematisch dargestellt.



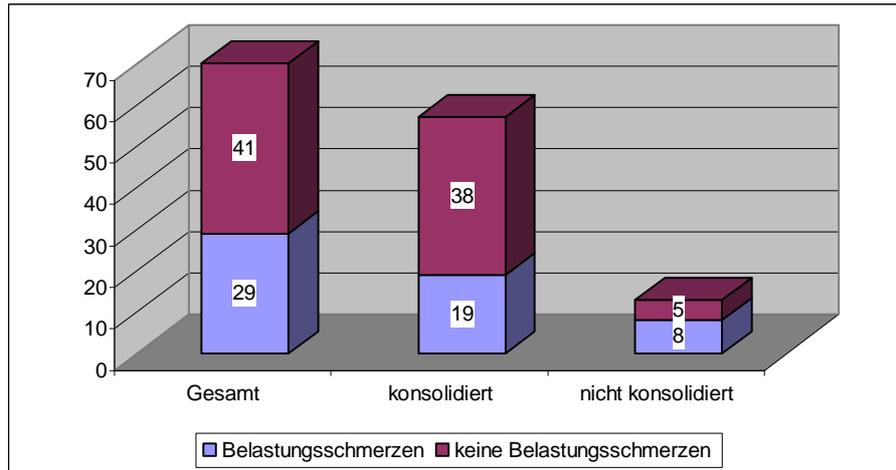
**Diagramm 5:** Entwicklung einer Sekundärarthrose

Die 7 Patienten mit Zeichen einer Sekundärarthrose in der Gruppe der konsolidierten Kahnbeinpseudarthrosen wurden im Durchschnitt 73,3 Monate nach Erstoperation nachuntersucht, die 7 Patienten in der Gruppe der nicht konsolidierten Pseudarthrosen nach durchschnittlich 61,7 Monaten.

Acht (57,1%) der 14 Patienten mit Zeichen einer Sekundärarthrose wurden mit einer Matti-Russe-Plastik, 4 Patienten (28,6%) mit einer Herbertschraube und 2 Patienten (14,3%) mit einer kanülierten Herbertschraube versorgt. Daraus ergibt sich hinsichtlich der genannten 3 Operationsverfahren eine Arthroserate von 21,1% bezüglich der Matti-Russe-Plastik, 26,6% für die Versorgung mit Herbertschraube und 18,2% bei Versorgung mit der kanülierten Herbertschraube.

Bei 6 dieser 14 Patienten befand sich die Pseudarthrose im proximalen Drittel und bei 8 im mittleren Drittel. Die Arthroserate lag somit für proximal gelegene Pseudarthrosen bei 24% und für zentral gelegene Pseudarthrosen bei 20%. Das durchschnittliche Patientenalter lag in der Gruppe ohne Nachweis einer Sekundärarthrose bei 25,9 Jahren, in der Gruppe mit Nachweis einer Sekundärarthrose bei 35 Jahren.

Insgesamt gaben 29 Patienten (39,7%) Schmerzen bei Belastung an. In der Patientengruppe der durchbauten Pseudarthrosen berichteten 19 Patienten (33,3%), und in Patientengruppe der nicht verheilten Pseudarthrosen 8 Patienten (72,7%) über Belastungsschmerzen (Diagramm 6).



**Diagramm 6:** Belastungsschmerz

Von insgesamt 74 Patienten konnte der DASH-Fragebogen ausgewertet werden. Zur Auswertung werden die Punkte der jeweiligen Antworten zu einem Rohwert addiert. Hierbei erlaubt die Einteilung in die 4 DASH-Bereiche Funktion, Symptom, Spezielle Aktivität und Beruf die Berechnung von 4 Teilergebnissen, um so die besonderen Ausfälle auf diesen Gebieten zu erfassen. Unter Anwendung der DASH-Bewertungsformel werden die Rohwerte in einen sogenannten DASH-Score umgewandelt. Der DASH-Score errechnet sich aus dem Quotienten der Gesamtpunktzahl abzüglich der Minimalpunktzahl und dem aus der Bandbreite berechneten „Score range“:

$$\text{DASH-Score} = (\text{Rohwert} - \text{Minimalpunktzahl}) / (\text{Mögliche Spanne des Rohwertes} / 100)$$

Daneben kann ein sogenannter „Komplettscore“ errechnet werden, indem man Teil A und B des DASH-Fragebogens einbezieht.

Der DASH-Score bewegt sich in dem Bereich zwischen 0 und 100, wobei ein Wert von 0 keine Einschränkung und ein Wert von 100 maximale Einschränkung beschreibt (54). Die Werte dazwischen geben die verschiedenen Abstufungen an.

Um die Auswertung zu vereinfachen, besteht die Möglichkeit, dem DASH-Score eine Bewertungsnote zuzuordnen, die das erreichte Operationsergebnis beschreibt (Tab.16):

<b>DASH-Score</b>	<b>Bewertungsnote</b>
0-5	Sehr gut
6-20	Gut
21-50	Mäßig
>50	Schlecht

**Tab. 16:** DASH-Benotung

Nach dem obigen Bewertungsschema erreichten 37 Patienten (51,4 %) ein sehr gutes, 24 Patienten (33,3 %) ein gutes, 9 Patienten (12,5 %) ein mäßiges und 2 Patienten (2,8 %) ein schlechtes Ergebnis.

Die Auswertung des DASH-Fragebogens ergab einen durchschnittlichen Gesamtscore (Teil A + B) von 9,3 (Range: 0-64,2). Unterschieden nach dem Geschlecht, ergab sich der Gesamtwert von 6,9 für Frauen und 9,4 für Männer.

In der Patientengruppe der ausgeheilten Pseudarthrosen errechnete sich ein Gesamtscore von durchschnittlich 6,4 (Range 0-37,5), in der Patientengruppe der nicht durchbauten Pseudarthrosen ein durchschnittlicher Gesamtscore von 22,6 (Range 0,8-64,2). Zwei Patienten erreichten eine sehr gute Benotung trotz fehlender Durchbauung im Röntgenbild und zeigten damit subjektiv eine sehr gutes funktionelles Ergebnis.

Bei den Patienten mit radiologischen Zeichen einer radiokarpalen Arthrose lag der durchschnittliche Gesamtscore bei 19,8 (Range 2,5-64,2). Bei den Patienten ohne Nachweis einer Sekundärarthrose lag er hingegen bei 4,6 (Range 0-37,5).

Elf Patienten hatten einen weit überdurchschnittlichen Gesamtscore von mehr als 20, 8 davon zeigten radiologische Veränderungen im Sinne einer radiokarpalen Arthrose, 4 Patienten zusätzlich eine persistierende Pseudarthrose. Zehn der 11 Patienten gaben Schmerzen bei Belastung an. Bei 8 Patienten zeigte sich eine verminderte Kraft von durchschnittlich 87,6% im Vergleich zur Gegenseite. Zehn dieser 11 Patienten hatten eine deutliche Bewegungseinschränkung von durchschnittlich 76,2% der gesunden Seite in Extension/Flexion und 68,9% in Ulna-/Radialduktion.

Die Auswertung des DASH-Fragebogens ergab für die einzelnen Operationstechniken folgende Ergebnisse (Tab.17-19):

Für den Gesamtscore:

<b>Operation</b>	<b>DASH-Gesamtscore</b>	<b>Range</b>
Matti-Russe	6,7	0-35,0
Herbertschraube	11,1	0-54,2
Kanülierte Herbertschraube	8,3	0-20,8
Kleinfragmentschraube	25,4	13,3-37,5
Enderplättchen	8,3	0,8-22,5
Kirschnerdraht	64,2	
Fragmentresektion	7,5	3,3-11,7

Tab. 17: DASH I

Für Abschnitt C - Spezielle Aktivität:

<b>Operation</b>	<b>DASH-Score-C</b>	<b>Range</b>
Matti-Russe	10,3	0-68,8
Herbertschraube	8,2	0-50,0
Kanülierte Herbertschraube	13,6	0-50,0
Kleinfragmentschraube	34,4	18,8-50,0
Enderplättchen	14,6	0-37,5
Kirschnerdraht	0	
Fragmentresektion	12,5	0-25,0

Tab. 18: DASH II

Und für Abschnitt D – Beruf:

<b>Operation</b>	<b>DASH-Score-D</b>	<b>Range</b>
Matti-Russe	9,0	0-87,5
Herbertschraube	11,3	0-50,0
Kanülierte Herbertschraube	14,8	0-43,8
Kleinfragmentschraube	40,6	25-56,3
Enderplättchen	16,7	0-50,0
Kirschnerdraht	0	
Fragmentresektion	12,5	0-25,0

**Tab. 19:** DASH III

## 4. Diskussion

Das dieser Arbeit zugrunde liegende Patientenkollektiv beinhaltet überwiegend Männer (95,9%) um das 30. Lebensjahr (Durchschnittsalter Männer 28,9 Jahre). Dies entspricht der Alters- und Geschlechtsverteilung, welche sich auch in der Literatur finden lässt.

Der Anteil der Männer wird hier mit 91,5% (**19**), 85,7% (**35**), 81,3% (**76**) und 80,5% (**39**) angegeben. Es werden sogar Angaben über einen Männeranteil von bis zu 97% gemacht (**36**). Begründet wird diese ungleiche geschlechtliche Verteilung mit der höheren körperlichen Belastung von Männern in Sport und Beruf gegenüber einer deutlich geringeren Risikobereitschaft der Frauen.

In unserem Patientenkollektiv gehörten 66,6% der Frauen zu der Gruppe der Berufstätigen mit mittlerer und 33,3% zu der Gruppe der Berufstätigen mit leichter Belastung.

Kahnbeinverletzungen sind typischerweise Verletzungen junger Erwachsener und treten überwiegend in der Altersgruppe zwischen 15 und 45 Jahren auf (**9**). In dieser Altersgruppe befanden sich 68 (91,9%) unserer Patienten. Mit zunehmendem Alter nahm der Anteil der Patienten ab und lag in der Gruppe der >45 jährigen noch bei 8,1%, in der Gruppe der >50 jährigen lediglich bei 2,7%. Bei älteren Patienten entstehen beim Sturz auf die ausgestreckte Hand häufiger Radius- anstelle von Kahnbeinfrakturen (**158**).

In der aktuellen Literatur finden sich Durchschnittsalter von 28 (**35**) und 29 (**76**) Jahren, die mit dem Altersdurchschnitt unserer Patienten (29,22 Jahre Median 27 Jahren) vergleichbar sind. Kindliche Kahnbeinpseudarthrosen werden in der Literatur selten beschrieben und sind so gut wie unbekannt (**113**).

In der Literatur werden unterschiedliche Angaben über die Verteilung der Lokalisation der Kahnbeinpseudarthrosen gemacht. Russe berichtet über eine Häufigkeit von 20% bei proximaler, 70% bei mittlerer und 10% bei distaler Lokalisation (**120**). Der Mittelwert aus 17 verschiedenen Literaturangaben ergibt eine Verteilung von 22% proximaler, 64% zentraler und 14% distaler Lage (36, 37, 38, 39, 43, 51, 57, 59, 79, 98, 114, 124, 128, 143, 144, 146). In unserem Patientengut ergab sich eine Verteilung der Pseudarthrosen von 37,8% im proximalen, 55,4% im mittleren und 6,8% im distalen Drittel. Der Anteil der proximalen Pseudarthrosen ist damit höher, als in der Literatur angegeben.

Die knöchernerne Ausheilung erfolgte bei 81,4% der operierten Patienten. Der Mittelwert der Ausheilungsrate nach operativer Versorgung von Kahnbeinpseudarthrosen aus 16 verschiedenen Literaturangaben mit insgesamt über 1800 Fällen liegt bei 83,6% (22, 23, 36, 43, 57, 73, 97, 106, 108, 114, 122, 127, 133, 142, 150, 164). Die einzelnen Ergebnisse, die in der Literatur zu finden sind, unterscheiden sich hierbei erheblich.

Insgesamt 32 (84,2%) der mit einer Matti-Russe-Plastik versorgten Kahnbeinpseudarthrosen heilten knöchern aus. Lediglich 6 der Patienten (15,8%) zeigten einen persistierenden Pseudarthrosenspalt. Der Anteil der proximalen Pseudarthrosen war bei unserem Patientengut mit 34,2% deutlich höher als in der Literatur angegeben. In unserer Studie handelte es sich um relativ große proximale Fragmente, die für eine Matti-Russe-Plastik noch zugänglich waren (**126**). Die durchschnittliche Gipsdauer betrug 12 Wochen. In der Literatur sind Durchbauungsraten nach Matti-Russe-Plastik von 64% bis 97% zu finden (Tab.20). In einer aktuellen Studie von Sauerbier et al. wird von einer Ausheilungsrate von 81% bei Kahnbeinpseudarthrosen im proximalen Anteil berichtet (**126**).

<b>Autor</b>	<b>Durchbauungsrate</b>
Russe ( <b>120</b> )	91%
Mulder ( <b>99</b> )	97%
Buck-Gramcko ( <b>24</b> )	64%
Meine et al. ( <b>97</b> )	83%
Eitenmüller und Haas ( <b>36</b> )	76%
Russe ( <b>122</b> )	95%

**Tab. 20:** Durchbauungsraten

Die Ausheilungsrate für die Methode der Herbertschraubenosteosynthese mit Spongiosaspanplastik lag bei unserem Patientengut bei 80%. Preisser berichtet über eine Durchbauungsrate von 88,6% in einem gemischten Gut von Pseudarthrosen bei einer durchschnittlichen Gipsdauer von 9,4 Wochen (**110**).

In unserer Studie betrug die durchschnittliche Ruhigstellungszeit in der Gruppe der mit Herbertschraube versorgten Patienten nur 3,8 Wochen. Die längere Ruhigstellungszeit könnte die Ursache für eine höhere Ausheilungsrate sein.

In der Patientengruppe mit Verwendung der kanülierten Herbertschraube erreichten wir eine Konsolidierungsrate von 82%. Die durchschnittliche Gipsdauer lag hier bei 4,8 Wochen. Die Verwendung des Instrumentariums für die kanülierte Herbertschraube erleichtert dabei die Platzierung der Schraube erheblich.

Ein alternatives Verfahren zur Versorgung proximaler und distaler Pseudarthrosen mit kleinem Fragment ist das Enderplättchen in Verbindung mit autologer Spongiosaplastik vom Beckenkamm (112). Eine knöcherne Durchbauung von 80% beschreibt Rappold und Ender bei 30 Patienten unter Verwendung der Enderplatte (112). Bei unserer sehr geringen Anzahl von 3 mit Enderplättchen versorgten Pseudarthrosen erreichten wir eine Fusionsrate von 66,7%.

Die Pseudarthrosen im mittleren Drittel zeigten mit einer Durchbauungsrate von 92,5% in unserer Studie die besten Ergebnisse. Die distalen Pseudarthrosen folgten mit 80% Ausheilung. Das schlechteste Ergebnis zeigten die proximalen Falschgelenke mit einer Durchbauung in 64% der Fälle. In einer Arbeit von Filan und Herbert mit 110 Patienten wird eine Durchbauungsrate von 66% angegeben (42). Die Pseudarthrosen lagen hier alle im proximalen

Kahnbeindrittel. Martini berichtet von einer Ausheilungsrate von 91% bei Pseudarthrosen im mittleren Kahnbeindrittel **(88)**. Die schlechtere Ausheilungsrate proximaler Kahnbeinpseudarthrosen wird auch von anderen Autoren bestätigt **(8, 29, 108)**. Pseudarthrosen in diesem Bereich sind häufig minderdurchblutet und als prognostisch ungünstig zu werten **(52)**.

Eine Korrelation der Ausheilung mit dem Pseudarthrosenalter wird in der Literatur oft beschrieben. Hierbei sinkt die Durchbauungsrate mit zunehmendem Alter der bestehenden Pseudarthrose **(36, 73, 97, 107)**. So berichten Pechlaner und Beck über Durchbauungsraten von 86,8% bei Pseudarthrosen, die nicht älter als ein Jahr alt waren. Bei den Pseudarthrosen hingegen, welche älter als 4 Jahre waren, sinkt die Rate auf 62% **(106)**. In unserem Krankengut fanden wir vergleichbare Ausheilungsquoten von 91% für Pseudarthrosen mit einem Alter bis zu einem Jahr und 66,7% für Pseudarthrosen, die älter als 4 Jahre alt waren.

Auch in unserem Patientengut verschlechterten sich wie in der Literatur ebenfalls beschrieben, die Ausheilungsraten mit zunehmendem Lebensalter der Patienten **(57, 106)**. Eine Ausnahme bildet die Gruppe der 20-29 jährigen, die mit einer Durchbauungsrate von 80% ein etwas schlechteres Ergebnis erzielte, als die Gruppe der 30-39 jährigen mit 85,6%. Die Patienten unter 20 Jahren erreichten mit 92,3% die höchste Ausheilungsquote. Die Patientengruppe im Alter von 40-49 Jahren zeigte mit 66,7% die niedrigste Ausheilungsrate.

Die Konsolidierungsrate in der Gruppe der Nicht-Raucher war mit 79,3% nicht wesentlich höher, als in der Gruppe der Raucher mit einer Konsolidierung in 77,8% der Fälle. Ein Einfluß des Rauchverhaltens auf die Ausheilung lässt sich damit nicht eindeutig nachweisen.

Die durchschnittliche Dauer der Ruhigstellung lag in der Patientengruppe der ausgeheilten Pseudarthrosen bei 62 Tagen und in der Patientengruppe der nicht ausgeheilten Pseudarthrosen bei durchschnittlich 64 Tagen und unterschied sich damit nicht wesentlich voneinander. Ein Einfluss der Ruhigstellungsdauer auf die Behandlungsergebnisse ist somit nicht zu belegen. Auch die Konsolidierungsrate im Bezug auf die Gipsdauer zeigt keine wesentlichen Unterschiede (Tab.21).

<b>Ruhigstellungszeit im Gips [Wochen]</b>	<b>Ausheilungsrate [%]</b>
2-4	81,3
5-8	83,3
>9	81

**Tab. 21:** Konsolidierung je nach Ruhigstellungsdauer

Vergleicht man die Ruhigstellungszeiten mit der Lokalisation, zeigt sich trotz 9 Tage längerer durchschnittlicher Ruhigstellung eine schlechtere Durchbauungsrate der proximalen Pseudarthrosen im Vergleich mit denen des mittleren Drittels. Signifikante Unterschiede in Bezug auf die

Bewegungseinschränkung und der Kraftminderung in Abhängigkeit zu der Gipsdauer konnten wir in unserem Patientengut nicht verzeichnen.

Nicht oder in Fehlstellung verheilte Kahnbeine führen zu arthrotischen Veränderungen des Handgelenks (**68, 69, 151**). In unserem Krankengut entwickelten die Patienten mit ausgeheilter Pseudarthrose deutlich weniger Folgearthrosen (12,3%) als die Patienten mit bestehender Pseudarthrose (53,8%). Bei allen Kahnbeinpseudarthrosen nimmt die Arthrose im Verlauf zu und führt unbehandelt innerhalb von 10-15 Jahren zu einer destruierenden Handgelenksarthrose (**89**). Die Entstehung einer Arthrose bei Kahnbeinpseudarthrosen wird auch von anderen Autoren beschrieben (**86, 117, 147**). Dabei korreliert das Ausmaß der Arthrose mit der Dauer des Bestehens der Pseudarthrose (**86**). In unserem Patientengut entwickelten 14 Patienten (20%) mit einem durchschnittlichen Pseudarthrosenalter von 41 Monaten eine posttraumatische Arthrose. Zum Vergleich lag das Pseudarthrosenalter in der Patientengruppe ohne Ausbildung einer Sekundärarthrose bei 18 Monaten. Eine zu lange auf sich wartende Rekonstruktion der Pseudarthrose kann zur Ausbildung einer Sekundärarthrose führen, die nicht nur das Scaphoid, sondern auch das gesamte Handgelenk und weitere Handwurzelknochen erfassen kann (**2, 83, 136**).

Eine wesentlich höhere Arthroserate nach Versorgung mit Matti-Russe-Plastik (**20, 91, 136**) konnte in unserer Studie nicht bestätigt werden. Dies könnte an einer zu kurzen Nachuntersuchungszeit liegen. Die hohen Arthroseraten führt

Martini (90) auf die lange Ruhigstellungszeit zurück und bevorzugt daher die interne Fixation mittels Herbert-Schraube.

In unserem Patientengut blieb eine durchschnittliche Bewegungseinschränkung im Handgelenk der operierten Hände im Vergleich zur Gegenseite für die Extension/Flexion von 12% (Range 0-60%) und für Ulnar-/ Radialduktion von 15% (Range 0-67%) zurück. Vergleicht man die durchschnittliche Bewegungseinschränkung im Handgelenk für die Extension/Flexion zwischen ausgeheilten und nicht ausgeheilten Kahnbeinpseudarthrosen, zeigen die ausgeheilten Pseudarthrosen eine geringere Bewegungseinschränkung (12% zu 17%). Das gleiche gilt für die Ulnar-/ Radialduktion (14% zu 24%). Die persistierenden Pseudarthrosen schnitten also in der Gesamtbeweglichkeit des Handgelenks wesentlich schlechter ab, als die durchbauten Pseudarthrosen. Auch in Bezug auf die Kraftereinbußen erreichten die persistierenden Pseudarthrosen wesentlich schlechtere Ergebnisse. Hier zeigten sich Einbußen von 11% im Vergleich zu 4% bei den konsolidierten Kahnbeinen.

Unterschiede in den Bewegungsausmaßen und der groben Kraft zeigten sich auch zwischen den Patientengruppen mit und ohne ausgebildeten Sekundärarthrosen. So hatte die Gruppe der Sekundärarthrosen eine durchschnittliche Bewegungseinschränkung für Extension/Flexion von 19% und für Ulnar-/ Radialduktion von sogar 24%. In der Patientengruppe ohne Ausbildung einer Sekundärarthrose zeigten sich hingegen nur Einschränkungen von 10% für Extension/Flexion und 11% für Ulnar-/ Radialduktion. Die Einbußen

der groben Kraft waren mit 19% in der Gruppe der Patienten mit Folgearthrose weitaus höher, als in der Vergleichsgruppe, die eine Kräfteinbuße von nur 3% zeigte.

Die mit der Matti-Russe-Technik operierten Kahnbeinpseudarthrosen erreichten eine postoperative Handgelenksbeweglichkeit in der Extension/Flexion von durchschnittlich 87% und in der Ulnar-/ Radialduktion von 84% der Gegenseite (Gesamtbeweglichkeit 85,5%). Für die Grobkraft zeigte sich eine durchschnittliche Einbuße von 9%. Sauerbier et al. (126) berichten von einer Wiederherstellung der Beweglichkeit von zirka 90% bei einem Verlust der Grobkraft von annähernd 10% bei Rekonstruktion mit der Matti-Russe-Plastik. Die Gesamtbeweglichkeit des Handgelenks in der Patientengruppe, die mit Herbertschraube versorgt wurde, lag bei 87%. Die Grobkraft konnte zu 94% (Kraftverlust 6%) wiederhergestellt werden. Herbert und Filan (63) berichten über eine Wiederherstellung der Handgelenksbeweglichkeit von 85% bei mit Herbert-Schraube versorgten proximal gelegenen Pseudarthrosen. Barton (8) beschreibt einen Kraftverlust nach operativer Versorgung mit Spongiosaplastik und Stabilisierung mit der Herbertschraube von 7%.

Unsere Resultate sind hinsichtlich Wiederherstellung der Beweglichkeit und Grobkraft denen oben zitierter Autoren ähnlich. In unserem Patientenkollektiv wurden die besten funktionellen Ergebnisse mit der kanülierten Herbertsschraube erzielt. Hier zeigte sich eine Wiederherstellung der Handgelenksbeweglichkeit von 89% bei einem Kraftverlust von nur 4%.

Bisher liegen äußerst wenige Daten über postinterventionelle DASH-Werte nach operativ versorgter Kahnbeinpseudarthrose vor. Dennoch gilt der DASH-Fragebogen als geeignetes Instrument mit hoher Aussagekraft zur Beurteilung der subjektiv-funktionellen Ergebnisse und der Lebensqualität (54, 65, 126) und ist als standardisiertes Messinstrument international anerkannt (53).

Der DASH-Gesamtscore von durchschnittlich 9,3 in unserer Studie entspricht einem guten Ergebnis und weist auf eine gute Lebensqualität und nur einem geringen Funktionsverlust hin. Die 3 Operationsmethoden (Matti-Russe-Plastik, Herbertschraube und kanülierte Herbertsschraube) erzielten hierbei durchweg gute Ergebnisse im Gesamtscore und in den Einzelscores (Kapitel 3).

## 5. Schlussfolgerung

Eine hundert prozentige Ausheilung der Scaphoidpseudarthrosen nach operativer Rekonstruktion konnten wir in unserer Studie nicht erreichen und wird bei entsprechend großen Patientenkollektiven in der Literatur auch nicht beschrieben.

Dem gegenüber stehen Ausheilungsraten von bis zu 100% bei operativer Versorgung von Kahnbeinbrüchen (**64, 88**). Eine unverzüglich potente Behandlung der Fraktur nach einer lückenlosen Diagnostik zur Bestätigung oder zum Ausschluss einer Fraktur ist hier anzustreben.

Ist es dennoch zur Falschgelenkbildung gekommen, wird eine operative Sanierung unausweichlich, um der Entwicklung einer SNAC-wrist entgegenzutreten. Sowohl das Verfahren nach Matti und Russe, als auch die Versorgung mit Herbertschraube, haben sich als Standardverfahren zur Rekonstruktion von Kahnbeinpseudarthrosen etabliert.

Die Operation nach Matti-Russe mit kortikospongiösem Beckenkammspan galt lange Zeit als das Verfahren der Wahl zur Scaphoidrekonstruktion (**68, 69, 70, 93, 94, 126**). Die erzielten Resultate halten denen anderer Operationstechniken stand und erreichen eine hohe Patientenzufriedenheit (**126**). Der Vorteil der zusätzlichen Versorgung mittels Herbertschraube liegt in der verkürzten Gipsbehandlung (**63, 110**). Ein weiterer Vorteil liegt in der zusätzlich erreichten

Stabilität (61), der auch bei nicht verheilten Pseudarthrosen eine gute Funktion gewährleistet und in vielen Fällen ohne degenerative Veränderungen im Handgelenk einhergeht (63).

Unsere Resultate zeigen, dass die Operation nach Matti und Russe eine zuverlässige Methode zur operativen Behandlung aller Arten von Kahnbeinpseudarthrosen mit ausreichend großem Fragment ist. Die Patientenzufriedenheit ist insgesamt hoch. Dabei kann ein karpaler Kollaps im Sinne eines SNAC-wrist durch anatomisch korrekte Rekonstruktion verhindert werden (110). Der Nachteil besteht in der relativ langen Ruhigstellungszeit.

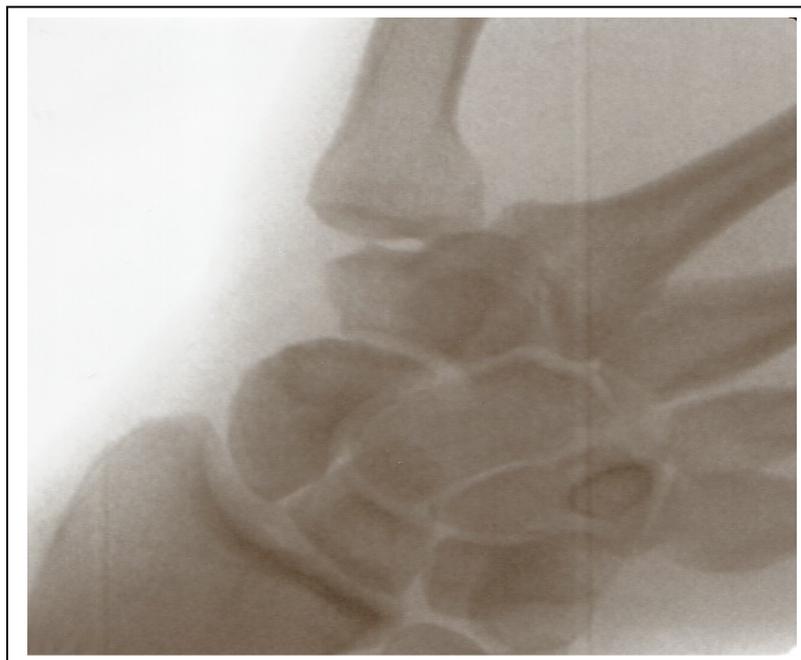
Die Versorgung mit einer Herbertschraube bedeutet für den Patienten eine deutlich reduzierte Ruhigstellungszeit im Gips und ermöglicht ihm, früher mit Bewegungsübungen beginnen zu können. Selbst nicht verheilte Pseudarthrosen zeigen in vielen Fällen sehr gute klinische Ergebnisse ohne Ausbildung von arthrotischen Handgelenksveränderungen (63). Dies spricht für die hohe Stabilität, die mit Herbertschrauben erzielt werden kann.

Das Verwenden des kanülierten Instrumentariums erleichtert das Einbringen der Schraube. Bei hoher Patientenzufriedenheit und guter Durchbauungsrate erhielten wir die besten funktionellen Ergebnisse mit geringster Arthroserate bei Verwendung der kanülierten Herbertsschraube.

## 6. Fallbeispiele

Exemplarisch werden im Folgenden einige Fälle von uns behandelter Kahnbeinpseudarthrosen mit Darstellung der Röntgenbilder aus der Nachuntersuchung vorgestellt werden.

Fall 1 : 19 jähriger Schüler, der beim Fußballspielen einen Ball vor die rechte Handfläche bekommen hatte. Die erlittene Skaphoidfraktur im mittleren Drittel blieb zunächst unbehandelt. Acht Monate später stellte sich der Patient wegen anhaltender Beschwerden mit einer Kahnbeinpseudarthrose in unserer Klinik vor. Nach durchgeführter Matti-Russe-Plastik und 12 wöchiger Ruhigstellung ist diese mittlerweile knöchern durchbaut. In der Nachuntersuchung stellt sich der Patient beschwerdefrei mit geringer Bewegungseinschränkung im Handgelenk vor. Die Extension und Flexion betrug 40-0-60 bzw. 79 % der Gegenseite. Die Kraft der operierten Hand betrug 88 % im Vergleich zur gesunden Seite.



**Abb. 24:** Röntgenbild Fall 1

Fall 2 : 20 jähriger Dachdecker, Zigarettenraucher, der sich bei einem banalen Sturz auf die extendierte Hand eine Kahnbeinfraktur zuzog. Der im mittleren Drittel des Kahnbeins liegende Bruch wurde auswärts konservativ mit Ruhigstellung über 8 Wochen in einem Oberarmgips behandelt. 14 Monate später stellte sich der Patient mit einer Kahnbeinpseudarthrose in unserer Klinik vor. Diese wurde mit einer Matti-Russe-Plastik und Gipsruhigstellung über 12 Wochen versorgt. 3 Monate später führten wir wegen Dehiszenz der Fragmente einen Spanwechsel in Verbindung mit einer Spongiosaplastik durch. Die Nachuntersuchung erfolgte 16 Monate nach operativer Versorgung mit Matti-Russe-Plastik. Hier zeigte sich eine persistierende Pseudarthrose. Das unbefriedigende Behandlungsergebnis spiegelt sich auch in dem unterdurchschnittlichen DASH-Gesamtscore von 34 nieder. Die Handgelenksbeweglichkeit war um 27 %, die Kraft um 20 % im Vergleich zur Gegenseite gemindert.



**Abb. 25:** Röntgenbild Fall 2

Fall 3 : 58 jähriger Kfz-Meister, Nichtraucher, war 8 Jahre zuvor auf die extendierte Hand gestürzt und stellte sich nun mit seit 3 Monaten zunehmenden Schmerzen im Handgelenk in unserer Klinik vor. Eine Behandlung erfolgte bislang nicht. In der Röntgenuntersuchung zeigte sich eine Kahnbeinpseudarthrose im mittleren Drittel mit sekundärer Radiokarpalarthrose (Grad I) (73). Darauf hin erfolgte die operative Versorgung mit kanülierter Herbertschraube, Spongiosaplastik und Radiusstyloidresektion. Ein Unterarmgips wurde für 2 Wochen verordnet. In der Nachuntersuchung zeigte sich eine knöcherne Ausheilung der Pseudarthrose. Die Handgelenksbeweglichkeit in Extension und Flexion war um 25% im Vergleich zur Gegenseite eingeschränkt. Es war keine Kraftminderung und ein nur mäßiger DASH-Gesamtscore von 22,5 zu verzeichnen. Ursächlich ist hier sicherlich auch die radiokarpale Sekundärarthrose.



**Abb. 26:** Röntgenbild Fall 3

Fall 4 : 40 jähriger Kraftfahrer, Nichtraucher, Hyperextensionstrauma, stellt sich mit einer ca. 6 Monate alten Kahnbeinpseudarthrose im mittleren Drittel vor. Der Sanierungsversuch erfolgte mit kanülierter Herbertsschraube und Ruhigstellung für 3 Wochen. Eine knöcherne Ausheilung erfolgte nicht. Trotz fehlender Konsolidierung erreichte der Patient mit einem DASH-Gesamtscore von 7 ein gutes Ergebnis. In der Nachuntersuchung zeigten sich keine Kraftminderung und eine Handgelenksbeweglichkeit von 95% im Vergleich zur Gegenseite. Der Patient ist in seinem Beruf als Kraftfahrer voll arbeitsfähig mit nur geringen Schwierigkeiten, insbesondere beim Tragen schwerer Gegenstände.



**Abb. 27:** Röntgenbild Fall 4

Fall 5 : 16 jähriger Schüler, Zigarettenraucher, privater Unfall im Schwimmbad, keine Vorbehandlung, stellte sich mit einer über 8 Monate alten Kahnbeinpseudarthrose in unserer Sprechstunde vor. Es folgte die operative Versorgung mittels nicht kanülierter Herbertschraube und Spongiosaplastik. Eine Ruhigstellung im Unterarm-Kahnbeingips erfolgte über 6 Wochen. Die Kahnbeinpseudarthrose heilte knöchern aus. Der weitestgehend beschwerde- und schmerzfreie Patient erreichte im DASH-Gesamtscore einen Wert von 8 und berichtete lediglich über Beschwerden bei Rotationsbewegungen im Handgelenk, wie beispielsweise beim Schlüsselumdrehen und beim Auswechseln einer Glühbirne. In der Nachuntersuchung viereinhalb Jahre nach Operation, zeigte sich weder eine Bewegungseinschränkung, noch eine Minderung der Kraft der betroffenen Hand. Der Patient ist wehrdiensttauglich und sportfähig.



**Abb. 28:** Röntgenbild Fall 5

Fall 6 : 37 jähriger Landschaftsgärtner, Kahnbeinpseudarthrose fraglichen Alters mit kleinem proximalem Fragment. Die zuvor erlittene Fraktur entstand vermutlich beim Abstützen während eines Sturzes. Auswärts mit einer Ruhigstellung im Gips vorbehandelt, erfolgten bei uns eine Spongiosaplastik und die Stabilisierung mit Kirschnerdraht in Verbindung mit einer Radiusstyloidresektion bei vorbestehender Arthrose. Eine Ruhigstellung über 12 Wochen folgte. Ohne wesentliche Schmerzsymptomatik erreichte der Patient bei schlechtem funktionellem Aspekt ein DASH-Gesamtscore von 64. Entsprechend diesem schlechten Ergebnis zeigten sich in der Nachuntersuchung eine deutliche Einschränkung der Handgelenksbeweglichkeit von 40 % und eine Kraftminderung von 10 %. Trotz dieser Defizite arbeitet er vollzeit in seinem Beruf als Landschaftsgärtner. Bei verbliebenem Draht wurde der Patient in die Handsprechstunde verwiesen.



**Abb. 29:** Röntgenbild Fall 6

## 7. Zusammenfassung

Zwischen Januar 1995 und November 2002 wurden in der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster insgesamt 91 Patienten aufgrund einer Skaphoidpseudarthrose operiert. In einer retrospektiven Studie wurden Patienten nach operativer Versorgung nachuntersucht. Ziel der vorliegenden Studie war es, die klinischen und radiologischen Ergebnisse nach Versorgung der Kahnbeinpseudarthrosen zu erfassen, mit der Literatur zu vergleichen und unsere Behandlungskonzepte zu bewerten. Weiterhin wurden hierbei auch subjektive Kriterien mit Hilfe des sogenannten DASH-Score berücksichtigt, der die postoperative Lebensqualität aus Sicht des Patienten beurteilt und bewertet.

74 Patienten beantworteten den DASH-Fragebogen und konnten somit in dieser Studie aufgenommen werden. Es handelt sich hierbei um 71 Männer und 3 Frauen. Das Durchschnittsalter betrug 29 Jahre. Es war in 44 Fällen die linke und in 30 Fällen die rechte Hand betroffen. Von diesen 74 Patienten konnten 70 Patienten nach einer durchschnittlichen Zeit von 66,39 Monaten nachuntersucht werden.

Abhängig vom Behandlungskonzept kam es zu einer knöchernen Durchbauung in durchschnittlich 81,4% der Fälle. Die Durchbauungsrate korreliert dabei mit der Lokalisation und dem Alter der Pseudarthrose und dem Patientenalter.

Unabhängig von der Operationsmethode heilten Pseudarthrosen im proximalen Drittel und mit zunehmenden Pseudarthrosenalter am schlechtesten aus. Eine Sekundärarthrose entwickelte sich bei insgesamt 14 Patienten.

Die Auswertung der DASH-Score Ergebnisse ergab einen durchschnittlichen Gesamtscore von 9,3 Punkten. Die Gesamtbeweglichkeit lag bei 86,5%, die Grobkraft bei 94% im Vergleich zur gesunden Hand.

Galt die Matti-Russe-Plastik lange Zeit als Methode der Wahl bei der Behandlung der Kahnbeinpseudarthrose, so spielt heute zunehmend die zusätzliche Verschraubung mit der Herbertschraube eine wesentliche Rolle.

Aufgrund unserer guten Ergebnisse kann die kanülierte Herbertschraube zur Sanierung von Kahnbeinpseudarthrosen empfohlen werden. Sie erleichtert unabhängig von der Erfahrung der Operateure die Osteosynthesetechnik und erreicht die besten funktionellen Ergebnisse.

## 8. Literaturverzeichnis

1. **Amadio PC, Bergquist TH, Smith DK, Ilstrup DM, Cooney WP, Linscheid RL** (1989) Scaphoid malunion. J Hand Surg [Am] 14: 679-687
2. **Amadio PC, Taleisnik J** (1993) Fractures of the carpal bones. In: Green DP (Ed): Operative Hand Surgery. Churchill Livingstone New York, Edinburgh, London, Melbourne, Tokyo 3. Aufl.: 799-860
3. **Amadio PC, Taleisnik J** (1999) Fractures of the carpal bones. In: Green DP (Ed): Operative Hand Surgery. Churchill Livingstone New York, Edinburgh, London, Melbourne, Tokyo 4. Aufl. Vol.1: 809-822
4. **Ashmead IV D, Watson KH** (1994) SLAC Wrist Reconstruction. In: Gelberman RH (Ed) The Wrist. Raven Press, New York: 319-330
5. **Backmann L, Sasse W** (1970) Differentialdiagnose der Spaltbildung des Kahnbeins der Hand. Chir Praxis 14: 293-300
6. **Bain GI, Bennett JD, Macdermid JC, Slethaug GP, Richards RS, Roth JH** (1998) Measurement of the scaphoid humpback deformity using longitudinal computed tomography: intra- and interobserver variability using various measurement techniques. J Hand Surg [Am] 23: 76-81
7. **Barton NJ** (1992) Twenty questions about scaphoid fractures. J Hand Surg [Br] 17: 289-310
8. **Barton NJ** (1997) Experience with Scaphoid Grafting. J Hand Surg 22 [Br]: 153-160
9. **Baumeister HH, Greinemann H** (1989) Zur konservativen Behandlung des Kahnbeinbruches der Handwurzel. Unfallchirurg 92: 175-179
10. **Bell C** (1833) Bridgwater Treatise IV: The Hand, Its Mechanism and Vital Endowments, as Evincing Design. London: William Pickering (Ed) 288. Die Hand und ihre Eigenschaften. Scheible, Rieger und Sattler, Stuttgart (1847)
11. **Belusa M, Geufke P** (1988) Der Kahnbeinbruch der Hand- ein Behandlungsproblem? Beitr Orthop Trauma 35: 621-628

12. **Berger RA, Kauer JM, Landsmeer JM** (1991) Radioscapholunate ligament: a gross anatomic and histologic study of fetal and adult wrists. *J Hand Surg [Am]* 16: 350-355
13. **Beutel FK, Wilhelm K** (1999) Abhängigkeit der Nekrose von Verlauf und Lokalisation der Fraktur bei Skaphoidpseudarthrosen. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 31: 207-211
14. **Beyermann K, Prommersberger KJ, Krimmer H** (2000) Frische Verletzungen der Handwurzel. *Akt Traumatol* 30: 100-107
15. **Böhler J, Ender HG** (1982) Erfahrungen mit der Kahnbeinplatte nach Ender. In: Nigst H (Hrsg.) *Frakturen, Luxationen und Dissoziationen der Karpalknochen*. Hippokrates, Stuttgart: 67-69
16. **Böhler J, Ender HG** (1986) Die Pseudarthrose des Scaphoids. *Orthopäde* 15: 109-120
17. **Böhler L** (1941) Die Technik der Knochenbruchbehandlung im Frieden und im Kriege. Wilhelm Maudrich, Wien, Bd 1, 8. Aufl.: 632-651
18. **Böhler L** (1963) Technik der Knochenbruchbehandlung. Maudrich, Wien, Bonn 13. Aufl. 2730-2757
19. **Böhler L, Trojan E, Jahna H** (1954) Behandlungsergebnisse von 734 frischen einfachen Brüchen des Kahnbeinkörpers der Hand. *Wiederherst Chir Traumatol* 2: 86-111
20. **Braithwaite IJ, Jones WA** (1992) Scapholunate dissociation occurring with scaphoid fractures. *J Hand Surg [Br]* 17: 286-288
21. **Brauer RB, Dierking M, Werber KD** (1997) Die Anwendung der Herbert-Schraube mit der Freehand-Methode zur Osteosynthese der frischen Skaphoidfraktur. *Unfallchirurg* 100: 776-781
22. **Brüchle H** (1975) Zur Behandlung der Kahnbeinpseudarthrose. *Handchirurgie* 7: 121-124
23. **Buchholz J, Knopp W, Russe O, Muhr G** (1992) Komplikationen nach operativer Versorgung von Kahnbeinpseudarthrosen. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 24: 131-135
24. **Buck-Gramcko D** (1972) Le taitment des pseudarthroses du scaphoïde en particulier par l'operation de Matti-Russe. *Rev Chir Orthop* 58 : 706

25. **Bullinger M, Kirchberger I, Ware J** (1995) Der deutsche SF-36 Health Survey: Übersetzung und psychometrische Testung eines krankheitsübergreifenden Instruments zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. *Z Gesundheitswiss* 3: 21-36
26. **Bunnell S** (1956) *Surgery of the Hand*. Lippincott, Philadelphia, Montreal, 3<sup>rd</sup> Ed.: 797-805
27. **Cooney WP** (1997) Bone grafting techniques for scaphoid nonunion. *Tech Hand Upper Extrem Surg* 1: 148-167
28. **Cooney WP, Dobyns JH, Linscheid RL** (1980) Fractures of the scaphoid: a rational approach to management. *Clin Orthop* 149: 757-760
29. **Cooney WP, Dobyns JH, Linscheid RL** (1980) Nonunion of the Scaphoid: Analysis of the Results from Bone Grafting. *J Hand Surg [Am]* 5: 343-354
30. **Cooney WP, Linscheid RL, Dobyns JH** (1991) Fractures and dislocations of the wrist. In: Rockwood CA, Green PD (Eds) *Fractures in Adults*. Lippincott, Philadelphia Vol. I: 638-647
31. **Cooney WP, Linscheid RL, Dobyns JH, Wood MB** (1988) Scaphoid non-union: role of anterior interpositional bone grafts. *J Hand Surg [Am]*: 635-650
32. **Dias JJ, Brenkel IJ, Finlay DLB** (1989) Patterns of union in fractures of the waist of the scaphoid. *J Bone Joint Surg* 71: 307-310
33. **Dias JJ, Taylor M, Thompson J, Brenkel IJ, Gregg PJ** (1988) Radiographic sign of union of scaphoid fractures: an analysis of inter-observer agreement and reproducibility. *J Bone Joint Surg Br* 70: 299-301
34. **Dt. Ges. f. Orthopädie und orthopäd. Chirurgie + BV d. Ärzte f. Orthopädie** (Hrsg.) *Leitlinien der Orthopädie*, Dt. Ärzte-Verlag, 2. Auflage, Köln 2002
35. **Düppe H, Johnell O, Lundborg G, Karlson M, Redlund-Johnell I** (1994) Long term results of fractures of the scaphoid. *J Bone Joint Surg* 76A: 249-252
36. **Eitenmüller J, Haas HG, Koob E** (1978) Behandlungsergebnisse bei Kahnbeinfrakturen und -pseudarthrosen. *Handchirurgie* 10(1): 9-11
37. **Ender HG** (1977) Zur Behandlung von veralteten Brüchen und Pseudarthrosen des Kahnbeines mit der Kahnbeinplatte. *Unfallheilk* 80: 509-513

38. **Erlacher G** (1974) Ergebnisse der percutanen Verschraubung des Handkahnbeins. Arch <orthop Unfallchir 79: 66-74
39. **Fasol P, Munk P, Strickner M** (1977) Zur Entstehung der Pseudarthrose des Handkahnbeins. Unter besonderer Berücksichtigung der Gefäßversorgung. Chir Praxis 22: 513-518
40. **Fernandez DL, Martin CJ, Gonzalez del pino J** (1998) Scaphoid malunion: the significance of rotational malalignment. J Hand Surg [Br] 23: 771-775
41. **Filan SL, Herbert TJ** (1995) Avascular necrosis of the proximal scaphoid after fracture union. J Hand Surg Br 20: 551-556
42. **Filan SL, Herbert TJ** (1996) Herbert screw fixation of scaphoid fractures. J Bone Joint Surg [Br] 78: 519-529
43. **Fleischer H** (1965) Die autoplastische Spongiosaeinpflanzung bei Kahnbeinpseudarthrosen. Langenbecks Arch Klein Chir 309: 68-76
44. **Fowler C, Sullivan B, Williams LA, McCarthy G, Savage R, Palmer A** (1998) A comparison of bone scintigraphy and MRI in the early diagnosis of the occult scaphoid waist fracture. Skeletal Radiol 27: 683-687
45. **Frahm von R, Lowka K, Vinee P** (1992) Computertomographische Diagnostik bei Skaphoidfraktur und –pseudarthrose im Vergleich zur Röntgenaufnahme. Handchir Mikrochir Plast Chir 24: 62-66
46. **Gabl M, Reinhart C, Lutz M, Bodner G, Rudisch A, Hussl H, Pechlaner S** (1999) Vascularized bone graft from the iliac crest for the treatment of nonunion of the proximal part of the scaphoid with an avascular fragment. J Bone Joint Surg [Am] 81: 1414-1428
47. **Gabl M, Reinhart C, Pechlaner S, Hussl H** (1999) Proximale Kahnbeinpseudarthrose mit avaskulärem Polfragment: Langzeitergebnisse nach Rekonstruktion mit mikrovaskulär gestieltem Beckenkammspan. Handchir Mikrochir Plast Chir 31: 196-199
48. **Ganapathi M, Savage R, Jones AR** (2001) MRI assessment of the proximal pole of the scaphoid after internal fixation with titanium alloy Herbert screw. J Hand Bone Surg 26: 326-329
49. **Garcia-Elias M** (1999) Carpal Instabilities and Dislocations. In: Green DP (Ed): Operative Hand Surgery. Churchill Livingstone New York, Edinburgh, London, Melbourne, Tokyo 4. Aufl. Vol.1: 865-928

50. **Gasser H** (1965) Delayed union and pseudarthrosis of the carpal navicular: Treatment by compression screw osteosynthesis. *J Bone Joint Surg* 47A: 249-266
51. **Geisl H, Pühringer A** (1986) Veraltete Brüche des Handkahnbeins. Erfahrung mit der Kahnbeinplatte nach Ender. *Akt Traumatol* 16: 149-152
52. **Gelberman RH, Menon J** (1980) The vascularity of the scaphoid bone. *J Hand Surg [Am]* 5: 508-513
53. **Germann G, Harth A, Wind G, Demir E** (2003) Standardisierung und Validierung der deutschen Version 2.0 des „Disability of Arm, Shoulder, Hand“ (DASH) – Fragebogens zur Outcome – Messung an der oberen Extremität. *Unfallchirurg* 106: 13-19
54. **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
55. **Gilford WW, Bolton WN, Lambrinudi C** (1943) The mechanism of the wrist joint: With special reference to fractures of the scaphoid. *Guy's Hospital Rep* 92: 52-59
56. **Green DP** (1994) Russe Technique. In: Gelberman RH (Ed) *The Wrist*. Raven Press, New York: 107-118
57. **Gröner R, Zellner PR** (1995) Nachuntersuchungsergebnisse von operativ nach Matti-Russe behandelten Kahnbeinpseudarthrosen. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 27: 43-45
58. **Haddad FS, Goddard NJ** (1998) Acute percutaneous scaphoid fixation. *J Bone Joint Surg [Br]* 80: 95-99
59. **Hauer G, Wilhelm K, Hörmann K** (1974) Über die Behandlung der Pseudarthrosen des Os naviculare der Hand mit Hilfe der kleinen Spongiosaschraube der AO. *Arch Orthop Unfallchir* 78: 70-81
60. **Hellinger J, Paschold J** (1972) Zu einigen Problemen der Navikularpseudarthrose. *Beitr Orthop* 19: 508-518
61. **Herbert TJ** (1990) *The fractured scaphoid*. Quality medical publishing, Inc, St. Louis: 164-171
62. **Herbert TJ** (1994) Open Reduction and Internal Fixation Using the Herbert Screw. In: Gelberman RH (Ed) *The Wrist*. Raven Press, New York: 87-104

63. **Herbert TJ, Filan SL** (1999) Proximal scaphoid nonunion-osteosynthesis. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 31: 169-173
64. **Herbert TJ, Fisher WE** (1984) Management of the fractured scaphoid using a new bone screw. *J Bone Jt Surg [Br]* 66: 114-123
65. **Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C** (1996) Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand). The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med* 29: 602-608
66. **Johnston JG, Seiler EJ, Miller, Dravaric DM** (1995) The intrinsic and extrinsic ligaments of the wrist. A correlation of collagentyping and histologic appearance. *J Hand Surg [Br]* 20(6): 750-754
67. **K.M. Stürmer** (Hrsg.): Leitlinien Unfallchirurgie. 2. Auflage, Thieme, Stuttgart New York 1999: S. 98 – 108
68. **Krakauer JD, Bishop AT, Cooney WP** (1994) Surgical treatment of scapholunate advanced collapse. *J Hand Surg [Am]* 19: 751-759
69. **Krimmer H, Krapohl B, Sauerbier M, Hahn P** (1997) Der posttraumatische karpale Kollaps (SLAC- und SNAC- wrist)-Stadieneinteilung und therapeutische Möglichkeiten. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 29: 228-233
70. **Krimmer H, Kremling E, Van Schoonhoven J, Prommersberger KJ, Hahn P** (1999) Proximale Kahnbeinpseudarthrose-Rekonstruktion durch dorsale Verschraubung und Spongiosa-Transplantation. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 31: 174-177
71. **Krimmer H, Lanz U** (2000) Der posttraumatische karpale Kollaps. Verlauf und Therapiekonzept. *Unfallchirurg* 103: 260-266
72. **Krimmer H, Schmitt R, Herbert T** (2000) Kahnbeinfraktur- Diagnostik, Klassifikation und Therapie. *Unfallchirurg* 103: 812-819
73. **Kruft S, Reill P** (1992) Die Effizienz der Kahnbeinpseudarthrosebehandlung bei Vorschaden und Veränderungen im Bereich der Handwurzel und des Handgelenks. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 24: 67-70
74. **Kuderna H** (1986) Frakturen und Luxationsfrakturen der Handwurzel. *Orthopäde* 15: 95 – 108
75. **Küppermann W** (1966) Die Therapie der frischen Kahnbeinfrakturen. *Verh Dtsch Ortho Ges* 53: 286-289

76. **Larsen CF, Brondum V, Skov O** (1992) Epidemiology of scaphoid fractures in Odense, Denmark. *Acta Orthop Scand* 63(2): 216-218
77. **Lautenbach M, Mochkabadi M, Eisenschenk A** (2000) Follow-up of scaphoid pseudarthroses and scaphoid fractures after Herbert screw implantation in the extremities MRI (low-field MRI). *Handchir Microchir Plast Chir* 32: 64-66
78. **Lejars S** (1904) *Technik dringlicher Operationen*. Gustav Fischer, Jena, 2. Aufl.: 1048
79. **Lennert KH, Contzen H** (1988) Konservative Behandlung von Kahnbeinfrakturen – Indikationen. *Unfallchirurgie* 14: 148-150
80. **Leslie IJ, Dickson RA** (1981) The fractured carpal scaphoid. Natural history and factors influencing outcome. *J Bone Joint Surg [Br]* 63: 225-230
81. **Lichtman DM, Martin RA** (1988) Introduction of the Carpal Instabilities. In: Lichtman DM (Ed): *The Wrist and its Disorders*. Saunders, Philadelphia: 244-250
82. **Lindstrom G, Nystrom A** (1992) Natural history of scaphoid non-union with special reference to „asymptomatic“ cases. *J Hand Surg* 17: 697-700
83. **Linscheid RL, Dobyns JH, Beabout JW, Bryan RS** (1972) Traumatic instability of the wrist. Diagnosis, classification, and pathomechanics. *J Bone Joint Surg [Am]* 54: 1612-1632
84. **Linscheid RL, Rettig ME** (1994) The treatment of Displaced Scaphoid Nonunion with Trapezoidal Bone Graft. In: Gelberman RH (Ed) *The Wrist*. Raven Press, New York: 119-131
85. **London PS** (1961) The broken scaphoid bone: The case against pessimism. *J Bone Joint Surg [B]* 43 (2): 237-244
86. **Mack GR, Bosse MJ, Gelberman RH et al** (1984) The natural history of scaphoid non-union. *J Bone Joint Surg [Am]* 66: 504-509
87. **Mack GR, Kelly JP, Lichtman DM** (1997) Scaphoid non-union. In: Lichtman DM, Alexander AH (Eds) *The wrist and its disorders*. Philadelphia: 234-267
88. **Martini AK** (1993) Erfahrungen mit der Herbert-Schraube. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 25 : 211-216

89. **Martini AK** (1994) Der Spontanverlauf der Kahnbeinpseudarthrose. Orthopäde 23: 249-254
90. **Martini AK** (1995) Die operative und konservative Therapie der Skaphoidpseudarthrose. Zentralbl Chir 120: 940-944
91. **Martini AK, Otto H** (1995) Langzeitergebnisse der Matti-Russe-Plastik unter besonderer Berücksichtigung der arthrotischen Spätschäden am Handgelenk. Handchir Mikrochir Plast Chir 27: 208-213
92. **Martini AK, Schiltewolf M** (1993) Mittelfristige Ergebnisse in der Behandlung von Kahnbeinpseudarthrose und -fraktur mit der Herbertschraube. Akt Traumatol 23: 317-323
93. **Matti H** (1936) Technik und Resultate meiner Pseudarthrosen-Operation. Zentralbl Chirurgie 63: 1442
94. **Matti H** (1937) Über die Behandlung der Navikularefraktur und der Refractura Patellae durch Plombierung mit Spongiosa. Zentralbl. Chir 64: 2353-2360
95. **Mayfield JK, Johnson RP, Kilcoyne RK** (1980) Carpal dislocations: Pathomechanics and progressive perilunar instability. J Hand Surg 5: 226-241
96. **McLaughlin HL** (1954) Fracture of the Carpal Navicular (Scaphoid) Bone. Some Observations based on Treatment by open Reduction and internal Fixation. J Bone Joint Surg [Am] 36: 765
97. **Meine J, Buck-Gramcko D, Nigst H** (1974) Die Kahnbeinpseudarthrose: Ergebnisse verschiedener Behandlungsmethoden. Handchirurgie 6: 181-188
98. **Mettler MO** (1985) Erhebungen an Patienten mit Scaphoid-Pseudarthrosen der Hand. Handchir Mikrochir Plast Chirurgie 17: 301-306
99. **Mulder JD** (1968) The results of 100 cases of Pseudarthroses in the scaphoidbone treated by the Matti-Russe operation. J Bone Joint Surg 50 [Br]: 110
100. **Nakamura R, Hori M, Horii E, Miura T** (1987) Reduction of the scaphoid fracture with DISI alignment. J Hand Surg [Am] 12: 1000-1005
101. **Nakamura R, Imaeda T, Miura T** (1991) Scaphoid malunion. J Bone Joint Surg [Br] 73: 134-137

102. **Netter FH** (1997) Farbatlanten der Medizin. Bd. 9 Bewegungsapparat III: Verletzungen der Knochen, Muskeln und Bänder. Thieme, Stuttgart New York: 61, Tafel 59
103. **Nigst H** (1982) Pseudarthrosen des Skaphoids. In: Nigst H (Hrsg) Frakturen, Luxationen und Dislokationen der Karpalknochen. Hippokrates, Stuttgart
104. **Nigst H** (1982) Skaphoid. - Frakturen des Skaphoids, Bibliothek für Handchirurgie, Hippokrates Verlag, Stuttgart 49 – 52
105. **Obletz BE, Halbstein BM** (1938) Non-union of fractures of the carpal navicular. J Bone Joint Surg 20: 424
106. **Pechlaner S, Beck E** (1990) Sanierende Operationsverfahren bei Skaphoidpseudarthrosen. Unfallchirurg 93: 150-156
107. **Pechlaner S, Hussl H, Künzel KH.** (1987) Alternative Operationsmethoden bei Kahnbeinpseudarthrosen. Handchir Mikrochir Plast Chir, 19(6): 302-305
108. **Pechlaner S, Lohmann H, Buck-Gramcko D, Martin L** (1987) Zur Problematik der Kahnbeinpseudarthrose. Erfahrungen an 240 Fällen. Handchir Mikrochir Plast Chir 19: 306-309
109. **Preisser P, Buck-Gramcko D** (1992) Computertomographie der Hand in hochauflösender Technik. Handchir Mikrochir Plast Chir 24: 136-144
110. **Preisser P, Rudolf KD, Partecke BD** (1998) Die operative Behandlung der Kahnbeinpseudarthrose – Langzeitergebnisse mit der Herbert-Schraube. Handchir Mikrochir Plast Chir 30: 45-51
111. **Putz R, Pabst R** (Hrsg.) (1993) Sobotta-Atlas der Anatomie des Menschen. Urban&Schwarzenberg, München Wien Baltimore, Bd 1, 20. Aufl.
112. **Rappold G, Ender HG** (1997) Die Behandlung von proximalen Kahnbeinpseudarthrosen mit dem Kahnbeinplättchen nach Ender. Vortrag auf dem 38. Symposium der DAH 1997 in Heidelberg, Abstractheft: 31
113. **Rehn J** (1974) Unfallverletzungen bei Kindern. Springer, Berlin Heidelberg New York: 292
114. **Renner A, Hardy G, Egri L** (1996) Vergleich verschiedener Behandlungsmethoden bei der Skaphoidpseudarthrose. Orthopäde 25: 449-453

115. **Rettig ME, Kozin SH, Cooney WP** (2001) Open reduction and internal fixation of acute displaced scaphoid fractures. *J Hand Surg [Am]* 26: 271-276
116. **Rossak K.** (1966) Druckverhältnisse am Handgelenk unter besonderer Berücksichtigung von Frakturmechanismen. *Verh Dtsch Orthop Ges* 53: 296-304
117. **Ruby LK, Stinson J, Belsky MR** (1985) The natural history of non-union of the scaphoid: A review of fifty-five cases. *J Bone Joint Surg [Am]* 67: 428-432
118. **Russe O** (1951) Behandlungsergebnisse der Spongiosaauffüllung bei Kahnbeinpseudarthrosen. *Z Orthop* 81: 466-473
119. **Russe O** (1954) Erfahrungen und Ergebnisse bei der Spongiosaauffüllung der veralteten Brüche und Pseudarthrosen des Kahnbeins der Hand. *Wiederh Chir Traum* 2: 175
120. **Russe O** (1960) Fracture of the carpal navicular. Diagnosis, non-operative-treatment and operative treatment. *J Bone Joint Surg [Am]* 42: 759-768
121. **Russe O** (1976) Operationstechnik bei der Skaphoidpseudarthrose. In: Spier W, Buck-Gramcko D, Burri C (Ed.). *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopädie*. Hans Huber Verlag, Bern 73-76.
122. **Russe O** (1980) Die Kahnbeinpseudarthrose, Behandlung und Ergebnisse. *Hefte Unfallheilk* 148: 129-134
123. **Sanders WE** (1988) Evaluation of the humpback scaphoid by computed tomography in the longitudinal axial plane of the scaphoid. *J Hand Surg* 13 [Am]: 182-187
124. **Sandor L, Dosa G** (1987) Erste Erfahrungen mit der Kahnbeinplatte zur Behandlung von veralteten Brüchen und Pseudarthrosen des Os scaphoideum. *Unfallchirurg* 90: 224-228
125. **Sauerbier M, Bickert B, Tränkle M, Kluge S, Pelzer M, Germann G** (2000) Operative Behandlungsmöglichkeiten bei fortgeschrittenem karpalen Kollaps (SNAC-/SLAC-wrist). *Unfallchirurg* 103: 564-571
126. **Sauerbier M, Günther C, Bickert B, Pelzer M, Germann G** (1999) Langzeitresultate nach Rekonstruktion proximal gelegener Scaphoidpseudarthrosen mit der Matti-Russe-Plastik. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 31: 182-186

127. **Schaller E, Lassner F, Pallua N, Schneider W, Berger A** (1993) Ein Vergleich unterschiedlicher Behandlungsmethoden von Pseudarthrosen und Rezidivpseudarthrosen des Scaphoids. Handchir Mikrochir Plast Chir 25: 204-210
128. **Schernberg F, Elzein F** (1987) Bruchformen und Fragmentdislokationen des Kahnbeins der Hand. Handchir Mikrochir Plast Chir 19: 59 – 66
129. **Schmidt HM, Lanz U** (1992) Chirurgische Anatomie der Hand. Hippokrates Verlag Stuttgart 1. Aufl.: 46-77
130. **Schmidt J, Winkler KH** (2001) Die operative Behandlung der Skaphoidfrakturen. OP-Journal 17: 264-268
131. **Schmitt R, Fellner F, Obletter N, Lenz M, Bautz W** (1997) Die Skaphoidpseudarthrose: Klassifikation und Staging mittels CT und MRT. Röntgenpraxis 50: 18-24
132. **Schwarz N** (1981) Ergebnisse der perkutanen Verschraubung des frischen Kahnbeinbruches der Hand. Unfallheilk 84: 302-306
133. **Seennwald G** (1987) Das Handgelenk. Springer, Berlin, Heidelberg
134. **Sprague B, Justis EJ** (1974) Nonunion of the carpal navicular. Arch Surg 108: 692-697
135. **Stecher WR** (1937) Roentgenography of the carpal navicular bone. Am J Rad 37: 704-705.
136. **Steiger R, Sennwald G** (1990) Spätresultate operierter Skaphoidpseudarthrose. Handchir Mikrochir Plast Chir 22: 152-155
137. **Stewart MJ** (1954) Fractures of the carpal navicular (scaphoid). J Bone Joint Surg [Am] 36: 998-1006
138. **Streli R** (1970) Perkutane Verschraubung der Handkahnbeines mit Bohrdraht-Kompressionsschraube (eine neue Methode). Zbl. Chir Vol. 95 (36): 1060-1078
139. **Strickner M** (1980) Die Gefäßversorgung des Kahnbeins, ein Faktor bei der Entstehung von Pseudarthrosen. Hefte Unfallheilkunde 148: 743-74
140. **Szabo RM, Newland CC** (1994) Open Reduction and Ligamentous Repair for Acute Lunate and Perilunate Dislocations. In: Gelberman RH (Ed) The Wrist. Raven Press New York 119-131

141. **Tomaino MM, Miller RJ, Cole I, Burton RI** (1994) Scapholunate advanced collapse wrist: Proximal row carpectomy or limited wrist arthrodesis with scaphoid excision? J Hand Surg [Am] 19: 134-142
142. **Trauner M** (1982) Erfahrungen und Ergebnisse bei der Behandlung der Kahnbeinbrüche und Pseudarthrosen der Hand unter besonderer Berücksichtigung der Matti-Russe-Plastik. Akt traumatol 12: 235-245
143. **Trojan E, Jahna H** (1955) Die konservative Behandlung des veralteten Kahnbeinbruches der Hand. Arch Orthop Unfallchir 47: 99-104
144. **V. Koppenfels R, Frössler B** (1974) Angeborene und erworbene Teilungen des Os naviculare, der Patella und der Fußsesambeine. Arch Orthop Unfallchir 78: 107-121
145. **Vahlensiek M, Stäbler A** (1997) Handgelenk. In: Vahlensieck M, Reiser M (Hrsg) MRT des Bewegungsapparats. Thieme, Stuttgart, New York 127
146. **Vecsei V, Jahna H** (1980) Behandlungsergebnisse von frischen konservativ behandelten Kahnbeinbrüchen der Hand – Operationsindikation. Hefte Unfallheilk 148: 119-125
147. **Vender MI, Watson HK, Wiener BD, Black DM** (1987) Degenerative change in symptomatic scaphoid nonunion. J Hand Surg [Am] 12: 514-519
148. **Verdan C, Narakas A** (1968) Fractures and pseudarthrosis of the scaphoid. Surg Clin North Am 48(5): 1083-1095
149. **Vescei V, Scharf W** (1980) Ergebnisse von 193 konservativ behandelten frischen Kahnbeinbrüchen der Hand – Operationsindikation. Arch Orthop Traumat Surg 97: 151-156
150. **Vossmann H, Kutlu OS, Zellner PR** (1983) Ergebnisse operativ behandelter Kahnbeinpseudarthrosen nach Matti-Russe. Handchir Mikrochir Plast Chirurgie 15: 7-10
151. **Watson HK, Ballet FL** (1984) The SLAC Wrist: Scapholunate advanced collapse pattern of degenerative arthritis. J Hand Surg [Am] 9: 358-365
152. **Watson HK, Goodman ML, Johnson TR** (1981) Limited wrist arthrodesis. Part II: Intercarpal and radiocarpal combinations. J Hand Surg 6(3): 223-233

153. **Watson HK, Ryu J** (1986) Evolution of arthritis of the wrist. *Clin Orthop* 202: 57-67
154. **Watson-Jones R** (1976) *Fractures and joint-injuries*. Churchill Livingstone Vol. 2: 729
155. **Weber ER, Chao, RY** (1978) An experimental approach to the mechanism of scaphoid waist fractures. *J Hand Surg [Am]* 3(2): 142-148
156. **Whipple TL** (1995) Stabilization of the fractured scaphoid under arthroscopic control. *Orthop Clin North [Am]* 26: 749-754
157. **Whipple TL** (1995) The role of arthroscopy in the treatment of intraarticular wrist fractures. *Hand Clin* 11: 13-18
158. **Winckler S, Brug E** (1991) Frakturen der Handwurzelknochen unter besonderer Berücksichtigung der Kahnbeinfraktur. *Chir Praxis* 43: 493-506
159. **Wozasek Ge, Moser KD** (1986) Kahnbeinpseudarthrosen und ihre operative Versorgung. *Zbl Chir* 111: 1039-1047
160. **Wozasek GE, Moser K-D** (1991) Percutaneous screw fixation for fractures of the scaphoid. *J Bone Joint Surg [Br]* 73: 138-142
161. **Wullstein L, Küttner H** (1923) *Lehrbuch der Chirurgie*. Gustav Fischer, Jena, Bd 2, 8. Aufl., 305
162. **Youm Y, McMurtry RY, Flatt AE, Gillespie TE** (1978) Kinematics of the wrist. An experimental study of radial-ulnar deviation and flexion-extension. *J Bone Joint Surg [Am]* 60: 423-431
163. **Zimmer-Brossy M, Bosnjakovic-Büscher S** (1997) *Lehrbuch der röntgendiagnostischen Einstelltechnik*. Springer, Berlin Heidelberg, 5. Aufl.: 52, 74
164. **Zolczer L, Nyari T, Nemes J** (1980) Erfahrungen mit der operativen Behandlung in 501 Fällen bei Kahnbeinpseudarthrose. *Hefte Unfallheilk* 148: 134-139

## 9. Abbildungs-, Tabellen- und Diagrammverzeichnis

### Abbildungsverzeichnis:

- Abb.1: Gelenke Handwurzel, Flächenschnitt parallel zum Handrücken (Nr.111 S.178)
- Abb.2: Anatomie des Kahnbeins mit Gelenkflächen (Nr.61)
- Abb.3: Das intrinsische Bandsystem (Nr.66)
- Abb.4: Das extrinsische Bandsystem (Nr.66)
- Abb.5: Das dorsale V-Band (Nr.139 S.170)
- Abb.6: Die Blutversorgung des Kahnbeins von volar und dorsal (Nr.6 S.810)
- Abb.7: Die Kahnbeinfraktur (Nr.102 S.61)
- Abb.8: Der Frakturmechanismus (Nr.3 S.810)
- Abb.9: Verschiedene Frakturlokalisationen (Nr.102 S.61)
- Abb.10: Der Bruchspaltverlauf (Nr.3 S.815)
- Abb.11: Einteilung nach Russe (Nr.119)
- Abb.12: Die Hebert-Klassifikation (Nr.3 S.815)
- Abb.13: Die symptomatische Hand (Nr.102 S.61)
- Abb.14: Die sogenannte "humpback"-Deformität (Nr.84 S.120)
- Abb.15: Das "DISI"-Muster (Nr.4 S.325)
- Abb.16: Die karpale Instabilität (Nr.49 S.73)
- Abb.17: Das Original von Matti (Nr.56 S.108)
- Abb.18: Die Modifikation von Russe (Nr.56 S.114)
- Abb.19: Das Herbertprinzip (Nr.3 S.822)

Abb.20: The “guiding-jig” (Nr.62 S.96)

Abb.21: Die “freehand-method” (Nr.62 S.97)

Abb.22: Korticospongiöser Span aus der Darmbeinschaukel (Nr.84 S.126)

Abb.23: Rekonstruktion einer “DISI”-Fehlstellung (Nr.84 S.128)

Abb.24: Röntgenaufnahme Fallbeispiel 1

Abb.25: Röntgenaufnahme Fallbeispiel 2

Abb.26: Röntgenaufnahme Fallbeispiel 3

Abb.27: Röntgenaufnahme Fallbeispiel 4

Abb.28: Röntgenaufnahme Fallbeispiel 5

Abb.29: Röntgenaufnahme Fallbeispiel 6

### **Tabellenverzeichnis:**

Tab.1: Die Herbert-Klassifikation (Nr.42)

Tab.2: Einteilung der Pseudarthrosen von Trojan, mod. nach Schmitt (Nr.131,  
142)

Tab.3: Stadienorientierte Therapie der Pseudarthrosen (Nr.87)

Tab.4: Stadieneinteilung der “SNAC”- und “SLAC”-wrist (Nr.152)

Tab.5: Die Lokalisation der Pseudarthrose in Bezug zum Behandlungskonzept

Tab.6: Durchschnittliche Ruhigstellungszeiten

Tab.7: Ruhigstellungszeiten in Bezug zur Lokalisation

Tab.8: Die Bewegungsumfänge in Flexion/Extension

Tab.9: Die Bewegungsumfänge in Ulnar-/Radialduktion

Tab.10: Kraftmessung

Tab.11: Konsolidierungsraten der verschiedenen Behandlungskonzepte

Tab.12: Ausheilungsrate nach der Lokalisation

Tab.13: Ausheilungsrate nach dem Pseudarthrosenalter

Tab.14: Ausheilungsrate im Bezug zum Patientenalter

Tab.15: Konsolidierungsraten und Rauchverhalten

Tab.16: Die DASH-Benotung

Tab.17: Der DASH-Gesamtscore

Tab.18: Der DASH-Score für den Abschnitt C - Spezielle Aktivität

Tab.19: Der DASH-Score für Abschnitt D – Beruf

Tab.20: Matti-Russe-Durchbauungsraten anderer Autoren

Tab.21: Ausheilungsrate im Bezug zur Ruhigstellungszeit

### **Diagrammverzeichnis:**

#### **Diagramm**

**1:** Seitenverteilung

**2:** Vorbehandlung

**3:** Pseudarthrosenalter

**4:** Lokalisation

**5:** Sekundärarthrose

**6:** Belastungsschmerz

## **Verzeichnis der Abkürzungen:**

DASH: Disability of Arm, Shoulder and Hand

mm: Millimeter

“ Inch = 25,4 mm

kPa = Kilopascal = 1000 Pa = 1000 N/m<sup>2</sup>

## 10. Danksagung

Dem Direktor der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Herrn Professor Dr. med. M. J. Raschke, möchte ich nicht nur für die Überlassung des Themas und die Möglichkeit, die vorliegende Arbeit erstellen zu können, ganz herzlich danken.

Herrn Dr. med. M. Langer, Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, danke ich für seine stetige Unterstützung und der fachlichen Hilfe bei der Umsetzung der Arbeit.

Meinen Dank gilt auch Priv. Doz. Dr. med. R. Rödl für die Übernahme des Koreferats.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. med. R. H. Meffert, Direktor der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Würzburg, insbesondere für seine Tipps zum zielgerichteten Arbeiten und den Ratschlägen, die mir immer eine große Motivation und wertvolle Hilfe waren.

Auch meinem Freund und Kollegen, Herrn Dr. med. M. Müller, Klinikum Bremerhaven Reinkenheide, fühle ich mich zum Dank verpflichtet, weil er immer ein offenes Ohr für mich hatte und mir mit Rat und Tat zur Seite stand.

Ebenfalls möchte ich mich bei Frau Maja Stefanovski für ihre Hilfe bei der Umsetzung der Arbeit und bei Frau RA Anke Langanki-Müller für die Durchsicht und Korrektur der Arbeit herzlichst bedanken.

Danken möchte ich auch meinen Eltern, besonders meinem Vater, der mir noch immer eine große Hilfe ist.

## **11. Lebenslauf**