Aus der Chirurgischen Klinik und Poliklinik Innenstadt

Klinikum der Universität München

Direktor: Prof. Dr. W. Mutschler

Ergebnisstudie der operativen Versorgung von Scaphoid-Pseudarthrosen

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Tanja Mara Goldbrunner, geb. Pfeil
aus
Frankfurt am Main
2006

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät

der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. Dr. med. W. Stock
Mitberichterstatter:	Priv. Doz. Dr. med. A Frick
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:	Dr. med. M. Kunzelmann
Dekan:	Prof. Dr. med. D. Reinhardt
Tag der mündlichen Prüfung:	9. November 2006

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung

1.1 Historie und Fragestellung……..6
1.2 Zusammenfassende Darstellung der Studie……7

2. Scaphoidpseudarthrose

2.1 Allgemeines……8
2.2 Definition……8
2.3 Ätiologie, Pathogenese und Folgen…..…….....8
2.4 Klassifikationen……10
2.5 Symptome…….11
2.6 Diagnostik…….11
2.7 Der natürliche Verlauf der Pseudarthrose und der karpale Kollaps….12
2.8 Therapie……15
2.9 Indikationen und Kontraindikationen……...17
2.10 Prognose……...17

3. Material und Methode

3.1 Patientengut……..18
3.2 Der Fragebogen
3.2.1 Erster Teil: präoperative Diagnostik……19
3.2.2 Zweiter Teil: Daten zur Operation……..20
3.2.3 Dritter Teil: Daten zur Nachuntersuchung……21
3.2.3.1 Schmerzbeurteilung……...21
3.2.3.2 Beweglichkeit……21
3.2.3.3 Griffstärke…….…….....22
3.2.3.4 Aktivitäten des täglichen Lebens……..……...……..22
3.2.3.5 Gesamt-Score……..……...……22
3.2.3.6 Weitere Untersuchungen……..……...……...23

4. Ergebnisse

4.1 Statistische Auswertung der Daten……..24

4.2 Demographische Daten……....24
4.2.1 Geschlechtsverteilung……..24
4.2.2 Altersverteilung……...25
4.2.2.1 Altersverteilung bei Trauma……....25
4.2.2.2 Altersverteilung bei Operation……26

4.3 Verletzungsmuster
4.3.1 Ursache des Traumas……...27
4.3.2 Ursache der Pseudarthrose……...28
4.3.3 Lokalisation der Pseudarthrose……....28
4.3.4 Symptomdauer…….29
4.3.5 Art der Symptome……....29
4.3.5.1 Schmerz……....29
4.3.5.2 Beweglichkeit……..30
4.3.6 Zusatzerkrankungen…….30
4.3.7 Vor-Operationen……..30
4.3.8 Bildgebende Diagnostik……...31

4.4 Operative Daten
4.4.1 OP-Indikationen……...32
4.4.2 Operateure……32
4.4.3 Art der Operation und verwendetes Osteosynthesematerial…32

4.5 Postoperative Daten
4.5.1 Immobilisation…….34
4.5.2 Nachbehandlung……..35
4.5.2.1 Art……....35
4.5.2.2 Dauer……....35
4.5.3 Dauer der Arbeitsunfähigkeit……...35
4.5.4 Postoperative Röntgenergebnisse…….36

4.5.5 Re-Operationen…….36
4.5.5.1 Entfernung von Schrauben……...36
4.5.5.2 Ausgeschlossene Patienten……...37
4.5.6 Follow-Up…….37
4.5.7 Umlernen im Beruf……...37

4.6 Nachuntersuchung
4.6.1 Schmerzen……38
4.6.2 Bewegung…..……...41
4.6.3 Griff……..45
4.6.4 „Activities of Daily Living“…….....47
4.6.5 Wrist Score……...48
4.6.6 Röntgenbefund…….....52
4.6.7 Empfehlung zur Revisionsoperation (Rückzugsverfahren).....53

4.7 Zusammenfassung besonderer Krankheitsverläufe
4.7.1 Problemfälle…….....54
4.7.2 Ausgeschlossene Patienten……...56
4.7.3 „Der besondere Fall“……58

5. Diskussion

5.1 Allgemeine Probleme
5.1.1 Patientenrekrutierung……..59
5.1.2 Informationsgewinn……59

5.2 Studienprofil und Vergleichsstudien
5.2.1 Der Patient……...61
5.2.2 Die Operationsmethode……...63
5.2.3 Die Kontraindikationen für das gewählte Verfahren..…….65
5.2.4 Der Score…….....66

5.3 Ergebnisse
5.3.1 Funktionelles Ergebnis
5.3.1.1 Ergebnisse der einzelnen Score-Parameter…….…….68
5.3.1.1.1 Schmerz…….……...68
5.3.1.1.2 Bewegung…….……69
5.3.1.1.3 Griff…….…….70
5.3.1.1.4 „Activities of Daily Living“ (“ADL”)…….…….70
5.3.1.2 Untersuchung beeinflussender Parameter
auf das Funktionsergebnis
5.3.1.2.1 Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Operation..……..72
5.3.1.2.2 Lokalisation der Pseudarthrose…….……....72
5.3.1.2.3 Symptomdauer…….……73
5.3.1.2.4 Vitalität der Fragmente…….……74
5.3.1.2.5 Vor-Operationen…….……..75
5.3.1.2.6 DISI-Fehlstellung…….……76
5.3.1.2.7 Immobilisationsdauer…….……..77
5.3.1.2.8 Stabilität des Scaphoids…….……...78
5.3.1.2.9 Follow-Up…….……79
5.3.1.3 Zusammenfassung…….……....80
5.3.2 Radiologisches Ergebnis
5.3.2.1 Allgemeines…….…….81
5.3.2.2 Ergebnisse…….……82
5.3.2.3 Vergleiche mit der Literatur…….…….83
5.3.2.4 Zusammenfassung…….……84
5.3.3 Vergleich des funktionellen und radiologischen Ergebnis
5.3.3.1 Einzelergebnisse..…….…85
5.3.3.1.1 Schmerz……85
5.3.3.1.2 Beweglichkeit und Griffstärke……..85
5.3.3.1.3 „Activities of Daily Living“……..85
5.3.3.1.4 Schraubenlockerung……..86
5.3.3.1.5 „SNAC-Wrist“……..86
5.3.3.1.6 persistierende Pseudarthrose……86
5.3.3.2 Zusammenfassung……..…87

5.4 Operative Möglichkeiten im Vergleich und Ergebnisse anderer Verfahren……...88
5.5 Rückkehr in den Beruf……..90
5.6 Zusammenfassung…….91

6. Anhang

6.1 Tabellen
6.1.1 Muster der „Wrist Score Scale“ nach *Culp et al*……...95
6.1.2 Punktberechnungstabelle zu „Activities of Daily Living“……...….96
6.2 Patientenauflistung……97
6.3 Literaturnachweis……..99
6.4 Tabellarischer Lebenslauf……106
6.5 Danksagung……..107

1. Einleitung

1.1 Historie und Fragestellung

Die operative Versorgung von Scaphoid-Pseudarthrosen mit dem Ziel der knöchernen Konsolidierung in anatomisch korrekter Position ist problematisch und stellt noch immer eine Herausforderung dar [18, 29, 37]. Es existieren zahlreiche Veröffentlichungen über etablierte und neue Operationsmethoden und deren Heilungsraten. Leider kommen trotzdem immer noch längst nicht alle Pseudarthrosen zur Ausheilung [18].

Harrison McLaughlin war 1954 der Erste, der eine Schraubenosteosynthese eines frisch frakturierten Kahnbeins beschrieb [8, 15]. *Timothy J. Herbert*, Orthopäde und späterer Direktor der Abteilung für Handchirurgie am St. Luke's Hospital in New South Wales, Australien, beschäftigte sich ab 1974 mit der problematischen operativen Versorgung instabiler Scaphoidfrakturen und Pseudarthrosen. Er fand die von McLaughlin verwendete Schraube ungeeignet und entwickelte deshalb 1984 gemeinsam mit *W. E. Fisher* die sog. „Herbertschraube" (s. u.) [29]. Sie zeichnet sich durch ihre geringe Größe und den fehlenden Kopf aus. Stattdessen hat sie an beiden Enden ein Gewinde, das ein komplettes Versenken der Schraube im Scaphoid und somit ein Belassen des Osteosynthesematerials in situ ermöglicht [76]. Zusätzlich konzipierten sie den „Jig", ein spezielles Instrument zum vereinfachten Einbringen der Schraube, insbesondere bei instabilen Frakturen [8, 13, 15].

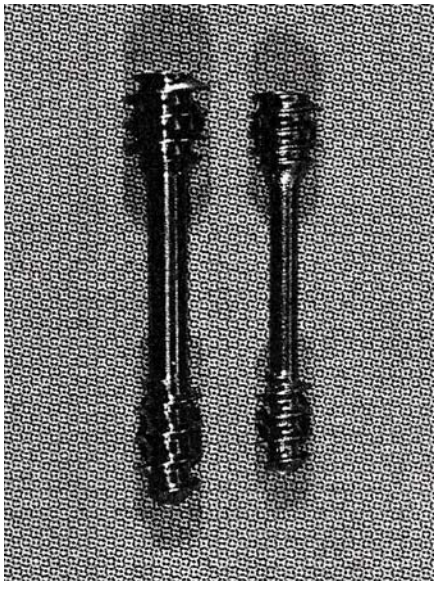


Abbildung 1: Herbert-Schrauben

D. L. Fernandez [20] beschrieb im selben Jahr die Stabilisierung von Scaphoidfrakturen durch eine volare Knochenspaninterposition unter temporärer Sicherung mit einem Kirschner-Draht und 1990 die Osteosynthese mit einer 2,7mm AO-Schraube [8, 13, 15].

Die chirurgischen Möglichkeiten zur Therapie der Pseudarthrosen sind heute vielfältiger denn je [76]. Sie variieren in ihrer Indikation u. a. nach der Lokalisation des Frakturspalts, dem Alter der Fraktur und des Zustands der Knochenfragmente sowie in ihrem Anspruch an den Operateur und ihrem Outcome [3, 43, 44]. Ein intaktes Scaphoid ist essentiell für die normale Handgelenksfunktion [28]. Immer noch werden viele Frakturen primär übersehen und erst im Stadium der Pseudarthrose diagnostiziert [39, 43].

Es bleibt zu klären:

- Welches Verfahren ist für welchen Patienten das optimale?
- Was sind mögliche Kriterien in der präoperativen Planung zur Festlegung der optimalen Therapie?

1.2 Zusammenfassende Darstellung der Studie

In dieser Studie wurden 21 Patienten nachuntersucht, die sich mit einer Scaphoid-Pseudarthrose in der Handchirurgischen Abteilung der Ludwig-Maximilians Universität München vorstellten und bei denen durch uns eine operative Behandlung durchgeführt wurde. Dabei wurde der Frage nachgegangen, inwieweit sich das Operationsverfahren nach *Herbert et al.* auf Schmerzfreiheit, Beweglichkeit, Griffstärke und die Handfunktion im Alltag auswirkt. Die Ergebnisse werden in der folgenden Arbeit zusammengefasst, mit der Literatur verglichen und diskutiert. Auch auf Kontraindikationen, Problemfälle und postoperative Besonderheiten wird eingegangen.

2. Die Scaphoid-Pseudarthrose

2.1 Einleitung

Von den verschiedenen Frakturen der Karpalknochen ist die Fraktur des Os scaphoideum von besonderem klinischem Interesse: zum einen hat sie eine hohe Inzidenz [17, 25, 54, 77] - insbesondere bei jungen, männlichen Patienten [3, 10-13, 15, 17, 18, 23, 44, 47, 54, 55, 57, 58, 71, 77, 79, 83, 85], zum anderen bestehen häufig Probleme bzgl. der Knochenheilung [18, 25]. Die Ausbildung einer Pseudarthrose ist daher eine typische Komplikation [11, 18, 25, 72].

2.2 Definition

Bei der Scaphoid-Pseudarthrose handelt es sich um eine ausbleibende knöcherne Heilung einer Kahnbeinfraktur innerhalb von 6 Monaten nach ursächlichem Trauma [59, 68]. Es ist per Definition eine erworbene Pseudarthrose [68].

2.3 Ätiologie, Pathogenese und Folgen

Die Gründe für das Ausbleiben der Frakturdurchbauung sind vielfältig [2, 3, 5, 6, 10, 41, 59]. Im Vordergrund steht die diagnostische Unsicherheit: oft ist der Frakturspalt unmittelbar nach dem auslösenden Trauma radiologisch nicht einsehbar. Die Diagnose kann dann erst in einer erneuten Röntgendiagnostik ca. 10 bis 14 Tage später gestellt werden, wenn Resorptionsvorgänge am Knochen den Frakturspalt sichtbar werden lassen [11, 13, 18, 23, 28, 39, 43, 44, 55, 59, 71]. Auch eine inadäquate konservative Therapie frischer Scaphoidfrakturen kann Ursache für das Ausbleiben der knöchernen Konsolidierung sein: dazu zählt z. B. die zu kurze bzw. die inkonsequente Ruhigstellung des Handgelenks [23].

Entscheidend ist jedoch die Wahl der richtigen Therapieform: immer noch werden instabile (dazu zählen auch alle proximal gelegenen) bzw. dislozierte Frakturen des

Scaphoids konservativ im Unterarmgips behandelt (entspricht dem Typ B2 – B4 gemäß der Klassifizierung von *Herbert und Filan*). Die erhöhte Mobilität mit (Rotations-) Instabilität des Scaphoids im Karpus macht eine spontane knöcherne Durchbauung unmöglich: hier ist eine operative Stabilisierung mit Rekonstruktion des Scaphoids in Form und Länge indiziert [11, 12, 43, 59, 68, 71]. Dies gilt auch für den Fall einer Weichteilinterposition in den Frakturspalt: die knöcherne Durchbauung ist behindert, wenn das Gewebe nicht entfernt wird [23, 74]. Auf der anderen Seite können auch ungeeignete OP-Methoden bzw. deren fehlerhafte Durchführung Ursache für eine Defektpersistenz sein [13, 18, 44, 59, 71]. Ein Bespiel: die Osteosyntheseschraube kann Anteile der Blutversorgung des Scaphoids zerstören und so sekundär zu Polnekrose und Pseudarthrose führen [54].

Ein spezielles Problem stellt die Blutversorgung des Scaphoids dar: sie wird ausschließlich über einen, vom distalen Drittel in das Scaphoid einstrahlenden Ramus palmaris superficialis der A. radialis gewährleistet. Im Fall einer Fraktur des Kahnbeins ist der proximale Pol von der Blutversorgung abgeschnitten. Die resultierende Minderversorgung führt gehäuft zu Knochennekrosen und Deformität des Fragments bis hin zum kompletten Untergang des proximalen Pols [11, 18, 23, 28, 39, 43, 44, 59, 64, 71].

Das Ziel ist die Etablierung einer adäquaten knöchernen Mikrozirkulation [28].

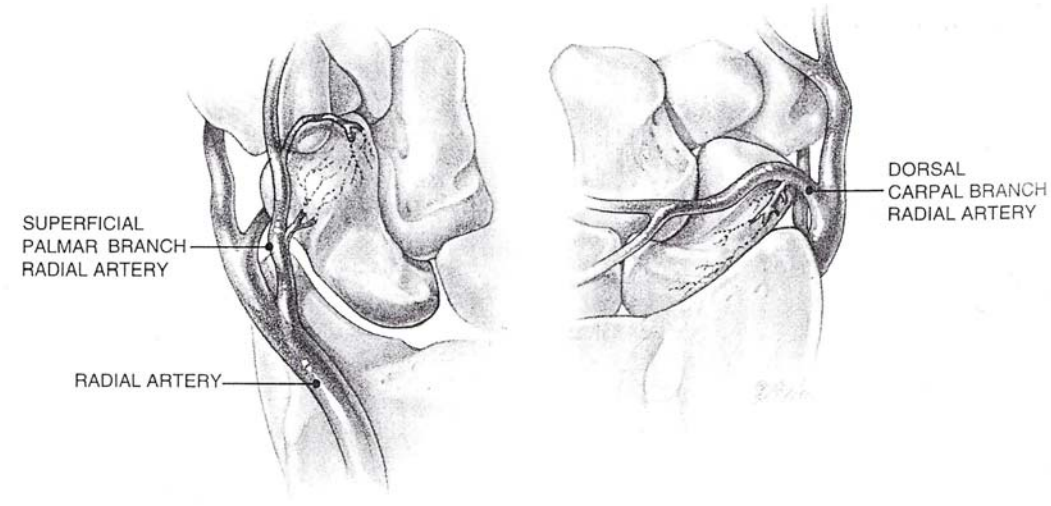


Abbildung 2: Blutversorgung des Os scaphoideum

(aus: Green’s Operative Hand Surgery, Seite 810, Abb. 27-2)

2.4 Klassifikationen

Es existieren unterschiedliche Klassifikationen zur Einteilung der Scaphoid-Pseudarthrose (z. B: *AO-Klassifikation* [62], *Klassifizierung nach Trojan* 1954 bzw. *Russe* 1967 etc.). International durchgesetzt hat sich die von *Herbert et al.* 1984 entwickelte und 1996 modifizierte Klassifikation [18, 21, 29, 37, 59]. Sie kombiniert die Anatomie der Fraktur mit der Stabilität des Scaphoids und lässt eine Beurteilung des Therapiebedarfs und der Prognose zu [18, 77].

Die erweiterte Klassifikation nach *Herbert und Filan* von 1996 [30, 39]:

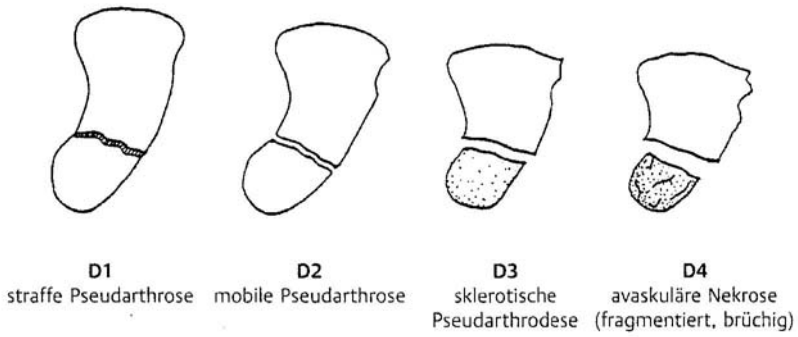


Abbildung 3: Klassifikation der Pseudarthrosen (aus Krimmer, 1998)

D1: fibröse Überbrückung bei straffer PA, kein Kollaps, keine Degeneration;
D2: mobile PA, frühe Deformierung;
D3: PA sklerotisch und fortgeschrittene Deformierung;
D4: avaskuläre Nekrose mit Fragmentierung des prox. Pols.

2.5 Symptome

Die Symptome der Pseudarthrose ähneln denen der frischen Scaphoidfraktur: das Leitsymptom ist der Schmerz, der häufig erst durch ein Bagatelltrauma aktiviert wird [49]. Er ist radialseitig im Bereich der Tabatiére lokalisiert und verstärkt sich bei Bewegung [15, 18, 54, 59]. In wenigen Fällen bleiben Scaphoid-Pseudarthrosen asymptomatisch [15].

Zusätzlich klagen die Patienten über eine Funktionsbehinderung im Handgelenk aufgrund einer reduzierten Beweglichkeit (insbesondere in Radialabduktion bzw. Dorsalextension) und einer Kraftminderung [28, 37, 43].

2.6 Diagnostik

Durch die Anamnese werden Informationen über den Zeitpunkt und Mechanismus des Unfalls sowie über Begleitverletzungen und frühere Traumen gewonnen. Bei der klinischen Untersuchung sind Schwellung und Druckschmerz sowie Bewegungs- und Stauchungsschmerzen insbesondere im Bereich der Tabatiére typische Befunde [18]. Der sog. *Watson*-Test liefert Informationen bzgl. der Instabilität des Scaphoids bei Radial- und Ulnarabduktion [59, 74]. Die Untersuchung von Durchblutung, Motorik und Sensibilität ist obligat [18, 59].

Der Standard der radiologischen Diagnostik sind Aufnahmen des Handgelenks in zwei Ebenen. Da die Diagnosestellung häufig problematisch ist (vgl. Kapitel 2.3), empfehlen einige Autoren die Komplettierung des sog. „Scaphoid-Quartetts“ mit zwei weiteren Aufnahmen im schrägen Strahlengang [18, 29, 47]. Bei Zweifeln bzw. zur Beurteilung der Vitalität der Fragmente stehen sowohl das CT (mit Kontrastmittel) als auch das MRT als Goldstandard zur Verfügung [34, 59].

2.7 Der natürliche Verlauf der Pseudarthrose und der karpale Kollaps

Mit dem sog. „Spontanverlauf“ werden Veränderungen im Karpus beschrieben, die aufgrund der Persistenz der Pseudarthrose und der damit verbundenen karpalen Instabilität entstehen. Einige Autoren bezeichnen die Scaphoid-Pseudarthrose daher auch als „Subluxation“ des Scaphoids [83]. Aus der fortschreitenden Arthrose entwickeln sich weitere Fehlstellungen bis hin zum karpalen Kollaps („SNAC-Wrist“: „Scaphoid Nonunion Advanced Collapse“) [38, 49, 51, 56, 67, 70]:

Biomechanisch muss die proximale Handwurzelreihe als funktionelle Einheit gesehen werden: sie ist ein unter Spannung stehender Ring, der durch Bänder fixiert ist [38]. Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten (z. B. Form der Gelenkflächen etc.) haben die einzelnen Handwurzelknochen natürliche Bewegungstendenzen. Diese kommen zum Tragen, wenn die Kontinuität des Rings und damit das karpale Gefüge (z. B. durch eine Pseudarthrose) aufgebrochen wird [38, 40]. Das Kahnbein verliert dadurch seine stabilisierende Rolle als Verbindungsglied zwischen der proximalen und distalen Handwurzelreihe [49, 63]. Eine Arthrose ist die Folge, im Rahmen derer sich die sog. „DISI“-Fehlstellung („Dorsal Intercalated Segment Instability“) entwickelt: das distale Scaphoidfragment kippt nach palmar in eine Flexionsstellung, das proximale Fragment nimmt gemeinsam mit dem Lunatum, an das es durch das SL-Band fixiert ist, eine Extensionsstellung ein und rotiert nach dorsal. Der Karpuskollaps („SNAC-Wrist“, siehe oben) schließlich entsteht durch die zusätzliche Verschiebung des Capitatums nach proximal und radial [7, 18, 23-25, 38, 40, 47, 54, 59, 63, 64, 67, 83, 84].

Die Arthrose entwickelt sich in charakteristischen Stadien bis hin zum Vollbild des karpalen Kollaps: sie beginnt zunächst im Scaphostyloidal- (RC-) Gelenk. Sie wird auch als „Schleifarthrose“ bezeichnet, da das dislozierte distale Fragment des Scaphoids bei Bewegung den Radiusknorpel beschädigt. Von dort schreitet sie durch die Verkippung des distalen Fragments und den daraus resultierenden abnormen Bewegungen zum Scaphotrapezial- und ggf. dem Scaphocapitalgelenk fort. Die Flächen zwischen Radius und dem proximalem Scaphoidfragment sowie zwischen Radius und Lunatum dagegen bleiben lange intakt [11, 40, 47, 49, 51, 54, 56, 57, 59, 83, 84].

Im weiteren Verlauf entwickelt sich eine Mediocarpalarthrose, bevor schließlich das gesamte Handgelenk im Sinne einer Panarthrose befallen ist [10, 49, 57, 58, 67]. (Diese Stadieneinteilung gilt für proximal und im mittleren Drittel gelegene Frakturen. Bei distal gelegenen Defekten wird der Verlauf i. d. R. nicht beobachtet [57]). Der Patient hat in diesem Stadium z. T. erhebliche Funktionseinschränkungen und Beschwerden. Untersuchungen haben gezeigt, dass nach ca. 10 Jahren bei nahezu 100% der Patienten Arthrosezeichen festzustellen sind. Die Entwicklung der Mediocarpalarthrose dauert ca. 20 Jahre [23, 25, 47, 49, 51, 85].

Der entstandene „SNAC-Wrist“ lässt sich nach *Watson und Ruy* (1986) in drei Stadien einteilen [70], die unterschiedliche Therapien erfordern [4, 38, 40, 57, 83]:

Stadium:	
I	Arthrose beschränkt auf den Processus styloideus radii
II	Arthrose erweitert auf den distalen Bereich des Radioscaphoidalgelenks
III	Zusätzlich mediokarpale Arthrose zwischen dem Kapitatumkopf und den korrespondierenden Gelenkflächen des Lunatums sowie des proximalen Scaphoidfragments

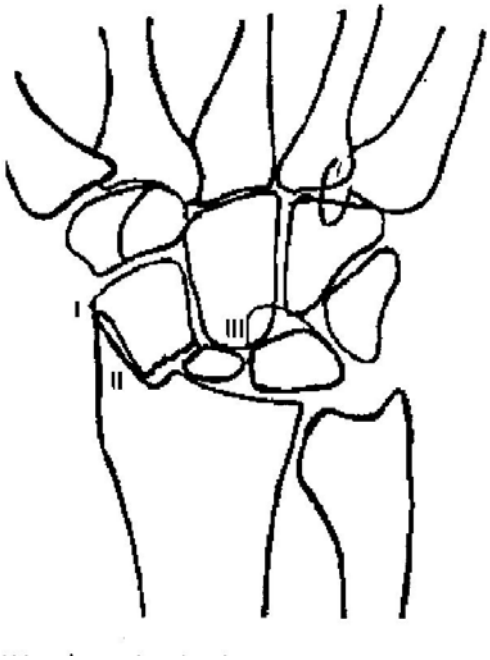


Tabelle 1 und Abbildung 4: Stadien des „SNAC-Wrists“ (aus Krimmer, 2000)

Im Stadium I sind rekonstruktive Maßnahmen indiziert (vgl. Kapitel 2.8). Im Stadium II ist eine Rekonstruktion aufgrund der fortgeschrittenen Arthrose nur noch in Ausnahmefällen möglich. Die mediokarpale Teilarthrodese bzw. die PRC sind die Methoden der Wahl. Im Stadium III bleiben nur noch die sog. Rückzugsverfahren (vgl. Kapitel 2.8) [38, 40].

Bezug zur Studie:

Alle unsere Patienten mit karpalem Kollaps befanden sich im Stadium I (bzw. II) des SNAC-Wrists. Damit ergab sich die Indikation zur Rekonstruktion des Scaphoids.

2.8 Therapie

Scaphoid-Pseudarthrosen werden operativ versorgt [13, 18, 21, 32, 37, 57, 63, 64, 77]. Mit einer konservativen Therapie wurden in der Vergangenheit signifikant schlechtere Ergebnisse erreicht, denn die Form des Scaphoids und seine zentrale Rolle bei Handgelenksbewegungen um mehrere Rotationsachsen machen eine sichere Ruhigstellung im Unterarmgips nahezu unmöglich [74] (vgl. Kapitel 2.7).

Ziel der operativen Behandlung der Scaphoid-Pseudarthrose ist neben der Schmerzreduktion und Verbesserung der Handgelenksfunktion die Verhinderung der Entstehung bzw. der Progredienz einer karpalen Arthrose sowie die knöcherne Konsolidierung [23, 25, 59, 63, 71]. Als Voraussetzung dafür gilt die anatomische Rekonstruktion und Stabilisation des frakturierten Kahnbeins in Form und Länge [13, 63, 64, 68].

Grundsätzlich wird nach der vollständigen Resektion der Pseudarthrose die Fehlstellung des Scaphoids im Gefüge korrigiert und der Substanzdefekt durch Einbringen von Spongiosa ausgeglichen. Das rekonstruierte Kahnbein wird anschließend durch ein geeignetes internes Osteosynthesematerial fixiert [23, 45, 57, 59, 77, 85].

Dieses Vorgehen ist das Standard-Verfahren. Variabel ist dabei die Art der internen Fixierung (Kirschner-Draht/Schraube), der Zugangsweg (volar/dorsal), die Spenderregion des Knochenblocks (Beckenkamm/Radius) und die Art des Knochens (reine Spongiosa/kortikospongiöses Interponat/vaskularisierter Knochenspan) [6, 16, 86]. Je nach Vorgehen und Studie werden damit zwischen 70- und 90%igen Heilungsraten berichtet, abhängig von Pseudarthrosenverlauf und Vaskularität des proximalen Fragments [15, 28, 37, 39, 43, 45, 79]. Die Operationstechnik, mit der unsere Patienten versorgt wurden, wird detailliert in Kapitel 5.2.2 des Diskussionsteils vorgestellt.

Verschiedene ausgewählte Operationsverfahren im Überblick:

- Das momentan gängigste Verfahren und unseren Erachtens zugleich die Methode der Wahl stellt die Implantation von Spongiosa aus dem Beckenkamm dar, die durch das Einbringen einer *Herbert*-Schraube fixiert wird [13, 18, 28, 39, 44, 48, 59, 61, 85].
- Die Operation nach *Matti-Russe* war zuvor lange die Methode der ersten Wahl: nach Interposition zweier kortikospongiöser Knochenstücke und Auffüllen der Ränder mit Spongiosachips werden Kirschner-Drähte zur Stabilisierung des Scaphoids eingebracht. Nachteilig ist jedoch die lange Immobilisationszeit [14, 18, 23, 61, 70, 77].
- Das Einbringen einer AO-Schraube mit Unterlegscheibe führt gemäß Studien zwar zu einer verstärkten Kompression auf die Fragmente, zeigte aber im Outcome keine signifikanten Vorteile [12, 13, 46, 65, 77, 80].
- Ein vaskularisierter Span ist bei Frakturen mit avaskulärem proximalem Fragment indiziert. Hier ist das Fixieren durch eine Schraube kontraindiziert, es erfolgt durch *Kirschner*-Drähte [9, 10, 21, 23, 28, 59, 77, 85].

Kann aufgrund fortgeschrittener Radiocarpalarthrose, Avitalität eines Fragments oder ausgeprägter Handwurzelgefügestörung keine Rekonstruktion des Scaphoids vorgenommen werden, kommen sog. „Rückzugsverfahren“ in Betracht [18, 59]:

- Die *Denervation nach Wilhelm* kombiniert mit einer Styloidektomie wird bei karpalem Kollaps mit starker Arthrose und ausreichender Beweglichkeit im Handgelenk als palliative Maßnahme zur Schmerzreduktion durchgeführt oder als zusätzliche Maßnahme bei Patienten mit RC-Arthrose [10, 59, 72, 77].
- Bei ausgeprägter radiokarpaler Arthrose ist eine Teilarthrodese zwischen Scaphoid und Kapitatum möglich [11, 18, 33, 45, 59, 77]. Auch die Arthrodese von Lunatum und Kapitatum ist eine Therapieoption [72, 77].
- Die PRC (Proximal Row Carpektomy) als bewegungserhaltende Methode stellt dazu eine Alternative dar [19, 59, 75, 77].
- Die maximale Rückzugsvariante ist die Panarthrodese. Sie führt zur vollständigen Versteifung des Handgelenks [11, 59, 70, 72, 77, 82].

2.9 Indikationen und Kontraindikationen

Eine Indikation zur operativen Therapie besteht bei instabilen bzw. dislozierten Frakturen und allen Pseudarthrosen des Scaphoids. Auch asymptomatische Pseudarthrosen sollten mit dem Ziel der Arthroseprävention operativ saniert werden [13, 21, 54, 59, 71, 77].

Die allgemeinen Kontraindikationen bezüglich einer operativen Versorgung gelten auch hier. Spezielle Kontraindikationen existieren für die einzelnen Verfahren: so gilt eine ausgeprägte radiocarpale Arthrose bzw. die gesicherte Avitalität des proximalen Fragments (Typ D4 nach *Herbert*) als Kontraindikation für die Versorgung mit der Herbertschraube [10, 15, 21, 28, 37, 39, 43, 59, 63]. In diesem Fall kommen Alternativ- bzw. die o. g. „Rückzugsverfahren“ in Frage.

2.10 Prognose

Bei Nichterfolgen einer geeigneten Therapie entwickelt sich in bis zu 60% der Fälle aus einer Scaphoidfraktur eine Pseudarthrose. Bei einem mehr als 10-jährigem Bestehen der Pseudarthrose besteht eine 100%ige Wahrscheinlichkeit, dass sich eine Handgelenksarthrose entwickelt [49, 85].
Das postoperative Outcome ist unterschiedlich, je nach gewähltem Verfahren und Indikation werden Konsolidierungsraten von 76 bis 100% angegeben [59].

3. Material und Methode

3.1 Das Patientengut

Das Patientenkollektiv rekrutierte sich aus der Handchirurgischen Abteilung der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) in München. Es handelt sich um eine retrospektive Studie.

Im Zeitraum von vier Jahren (Januar 1996 bis Dezember 1999) wurden 71 Patienten mit Scaphoid-Pseudarthrosen (International Classification of Deseases (ICD-10) M84.14) operativ versorgt und im Januar 2001 schriftlich zu einer Nachuntersuchung eingeladen. Der Rücklauf betrug 44% (31 Patienten), 40 Patienten waren zum Teil unbekannt verzogen, erschienen nicht zum vereinbarten Termin oder lehnten die Untersuchung aus organisatorischen Gründen ab.

Die Einschlusskriterien:

1. erstmalige Scaphoid-Pseudarthrose an der betroffenen Hand,
2. OP-Methode: Spongiosaplastik, Osteosynthese mittels Herbert-Schraube,
3. Zeitspanne des Follow-Ups > 12 Monate,
4. keine „Rückzugsverfahren“ im Follow-Up-Zeitraum.

Aufgrund dieser Kriterien mussten zehn weitere Patienten von der Studie ausgeschlossen werden:
a) vier waren in der Zwischenzeit aufgrund persistierender Beschwerden nachoperiert worden (siehe Kapitel 4.7.2: „Ausgeschlossene Patienten“),
b) fünf waren mit anderen Operationsmethoden behandelt worden (jeweils einmal nach Matti-Russe, eine Triple-, SC- bzw. STT-Arthrodese und ein vaskularisierter Span),
c) bei einem Patient bestand Z. n. Scaphoid-Pseudarthrose ipsilateral vier Jahre zuvor (siehe Kapitel 4.7.3: „Der besondere Fall“).

Es verblieb ein Studienkollektiv von 21 Patienten, die mit kompletten Daten nachuntersucht werden konnten. Eine Auflistung der Patienten findet sich im Anhang.

3.2 Der Fragebogen

3.2.1 Erster Teil: präoperative Daten

Durch die Anamnese im Rahmen der Nachuntersuchung wurden sämtliche Daten zur Person (z. B. Alter, Beruf und Geschlecht) sowie Informationen über die Händigkeit und mögliche Umlernprozesse erfragt. Die Symptomatik und die Symptomdauer wurden aus den vorliegenden Patientenakten erhoben, ebenso die Diagnose. Eventuelle Vor-Operationen an der betroffenen Hand wurden dokumentiert.

Die Datenerhebung zur präoperativen Untersuchung umfasste die Angaben zur Handgelenksbeweglichkeit in Flexion/Extension und Ulnar-/Radialabduktion, die grobe Kraft und den Pinzettengriff, die Handgelenksschmerzlokalisation bzw. -intensität sowie die Ergebnisse apparativer Untersuchungen wie konventionelles Röntgen, CT bzw. MRT und ggf. Arthrographie.

Da uns einige Patienten von auswärts überwiesen wurden und die präoperativen Untersuchungen (im Gegensatz zur Nachuntersuchung) von mehreren unterschiedlichen Personen durchgeführt wurden, konnten wir hier nicht auf komplette Datensätze zurückgreifen. Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden daher generell die Werte der gesunden Gegenseite zum Vergleich und zur Auswertung herangezogen, unabhängig von der Händigkeit. Die Angaben über den präoperativen Schmerz und dessen Lokalisation wurden retrospektiv bei allen Patienten erfragt (n=21).

Präoperativ wurden bei jedem Patienten zur Diagnostik zumindest Röntgenbilder in zwei Ebenen erstellt. Bei der Befundung waren die Lokalisation der Pseudarthrose und ein möglicher karpaler Kollaps von besonderem Interesse, insbesondere für das Festlegen des operativen Procedere. Die schriftlichen Befunde der z. T. auswärts durchgeführten Computer- bzw. Kernspin-Tomographien lagen uns nicht vollständig vor, weshalb diese Daten in unserer Studie nicht berücksichtigt wurden.

3.2.2 Zweiter Teil: Daten zur Operation

Die OP-Indikation ergab sich aus der Symptomatik des Patienten und dem Befund der Bildgebung. Es wurden sämtliche Daten zur Operation (Datum des Eingriffs, Name des Operateurs, Art der Operation, Zugangsweg, verwendete Osteosynthesematerial) und mögliche Komplikationen intra- bzw. früh postoperativ sowie an der Beckenkammentnahmestelle aus den Akten entnommen. Auch die Dauer der Immobilisation und Arbeitsunfähigkeit, Dauer und Art der Nachbehandlung sowie mögliche Re-Operationen wurden dokumentiert. Der diagnostische Schwerpunkt bei der Befundung der postoperativ angefertigten Röntgenbilder lag bei der Lage des Osteosynthesematerials und der Stellung des Scaphoids im Gefüge sowie dem knöchernen Durchbauungsgrad.

3.2.3 Dritter Teil: Daten zur Nachuntersuchung

Bei der Nachuntersuchung beurteilten wir die Funktionsfähigkeit des Handgelenks mit Hilfe der 1993 von *Culp et al.* entwickelten „Wrist Function Scale“ (siehe Anhang). Durch diese Skala lies sich ein Handgelenksscore ermitteln, der sich aus maximal 100 Unterpunkten zusammensetzt. Diese ergaben sich aus den folgenden vier Teiluntersuchungen:

3.2.3.1 Schmerzbeurteilung

Die subjektive Schmerzbeurteilung des Patienten wurde in Fünferschritten von Null (völlige Unbrauchbarkeit der Hand wegen sehr starker Dauerschmerzen) bis maximal 25 (keine Schmerzen) erfragt.

3.2.3.2 Beweglichkeit

Die Messung der Beweglichkeit des Handgelenks erfolgte nach der Neutral-Null-Methode in Flexion, Extension, Ulnar- und Radialabduktion mittels eines Winkelmessers. Aus den gemessenen Winkelmaßen wurde der kalkulierte Anteil im Vergleich zur Gegenhand (in Prozent) errechnet. Der Durchschnittswert dieser vier Prozentzahlen wurde mit 0,25 multipliziert. Es waren somit maximal 25 Punkte (Bewegungsausmaß entsprach zu 100% der Gegenhand) und minimal null Punkte (kein Bewegungsausschlag messbar) zu erreichen.

3.2.3.3 Griffstärke

Die Griffstärke wurde im Vergleich zur Gegenseite ermittelt. Zur Messung wurde das Baseline Hydraulic Hand Dynamometer® verwendet. Hierbei wurden jeweils drei Messungen pro Hand durchgeführt und der Mittelwert zur Bewertung herangezogen. Zur Messung saß der Patient aufrecht und der Unterarm war 90° vom locker hängenden Oberarm abgewinkelt. Wieder wurde der kalkulierte Prozentanteil gegenüber der Gegenhand ermittelt und mit 0,25 multipliziert, so dass auch hier eine Maximalpunktzahl von 25 und eine Minimalpunktzahl von null erreicht werden konnte.

3.2.3.4 Aktivitäten des täglichen Lebens

Der vierte Teiluntersuchungspunkt war die subjektive Beurteilung von Aktivitäten des täglichen Lebens. Hierbei wurden die Patienten zu zehn vorgegebenen Aktivitäten befragt, die im täglichen Leben vorkommen (z. B. Haare kämmen, Tür öffnen etc.). Somit waren die Ergebnisse miteinander vergleichbar. Die Ausführung der genannten Aktivitäten wurde von ihnen als uneingeschränkt möglich (vier Punkte) bis unmöglich (null Punkte) bewertet. Die Summe der Bewertungspunkte wurde durch 40 dividiert und mit 25 multipliziert, sodass erneut eine Maximalpunktzahl von 25, eine Minimalpunktzahl von Null erreicht werden konnte.

3.2.3.5. Gesamt-Score

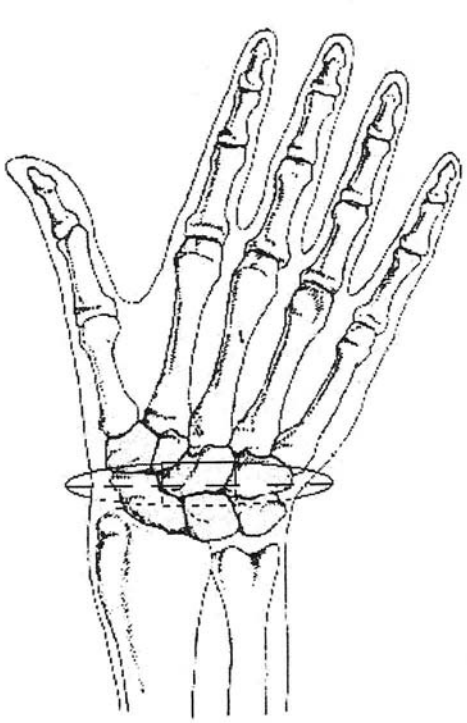
		max. Pkt.
Schmerz	25 – keine Schmerzempfindung 20 – leichter Bewegungsschmerz ohne Medikation 15 – mäßiger Bewegungsschmerz, geringe Medikation 10 – schwerer Bewegungsschmerz, häufige Medikation 5 – schwerer Dauerschmerz, deutlich red. Aktivität 0 – völlige Gebrauchslosigkeit	25
Bewegung	% Anteil zur Gegenseite, 100% entsprechen 25 Pkt.	25
Griffstärke	% Anteil zur Gegenseite, 100% entsprechen 25 Pkt.	25
Aktivitäten	max. 40 Punkte aus 10 Aktivitäten, entsprechen 25 Pkt.	25
WristScore		100

Tabelle 2: Handgelenksscore

Das Gesamtresultat wurde beschrieben als „hervorragend“ (90-100 Punkte), „gut“ (75-89 Punkte), „befriedigend“ (60-74 Punkte) und „schlecht“ (weniger als 60 Punkte).

3.2.3.6 Weitere Untersuchungen im Rahmen der Nachuntersuchung

Wir führten eine erneute Schmerzlokalisation postoperativ durch. Hierzu teilten wir das Handgelenk in sechs Zonen ein und ließen den Patient auf den Bereich deuten, an dem sie noch Schmerzen verspürten. Auch Sensibilitätsausfälle oder Parästhesien konnten so durch den Patient beschrieben werden.



Zonen:

1

2

3

6

5

4: „Tabatière“

Abbildung 5: Schmerzzonen (aus Eppinger, 2003)

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung lag der Focus bei der Beurteilung der Bildgebung auf der Schraubenlage, einer möglichen Schraubenlockerung, ein Fortschreiten der Arthrose an den prädisponierten Stellen des „SNAC-Wrists“ (z. B. Proc. styl. radii, distale Scaphoid-Gelenkfläche, STT-Gelenk bzw. intercarpal) bzw. einer weiterhin bestehende Pseudarthrose von Bedeutung. Die vorliegenden Aufnahmen des jeweiligen Patienten wurden u. a. zur Diagnose einer möglichen Befundzunahme miteinander verglichen.

4. Ergebnisse

4.1 Statistische Auswertungen der Daten

Die Daten wurden mittels EDV zunächst in einer elektronischen Datenbank erfasst. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte deskriptiv durch Mittelwertvergleiche und Prozentangaben der Funktionswerte im Vergleich zur Gegenseite.

4.2 Demographische Daten

4.2.1 Geschlechtsverteilung

Bei den 21 ausgewerteten Fragebögen überwogen die 20 männlichen Verletzten (95,2%) gegenüber einer weiblichen Verletzten.

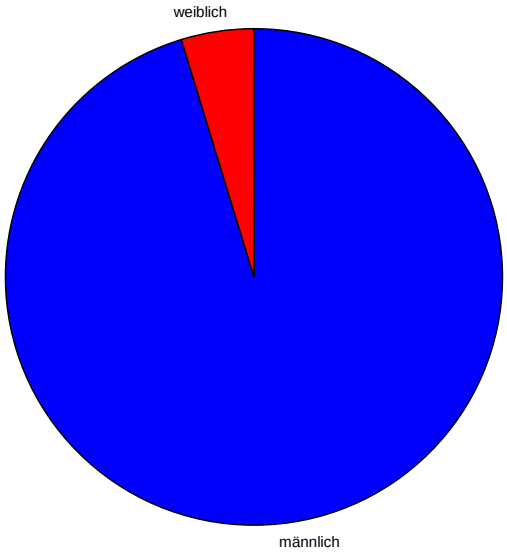


Abbildung 6: Geschlechtsverteilung

4.2.2 Altersverteilung

4.2.2.1 Altersverteilung bei Trauma

Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Verletzung lag bei 26,0 Jahren. Der Jüngste (Nr. 16) war zu diesem Zeitpunkt 14, der Älteste (Nr. 1) 45 Jahre alt. Mit sieben Verletzten bildete die Gruppe der zehn- bis 19-Jährigen gemeinsam mit den 20- bis 29-Jährigen die stärkste Altersgruppe, gefolgt von den 30- bis 39-Jährigen mit fünf. Die 40- bis 49-Jährigen waren in unserem Patientenkollektiv zweimal vertreten, die Altersgruppen „jünger als 10 Jahre“ bzw. „älter als 50 Jahre“ gar nicht.

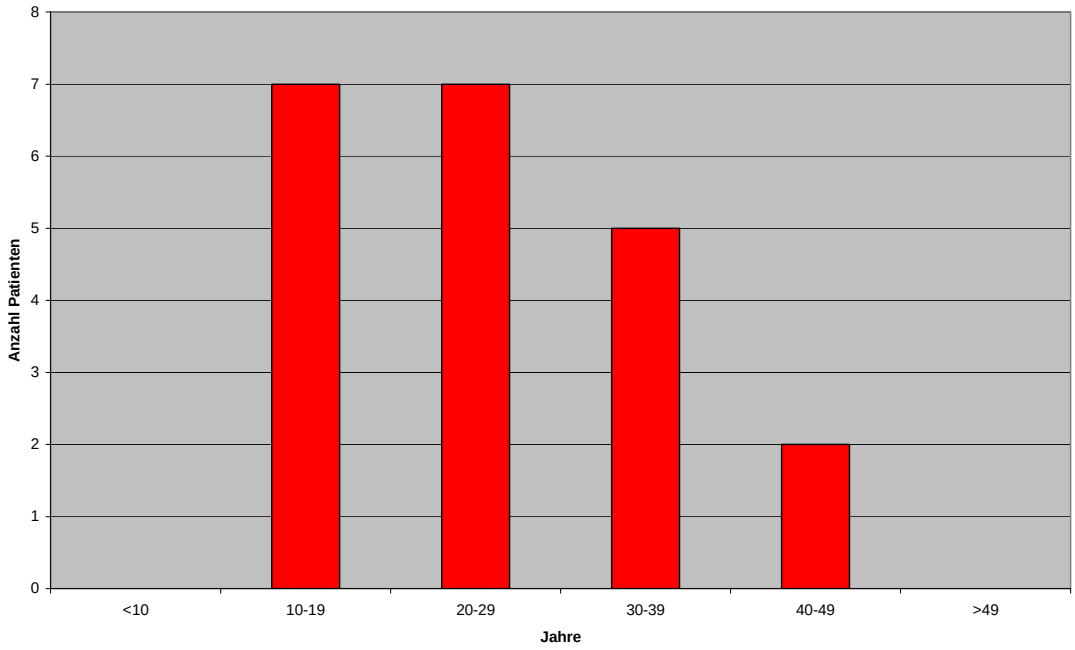


Abbildung 7: Altersverteilung zum Zeitpunkt des Traumas (in Jahren)

4.2.2.2 Altersverteilung bei Operation

Zum Zeitpunkt der Operation dagegen war der Jüngste 15 und der Älteste 46 Jahre alt. Es ergibt sich ein Durchschnittsalter von 30,0 Jahren. Auch hier fehlten die Altersgruppen „jünger als 10 Jahre“ bzw. „älter als 50 Jahre“, der Schwerpunkt lag bei den 30- bis 39-Jährigen.

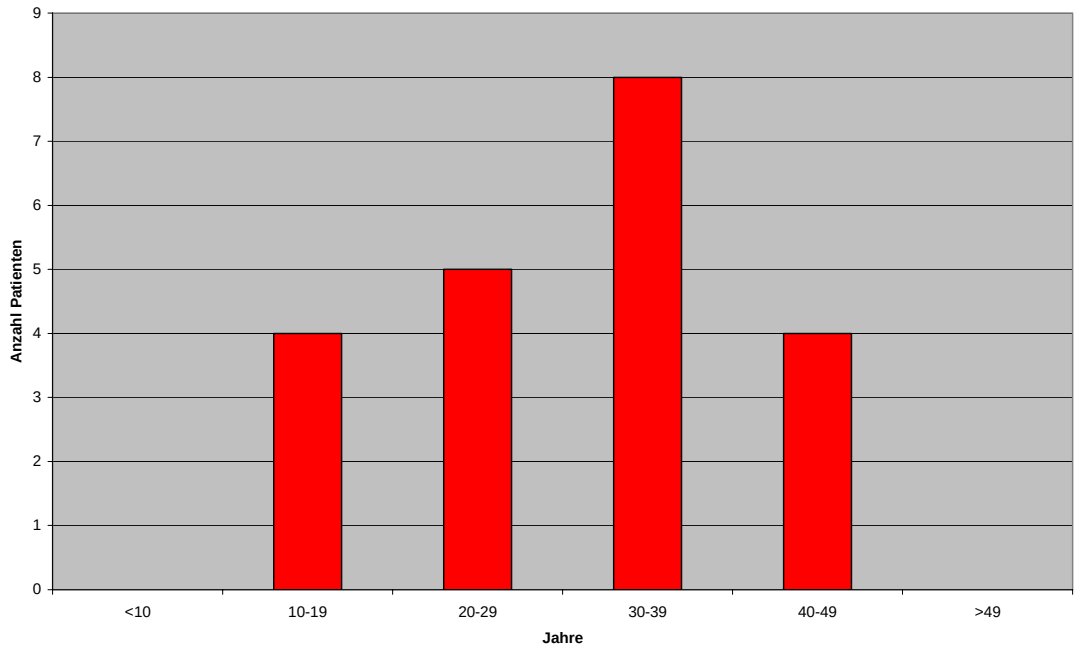


Abbildung 8: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Operation (in Jahren)

Der in dieser Arbeit wiederkehrenden Unterteilung der Patienten in die o. g. Altersgruppen wurde das Alter bei der Operation zugrunde gelegt.

4.3 Verletzungsmuster

4.3.1 Ursache des Traumas

Zehn Patienten waren zum Zeitpunkt des Unfalls handwerklich tätig: drei erlitten das Trauma beim Ausübung ihres Berufs (D13), fünf bei sportlicher Betätigung und zwei im Rahmen von Verkehrsunfällen (PKW-Fahrer).

Sieben Patienten waren in körperlich wenig anspruchsvollen Beschäftigungen tätig, vier waren Schüler. Von diesen elf zog sich keiner eine berufsbedingte Fraktur zu, fünf jedoch bei sportlicher Betätigung (zumeist als Tormann), drei bei Motorrad- bzw. PKW-Unfällen und drei bei Stürzen anderer Ursache.

Insgesamt sind 12 Fälle auf einen Sturz auf die dorsalextendierte Hand zurückzuführen, in acht Fällen war ein Schlag gegen die Hand Ursache für die Verletzung. Ein Patient konnte sich nicht an ein ursächliches Trauma erinnern.

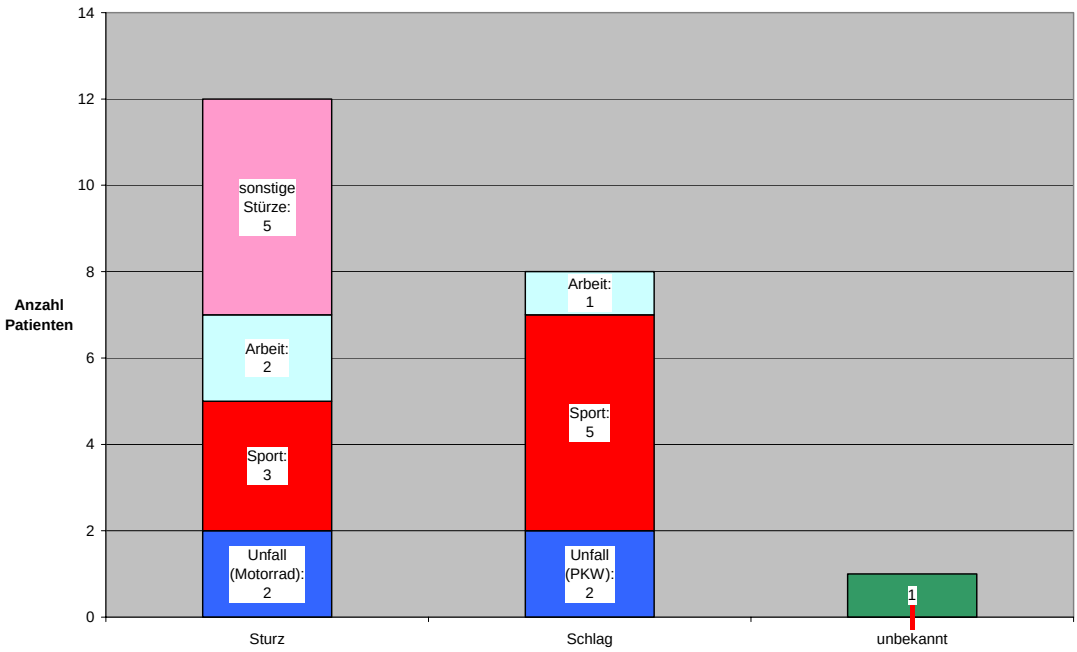


Abbildung 9: Ursache des Traumas

4.3.2 Ursache der Pseudarthrose

In 16 Fällen entwickelte sich die Pseudarthrose aufgrund diagnostischer Probleme (Fraktur im Röntgenbild nicht sichtbar). Von diesen erinnern sich sechs Patienten an ein späteres Bagatelltrauma, in dessen Folge die Pseudarthrose symptomatisch und durch erneute bildgebende Diagnostik erkannt wurde. In vier Fällen war die konservative Therapie einer gesicherten Scaphoidfraktur durch Ruhigstellung im Unterarmgips (Nr. 11, 15, 18 und 19) und in einem die operative Stabilisation einer Scaphoidfraktur (Nr. 20) misslungen.

4.3.3 Lokalisation der Pseudarthrose

Neun Patienten wiesen eine Pseudarthrose der rechten Hand auf, 12 Patienten der linken. In 12 Fällen (57%) war die betroffene Hand auch gleichzeitig die dominante Hand, 11 dieser Patienten haben während der Immobilisationszeit auf die nicht-dominante Hand umgelernt. Ein Patient hat trotz ruhig gestellter dominanter Hand nicht umgelernt, hierbei handelte es sich um einen Arbeiter (Maurer).

4.3.4 Symptomdauer

Die durchschnittliche präoperative Symptomdauer unserer Patienten betrug 2,2 Jahre (24,8 Monate). Die Länge variierte stark, die einzelnen Werte lagen zwischen sechs Monaten und maximal 15 Jahren (Nr. 5).

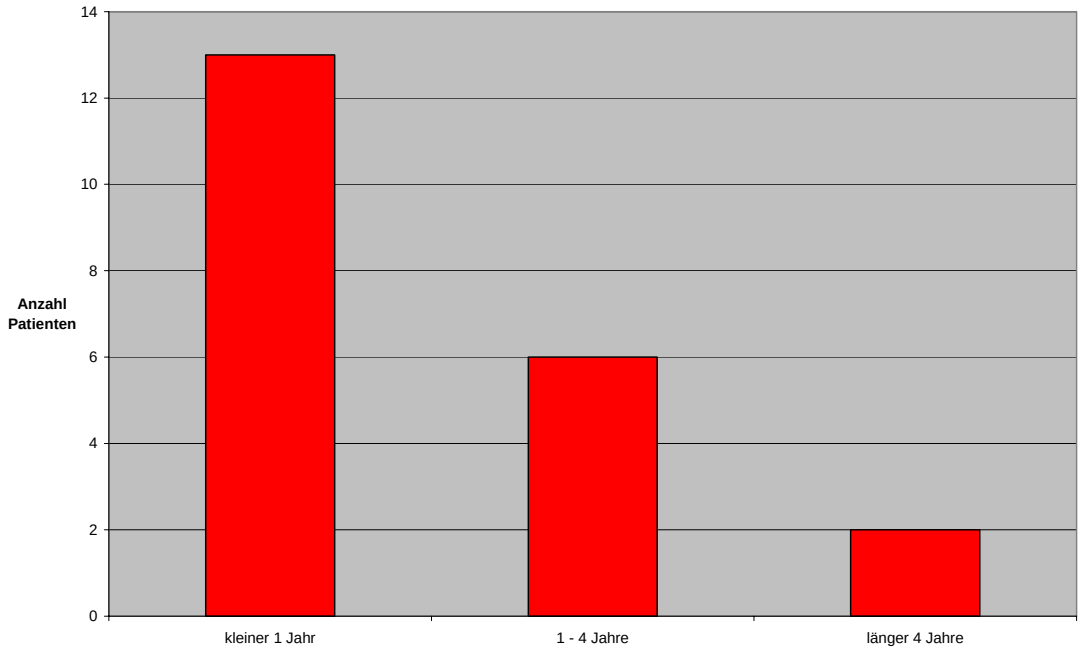


Abbildung 10: Symptomdauer (in Jahren)

4.3.5 Art der Symptome

4.3.5.1 Schmerz

Die Angaben über den präoperativen Schmerz und dessen Lokalisation wurden retrospektiv erhoben. Alle Patienten klagten präoperativ über Schmerzen im Handgelenk. Der Hauptschmerzpunkt lag bei der überwiegenden Anzahl der Patienten im Bereich der Tabatière (Zone 4). Einzelne gaben fortgeleitete ziehende Beschwerden in den Daumen an. Es wurden keine weiteren Zonen als schmerzhaft beschrieben. Vier Patienten gaben präoperativ geringe Schmerzen an, 12 mittelstarke und fünf starke Schmerzen.

4.3.5.2 Beweglichkeit

Im Vordergrund stand bei allen Patienten die verminderte Beweglichkeit des Handgelenks, insbesondere in Richtung Radialabduktion bzw. Dorsalextension. Daraus ergaben sich als Konsequenz zum Teil erheblich eingeschränkte Aktivitäten im täglichen Leben („Activities of Daily Living“, ADL): die Hauptbeschwerden wurden ca. von der Hälfte der Patienten beim Tragen von Lasten angegeben, vier Patienten berichteten über eine völlige Gebrauchslosigkeit der betroffenen Hand.

4.3.6 Zusatzerkrankungen

Ein Patient (Nr. 17) litt an einer generalisierten Osteoporose (V. a. C2-toxische Genese). Er konnte sich nicht an ein auslösendes Trauma erinnern und wurde aufgrund von Schmerzen unklarer Ursache im Handgelenk beim Arzt vorstellig. Ein weiterer Patient (Nr. 16) hatte vorbestehend Zysten im betroffenen Scaphoid.

4.3.7 Vor-Operationen

Ein Patient (Nr. 20) zog sich bei einem Sturz eine instabile Scaphoidfraktur zu, die zunächst für 6 Wochen mit einem Unterarm-Gips ruhig gestellt wurde. Aufgrund ausbleibender knöcherner Konsolidierung wurde die Fraktur zwei Monate später durch eine Herbertschraube stabilisiert. Auch die operative Therapie scheiterte, da sich die Schraube lockerte und eine Pseudarthrose entstand. Der Patient stellte sich aufgrund Beschwerdepersistenz 15 Monate postoperativ bei uns vor.

4.3.8 Bildgebende Diagnostik

Präoperativ wurden bei jedem Patienten zumindest Röntgenbilder in zwei Ebenen angefertigt. Das sog. „Scaphoid-Quartett“ (vgl. Kapitel 2) wurde bei keinem Patienten komplettiert. Eine Computer- bzw. Kernspin-Tomographie kam bei sechs bzw. 15 Patienten zur Anwendung, so dass eine Auswertung dieser Daten innerhalb unserer Studie nicht stattfand. Das Hauptaugenmerk der radiologischen Befundung lag präoperativ auf der Lokalisation der Pseudarthrose und einem möglichen karpalen Kollaps (vgl. Kapitel 2). In unserem Patientenkollektiv wurden acht Mal eine proximale und dreizehn Mal eine mittlere Scaphoid-Pseudarthrose diagnostiziert, ein Defekt des distalen Scaphoids lag in keinem Fall vor. Sechs Patienten befanden sich präoperativ im SNAC-Stadium I, ein Patient im Stadium II (Nr. 4). Sieben Mal wurde eine karpale Fehlstellung (DISI) diagnostiziert. Bei fünf Patienten gab es Hinweise auf eine beginnende Polnekrose. Ein Patient wies Zysten im Scaphoid auf, vier Zeichen einer milden Sklerose. Alle Patienten wurden mit einer Herbertschraube osteosynthetisiert.

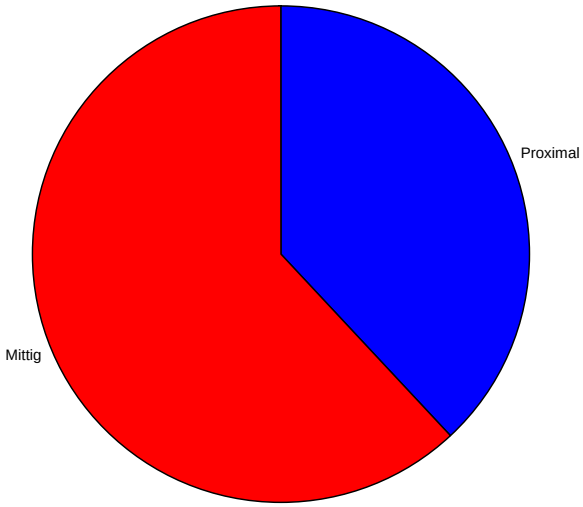


Abbildung 11: Lokalisation der PA

4.4 Operative Daten

4.4.1 OP-Indikation

Die Indikation zur Operation ergab sich aus der Diagnose. Bei allen Patienten wurde zunächst die Pseudarthrose reseziert und anschließend eine Spongiosaplastik aus dem Beckenkamm durchgeführt.

4.4.2 Operateure

Das Patientenkollektiv wurde von insgesamt fünf verschiedenen Chirurgen operiert.

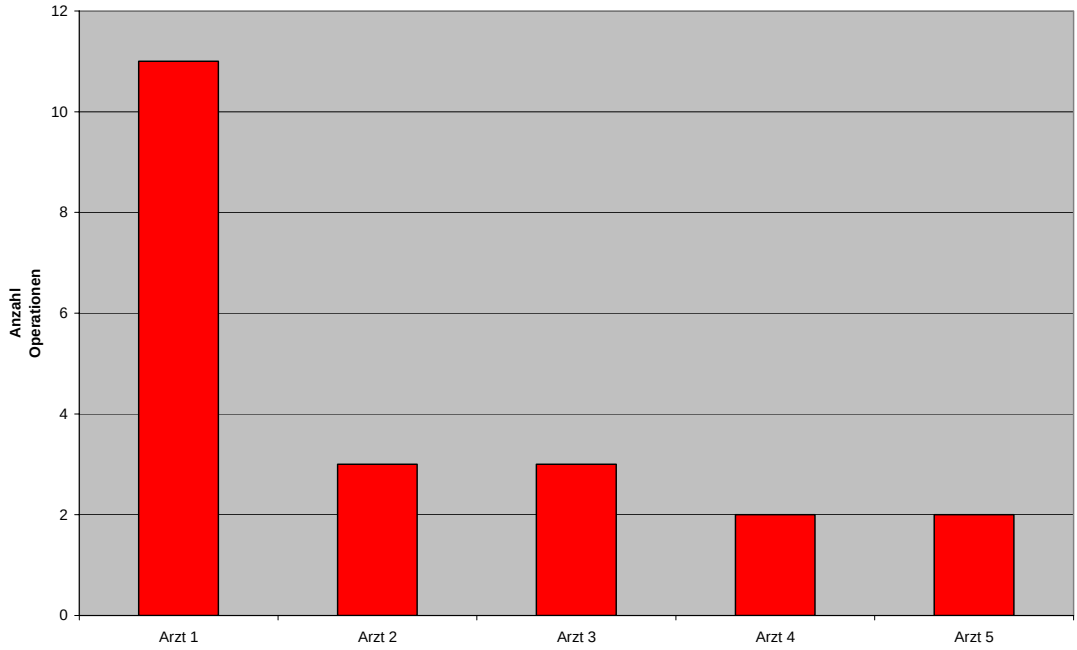


Abbildung 12: Anzahl der Operationen pro Operateur

4.4.3 Art der Operation und verwendetes Osteosynthesematerial

In allen 21 Fällen wurde eine Verschraubung des Scaphoids mittels Herbert-Schrauben vorgenommen. Das exakte operative Vorgehen wird ausführlich in Kapitel 5.2.2 beschrieben. Dabei kamen insgesamt neun Mini-Herbertschrauben und 12 normal große Herbertschrauben zur Anwendung.

Von den acht proximal gelegenen Pseudarthrosen wurden sechs unter Verwendung einer Mini-Schraube und zwei aufgrund des besonderen Situs mit normal großen Herbertschrauben versorgt. Sie wurden retrograd durch einen dorsalen Zugang eingebracht. Die 13 im mittleren Drittel gelegenen Pseudarthrosen wurden hauptsächlich mit normalen Herbertschrauben fixiert. Dreimal wurden hier Mini-Schrauben verwendet.

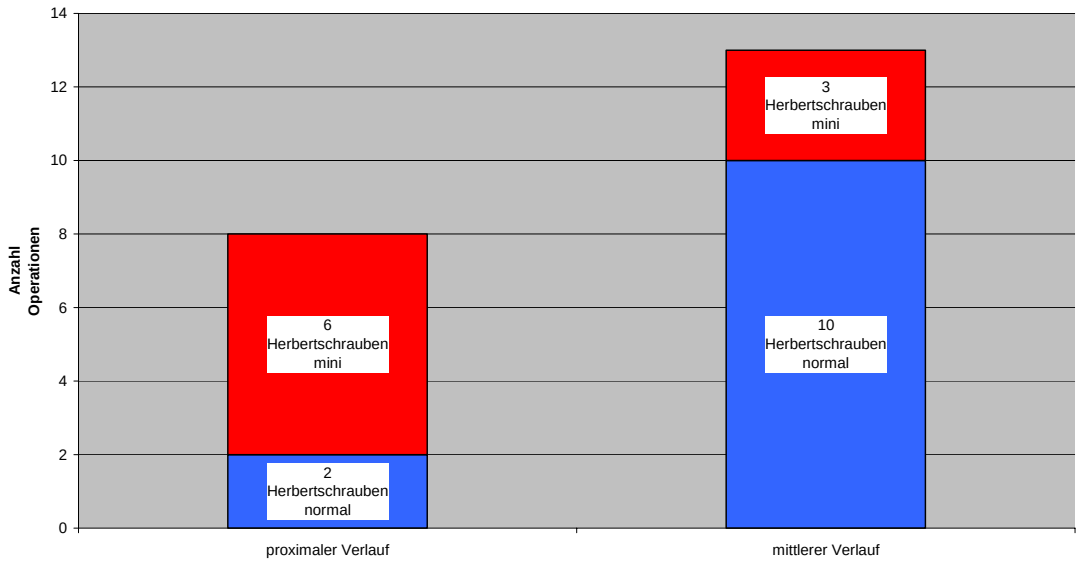


Abbildung 13: Wahl des OP-Verfahrens in Abhängigkeit von der Pseudarthrosen-Lokalisation

4.5 Post-OP

4.5.1 Immobilisation

Die Immobilisation des Handgelenks wurde im Unterarmgips unter Einschluss des Daumengrundgelenkes durchgeführt. Es zeigten sich innerhalb des Patientenkollektivs deutliche Unterschiede in der Dauer der Immobilisation, abhängig vom radiologischen Ergebnis. Die kürzesten Ruhigstellungen betrugen sechs, die längste 13 Wochen. Durchschnittlich betrug die Immobilisationszeit 8 Wochen.

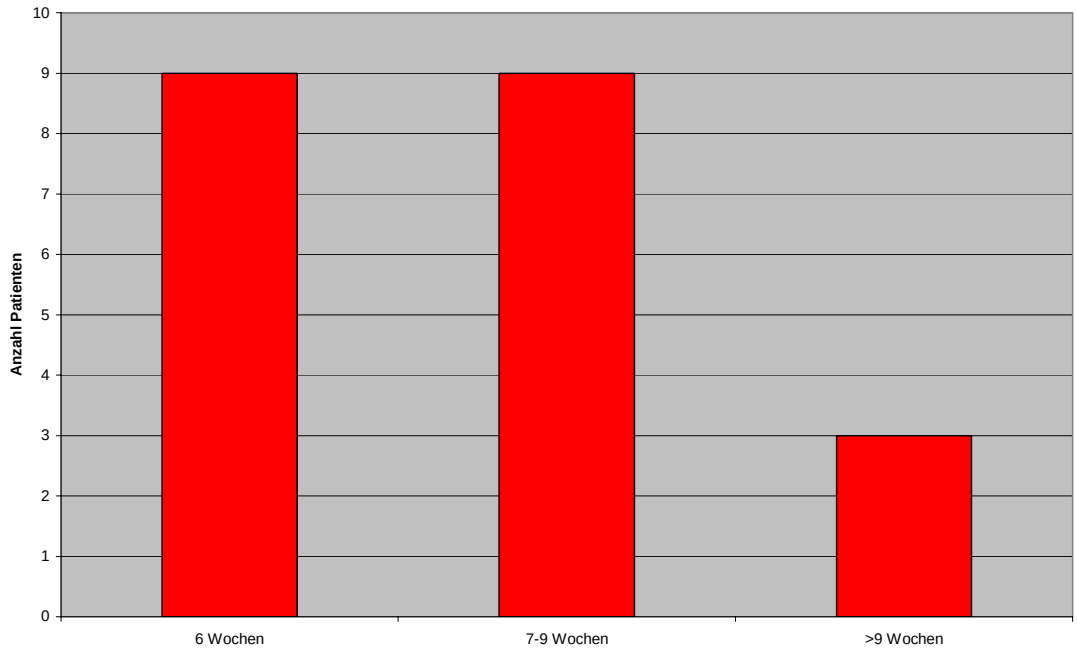


Abbildung 14: Immobilisationsdauer (in Wochen)

4.5.2 Nachbehandlung

Allen Patienten wurde postoperativ der Nutzen einer physiotherapeutischen Nachbehandlung erläutert und diese bereits stationär begonnen. Die Fortführung wurde allen durch ausgestellte Rezepte und Informationen über niedergelassene Therapeuten in der Nähe ihrer Wohnstätte ermöglicht. Die Compliance war hoch, nur fünf Patienten (24%) lehnten eine physiotherapeutische Weiterbehandlung ab.

4.5.2.1 Art der Nachbehandlung

76% der Patienten ließen sich postoperativ krankengymnastisch betreuen. Ein Patient erhielt zusätzlich Ergotherapie (Nr. 20).

4.5.2.2 Dauer der Nachbehandlung

Die Dauer der begleitenden Physiotherapie betrug zwischen einem und neun Monaten postoperativ, die Patienten erhielten zwischen minimal sechs und maximal 50 Therapieeinheiten. Im Durchschnitt betrug die Nachbehandlungszeit ca. zwei Monate mit etwa 15 Behandlungseinheiten pro Patient.

4.5.3 Dauer der Arbeitsunfähigkeit

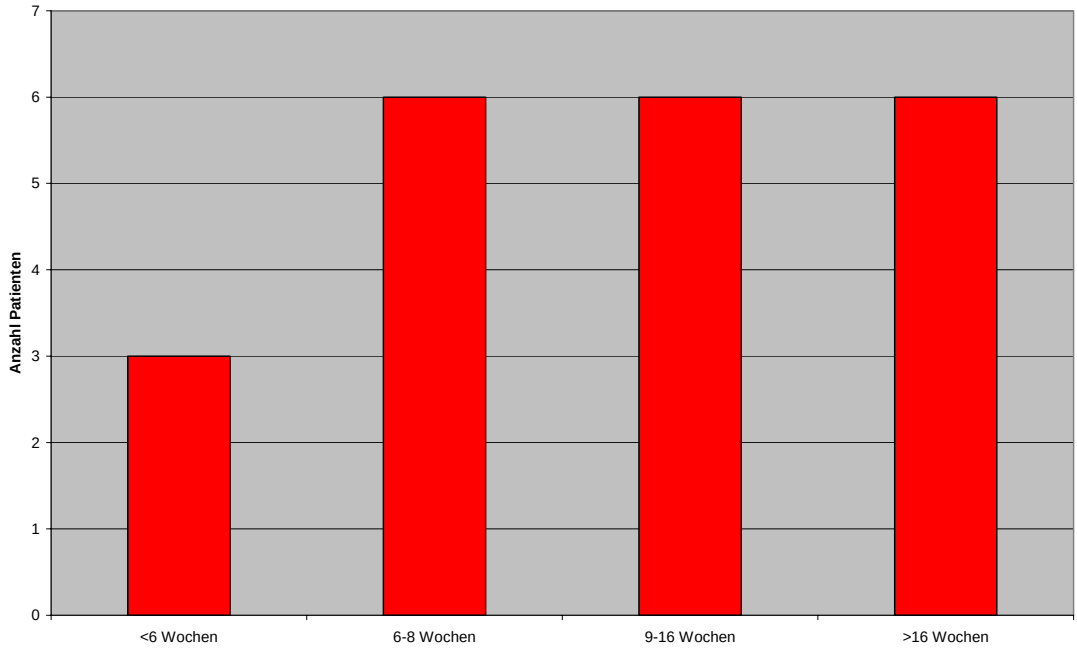


Abbildung 15: Dauer der AU (in Wochen)

Im Durchschnitt betrug die dokumentierte Arbeitsunfähigkeit 12,9 Wochen, wobei minimal zwei bzw. drei Wochen (bei selbständigen Patienten: Informatiker, Rechtsanwalt, Ingenieur) und maximal 32 Wochen (Patientin Nr. 2, Sachbearbeiterin) bescheinigt wurden.

Die Mehrzahl der Patienten (71%) waren sechs bis 16 Wochen lang arbeitsunfähig. Sechs Patienten benötigen eine Entlastungszeit von mehr als 16 Wochen. Zwei Patienten wurden länger als 24 Wochen krankgeschrieben: dies waren die beiden Patienten mit dem schlechtesten Score-Ergebnis (Nr. 2 und Nr. 18 mit jeweils 32 bzw. 28 Wochen AU).

4.5.4 postoperative Röntgenergebnisse

In der postoperativen Röntgenkontrolle wurden in erster Linie der Grad der knöchernen Durchbauung, die Lage der Schraube und die Stellung des Scaphoids im Karpus beurteilt (vgl. Kapitel 3.2.2). Bei 20 Patienten zeigte sich eine voranschreitende Knochenheilung, einmal (Nr. 4) wurde der V. a. eine straffe Pseudarthrose geäußert (neun Monate nach der Operation). Dreimal waren beginnende Schraubenlockerungen (bei den Patienten Nr. 17, 18 und 19) und dreimal Stufenbildungen (Nr. 5, 6, 11) im konsolidierten Scaphoid zu diagnostizieren. Ein distaler Scaphoid-Pol imponierte leicht abgeknickt (Nr. 2). Zweimal projizierte sich der Schraubenkopf in den RC-Gelenkspalt (Nr. 10, 21).

4.5.5 Re-Operationen

4.5.5.1 Entfernung von Schrauben

Bei zwei Patienten (Nr. 11 und 21) wurde nach einem bzw. zwei Jahren die Herbertschrauben wegen Bewegungseinschränkungen durch deren Lage im Gelenkspalt entfernt.

4.5.5.2 Ausgeschlossenen Patienten

In vier Fällen persistierten die Beschwerden postoperativ und eine knöcherne Durchbauung blieb aus, sodass bereits nach durchschnittlich sieben Monaten sog. „Rückzugsverfahren“ zum Einsatz kommen mussten. Dies führte zum Ausschluss von dieser Nachuntersuchung. Ihre Krankengeschichten sind unter Kapitel 4.7.2 zusammengefasst dargestellt.

4.5.6 Follow-Up

Die Zeit zwischen Operation und Nachuntersuchung („Follow-Up“) lag zwischen eineinhalb und fünf Jahren. Durchschnittlich belief sich diese Zeit auf 3,4 Jahre (40,8 Monate.

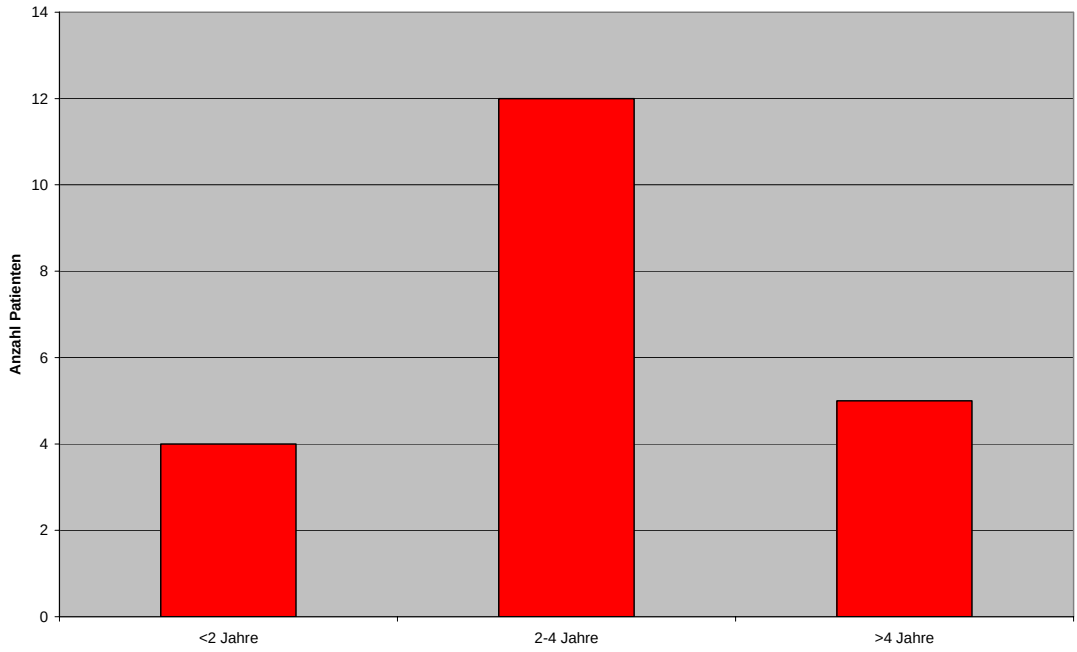


Abbildung 16: Zeitspanne des Follow-up (in Jahren)

4.5.7 Umlernen im Beruf

Kein Patient der Studie musste aufgrund seiner Scaphoid-Verletzung den Beruf wechseln.

4.6 Nachuntersuchung

4.6.1 Schmerzen

12 Patienten (57%) gaben zur Nachuntersuchung völlige Schmerzfreiheit an. Sieben (33,3%) verspürten lediglich leichte Schmerzen bei endgradigen Bewegungen (keine Bewegungseinschränkung, keine Analgesie nötig). Ein Patient klagte über leichte bis mäßige Schmerzen, weswegen er gelegentlich ein Analgetikum einnahm (Nr. 7). Ein weiterer Patienten (Nr. 18) musste aufgrund mäßiger bis schwerer Schmerzen regelmäßig Schmerzmittel einnehmen. Die Ergebnisse dieser beiden Patienten korrelieren mit den beiden schlechtesten Wrist-Score-Ergebnissen.

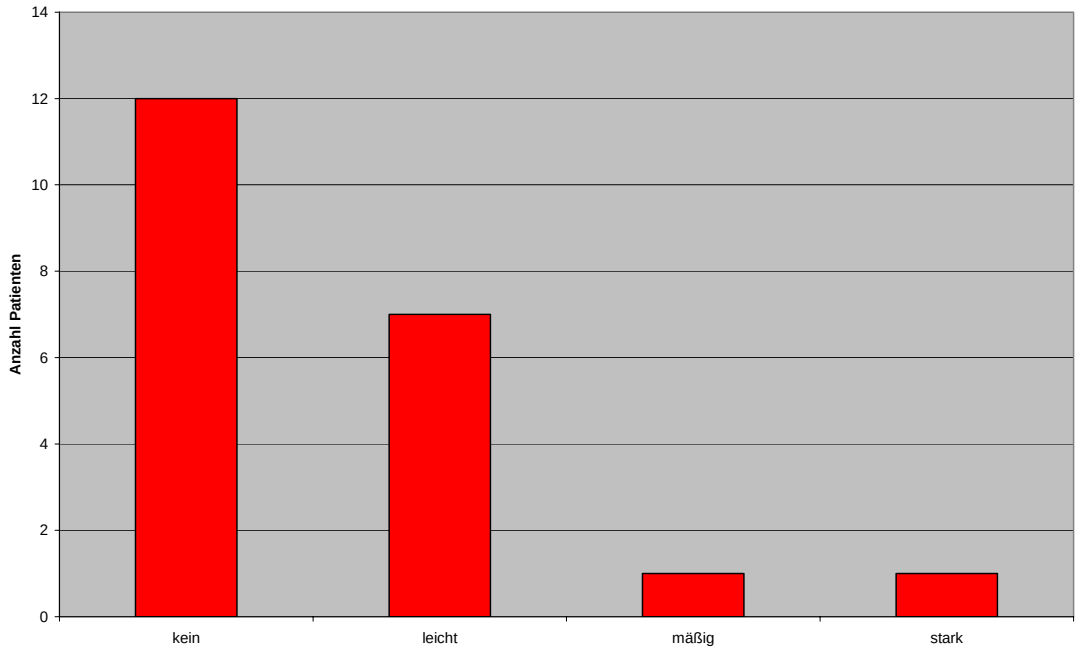


Abbildung 17: Schmerzintensität zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Die Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren ausschließlich im Bereich der Tabatière (Zone 4, siehe Kapitel 3) lokalisiert. Ein Patient verspürte Ruheschmerzen, vier (19,0%) gaben schmerzhafte Einschränkungen bei endgradiger Bewegung in Dorsalextension bzw. Radialabdukion an. Ein Patient verspürten Beschwerden bei starker Beanspruchung (z. B. Tragen von Lasten).

Der durchschnittliche Punktewert des Kollektivs betrug 22,1 Punkte. Die Aufschlüsselung der Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung in verschiedenen Untergruppen zeigt folgende Ergebnisse:

Die Untersuchung der verschiedenen Altersgruppen zeigte keine Korrelation zwischen dem Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Operation und der Stärke der Residualschmerzen: die 10- bis 19-Jährigen gaben durchschnittlich 22,5 Punkte an (kein bis leichter Schmerz), die 20- bis 29-Jährigen 20 Punkte (leichter Schmerz), die 30- bis 39-Jährigen 24 Punkte (kein Schmerz) und die 40- bis 49-Jährigen 20 Punkte (leichter Schmerz).

Bezogen auf die Lokalisation der Pseudarthrose ergab sich für Patienten mit Pseudarthrosen im mittleren Drittel ein Mittelwert von 21,9 Punkten und unterschieden sich damit kaum von denen im proximalen Drittel mit 22,5 Punkten.

Die Untersuchung nach der Symptomdauer ergab identische Werte für alle Patienten mit einer Zeitspanne zwischen Trauma und Operation von <4 Jahren (22,5 Punkte). Patienten mit einer Symptomdauer von mehr als 4 Jahren gaben im Durchschnitt mittelstarke Schmerzen an (20 Punkte). Dazu muss angemerkt werden, dass der Patient mit der längsten Symptomdauer (15 Jahre) zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung keine Schmerzen angab, ein Patient mit 96 Monaten Zeitspanne dagegen mittelstarke und ein Patient mit nur 6 Monaten sogar starke Schmerzen.

Unterschieden nach dem Beruf variierte das Ergebnis der Schüler und der Patienten in körperlich wenig anspruchsvollen Tätigkeiten mit 23,5 bzw. 23,7 Punkten deutlich in Bezug zu dem der handwerklich Tätigen mit 20,0 Punkten.

Die Untersuchung des Follow-Ups ergab eine abnehmende Schmerzintensität bei zunehmender Nachuntersuchungszeit: so erreichten die Patienten mit einer Zeitspanne kleiner als 2 Jahre nur 18,7 Punkte, die mit 2-4 Jahren 22,5 Punkte und die mit einem Follow-Up länger als 4 Jahren 24 Punkte.

In Bezug auf die Traumaursache, die Händigkeit und die Dauer der Immobilisation konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Untergruppen gefunden werden.

4.6.2 Bewegung

Aus den gemessenen Winkelmaßen wurde der kalkulierte Anteil im Vergleich zur Gegenhand (in Prozent) errechnet. Dazu wurden die kontralateral erreichten Winkelgrade mit 100% bewertet. Bei keinem Patienten konnte der volle Bewegungsumfang wiederhergestellt werden. Bei acht Patienten (38%) war eine geringgradige Bewegungseinschränkung (> 80% der Gegenseite) nachzuweisen. 13 Patienten (62%) zeigten mäßige Bewegungseinschränkungen (50% bis 80% der Gegenseite). Kein Patient erreichte weniger als 50% der Gegenhand.

	n = 21
Volle Beweglichkeit	0
Gering eingeschränkte Beweglichkeit (>80%)	8
Mäßig eingeschränkte Beweglichkeit (50 - 80%)	13
Stark eingeschränkte Beweglichkeit (< 50%)	0

Tabelle 3: Beweglichkeit (in %, bezogen auf die Gegenseite)

Im Vergleich zum präoperativ schmerzhaft eingeschränkten Bewegungsumfang des betroffenen Handgelenks konnte durch die Operation bei 96% der Patienten eine Verbesserung der Beweglichkeit erzielt werden.

Der Bewegungsbereich der Flexion betrug im Durchschnitt 60° (45° bis 80°). Ein Patient konnte den Einzelwert der Gegenseite erreichen (Mittelwert der Gegenseite: 71,5°). Dagegen betrug der Bewegungsbereich der Extension im Mittel 52° (30° bis 70°), die Einzelwerte der Gegenseite wurden von keinem Patienten erreicht (Mittelwert der Gegenseite: 69°). Der Absolutwert des Flexions-Extensions-Bogens betrug im Mittel 112° (minimal 85°, maximal 140°; Gegenseite: 140,5°).

Der Bewegungsbereich der Radialabduktion betrug im Durchschnitt 17° (5° bis 25°). Kein Patient konnte die Einzelwerte der Gegenseite erreichen (Mittelwert der Gegenseite: 31°). Dagegen betrug der Bewegungsbereich der Ulnarabduktion im Mittel 36° (25° bis 50°), die Einzelwerte der Gegenseite konnten durch neun Patienten (43%) erreicht werden (Mittelwert der Gegenseite: 41°). Der Absolutwert des Bewegungsbogens betrug im radio-ulnaren Bereich demnach durchschnittlich 53° (minimal 40°, maximal 65°; Gegenseite: 72°).

	Durchschnitt	**Minimal**	**Maximal**	**Gegenseite**
Flexion	60°	45°	80°	71,5°
Extension	52°	30°	70°	69°
Radialabduktion	17°	5°	25°	31°
Ulnarabduktion	36°	25°	50°	41°

Tabelle 4: Bewegungsumfang/Bögen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (in °)

Damit konnte im Patientenkollektiv eine Wiederherstellung der Gesamtbewegungsfreiheit von durchschnittlich 77% der Gegenhand erreicht werden, das sind 80% des Flexion-Extensions- bzw. 72% des Radial-Ulnarabduktions-Bogens. Diese objektive Messung bestätigte die von den Patienten angegebene subjektive Empfindung der verminderten Beweglichkeit hauptsächlich in den Richtungen Radialabduktion (53% der Gegenseite) und Dorsalextension (74% der Gegenseite). Demgegenüber stehen Bewegungsfreiheiten in Palmarflexion und Ulnarabduktion von 86% bzw. 88% der Gegenhand.

Für die täglichen Aktivitäten (ADL) sind jedoch die Absolutwerte der Bewegungsbögen entscheidend und es scheint dabei nur eine untergeordnete Rolle zu spielen, welche Bewegungsrichtung des Bogens stärker eingeschränkt ist.

In Bezug auf die Gesamtbeweglichkeit im Handgelenk verglichen wir den errechneten Gesamt-Mittelwert von 19 Punkten zunächst mit denen der beiden Untergruppen Verletzung der dominanten Hand bzw. Verletzung der nicht-dominanten Hand. Die Durchschnittswerte der Untergruppen betrugen im Mittel 18 bzw. 20 Punkte, es konnte demnach keine signifikante Differenz aufgezeigt werden.

Betrachtet man das Patientenkollektiv aufgeschlüsselt nach Altersgruppen und vergleicht die errechneten Mittelwerte der Beweglichkeit mit dem o. g. Gesamtmittelwert, so ergeben sich für die Untergruppe der zehn- bis 19-Jährigen 18,7 Punkte, für die 20- bis 29-Jährigen 19,2 und für die 30- bis 39-Jährigen 18,7 Punkte. Die 40- bis 49-Jährigen erreichten 19,0 Punkte. Somit wird deutlich, dass auch das Patientenalter offenbar keinen Einfluss auf dieses Funktionsergebnis hatte.

Aufgeschlüsselt nach Berufsgruppen erzielten die Schüler mit einem mittleren Punktwert von 20,4 Punkten ein besseres Ergebnis als der Gesamtmittelwert von 19 Punkten. Die „vorwiegend handwerklich Tätigen“ erreichten 18 Punkte, die Untergruppe der Patienten in körperlich wenig anspruchsvollen Beschäftigungen dagegen 19,7 Punkte.

Untersucht man den Einfluss der Traumaursache auf das erreichte Bogenmaß der verletzten Hand zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung, so ergibt sich für die Mittelwerte eines Sturzes bzw. eines Schlag gegen die Hand 18,9 bzw. 19,2 Punkten kein deutlicher Unterschied.

Bezogen auf die Lokalisation der Pseudarthrose erreichten die Patienten mit Verletzungen im proximalen Drittel mit 18,8 Punkten nahezu identische Ergebnisse wie die Patienten mit Verletzungen im mittleren Drittel mit 19,1 Punkten.

Patienten mit einer kürzeren präoperativen Symptomdauer (< 1 Jahr) erreichten bessere Ergebnisse in der Gesamtbeweglichkeit (20 Punkte) als Patienten mit einer längeren Symptomdauer (1-4 Jahre: 17 Punkte, > 4 Jahre: 18 Punkte).

Patienten mit einer kurzen (bis zu 6 Wochen) oder mittellangen (7-10 Wochen) Immobilisationszeit im Unterarmgips hatten deutlich bessere Ergebnisse (je 19 Punkte) als Patienten mit längerer Ruhigstellungszeit (> 10 Wochen: 16,6 Punkte).

Die Follow-Up-Zeitspanne hatte mit 19,5 bzw. 18,8 und 19,1 Punkten keinen signifikanten Einfluss auf die Beweglichkeit zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.

4.6.3 Griff

Bei der Messung der Griffstärke konnten bei sechs Patienten (28,6%) eine vollständig Wiedererlangung der Kraft (100% der Gegenseite) dokumentiert werden. 11 Patienten (52,4%) zeigten eine geringgradige Kraftminderung (80-99% der Gegenseite), drei (14,3%) eine mäßige (50-79% der Gegenseite). Bei einem Patienten (4,7%) waren die gemessenen Werte kleiner als 50% der Gegenseite. Der Mittelwert des Gesamtkollektivs betrug 21,9 Punkte, der schlechteste Wert (Patient Nr. 2) 10 Punkte.

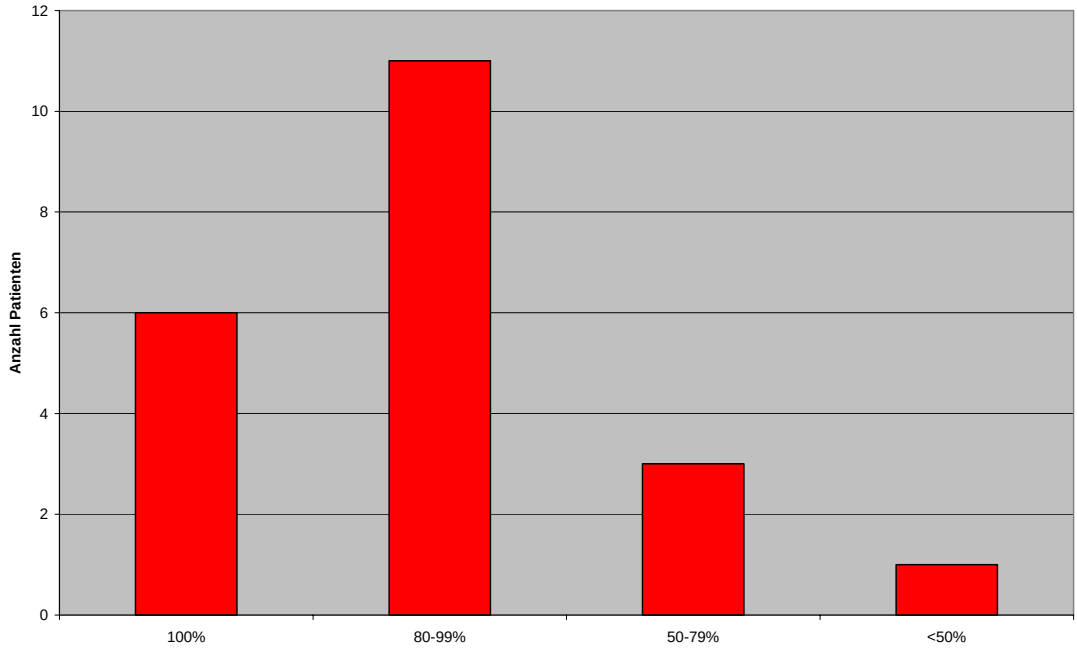


Abbildung 18: Griffstärke (in %, bezogen auf die Gegenseite)

Die Ergebnisse der Untergruppen „Verletzung an der nicht-dominanten Hand“ bzw. „Verletzung an der dominanten Hand“ zeigten im gegenseitigen Vergleich mit 20,2 bzw. 21,6 Punkten keinen signifikanten Unterschied zum o. g. Mittelwert des Gesamtkollektivs. Es wurde daraufhin untersucht, ob die natürlichen Unterschiede der Griffstärke zwischen dominanter und nicht-dominanter Hand bei der Betrachtung anderer Untergruppen in den Vordergrund treten:

Von den sechs Patienten, die die Maximalpunktzahl erreichten, wiesen vier Verletzungen an der dominanten Hand auf (66%), zwei an der nicht-dominanten Hand (33%). Ferner zeigte sich in der Gruppe der „vorwiegend handwerklich Tätigen“ (Mittelwert: 22,3 Punkte), dass das Ergebnis der Verletzungen an der dominanten Hand mit 22,6 Punkten nur leicht über dem der nicht-dominanten mit 21,4 Punkten lag. Demgegenüber steht, dass sich in der Gruppe der Patienten in körperlich wenig anspruchsvollen Beschäftigungen (Mittelwert: 20,3 Punkte) das Ergebnis umgekehrt darstellt: hier erzielte die dominante Hand 15,1 Punkte, gegenüber 22,3 Punkten der nicht-dominanten Seite. In der Untergruppe der Schüler (Mittelwert: 24 Punkte) war kein signifikanter Unterschied zwischen dominanter (23,9 Punkte) und nicht-dominanter Hand (23,8 Punkte) zu erkennen war.

Einen Einfluss des natürlichen Unterschieds der Griffstärke bezogen auf die Händigkeit konnte in unserem Patientenkollektiv nicht aufgezeigt werden. Ebenso wenig bestimmt das Alter das Outcome des Ergebnisses der untersuchten Patientenuntergruppen signifikant (zehn- bis 19-Jährige: 22,1 Punkte, 20-29: 23,2 Punkte, 30-39: 21,2 Punkte, 40 und älter: 21,8 Punkte).

Die Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der Griffstärke und der Immobilisationsdauer zeigte eine verminderte Griffstärke bei kurzer Ruhigstellung (20,7 Punkte bei weniger als 6 Wochen Gips) gegenüber 22,9 bzw. 23,6 Punkten bei 7-10 bzw. länger als 10 Wochen Gips.

Für die Unterpunkte Lokalisation der Pseudarthrose, Symptomdauer, Follow-Up und Traumaursache konnten wir keine Auswirkungen auf das Gesamtergebnis aufzeigen.

4.6.4 „Activities of Daily Living“

Die große Mehrzahl der Patienten (95%) empfanden zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung keinerlei Einschränkungen bei der Ausführung der „Activities of Daily Living“ (ADL). Nur ein Patient (Nr. 18) gab leichte Einschränkungen an: er erreichte auch im Gesamtscore das schlechteste Ergebnis. Aufgrund des sonst homogenen Ergebnisses im Patientenkollektiv wurde auf Vergleiche der einzelnen Untergruppen verzichtet.

		n = 21
Keine Einschränkungen	(21-25 Punkte)	20
Leichte Einschränkungen	(16-20 Punkte)	1 (Nr. 18)
Schwere Einschränkungen	(11-15 Punkte)	0
Schwere Einschränkungen, auf Hilfe angewiesen	(6-10 Punkte)	0
Völlige Unselbständigkeit	(0-5 Punkte)	0

Tabelle 5: „Activities of Daily Living“ (in Punkten)

Die bewerteten Aktivitäten wurden durch *Culp et al.* aus verschiedenen Bereichen der täglichen körperlichen Betätigungen zur Evaluation der Handgelenksfunktion im Alltag zusammengestellt, sie sind im Anhang (vgl. Kapitel 6.1.1) nachzuvollziehen.

4.6.5 Wrist Score

Insgesamt konnte bei 10 Patienten (47,6%) ein hervorragendes und bei 9 weiteren (42,8%) ein gutes Ergebnis erzielt werden. Zwei Patienten (9,5%, Nr. 2 und Nr. 18) erreichten einen nur befriedigenden Score-Wert. Somit lagen 19 Patienten (90,5%) im erwünschten Ergebnisbereich. Der Mittelwert des Gesamtkollektivs betrug 87,2 Punkte.

		n = 21
Hervorragend	(1, entspricht 90-100 Punkten)	10
Gut	(2, entspricht 75-89 Punkten)	9
Befriedigend	(3, entspricht 60-74 Punkten)	2 (Nr. 2, 18)
Schlecht	(4, entspricht <60 Punkten)	0

Tabelle 6: Wrist-Score-Ergebnisse (in Punkten)

Vergleicht man die Ergebnisse der einzelnen Altersgruppen miteinander, so zeigt folgendes Ergebnis: die zehn- bis 19-Jährigen (n=4) erreichten im Schnitt 87,2 Punkte. Die 20- bis 29-Jährigen (n=5) kamen auf 87,1 Punkte und die 30- bis 39-Jährigen (n=8) auf 88,6. Der Mittelwert in der Gruppe der 40- bis 49-Jährigen (n=4) betrug 84,3 Punkte. Die Punkte in den Untergruppen scheinen homogen verteilt, ein prägnanter Einfluss des Alters auf das Gesamtergebnis ließ sich in unserem Patientenkollektiv nicht zeigen.

Untersucht man die Unterschiede zwischen den verschiedenen Berufsgruppen, so zeigt sich, dass die Gruppe der Schüler signifikant bessere Ergebnisse (92,2 Punkte mit n=4) erzielten als die Gesamtgruppe der Berufstätigen (86 Punkte mit n=17). Innerhalb der berufstätigen Gesamtgruppe hoben sich die Patienten in körperlich wenig anspruchsvollen Tätigkeiten mit 87,9 Punkten (n=7) von den „vorwiegend körperlich Tätigen“ mit 84,6 Punkten (n=10) ab.

Ein Bezug zwischen dem Score-Ergebnis und der Funktion der betroffenen Hand (dominant bzw. nicht-dominant) konnte nicht erstellt werden: die Untergruppe „dominant“ erreichte 86,0 Punkte (n=12), die Untergruppe „nicht-dominant“ 89 Punkte (n=9).

Auch der Vergleich der Verletzungsursache in Relation zum Gesamtergebnis zeigte keinen signifikanten Unterschied: die Gruppe der Patienten, die durch einen Schlag auf die Hand verletzt wurden (n=8), erreichten einen durchschnittlichen Score von 84,3 Punkten im Gegensatz zu 85,2 Punkten von denen, die sich durch einen Stoß die Verletzung zugezogen hatten (n=12).

Die Aufschlüsselung der Ergebnisse nach der Lokalisation der Pseudarthrose im Scaphoid ergab in unserem Patientenkollektiv ein ausgeglichenes Ergebnis: zwar lag der Kahnbeindefekt der beiden Patienten mit den schlechtesten Ergebnissen im mittleren Drittel, der Durchschnittswert dieser Lokalisation lag mit 89,5 Punkten jedoch über dem Gesamtdurchschnitt. Dagegen lag der Mittelwert der Untergruppe „Verletzung im proximalen Drittel“ mit 86,6 Punkten geringfügig unter dem Gesamtdurchschnitt.

Im Vergleich zwischen der Symptomdauer und dem Score-Ergebnis stellte sich heraus, dass Patienten mit einer Symptomdauer kürzer als zwölf Monate (n=13) im Schnitt 88,5 Punkte erreichten, die mit Symptomen zwischen einem bis vier Jahren (n=6) 84,7 Punkte. Dagegen konnte die Gruppe der Patienten mit einer Symptomdauer von länger als vier Jahren (n=2) im Mittel 86 Punkte erzielen. Ein Trend ist nicht aufzeigbar.

Der voroperierte Patient (Nr. 20) schnitt mit 84 Punkten gut ab und lag somit nur knapp unter dem Gesamtdurchschnitt.

Mögliche Auswirkungen der unterschiedlichen Dauer der Immobilisation im Unterarmgips auf das Score-Ergebnis konnten wir an unserem Patientenkollektiv nicht finden: Patienten, die für bis zu 6 Wochen ruhig gestellt waren (n=9), erreichten einen Mittelwert von 88,3 Punkten im Gegensatz zu durchschnittliche 86,1 Punkten derer (n=9), die bis zu zehn Wochen immobilisiert waren. Patienten mit Immobilisationszeiten von länger als zehn Wochen (n=3) kamen auf durchschnittlich 87 Punkte.

Bezogen auf die Dauer des Follow-Up ergaben sich für die einzelnen Untergruppen folgende Ergebnisse: Patienten, die innerhalb von zwei Jahren nach Operation nachuntersucht wurden (n=4), kamen auf 85 Punkte und die, die zwischen zwei und vier Jahren nachuntersucht wurden (n=12) auf 85,8 Punkte. Diejenigen jedoch, die eine Zeitspanne von mehr als vier Jahren zwischen Operation und Nachuntersuchung aufwiesen (n=5), kamen auf 92,2 Punkte und zeigten damit ein deutlich besseres Ergebnis.

In unserem Patientenkollektiv zeigte sich wie erwartet eine deutliche Korrelation zwischen dem Ergebnis des „Wrist Scores“ und seinen vier Unterkategorien:

Der subjektiv empfundene Schmerz: die Gruppe der 12 Patienten, die völlige Schmerzfreiheit angab, erreichte einen mittleren Score-Wert von 92,0 Punkten („hervorragend“). Aufgeschlüsselt nach Einzelresultaten waren davon 10 Patientenscores „hervorragend“ und zwei „gut“. Signifikant geringer mit 82,0 Punkten („gut“) war der Durchschnittswert der Patientengruppe „leichter Schmerz“ (n=7), gebildet aus sechs „guten“ und einem „befriedigenden“ Einzelwert. Ein Patient klagte über mäßige Schmerzen, dies korrelierte mit seinem Score-Ergebnis von 80 Punkten („gut“). Der Patient mit starken Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung erreichte einen Score-Wert von 73,7 Punkten („befriedigend“) und damit das schlechteste Ergebnis insgesamt.

Die Bewegungsbögen: die Gruppe mit Flexions-Extensionsbögen >120° erreichte im Schnitt „hervorragende“ 92,1 Punkte und war damit deutlich besser als die zwischen 100 und 120° und <100° Bewegungsausmaß, die jeweils „gute“ 84,6 bzw. 84,9 Punkte erreichten. Das Score-Ergebnis der Radial-Ulnarabduktions-Bögen ergab ausgewogene Werte (Bewegungsausmaß >60°: 89 Punkte, 50-60° 86 Punkte bzw. <50° 87 Punkte.

Die Griffstärke: die sechs Patienten, bei denen postoperativ eine komplette Wiederherstellung ihrer Griffstärke gelang, erreichten einen „hervorragenden“ Gruppenwert von 92,4 Punkten (5mal „hervorragend“, 1mal „gut“), gegenüber den Patienten (n=11), bei denen eine leichte Einschränkung (>80% der Gegenhand) persistierte mit „guten“ 87,9 Punkten (5mal „hervorragend“, 5mal „gut“, 1mal „befriedigend“). 78,3 Punkte („befriedigend“) im Durchschnitt erreichten die Patientengruppe (n=3) mit einer Griffstärke von 50-80% der Gegenhand, lediglich 74,6 Punkte und damit ein als „befriedigend“ zu bewertendes Ergebnis die Patienten mit einer Griffstärke <50% der Gegenseite.

Die “Activities of Daily Living“ waren bei 95,2% aller Patienten in normalem Umfang möglich, nur ein Patient gab leichte Einschränkungen an. Diese Werte repräsentieren nicht das Ergebnis des Gesamtscores unseres Patientenkollektivs, der sich – wie auch die drei anderen Qualitäten – differenzierend über vier Abstufungen verteilt und so eine strukturierte Einteilung ermöglicht.

4.6.6 Röntgenbefund

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung war das Scaphoid bei 20 Patienten (95,2%) sicher knöchern durchbaut, sie erreichten einen mittleren Gesamtscore-Wert von 85,3 Punkten. Dieser lag damit leicht unter dem Mittelwert des Gesamtkollektivs von 86,8 Punkten. Bei einem Patienten (Nr. 4) war trotz der durch uns durchgeführten operativen Versorgung keine knöcherne Konsolidierung eingetreten: es zeigte sich eine straffe Pseudarthrose bei gelockerter Schraube mit SNAC II bei einer beginnenden STT-Arthrose. Er erreichte im Gesamt-Score 93,2 Punkte bei voller subjektiver Zufriedenheit und lag damit deutlich über dem Durchschnitt. Das Ergebnis korrelierte nicht mit dem Röntgenbefund. Weitere radiologische Befunde zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung:

Bei zwei Patienten (Nr. 4 und 5) hatte sich eine fortgeschrittene STT-Arthrose ausgebildet, beide erreichten trotzdem sehr gute Ergebnisse (> 90 Punkte) im Score bei subjektiver Zufriedenheit. Um 9 der 20 verbliebenen Herbert-Schrauben war ein Lockerungssaum zu erkennen (Nr. 3, 4, 5, 7, 9, 12, 17, 18 und 19), jedoch nur bei einem Patienten war die knöcherne Konsolidierung ausgeblieben (Nr. 4, s. o.).

Bei drei Patienten wurde ein SNAC-Stadium II diagnostiziert (Nr. 4, 5 und 9), bei fünf Patienten Stadium I (Nr. 6, 10, 11, 12 und 21). Sechsmal wurde eine PISI- und zweimal eine DISI-Stellung diagnostiziert. Bei einem Patienten (Nr. 13) ragte das Ende der Herbert-Schraube leicht in den RC-Gelenkspalt. Dennoch ereichten alle Patienten gute bis sehr gute Score-Werte.

Insgesamt war bei 20 Patienten die radiologische Bildgebung korrespondierend zum Score-Ergebnis, lediglich eine Patientin (Nr. 2, Z. n. proximaler PA) zeigte eine gute Durchbauung in DISI-Stellung mit nicht korrespondierendem zweitschlechtestem Score-Ergebnis (74,6 Punkte) (siehe auch Kapitel 4.7.1 bzw. 5.3.3.2).

4.6.7 Empfehlung zur Revisionsoperation (Rückzugsverfahren)

Wir mussten lediglich einem Studienpatienten (Nr. 18) aufgrund des Ergebnisses der Nachuntersuchung zur erneuten Operation raten (vgl. Kapitel 4.7.1).

4.7. Zusammenfassung besonderer Krankheitsverläufe

4.7.1 Problemfälle

Zwei Patienten erreichten lediglich befriedigende Score-Ergebnisse. Auf die Besonderheiten dieser Krankenverläufe sollen an dieser Stelle eingegangen werden:

Patientin Nr. 2:

Die Patientin erlitt im Oktober 1995 als angeschnallte Fahrerin ihres PKW einen Aufprallunfall. Aufgrund persistierender Bewegungseinschränkung im Handgelenk und Schmerzen in der Tabatiére wurde ca. sechs Monate später eine radiologische Kontrolle durchgeführt. Es zeigte sich eine Scaphoid-Pseudarthrose im proximalen Drittel. Im März 1996 wurde sie mit einer Herbert-Schraube nach Spongiosaplastik komplikationslos operativ versorgt. Der postoperative Verlauf war geprägt von persistierenden Schmerzen im Bereich des Operationsgebiets. Mehrfache Röntgenkontrollen zeigten außer einer leichten DISI-Stellung bei dezent abgeknicktem proximalem Scaphoid-Pol kein pathologisches Korrelat zur klinischen Symptomatik. Ihre Arbeitsunfähigkeit war mit 32 Wochen im Vergleich zum restlichen Patientenkollektiv am längsten. Die geplante Entfernung der Schraube zur Behebung der möglichen Schmerzursache bei knöcherner Konsolidierung war im weiteren Verlauf jedoch nicht mehr nötig. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung gab die Patientin nur noch einen leichten Bewegungsschmerz und beim Heben von Lasten an (20 Punkte), denselben Wert erreichte sie bei der Bewegungsmessung. Die Erfragung der ADL ergaben 24 Punkte. Das als nur „befriedigend“ zu wertende Score-Ergebnis von 74 Punkten ist auf die deutlich eingeschränkte Griffstärke (10 Punkte) zurückzuführen. Die lässt sich u. a. mit der deutlichen Schonung der eigentlich dominanten Hand durch die immer noch ängstliche Patientin erklären.

Nr. 18:

Der Steinbrucharbeiter zog sich seine Verletzung im März 1998 bei einem Treppensturz während der Arbeit (D13) zu. Bei persistierendem Druckschmerz in der Tabatiére und erheblichen Beschwerden in endgradiger Radialabduktion wurde nach sechs Monaten die Diagnose einer distalen Scaphoid-Pseudarthrose im CT gestellt. Im Oktober 1998 erfolgte die komplikationslose Resektion der Pseudarthrose mit Spongiosaplastik und Herbertschrauben-Osteosynthese. Aufgrund weiterhin bestehender Schmerzen bedurfte es einer 28-wöchigen Arbeitsunfähigkeit unter regelmäßiger moderater krankengymnastischer Nachbehandlung. In der radiologischen Kontrolle sechs Monate postoperativ zeigte sich ein fortschreitender Lockerungssaum im Bereich des distalen Anteils der Schraube. Weitere Maßnahmen wurden von dem Patienten bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nicht initiiert. Die Röntgenkontrolle im Januar 2001 bestätigte die Schraubenlockerung und es wurde der Verdacht auf eine persistierende Pseudarthrose gestellt. Im Score erreichte er insgesamt einen befriedigenden Wert (73 Punkte), jedoch nur 10 Punkte aufgrund der persistierenden Schmerzen. Wir empfahlen aufgrund der ausgebliebenen Besserung bei fehlenden Kontraindikationen, die Pseudarthrose nochmals zu resezieren und erneut mittels Herbertschraube und Spongiosa zu stabilisieren.

4.7.2 Ausgeschlossenen Patienten

Vier Patienten mussten von der Studie ausgeschlossen werden. Sie waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bereits re-operiert worden, sodass die eigentliche Situation der operativen Versorgung nicht mehr bestand.

G. H.:

Der KFZ-Mechaniker zog sich bei einem Sturz im November 1998 eine Scaphoidfraktur im mittleren Drittel mit perilunärer Luxationsfraktur de Quervain der linken Hand zu, rechts eine distale Radiusfraktur. Es wurde eine Osteosynthese des Scaphoids mittels Herbert-Schraube und Band-Kapsel-Naht durchgeführt und der Radius rechts verplattet. Es folgten zwei Monate Rehabilitation. Im Juni 1999 wurde aufgrund fehlender knöcherner Konsolidierung die Indikation zur Re-Operation gestellt. Die Pseudarthrose wurde angefrischt, eine Spongiosaplastik durchgeführt und Mini-Herbertschraube nach Denervierung eingebracht. Bei weiterhin ausbleibender Heilung wurde im Januar 2000 zwei Drittel des proximalen Scaphoids samt Schraube entfernt und eine Teilarthrodese zwischen Kapitatum und Lunatum durchgeführt. Das Endergebnis des Scores konnte nicht errechnet werden, denn sowohl das Bewegungsausmaß als auch die Griffstärke waren aufgrund der nur eingeschränkt beweglichen Gegenseite nach der distalen Radiusfraktur nicht auswertbar. Er gab leichte Schmerzen an (20 Punkte) und mäßig eingeschränkte „ADL“s (15 Punkte).

B. G.:

Es handelt sich um einen albanischen Arbeiter, der sich vermutlich bei einem Sturz die Verletzung des Scaphoids zugezogen hatte. Da der Patient kein Deutsch sprach und kein Zugriff auf die Patientenakte bestand, war eine genaue Rekonstruktion der Krankengeschichte nicht möglich. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bestand Z.n. PRC unbekannten Datums, daher wurde der Patient aus der Studie ausgeschlossen. Der dennoch errechnete Score betrug 82 Punkte und stellt somit ein ausgesprochen gutes Ergebnis dar (im Vergleich zu anderen Patienten nach PRC [19]).

K. B.:

Diese Patientin erlitt im Juli 1996 beim Sport einen Tritt mit Spikes auf die rechte Hand. Sie war zum Zeitpunkt des Traumas Schülerin. Es bestand Z. n. zweifacher Ganglion-Operation an der ipsilateralen Hand. Im Januar 1997 wurde eine Pseudarthrose im mittleren Drittel des Scaphoids mit dislozierten und avitalem proximalem Pol diagnostiziert. Es wurde daraufhin eine Osteosynthese mittels Herbert-Schraube nach Spongiosaplastik und Anfrischen der Pseudarthrose durchgeführt. Bereits in der postoperativen Röntgenkontrolle imponierte die Lage der Schraube teilweise extrascaphoidal, dies bestätigte sich im weiteren Verlauf. Zusätzlich demarkierte sich eine osteolytische Destruktion des proximalen Pols, weshalb im Oktober 1997 die nekrotischen ossären Anteile entfernt und eine Arthrodese zwischen Kapitatum und Lunatum durchgeführt wurde. Trotz klinischer Besserung zeigte sich in der radiologischen Kontrolle im Februar 1998 eine zunehmende Arthrose im STT- und RC-Gelenk, weshalb im März 1999 die Indikation zur Teilversteifung des Handgelenks gestellt wurde. Die Patientin ist nun schmerzfrei bei einem erreichten Score-Wert von 71 Punkten.

M. D.:

Bei der Ausübung seines Berufs als Dachspengler stürzte der Patient im September 1991 aus ca. 3m Höhe auf seine linke dominante Hand. Erst nach ca. sechs Monaten wurde mittels MRT die Diagnose einer im mittleren Drittel lokalisierten Pseudarthrose gestellt. Bei der operativen Versorgung mittels Herbertschraube und Beckenkammspan kam es zu einer leichten Blutung aus der A. radialis. Im postoperativen Verlauf konnte trotz mehreren Revisionseingriffen keine knöcherne Konsolidierung erreicht werden, sodass 1998 die Indikation zur „Proximal Row Carpectomy“ gestellt wurde. Der Patient musste den Beruf wechseln und ist aktuell zu 20% erwerbsgemindert. Er leidet weiterhin unter starken Schmerzen in Ruhe und bei Belastung. Sein Score-Wert betrug 31 Punkte.

4.7.3 „Der besondere Fall“

U. O.

Der ehemalige Betriebsschlosser stürzte 1986 auf die linke Hand und zog sich eine proximal gelegene Scaphoid-Fraktur zu, die erst im Stadium der Pseudarthrose diagnostiziert werden konnte. Nach einer operativen Versorgung mit Spongiosaplastik und Herbertschraube heilte die Verletzung komplikationslos aus.

Im Januar 1990 zog er sich im Rahmen eines Motorradsturzes eine erneute Fraktur des linken Scaphoids zu, die wiederum erst 1996 im Stadium der Pseudarthrose diagnostiziert wurde. Diese Re-Pseudarthrose an identischer Stelle wurde im Oktober 1996 nach Entfernen des alten Osteosynthesematerials mit erneuter Spongiosaplastik und einer Mini-Herbert-Schraube versorgt. Trotz eines unkomplizierten operativen Verlaufs und einer Immobilisationszeit von 20 Wochen blieb die knöcherne Konsolidierung aus.

Zum Termin der Nachuntersuchung war der Patient weiterhin erheblich in allen Qualitäten der Nachuntersuchung eingeschränkt: neben starken Schmerzen (10 Punkte) und deutlich eingeschränkter Beweglichkeit (12 Punkte) bzw. Griffstärke (6 Punkte) gab er erhebliche Beeinträchtigungen im Alltag mit Hilfebedürftigkeit an (ADL: 9 Punkte). Der resultierende schlechte Score-Wert von 37 Punkten korreliert mit dem Röntgenbefund, der eine erneute Pseudarthrose mit Schraubenlockerung und PISI-Stellung zeigte. Außerdem bestand ein SNAC-Stadium III bei mäßiger RC- und STT-Arthrose. Dem Patienten wurde eine erneute Operation im Sinne eines Rückzugverfahrens (PRC oder Teilarthrodese zwischen Kapitatum und Lunatum) dringend angeraten.

In einer Arbeit von *Inoue und Kuwahata* [31] von 1997 wurden acht Patienten mit vorausgegangenen Scaphoidfrakturen bzw. –Pseudarthrosen zum zweiten Mal mittels Herbertschraube und Spongiosaplastik versorgt. Nach durchschnittlich 19 Monaten war bei sechs Patienten eine knöcherne Konsolidierung eingetreten, bei zwei Patienten persistierte die Pseudarthrose. Beide zeigten ähnlich ausgeprägte Symptome wie unser Patient und konnten ihren Beruf nicht weiter ausführen. Bei einem Patient trat nach einer dritten Operation Heilung ein. Der Autor resümiert, dass bei fehlenden Kontraindikationen die erneute Herbertschrauben-Fixierung Mittel der Wahl bei persistierenden Pseudarthrosen ist.

5. Diskussion

Ziel der Arbeit war es, durch die strukturierte Nachuntersuchung eines definierten Patientenguts die klinischen und radiologischen Ergebnisse unserer Therapie zu erfassen und unser Konzept mit der Literatur zu vergleichen. Bei der Analyse der einzelnen Aspekte hoben sich folgende Punkte hervor, die Anlass zur Diskussion geben:

5.1 Allgemeine Probleme

Die Arbeit wurde aufgrund der Fragestellung als rein retrospektive Studie angelegt. Daraus ergaben sich folgende Schwierigkeiten:

5.1.1. Patientenrekrutierung

Die Rekrutierung des zu untersuchenden Patientenguts gestaltete sich schwierig: von 71 angeschriebenen Patienten konnten nur 31 im Rahmen der Studie nachuntersucht werden. Trotz einer kurzen Follow-Up-Zeit von durchschnittlich nur 40,8 Monaten waren mehr als 50% der Patienten nicht erreichbar, die meisten davon unbekannt verzogen. Der Rücklauf von 44% und die Gründe dafür waren jedoch vergleichbar mit denen anderer Studien [28, 32]. Weitere zehn Patienten mussten zusätzlich aus anderen Gründen ausgeschlossen werden (siehe Kapitel 3 bzw. 4).

5.1.2 Informationsgewinn

Für die ersten beiden Teile der Nachuntersuchung (siehe Kapitel 2 bzw. Anhang) benötigten wir in erster Linie Informationen aus den Krankenakten. Diese waren aufgrund der vielen unterschiedlichen Erstuntersuchern erwartungsgemäß nicht immer vollständig. Insbesondere auswärts angefertigte präoperative Bilder bzw. deren schriftlichen Befunde standen uns bei einer Vielzahl der zugewiesenen Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nicht mehr zur Verfügung.

Aus diesem Grund konnte z. B. der radiologische Befundverlauf nicht immer beschrieben werden bzw. musste bei den Patienten die unverletzte Gegenhand zum Vergleich für Bewegungsausmaß und Griffstärke anstelle der ipsilateralen präoperativen Messwerte herangezogen werden – wie es auch die meisten Autoren anderer Studien bisher getan hatten [17, 32, 37, 39, 52, 85].

Fazit:

Mit einer prospektiven Studie wären die o. g. Probleme u. U. vermeidbar und das Studienkollektiv besser plan- und somit vergleichbar gewesen. Dies war aber u. a. aufgrund der Follow-Up-Zeit von mindestens 18 Monaten und der relativ geringen Fallzahlen in der Handchirurgischen Abteilung der LMU in München innerhalb eines akzeptablen Zeitraums nicht durchführbar.

5.2 Studienprofil und Vergleichsstudien

5.2.1 Der Patient

„Der typische Patient, der sich eine Scaphoid-Verletzung zuzieht, ist männlich, ca. 26 Jahre alt und hat keine Vorerkrankungen. Er ist körperlich aktiv und verletzt sich meist im Rahmen von Sport- (47%) oder Verkehrsunfällen (24%). In etwas über der Hälfte der Fälle verletzt er sich an der dominanten Hand (57%). Er klagt über Schmerzen im Bereich der Tabatiére und Bewegungseinschränkungen in Richtung Dorsalextension und Radialabduktion im Handgelenk. Ursache für die Entwicklung einer Scaphoid-Pseudarthrose ist meist eine verspätete Diagnose der knöchernen Verletzung (76%) oder das Scheitern einer konservativen bzw. operativen Therapie (19% bzw. 5%).“

Dies ist die Charakteristik des Durchschnittspatienten unseren Patientenguts. Sie deckt sich in den entscheidenden Punkten mit dem Patientenprofil folgender anderer Studien, die sich mit demselben Thema beschäftigten:

- *Küntscher et al.* 2001 [43], *Kremling et al.* 2001 [37], *Krimmer et al.* 1999 [39], *Wilhelm und Wilhelm* 1999 [85] und *Herbert und Filan* 1999 [28] untersuchten proximal gelegene Scaphoid-Pseudarthrosen;
- *Daly et al.* 1996 [15] bzw. *Preisser und Rudolf* 198 [63] untersuchten im mittleren Drittel gelegene Pseudarthrosen;
- *Inoue et al.* 1997 [32] untersuchten Pseudarthrosen des gesamten Scaphoids.

Diese Studien bildeten daher die Grundlage unseres Ergebnisvergleichs mit der Literatur.

Die Tatsache, dass deutlich mehr Männer von der Verletzung betroffen sind als Frauen [14, 31, 43, 55, 57, 70, 75, 81], gibt Anlass zur Spekulation. Eine mögliche Ursache ist die Sportartenwahl: 38% unserer Patienten (alles Männer) zogen sich die Verletzung im Rahmen sportlicher Betätigung zu, drei Viertel davon beim Fußballspielen (insbes. als Torwart), aber auch andere prädisponierende Sportarten wie Kickboarding, Mountainbiking und Inlineskating werden in der Hauptsache von Männern betrieben [74]. Eine weitere Ursache könnte ein aggressiveres Verhalten im Straßenverkehr sein, da sich weitere 23% der Patienten bei Auto- bzw. Motorradunfällen verletzten. Die o. g. Autoren machten bzgl. der Verletzungsursache keine Aussagen.

Auch die Angaben über das relativ junge Durchschnittsalter der Patienten von ca. 25 Jahren (bei uns: 26 Jahre) glichen sich in allen Studien [5, 15, 28, 31, 32, 37, 39, 43, 51, 55, 63, 81, 85]. Es ist die typische Altersgruppe für große körperliche Aktivität (in Beruf und Freizeit) und Mobilität (Auto, Motor- und Fahrrad).

Die o. g. Autoren berichten alle von einer deutlich längeren Symptomdauer im Vergleich zu uns. Die in den Studien genannten durchschnittlichen Zeitspannen von ca. 35 Monaten (unsere betrug lediglich 25 Monate) lag in der Mehrzahl der Fälle an der verzögerten Diagnostik. Es wird von Zeitspannen zwischen dem auslösenden Trauma (Fraktur des Scaphoids) und der definitiven Diagnostik von bis zu 30 Jahren berichtet [32].

Ebenso wie in unserem Patientenkollektiv mit 57% war auch in anderen Studien mit durchschnittlich 61% häufiger die dominante Hand verletzt [15, 31, 32, 37, 43, 51, 55]. In der Literatur waren über die Ursache dafür keine Angaben zu finden. Möglicherweise liegt dem eine reflektorische Abwehr (bei einem Sturz bzw. Aufprall sowie zur Schlagabwehr) mit der stärkeren Hand zugrunde.

5.2.2 Die Operationsmethode

Die innere Stabilisierung als Form der Osteosynthese stellt mittlerweile ein etabliertes Verfahren dar [37, 39, 43]. Die von uns bevorzugte Methode ist eine Kombination aus der von *Herbert und Fisher* (1984) [29] vorgestellten Technik zur Implantation der Herbertschraube und der von *Fernandez* (1984) [20] beschriebenen Spaninterposition. Sie gleicht den Verfahren der Vergleichsautoren:

Je nach Lokalisation der Pseudarthrose wird zwischen einem dorsalen [28, 32, 39, 43, 85] Zugang für proximale bzw. einem volaren [15, 63] für mittig bzw. distal gelegene Scaphoiddefekte unterschieden. Bei proximal gelegenen Verletzungen kann bei einer volaren Inzision das Scaphoid nur schlecht eingesehen und fixiert werden, ferner ist durch diese Schnittführung eine weitere Reduzierung der Durchblutung des proximalen Pols zu befürchten [22, 37, 39]. Daher ist in diesem Fall eine dorsale Inzision indiziert [17], die erstmals 1987 durch *Lohmann und Buck-Gramcko* beschrieben wurde. Zusätzlich wird beim dorsalen Zugang eine Resektion des N. interosseus posterior („dorsale Denervierung“) zur Schmerzreduktion durchgeführt [39, 43].

Anschließend werden unabhängig von der Lokalisation des Defekts zunächst die fibrotischen Anteile der Pseudarthrose reseziert und die Fragmente angefrischt [15, 43]. Dann wird nach Reposition der Fragmente der Spongiosablock eingebracht, der entweder vom Radius oder vom Beckenkamm (wie bei uns) entnommen werden kann [15, 28, 32, 37, 39, 43, 85]. *Herbert et al.* [28] führten nur beim Typ D1 der Pseudarthrosen eine Spongiosaplastik durch, bei D2 und D3 wurde nur eine sparsame Anfrischung vorgenommen. Wir sind der Meinung, dass die Spongiosa zusätzlich zur Schraube Stabilität im Sinne einer Impaktierung gibt [15, 63] und führten sie daher in allen Fällen durch.

Manche Operateure bevorzugen eine temporäre Fixierung mit Kirschner-Drähten [28, 32, 43], andere gehen gemäß der ursprünglichen von *Herbert und Fisher* [29] 1984 beschriebenen Technik ohne Fixierung vor. Nach Bildwandlerkontrolle [39] werden die Bohrungen im Scaphoid für die Schraube entweder Freihand oder mittels „Jig“ durchgeführt [18, 63].

Dann wird die Herbertschraube soweit eingedreht, bis das Gewinde des Kopfes unter dem Gelenkknorpel in der Kortikalis liegt. Dies wird als ein erheblicher Vorteil angesehen, weil sie dadurch durch die Gelenkflächen eingebracht werden kann [37, 39, 43]. Neben der ursprünglichen Herbertschraube (Außendurchmesser 3,9 mm) wurde die Mini-Schraube (3,2 mm) konzipiert, die aufgrund ihrer reduzierten Größe und kleinem Schraubenkopf auch in kleine, proximal gelegene Fragmente eingedreht werden kann [17, 18, 21, 37, 39, 43, 76].

Bei zufrieden stellendem Ergebnis in der abschließenden radiologischen Kontrolle wird der Situs verschlossen.

5.2.3 Die Kontraindikationen für das gewählte Verfahren

Trotz der anspruchsvollen Technik stellt diese Methode ein elegantes Verfahren dar, das für eine Reihe von Indikationen in Frage kommt. Ferner überzeugt sie durch ein gutes funktionelles Outcome bei hoher Konsolidierungsrate [63]. Es gibt jedoch Kontraindikationen für die Osteosynthese mit der Herbertschraube, die sich aufgrund spezifischer Veränderungen des Scaphoids ergeben. Dazu zählt neben einer schweren karpalen Arthrose (SNAC III) [15, 37, 59, 85] in erster Linie alle Pseudarthrosen Typ D4 (Einteilung gemäß der erweiterten Klassifikation von *Herbert und Filan*, siehe Kapitel 2) mit Fragmentation bzw. Deformität des proximalem Pols aufgrund mangelhafter Knochenqualität bei avaskuläre Nekrose bzw. fehlenden Zeichen der Durchblutung des proximalen Fragments [15, 28, 37, 39, 59, 63, 85]. In diesem Fall ist die Rekonstruktion mit einem vaskularisierten Span indiziert [43, 86]. Auch ein sehr kleines proximales Fragment gilt als Kontraindikation, da hier die Gefahr besteht, durch das Einbringen der Schraube das Fragment zu bersten [37, 39, 59, 77]. Für alle diese Fälle wird das postoperative Outcome nach Versorgung mit der Herbertschraube als unbefriedigend beschrieben. Dazu Beispiele:

Trotz der genannten Kontraindikationen operierten wir einen Patienten (Nr. 4) mit einer ausgeprägter STT- und RC-Arthrose nach o. g. Methode. Die knöcherne Konsolidierung blieb aus, es resultierte eine persistierende, aber straffe Pseudarthrose bei sehr gutem funktionellem Score-Wert. *Krimmer et al.* [39] operierten zwei Patienten, die präoperativ eine Pseudarthrose Typ D4 aufwiesen. Bei beiden war mit dem o. g. Verfahren keine knöcherne Konsolidierung zu erreichen und sie mussten im Rahmen eines weiteren Eingriffs mediokarpal versteift werden. Dieselben Operateure [39] versorgten sechs Patienten mit der Herbertschraube trotz dem Hinweis auf eine mangelhafte Knochenqualität des proximalen Pols. Vier Pseudarthrosen heilten aus, bei zwei Patienten (33%) persistierte der knöcherne Defekt. Hier wäre eine Matti-Russe-Plastik indiziert gewesen [43]. Ob deren Heilungsrate höher ausgefallen wäre, ist jedoch spekulativ.

Es wird deutlich, dass auch hier gilt: die Indikationsstellung ist entscheidend für den Erfolg [85].

5.2.4 Der Score

Ein direkter Vergleich der Punktwerte unserer Resultate mit denen anderer Autoren war nicht möglich, da sich die verwendeten Scores und damit die Grundlage zur Bewertung der Ergebnisse voneinander unterschieden. Wir wählten den von *Culp et al.* 1993 entwickelten „Wrist Score“ aufgrund seines Aufbaus (siehe auch Anhang):

1. überschaubar, leicht verständlich und gut reproduzierbar;
2. 50% objektive Parameter (Bewegung und Griff), 50% subjektive Parameter (Schmerz und „Activities of Daily Living“);
3. Unabhängigkeit vom radiologischen Befund.

Insbesondere der dritte Unterpunkt überzeugt vor dem Hintergrund, dass häufig Patienten trotz ausgebliebener knöcherner Konsolidierung (persistierender Pseudarthrose) durch die innere Stabilisierung mittels Schraube und Span ein gutes bis sehr gutes funktionelles Ergebnis erzielen [15, 28, 32, 39, 43]. So war ein Vergleich der erzielten Handgelenksfunktion (Score-Wert) mit dem Röntgenbefund (knöcherne Konsolidierung) möglich.

Die von anderen Autoren verwendeten Scores waren der „DASH-Score“ („Disability of Arm – Shoulder – Hand“) bzw. die „Visuelle Analogskala“ („VAS“) [37, 39, 43], ferner der Score nach *Cooney et al.* [32], das Bewertungsschema nach *Meine, Buck-Gamcko und Nigst* [63] und das 1997 für das 38. Symposium der DAG Handchirurgie konzipierte Schema für Karpusinstabilität von *Martini* [85]:
Der DASH-Score als sog. „self-report“-Fragebogen wird vom Patienten selbst ausgefüllt und beschreibt rein subjektiv die Globalfunktion der oberen Extremität (minimal 0, maximal 100 Punkte) [26]. In der Regel wird er mit der „Visuellen Analogskala“ zur Erfassung der Schmerzsituation kombiniert und beinhaltet so keine objektiven Funktionsparameter. Das Bewertungsschema von *Cooney et al.* von 1987 dagegen integriert neben den Parametern Schmerz, Funktionsstatus („arbeitsfähig“ bis „völlig arbeitsunfähig“), Bewegung und Griffstärke auch den radiologischen Befund in das Gesamtergebnis [36], ebenso *Martini* 1997 [85]. *Meine et al.* hatten 1974 einen ähnlichen Score, jedoch ohne Bewertung der Kraft entwickelt [36].

Anhand dieser Beschreibung wird klar aufgezeigt, dass der Aufbau der vorgestellten Scores sehr verschieden ist. Dementsprechend ergeben sich andere Bewertungsschwerpunkte, die sich z. T. erheblich voneinander unterscheiden. Konsequenterweise können aufgrund dieser Unterschiede die Endergebnisse der einzelnen Scores nicht unbedenklich miteinander verglichen werden. Die Mehrzahl der Autoren veröffentlichte ihrer Ergebnisse zusätzlich in Form von Messwerten (z.B. in Winkelgraden, Kilogramm oder als Prozentwerte). Somit war zumindest ein Vergleich der einzelnen Parameter möglich.

Ein einheitliches Score-System für das funktionelle Outcome der operativ versorgten Scaphoid-Pseudarthrosen bleibt jedoch empfehlenswert.

5.3 Ergebnisse

Hauptziel dieser Nachuntersuchung war die Beurteilung des funktionellen Outcomes nach der operativen Versorgung der Patienten mit Scaphoid-Pseudarthrosen. Gemäß des zugrunde liegenden Scores unterschieden wir das daraus resultierende funktionelle Ergebnis vom radiologischen Resultat. Beide werden nun zunächst unabhängig voneinander beschrieben und diskutiert, bevor sie miteinander verglichen werden.

5.3.1 Funktionelles Ergebnis

5.3.1.1 Ergebnisse der einzelnen Score-Parameter

5.3.1.1.1 Schmerz

Für den Prädiktor „Schmerz“ konnten wir insgesamt ein sehr gutes Score-Ergebnis erzielen: 91% unserer Patienten gaben im Rahmen der Nachuntersuchung keine (57%) bzw. lediglich leichte (34%) Restbeschwerden an. Nur zwei der 21 Patienten verspürten noch mittlere bis starke Schmerzen: ihr Score-Ergebnis lag mit 80 bzw. 73,7 Punkten unter dem Gesamtdurchschnitt. *Wilhelm und Wilhelm* [85] berichteten über ähnliche Ergebnisse, ebenso *Krimmer* [39], *Preisser* [63] und *Kremling et al.* [37], diese allerdings mit prozentual weniger schmerzfreien Patienten (zwischen 30% und 42%).

Die Lokalisation der postoperativen Beschwerden in der Tabatiére und eine Schmerzverstärkung bei Bewegungen in Richtung Dorsalextension und Radialabduktion bzw. bei stärkerer Beanspruchung der Hand wurden auch von anderen Autoren beschrieben [37, 39, 85]. Die operative Therapie erbrachte sowohl bei unseren Patienten als auch bei ihren die erwünschte Schmerzreduktion im Vergleich zur präoperativen Situation.

Dies erklären wir uns in erster Linie durch die interne Stabilisierung des Scaphoids und die damit erreichte Unterbindung der Fragmentbewegungen zueinander. Eine knöcherne Konsolidierung scheint dafür nicht zwingend erforderlich zu sein (siehe dazu weiter unten).

Unsere Patienten gaben weniger Schmerzen an, je länger die Zeitspanne des Follow-Up war. Dagegen waren die Beschwerden leicht verstärkt bei den Patienten, deren präoperative Symptomdauer mehr als vier Jahre betrug. Dies lässt sich u. U. durch fortgeschrittene degenerative Veränderungen im Karpus erklären, die natürlich auch postoperativ weiter bestanden. Eine Aussage dazu konnte in der Literatur nicht gefunden werden.

5.3.1.1.2 Bewegung

Die Ergebnisse der Messung der „Bewegungsfreiheit“ unserer Patienten zeigten, dass keiner postoperativ das volle Bewegungsausmaß der eigenen Gegenhand erlangte, alle jedoch mehr als 50% davon. *Wilhelm und Wilhelm* [85] beschrieben Bewegungsbögen von 140° und mehr als normal, 65% ihrer Patienten erreichten dieses Ergebnis. In unserem Patientengut waren es nur 15%. Dies deckte sich mit dem Ergebnis von *Preisser et al.* [63] und erwies sich für die Funktion des Handgelenks im Alltag als völlig ausreichend. Der Schwerpunkt des Bewegungsdefizit lag sowohl bei uns als auch in der Literatur in der Dorsalextension und Radialabduktion [37, 39]. Diese Einschränkungen scheinen typisch für die Verletzung, waren bereits präoperativ beschrieben und trotz intraoperativer Korrektur der scaphoidalen Fehlstellung persistent.

Die Länge des Follow-Up und eine DISI-Fehlstellung zeigten weder bei unseren noch bei Patienten anderer Autoren einen Einfluss auf das Bewegungsausmaß, ebenso wenig wie die Lokalisation des knöchernen Defekts [63]. Eine persistierende Pseudarthrose mit der damit verbundenen Instabilität des Scaphoids sowie die Immobilisationsdauer im Unterarmgips verändern das Ergebnis [32, 43]:

Bei *Inoue et al*. erreichten Patienten mit einer Ruhigstellungszeit von maximal 6 Wochen 93% Bewegungsausmaß der Gegenseite, bei mehr als 6 Wochen Gips wurden nur noch 82% erreicht. Bei uns waren es 77% gegenüber 62%.

Es darf dabei jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass eine verzögerte Knochenheilung einer prolongierten Ruhigstellung bedarf, sie gleichzeitig aber einer persistierenden Instabilität entspricht, die die Beweglichkeit per se schmerzbedingt beeinträchtigen kann (s. o.).

5.3.1.1.3 Griff

Die Untersuchung der „Griffstärke“ unserer Patienten erbrachte ein gutes Resultat: ca. ein Drittel der Patienten erreichten die volle Kraft (100%) der Gegenseite, mehr als 80% der Patienten wiesen damit keine (30%) oder nur eine geringe (52%) Kraftminderung auf. Ähnlich gute Ergebnisse wurden auch von anderen Autoren veröffentlicht [37, 39, 85], eine Korrelation mit radiologischen oder demographischen Daten konnte weder bei ihnen noch bei uns aufgezeigt werden.

5.3.1.1.4 „Activities of Daily Living“ (“ADL”)

Die „ADL“s waren von 95% unserer Patienten uneingeschränkt ausführbar, lediglich ein Patient war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung leicht gehandicapt. Dieses sehr gute Ergebnis der Funktionsfähigkeit der Hand wurde trotz teilweise persistierender Bewegungseinschränkungen bzw. verminderter Griffstärke erreicht. Dies legt die Vermutung nahe, dass die Funktion des Handgelenks im Alltag nur bei erheblicher Funktionseinbuße der Beweglichkeit und Griffstärke beeinträchtigt ist. Vielmehr scheint eine starke Korrelation zwischen den „ADL“s und Schmerz zu bestehen: *Kremling et al.* [37] gaben an, dass 60% ihrer Patienten leichte und ca. 10% erhebliche Beeinträchtigungen postoperativ aufwiesen. Insbesondere die letztgenannten wiesen radiologisch Pseud- bzw. ausgeprägte RC-Arthrosen und damit verbundene starke Schmerzen im Handgelenk auf. Auch die gute Alltagsfunktion der Hände unserer Patienten war jeweils an annähernde Schmerzfreiheit gekoppelt.

Fazit:

Im Gesamt-Wrist-Score konnten 90% unserer Patienten ein „gutes“ bzw. „sehr gutes“ Ergebnis bezüglich der Handfunktion erreichen. Nur zwei Patienten hatten ein „befriedigendes“ Outcome. Bei keinem Patienten wurde ein „schlechtes“ Outcome festgestellt. Bei nur eingeschränkter Vergleichbarkeit unseres Score-Ergebnisses mit denen anderer Studien (mit anderen Scores bzw. unterschiedlichen Patientenzahlen etc., siehe weiter oben) kann vorsichtig behauptet werden, dass unser Gesamtergebnis dem der anderen Autoren gleicht oder leicht darüber liegt [15, 32, 85].

Gemeinsam mit dem Schmerz sind die „ADL“s Ausdruck der subjektiven Zufriedenheit der Patienten. Die subjektive Zufriedenheit unserer Patienten ist aufgrund der hervorragenden Ergebnisse der beiden Parameter als „sehr hoch“ einzustufen. Somit ist ein wichtiges Ziel unserer Patientenversorgung erreicht worden.

5.3.1.2 Untersuchung beeinflussender Parameter auf das Funktionsergebnis

Um eine Verbesserung des funktionellen Outcomes von Scaphoid-Pseudarthrosen zu ermöglichen, müssen idealerweise alle das Ergebnis beeinflussenden Faktoren bekannt sein. Anhand dieser Informationen sollte die Diagnostik und Therapie zugunsten des Patienten modifiziert werden. Es gibt eine große Anzahl an Veröffentlichungen, die diese Faktoren untersucht und diskutiert haben [15, 18, 28, 37, 39, 43, 63]. Nicht immer besteht Konsens zwischen den verschiedenen Autoren.

In unserer Studie sind auch wir dem Einfluss der zur Diskussion stehenden Parameter nachgegangen. Sie werden im Folgenden in ihrer Auswirkung auf das funktionelle Outcome unserer Patienten beschrieben. Anschließend wird unser Ergebnis mit denen anderer Autoren verglichen und diskutiert:

5.3.1.2.1 Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Operation

In unserer Nachuntersuchung konnte keine Korrelation zwischen dem Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation und dem Score-Ergebnis gefunden werden konnte. Dies wird in der Literatur bestätigt [32, 50].

5.3.1.2.2 Lokalisation der Pseudarthrose

Auch bezüglich der Lokalisation des Scaphoiddefekts und dem Ergebnis bzgl. der Handgelenksfunktion konnte keine Korrelation gefunden werden.

5.3.1.2.3 Symptomdauer

Wir konnten keine Beziehung zwischen der präoperativen Symptomdauer und dem Funktionsergebnis bzw. dem Gesamtscore-Wert aufzeigen. In der Literatur werden diesbezüglich andere Angaben gemacht [15, 39], *Inoue et al.* [32] zum Beispiel präsentierten in ihren Arbeiten signifikante Unterschiede: Patienten mit einer Symptomdauer von kürzer als fünf Jahre erreichten im Durchschnitt 87 von 100 möglichen Score-Punkten (nach *Cooney*), Patienten mit einer Symptomdauer von mehr als fünf Jahren nur noch 81.

Diese unterschiedlichen Ergebnisse sind durch den natürlichen Verlauf der Pseudarthrose erklärbar: die prolongierte Fehlstellung mit Fehlfunktion des Scaphoids im karpalen Gefüge resultieren in einer fortschreitenden Arthose (SNAC) mit karpalem Kollaps, wodurch das funktionelle Outcome beeinträchtigt werden kann [32, 38, 40, 43, 47, 49, 63, 67] (siehe auch Kapitel 2). Die Ergebnisse von *Inoue et al.* [32] für Patienten mit vorbeschriebenen Arthrosezeichen bestätigen dies, sie erreichten im Vergleich mit Patienten ohne radiologische Veränderungen nur 79 gegenüber 88 von 100 Punkten, da der radiologische Befund mit in den verwendeten Gesamtscore (von *Cooney*) eingerechnet wurde.

Wir meinen ferner, dass auch die relativ geringe Symptomdauer von durchschnittlich nur 2,2 Jahren unserer Patienten der Grund dafür sein kann, weshalb wir in unserer Nachuntersuchung das o. g. Ergebnis nicht bestätigen können. Lediglich bei zwei Patienten bestand die Pseudarthrose länger als vier Jahre: Patient Nr. 5 wies eine Symptomdauer von 15 Jahren auf und erreichte ein sehr gutes Score-Ergebnis, obwohl sich postoperativ eine im Rahmen der Nachuntersuchung diagnostizierte starke STT-Arthose mit SNAC II entwickelte. Bei Patient Nr. 7 sind trotz einer Symptomdauer von 8 Jahren bis heute radiologisch keine Zeichen für arthrotischen Veränderungen am Karpus zu erkennen, er hat eine gute Handgelenksfunktion.

5.3.1.2.4 Vitalität der Fragmente

Die Vitalität bzw. die Vaskularität insbesondere des proximalen Fragments hat nach der gängigen Autorenmeinung einen erheblichen Einfluss auf das Funktionsergebnis: aufgrund der prekären Durchblutungssituation neigen besonders Frakturen im Bereich des proximalen Drittels zur Polnekrose und somit zu einer geringeren Spontanheilungsrate [28, 32, 37, 39, 43, 71, 85]. Dies ist gehäuft mit Beschwerden aufgrund der progredienten Karpalarthrose verbunden. In der Literatur werden daher unterschiedliche Operationsmethoden zur Therapie vorgeschlagen, abhängig von Größe und Vaskularität des proximalen Fragments [29, 69, 86].

Die Osteosynthese mittels Herbertschraube ermöglicht eine hohe Heilungsrate bei geringer Immobilisationsdauer. Sie ist jedoch nur bei vitalen proximalen Fragmenten indiziert [18, 37, 63, 74]. Goldstandard der Vitalitätsdiagnostik ist die MRT [59], manche Autoren ziehen jedoch die Betrachtung des Knochens intraoperativ vor: sie fordern Blutungspunkte am distalen Frakturfragment nach Beseitigung der Pseudarthrose und eine ausreichende Knochenqualität des proximalen Pols [39]. Ist dies nicht der Fall, gilt der vaskularisierte Span zur Rekonstruktion als Methode der Wahl [23, 28, 39, 43, 76, 85].

In unserem Patientengut war bei fünf Patienten präoperativ eine beginnende Nekrose des proximalen Pols diagnostiziert und trotzdem eine Versorgung mit der Herbertschraube vorgenommen worden. Die Ausheilungsrate betrug 80%. Nur bei einem Patienten (Nr. 4) bestand zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung eine straffe Pseudarthrose, er erreichte trotzdem ein sehr gutes Funktionsergebnis. Dies widerspricht auf der einen Seite den Aussagen einiger Autoren [39, 43, 85], korrespondiert andererseits mit der Meinung von *Herbert und Filan*, dass die Möglichkeit zur Revaskularisierung des Fragments immer gegeben ist, solange der knöcherne Defekt stabilisiert ist [28].

5.3.1.2.5 Vor-Operationen

Nur einer unserer Patienten war voroperiert (Nr. 20). Nach einem Sturz wurde eine Scaphoidfraktur diagnostiziert und mit diese mit einer Herbertschraube stabilisiert. Im Verlauf kam es zur Materiallockerung und zur Ausbildung einer Pseudarthrose. Er erreichte mit 84 von 100 Punkten ein gutes Ergebnis und lag damit nur leicht unter dem Gesamtdurchschnitt des untersuchten Kollektivs. Dieses Ergebnis ist aufgrund der geringen Fallzahl (n=1) nicht aussagekräftig. Generell wird der Einfluss einer Vor-Operation kontrovers in der Literatur diskutiert, begründet wird ein mögliches schlechteres Outcome mit einem resultierenden Substanzdefekt des Scaphoids [15, 31, 36, 79].

5.3.1.2.6 DISI-Fehlstellung

Ein sog. „angular displacement“ der Scaphoidfraktur und die Instabilität im Karpus begünstigen die Entstehung einer Pseudarthrose [3, 20, 32]. Eine Reihe von Autoren sind darüber hinaus der Meinung, dass eine persistente „Flexionsdeformität“ des Scaphoids („DISI“) insbesondere das funktionelle Outcome der Patienten verschlechtere [3, 15, 63]. *Inoue et al*. [32] gingen in ihrer Arbeit speziell auf dieses Problem ein und veröffentlichten: viele ihrer Patienten wiesen präoperativ eine DISI-Deformität auf, bei 15% der Patienten konnte sie intraoperativ nicht behoben werden. Diese Patienten unterschieden sich bezüglich der Handgelenksfunktion nicht von den korrigierten.

Auch wir konnten diesbezüglich keinen direkten Bezug aufzeigen: sieben unserer Patienten hatten eine vorbeschriebene DISI-Deformität, bei zwei war sie auch postoperativ noch nachweisbar. Einer hatte ein gutes Funktionsergebnis trotz Herbertschraube, die in den Gelenkspalt ragt, der andere nur ein befriedigendes, wobei zusätzlich eine Humpback-Deformität bestand. Bei insgesamt sechs Patienten wurde postoperativ – unabhängig von einer möglichen präoperativen Fehlstellung - eine PISI-Stellung im Sinne einer Überkorrektur festgestellt. Auch hier konnte kein Hinweis für eine Auswirkung auf die Funktion gefunden werden.

Nicht außer Acht gelassen werden darf jedoch, dass eine persistierende Fehlstellung eine karpale Arthrose in ihrer Entstehung und Progredienz begünstigt [40, 47, 67]. Wir sind der Meinung, dass die Zeitspanne des Follow-Up in unserem Patientengut mit durchschnittlich 3,4 Jahren zu kurz war, um derartige Veränderungen diagnostizieren zu können. Eine Langzeituntersuchung kann diesbezüglich Klarheit schaffen.

5.3.1.2.7 Immobilisationsdauer

Die Immobilisation im Unterarmgips und deren Dauer wird kontrovers diskutiert: *Herbert und Filan* verzichteten in ihrer Studie von 1999 komplett auf eine Ruhigstellung des Handgelenks im Unterarmgips nach Schraubenimplantation und erreichten damit eine Konsolidierungsrate von 51% [15, 28]. Andere Autoren vertreten den Standpunkt, dass eine Immobilisation durchgeführt werden sollte [32, 37, 43], eine klare Empfehlung über deren Dauer existiert in der Literatur jedoch nicht [32].

Wir immobilisierten alle Patienten für mindestens sechs Wochen und gegebenenfalls auch darüber hinaus, falls in der radiologischen Kontrolle eine verzögerte Heilung diagnostiziert wurde. Wir konnten keinen Unterschied im funktionellen Ergebnis der einzelnen Untergruppen („<6 Wochen“, „6 - 10 Wochen“ bzw. „>10 Wochen“) nachweisen. Im Patientengut von *Inoue et al* [32] dagegen konnten die Patienten, die kürzer als sechs Wochen im Gips ruhig gestellt wurden, mit durchschnittlich 89 von 100 Punkten ein signifikant besseres Ergebnis erreichen als die länger als sechs Wochen immobilisierten Patienten (nur 83 Punkte).

Es besteht heute Konsensus darüber, dass die Ausheilungsrate nach Immobilisation höher ist [39] und dass eine verlängerte Immobilisationszeit im Falle einer verzögerten Heilung von Nutzen ist [63]. Sie sollte dennoch so kurz wie möglich gehalten werden, um ein gutes funktionelles Outcome zu erreichen und eine Frühmobilisation zu ermöglichen [15, 32]. Es darf bei dieser Diskussion nicht vergessen werden, dass eine längere Immobilisation zumeist aufgrund einer radiologisch diagnostizierten, verzögerten Heilung indiziert ist, die einen Grund hat – das bedeutet: in den meisten Fällen ist eine prolongierte Ruhigstellung Ausdruck eines Problems und nicht dessen Ursache.

5.3.1.2.8 Stabilität des Scaphoids

Die Aussagen über den Einfluss der knöchernen Konsolidierung bzw. der Stabilität des Scaphoids auf das funktionelle Ergebnis sind uneinheitlich: während manche Autoren den negativen Einfluss der persistierenden Pseudarthrose auf die Handgelenksfunktion propagieren und auf eine definitive Ausheilung drängen [22, 28, 43], fordern andere lediglich die Stabilität des anatomisch korrekt rekonstruierten Scaphoids. Diese Stabilität wird der Autoren-Meinung nach ausreichend durch die interne Schraubenosteosynthese in Addition mit der Spanimpaktierung geschaffen, weshalb auch straffe Pseudarthrosen gute bis sehr gute Resultate erzielen können [3, 28, 32, 37, 39, 49-51, 63, 84].

Dieser Aussage schließen wir uns an und werden durch das Ergebnis unseres Patienten mit straffer Pseudarthrose bestätigt. Ein weiteres Beispiel dafür ist das Ergebnis von *Herbert und Filan* von 1999: sie erreichten eine knöcherne Konsolidierungsrate von nur 51%, 85% ihrer Patienten gaben jedoch Beschwerdefreiheit an [15, 28].

Unklar dagegen ist, ob und wie sich die persistierende straffe bzw. durch die Schraube stabilisierte Pseudarthrose auf die (Weiter-) Entwicklung einer karpalen Arthrose auswirkt. Dies werden entsprechende Langzeitstudien zeigen müssen.

5.3.1.2.9 Follow-Up

Im Rahmen der Diskussion um das Follow-Up wird insbesondere der Frage nachgegangen, welche Mindestzeitspanne zwischen der operativen Versorgung und der Nachuntersuchung sinnvoll ist. Manche Autoren fordern eine Mindestdauer von 6 Monaten postoperativ, bevor das endgültige Ergebnis beurteilbar ist [15], andere von mindestens einem Jahr [32, 81]. Wir führten unsere Nachuntersuchung frühestens 18 Monate nach der operativen Versorgung durch. Zu diesem Zeitpunkt waren alle Behandlungen abgeschlossen und die Möglichkeit gegeben, den „Alltag“ beurteilen zu können.

Wir konnten für unsere Patienten mit einem Follow-Up von länger als 4 Jahren (n=5) zeigen, dass sie bessere Funktionsergebnisse erreicht haben als Patienten mit einer kürzeren Nachuntersuchungsdauer. Bei keinem konnte eine fortschreitende Karpalarthrose diagnostiziert werden. Echte Langzeitergebnisse konnten jedoch nicht gewonnen werden, da die maximale Follow-Up-Zeit in unserem Patientenkollektiv nur fünf Jahre betrug (durchschnittlich 3,4 Jahre). Ein Beispiel für eine entsprechende Langzeitstudie ist die Veröffentlichung von *Preisser et al.* [63]. Sie präsentierten die funktionellen Ergebnisse ihrer Patienten aufgeteilt in zwei Untergruppen: Patienten mit einem Follow-Up von weniger als 5 Jahren bzw. Patienten mit einem Follow-Up länger als 5 Jahre. Die Unterschiede zwischen den Gruppen beschrieb er entgegen der allgemeinen Erwartung als gering.

5.3.1.3 Zusammenfassung

Bei den folgenden Faktoren konnte ein Einfluss auf das Funktionsergebnis nachgewiesen werden:

Neben einer prolongierten präoperativen Symptomdauer und den daraus über die Zeit resultierenden degenerativen Veränderungen ist die Vitalität der Fragmente mit adäquater Knochenqualität ein wichtiger Prädiktor bezüglich des funktionellen Outcomes. Außerdem ist die Stabilität der Osteosynthese (hier als Kombination von Herbertschraube mit Spanimpaktierung) von erheblicher Bedeutung. Der Einfluss möglicher Vor-Operationen wird kontrovers diskutiert und ist sicher abhängig von Befund und Verfahren.

Für folgende Faktoren konnte kein Einfluss auf das Funktionsergebnis aufgezeigt werden:

Für das Patientenalter zum Zeitpunkt der Operation sowie für die Lokalisation bzw. der Verlauf der Pseudarthrose im Scaphoid konnte im Bezug auf das funktionelle Outcome der Patienten keine Korrelation gezeigt werden. Die Dauer des Follow-Up scheint allenfalls eine untergeordnete Rolle zu spielen. Eine persistierende DISI-Stellung des Karpus bzw. eine ausgebliebene knöcherne Konsolidierung schränken die Funktion im Handgelenk nicht ein. Es ist jedoch unklar, ob sich aufgrund dieses Befundes im weiteren zeitlichen Verlauf eine fortschreitende karpale Arthrose entsteht, auf deren Boden sich Funktionseinbußen und Beschwerden entwickeln können.

5.3.2 Radiologisches Ergebnis

5.3.2.1 Allgemeines

Schwerpunkt unserer Nachuntersuchung war die Ermittlung der Handgelenksfunktion nach Herbertschrauben-Implantation. Entsprechend wurde der Nachuntersuchungs-Score (nach *Culp et al.*) ausgewählt, um das Funktionsergebnis mit dem radiologischen Befund vergleichen zu können. Spezielle radiologische Ergebnisses (z. B. der Karpusindex nach Youm oder der laterale intrascaphoidale bzw. Capitatolunatum-, Radiolunatum- und Scapholunatumwinkel [49, 50]) wurden nicht ermittelt.

Die Grundlagen unserer radiologischen Diagnostik stellten neben der allgemeinen Befundbeschreibung das Ausmessen der DISI-Fehlstellungen (ab einem radiolunären Winkel >10° bzw. einem scapholunären Winkel >50° entsprechend der Literatur [49, 50]) bzw. das Bestimmen der SNAC-Stadien [57] (vgl. Kapitel 2.7) dar. Als radiologische Zeichen für die Präsenz einer avaskulären Nekrose wurden der Verlust der Trabekelstruktur sowie eine starke Sklerose bzw. die Deformität des Fragments gewertet [32]. Die Arthroseentwicklung wurde entsprechend den anerkannten Stadien mit

- Stadium I: leichte Gelenksspaltverschmälerung, subchondrale Sklerose,
- Stadium II: annähernd aufgehobener Gelenkspalt, Osteophyten und
- Stadium III: Zystenbildung und freie Gelenkkörper

vorgenommen [49, 50]. Als radiologische Zeichen knöcherner Konsolidierung zählten der Verlust des Frakturspalts bzw. den Spalt überbrückende Trabekel [32, 43].

5.3.2.2 Ergebnisse

Präoperativ lag das Hauptaugenmerk der radiologischen Diagnostik auf der Defekt-Lokalisation und dem Stadium des karpalen Kollaps. Es wurden 8 proximale und 13 im mittleren Drittel gelegene Pseudarthrosen diagnostiziert. Bei 6 Patienten wurde ein SNAC-Stadium I und bei einem ein SNAC II festgestellt. 7 Mal bestand eine DISI-Fehlstellung, 4 Mal eine milde Sklerose. Bei fünf Patienten bestand der V. a. beginnende Polnekrosen im distalen Fragment. Dennoch wurden alle Patienten nach der in Kapitel 5.2.2 beschriebenen Methode operiert.

Postoperativ wurde in erster Linie der Grad der knöchernen Durchbauung, die Schraubenlage und die Stellung des Scaphoids im Karpus beurteilt. Bis auf einen Fall (Nr. 4) wurde in allen Fällen eine fortschreitende Konsolidierung dokumentiert. Dreimal bestand V. a. eine Schraubenlockerung und zweimal auf eine Schraubenfehllage im RC-Spalt (Nr. 10 und 21). Bei drei Patienten zeigte sich eine knöcherne Stufe im Scaphoid (Nr. 5, 6, 11), einmal imponierte der distale Pol abgeknickt (Nr. 2).

Die radiologische Kontrolle zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung diente der Beurteilung des Gesamtbefundes: tatsächlich hatte sich bei Patient Nr. 4 eine straffe Pseudarthrose ausgebildet, alle anderen zeigen eine gute knöcherne Konsolidierung. Die Anzahl der Schraubenlockerungen hatte sich auf elf erhöht, wobei zwei (Nr. 10 und 21) in der Zwischenzeit bereits entfernt worden waren: trotzdem waren alle bis auf Patient Nr. 4 geheilt. Nur bei einem Patienten befand sich die Schraube geringgradig im RC-Gelenkspalt (Nr. 13): er zeigte darunter lediglich eine leichte Funktionsbehinderung (19 Punkte) und geringe Beschwerden (20 Punkte) ohne Anhalt für einen knöcherner Defekt bzw. eine beginnende Arthrose. Bei einer Patientin (Nr. 2) war die Schraube proximal aus dem Scaphoid ausgebrochen, der distale Pol präsentierte sich weiterhin etwas abgeknickt: sie zeigte eine mittelgradig eingeschränkten Griffstärke bei einem durchschnittlich guten Funktionsergebnis. Stufen bestanden keine mehr.

Die Entwicklung einer karpalen Arthrose:

- Bei fünf Patienten bestand präoperativ ein SNAC-Stadium I (Nr. 6, 10, 11, 12, 21), bei einem weiteren SNAC II (Nr. 4). Bei allen war der Befund zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung unverändert und es konnte kein Anhalt für eine Progredienz der Karpalarthrose gefunden werden.
- Zwei Patienten wiesen dagegen eine Progredienz der arthrotischen Veränderungen im Karpus auf: bei Patient Nr. 5 bestand zunächst eine leichte Sklerose des Scaphoids, die sich bis zur Nachuntersuchung zu einer fortgeschrittenen Arthrose im SNAC II entwickelte. Patient Nr. 9 wies präoperativ keinerlei arthrotische Zeichen auf, bei der Nachuntersuchung wurde eine fortgeschrittene Arthrose (SNAC II) festgestellt. Abgesehen von einer Schraubenlockerung waren beide radiologischen Befunde sonst unauffällig. Die Score-Ergebnisse waren bei beiden sehr gut und korreliert nicht mit dem radiologischen Befund.

5.3.2.3 Vergleiche mit der Literatur

Als wesentliche Voraussetzungen für die Ausheilung einer Pseudarthrose werden die Stabilität der Osteosynthese und die Vitalität der Fragmente [43, 74] sowie die Resektion der fibrotischen Anteilen [15] angesehen. Damit konnten in der Literatur Ausheilungsraten von 51% [28] über 74% [37] bis hin zu mehr als 80% [15, 32, 39, 43, 63] erreicht werden. Unsere Konsolidierungsrate von 95% liegt somit im oberen Bereich.

Unser Ergebnis ist sehr erfreulich. Es kann damit jedoch keine signifikante Aussage über Prädiktoren gemacht werden, die die knöcherne Heilung beeinflussen. Wir haben deshalb an dieser Stelle die Kernaussagen der Literatur zusammengefasst.

5.3.2.4 Zusammenfassung

Bei den folgenden Faktoren konnte ein Einfluss auf das radiologische Ergebnis nachgewiesen werden:

Einigkeit besteht darüber, dass die Lokalisation der Pseudarthrose einen erheblichen Einfluss auf die Heilungsrate hat: proximal gelegene Scaphoid-Verletzungen neigen deutlich mehr zur Defektpersistenz als mittlere oder distale [15, 32, 39, 56, 63, 66]. Das gleiche gilt für vorbestehende Durchblutungs- bzw. Vitalitätsstörungen und Polnekrosen [15, 28, 32, 33, 39, 43, 85] bzw. ein sehr kleines proximales Fragment [63]. Auch eine Symptomdauer von länger als 5 Jahren führt zu einer verminderten Konsolidierungsrate [15, 32, 43, 56]. Karpale Veränderungen wie DISI-Fehlstellungen mit karpaler Instabilität [28, 32, 39] sowie Sklerose [15, 63] und Arthrose [43, 63] haben ebenfalls einen negativen Einfluss. Auch die fehlerhafte Indikationsstellung hebt die Pseudarthrosenrate [63]. Kontrovers wird der Einfluss des Erfahrungsgrads des Operateurs beschrieben: während *Inoue* [32] keinen Zusammenhang beschreibt, favorisieren *Preisser et al.* die operative Versorgung der Patienten durch nur einen Operateur, der durch das häufigere Ausführen die Technik besser beherrscht [63].

Dazu ein Zitat von *Fisk* vom 7. Mai 1968:
„In the presence of carpal instability the fractured scaphoid rarely unites“ [3].

Bei folgenden Faktoren konnte kein Einfluss auf das radiologische Ergebnis gefunden werden:

Das Patientenalter zum Zeitpunkt der Operation, eine mögliche Fehllage der Schraube in den Gelenkspalt und die Immobilisationsdauer scheinen keinen Einfluss auf die Konsolidierungsrate zu haben [32].

5.3.3 Vergleich des funktionellen und radiologischen Ergebnis

5.3.3.1 Einzelergebnisse

5.3.3.1.1 Schmerz

Nur zwei Patienten (Nr. 7 und 18) berichteten über mäßige bis starke Beschwerden. In der Bildgebung zeigte sich bei beiden lediglich eine Schraubenlockerung im knöchern konsolidierten Scaphoid. Im Gegensatz dazu war der Patient (Nr. 4) mit der einzigen, wenn auch straffen Pseudarthrose schmerzfrei. Über asymptomatische Pseudarthrosen wurde auch von anderen Autoren berichtet [15]. In diesen Fällen korrelierten die Befunde von Funktion und Bildgebung nicht miteinander. Dagegen gaben Patienten mit persistierenden instabilen Pseudarthrosen in der Regel deutliche Restbeschwerden an [37, 39, 43, 63, 85], so auch unsere vier Patienten, die von der Studie ausgeschlossen werden mussten (vgl. Kapitel 4.7.2). Hier stimmten die Befunde überein.

5.3.3.1.2 Beweglichkeit und Griffstärke

Eine Korrelation der Beweglichkeit bzw. der Griffstärke mit den radiologischen Ergebnissen konnte weder bei uns noch bei anderen Autoren aufgezeigt werden. Wir postulieren dennoch: auch wenn eine ausbleibende knöcherne Heilung das Funktionsergebnis zunächst scheinbar nicht beeinträchtigt, ist damit das Langzeit-Outcome nicht geklärt [39].

5.3.3.1.3 „Activities of Daily Living“

Basierend auf den Ergebnissen unserer Nachuntersuchung konnte kein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den „ADL“s und dem Röntgenbefund aufgezeigt werden. Vielmehr bedingten die Parameter „Schmerz“, „Beweglichkeit“ und „Griffstärke“ direkt die „ADL“s und somit muss der Bezug bei ihnen gesucht werden (siehe oben). Aus der Literatur sind uns keine Aussagen zu diesem Thema bekannt.

5.3.3.1.4 Schraubenlockerung

Patienten mit radiologisch gesicherten Lockerungszeichen der Osteosyntheseschraube weisen deshalb nicht zwangsläufig eine persistierende Pseudarthrose und ein schlechtes Funktionsergebnis auf [63]. Sechs von neun Patienten unseres Patientenguts mit Lockerungszeichen erreichten sehr gute Ergebnisse im Score, zwei ein gutes und einer ein befriedigendes. Die Mehrzahl entsprach mit diesem Funktionsergebnis nicht dem radiologischen Befund. Schraubenlockerungen treten jedoch auch bei persistierenden Pseudarthrosen auf [43]. In diesen Fällen korrelieren die Befunde in der Regel (vlg. Kapitel 4.7.2).

5.3.3.1.5 „SNAC-Wrist“

Die Stadien des „SNAC-Wrists“ korrelieren mit dem Grad der karpalen Arthrose [51, 84]. In der Vorstellung verursacht eine ausgeprägte Arthrose mehr Beschwerden als eine leichte und damit würden radiologischer und funktioneller Befund sich entsprechen. In der Praxis stellte sich dies anders dar: alle drei Patienten unserer Studie mit einem SNAC II erreichten einen sehr guten Scorewert (>90 Punkte).

5.3.3.1.6 persistierende Pseudarthrose

Je nach Art der Pseudarthrose korrelieren die funktionellen Befunde mit denen der Bildgebung (siehe Kapitel 5.3.3.1.1).

5.3.3.2 Zusammenfassung

In den meisten Fällen korrelierte der klinisch-funktionelle Befund unserer Patienten mit dem radiologischen. Dies gilt für die guten Ergebnisse, aber auch einzelne schlechte klinische Befunde korrelierten mit pathologischen radiologischen Befunden. In wenigen Ausnahmen passten funktionelles und radiologisches Ergebnis scheinbar nicht zusammen:

Beispielsweise bei Patienten Nr. 4 war trotz der operativen Versorgung keine knöcherne Konsolidierung eingetreten: radiologisch zeigte sich eine straffe Pseudarthrose bei gelockerter Schraube mit SNAC II mit STT-Arthrose. Funktionell erreichte er mit 93,2 Punkten ein sehr gutes Ergebnis und lag damit deutlich über dem Gesamtdurchschnitt. Außerdem bestand volle subjektive Zufriedenheit. Das Ergebnis korreliert jedoch nicht mit dem Röntgenbefund. Das Follow-Up bei diesem Patienten betrug nur 18 Monate. Laut Literatur ist bei straffen Pseudarthrosen im Laufe der Jahre eine Progredienz der Karpalarthrose und damit eine Beschwerdezunahme zu erwarten [37, 43, 49, 51]. Wir haben dem Patienten daher zu einer frühzeitigen operativen Revision geraten.

Ein entgegen gesetztes Beispiel stellte die Patientin Nr. 2 dar: bei ihr war ein erhebliches Kraftdefizit und leichte Schmerzen in der Funktionsprüfung festgestellt worden, ohne ein entsprechendes Korrelat in der Bildgebung finden zu können. Der knöcherne Defekt war rückstandslos konsolidiert, lediglich der distale Pol des Scaphoids imponierte geringgradig abgeknickt. Da die Patientin die betroffene Hand auch vier Jahre postoperativ offensichtlich noch schonte und insgesamt einen ängstlichen Eindruck machte, erklärten wir uns das gemessene Kraftdefizit durch die geringe muskuläre Beanspruchung.

5.4 Operative Möglichkeiten im Vergleich und Ergebnisse anderer Verfahren

Heute stehen verschiedene operative Verfahren zur Verfügung [29, 69, 86]. Welche ist jedoch zeitgemäß?

Die Operation nach Matti-Russe wurde aufgrund der erheblich längeren Immobilisationsdauer in den Hintergrund gedrängt. In speziellen Ausnahmefällen wie bei sehr proximal gelegene Pseudarthrosen bzw. bei ausgeprägtem Substanzdefekt ist sie weiterhin indiziert [37, 39, 43, 63, 71].

Heute gilt die Osteosynthese mittels Herbertschraube als Methode der ersten Wahl, die neben der deutlich kürzeren Ruhigstellung [15] weitere Vorteile aufweist: die Schraube gibt von Beginn an die zur Heilung notwendige innere Stabilität, eine Frühmobilisierung des Handgelenks ist möglich [15, 37, 39, 43]. Sie kann in situ belassen werden, ein Zweiteingriff (zur Metallentfernung) ist in der Regel nicht nötig [18, 37]. Die Technik ermöglicht eine Korrektur der Fehlstellung intraoperativ und aufgrund der mechanischen Ruhe und dem großen Flächenkontakt ist die Heilungsrate hoch [15]. Einer Artikulation von Schraubenkopf und Knorpel wird durch das vollständige Eindrehen der Herbertschraube in das Scaphoid vorgebeugt [18, 63]. Schraubenlockerungen und Materialermüdung als Komplikationen kommen auch bei anderen Techniken vor und sind daher nicht als Nachteil des Verfahrens zu werten [18]. Ein Nachteil ist jedoch die als anspruchsvoll geltende Technik [15, 63].

Die Option der Interposition eines vaskularisierten Spans scheint gegenüber dem früheren therapeutischen Management als Operationsvariante im Kommen zu sein. Indikationen dafür sind Durchblutungsstörung bis hin zum Untergang des proximalen Pols [43]. Der Span kann verschiedene Ursprünge haben (Beckenkamm, Radius, Daumen) [23, 43, 53, 86].

Andere Verfahren wie beispielsweise die Ender-Platte (nach Rappold und Ender 1997) etc. sind eher in den Hintergrund getreten [43, 63]. Auch der alloplastische Ersatz des Scaphoids durch eine Silikonprothese hat sich nicht bewährt, vielmehr führte er zu einer hohen Komplikationsrate an Silikonsynovialitiden [27, 35, 59, 77].

Neue Verfahren wie die Implantation resorbierbarer Schrauben stellen offenbar eine Alternative zu den bewährten Verfahren dar [42]. Auch andere Autoren haben gute Resultate ihrer abbaubaren Implantate aus Poly-L-Lactatsäure veröffentlicht [1]. Andere bevorzugen für ausgewählte Fälle die perkutan eingebrachte Osteosyntheseschraube ohne Spongiosaplastik unter arthroskopischer Kontrolle [73]. Eine französische Arbeitsgruppe behandelt symptomatische Pseudarthrosen allein durch das Entfernen eines 0,5cm großen Keils des lateralen Radius und reduziert damit durch die Kontaktminderung der radialen und scaphoidalen Kontaktoberfläche die Beschwerden [60].

Wir haben mit diesen operativen Verfahren keine Erfahrung. Ihre rare Nennung in der aktuellen Literatur lässt vermuten, dass sie sich bisher noch nicht international etabliert haben. Die Zukunft und weitere Studien werden zeigen, ob bzw. wie verlässlich sie sind.

5.5 Rückkehr in den Beruf

Die Rückkehr in das Arbeitsverhältnis ist ein wichtiges Maß einer jeden Handgelenksoperation [19]. Hauptursachen für einen Wechsel der Beschäftigung bzw. die Erwerbsunfähigkeit sind in erster Linie eine verminderte Griffstärke [78], ferner persistierender Schmerz und Rehabilitationsmaßnahmen. Die Literatur berichtet von Raten zwischen 3% und 15% der operierten Patienten, die einen Arbeitsplatzwechsel vornehmen mussten [15, 28, 43, 85].

Alle Patienten unserer Studie konnten postoperativ an ihren Arbeitsplatz zurückkehren.

5.6 Zusammenfassung

Das Ziel dieser retrospektiven Studie war es, durch eine strukturierte Nachuntersuchung die klinischen und radiologischen Ergebnisse unserer operativen Therapie zu erfassen und unser Behandlungskonzept mit der Literatur zur vergleichen.

Bei der Scaphoid-Pseudarthrose handelt es sich um eine ausbleibende Frakturdurchbauung innerhalb der ersten sechs Monate nach Trauma. Das Leitsymptom ist der persistierende Schmerz, ferner besteht eine Funktionsbehinderung im Handgelenk mit Beweglichkeits- und Kraftminderung. Entscheidend für die Gewährleistung einer knöchernen Konsolidierung ist die Wahl der richtigen Therapieform: Pseudarthrosen werden operativ versorgt, es stehen mehrere Operationsverfahren zur Verfügung. Grundsätzlich wird nach der vollständigen Resektion der Pseudarthrose die Fehlstellung des Scaphoids korrigiert und der Substanzdefekt durch Einbringen von Spongiosa ausgeglichen. Das rekonstruierte Kahnbein wird anschließend fixiert. Die innere Stabilisierung durch die Herbertschraube stellt ein etabliertes Verfahren dar. Die von uns bevorzugte Methode ist eine Kombination aus der Technik von *Herbert und Fisher* (1984) durch Implantation der sog. Herbertschraube und der von *Fernandez* (1984) beschriebenen Spaninterposition. Die Technik ist anspruchsvoll mit gutem funktionellen Outcome bei hoher Konsolidierungsrate. Die Kontraindikationen sind eine schwere karpale Arthrose (SNAC III), Pseudarthrosen Typ D4 (nach *Herbert und Filan*, 1996) sowie ein sehr kleines proximales Fragment.

Unser Patientenkollektiv rekrutierte sich aus der Handchirurgie der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) in München. Bei den 21 ausgewerteten Fragebögen überwogen die 20 männlichen Verletzten. Der Schwerpunkt der Altersverteilung zum Zeitpunkt des Traumas lag bei 10-29 Jahren.

Hauptziel unserer Nachuntersuchung war die Ermittlung der Handgelenksfunktion. Wir wählten daher die von *Culp et al*. 1993 entwickelte „Wrist Function Scale“: die Funktionsparameter „Schmerz“, „Beweglichkeit“, „Kraft“ und „ADL“ („Activities of Daily Living“) wurden bewertet und ein Gesamtscorewert errechnet. Der radiologische Befund wurde bewusst nicht in den Score integriert vor dem Hintergrund, dass häufig Patienten trotz ausgebliebener knöcherner Konsolidierung ein gutes funktionelles Ergebnis erzielen. So war ein Vergleich der erzielten Handgelenksfunktion (Score-Wert) mit dem Röntgenbefund (knöcherne Konsolidierung) möglich. Ein direkter Vergleich der Gesamt-Punktwerte unserer Resultate mit denen anderer Autoren war nicht möglich, da sich die verwendeten Scores und damit die Grundlage zur Bewertung der Ergebnisse voneinander unterschieden.

Das funktionelle Ergebnis unseres Patientenkollektivs ist als sehr gut zu betrachten, mehr als 90% unserer Patienten erreichten ein „gutes“ bzw. „sehr gutes“ Ergebnis bezüglich der Handfunktion. Nur zwei Patienten hatten ein „befriedigendes“ Outcome. Besonders bedeutsam waren die hervorragenden Bewertungen der „subjektiven“ Parameter „Schmerz“ und „ADL“, die direkt mit der Patientenzufriedenheit korrelierten: damit erreichten wir ein wichtiges Ziel unserer Patientenversorgung. Ein direkter Einfluss auf das Funktionsergebnis konnte für die prolongierte präoperative Symptomdauer wegen der daraus resultierenden degenerativen Veränderungen, die Vitalität der Fragmente mit adäquater Knochenqualität und die Stabilität der Osteosynthese gezeigt werden. Der Einfluss möglicher Vor-Operationen wird in der Literatur kontrovers diskutiert und ist sicher abhängig von Befund und Verfahren. Dagegen konnte für das Patientenalter zum Zeitpunkt der Operation sowie für die Lokalisation bzw. der Verlauf der Pseudarthrose im Scaphoid kein Bezug auf das funktionelle Outcome der Patienten gezeigt werden. Die Dauer des Follow-Up scheint allenfalls eine untergeordnete Rolle zu spielen. Eine persistierende DISI-Stellung des Karpus bzw. eine ausgebliebene knöcherne Konsolidierung schränken die Funktion im Handgelenk nicht ein. Unklar bleibt, ob sich aufgrund dieses Befundes im weiteren zeitlichen Verlauf eine fortschreitende karpale Arthrose entsteht. Langzeitstudien müssen dies zeigen.

Das radiologische Ergebnis unserer Studie ist ebenfalls sehr erfreulich: lediglich bei einer Person wurde im Rahmen der Nachuntersuchung eine persistierende Pseudarthrose diagnostiziert. Es kann damit jedoch keine signifikante Aussage über Prädiktoren gemacht werden, die die knöcherne Heilung beeinflussen. Wir berufen uns daher auf die Kernaussagen der aktuellen Literatur: einen deutlichen Einfluss auf die Heilungsrate hat die Lokalisation der Pseudarthrose - proximal gelegene Scaphoid-Verletzungen neigen zur Defektpersistenz. Das gleiche gilt für vorbestehende Durchblutungs- und Vitalitätsstörungen sowie für Polnekrosen und sehr kleine proximale Fragmente. Auch eine Symptomdauer von mehr als fünf Jahren und ausgeprägte karpale Veränderungen (DISI-Fehlstellungen, Sklerose bzw. Arthrose) führen zu einer verminderten Konsolidierungsrate. Die falsche Therapiewahl hebt die Pseudarthrosenrate signifikant. Der Einfluss des Erfahrungsgrads des Operateurs bleibt unklar. Dagegen haben das Patientenalter zum Zeitpunkt der Operation, ein Reinragen der Schraube in den Gelenkspalt und die Immobilisationsdauer keinen Einfluss auf die Konsolidierungsrate.

In den meisten Fällen korrelierte der klinisch-funktionelle Befund unserer Patienten mit dem radiologischen. Nur bei zwei Patienten fanden sich widersprüchliche Befunde:

1. trotz einer persistierenden Pseudarthrose mit SNAC II und ausgeprägten STT-Veränderungen erreichte der Proband 92,3 Punkte und damit ein sehr gutes funktionelles Ergebnis,
2. obwohl der radiologische Befund blande war, klagte eine Patientin über eine deutliche Kraftminderung und Schmerzen.

Für beide Fälle konnte eine nahe liegende Erklärung gefunden werden.

Über die gängigen Operationsverfahren lässt sich zusammenfassen: die Osteosynthese mit der Herbertschraube gilt heute als Methode der ersten Wahl. Ihre Vorteile sind die innere Stabilität und damit die kurze Ruhigstellungsdauer. Zusätzlich besteht die Möglichkeit zur Frühmobilisierung, ein Zweiteingriff zur Metallentfernung ist nicht nötig und die Heilungsraten sind hoch. Schraubenlockerungen und Materialermüdung als Komplikationen kommen auch bei anderen Techniken vor und sind daher nicht als spezifische Nachteil dieses Verfahrens zu werten. Problematisch kann die anspruchsvolle Technik sein.

Die Operation nach Matti-Russe wurde aufgrund der erheblich längeren Immobilisationsdauer in den Hintergrund gedrängt. In speziellen Ausnahmefällen (sehr proximal gelegene Pseudarthrosen bzw. ausgeprägter Substanzdefekt) ist sie weiterhin indiziert. Die Interposition eines vaskularisierten Spans wird heute häufiger vorgenommen als früher, z. B. bei Durchblutungsstörungen bis hin zum Untergang des proximalen Pols. Alternativ würden sonst in diesen Fällen die Rückzugsverfahren zur Verfügung stehen.

Das Ergebnis der Nachuntersuchung unseres Patientenkollektivs bestätigt uns in unserem Therapiekonzept. Das Outcome in funktioneller und radiologischer Hinsicht ist „gut“ bis „sehr gut“, die subjektive Zufriedenheit der Patienten hoch. Im Vergleich mit der aktuellen Literatur schnitten wir gleich gut oder besser ab. Die Indikationen für die von uns gewählte Therapieform decken sich mit denen anderer Autoren, alternative Operationsmethoden stehen für spezielle Indikationen zur Verfügung. Ein einheitliches Score-System für das funktionelle Outcome der operativ versorgten Scaphoid-Pseudarthrosen bleibt jedoch empfehlenswert. Langzeitstudien sind indiziert, um langfristige Entwicklungen im rekonstruierten karpalen Gefüge aufzuzeigen.

Ziel der operativen Therapie von Pseudarthrosen ist die knöcherne Konsolidierung des Scaphoids in anatomisch korrekter Position, um dem natürlichen Verlauf der Pseudarthrose mit Arthrosen- und Kollapsbildung vorzubeugen. Die innere Stabilisierung mit der Herbertschraube erwies sich dafür als besonders geeignet im Vergleich mit anderen Verfahren.

6. Anhang

6.1 Tabellen

6.1.1 Muster der „Wrist Function Scale“ nach *Culp et al.*

I. Schmerzen:

(25) kein Schmerz
(20) leichter Bewegungsschmerz (ohne Medikation)
(15) mässig-bei gelegentl. Aktivität, etwas Medikation
(10) mässig schwer-viel Schmerz, häufige Medikation
(05) schwer-Dauerschmerz, deutlich reduz. Aktivität
(0) Völlige Gebrauchslosigkeit

II. Bewegung: (Kalkulierter Anteil im Vergleich zur Gegenseite x 25)

Op	Flexion		Extension		Radial		Ulnar	
Gegenseite	Flexion		Extension		Radial		Ulnar	
Anteil (%)								

III. Griffstärke: (Kalkulierter Anteil im Vergleich zur Gegenseite x 25)

Gegenseite	
Nachuntersuchte H.	

Anteil (%) ____ x25 = ____

IV. Aktivitäten des täglichen Lebens:
(25 Pkt. Maximum)*

4 = Normal
3 = Leicht eingeschränkt
2 = Schwer
1 = Mit Hilfe
0 = Unmöglich

	Punkte
Werfen	
Ziehen	
Heben (5-7kg)	
Haare kämmen	
Aufstehen von Stuhl	
Anziehen	
Tür öffnen	
Pers. Hygiene	
Essen	
Fahren	

Summe:

$$\frac{Summe}{40x25} =$$

GESAMMT HANDGELENKSSCORE : Punke:

6.1.2 Punktberechnung zu „Activities of Daily Living“

* Punktberechnung zu „Aktivitäten des täglichen Lebens“:

39, 40	entsprechen	25	19, 20	entsprechen	15	5	entsprechen	5
37, 38	“	24	17, 18	“	14	4	“	4
35, 36	“	23	15, 16	“	13	3	“	3
33, 34	“	22	13, 14	“	12	2	“	2
31, 32	“	21	11, 12	“	11	1	“	1
						0	“	0
29, 30	“	20	10	“	10			
27, 28	“	19	9	“	9			
25, 26	“	18	8	“	8			
23, 24	“	17	7	“	7			
21, 22	“	16	6	“	6			

6.2 Tabelle der Patienten: Eckdaten und Ergebnisse

Fall-Nummer	Geschlecht	verletzte Hand	Alter (Jahre)	Beruf	Symptomdauer (Monate)	Immobilisation (Monate)
1	männlich	nicht dominant	45	Revisor	6	6
2	weiblich	dominant	35	Sachbearbeiterin	6	6
3	männlich	nicht dominant	29	Ingenieur	9	8
4	männlich	Nicht dominant	34	Chemielaborant	6	13
5	männlich	dominant	28	Drucker	180	8
6	männlich	dominant	33	Monteur	39	9
7	männlich	nicht dominant	16	Schreiner	96	10
8	männlich	dominant	28	Schlosser	12	10
9	männlich	dominant	20	Handwerker	6	8
10	männlich	dominant	17	Fliesenleger	28	12
11	männlich	nicht dominant	20	Systemtechniker	12	6
12	männlich	dominant	22	Schreiner	6	12
13	männlich	dominant	18	Maurer	24	8
14	männlich	nicht dominant	22	Schüler	14	6
15	männlich	dominant	18	Schüler	6	6
16	männlich	dominant	14	Schüler	6	6
17	männlich	nicht dominant	38	Rechtsanwalt	11	6
18	männlich	dominant	44	Steinbrucharbeiter	6	7
19	männlich	nicht dominant	16	Schüler	8	10
20	männlich	dominant	31	Informatiker	16	6
21	männlich	nicht dominant	18	Elektriker	24	6

Fall-Nummer	subjektiver Schmerz	Bewegungs-einschränkung	Griffstärke-minderung	ADL	Score-Wert
1	Kein	gering	Gering	normal	sehr gut
2	Gering	gering	Stark	normal	befriedigend
3	Kein	gering	Gering	normal	sehr gut
4	Kein	mäßig	Kein	normal	sehr gut
5	Kein	mäßig	Kein	normal	sehr gut
6	Kein	mäßig	Mäßig	normal	gut
7	Mäßig	mäßig	Gering	normal	gut
8	Gering	mäßig	Gering	normal	gut
9	Kein	mäßig	Gering	normal	sehr gut
10	Gering	mäßig	Mäßig	normal	gut
11	Gering	mäßig	Mäßig	normal	gut
12	Kein	mäßig	Kein	normal	sehr gut
13	Gering	mäßig	Kein	normal	gut
14	Kein	gering	Kein	normal	sehr gut
15	Kein	mäßig	Kein	normal	sehr gut
16	Kein	gering	Gering	normal	sehr gut
17	Kein	gering	Gering	normal	sehr gut
18	Stark	gering	Gering	leicht reduziert	befriedigend
19	Gering	gering	Gering	normal	gut
20	Kein	mäßig	Gering	normal	gut
21	Gering	mäßig	Gering	normal	gut

6.3 Literaturverzeichnis

1. Akmaz, I., *Biodegradable implants in the treatment of scaphoid nonunions.* Int. Orthop., 2004. **28**((5)): p. 261-266.

2. Amadio, P.C., *Scaphoid fractures.* Orthop Clin North Am, 1992. **23**(1): p. 7-17.

3. Amadio, P.C., et al., *Scaphoid malunion.* J Hand Surg [Am], 1989. **14**(4): p. 679-87.

4. Ashmead, D.t., et al., *Scapholunate advanced collapse wrist salvage.* J Hand Surg [Am], 1994. **19**(5): p. 741-50.

5. Bahri, H., et al., *[Treatment of pseudarthrosis of the carpal scaphoid bone by percutaneous pinning. Apropos of 74 cases]*. Chir Main, 2000. **19**(2): p. 75-81.

6. Bartelmann, U. and K. Kalb, *[Treatment of difficult scaphoid pseudarthroses by bone transplantation and additional implantation of the second dorsal metacarpal artery using the Fernandez and Eggli technique--report of experiences]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2001. **33**(6): p. 379-86.

7. Barton, N.J., *Apparent and partial non-union of the scaphoid.* J Hand Surg [Br], 1996. **21**(4): p. 496-500.

8. Barton, N.J., *The Herbert screw for fractures of the scaphoid.* J Bone Joint Surg Br, 1996. **78**(4): p. 517-8.

9. Bertelli, J.A., C.P. Tacca, and J.R. Rost, *Thumb metacarpal vascularized bone graft in long-standing scaphoid nonunion--a useful graft via dorsal or palmar approach: a cohort study of 24 patients.* J Hand Surg [Am], 2004. **29**(6): p. 1089-97.

10. Beutel, F.K., E. Welk, and A.K. Martini, *[Long-term outcome of partial prosthesis management of proximal scaphoid pseudarthroses with a comparison of different follow-up protocols]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 1999. **31**(3): p. 162-6; discussion 167-8.

11. Beutel, F.K. and K. Wilhelm, *[Relation of necrosis to outcome and site of fracture in scaphoid pseudarthrosis]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 1999. **31**(3): p. 207-11.

12. Bickert, B., et al., *[Use of a cannulated 3.0 mm AO screw with an intraosseous support washer in osteosynthesis of the scaphoid: results and analysis of problems in 28 cases]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2000. **32**(4): p. 277-82.

13. Christodoulou, L.S., C.K. Kitsis, and S.T. Chamberlain, *Internal fixation of scaphoid non-union: a comparative study of three methods.* Injury, 2001. **32**(8): p. 625-30.

14. Dacho, A., G. Germann, and M. Sauerbier, *[The reconstruction of scaphoid pseudoarthroses with the operation of Matti-Russe. A retrospective follow-up analysis of 84 patients]*. Unfallchirurg, 2004. **107**(5): p. 388-96.

15. Daly, K., et al., *Established nonunion of the scaphoid treated by volar wedge grafting and Herbert screw fixation.* J Bone Joint Surg Br, 1996. **78**(4): p. 530-4.

16. Doi, K., et al., *Free vascularized bone graft for nonunion of the scaphoid.* J Hand Surg [Am], 2000. **25**(3): p. 507-19.

17. dos Reis, F.B., et al., *Internal fixation of scaphoid injuries using the Herbert screw through a dorsal approach.* J Hand Surg [Am], 1993. **18**(5): p. 792-7.

18. Eisenschenk, A., M. Lautenbach, and U. Weber, *[Scaphoid fracture and scaphoid pseudarthrosis]*. Orthopade, 1999. **28**(10): p. 883-90.

19. Eppinger, M., *Ergebnisstudie der Proximalen Karpektomie*, in *Medizinische Fakultät*. 2003, Ludwig-Maximilian-Universität: München.

20. Fernandez, D.L., *A technique for anterior wedge-shaped grafts for scaphoid nonunions with carpal instability.* J Hand Surg [Am], 1984. **9**: p. 733-737.

21. Filan, S.L. and T.J. Herbert, *Herbert screw fixation of scaphoid fractures.* J Bone Joint Surg Br, 1996. **78**(4): p. 519-29.

22. Filan, S.L., Herbert, T. J., *Avascular necrosis of the proximal scaphoid after fracture union.* J Hand Surg [Br], 1995. **20**: p. 551-6.

23. Gabl, M., et al., *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, 1999. **81**(10): p. 1414-28.

24. Garcia-Elias, *Carpal Instabilities and Dislocations*. 4 ed. Operative Hand Surgery, ed. Green. 1998, New York: Churchill Livingstone. 868-878.

25. Gegenstandskatalog, *Hand und Handgelenk*.

26. Germann, G., G. Wind, and A. Harth, *[The DASH(Disability of Arm-Shoulder-Hand) Questionnaire--a new instrument for evaluating upper extremity treatment outcome]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 1999. **31**(3): p. 149-52.

27. Haussmann, P., *[Long-term outcome of partial alloplastic replacement of the scaphoid bone]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 1999. **31**(3): p. 200-6.

28. Herbert, T.J. and S.L. Filan, *Proximal scaphoid nonunion-osteosynthesis.* Handchir Mikrochir Plast Chir, 1999. **31**(3): p. 169-73.

29. Herbert, T.J. and W.E. Fisher, *Management of the fractured scaphoid using a new bone screw.* J Bone Joint Surg Br, 1984. **66**(1): p. 114-23.

30. Hoffmann, R., *Checkliste Handchirurgie*. Vol. 1. 1997, Stuttgart, New York: Thieme.

31. Inoue, G. and Y. Kuwahata, *Repeat screw stabilization with bone grafting after a failed Herbert screw fixation for acute scaphoid fractures and nonunions.* J Hand Surg [Am], 1997. **22**(3): p. 413-8.

32. Inoue, G., K. Shionoya, and Y. Kuwahata, *Herbert screw fixation for scaphoid nonunions. An analysis of factors influencing outcome.* Clin Orthop, 1997(343): p. 99-106.

33. Kalb, K., et al., *[Experiences with the STT (scapho-trapezio-trapezoid) arthrodesis. A retrospective evaluation]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2001. **33**(3): p. 181-8.

34. Keim, S., *Klinische Relevanz der MRT bei akuten Handgelenksverletzungen.* Unfallchirurg, 2003. **106**: p. 127-135.

35. Kleinert, J.M., et al., *Complications of scaphoid silicone arthroplasty.* J Bone Joint Surg Am, 1985. **67**(3): p. 422-7.

36. Krämer, M., *Scores, Bewertungsschemata und Klassifikationen in Orthopädie und Traumatologie*.

37. Kremling, E., *Dorsale Verschraubung und Spongiosaplastik bei Skaphoidpseudarthosen im proximalen Drittel.* Operat Orthop Traumatol, 2001. **1**: p. 17-26.

38. Krimmer, H., et al., *[Post-traumatic carpal collapse (SLAC- and SNAC-wrist)--stage classification and therapeutic possibilities]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 1997. **29**(5): p. 228-33.

39. Krimmer, H., et al., *[Proximal scaphoid pseudarthrosis--reconstruction by dorsal bone screw and spongiosa transplantation]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 1999. **31**(3): p. 174-7.

40. Krimmer, H., Lanz, U., *Der posttraumatische karpale Kollaps, Verlauf und Therapiekonzept.* Unfallchirurg, 2000. **103**: p. 260-266.

41. Krimmer, H., R. Schmitt, and T. Herbert, *[Scaphoid fractures--diagnosis, classification and therapy]*. Unfallchirurg, 2000. **103**(10): p. 812-9.

42. Kujala, S., *Successful treatment of scaphoid fractures and nonunions using bioabsorbable screws: report of six cases.* J Hand Surg [Am], 2004. **29**((1)): p. 68-73.

43. Kuntscher, M., et al., *[Management of proximal scaphoid bone pseudarthroses and fractures with the mini-Herbert screw via a dorsal approach]*. Unfallchirurg, 2001. **104**(9): p. 813-9.

44. Lautenbach, M., M. Mochkabadi, and A. Eisenschenk, *[Follow-up of scaphoid pseudarthroses and scaphoid fractures after Herbert screw implantation in the extremities--MRI (low-field MRI)]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2000. **32**(1): p. 58-64; discussion 64-6.

45. Leung, Y.F., et al., *Trephine bone grafting technique for the treatment of scaphoid nonunion.* J Hand Surg [Am], 2001. **26**(5): p. 893-900.

46. Leyshon, A., J. Ireland, and E.L. Trickey, *The treatment of delayed union and non-union of the carpal scaphoid by screw fixation.* J Bone Joint Surg Br, 1984. **66**(1): p. 124-7.

47. Mack, G.R., et al., *The natural history of scaphoid non-union.* J Bone Joint Surg Am, 1984. **66**(4): p. 504-9.

48. Manak, P. and P. Drac, *[Non-union in os scaphoideum and its surgical treatment: overview of literature]*. Acta Chir Orthop Traumatol Cech, 2004. **71**(5): p. 311-5.

49. Martini, A.K., *[Natural course in pseudarthrosis of the scaphoid]*. Orthopade, 1994. **23**(3): p. 249-54.

50. Martini, A.K., *[Surgical and conservative therapy of scaphoid pseudarthrosis]*. Zentralbl Chir, 1995. **120**(12): p. 940-4.

51. Martini, A.K. and M. Schiltenwolf, *[Changes in the wrist joint in spontaneous course of scaphoid pseudarthrosis]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 1995. **27**(4): p. 201-7.

52. Martini, A.K. and M. Schiltenwolf, *[Intermediate results in treatment of scaphoid pseudarthrosis and fracture with the Herbert screw]*. Aktuelle Traumatol, 1993. **23**(7): p. 317-23.

53. Mathoulin, C., *Treatment of the scaphoid nonunion with vascularized bone graft harvest from the volar aspect of the radius*. 2001, Paris.

54. Menapace, K.A., et al., *Anatomic placement of the Herbert-Whipple screw in scaphoid fractures: a cadaver study*. J Hand Surg [Am], 2001. **26**(5): p. 883-92.

55. Miric, D., B. Karovic, and K. Senohradski, *[Role of wrist instability in the onset of pseudoarthrosis of the scaphoid bone]*. Srp Arh Celok Lek, 2000. **128**(11-12): p. 384-8.

56. Miric, D., et al., *[Incidence and severity of degenerative changes in the wrist in pseudoarthrosis of the scaphoid bone]].* Srp Arh Celok Lek, 2001. **129**(3-4): p. 61-5.

57. Moritomo, H., et al., *The relationship between the site of nonunion of the scaphoid and scaphoid nonunion advanced collapse (SNAC).* J Bone Joint Surg Br, 1999. **81**(5): p. 871-6.

58. Moritomo, H., et al., *Scaphoid nonunions: a 3-dimensional analysis of patterns of deformity.* J Hand Surg [Am], 2000. **25**(3): p. 520-8.

59. Orthopädie, D.G.f., *Leitlinien Skaphoidpseudarthrose*. 2002, AMWF: Düsseldorf.

60. Papachristou, G., *Management of painful pseudarthrosis of the carpal scaphoid bone with closed wedge osteotomy of the distal radius.* Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot., 2004. **90**((8)): p. 714-721.

61. Pechlaner, H., *OP-Atlas Handchirurgie*. 1997, Stuttgart, New York: Thieme.

62. Petracic, *AO-Klassifikation der Frakturen des Handgelenks.* Hand Mikrochir Plast, 1998. **30**: p. 40-44.

63. Preisser, P., *Die operative Behandlung der Kahnbeinpseudarthrose - Langzeitrgebnisse mit der Herbert-Schraube.* Handchir Mikrochir Plast, 1997. **30**: p. 45-51.

64. Preisser, P., K.D. Rudolf, and B.D. Partecke, *[Persistent scaphoid pseudarthrosis after surgical treatment: results of repeated bone transplantation]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 1999. **31**(3): p. 187-95.

65. Renner, *Vergleich verschiedener Behandlungsmethoden bei der Skaphoidpseudarthrose.* Orthopäde, 1996. **25**: p. 449-453.

66. Ritter, K. and A.A. Giachino, *The treatment of pseudoarthrosis of the scaphoid by bone grafting and three methods of internal fixation.* Can J Surg, 2000. **43**(2): p. 118-24.

67. Ruby, L.K., J. Stinson, and M.R. Belsky, *The natural history of scaphoid non-union. A review of fifty-five cases.* J Bone Joint Surg Am, 1985. **67**(3): p. 428-32.

68. Runkel, *Pseudarthrosen.* Unfallchirurg, 2000. **103**: p. 51-63.

69. Russe, O., *Behandlungsergebnisse der Spongiosaauffüllung bei Kahnbeinpseudarthrosen.* Z Orthop, 1951. **81**: p. 466-73.

70. Sauerbier, M., et al., *[Surgical treatment possibilities of advanced carpal collapse (SNAC/SLAC wrist)]*. Unfallchirurg, 2000. **103**(7): p. 564-71.

71. Sauerbier, M., et al., *[Long-term outcome of reconstruction of proximal scaphoid pseudarthroses with Matti-Russe-plasty]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 1999. **31**(3): p. 182-6.

72. Schlosser, D., *Navikularefraktur - Navikularepseudarthrose der Hand.* Bruns' Beitr. klin. Chir. **217**: p. 306-314.

73. Slade, J., *Percutaneous internal fixation of selected scaphoid nonunions with an srthroscopically assisted dorsal approach.* J Bone Joint Surg Am, 2003. **85**(Suppl 4): p. 20-32.

74. Strassmair, M., *Entstehung einer Skaphoidpseudarthrose.* Deutsches Ärzteblatt, 2001. **98**(Heft 45): p. 2962-964.

75. Streich, N.A., A.K. Martini, and W. Daecke, *[Proximal row carpectomy in carpal collapse]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2003. **35**(5): p. 299-303.

76. Taleisnik, A., *Fractures of the Carpal Bones*. Green's Operative Hand Surgery, p. 809-837, ed. Green. Vol. 4, New York: Churchill Livingstone.

77. Taleisnik, J., *Fractures of the Carpal Bones*. 4 ed. Operative Hand Surgery, ed. Green. 1998, New York: Churchill Livingstone. p. 809-837.

78. Tomaino, M., *SLAC Wrist: proximal row carpectomy or limited wrist arthrodesis with scaphoid excision?* J Hand Surg [Am], 1994. **19A**: p. 134-142, 358-365.

79. Trezies, A.J., T.R. Davis, and N.J. Barton, *Factors influencing the outcome of bone grafting surgery for scaphoid fracture non-union.* Injury, 2000. **31**(8): p. 605-7.

80. Trumble, T.E., T. Clarke, and H.J. Kreder, *Non-union of the scaphoid. Treatment with cannulated screws compared with treatment with Herbert screws.* J Bone Joint Surg Am, 1996. **78**(12): p. 1829-37.

81. Tuncay, I., A. Dogan, and S. Alpaslan, *[Comparison between fixation with Herbert screws and Kirschner wires in the treatment of scaphoid pseudoarthrosis]*. Acta Orthop Traumatol Turc, 2002. **36**(1): p. 17-21.

82. Tunnerhoff, H.G., K. Das Gupta, and P. Haussmann, *[Functional results of medio-carpal partial arthrodesis with excision of the scaphoid]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2001. **33**(6): p. 408-17.

83. Vender, M.I., et al., *Degenerative change in symptomatic scaphoid nonunion.* J Hand Surg [Am], 1987. **12**(4): p. 514-9.

84. Watson, H.K. and F.L. Ballet, *The SLAC wrist: scapholunate advanced collapse pattern of degenerative arthritis.* J Hand Surg [Am], 1984. **9**(3): p. 358-65.

85. Wilhelm, K. and A. Wilhelm, *[Scaphoid pseudarthrosis of the proximal third--results of treatment with the Herbert screw]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 1999. **31**(3): p. 178-81.

86. Zaidemberg, C., J.W. Siebert, and C. Angrigiani, *A new vascularized bone graft for scaphoid nonunion.* J Hand Surg [Am], 1991. **16**(3): p. 474-8.

6.4 Tabellarischer Lebenslauf von Tanja Mara Goldbrunner, geb. Pfeil

10. Februar 1973	Geburt in Frankfurt/Main als erstes Kind von Prof. Jürgen Pfeil und Nortrud Pfeil (geb. Metzler)
1979 – 1983	Besuch der Grundschule in Bad Vilbel
1983 – 1985	Besuch der J.-F.-Kennedy-Schule in Bad Vilbel (Förderstufe)
1985 – 1992	Besuch des Georg-Büchner-Gymnasiums in Bad Vilbel, Abschluss mit der „Allgemeinen Hochschulreife“
1992 – 1993	Studium „Diplomsportwissenschaft“ an der J. W- Goethe-Universität in Frankfurt/Main, Aufgabe des Studiums wegen Beginn der
1993 – 1997	Ausbildung zur Physiotherapeutin an der Orthopädischen Universitätsklinik in Frankfurt/Main, Abschluss mit der „Staatlichen Anerkennung“
1997 – 2003	Studium „Humanmedizin“ an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München: 3/1999: Bestehen der Ärztlichen Vorprüfung 3/2000: Bestehen des 1. Abschnitts der Ärztlichen Prüfung 3/2002: Bestehen des 2. Abschnitts der Ärztlichen Prüfung Praktisches Jahr in München und Rom/Italien 5/2003: Bestehen des 3. Abschnitts der Ärztlichen Prüfung
Juli 2003	Beginn der ärztlichen Berufstätigkeit an der Chirurgischen Klinik der LMU Innenstadt
Oktober 2004	Vollapprobation
Mai 2005	Wechsel an die Klinik für Anästhesiologische Klinik der LMU Innenstadt

6.5 Danksagung

Bei allen, die mich bei dieser Arbeit unterstützt haben, möchte ich mich herzlich bedanken.

Dieser Dank gilt in erster Linie meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Dr. med. W. Stock, der mir dieses Thema zur Bearbeitung überließ und mich stets unterstützte, motivierte und förderte.

Herr Dr. med. B. Kühlein („wie die kleine Kuh“) betreute mich während der ersten Hälfte der Ausarbeitung des Themas und legte in seiner einzigartigen Art vorausschauend die entscheidenden Grundsteine, die ein erfolgreiches Abschließen der Nachuntersuchung erst möglich machten. Vielen Dank, Bernd und alles Gute!

Herr Dr. med. M. Kunzelmann übernahm wie selbstverständlich die weitere Betreuung meiner Arbeit und stand mir jederzeit mit Rat und Tat sowie konstruktiver Kritik und Überblick zur Seite. Dass das nicht selbstverständlich ist, ist mir sehr bewusst – vielen Dank, Michael!

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, die mir das Medizinstudium ermöglichten und mich auch danach zu jeder Zeit unterstützten.

Dorino: mille grazie per la tua pazienza infinita – da adesso in poi le serate libere appartengono solo piú a noi due! Sei nel mio cuore per sempre.