

Aus der Abteilung für Handchirurgie, Plastische und Mikrochirurgie
Zentrum für Schwerbrandverletzte

Chefarzt: Prof. Dr. med. Bernd-Dietmar Partecke

Berufsgenossenschaftliches Unfallkrankenhaus Hamburg

Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. Christian Jürgens

THERAPIE DES DROHENDEN HANDWURZELKOLLAPS

Spätergebnisse der STT-Arthrodeese unter besonderer Berücksichtigung der Lunatumnekrose

Eine klinische und radiologische, retrospektive Studie an 60 Patienten

DISSERTATION

Zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin im Fachbereich Medizin der
Universität Hamburg

vorgelegt von **Henning Sauer** aus Hamburg

Hamburg 2007

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 17.04.2008

Veröffentlicht mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

Prüfungsausschuß, der /die Vorsitzende: Prof. Dr. B.-D. Partecke

Prüfungsausschuß: 2. Gutachter/in: Prof. Dr. J. M. Rueger

Prüfungsausschuß: 3. Gutachter/in: Prof. Dr. K.-M. Braumann

Gewidmet meinen Eltern, Hans und Gudrun Sauer, sowie
Katherine und Tobias

INHALTSVERZEICHNIS

1. Arbeitshypothese und Fragestellung	1
2. Einleitung	2
2.1 Die Skapho-trapezio-trapezoid (STT)-Arthrodes	2
2.2 Indikationen für die STT-Arthrodes	3
2.2.1 Die Lunatumnekrose (LN, Kienböck´sche Erkrankung)	3
2.2.2 Die Skapho-trapezio-trapezoidäre Arthrose (STT-Arthrose)	6
2.2.3 Traumatisch bedingte radiale Handwurzelinstabilitäten	7
2.2.3.1 Die Sequenz von skapholunärer Dissoziation und SLAC-Wrist	7
2.2.3.2 Die Sequenz von Kahnbeinpseudarthrose und SNAC-Wrist	9
2.2.3.3 Die Perilunäre Luxation	10
3. Material und Methoden	11
3.1 Rekrutierung des Patientengesamtkollektives	11
3.2 Zusammensetzung des Gesamtkollektives	12
3.2.1 Zusammensetzung des Kollektives mit Lunatumnekrose	12
3.2.1.1 Präoperative Stadien der Lunatumnekrose im nachuntersuchten Kollektiv	13
3.2.1.2 Geschlechtsverteilung im Kollektiv der Lunatumnekrosen	14
3.2.1.3 Altersverteilung im Kollektiv der Lunatumnekrosen	14
3.2.1.4 Vertretene Berufsgruppen im Kollektiv der Lunatumnekrose	15
3.2.1.5 Seitenbefall der Lunatumnekrose vor dem Hintergrund der manuellen Dominanz	16
3.2.1.6 Nachuntersuchungsintervall	17
3.2.2 Zusammensetzung des Kollektives mit anderen Indikationen zur STT-Arthrodes	17
3.3 Operationsstandard hinsichtlich der STT-Arthrodes	18
3.4 Interkurrente Eingriffe im Handgelenksbereich	20
3.4.1 Radiusverkürzungsosteotomie	20
3.4.2 Handgelenksdenervation	21
3.4.3 Os pisiforme-Interposition zum Mondbeinersatz	23
3.5 Untersuchungsmethoden	24
3.5.1 Röntgendiagnostik	24
3.5.1.1 Standardisierte Aufnahmetechnik zur Vergleichbarkeit der Karpusprojektionen hinsichtlich der Handwurzelvermessung	24

3.5.1.2 Digitalisierung der Röntgenbilder und Bildbearbeitung	25
3.5.1.3 Vermessung von Karpus und Mittelhand und Errechnung der relativen Karpus- und Lunatumhöhe	25
3.5.1.4 Stähl-Index zur Bestimmung der relativen Lunatumhöhe	25
3.5.1.5 Skapholunärer (SL-) Winkel zur Bestimmung der Palmarkippung des Kahnbeines u. der DISI-Stellung des Mondbeines	26
3.5.1.6 Nattrass-Index zur Bestimmung der relativen (kopfbeinbezogenen) Karpushöhe	27
3.5.1.7 Prüfung auf komplette Durchbauung der STT-Arthrodeese anhand der Röntgenaufnahmen	27
3.5.1.8 Erfassung der Arthroseentwicklung im Beobachtungszeitraum	28
3.5.2 Feststellung der Spätergebnisse durch klinische Untersuchung und Befragung	28
3.5.3 Erfassung der Therapieergebnisse durch multifaktorielle Untersuchungsschemata (Scorebildung)	30
3.5.3.1 Mayo Wrist Score (Mayo-Score)	30
3.5.3.2 Krimmer-Score	31
3.5.3.3 DASH-Score	32
3.5.3.4 Pain-Disability-Index (PDI)	33
3.5.4 Statistische Auswertung der Ergebnisse	34
4. Ergebnisse der STT-Arthrodeese für das Kollektiv der Lunatumnekrosen	36
4.1 Radiologische Auswertung: Präoperativ bis zur Langzeitnachuntersuchung	36
4.1.1 Konsolidierung der STT-Arthrodeese Ø 12 Jahre postoperativ	36
4.1.2 Entwicklung der Karpushöhe nach STT-Arthrodeese	36
4.1.3 Einfluss der STT-Arthrodeese auf die Lunatumnekrose	41
4.1.4 Entstehung bzw. Entwicklung von Handgelenksarthrosen nach STT-Arthrodeese	43
4.1.5 Einstellung des SL-Winkels durch die STT-Arthrodeese	45
4.2 Ergebnisse der klinischen Untersuchung und Befragung	47
4.2.1 Einfluss der STT-Arthrodeese auf die Handgelenksbeweglichkeit	47
4.2.2 Einfluss der STT-Arthrodeese auf die relative Handkraft	49
4.2.3 Einfluss der STT-Arthrodeese auf die Schmerzen im Handgelenk	51
4.2.3.1 Schmerzevaluation nach einer subjektiven Skala	51
4.2.3.2 Schmerzevaluation mit dem Pain-Disability-Index (PDI)	52
4.2.3.3 Schmerzlinderungserfolg der STT-Arthrodeese in Bezug auf das eingetretene Arthroseausmaß	54
4.3 Nachuntersuchungsergebnisse unter Anwendung der Scores	55

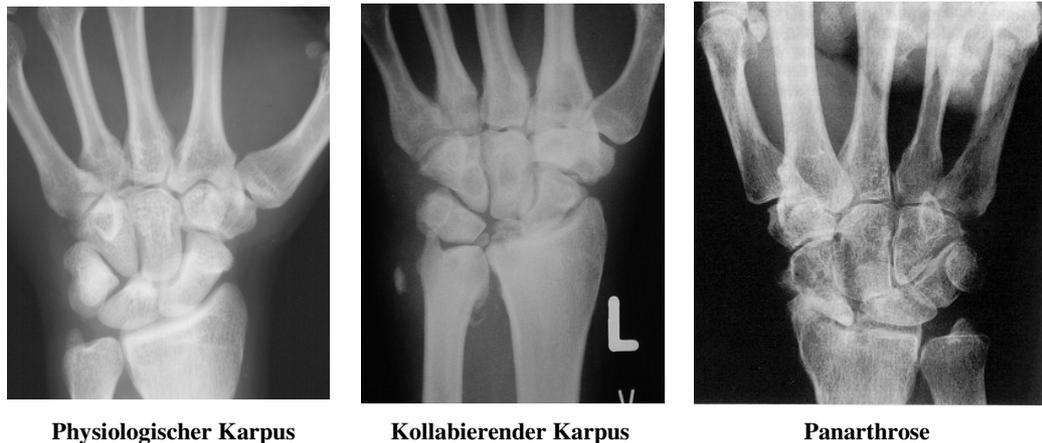
4.3.1	Nachuntersuchungsergebnisse mit dem DASH-Score	55
4.3.2	Nachuntersuchungsergebnisse mit dem Mayo-Score	57
4.3.3	Nachuntersuchungsergebnisse mit dem Krimmer-Score	58
4.4	Korrelation der Scores mit Handgelenksbeweglichkeit, Schmerz und Kraft	59
4.4.1	Korrelationen des DASH-Score und Schlussfolgerungen	59
4.4.2	Korrelationen des Mayo- und Krimmer-Score und Schlussfolgerungen	60
4.5	Erhaltung der Erwerbsfähigkeit in Abhängigkeit von berufsspezifischer körperlicher Beanspruchung	62
5.	Kasuistiken - Untersuchungsergebnisse der STT-Arthrodeese bei anderen Indikationen	63
5.1	Drei Fälle von STT-Arthrodeese in Kombination mit Lunatumexstirpation bei Morbus Kienböck	63
5.2	Ein Fall mit STT-Arthrodeese und gleichzeitigem Lunatumersatz durch Os pisiforme-Interposition bei LN	67
5.3	Ein Fall von SL-Instabilität nach Kahnbein- und distaler Radiusosteosynthese	69
5.4	Ein Fall von STT-Arthrodeese angesichts karpalen Kollapses nach auswärtig erfolgter luxationsbedingter Mondbeinexstirpation	72
5.5	Fünf Fälle von STT-Arthrodeese bei SL-Dissoziation	74
5.6	Ein Fall von STT-Arthrodeese bei Kahnbeinpsseudarthrose	83
5.7	Zusammenfassende Betrachtung der STT-Arthrodesen aus posttraumatischer Indikationsstellung	86
5.8	Vier Fälle von STT-Arthrodeese bei STT-Arthrose	87
6.	Komplikationen nach STT-Arthrodeese	94
7.	Diskussion	96
8.	Zusammenfassung	101
9.	Anhang	103
9.1	Punktdiagramme bzgl. der durchgeführten Korrelationen	103
9.2	Exemplar des DASH-Fragebogens	117

9.3 Exemplar des Fragebogens zur Ermittlung des PDI (Pain Disability Index) zur Einschätzung der Behinderung in verschiedenen Lebensbereichen	120
10. Literaturverzeichnis	121
11. Danksagung	127
12. Lebenslauf	128
13. Erklärung	130

1. Arbeitshypothese und Fragestellung

Unterschiedliche degenerative und traumatische Erkrankungen der Handwurzel führen in ihrem Verlauf zum karpalen Kollaps. Am Ende dieser pathologischen Entwicklung steht die Panarthrose.

Abb.1: Folgen von Gefügestörungen an der Handwurzel



Mit der Skapho-Trapezio-Trapezoid (STT) – Arthrodesese versucht man durch Errichtung eines stabilisierenden radialen Pfeilers an der Handwurzel den Zusammenbruch des karpalen Gefüges aufzuhalten und dadurch die Entstehung einer Handgelenksarthrose zu verhindern.

Mit der vorgelegten Arbeit soll anhand eines nachuntersuchten Patientenkollektives und der retrospektiven Untersuchung der Krankheitsverläufe geprüft werden, ob der karpale Kollaps tatsächlich aufgehalten und die Entwicklung einer Handgelenksarthrose verhindert werden kann. Dabei soll v.a. auf das Krankheitsbild der Lunatumnekrose eingegangen werden, da die hohe Fallzahl eine statistische Auswertung ermöglicht.

Außerdem soll untersucht werden, wie sich das Beschwerdebild des Patienten durch die Operation verändert hat.

Ferner soll geklärt werden ob sich die subjektive Beurteilung des OP-Erfolges mit den objektiv erreichten klinischen Ergebnissen deckt.

Abschließend sollen die Ergebnisse der STT-Arthrodesese bezüglich der unterschiedlichen Krankheitsbilder miteinander verglichen werden.

2. Einleitung

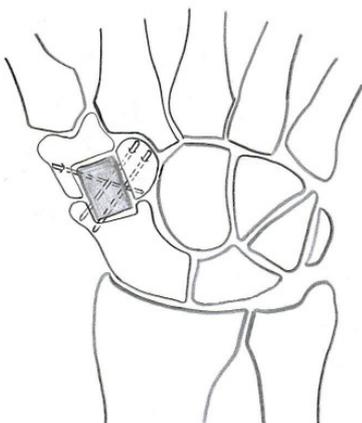
2.1 Die Skapho-trapezio-trapezoid (STT) – Arthrodes

Die Skapho-trapezio-trapezoid (STT) – Arthrodes ist eine Teilversteifung der Handwurzel bei der das Os scaphoideum, Os trapezium und Os trapezoideum osteosynthetisch vereint werden. Als Erstbeschreiber der STT-Arthrodes gelten Sutro (1946) sowie Peterson und Lipscomb (1967). Die Hauptindikationen für eine STT-Arthrodes sind:

1. Die Mondbeinnekrose (Watson und Hampton 1980)
2. Traumatische radiale Handwurzelinstabilitäten, insbesondere die Skapholunäre Dissoziation (Watson und Ryu 1984)
3. Die degenerative, isolierte STT-Arthrose (Watson et al. 1985, Kleinman 1989).

Durch die Operation soll ein stabilisierender radialer Pfeiler errichtet, die Gelenkflächenkongruenz zwischen Skaphoid und Radius wiederhergestellt, eine Druckentlastung des Lunatums erreicht, sowie die indirekte Stabilisierung des Kapitatus über die kräftigen Bandverbindungen zum Skaphoid und Trapezoideum bewirkt werden (Buck-Gramcko 1990). Der für die STT-Arthrose wichtigste Schritt der Operation ist die Ausschaltung des Skapho-trapezio-trapezoidären Gelenkes (Watson und Ryu 1984). Aktuelle Veröffentlichungen stellen die STT-Arthrodes bereits als erfolgreiches Therapiekonzept der obengenannten Indikationen dar (Watson et al. 1996, Prommersberger et al. 1998, Sauerbier et al. 2000, Kalb et al. 2001, Meier et al. 2003).

Abb. 2:



Schema der STT-Arthrodes



Konsolidierte STT-Arthrodes

2.2 Indikationen für die STT-Arthrodeese

2.2.1 Lunatumnekrose (Kienböck'sche Erkrankung)

Abb. 3:

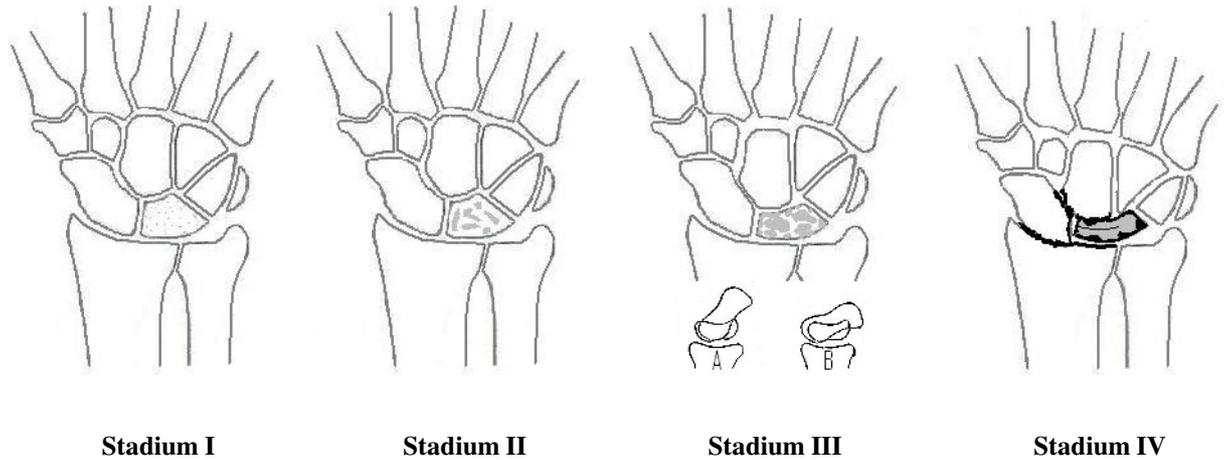


Fortgeschrittene Lunatumnekrose

Die Lunatumnekrose ist eine aseptische Knochennekrose, welche erstmalig von Robert Kienböck (1910) beschrieben wurde. Ihre genaue Ursache ist bis heute nicht geklärt. Mehrfach wurde beschrieben, dass die Kienböck'sche Erkrankung gehäuft mit einer Ulna-Minusvariante einhergeht (Hultèn 1928, Persson 1950, Gelberman et al. 1975, Sundberg et al 1984). In anderen Veröffentlichungen wurde berichtet, dass bei Menschen mit Ulna-Minusvariante keine erhöhte Inzidenz vorliegt (Chan und Huang 1971, Nathan and Meadows 1987). Die Ulna-Minusvariante ist somit nicht als primäre Ursache sondern als ein Kofaktor der Lunatumnekrose anzusehen. Als prädisponierend werden außerdem eine arterielle Minderversorgung (Gelberman et al 1980), sowie ein gestörter venöser Abfluß aus dem Os Lunatum angesehen (Schiltenswolf et al. 1996), welche primär angelegt sein können oder durch ein Trauma bzw. chronische Traumata erworben werden können. Unbehandelt führt die Lunatumnekrose in der Regel zu einer Sinterung des Lunatums, im weiteren Verlauf zu einer Palmarverkipfung des Skaphoids und schließlich zum karpalen Kollaps in Verbindung mit einer massiven Verschleißerkrankung des Handgelenkes (Martini 1998).

Abb. 4: Schema über Stadien der Lunatumnekrose nach Decoulx/Lichtman

(gemäß den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Handchirurgie)



Der Krankheitsverlauf lässt sich anhand der Stadieneinteilung der Deutschen Gesellschaft für Handchirurgie, welche eine Zusammenfassung der Veröffentlichungen von Lichtman und Mitarbeitern (1977, 1993, 1994) sowie Decoulx und Mitarbeitern (1975) darstellt, in vier Stadien einteilen, wobei das Stadium III in zwei Unterstadien (A und B) unterteilt wird. Im Stadium I zeigt sich eine unauffällige Knochenstruktur bei normaler Knochendichte. Die beginnende Nekrose lässt sich nur mit Hilfe der Magnetresonanztomographie nachweisen. Im Stadium II stellt sich eine inhomogene Knochendichte des Lunatums ein. Es kann zur Deformation der radialen Anteile des Mondbeines kommen. Im Stadium III A kommt es zu einer Frakturierung mit zunehmender Deformierung des Mondbeines bei weitgehend intakter karpaler Architektur. Im Stadium III B kommt es zur Proximalisierung des Kopfbeines und es stellt sich zusätzlich eine fixierte Palmarverkipfung des Kahnbeines ein. Im Stadium IV liegt schließlich ein stark zusammengesintertes, verdichtetes Mondbein vor mit fortgeschrittenem karpalem Kollaps sowie mit arthrotischen Veränderungen von Handgelenk und Handwurzel vor.

Tabelle 1.: Die Stadieneinteilung der Lunatumnekrose nach Decoulx/Lichtman
(gemäß den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Handchirurgie)

Stadium I	Stadium II	Stadium III		Stadium IV
unauffällige Knochenstruktur,	diffuse Sklerose,	III A: Frakturierung,	III B: Frakturierung,	starke Verdichtung,
unauffällige Form, nur mittels MRT nachweisbar,	Verlust der normalen Trabekelstruktur, eventuell beginnender Zusammenbruch radial proximal,	geringe äußere Deformierung,	zunehmende Deformierung	Zusammensinterung,
Nachbarknochen unauffällig	Nachbarknochen unauffällig	karpale Architektur erhalten,	karpaler Kollaps	perilunäre Arthrose
		Nachbarknochen unauffällig	vermehrte Flexionsstellung des Skaphoids	Arthrosis deformans

Durch die STT-Arthrodesese wird eine vermehrte Kraftübertragung auf das Radio-Skaphoid-Gelenk erreicht (Horii et al. 1990). Durch diesen Eingriff soll das Lunatum entlastet, der pathologische Prozess aufgehalten und bestenfalls eine Regeneration des Lunatum erreicht werden.

2.2.2 Skapho-trapezio-trapeziodäre Arthrose (STT-Arthrose)

Abb. 5:



STT-Arthrose

Die STT-Arthrose tritt vor allem bei älteren Frauen auf, wobei sie oft einen Zufallsbefund ohne klinische Symptome darstellt (Carstam et al. 1968, Crosby et al. 1978) . Bei einer symptomatischen STT-Arthrose tritt im Bereich der radialen Handwurzel ein Belastungsschmerz beim Grobgriff auf. Die primäre STT-Arthrose stellt eine Verschleißerkrankung dar, die sekundäre Form tritt als Folge eines Traumas auf (Rogers und Watson 1990). Durch die STT-Arthrodese soll die geschädigte Gelenkfläche zwischen den schmerzhaft aneinander reibenden drei Handwurzelknochen ausgeschaltet werden (Watson 1986).

2.2.3 Traumatisch bedingte radiale Handwurzelinstabilitäten

2.2.3.1 Die Sequenz von skapholunärer Dissoziation und SLAC-Wrist

Abb. 6:

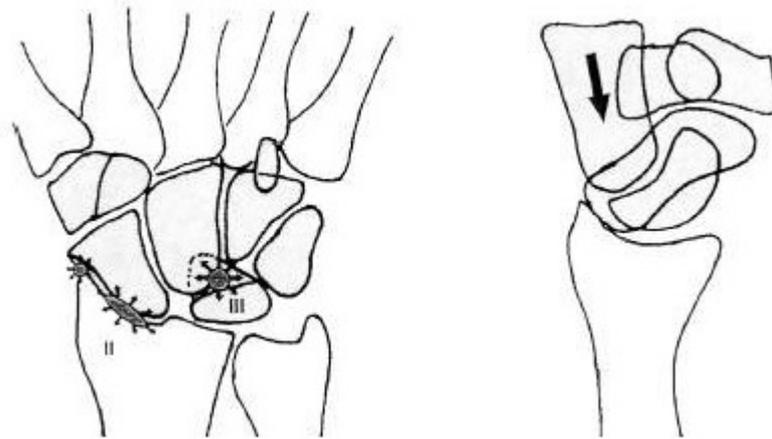


SL-Dissoziation

(MyPACS.net, case 820473; John Hunter, University of California)

Bei der Skapholunären Dissoziation kommt es zur Zerreißung des Ligamentum radio-scapho-lunatum, des Ligamentum radio-scapho-capitatum, des dorsalen skapholunären Bandes und der interossären Bänder zwischen Kahnbein und Mondbein (Buck-Gramcko und Nigst 1983). Ursache sind meist ein Sturz auf gestreckte Hand, ein Anpralltrauma beim Ballsport, degenerative Veränderungen oder eine zu radikale Exzision des dorsalen Ligamentes, z.B. bei Ganglionexstirpation (Hoffmann 1999a). Es resultiert eine Flexionsstellung des Skaphoids, welche aufgrund der ovalären Form des Skaphoids und der elliptischen Form der korrespondierenden Radiusgelenkfläche zur Verkantung des distalen Anteils mit dem Processus styloideus radii und des proximalen Anteils mit der dorsalen Radiusgelenkfläche führt (Krimmer et al. 1997a). Unbehandelt entwickelt sich eine Arthrose, welche sich, ausgehend von der dorsalen Radiusgelenkfläche, auf das gesamte radioskaphoidale Gelenk ausbreitet (Watson und Ryu 1986). Durch die Extensionsstellung des Lunatum, bei der eine Dorsalkippung der Achse mit einer palmaren Translation des Skaphoids einhergeht, kommt es zum Tiefertreten des Kapitatum in den skapholunären Zwischenraum. Diese Konstellation der Handwurzel bezeichnet man als DISI, „dorsiflexed intercalated segment Instability“ (Linscheid et al. 1983). Im weiteren Spontanverlauf kollabiert der Karpus, die Handgelenksarthrose weitet sich aus und es entsteht das Vollbild des SLAC-Wrist (scapholunate advanced collapse, Watson und Ballet 1984).

Abb. 7:



SLAC-wrist (Krimmer und Mitarbeiter, 1997)

Die Indikation zur STT-Arthrodese ist dann gegeben, wenn eine alte Verletzung des skapholunären Bandapparates vorliegt, bei der eine Rekonstruktion der Bänder nicht mehr möglich ist (Kalb et al. 2001).

2.2.3.2 Die Sequenz von Kahnbeinpseudarthrose und SNAC-Wrist

Abb. 8:

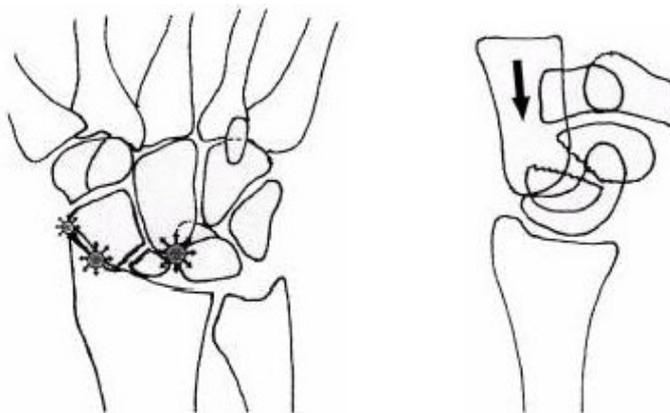


Instabile Kahnbeinfraktur

(institut-main.fr, Arthrose post-traumatique du poignet, Dr. Patrick Houvet / I.F.C.M. Paris)

Bei der knöchernen Unterbrechung der proximalen Handwurzelreihe in Form einer dislozierten Skaphoidfraktur nimmt das distale Fragment eine Flexionsstellung ein, während das proximale Fragment durch die straffe Koppelung an das SL-Band zusammen mit dem Lunatum eine Extensionsstellung einnimmt. Hierdurch resultiert eine Verkantung des distalen Fragmentes mit dem Processus styloideus radii, an dem bei Spontanverlauf die ersten arthrotischen Veränderungen entstehen (Krimmer et al. 1997). Im weiteren Verlauf kommt es analog zum SLAC-wrist zum Tiefertreten des Kapitatum mit einer gleichzeitigen Radialverschiebung. Unbehandelt schreitet der karpale Kollaps fort und die Arthrose breitet sich zunehmend auf der radioskaphoidalen Gelenkfläche aus, so dass das Vollbild des SNAC-wrist (scaphoid nonunion advanced collapse) entsteht (Krakauer et al. 1994).

Abb. 9:



SNAC-wrist (Krimmer und Mitarbeiter, 1997)

2.2.3.3 Die perilunäre Luxation

Abb. 10:



Perilunäre Luxation

(mdchoice.com, Radiology Rounds, Ravi Murphy MD, Department of Radiology, Morristown Memorial Hospital)

Diese Form der Handwurzelluxation erfolgt in der Regel nach dorsal, wobei das Os lunatum in seiner normalen Position verbleibt, während die übrige Handwurzel nach dorsal luxiert (Hoffmann 1999b). Ursache ist ein Sturz auf die ausgestreckte und maximal dorsal extendierte Hand. Dabei bleibt das Lunatum im Bereich seiner palmaren Bandverbindungen an der Radiusgelenkfläche stehen, die palmare Bandverbindung zwischen Lunatum und Capitatium zerreißt, und das Mondbein rutscht zusammen mit dem Radius und der Ulna gegenüber der fixierten Hand palmarwärts. Am Ende dieses Vorganges zerreißt auch die handrückseitige Bandverankerung des Mondbeines zu Kapitatium und Radius (Rudigier 1997). Die palmare perilunäre Luxation resultiert aus Stürzen auf die palmar flektierte Hand und kommt äußerst selten vor. Bei der konservativen Therapie einer perilunären Luxation mit Reposition und Ruhigstellung kann bei inadäquater Heilung des zerrissenen Bandapparates eine Handwurzelinstabilität verbleiben, welche radiologisch einer SL-Dissoziation (siehe oben) entspricht und eine Indikation für die STT-Arthrodesese darstellt.

3. Material und Methoden

3.1 Rekrutierung des Patientengesamtkollektives

In der Zeit von Anfang 1985 bis Ende 1995 wurden insgesamt 99 STT-Arthrodesen bei 97 Patienten in der Abteilung für Handchirurgie, Plastische und Mikrochirurgie des Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhauses Hamburg durchgeführt.

Diese Eingriffe waren durch folgende Diagnosen indiziert worden:

Lunatumnekrose,

die STT-Arthrose,

die Skapholunäre Dissoziation,

die instabile Kahnbeinpseudarthrose

und die perilunäre Luxation,

wobei die Lunatumnekrose mit deutlichem Abstand den größten Anteil ausmachte.

Bei der vorgelegten retrospektiven Studie konnten 60 der behandelten Patienten im Zeitraum von Februar bis Juni 2002 nachuntersucht werden. Bei einem der Patienten waren beide Hände in diesem Zeitraum mit einer STT-Arthrodesen versorgt worden, so dass also insgesamt **61 operierte Hände** nachuntersucht wurden. Das ergibt eine **Auswertungsrate von 62%** der durchgeführten Operationen. Die Patienten waren ausführlich telefonisch über die Studie informiert und zur Untersuchung eingeladen worden.

Von den 37 nicht nachuntersuchten Patienten waren 19 trotz intensiver Recherche nicht mehr auffindbar, 5 hatten kein Interesse an der Teilnahme, 3 konnten aus zeitlichen Gründen nicht teilnehmen, 2 Patienten konnten aufgrund der großen Entfernung nicht kommen, von 6 Patienten war das Aktenmaterial nicht mehr auffindbar, 1 Patient konnte aus gesundheitlichen Gründen nicht an der Untersuchung teilnehmen, 1 Patient war inzwischen verstorben.

Tabelle 2: Verhältnis von operiertem Patientengut und resultierenden Studienteilnehmern

Von 1985 bis 1995 operierte Patienten		97	(99 operierte Hände)
Patienten, die nicht an der Studie teilnahmen		37	(38 operierte Hände)
Nicht auffindbar:	19		
Kein Interesse:	5		
Keine Zeit:	3		
Zu weiter Anfahrtsweg:	2		
Patientenakte verschollen:	6		
Gesundheitliche Gründe:	1		
Verstorben:	1		
Teilnehmer der Studie		60	(61 operierte Hände)
Auswertungsrate	Patienten	62 %	
	Hände	62 %	

3.2 Zusammensetzung des Gesamtkollektives

3.2.1 Zusammensetzung des Kollektives mit Lunatumnekrose

Die Patienten mit einer Lunatumnekrose stellten die bei weitem größte Gruppe innerhalb des nachuntersuchten Patientenkollektives dar. Ihre Anzahl machte eine statistische Auswertung möglich. Von den nachuntersuchten Patienten litten 48 an einer Lunatumnekrose, wobei 5 davon beidseits betroffen waren. Einer dieser Patienten wurde im nachuntersuchten Zeitraum an beiden Händen operiert.

Da bei 4 der Patienten zusätzlich zur STT-Arthrodesse das Lunatum entfernt wurde und damit das Handwurzelgefüge zusätzlich verändert wurde, wurden diese 4 Patienten aus dem Kollektiv entfernt und als Einzelkasuistiken dargestellt.

9 der Nachuntersuchten mit Lunatumnekrose wiesen ursprünglich eine Ulnaminusvariante auf, die entweder in einem vorgeschalteten Eingriff oder gleichzeitig mit der STT-Arthrodesse korrigiert wurde. Da es sich hierbei um einen extraartikulären Eingriff handelt, der in der Regel keinen negativen Einfluß auf die Handgelenksbeweglichkeit hat (Das Gupta et al. 2003) und schmerzfrei ausheilt (Axelsson 1973), beließen wir diese Patienten im statistisch zu untersuchenden Kollektiv.

Bei 14 der Patienten war zusätzlich eine Handgelenksdenervation vorgenommen worden. Diese Gruppe von Fällen wurde zunächst im Ergebnisteil *Schmerzen* der Gruppe der nichtdenervierten Fälle gegenübergestellt und danach in die Gesamtbetrachtung mit einbezogen.

Tabelle 3:

Einseitig betroffene Patienten ausschließlich mit STT-Arthrodeese versorgt	16	Statistische Auswertung: 44 (45 Hände)
Beidseits betroffene Patienten	5 (1 Patient wurde beidseitig operiert)	
Patienten mit zusätzlicher Ulnarminisvariante (Zusatz-OP: Ulnarverkürzungsosteotomie)	9	
Patienten mit zusätzlicher Handgelenksdenervation	14	
Patienten mit zusätzlicher Lunatumentfernung	4	Darstellung unter Kasuistiken
Gesamtanzahl der Patienten mit Lunatumnekrose	48	

3.2.1.1 Präoperative Stadien der Lunatumnekrosen im nachuntersuchten Kollektiv

Tabelle 4:

Stadieneinteilung nach Decoulx / Lichtman für n=45 Hände (44 Patienten)				
Stadium I	Stadium II	Stadium III		Stadium IV
0	6 (13,3%)	III A: 21 (46,7%)	III B: 18 (40,0%)	0

Bei den 45 nachuntersuchten Händen der in der statistischen Auswertung verbliebenen 44 Patienten mit Lunatumnekrose war präoperativ die Stadiumsbestimmung nach Decoulx bzw. Lichtman vorgenommen worden. Da bei einigen Patienten die prä- und direkt postoperativ gemachten Bilder nicht mehr vorlagen, musste die Stadieneinteilung ohne Überprüfung aus der Patientenakte übernommen werden. Nach der Decoulx / Lichtman - Klassifikation gehörten 6 (13,3%) der untersuchten Hände mit Lunatumnekrose dem Stadium II, 21 (46,7%) Hände dem Stadium IIIa und 18 (40,0%) Hände dem Stadium IIIb an.

3.2.1.2 Geschlechterverteilung im Kollektiv der Lunatumnekrosen

Tabelle 5:

Geschlechterverteilung 31 nachuntersuchter Hände mit Lunatumnekrose	
Frauen: 14 (31,8%)	Männer: 30 (68,2%)
Verhältnis (F/M):	1:2,14

Bei den insgesamt 44 im Kollektiv verbliebenen Patienten mit Lunatumnekrose standen 30 Männer mit 31 operierten Händen 14 Frauen mit 14 operierten Händen gegenüber. Das entspricht einem Frauen/Männer-Verhältnis von 1 : 2,14.

3.2.1.3 Altersverteilung im Kollektiv der Lunatumnekrosen

Tabelle 6:

Altersverteilung bei den nachuntersuchten Patienten mit Lunatumnekrose		
Minimum: 16 Jahre	Median: 34 Jahre	Maximum: 69 Jahre
Frauen: 16	Frauen: 46	Frauen: 69
Männer: 16	Männer: 30	Männer: 56

Zum Zeitpunkt der Operation betrug der Altersmedian 34 Jahre. Die jüngste Patientin war bei der Operation 16 Jahre alt, die älteste Patientin war 69 Jahre alt. Der Altersmedian der Frauen betrug 46 Jahre. Bei den Männern betrug der Altersmedian 30 Jahre, wobei das Minimum 16 Jahre, das Maximum 56 Jahre betrug. Für beide Geschlechter zusammen ergibt sich ein Altersminimum von 16 Jahren, ein Altersmedian von 34 Jahren und ein Altersmaximum von 69 Jahren.

3.2.1.4 Vertretene Berufsgruppen im Kollektiv der Lunatumnekrosen

An Berufsgruppen war die gesamte Bandbreite vom Handwerker über die Hausfrau bis zum Anwalt vorhanden. Um den jeweiligen Beruf mit der mit ihm einhergehenden Belastung auf Hand und Handgelenk in Bezug zu setzen, wurden die nachzuuntersuchenden Patienten in drei Gruppen eingeteilt:

1. Patienten mit Berufen mit leichter Belastung von Hand und Handgelenk (z.B. Anwalt, Verkäufer, Schreibtischberufe, etc.)
2. Patienten mit Berufen mit mittelschwerer Belastung von Hand und Handgelenk (z.B. Raumpflegerin, Hausfrau, Restaurantfachfrau, etc.)
3. Patienten mit Berufen mit starker Belastung von Hand und Handgelenk (z.B. Stahlbetonbauer, Schlachter, Schlosser, etc.)

Der Gruppe 1 gehörten insgesamt 11 Patienten an, der Gruppe 2 gehörten 14 Patienten an und der Gruppe 3 gehörten 19 Patienten an.

Tabelle 7: Berufsgruppeneinteilung nach Belastung

Berufsgruppe 1 (leichte Belastung des HG)	Berufsgruppe 2 (mittelschwere Belastung des HG)	Berufsgruppe 3 (schwere Belastung des HG)
Anwalt	Raumpflegerin	Glaser
Versicherungskaufmann	Laborantin	2 Berufskraftfahrer (mit Be- u. Endladung)
Arzt (Pharmakologe)	5 Hausfrauen	Elektromeister
Arzthelferin	Krankenschwester	Bäcker
Informatikstudent	Konstrukteur	Obstbauer
Verwaltungsangestellte	Verkäuferin	Mechaniker
Bankkaufmann	Restaurantfachfrau	Masseur
Schüler	Desinfektor	Landwirt
Schülerin	Funkelektroniker	Lagerarbeiter
Bürokaufmann	Informationselektroniker	Rohrschlosser
Apothekenhelferin		Transportarbeiter
		Stahlbetonbauer
		Tischler
		Schlosser
		KFZ-Mechaniker
		Maurer
		Zimmermann
		Dreher
Patientenzahl: 11 25%	Patientenzahl: 14 32%	Patientenzahl: 19 43%

3.2.1.5 Seitenbefall der Lunatumnekrose vor dem Hintergrund der manuellen Dominanz

Tabelle 8:

manuelle Dominanz	betroffene Hand Lunatumnekrose	operierte rechte Hände	operierte linke Hände
gesamt: 44 (100 %)	gesamt: 44 (100%)	gesamt: 27 (100%)	gesamt: 18 (100%)
Rechtsh.: 39 (88,6%)	nur rechts: 22 (50%)	dominant: 22 (81,5%)	dominant: 2 (11,1%)
Linksh.: 4 (9,1%)	nur links: 17 (38,6%)	nicht dominant: 5 (18,5%)	nicht dominant: 16 (88,9%)
Beidh.: 1 (2,3%)	beidseits: 5 (11,4%) (beidseits operiert: 1)		

Insgesamt wurden bei 44 Patienten mit Lunatumnekrose operiert. 39 der Patienten waren Rechtshänder, 4 waren Linkshänder und ein Patient war Beidhänder. 5 der Patienten, welche alle Rechtshänder waren, hatten auch links eine Lunatumnekrose ausgebildet, welche jedoch nur bei einem Patienten im nachuntersuchten Zeitraum operiert worden war. Auf die Hände bezogen wurden 27 rechte und 18 linke Hände operiert. Von den rechten Händen waren 22 dominant. Einer der rechts operierten Patienten war eine echter Beidhänder. Von den 18 operierten linken Händen waren dagegen nur 2 dominant. Zusammenfassend wurden also 45 Hände operiert von denen 24, entsprechen 53,3%, dominant waren und 21, entsprechen 46,7%, nicht dominant waren.

Tabelle 9:

Zusammenfassung manuelle Dominanz	
Gesamt:	45 operierte Hände (100%)
dominant:	24 (53,3%)
nicht dominant:	21 (46,7%)

3.2.1.6 Nachuntersuchungsintervall

Tabelle 10:

Postoperatives Nachuntersuchungsintervall STT-Arthrodeese		
Minimum: 5 Jahre	Median: 12 Jahre	Maximum: 17 Jahre

Am Nachuntersuchungstermin lag die STT-Arthrodeese bei den Patienten mit Lunatumnekrose durchschnittlich 12 J zurück, wobei das Minimum bei 5 Jahren u. das Maximum bei 17 Jahren lag.

3.2.2 Zusammensetzung des Kollektives mit anderen Indikationen zur STT-Arthrodeese

Bei den übrigen 12 Patienten waren die Erkrankungen, welche zur operativen Behandlung geführt hatten, sehr unterschiedlich und die Fallzahlen sehr gering. Aus diesen Gründen war eine statistische Auswertung dieser Daten nicht möglich. Deshalb wurden diese Fälle zusammen mit den 4 oben genannten Lunatumnekrosen ausführlich im Ergebnisteil als Einzel- bzw. Gruppenkasuistiken abgehandelt.

Von den Patienten mit **traumatischer Handwurzelverletzung** litten 5 an einer Skapholunären Dissoziation, bei 1 Patienten lag eine perilunäre Luxation vor, 1 Patientin wies ein SNAC-Wrist in Form einer Kahnbeinfraktur kombiniert mit einer skapholunären Bandzerreißung und einer distalen Radiusfraktur auf und 1 Patient zeigte das Bild einer instabilen Kahnbeinpseudarthrose.

Bei 4 Patienten war eine primäre STT-Arthrose die Indikation für die Operation.

Tabelle 11:

Diagnose	posttraumat. SL-Dissoziation	SNAC-Wrist infolge eines komplexen Handgelenkstraumas	Karpusinstabilität nach perilunärer Luxation	Kahnbeinpseudarthrose	Exstirp. nekrot. Lunatum	Prim. STT-Arthrose
Anzahl	5	1	1	1	4	4

3.3 Operationsstandard hinsichtlich der STT-Arthrodeuse (nach Buck-Gramcko 1990)

Die STT-Arthrodeuse stellte den Haupteingriff im nachuntersuchten Patientenkollektiv dar. Zum Ausschluß der Ulna-Minusvariante als möglichen Kofaktor der Lunatumnekrose wurde bei den betroffenen Patienten der Längenunterschied zur Ulna durch eine Radiusverkürzungsosteotomie ausgeglichen. Bei einigen Patienten wurde aufgrund der subjektiven Einschätzung der Schmerzausprägung durch den präoperativen Untersucher zusätzlich zur STT-Arthrodeuse eine Denervation am Handgelenk vorgenommen. Da es sich sowohl bei der Radiusverkürzungsosteotomie als auch bei der Handgelenksdenervation um extraartikuläre Eingriffe handelt, welche weder das Handgelenksgefüge noch die Gelenkflächen beeinträchtigen, können diese Eingriffe als adjuvante Eingriffe bezeichnet werden.

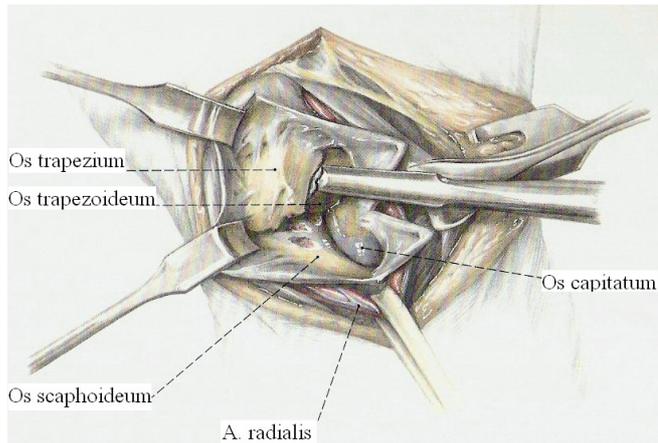
Abb. 11 (modifiziert nach Pechlaner et al.; Operationsatlas Handchirurgie. Georg Thieme Verlag Stuttgart 1998)



Als operativer Zugang wird zunächst ein S-förmigen Hautschnitt über der radio-dorsalen Handwurzel angebracht, welcher über dem Karpometakarpalgelenk II verläuft.

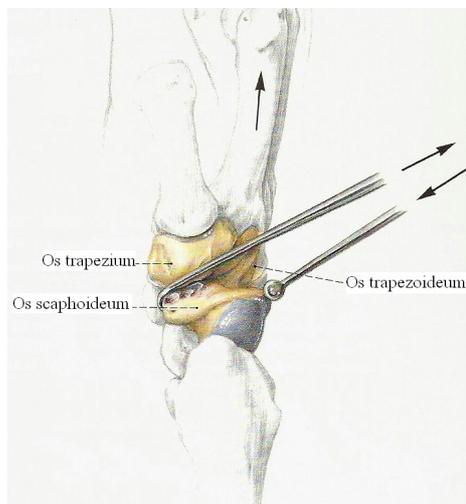
Unter Schonung der oberflächlichen Nervus-radialis-Äste und der Arteria radialis mit ihrem Ramus carpeus dorsalis, wird zwischen den Sehnen des M. extensor carpi radialis brevis und des M. extensor pollicis longus, in die Tiefe präpariert und das Triskaphoidgelenk freigelegt.

Abb. 12 (modifiziert nach Pechlaner et al.; Operationsatlas Handchirurgie. Georg Thieme Verlag Stuttgart 1998)



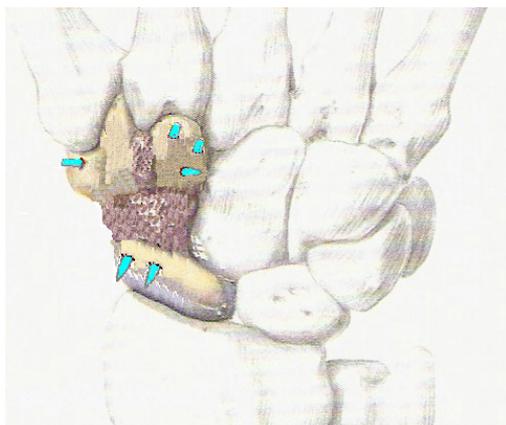
Am distalen Kahnbeinpol wie auch an den Gelenkflächen von Trapezium und Trapezoid wird mit schmalen Meißel die Gelenkflächenresektion bis zur kompletten spongiösen Eröffnung durchgeführt.

Abb. 13 (modifiziert nach Pechlaner et al. 1998)



In den entstandenen Defekt wird ein leicht konischer Spongiosablock fest eingepasst. Der Span wird unter Zug eingesetzt. Die Arthrodesis wird unter Einstellung eines skapholunären Winkels von 45° mit drei K-Drähten fixiert.

Abb. 14 (modifiziert nach Pechlaner et al. 1998)



Alternativ kann auch die K-Draht-Transfixation unter Einstellung des SL-Winkels erfolgen und der Resektionsspalt anschließend mit Spongiosa aufgefüllt werden. Ab 1990 konnte festgestellt werden, dass sich auf diese Weise ebenfalls eine fristgerechte Durchbauung der STT-Arthrodesis erreichen läßt.

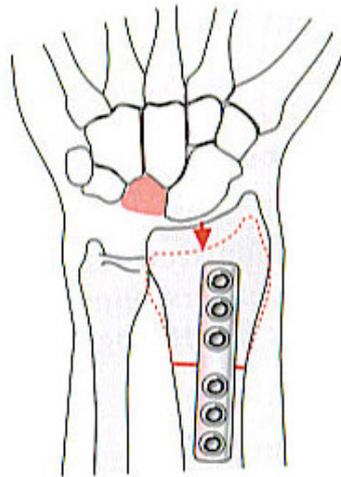
Postoperativ wird eine Ruhigstellung des Handgelenkes in einer dorsalen Unterarmgipschiene unter Einschluß des Daumengruglieders für 6 Wochen durchgeführt. Darauf beginnt die krankengymnastische Nachbehandlung. Nach 6 bis 8 Wochen werden die K-Drähte entfernt.

3.4 Interkurrente Eingriffe im Handgelenksbereich

3.4.1 Radiusverkürzungsosteotomie

Dieser operative Eingriff wird als primäre Therapie bei Lunatumnekrosen im Frühstadium mit Ulnaminusvariante (Trail et al. 1996) oder adjuvant bei STT-Arthrodese bei fortgeschrittener Lunatumnekrose mit Ulnaminusvariante durchgeführt (Staudenmaier und Wilhelm 1997). Durch den Eingriff wird ein Längenausgleich zwischen Radius und zu kurzer Ulna erreicht. Um zu verhindern, dass das Scaphoid dem verkürzten Radius nach proximal folgt und das Lunatum in die Fossa lunati gezogen wird, werden die schrägen, zum Pisiforme und Triquetrum hinziehenden Anteile des Ligamentum radiocarpale dorsale abgelöst (Axelson 1973). Durch die Radiusverkürzung soll eine Druckentlastung über die Absenkung der Fossa lunata und eine dadurch vermehrte Lunatumabstützung auf dessen ulnaseitiger Facette erreicht werden (Trumble et al. 1986)

Abb. 15:



Darstellung der Radiusverkürzungsosteotomie

(nach A.-K. Martini aus Ewerbeck V, Wentzensen A et al.: Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie. 2. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2004)

Der Eingriff wird über einen dorsalen Längsschnitt über dem distalen Radius durchgeführt. Die Verkürzung erfolgt im Metaphysenbereich und beträgt ca. 2 bis 3 mm. Distaler und proximaler Radiusanteil werden über eine Plattenostesynthese wieder miteinander verbunden.

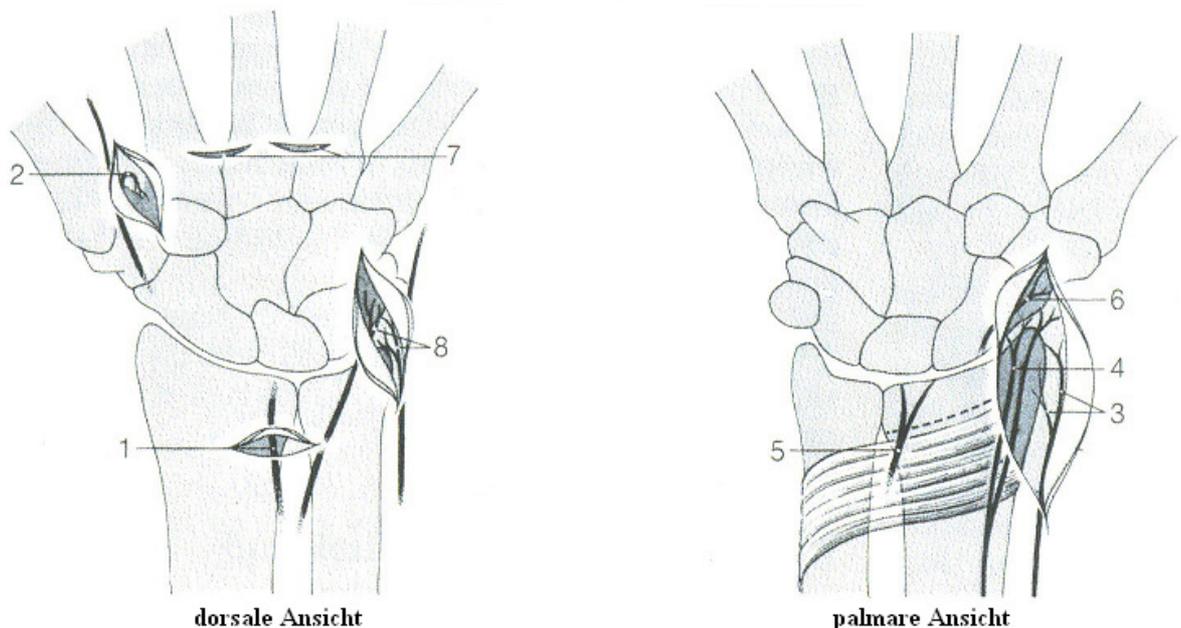
3.4.2 Handgelenksdenervation (nach A. Wilhelm 1972)

Dieser operative Eingriff wird nach der Einschätzung des präoperativen Untersuchers zusätzlich durchgeführt. Die Indikationsstellung ist folglich sehr subjektiv.

Bei der Operation bleiben Motorik, Oberflächen- und Tiefensensibilität erhalten, lediglich gelenkinnervierende Nervenäste werden ausgeschaltet. Nachteile dieser Operation sind, dass die Symptomatik auch bei anfänglicher Schmerzfreiheit nach einigen Jahren wieder auftreten kann und dass die intraossären schmerzleitenden Nervenfasern durch den Eingriff nicht ausgeschaltet werden können. Durch eine präoperativ durchgeführte Testblockade der zu durchtrennenden Nervenbahnen und Nervenäste mit einem Lokalanästhetikum muss eine Schmerzfreiheit zu erzielen sein, andernfalls ist ein denervierender Eingriff nicht sinnvoll.

Abb. 17: Darstellung der Wilhelm'schen Denervationspunkte der Handwurzel

(Abbildung modifiziert nach Rudigier, Kurzgefäßte Handchirurgie. 4. Auflage. Hippokratesverlag 1997)



„Punkt 1“-Denervation: Hierbei wird der N. Interosseus posterior über eine 2 cm lange Längsinzision, etwa 3 cm proximal der Handwurzel, unter ulnarem Weghalten der Fingerstrecksehnen, dargestellt und resiziert. Die Begleitgefäße werden koaguliert.

„Punkt 2“-Denervation: Hierbei wird der R. articularis spatii interossei I, welcher palmarwärts vom zum Daumen und Zeigefinger ziehenden Radialast abzweigt, über einen kleinen dorsalen Hautlängsschnitt über dem 1. Intermetakarpalgelenk dargestellt und resiziert.

„Punkt 3“-Denervation: Hierbei wird radiopalmarwärts über einen etwa 3 cm langen, bögenförmigen, handgelenksnahen, zwischen Arteria radialis und der Sehne des Musculus flexor carpi radialis verlaufenden Hautschnitt die paravasal zur A. radialis verlaufenden Gelenkäste des N. cutaneus antebrachii radialis gründlich dargestellt und durchtrennt.

„Punkt 4“-Denervation: Hierbei werden über den gleichen Hautschnitt wie bei Punkt 3 durch epifasziales Abpräparieren des Hautmantels um den distalen Radius und seinen Processus styloideus herum die nach dorsal abgehenden Gelenkäste des Ramus superficialis nervi radialis durchtrennt.

„Punkt 5“-Denervation: Hierbei erfolgt die Darstellung des distalen M. pronator quadratus durch Eingehen zwischen der A. radialis und der Sehne des M. flexor carpi radialis. Der Nervus medianus und die Beugesehnen werden mit einem langen Haken nach ulnar gehalten, und das Bindegewebe am distalen Rand des M. pronator quadratus wird elektrisch bis auf das Periost des Radius parallel zur Gelenkfläche samt dem darin befindlichen Nervus interosseus anterior und seinen Ästen durchtrennt.

„Punkt 6“-Denervation: Hierbei wird am distalen Ende der bogenförmigen Inzision durch subkutanes Präparieren nach medial auch der Gelenkast des Ramus palmaris nervi mediani dargestellt und durchtrennt.

„Punkt 7“-Denervation: Hierbei werden über dorsale, querverlaufende Hautinzisionen die Intermetakarpalgelenke II und III unter Weghalten der Strecksehnen dargestellt und die Rami articulares spatii interossei II und III aus dem tiefen Endast des N. ulnaris durch elektrische Koagulation des Bindegewebes über den Basen der Mittelhandknochen durchtrennt.

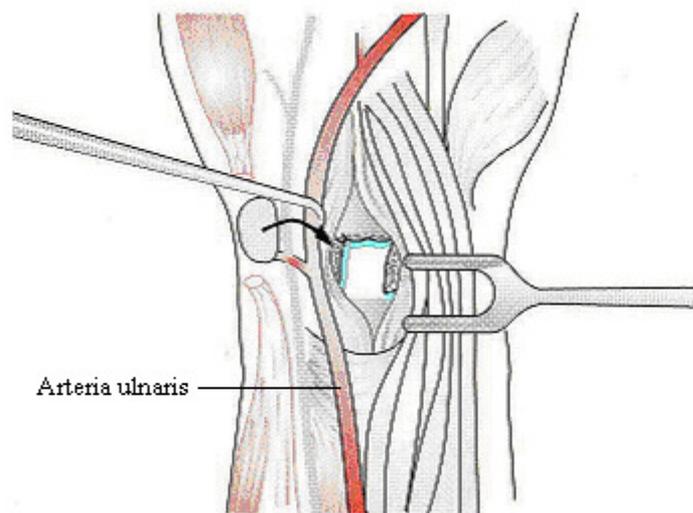
„Punkt 8“-Denervation: Hierbei werden über einen S-förmigen, dorso-ulnaren Hautschnitt durch einfaches epifasziales Abpräparieren des Hautmantels um den Processus styloideus ulnae und das ulnare Handgelenk herum, unter strikter Schonung des

im subkutanen Gewebe verlaufenden dorsalen Astes des N. ulnaris, die Gelenkäste des Nervus ulnaris, des Nervus cutaneus antebrachii posterior und des Nervus cutaneus antebrachii medialis durchtrennt.

3.4.3 Os pisiforme-Interposition zum Mondbeinersatz

Bei der OP nach Saffar (1982) wird das endgradig nekrotische Mondbein komplett reseziert und das an seinem Gefäßstiel verbleibende Os pisiforme als Platzhalter transponiert. Da durch die Mondbeinresektion eine Rotationsinstabilität des Kahnbeins resultiert, sollte dieser Eingriff immer mit einer STT-Arthrodesen kombiniert werden.

Abb. 18:



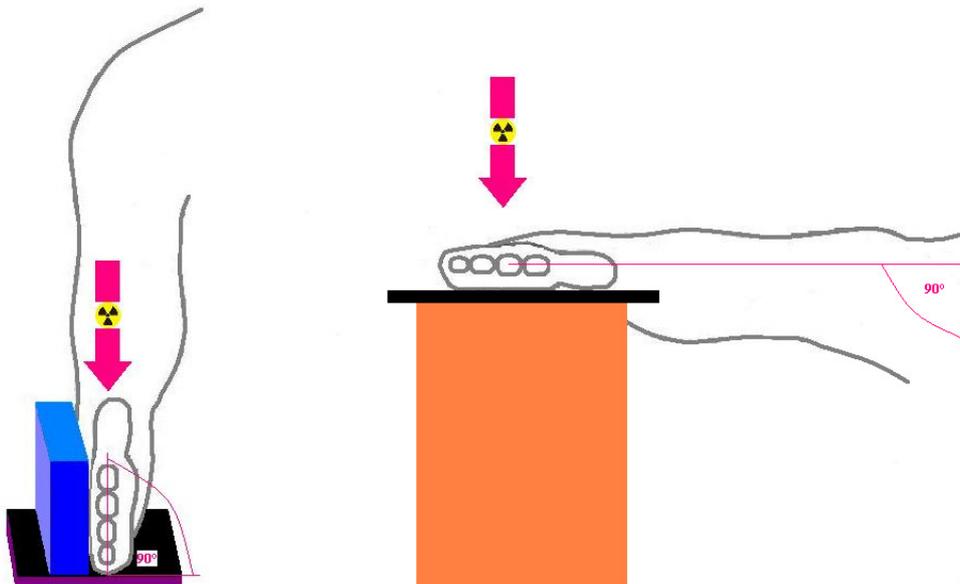
OP nach Saffar

3.5 Untersuchungsmethoden

3.5.1 Röntgendiagnostik

3.5.1.1 Standardisierte Aufnahmetechnik zur Vergleichbarkeit der Karpusprojektionen hinsichtlich der Handwurzelvermessung

Abb. 19: Aufnahmetechnik nach Taleisnik (1985) zur standardisierten Untersuchung des Handgelenkes



Bei der Relativlängenfeststellung von Radius und Ulna hat sich gezeigt, dass die Längenverhältnisse auch mit Nuancen der Unterarmrotation und dem Winkel des Zentralröntgenstrahls erheblich variieren, weswegen stets auf die Einhaltung von Standardaufnahmen geachtet werden (Taleisnik 1985, Sennwald 1987).

Zur radiologischen Beurteilung der Handwurzel erstellten wir an jeder operierten Hand standardisierte Röntgenaufnahmen in 4 Ebenen. Bei der dorsopalmaren Aufnahme war das Schultergelenk um 90° abduziert, das Ellenbogengelenk um 90° gebeugt. Die Hand lag flach auf der Röntgenplatte. Das MHK-III-Köpfchen wurde mitabgebildet. Bei der seitlichen Aufnahme war der Oberarm im Schultergelenk adduziert, das Ellenbogengelenk um 90° gebeugt und die ulnare Kante von Mittelhand, Handwurzel und Unterarm auf der Röntgenplatte positioniert. Außerdem wurden bei gleicher Stellung in Ellenbogengelenk

und Schultergelenk noch je eine Handgelenksaufnahme in 45° Pronation und 45° Supination angefertigt.

3.5.1.2 Digitalisierung der Röntgenbilder und Bildbearbeitung

Um in dieser Studie systematische Ausmessungen der Karpusgeometrie zu gewinnen, wurden die Röntgenbilder zunächst digitalisiert. Hierbei wurden von jeder Hand (sofern die Bilder vollständig waren) die dorsopalmaren und lateralen Aufnahmen des präoperativen Status, des postoperativen Status und des Status bei der Spätuntersuchung mit einer Auflösung von 4 Mio. Pixeln digitalisiert. Darauf wurden die Aufnahmen mit einem Bildbearbeitungsprogramm vorbearbeitet. Wenn erforderlich wurden zur besseren Abgrenzung der Konturen Kontrast und Helligkeit verändert um eine genaue Vermessung von Handwurzel, Mittelhand und SL-Winkel zu ermöglichen.

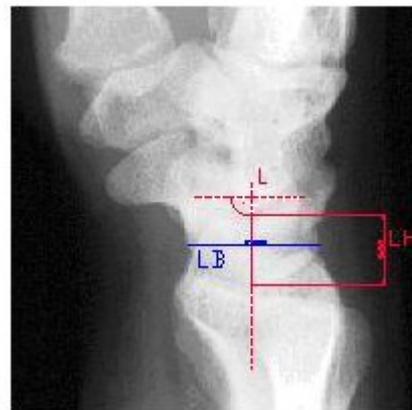
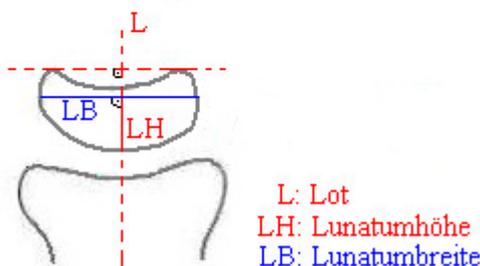
3.5.1.3 Vermessung von Karpus und Mittelhand und Errechnung der relativen Karpus- und Lunatumhöhe

Die Vermessung der vorbearbeiteten Bilder wurde mit dem Konstruktionsprogramm AutoCAD LT 97 durchgeführt.

3.5.1.4 Ståhl-Index zur Bestimmung der relativen Lunatumhöhe

Abb. 20:

$$\text{Ståhl-Index} = \frac{\text{LH}}{\text{LB}}$$



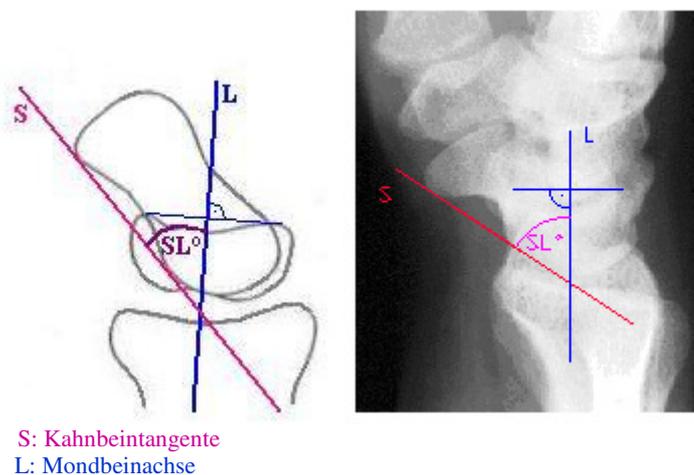
Ermittlung des Ståhl-Index (Lunatumhöhe dividiert durch Lunatumbreite)

Der Ståhl-Index wird zur Beschreibung der Morphologie des Lunatums verwendet. Er wird am seitlichen Röntgenbild des Handgelenkes ermittelt und stellt den Quotienten aus

sagitaler Lunatumhöhe und sagitaler Lunatumbreite dar, wobei der physiologische Wert **0,53** beträgt. Die sagitale Lunatumbreite wird durch den größten horizontalen Durchmesser des Mondbeines beschrieben, wobei die Horizontale durch die Verbindungslinie beider Sichelspitzen definiert ist. Schlägt man nun ein Lot über dem Mittelpunkt der Verbindungslinie beider Spitzen, so beschreibt der Lotabschnitt zwischen Konkavität und Konvexität des Mondbeines die sagitale Lunatumhöhe (Axelsson 1973).

3.5.1.5 Skapholunärer (SL-) Winkel zur Bestimmung der Palmarkippung des Kahnbeines und der DISI-Stellung des Mondbeines

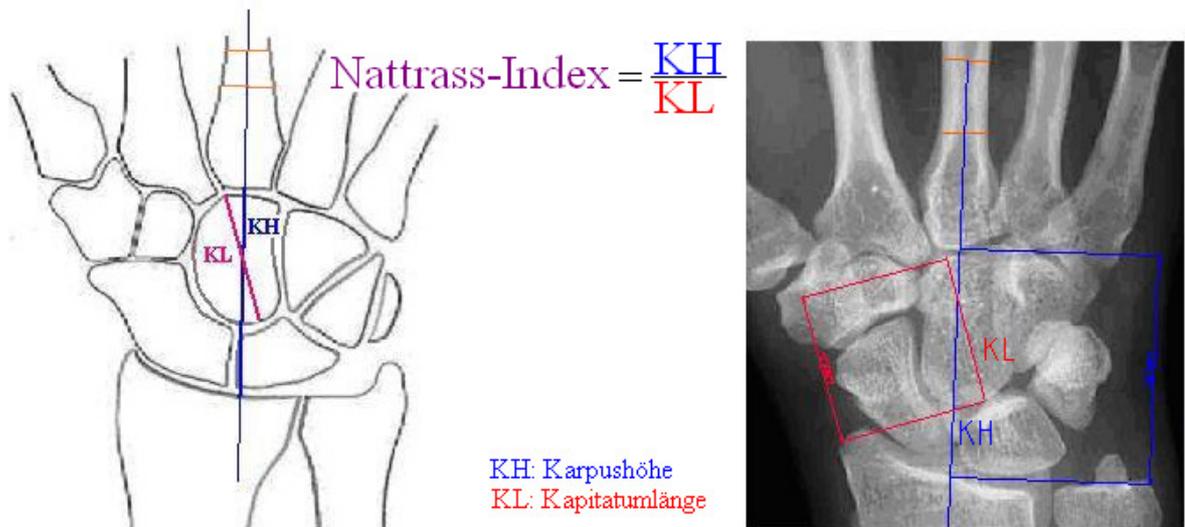
Abb. 21: SL-Winkel zwischen palmarer Kahnbeintangente und vertikaler Mondbeinachse (Tangentenmethode)



Der skapholunäre Winkel wurde nach der sogenannten Tangentenmethode ermittelt. Dabei wird in der seitlichen Aufnahme der Handwurzel genau die Gerade an die palmare Oberfläche des Skaphoids angelegt, die sowohl die Tangente der proximalen Konvexität als auch der distalen Konvexität darstellt. Da das oben beschriebene Lot über dem Mittelpunkt der Verbindungslinie beider Sichelspitzen des Mondbeines die Achse des Mondbeines darstellt, kann am Schnittpunkt der palmaren Skaphoidtangente mit der Lunatumachse der Winkel zwischen beiden Knochenachsen ermittelt werden. Die physiologische Bandbreite des SL-Winkels rangiert zwischen 30 und 60° entsprechend der individuellen Festigkeit der Handwurzelligamente (Linscheid et al. 1972).

3.5.1.6 Natrass-Index zur Bestimmung der relativen (kopfbeinbezogenen) Karpushöhe

Abb. 22:



Ermittlung des Natrass-Index (Karpushöhe in der Mittelachse geteilt durch Kapitatumlänge)

Der Index nach Natrass dient zur Feststellung des karpalen Kollaps und dessen Ausprägung (Natrass et al. 1994). Er stellt den Quotienten aus Karpushöhe und Kapitatumlänge dar, wobei der physiologische Wert $1,57 \pm 0,06$ beträgt. Zunächst werden auf dem Umriß des MHK-III-Schaftes zwei möglichst weit voneinander entfernte Querschnitte eingezeichnet und durch deren Mittelpunkte eine Achse gelegt, über der die Karpushöhe als Abstand zwischen MHK-III-Basis und distaler Radiusgelenkfläche gemessen wird. Die Kapitatumlänge wird über dem größten Abstand zwischen distaler und proximaler Gelenkfläche gemessen.

Hinsichtlich der Bestimmungsgenauigkeit muß beachtet werden, dass Natrass et al. unter Einbeziehung des Verlässlichkeitskoeffizienten festgestellt haben, dass bei gleichem Untersucher erst eine Änderung des Natrass-Index um mehr als 0,04 mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% beweisend für die Ab- bzw. Zunahme der karpalen Höhe ist.

3.5.1.7 Prüfung auf komplette Durchbauung der STT-Arthrodeese anhand der Röntgenaufnahmen

Der STT-Arthrodeesebereich wurde in jedem Falle in zwei zusätzlichen Schrägprojektionen dargestellt, um einen möglichen Pseudarthrosespalt auszuschließen.

3.5.1.8 Erfassung der Arthroseentwicklung im Beobachtungszeitraum

Für die Erfassung der arthrotischen Zustände in den Handgelenken standen retrospektiv die perioperativen und die anlässlich der Nachuntersuchung angefertigten Röntgenbilder zur Verfügung. Die in den Röntgenaufnahmen erkennbaren Arthrosezeichen wurden in unten aufgeführter Weise gestaffelt, um einen Arthrosegrad zuweisen zu können.

Einstufung des Arthrosegrades im Handgelenk nach nativradiologischen Gesichtspunkten:

Grad 0: Handgelenke ohne jegliche Arthrosezeichen in der dorsopalmaren und lateralen Röntgenaufnahme.

Grad 1: Handgelenke mit beginnender Sklerose der Gelenkzonen und geringer Randkantenausziehung.

Grad 2: Handgelenke mit deutlicher Sklerose, Osteophytenbildung und Verschmälerung des Gelenkspaltes.

Grad 3: Handgelenke mit manifester Panarthrose.

Da einige der alten Röntgenaufnahmen fehlten, wurden zur Bestimmung des präoperativen Arthrosegrades die schriftlichen Befunde aus der Akte und die intraoperativen bzw. direkt postoperativ durchgeführten Röntgenbilder herangezogen. Die Operation selbst hat nämlich keinen verändernden Einfluß auf die Arthrosekriterien.

Bei Patienten mit arthrosefreiem Handgelenk bei der Nachuntersuchung konnte auch ohne Vorbefunde auf einen präoperativ arthrosefreien Zustand zurückgeschlossen werden.

3.5.2 Feststellung der Spätergebnisse durch klinische Untersuchung und Befragung

Bei der klinischen Nachuntersuchung der Patienten wurden die Bewegungsausmaße im Handgelenk mit einem üblichen Winkelmesser und die Grobkraft mit dem Vigorimeter nach Martin, Ballongröße 5, jeweils an der betroffenen und an der gesunden Hand ermittelt.

Ferner wurden die Studienteilnehmer anhand von 2 Verbalskalen nach dem subjektiven Therapieergebnis befragt.

Wenn möglich, wurden die Nachuntersuchungsergebnisse mit den präoperativen Daten in Relation gesetzt.

Tabelle 12: Erhebung der klinischen Daten bei der Nachuntersuchung

Klinische Untersuchungsparameter	Meßinstrument	Ausmaß	
Handgelenksbeweglichkeit	Winkelmesser	Messungen nach der Neutral -0- Methode bds.	Extension: Flexion: Ulnarabduktion: Radialabduktion
Kraft	Vigorimeter nach Martin	Dreimalige Messung bds. u. Ermittlung des arithmetischen Mittels. Ermittlung der relativen Kraft bzgl. der gesunden Gegenseite.	Grobkraft Einheit: Kp/cm ²
Schmerz	Verbalskala in Relation zum Ausgangsbefund	Subjektive Beurteilung durch den Pat. anhand der rechtsstehenden Skala	Keine Schmerzen Geringer als vor der OP Genau wie vorher Schlimmer als vorher
Gesamtzufriedenheit	Verbalskala in Relation zum Ausgangsbefund	Subjektive Beurteilung durch den Pat. anhand der rechtsstehenden Skala	Ergebnis ist absolut gut Besser als vor der OP Genau wie vorher Schlechter als vorher

3.5.3 Erfassung der Therapieergebnisse durch multifaktorielle Untersuchungsschemata (Scorebildung)

Zur Quantifizierung der Ergebnisse und für deren Vergleichbarkeit mit anderen Veröffentlichungen wurden die Operationsergebnisse nach vier international anerkannten Schemata erfasst und jeweils mit Hilfe einer Score-eigenen Punkteskala in eine Gesamtpunktzahl überführt.

3.5.3.1 Mayo Wrist Score (Mayo-Score)

Dieser Score wurde als „Clinical Scoring Chart“ von Cooney und Mitarbeitern (1987) bei der Nachuntersuchung von dislozierten perilunären Frakturen des Handgelenkes eingeführt und ist inzwischen als ein gebräuchliches Bewertungsschema des verletzten Handgelenkes bzw. der verletzten Handwurzel und ihrer Therapien etabliert. Das Schema bewertet Schmerz, funktionellen Status, Ausmaß der Handgelenksbeweglichkeit und Griffkraft der versorgten Hand. Die Summe der erreichten Punktzahl ergibt eine Zuordnung für ein **hervorragendes (91 bis 100 Punkte)**, ein **gutes (81 bis 90 Punkte)**, ein **befriedigendes (65 bis 80 Punkte)** und ein **ungenügendes (<65 Punkte)** Ergebnis.

Tabelle 13: Mayo-Score 0 bis 100 (= volle HG-Integrität)

Kategorien	Punkte	Ausprägung
Schmerzfreiheit (max.: 25 Punkte)	25	Keine Schmerzen
	20	Gelegentlich leichte Schmerzen
	15	Mäßige, aushaltbare Schmerzen
	0	Heftige bis nicht aushaltbare Schmerzen
Funktionsstatus (max.: 25 Punkte)	25	Uneingeschränkte Rückkehr in die vorher ausgeübte Berufstätigkeit
	20	Eingeschränkte Berufstätigkeit
	15	Arbeitsfähig, jedoch arbeitslos
	0	Arbeitsunfähig aufgrund der Schmerzen
Bewegungsausmaß (max.: 25 Punkte)	25	100% des Bewegungsausmaßes der gesunden Gegenseite
	15	75 – 100% der gesunden Gegenseite
	10	50 – 75% der gesunden Gegenseite
	5	25 – 50% der gesunden Gegenseite
	0	0 – 25% der gesunden Gegenseite
Grobkraft (max.: 25 Punkte)	25	100% der Grobkraft der gesunden Gegenseite
	15	75–100% der gesunden Gegenseite
	10	50 – 75% der gesunden Gegenseite
	5	25 – 50% der gesunden Gegenseite
	0	0 – 25% der gesunden Gegenseite

3.5.3.2 Krimmer-Score

Der Krimmer-Score stellt eine Weiterentwicklung des Mayo-Score dar. Er erfasst den Schmerz nach anderen Kriterien und den funktionellen Status über den Berufsbezug hinaus. Die für den Patienten oft schwierige Differenzierung zwischen mäßigem oder leichtem Schmerz wurde ersetzt durch die Unterscheidung zwischen Ruhe- und Belastungsschmerz. Beim funktionellen Status wurde die subjektive Einschätzung der Berufsfähigkeit durch die subjektive Einschätzung der alltäglichen Gebrauchsfähigkeit ersetzt. Außerdem kann der Untersucher bei diesem Schema auch die Bewertung der Umwendbewegung miteinbeziehen, falls dies von Interesse ist. Die Punktvergabe in der Kategorie Beweglichkeit erfolgt durch Summation des Bewegungsumfanges für Extension-Flexion und Radial-Ulnarabduktion und Division des Ergebnisses durch 2, falls nur diese Bewegungsebenen berücksichtigt werden sollen. Bei zusätzlicher Messung der Pronation-Supination werden alle drei Ergebnisse summiert und durch 3 dividiert. Die ermittelte Summe ergibt einen Wert, der aufgrund seiner Spannweite von 0 bis 100 bildlich als prozentuales Ergebnis der verbliebenen Fähigkeiten der beeinträchtigten Hand zu verstehen ist.

Tabelle 14: Krimmer-Score [0 bis 100= volle HG-Integrität]

Kategorien	Punkte	Ausprägung		
Kraft (max.: 30 Punkte)	0	0 – 25% der Kraft der gesunden Gegenseite		
	10	>25 – 50% der gesunden Gegenseite		
	20	>50 – 75% der gesunden Gegenseite		
	30	>75 –100% der gesunden Gegenseite		
		Extension/Flexion	Radial-/Ulnarabd.	Pronation/Supination
Beweglichkeit (max.: 20 Punkte)	0	≤ 30	≤ 10	≤ 80
	10	> 30 - 60	> 10 – 35	> 80 – 110
	15	> 60 - 100	> 35 – 50	> 110 – 140
	20	> 100	> 50	> 140
				Verbale Analogskala (1-4)
Schmerzfreiheit (max.: 20 Punkte)	0	starker, unerträglicher Schmerz		4
	10	Ruheschmerz und Belastungsschmerz		3
	15	ausschließlich Belastungsschmerz		2
	20	Schmerzfrei		1
Gebrauchsfähigkeit (max.: 30 Punkte)	0	starke Einschränkung bereits im Alltag		
	10	erhebliche Einschränkungen		
	20	eingeschränkt nur bei speziellen Tätigkeiten		
	30	normal keine Einschränkung		

3.5.3.3 DASH-Score 0 bis 100 (= max. subjektive Beeinträchtigung)

Der **DASH** (Disability of Arm, Shoulder, Hand)-Score wurde von der „American Academy of Orthopaedic Surgeons“ zusammen mit dem “Council of Musculoskeletal Speciality Societies” und dem “Institute for Work and Health” als Meßinstrument für die Erfassung des **Behinderungsgrades** an der oberen Extremität entwickelt und später ins Deutsche übersetzt. DASH ist ein Fragebogen, welcher einzig und allein die subjektive Wahrnehmung des Betroffenen erfasst. Die Entwickler des DASH sehen die **subjektive Beurteilung** des eigenen Befindens durch den Patienten als wichtigstes Kriterium für die Bewertung eines Therapieverlaufes an. Vorteil dieses Scores ist die Ermöglichung eines Vergleiches der Behandlungsergebnisse unterschiedlicher Eingriffe bei der gleichen Erkrankung der oberen Extremität.

Inhaltlich gliedert sich der DASH-Fragebogen in drei Teile:

Teil A: Funktion,

Teil B: Symptomatik

Teil C: Spezielle Funktionalität (Musiker, Athleten)

Teil A besteht aus 23 Fragen bezüglich der Bewältigung von Tätigkeiten des Alltages. Teil B fragt ab in welcher Ausprägung verschiedene Symptome beim Patienten auftreten. Teil C dient der Evaluierung von Einschränkungen auf musikinstrumentalem und sportlichem Gebiet. Die Punktergebnisse des Teiles C fließen primär nicht in das Testergebnis mit ein.

Jede Frage wird anhand einer Skala von 1 bis 5 beantwortet. Die Berechnungsformel für das Ergebnis setzt sich aus dem Quotienten der Gesamtpunktzahl abzüglich des Minimal scores (30) und der Bandbreite (1,2) zusammen. Ein Wert von 0 entspricht dabei einer optimalen Funktion ohne Behinderung; ein Wert von 100 würde einer kompletten Gebrauchsunfähigkeit entsprechen. Eine optimale Gebrauchsfähigkeit liegt bereits bei 30 Punkten vor, weshalb diese von der ermittelten Punktzahl abgezogen werden.

Gesamtpunktzahl – 30 (Minimalpunktzahl) = DASH-Punktwert

1,20 (Bandbreite)

Ein vollständiger DASH-Fragebogen befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

3.5.3.4 Pain-Disability-Index (PDI) 0 bis 70 (= max. Schmerzbeeinträchtigung)

Mit dem Pain-Disability-Index (PDI) (Dillmann und Mitarbeiter 1994) werden vom Patienten selbst der Grad der Behinderung durch Schmerzen bei verschiedenen Tätigkeiten angegeben. Optimal sind hier null, am schlechtesten 70 Punkte. Abgefragt wird, in wie weit sich der Patient in sieben verschiedenen Bereichen des Alltags durch die Schmerzen eingeschränkt fühlt.

Ein vollständiger PDI-Fragebogen befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

3.5.4 Statistische Auswertung der Ergebnisse

Der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen:

Zur Überprüfung ob die perioperativ gemessenen Veränderungen der Handwurzelindices, des Bewegungsmaßes, der relativen Kraft und des SL-Winkels rein zufällig sind oder in einem Zusammenhang mit der STT-Arthrodeese stehen, wurde mit Hilfe des üblicherweise verwendeten Statistikprogrammes SPSS (Version 11) der normalverteilungsunabhängige, nichtparametrische **Wilcoxon-Test für Paardifferenzen** verwendet.

Relevante Größen zur Auswertung des Wilcoxon-Tests:

Ho: Ist die **Nullhypothese**. Sie besagt, dass eine durchgeführte Therapie keinen Effekt hat. **Beispiel hinsichtlich der relativen Karpushöhe:** „Durch die STT-Arthrodeese wird der Karpus nicht signifikant verändert. Alle gesehenen Veränderungen sind zufällig.“

α : α bezeichnet das **Signifikanzniveau** der durchgeführten Beobachtungen. Wegen der Beobachtung vielfältiger möglicher Auswirkungen der STT-Arthrodeese (12 statistisch untersuchte Zusammenhänge: Operativ bedingte Veränderung der relativen karpalen Höhe, der Lunatumsinterung, des SL-Winkels, der 4 Bewegungsmaße im Handgelenk und der relativen Kraft) muß das Signifikanzniveau im Sinne einer Verengung angepasst werden, um nicht aus Zufallsverteilungen fälschlicherweise Kausalzusammenhänge abzuleiten. Deswegen wurde das übliche Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$ entsprechend auf **$\alpha=0,004$** reduziert.

p-Wert: Er stellt die Wahrscheinlichkeit dar mit der sich die Nullhypothese (H_0) bestätigt. Liegt der p-Wert unterhalb des Signifikanzniveaus α , dann gilt das Ergebnis als Signifikant und die Nullhypothese muß verworfen werden.

Deskriptive Statistik und explorative Datenanalyse:

Die Arthroseentwicklung nach durchgeführter STT-Arthrodeese und die perioperative Schmerzentwicklung wurden mit rein deskriptiver Statistik erfasst.

Im Rahmen einer explorativen Datenanalyse wurden die ermittelten Scores sowohl miteinander als auch mit den Funktionsmessungen mit Hilfe der nichtparametrischen Spearman-Rangkorrelation korreliert, um vorhandene bzw. nicht vorhandene Abhängigkeiten mit Hilfe des p-Wertes (s.o.) nachzuweisen. Aufgrund der großen

Anzahl der vielfältigen Beobachtungen konnte ein adäquat, extrem niedriges Signifikanzniveau naturgemäß nicht erreicht werden, so dass sich die Validität der Aussagen auf Korrelationstendenzen beschränkt.

4. Ergebnisse der STT-Arthrodeese für das Kollektiv der Lunatumnekrosen

4.1 Radiologische Auswertung: Präoperativ bis zur Langzeitnachsuntersuchung

4.1.1 Konsolidierung der STT-Arthrodeese Ø 12 Jahre postoperativ

Die standardisierten, in 4 Ebenen durchgeführten Röntgenaufnahmen zeigten, dass an allen 45 nachuntersuchten Händen mit Lunatumnekrose der Arthrodeesebereich völlig knöchern durchbaut war. Es fand sich in keinem der Fälle ein Hinweis auf eine Pseudarthrose.

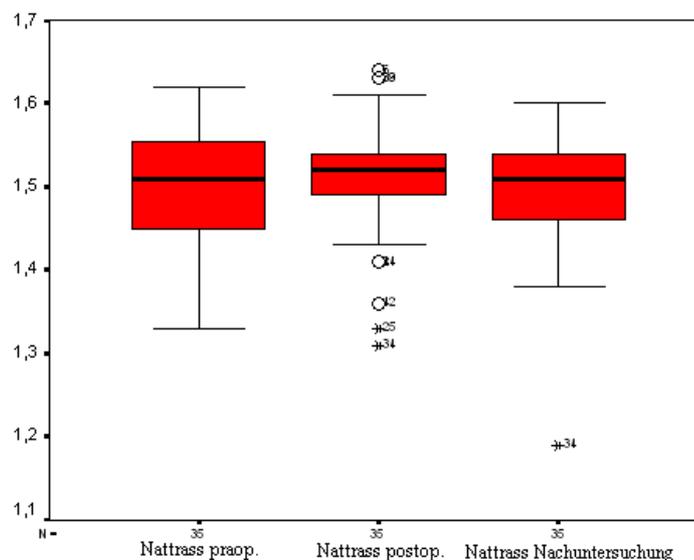
4.1.2 Entwicklung der Karpushöhe nach STT-Arthrodeese

Die Handwurzelhöhe wurde mit Hilfe des Index nach Natrass beschrieben:

Natrass-Index = Karpushöhe / Kapitatumlänge (Normwert: $1,57 \pm 0,05$)

Anhand der Durchschnittswerte aller Patienten zeigte sich bereits, dass durch die STT-Arthrodeese das Fortschreiten des Zusammenbruchs der Handwurzel aufgehalten werden kann. Median wie auch Mittelwert spiegeln wieder, dass die Handwurzel direkt durch die Operation aufgerichtet wird und sich dann über eine geringe Nachsinterung stabilisiert.

Abb. 23: Graphische Darstellung der Streuung der relativen Handwurzelhöhe (Boxplot)



Tab. 15:**Darstellung der Handwurzelhöhe präoperativ, postoperativ und nach Ø 12 Jahren**

Handwurzelhöhe n. Natrass (1,57 ± 0,05)	Median	Arithmetischer Mittelwert
Vorher (v) n= 36	1,51 Min.: 1,33 Max.: 1,62	1,50 Standardabweichung: 7,273E-02
Postoperativ (p) n= 42	1,52 Min.: 1,31 Max.: 1,64	1,51 Standardabweichung: 7,685E-02
Nachuntersuchung (j) n= 44	1,51 Min.: 1,19 Max.: 1,65	1,50 Standardabweichung: 7,845E-02

Zur genaueren Untersuchung der perioperativen karpalen Höhenveränderungen sowie der Situation nach durchschnittlich 12 Jahren, wurde das Patientenkollektiv mit dem Wilcoxon-Test für Paardifferenzen untersucht.

Hierbei konnte gezeigt werden, dass die präoperativen Werte des Natrass-Index von den postoperativen Werten bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit $p=0,109$ statistisch unverändert blieben.

Ohne Einbeziehung des Verlässlichkeitskoeffizienten zeigte sich, dass postoperativ bei 60% der untersuchten Hände die relative karpale Höhe (Natrass-Index) gegenüber dem präoperativen Zustand erhöht ist. Bei 6% war die karpale Höhe prä- und postoperativ gleich. Bei 34% war die karpale Höhe postoperativ im Vergleich zu präoperativ vermindert.

Unter Einbeziehung des Verlässlichkeitskoeffizienten haben Natrass et al. festgestellt, dass bei gleichem Untersucher erst eine Änderung des Natrass-Index um mehr als 0,04 mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% beweisend für die Ab- bzw. Zunahme der karpalen Höhe ist. Unter dieser Voraussetzung wurden die Hände mit postoperativ verminderter bzw. vergrößerter karpaler Höhe weiter untersucht. Demzufolge ergab sich lediglich eine Verminderung des Natrass-Index um mehr als 0,04 nur bei 3 Händen, entsprechen 9%. Bei diesen Patienten kann verlässlich davon ausgegangen werden, dass die Karpushöhe durch die Operation vermindert wurde. Eine verlässliche Karpusaufrichtung konnte immerhin bei 12 der nachuntersuchten Händen, entsprechen 34%, erreicht werden. Verlässlich erhalten blieb die karpale Höhe bei 20 Händen, entsprechen 57%.

Da der p-Wert=0,191 das Signifikanzniveau von $\alpha=0,004$ nicht unterschreitet, kann die Nullhypothese nicht verworfen werden. Insgesamt bleibt also die karpale Höhe durch die OP statistisch erhalten.

Tab. 16: Statistische Veränderung der karpalen Höhe durch die STT-Arthrodeese

Wilcoxon-Test für Paardifferenzen: Karpale Höhe präoperativ versus postoperativ	N Total=35	Einbeziehung d. Verlässlichkeits- koeffizienten nach Natrass	%	
Zunahme d. karpalen Höhe	21 (60%)	12	34	91
Gleichbleiben d. karpalen Höhe	2 (6%)	20	57	
Abnahme d. karpalen Höhe	12 (34%)	3	9	
	p=0,109	p=0,191		
	$\alpha=0,004$ (Signifikanzniveau)			
	Schlussfolgerung: Die karpale Höhe wird durch die OP nicht gesteigert.			

Bei Anwendung des Wilcoxon-Test für Paardifferenzen auf die karpale Höhe bei der Nachuntersuchung und die karpale Höhe im präoperativen Zustand zeigte sich, dass sich die präoperativen Werte des Natrass-Index von den Werten bei der Nachuntersuchung nach durchschnittlich 12 Jahren statistisch nicht unterscheiden.

Unter Einbeziehung des Verlässlichkeitskoeffizienten waren bei 81% der nachuntersuchten Hände die karpale Höhe auch 12 Jahre nach der Operation erhalten geblieben. Die statistische Auswertung der korrigierten Werte ergab bei einem p-Wert=0,807, welcher das Signifikanzniveau $\alpha=0,004$ nicht unterschritt, dass die Veränderungen des Karpus im Gesamtbeobachtungszeitraum rein zufällig auftraten.

Tab. 17: Statistische Veränderung der karpalen Höhe vom präop. Status zu Status Ø 12 Jahre nach STT-Arthrorese

Wilcoxon-Test für Paardifferenzen: Karpale Höhe präoperativ versus Nachuntersuchung	N Total=36	Einbeziehung d. Verlässlichkeits- koeffizienten nach Nattrass	%	
Zunahme d. karpalen Höhe	14 (39%)	6	17	81
Gleichbleiben d. karpalen Höhe	7 (19%)	23	64	
Abnahme d. karpalen Höhe	15 (42%)	7	19	
	p=0,745	p=0,807		
	$\alpha=0,004$ (Signifikanzniveau)			
	Schlussfolgerung: Statistisch bleibt die karpale Höhe im gesamten Beobachtungszeitraum erhalten.			

Bei genauerer Betrachtung der 7 Hände mit progredienter Karpussinterung zeigte sich bei 3 Händen eine hochgradige Handgelenksarthrose. Bei weiteren 3 Händen hatten sich lediglich leichte Arthrosezeichen entwickelt. 1 dieser Hände war gänzlich arthrosefrei geblieben. Diese Befunde lassen den Schluss zu, dass es bei einigen operierten Händen zu einer Sinterung des Karpus unter Ausgangsniveau kommen kann, welche dann jedoch durch Konsolidierung des Arthrodesebereiches stagniert.

Bei Anwendung des Wilcoxon-Test für Paardifferenzen auf die karpale Höhe im unmittelbar postoperativen Zustand und bei der Spätuntersuchung zeigte sich, dass auch die postoperativen Sinterungsprozesse die Karpushöhe nicht mehr signifikant verändern (p-Wert=0,033 und $\alpha=0,004$).

Selbst unter Einbeziehung des Verlässlichkeitskoeffizienten (im Hinblick auf die Meßgenauigkeit durch einen Untersucher) muß bei 32 % der STT-Arthrodesen ein Nachsintern hingenommen werden, bis es zu einer dauerhaften Konsolidierung kommt. Bei $p=0,029$ und $\alpha=0,004$ zeigt sich, dass dieses Nachsintern statistisch ebenfalls nicht relevant ist.

**Tab. 18: Statistische Veränderung der karpalen Höhe vom postop. Status zu Status Ø
12 Jahre nach STT-Arthrodeese**

Wilcoxon-Test für Paardifferenzen: Karpale Höhe postoperativ versus Nachuntersuchung	N Total=41	Einbeziehung d. Verlässlichkeits- koeffizienten nach Natrass	%	
Zunahme d. karpalen Höhe	14 (34,1%)	4	10	68
Gleichbleiben d. karpalen Höhe	4 (9,8%)	24	58	
Abnahme d. karpalen Höhe	23 (56,1%)	13	32	
	p=0,033	p=0,029		
	α=0,004 (Signifikanzniveau)			
	Schlussfolgerung:			
	Postoperative Nachsinterungsprozesse haben statistisch keinen Einfluß auf die Karpushöhe.			

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass perioperativ bei 91 % der nachuntersuchten Hände die Karpushöhe erhalten werden kann, während es bei 9% bereits durch die Operation zu einem Verlust an Karpushöhe kommt. Im postoperativen Verlauf kann es in der Einheilungsphase bei 32% der operierten Hände zu einer statistisch nicht signifikanten Sinterung des Karpus kommen. Auf lange Sicht können mindestens 81% der mit einer STT-Arthrodeese versorgten M. Kienboeck-Fälle vor einem karpalen Kollaps bewahrt werden.

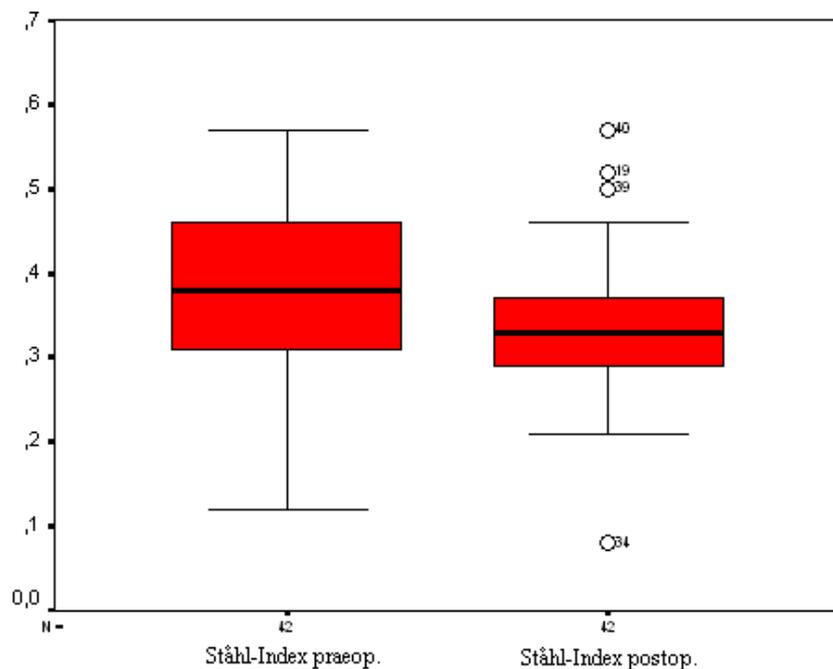
4.1.3 Einfluß der STT-Arthrodeese auf die Lunatumnekrose

Zur Beschreibung der Morphologie des Lunatums wurde der Ståhl-Index verwendet:

Ståhl-Index = sagitale Lunatumhöhe / sagitale Lunatumbreite (Normwert: 0,53)

Anhand der Durchschnittswerte wird bereits ersichtlich, dass die Lunatumnekrose durch die STT-Arthrodeese generell nicht aufzuhalten ist.

Abb.24: Graphische Darstellung der Streuung der relativen Lunatumhöhe (Boxplot)



Tab. 19: Relative Lunatumhöhe vor der STT-Arthrodeese u. Ø 12 Jahre danach

Relative Lunatumhöhe n. Ståhl (physiologischer Wert: 0,53)	Median	Arithmet. Mittelwert
Vorher (v) n= 42	0,38 Min.: 0,12 Max.: 0,57	0,38 Standardabweichung: 0,1015
Nachuntersuchung (j) n= 42	0,33 Min.: 0,08 Max.: 0,57	0,33 Standardabweichung: 8,9881E-02

Anhand des Wilcoxon-Test konnte gezeigt werden, dass die Mondbeinsinterung bei einem p-Wert=0,002 und einem Signifikanzniveau $\alpha=0,004$ fortschreitet.

Bei Betrachtung der prozentualen Verteilung zeigte sich, dass bei immerhin 28% der Patienten das Fortschreiten der Lunatumnekrose aufgehalten werden konnte. Bei 71% kam es im postoperativen Verlauf zu einem weiteren Höhenverlust.

Tab. 20: Statistische Veränderung der relativen Lunatumhöhe vom präop. Status zu Status Ø12 Jahre nach STT-Arthrodesse

Wilcoxon-Test für Paardifferenzen: Lunatumhöhe nach Ståhl präop.Status versus Nachuntersuchung	N Total=42	%	
Zunahme d. Lunatumhöhe	11	26%	28%
Gleichbleiben d. Lunatumhöhe	1	2%	
Abnahme d. Lunatumhöhe	30	72%	
	p=0,002		
	$\alpha=0,004$ (Signifikanzniveau)		
	Schlussfolgerung: Die Lunatumhöhe nimmt trotz STT-Arthrodesse signifikant ab.		

4.1.4 Entstehung bzw. Entwicklung von Handgelenksarthrosen nach STT- Arthrodese

Zur Feststellung ob durch die STT-Arthrodese auch die Entwicklung einer Handgelenksarthrose verhindert bzw. eine vorbestehende aufgehalten werden kann, wurden die präoperativ und bei der Nachuntersuchung der Patienten gemachten Röntgenbilder nach oben angegeben semiquantitativen Schema (siehe 3.5.1.8) ausgewertet. Entsprechen den Indikationsregeln zur Durchführung einer STT-Arthrodese wiesen präoperativ 84,4% (38) der untersuchten Hände keine, und weiter 11,1% nur eine diskrete Handgelenksarthrose auf. Nur bei 4,4% (2) der nachuntersuchten Hände war bereits präoperativ eine ausgeprägte Arthrose vorhandengewesen.

Tab. 21: Präoperativer Handgelenksstatus

Arthrostatus der nachuntersuchten Handgelenke präoperativ	n=45
Grad 0 (röntgenologisch keine sichtbaren Zeichen: keine HG-Arthrose vorhanden)	84,4% (38)
Grad I (beginnende Sklerose- u. Osteophytenbildung: diskrete HG-Arthrose)	11,1% (5)
Grad II (Sklerose, Osteophyten, Gelenkspaltverschmälerung: ausgeprägte HG-Arthrose)	4,4% (2)
Grad III (ausgeprägte HG-Arthrose mit Karpusbeteiligung: manifeste Panarthrose)	0

Von den primär arthrosefreien Handgelenken konnten etwa 42% durch die Operation im arthrosefreien Zustand gehalten werden. Ca. 58% entwickelten jedoch trotz OP eine diskrete bis ausgeprägte Handgelenksarthrose.

Tab. 22: Endzustand der primär arthrosefreien Handgelenke nach STT-Arthrodese

Prim. arthrosefreie Handgelenke Ø 12 Jahren nach STT-Arthrodese	n=38
Grad 0 (röntgenologisch keine sichtbaren Zeichen: keine HG-Arthrose vorhanden)	42,1% (16)
Grad I (beginnende Sklerose- u. Osteophytenbildung: diskrete HG-Arthrose)	34,2% (13)
Grad II (Sklerose, Osteophyten, Gelenkspaltverschmälerung: ausgeprägte HG-Arthrose)	23,7% (9)
Grad III (ausgeprägte HG-Arthrose mit Karpusbeteiligung: manifeste Panarthrose)	0

Bei genauerer Betrachtung der radiologischen Entwicklung der Einzelfälle zeigte sich, dass eine vorbestehende Arthrose in keinem Fall aufgehoben werden konnte. An allen 7 Handgelenken mit vorbestehender Arthrose kam es im Laufe von durchschnittlich 12 Jahren zur Zunahme der Arthrosezeichen um mindestens einen Schweregrad. Bei einer dieser Patienten war schließlich eine Handgelenksversteifung indiziert. Das Bild einer massiven Panarthrose bot sich bei 3 der nachuntersuchten Hände.

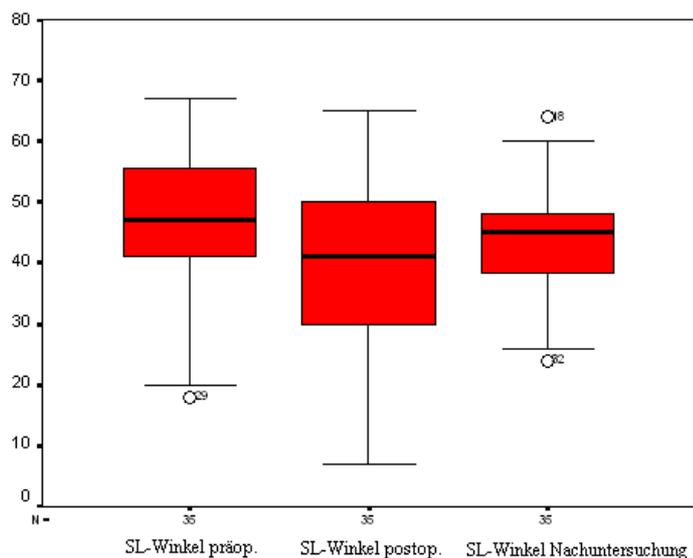
Tab. 23: Endzustand der Handgelenke mit bereits vorbestehender Arthrose

Handgelenke mit vorbestehender Arthrose (n=7)	präoperativ	Ø 12 Jahren nach STT
<p>Grad I (beginnende Sklerose- u. Osteophytenbildung: diskrete HG-Arthrose)</p>	5	<p>Grad I: 0 Grad II: 3 Grad III: 1 Handgelenksarthrodese: 1</p>
<p>Grad II (Sklerose, Osteophyten, Gelenkspaltverschmälerung: ausgeprägte HG-Arthrose)</p>	2	<p>Grad I: 0 Grad II: 0 Grad III: 2</p>

4.1.5 Einstellung des SL-Winkel durch die STT-Arthroese

Der skapholunäre Winkel wurde am seitlichen Röntgenbild mit Hilfe der Tangentenmethode gemessen (siehe 3.5.1.5). Anhand der Durchschnittswerte zeigt sich, dass durch den operativen Prozeß der STT-Arthroese eine Aufrichtung des Kahnbeines und damit eine Verminderung des SL-Winkels erreicht wird. Bei der Vermessung nach durchschnittlich 12 Jahren ergibt sich jedoch wieder ein geringer Rückfall des Winkels in größere Werte, was schließen lässt, dass der Arthroesebereich nachgibt und eine geringe Rückkipfung des Kahnbeines erlaubt. Durchschnittlich kann der SL-Winkel jedoch im angestrebten Bereich von 45° stabilisiert werden.

Abb. 25: Graphische Darstellung der Streuung des SL-Winkels (Boxplot)



Tab. 24: Entwicklung des SL-Winkels unmittelbar durch STT-Arthroese und bei der Spätuntersuchung nach Ø 12 Jahren

Skapholunärer Winkel	Median	Arith. Mittelwert
Vorher n= 35	47,0	47,0
	Min.: 18,0 Max.: 67,0	Standardabweichung: 11,39
Postoperativ n= 35	41,0	38,7
	Min.: 7,0 Max.: 65,0	Standardabweichung: 13,27
Nachuntersuchung n= 35	45,0	43,7
Ø 12 Jahre nach STT-Arthroese	Min.: 24,0 Max.: 64,0	Standardabweichung: 9,52

Mit Anwendung des Wilcoxon-Test für Paardifferenzen konnte gezeigt werden, dass der SL-Winkel durch die Operation mit hoher Signifikanz (p-Wert=0,001 und $\alpha=0,004$) verringert werden kann.

Für die geringe, mit Sinterungsprozessen im Arthrodesebereich zu erklärende, postoperative Wiedervergrößerung des SL-Winkels konnte keine Signifikanz (p-Wert=0,025 und $\alpha=0,004$) nachgewiesen werden.

Beim Vergleich von präoperativem und SL-Winkel bei der Spätuntersuchung zeigt sich, dass insgesamt gesehen der SL-Winkel nicht signifikant verändert wird. Dabei ist zu bedenken, dass sich bei fast allen Patienten der SL-Winkel präoperativ noch nicht aus dem Normbereich entfernt hatte.

Tab. 25 : Statistische Veränderung des SL-Winkels vom präoperativen Status über den postoperativen Status bis zum Status Ø12 Jahre nach STT-Arthrodesese

Wilcoxon-Test $\alpha=0,004$ (Signifikanzniveau)	Differenz	p	Schlussfolgerung
SL _{postop.} – SL _{präop.} N=35	$\Delta SL < 0$	0,001	SL-Winkel kann durch die Operation vermindert werden.
SL _{nØ12J.} – SL _{postop.} N=36	$\Delta SL > 0$	0,025	SL-Winkel-Vergrößerung durch Sinterungsprozesse ist nicht signifikant.
SL _{nØ12J.} – SL _{präop.} N=36	$\Delta SL < 0$	0,052	Über lange Sicht ergibt sich keine SL-Winkel-Verkleinerung.

Nach durchschnittlich 12 Jahren konnte gezeigt werden, dass sich bei insgesamt 91% der nachuntersuchten Hände der skapholunäre Winkel immer noch im physiologischen Bereich (30°-60°) befand. Bei 52% lag er im Idealbereich mit einer 5 Grad-Marge um 45 Grad. Bei 9% der STT-Arthrodesen war es nicht gelungen den SL-Winkel unter 60° zu reduzieren.

Tab. 26: Einstellung des SL-Winkels durch die STT-Arthrodesese

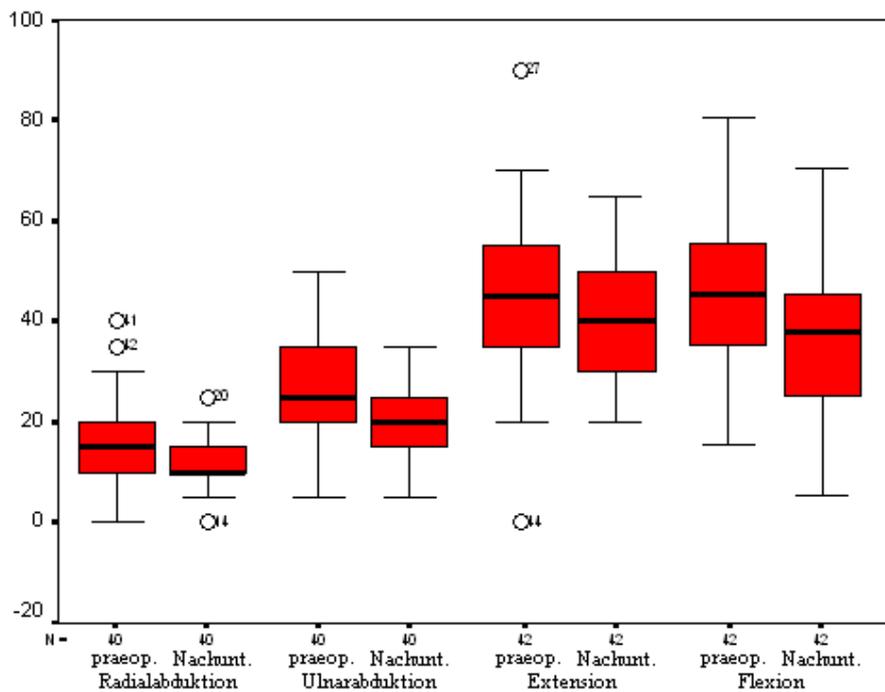
Skapholunärer Winkel Ø 12 Jahre nach OP	N	relativ
	Total=44	
Physiologischer Bereich: $30^\circ \leq SL \leq 60^\circ$	40	91 %
Optimaler Bereich: $40^\circ \leq SL \leq 50^\circ$	23	52 %
Pathologischer Bereich $> 60^\circ$	5	9 %

4.2 Ergebnisse der Klinischen Untersuchung und Befragung

4.2.1 Einfluß der STT-Arthrodeese auf die Handgelenksbeweglichkeit

Die durchschnittlichen Ausgangswerte des operierten Patientenkollektives zeigen, dass eine STT-Arthrodeese generell mit einem Verlust an Beweglichkeit im Handgelenk einhergeht.

Abb.26: Boxplott Handgelenksbeweglichkeit



Tab. 27: Handgelenksbeweglichkeit vor der STT-Arthrodeese u. Ø 12 Jahre danach

Bewegung	Vor der STT-Arthrodeese			Ø12jahre nach der STT-Arthrodeese		
	Median	Arithm. Mittel	Std.abw.	Median	Arithm. Mittel	Std.abw.
Radialabd. N=40	15,0° Min.: 0° Max.: 40°	16,5°	7,9421	10,0° Min.: 0° Max.: 25°	11,0°	5,0890
Ulnarabd. N=40	25,0° Min.: 5° Max.: 50°	27,5°	11,6575	20,0° Min.: 5° Max.: 35°	19,5°	7,0529
Extension N=42	45,0° Min.: 0° Max.: 90°	44,2°	14,8946	40,0° Min.: 20° Max.: 65°	40,4°	10,0846
Flexion N=42	45,0° Min.: 15° Max.: 80°	47,1°	15,1474	37,5° Min.: 5° Max.: 70°	38,3°	14,4091

Die Untersuchung der Einzeldifferenzen zwischen präoperativem Bewegungsausmaß und Bewegungsausmaß bei der Nachuntersuchung ergab für die Radialabduktion eine Verminderung um durchschnittlich 5°, für die Ulnarabduktion eine Verminderung um 10°, für die Extension eine Verminderung um 5° und für die Flexion eine durchschnittliche Verminderung um ebenfalls 5°.

Tab. 28: Ø Verringerung des Bewegungsausmaßes nach STT-Arthrodes

Beweglichkeitsdifferenz Δ Status nach Ø 12 J. – präop. Status	Median	Arithm. Mittel
Δ Radialabduktion (n=40)	-5,0° Min.: +10,0° Max.: -30,0°	-5,5° Standardabweichung: 8,9729
Δ Ulnarabduktion (n=40)	-10,0° Min.: +25,0° Max.: -35,0°	-8,0° Standardabweichung: 11,6465
Δ Extension (n=42)	-5,0° Min.: +40,0° Max.: -40,0°	-3,8° Standardabweichung: 12,8694
Δ Flexion (n=42)	-5,0° Min.: +15,0° Max.: -45,0°	-8,8° Standardabweichung: 15,4134

Mit Hilfe des Wilcoxon-Test konnte gezeigt werden, daß die Radialabduktion, die Ulnarabduktion und die Flexion im Handgelenk bei der Nachuntersuchung im Vergleich zum präoperativen Zustand signifikant vermindert waren. Die in der oben aufgeführten, deskriptiven Statistik festgestellte Verminderung der Extension im Handgelenk ist laut Wilcoxon-Test nicht signifikant.

Tab. 29: Statistische Nachweis der Bewegungseinschränkung nach STT-Arthrodes

Wilcoxon-Test $\alpha=0,004$ (Signifikanzniveau)	Differenz	p	Schlußfolgerung
Rad.n.Ø12J.–Rad.präop.	Δ Rad. < 0	0,001	Radialabduktion wird durch die Operation vermindert
Uln.n.Ø12J.–Uln.präop.	Δ Uln. < 0	0,000	Ulnarabduktion wird durch die Operation vermindert
Ext.n.Ø12J. – Ext.präop.	Δ Ext. < 0	0,022	Extension wird durch die Operation nicht signifikant vermindert
Flex.n.Ø12J.–Flex.präop.	Δ Flex.< 0	0,001	Flexion wird durch die Operation vermindert

Durch die Operation ist somit generell eine Bewegungseinschränkung im Handgelenk hinzunehmen. Immerhin kann jedoch die Extension im günstigsten Fall erhalten werden. Die Ulnarabduktion ist offensichtlich am meisten durch die Operation beeinträchtigt. Diese Beobachtung lässt sich gut durch die Aufhebung der normalen Gleitbewegung von Trapezium und Trapezoid um das Kahnbein herum erklären.

Um darzustellen in wie weit der Arthrosegrad bei der Nachuntersuchung einen Einfluß auf die Gesamtbeweglichkeit im Handgelenk hat, wurden die Gruppe der Handgelenke ohne Arthrose (Grad 0) gegen die Gruppe der Handgelenke mit fortgeschrittener Arthrose (Grad II und Grad III) gestellt. Als Kontrollgruppe fungierten die Handgelenke mit diskreter Arthrose (Grad I). Anhand der ermittelten Durchschnittswerte zeigte sich, dass mit einem höheren Arthrosegrad erwartungsgemäß auch eine verminderte Handgelenksbeweglichkeit einhergeht. Die gemachte Beobachtung wurde durch die Kontrollgruppe bestätigt, deren durchschnittliche Handgelenksbeweglichkeit direkt zwischen den Werten der beiden Vergleichsgruppen lag.

Tab. 30: Einfluß des Arthrosegrades nach STT-Arthrodese auf die Handgelenksbeweglichkeit

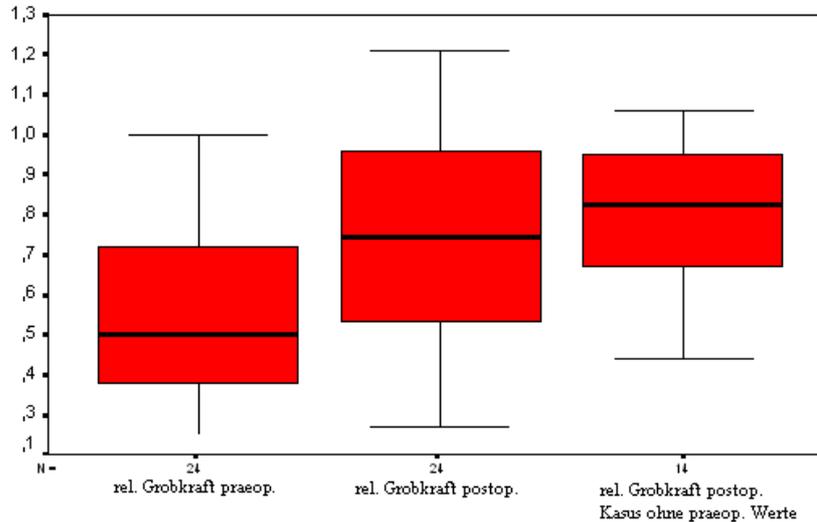
Gruppeneinteilung anhand des Arthrosegrades	Grad 0 n= 16	Grad II + III n= 15	Kontrollgruppe Grad I n=13
Handgelenksbeweglichkeit			
Median	122,5° Min.: 95° Max.: 160°	90,0° Min.: 65° Max.: 160°	110,0° Min.: 85° Max.: 155°
Arthmetisches Mittel	124,1° St.abw.: 18,9049	92,0° St.abw.: 18,1068	111,2° St.abw.: 20,0160

4.2.2 Einfluß der STT-Arthrodese auf die Handkraft

Da bei der Messung der Kraft mit dem Vigorimeter nach Martin nicht sicher gestellt war, dass die Ballgröße der jeweiligen Hand optimal angepasst war, konnten die absoluten Werte für die statistische Untersuchung nicht ausgewertet werden. Deshalb konnte nur die Relativkraft der betroffenen Hand bezüglich der unbeeinträchtigten Hand ermittelt werden. Anhand der vorhandenen Aktendaten konnte ein prä- und postoperativer Relativkraftdurchschnitt für 24 Patienten ermittelt werden: Präoperativ war die betroffene

Hand um 50% geschwächt. Bei der Nachuntersuchung betrug der Median der relativen Grobkraft nach durchschnittlich 12 Jahren 74,5%, was also einer deutlichen Besserung entsprach. Die untersuchten Restkasus ohne präoperativen Wert bestätigten mit einem Wert von 82,5 % die positive Kraftentwicklung nach durchgeführter STT-Arthrodeese.

Abb. 27: Boxplott rel. Grobkraft



Tab. 31: Durchschnittliche relative Grobkraft

Relative Grobkraft	Median	Arithmetisches Mittel
Präoperativ (n=24)	0,50 Min.: 0,25 Max.: 1,00	0,57 Standardabweichung: 0,2123
Nachuntersuchung (n=24)	0,745 Min.: 0,27 Max.: 1,21	0,73 Standardabweichung: 0,2812
Nachuntersuchte Kasus (n=14) ohne präoperative Kraftfeststellung	0,825 Min.: 0,44 Max.: 1,06	0,80 Standardabweichung: 0,1879

Bei der Ermittlung der durchschnittlichen Differenz zwischen präoperativer relativer Kraft und relativer Kraft nach durchschnittlich 12 Jahren zeigte sich, dass im untersuchten Kollektiv durch die Operation eine Kraftzunahme an der betroffenen Hand von 10 % erreicht wurde.

Tab. 32: Quantifizierung des Kraftzuwachses nach STT-Arthrodeese

	Median	Arithmetisches Mittel
Zunahme der relativen Grobkraft nach OP (n=24)	+10,5% Min.: -0,33 Max.: 0,82	+16,3% Standardabweichung: 0,3084

Obwohl bei den 24 Patienten mit vollständigem Datensatz sich bei 62,5% eine Zunahme der relativen Grobkraft durch die Operation ergab, zeigte sich bei Anwendung des Wilcoxon-Test für Paardifferenzen, dass die beobachtete Kraftzunahme nicht signifikant ist und somit auch nicht auf die Grundgesamtheit übertragbar ist.

Tab. 33: Statistische Auswertung der individuellen Kraftentwicklung nach STT-Arthrode

Wilcoxon-Test bzgl. relativer Grobkraft präoperativer Status versus Nachuntersuchung	N Total=24	%
Pat. mit Zunahme der relativen Grobkraft	15	62,5
Pat. mit gleichbleibender relativer Grobkraft	0	0
Pat. mit Abnahme der relativen Grobkraft	9	37,5
	p=0,024	
	$\alpha=0,004$ (Signifikanzniveau)	
	<u>Schlussfolgerung:</u> Die beobachtete rel. Kraftzunahme ist nicht signifikant	

6 Patienten des nachuntersuchten Kollektives konnten hinsichtlich der relativen Grobkraft nicht ausgewertet werden: Bei 5 lag auf der Gegenseite ebenfalls eine Lunatumnekrose vor, bei 1 Patientin war inzwischen eine Handgelenksarthrodese durchgeführt worden.

4.2.3 Einfluß der STT-Arthrode auf die Schmerzen im Handgelenk

Die Handgelenksschmerzen der Patienten wurden anhand einer subjektiven Skala und anhand des Pain Disability-Index beurteilt.

4.2.3.1 Schmerzevaluation nach subjektiver Skala

Nach der subjektiven Skala waren 31,8% (14) der nachuntersuchten Handgelenke schmerzfrei. An 54,5% (24) der nachuntersuchten Handgelenke wurden die Schmerzen nach der Operation als geringer eingeschätzt. An 9,1% (4) der Handgelenke wurden die

Handgelenksschmerzen als unvermindert angegeben. An 4,6% (2) der Handgelenke wurden stärkere Schmerzen als vor der Operation angegeben.

Tab. 34: Relative Handgelenksschmerzen Ø 12 Jahre nach STT-Arthrodese

Schmerzen	Anzahl der Handgelenke (n=44)	Relative Anzahl
Keine	14	31,8 %
Geringer als vor der OP	24	54,5 %
Genau wie vor der OP	4	9,1 %
Stärker als vor der OP	2	4,6 %

4.2.3.2 Schmerzevaluation nach PDI: 0-70 (= max. schmerzbedingte Einschränkung)

Bei der Erfassung der subjektiven, schmerzbedingten Einschränkung im täglichen Leben mit dem Pain Disability Index wurde das Untersuchungskollektiv hinsichtlich adjuvanter Eingriffe neben der STT-Arthrodese noch einmal aufgeteilt, um zu untersuchen ob bei diesen adjuvanter Eingriffen ein schmerzrelevanter Effekt nachgewiesen werden kann.

1. **Gruppe:** Die erste Gruppe bestand aus den STT-Arthrodesen ohne adjuvanter Eingriff.
2. **Gruppe:** Die zweite Gruppe bestand aus den STT-Arthrodesen mit zusätzlicher Denervation.
3. **Gruppe:** Die dritte Gruppe bestand aus den STT-Arthrodesen gepaart mit Radiusverkürzungsosteotomien bei Ulna-Minus-Variante.

Der Median des PDI bei der STT-Arthrodese betrug 6,5 (Minimum von 0 und Maximum von 34).

Bei der STT-Arthrodese kombiniert mit Denervation betrug der Median 10 (Minimum von 0 und Maximum von 46).

Der Median des PDI bei STT-Arthrodese kombiniert mit Radiusverkürzungsosteotomie betrug 4 (Minimum von 0 und Maximum von 15).

Tab. 35: Bleibende Schmerzbehinderung nach STT-Arthrodeese und nach Kombination mit Zusatzeingriffen

PDI Min.: 0 (keine schmerzbedingte Einschränkung) Max.: 70 (max. schmerzbedingte Einschränkung)	Median	Arithm. Mittel
STT-Arthrodeese (n=20)	6,5 Min.: 0 Max.: 34	9,65 Stda.: 9,12
STT-Arthrodeese + Denervation (n=14)	10 Min.: 0 Max.: 46	13,07 Stda.: 12,90
STT-Arthrodeese + Radiusverkürzungsosteotomie (n=8)	4 Min.: 0 Max.: 15	5,25 Stda.: 5,15

Die zusätzliche Denervation schlägt sich hinsichtlich der Schmerzlinderung nicht nieder, weil sie vielleicht apriori nur Patienten mit extrem schmerzhafter Ausgangssituation zgedacht worden war. Die Verkürzungsosteotomie als zusätzlicher Eingriff erhöht den PDI nicht, weil sie einerseits das Handgelenk nicht tangiert und zusätzlich über den Zugangsweg eine Teildenervation mit beinhaltet. Andererseits kann auch keine wesentliche Schmerzlinderung abgelesen werden.

Insgesamt gesehen tritt eine wesentliche Beeinflussung des Schmerzfaktors durch die adjuvanten Eingriffe nicht zutage.

Resümee: Bei einer möglichen Schmerzvarianz im PDI von 0-70 kann der Patient mit Lunatumnekrose damit rechnen durch die STT-Arthrodeese auch nach 12 Jahren noch in der untersten Kategorie zu verbleiben.

Tab. 36: Verbleibende Schmerzbehinderung 12 Jahre nach STT-Arthrodeese einschließlich adjuvanter Eingriffe

PDI Min.: 0 (keine schmerzbedingte Einschränkung) Max.: 70 (max. schmerzbedingte Einschränkung)	Median	Arithm. Mittel
Für n=42 Patienten	8 Min.:0 Max.:46	9,95 Stda.: 10,18

Der Patient, bei dem beide Hände mit einer STT-Arthrodeese versorgt worden waren, gab für die rechte Hand eine deutliche Besserung und für die linke Hand ein komplettes

Verschwinden der Beschwerden an. Der PDI lag mit einem Wert von 7 trotz beidseitiger OP noch unter dem Gesamtdurchschnitt.

Bei der Patientin, bei der schließlich eine Handgelenksarthrodese durchgeführt wurde, lagen für ca. 8 Jahre nach der STT- Arthrodese keine Schmerzen vor. Danach setzte eine rasche Arthroseentwicklung mit unerträglichen Schmerzen ein, die sich durch die Handgelenksarthrodese zwar besserten, dennoch auf einem Niveau von 40 verblieben.

4.2.3.3 Schmerzlinderungserfolg der STT-Arthrodese in Bezug auf das eingetretene Arthroseausmaß

Aus pathophysiologischen Überlegungen heraus schien es am wahrscheinlichsten, dass die schließlich schmerzfrei gebliebenen oder fast schmerzfreien Handgelenke auch von einer Arthrose weitgehend verschont geblieben sein müssten. Bei genauerer Untersuchung der 38 Handgelenke, an denen sich die Schmerzen durch den Eingriff gebessert hatten, bzw. gar keine Schmerzen mehr bestanden, zeigte sich, dass nur 65,8% wie erwartet geringe oder gar keine Arthrosezeichen aufwiesen. Erstaunlicherweise hatten aber die übrigen 34,2% der schmerzgeminderten Handgelenke eine ausgeprägte bis massive Handgelenksarthrose. Ja fast alle arthrotischen Endzustände (13 von 14) gehörten der schmerzgeminderten Gruppe an.

Tab. 37: Untersuchung durch STT-Arthrodese langfristig schmerzgebesserte Handgelenke auf ihren Arthrosegrad

Handgelenksarthrosegrad	Anzahl der Handgelenke (n=38)	Relative Anzahl	
Grad 0	15	39,5 %	65,8 %
Grad 1	10	26,3 %	
Grad 2	10	26,3 %	34,2 %
Grad 3	3	7,9 %	

4.3 Nachuntersuchungsergebnisse unter Anwendung von Scores

Zur Messung des Gesamtergebnisses der Operation wurden den Patienten mehrere Fragebögen bei der Nachuntersuchung vorgelegt. Aus den subjektiven Daten (Befragung) und objektiven Daten (Bewegungs- und Kraftmessungen) wurden der DASH-Score, der Krimmer-Score und der Mayo-Score ermittelt.

4.3.1 Nachuntersuchungsergebnisse mit dem DASH-Score

Der DASH-Score gibt basierend auf einem Fragebogen die rein subjektive Beurteilung von Funktionalität, Bewegungsausmaß und Kraft durch den Patienten wieder.

Median, wie auch arithmetisches Mittel wiesen im Vergleich mit anderen Arbeiten auffällig niedrige Werte auf, wobei in den Vergleichsarbeiten nicht angegeben wurde ob es sich um den Median oder das arithmetische Mittel handelte. Die Patientin mit der Handgelenksversteifung sowie der Patient mit beidseitiger Operation wurden nicht in die statistische Auswertung mit einbezogen.

Tab. 38: Untersuchungsergebnisse mit dem DASH-Score Ø 12 Jahre nach STT-Arthrodeese

DASH-Score Min.: 0 (uneingeschränkte, schmerzfreie Funktion) Max.: 100 (max. Einschränkung u. Schmerzen)	Median	Arithm. Mittel
Für n=42 Patienten	9,2 Min.: 0 Max.: 46	17,87 Stda.: 18,366

Tab. 39: Ergebnisse mit dem DASH-Score bei vergleichbaren Studien bzgl. der STT-Arthrose

Studie	Indikation u. Fallzahl (n)	Ø Beobachtungszeit	Ø DASH-Score Annahme arithmetischer Mittelwert
Sauerbier et al. 2000	Lunatumnekrose Stad.III/IV (Decoulx/Lichtman): n=26	2,9 Jahre (35 Monate)	24,8
Kalb et al. 2001	Lunatumnekrose Stad. III/IV (Lichtman): n=39 SL-Dissoziation: n=32 idiopath. STT-Arthrose: n=27	3 Jahre (36 Monate)	LN: 31 SL-Diss.: 30 STT-Arthr.: 24 Gesamt: 29
Meier et al. 2003	Lunatumnekrose Stad. IIIB (Lichtman): n=65 SL-Dissoziation: n=10 idiopath. STT-Arthrose: n=8	4 Jahre (48 Monate)	LN: 28 SL-Diss.: 26 STT-Arthr.: 26 Gesamt: 27

4.3.2 Nachuntersuchungsergebnisse mit dem Mayo-Score

Der Mayo-Score (Cooney et al. 1987) setzt sich aus der subjektiven Beurteilung des Schmerzes durch den Patienten, der Funktionalität im Handgelenk (Arbeitsfähigkeit), des Bewegungsausmaßes (Extension/Flexion) und der Grobkraft zusammen. Dadurch fließen in diesen Score subjektive Beurteilung wie auch objektive Messungen ein. Unerwarteterweise ergab sich anhand von Median und arithmetischem Mittel nur ein mangelhaftes bis ausreichendes Ergebnis. (Die 5 Patienten mit beidseitiger Lunatumnekrose konnten nicht in die Auswertung einbezogen werden, da die relative Grobkraft ohne Bezug auf eine gesunde Hand nicht festgestellt werden konnte. Auch die Patientin, die im Therapieverlauf eine Handgelenksarthrodese bekommen hatte, wurde in die Statistik nicht mit einbezogen.)

Tab. 40: Untersuchungsergebnisse mit dem Mayo-Score Ø 12 nach STT-Arthrodese

Mayo-Score Min.: 0 (schlechtes Ergebnis) Max.: 100 (hervorragendes Ergebnis)	Median	Arithm. Mittel
Für n=38 Patienten	65 (ausreichend) Min.: 25 Max.: 90	62,63 (ungenügend) Stda.: 13,69

Tab. 41: Ergebnisse mit dem Mayo-Score bei vergleichbaren Studien bzgl. der STT-Arthrodese

Studie	Indikation u. Fallzahl (n)	Ø Beobachtungszeit	Ø Mayo-Score
Sauerbier et al. 2000	Lunatumnekrose Stad. III/IV (Decoulx/Lichtman): n=26	2,9 Jahre (35 Monate)	66 (ausreichend)
Das Gupta et al. 2003	Lunatumnekrose Stad. III/IV (Decoulx/Lichtman): n=13	1,9 Jahre (23 Monate)	70 (ausreichend)

4.3.3 Nachuntersuchungsergebnisse mit dem Krimmer-Score

Der Krimmer-Score (Krimmer et al. 2000) stellt eine Weiterentwicklung des Mayo-Score dar. Je nach betroffenem Gelenk an distalem Unterarm (distales Radioulnargelenk und/oder Radiocarpalgelenk) können alle Bewegungsmaße, also Extension/Flexion, Radial-/Ulnarabduktion und Pro-/Supination in das Ergebnis mit einbezogen werden. Da sich die Fragestellung auf die Auswirkung der STT-Arthrodeese auf die Beweglichkeit im Radiocarpalgelenk bezog, wurden nur Extension/Flexion, Radial-/Ulnarabduktion in die Wertung mit einbezogen.

(Auch hier konnten die 5 Patienten mit beidseitiger Lunatumnekrose nicht mit in die Auswertung einbezogen werden, da die relative Grobkraft nicht in Bezug auf eine gesunde Hand gemessen werden konnte. Auch die Patientin, die im Therapieverlauf eine Handgelenksarthrodese bekommen hatte, wurde in die Statistik nicht mit einbezogen.)

Tab. 42: Untersuchungsergebnisse mit dem Krimmer-Score Ø 12 Jahre nach STT-Arthrodeese

Krimmer-Score Min.: 0 (schlechtes Ergebnis) Max.: 100 (sehr gutes Ergebnis)	Median	Arithm. Mittel
Für n=38 Patienten	71,25 (gut) Min.: 20 Max.: 97,5	70,171 (gut) Stda.: 15,6

Tab. 43: Ergebnisse mit dem Krimmer-Score bei vergleichbaren Studien bzgl. der STT- Arthrodeese

Studie	Indikation u. Fallzahl (n)	Ø Beobachtungszeit	Ø Krimmer-Score Annahme arithmetischer Mittelwert
Sauerbier et al. 2000	Lunatumnekrose Stad. III/IV (Decoulx/Lichtman): n=26	2,9 Jahre (35 Monate)	67,8 (gut)
Meier et al. 2003	Lunatumnekrose Stad. III B (Lichtman): n=65	4 Jahre (48 Monate)	70 (gut)

4.4 Korrelationen der Scores mit Handgelenksbeweglichkeit, Schmerz und Kraft

Um die Beziehung zwischen den Scoreergebnissen und der Funktionalität sowie dem Schmerzausmaß näher zu beleuchten, führten wir im Rahmen einer explorativen Datenanalyse eine **Rangkorrelation nach Spearman** durch. Die zugehörigen Scatterdiagramme befinden sich im Anhang.

4.4.1 Korrelationen des DASH-Score und Schlußfolgerungen

Der DASH-Score gilt heute als Referenzmethode zur Evaluierung von OP-Ergebnissen. Insofern richtet sich das Interesse darauf zu wissen, welche der untersuchten Parameter (Handwurzelgefüge, Bewegungsausmaß, Funktion, Schmerz) am stärksten mit dem, DASH korrelieren und insofern für dessen Ergebnis am meisten entscheidend sind.

Bei der Korrelation des aus einer umfangreichen subjektiven Funktionseinschätzung hervorgehenden DASH-Score mit den klassischen Funktionsparametern Gesamtbewegungsausmaß, Extension und Flexion ergab sich nur eine leichte Abhängigkeit und mit dem radioulnaren Bewegungsausmaß gar keine. Auch die relative Höhe der Handwurzel (Natrass-Index) korrelierte nur in geringer Weise mit dem Ergebnis des DASH. Eine nachweisliche Abhängigkeit zeigte sich zwischen der bei der Nachuntersuchung ermittelten Grobkraft und dem DASH-Score. Auch die beiden gemischten Scores (Mayo-Score und Krimmer-Score) zeigten eine mittlere Korrelation mit dem DASH-Score. Der höchste Korrelationskoeffizient ergab sich jedoch zwischen dem Schmerz-Index (PDI) und dem DASH.

Tab. 44: Korrelationsergebnisse

Spearman- Rangkorrelation		DASH-Score (subjektive Funktion)	
		<u>Korrelationskoeffizient (ro):</u> ro = -1 oder ro = +1 (Linearität) ro ≤ -0,3 und ro ≥ +0,3 (Abhängigkeit) ro = -0,3 bis +0,3 (Unabhängigkeit)	
PDI	(Schmerz)	ro= +0,848	p= 0,000
Krimmer-Score	(gemischt)	ro= -0,664	p= 0,000
Mayo-Score	(gemischt)	ro= -0,634	p= 0,000
Rel. Grobkraft		ro= -0,603	p= 0,000
Natrass-Index (rel. Karpushöhe)		ro= -0,398	p= 0,009
Ex./Flex.		ro= -0,348	p= 0,024
Rad./Uln.-Abd.		ro= -0,190	p= 0,228
Stähl-Index (rel. Lunatumhöhe)		ro= -0,154	p= 0,329

Der **DASH-Score** stellt eine ausführliche subjektive Beurteilung des Operationsergebnisses dar. Die angestellten Korrelationen zeigen, dass in erster Linie Schmerz und weit geringer auch die Kraft für den Patienten die entscheidenden Parameter bezüglich der Beurteilung des Operationsergebnisses sind. Die Korrelation mit den gemischten Scores kommt über diese beiden Faktoren zustande.

4.4.2 Korrelationen des Mayo- und Krimmer-Score und Schlußfolgerungen

Bei den Korrelationen des Mayo-Score und des Krimmer-Score zeigt sich, dass beide Scores als im Prinzip gleichwertig anzusehen sind. Die Grobkraft hat den größten Einfluß auf diese beiden Scores. Beweglichkeit wie auch der Schmerz spiegeln sich gleichmäßig im Ergebnis wieder. Ein geringer Einfluss der relativen Handwurzelhöhe auf beide Scores ist vorhanden. Die mittlere Korrelation mit dem DASH-Score zeigt, dass eine gute, objektiv messbare Funktionalität im Handgelenk vom Patienten nicht gleich wohl positiv wahrgenommen wird, sofern noch ein wesentlicher Schmerzfaktor besteht. Nebenbei wird deutlich, dass die ausgeprägte, operationsbedingte Bewegungseinschränkung bezüglich der Abwinkelungsfähigkeit (Ulnar-/Radialabduktion) im Handgelenk, welche nur in den Krimmer- Score mit einfließt, sich offenbar auf keines der beiden Score-Ergebnisse auswirkt.

Tab. 45: Korrelationsergebnisse

Spearman- Rangkorrelation	Mayo-Score (gemischt)	
	<u>Korrelationskoeffizient (ro):</u>	
	ro = -1	oder ro = +1 (Linearität)
	ro ≤ -0,3	und ro ≥ +0,3 (Abhängigkeit)
	ro = -0,3	bis +0,3 (Unabhängigkeit)
Krimmer-Score (gemischt)	ro= +0,931	p= 0,000
rel. Grobkraft	ro= +0,878	p= 0,000
Ex./Flex.	ro= +0,723	p= 0,000
PDI (Schmerz)	ro= -0,722	p= 0,000
DASH (subjektive Funktion)	ro= -0,634	p= 0,000
Nattrass-Index (rel. Karpushöhe)	ro= +0,350	p= 0,031
Rad./Uln.-Abd.	ro= +0,271	p= 0,100
Stähl-Index (rel. Lunatumhöhe)	ro= +0,057	p= 0,734

Tab. 46: Korrelationsergebnisse des Krimmer-Score

Spearman-Rangkorrelation	Krimmer-Score (gemischt)	
	<u>Korrelationskoeffizient (ro):</u>	
	ro = -1 oder ro = +1 (Linearität)	
	ro ≤ -0,3 und ro ≥ +0,3 (Abhängigkeit)	
	ro = -0,3 bis +0,3 (Unabhängigkeit)	
Mayo-Score (gemischt)	ro = +0,931	p= 0,000
rel. Grobkraft	ro = +0,906	p= 0,000
PDI (Schmerz)	ro = -0,693	p= 0,000
Ex./Flex.	ro = -0,688	p= 0,000
DASH(subjektive Funktion)	ro = -0,664	p= 0,000
Nattrass-Index (rel. Karpushöhe)	ro = +0,465	p= 0,003
Rad./Uln.-Abd.	ro = +0,292	p= 0,076
Stahl-Index (rel. Lunatumhöhe)	ro = +0,067	p= 0,691

4.5 Erwerbsfähigkeit im Verhältnis zur berufsbedingten körperlichen Belastung

Von den 44 nachuntersuchten Patienten konnten 75% (33 Patienten) ihren vorher ausgeübten Beruf wieder dauerhaft ausüben. 16% (7 Patienten), waren aufgrund verbleibender Einschränkungen und Beschwerden gezwungen, ihren Beruf im postoperativen Verlauf zu wechseln; sie alle rekrutierten sich aus Berufsgruppe 3 (mit schwerer Handgelenksbelastung). Bei 9% (4 Patienten), hatte sich eine dauerhafte Erwerbsunfähigkeit eingestellt. Darunter auch die Patientin mit der Handgelenksarthrodese.

Tab. 47: Arbeitsfähigkeitsverhältnisse nach STT-Arthrodese

Arbeitsfähigkeitsverhältnisse	Anzahl der Patienten (n=44)	Relative Anzahl	
Wiederaufnahme des alten Berufes	33	75 %	91 %
Beschwerdebedingter Berufswechsel	7	16 %	
Dauerhafte Erwerbsunfähigkeit	4	9 %	

Es konnte also bei 91% der Patienten die Erwerbsfähigkeit dauerhaft erhalten werden.

Tab. 48: Berufswechsel bzw. dauerhafte Erwerbsunfähigkeit nach STT-Arthrodese

44 Pat. mit Lunatumnekrose mit 45 durchgeführten STT-Arthrodesen (bei 1 Pat. bds.)	Berufsgruppe 1 (leichte Belastung des HG) n=11	Berufsgruppe 2 (mittlere Belastung des HG) n=14	Berufsgruppe 3 (schwere Belastung des HG) n=19
Berufswechsel aufgrund von HG-Beschwerden trotz STT-Arthrodese	0	0	7 (37%)
Dauerhafte Erwerbsunfähigkeit aufgrund von HG-Beschwerden trotz STT-Arthrodese	0	3 (2%)	1 (5%)

5. Kasuistiken anderer Indikationen für STT-Arthrodeese

5.1 3 Fälle von STT-Arthrodeese in Kombination mit Lunatumexstirpation bei Morbus Kienböck

Patient Nr. 1: Präoperativ mit bereits entfernten Lunatum zeigte der Pat. bereits einen beginnenden Handwurzelkollaps sowie eine leichte Handgelenksarthrose. Wie das Röntgenbild nach 13,8 Jahren jedoch zeigt, konnte der Karpus durch die STT-Arthrodeese stabilisiert werden. Trotzdem schritt die Radiokarpalarthrose fort und es stellte sich eine leichte Arthrose zwischen den Handwurzelknochen ein. Die präoperativ bereits eingeschränkte Extension-Flexion-Beweglichkeit konnte so erhalten werden. Bei der radioulnaren Seitabwinkelungsfähigkeit musste eine weitere Minderung durch die STT-Arthrodeese hingenommen werden. Die Score-Ergebnisse spiegeln eine deutliche Beschwerdepersistenz und eingeschränkte Funktionalität wieder. Seinen Beruf als Schlosser musste der Patient deswegen aufgeben, er arbeitet heute als technischer Angestellter.

Trotz fortbestehender Beschwerden mit Berufswechsel hat der Patient den Eindruck, dass die Schmerzen sich durch die Operation gebessert hätten und stuft das OP-Ergebnis besser ein als den präoperativen Zustand. Rückblickend würde er sich wieder für den Eingriff entscheiden.

Abb. 18: Verlauf Pat. Nr. 1 mit Lunatumnekrose



**Morbus Kienboeck
mit bereits entferntem Lunatum
und verminderter Karpushöhe
(Natrass-Index: 1,41)**

**STT-Arthrodeese postoperativ,
die Karpushöhe wird durch die
OP leicht angehoben
(Natrass-Index: 1,48)**

**Ergebnis nach 13,8 Jahren,
die Karpushöhe wurde im
Ausgangsbereich stabilisiert
(Natrass-Index: 1,40)**

Patientin Nr. 2: Bei dieser Patientin zeigt sich im radiologischen Verlauf anhand des Natrass-Index, dass die Karpushöhe stabilisiert werden konnte. Trotzdem konnte eine Radiokarpalarthrose nicht vermieden werden. Der proximale Kahnbeinpol hat sich in die fossa scaphoidea regelrecht eingegraben. Insofern führte dies zu erheblichen Bewegungseinschränkungen, wobei die Ulnarabduktion jedoch nicht betroffen war. Die Schmerzen konnten laut Patientin durch den Eingriff deutlich vermindert werden. Die Patientin ist mit dem Langzeitresultat der OP sehr zufrieden. Trotz der massiven Radiocarpalarthrose hätten sich der Patientin zufolge die Schmerzen nach dem Eingriff deutlich vermindert, so dass sie mit dem Langzeitresultat sehr zufrieden sei. Diese Eigenbeurteilung der Patientin spiegelt sich deutlich in einem sehr niedrigen DASH-Score-Ergebnis wieder, während der teilweise funktionsabhängige Krimmer- und Mayo-Score nur befriedigend ausfallen können. Die Patientin konnte nach der OP ihren Beruf als Buchhalterin weiterhin ausführen. Sie würde sich aus heutiger Sicht wieder für den Eingriff entscheiden.

Abb. 19: Verlauf Pat. Nr. 2 mit Lunatumextirpation bei LN



**vor STT-Arthrodese
mit weitgehend zerstörtem
Os Lunatum und deutlicher
Karpushöhenminderung
(Natrass-Index: 1,31)**

**Nach STT-Arthrodese
und Lunatumextirpation,
die Karpushöhe bleibt durch
den Eingriff unverändert
(Natrass-Index: 1,30)**

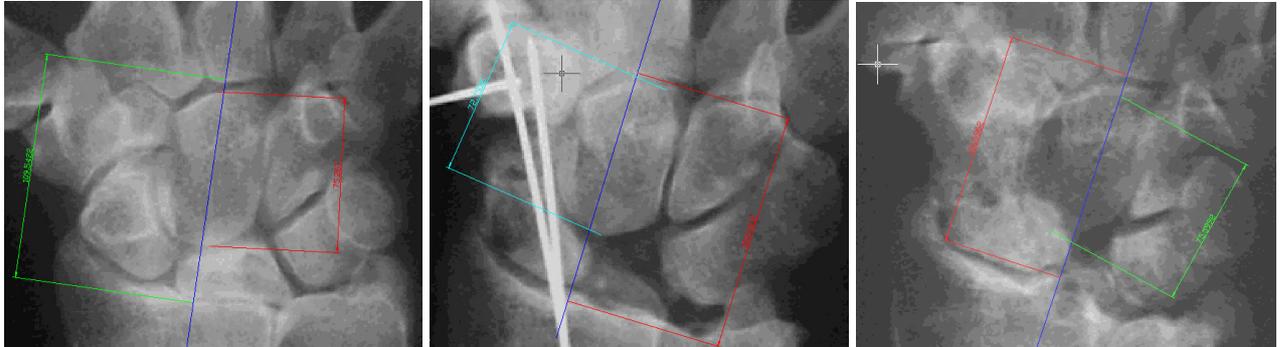
**Ergebnis nach 12,2 Jahren,
trotz der unveränderten Karpus-
höhe hat sich eine massive
Panarthrose entwickelt
(Natrass-Index: 1,31)**

Patient Nr. 3: Hier schritt der karpale Kollaps dem Natrass-Index zufolge etwas fort. Bei bereits vor 16 Jahren ausgeprägter Arthrose war bei dem Patient im postoperativen Verlauf erwartungsgemäß eine Panarthrose eingetreten, wobei sich die Architektur der Handwurzel weitgehend erhielt.

Der Patient konnte nach der OP seinen Beruf als Desinfektor bis zu seiner Altersberentung wieder aufnehmen. Auch aus heutiger Sicht würde er sich ebenfalls

wieder für den Eingriff entscheiden. Mayo- und Krimmer-Score zeigen ein befriedigendes bis gutes Therapieergebnis. Der DASH-Score befindet sich im Durchschnittsbereich anderer Veröffentlichungen bezüglich der STT-Arthrodesis (s.u.).

Abb. 20: Verlauf Pat. Nr. 3



**Morbus Kienböck Stad. III b
n. Lichtmann mit Höhenminderung
des Karpus (Nattrass-Index: 1,46)**

**Nach STT-Arthrodesis und
Lunatumexstirpation
(Nattrass-Index: 1,50)**

**Ergebnis nach 16,0 Jahren
Panarthrose
(Nattrass-Index: 1,41)**

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass unter Einbeziehung des Verlässlichkeitskoeffizienten beim Nattrass-Index bei zwei der drei Nachuntersuchten der karpale Kollaps trotz fehlendem Mondbein aufgehalten werden konnte. Bei einem der Patienten schritt der Kollaps geringradig fort. Bei zwei der Hände kam es trotz OP zur Ausbildung einer Panarthrose. Bei einem Patienten konnte der fortschreitende Handgelenksverschleiß verlangsamt werden. Bei allen drei Patienten konnten die Schmerzen durch die STT-Arthrodesis gebessert werden.

Auffällig ist, dass Patient 1 trotz des geringeren Arthrosegrades und eines stabilen Karpus in den objektiv messbaren Funktionen sowie in den Scores am schlechtesten abschneidet. Hier also war der radiologische Befund somit nicht maßgebend für die Funktionsminderung und die Beschwerden im Handgelenk.

Tab. 49: Ergebnisse STT-Arthrodeese + Lunatumexstirpation bei M. Kienböck

Patient	1	2	3
m / w	m	w	m
Alter (J)	44	51	67
Händigkeit	bdh.	re.	re.
Betroffene Seite	re.	re.	re.
Beobachtungszeitraum (J)	13,8	12,2	16,0
Nattrass-Index präop.	1,41	1,31	1,46
postop.	1,48	1,30	1,50
Bei der Nachuntersuchung	1,40	1,31	1,41
Arthrose präoperativ	Grad I	Grad I	Grad II
bei der Nachuntersuchung	Grad II	Grad III	Grad III
Ex./Flex. präoperativ	30/0/30	45/0/60	35/0/35
bei der Nachuntersuchung	30/0/30	30/0/25	40/0/25
Radial/Ulnar präop.	20/0/20	15/0/30	15/0/30
bei der Nachuntersuchung	10/0/5	0/0/25	10/0/25
rel. Grobkraft präop.	Nicht vorhanden	1,5	0,46
bei der Nachuntersuchung	0,43	0,77	0,60
Schmerzen	Geringer	Geringer	Keine
bei Nachuntersuchung			
Subj. Ergebnis	Besser	Absolut gut	Absolut gut
Krimmer-Score	42,5	65,0	67,5
Mayo-Score	40,0	65,0	65,0
DASH-Score	32,5	5,8	22,5
PDI	22	4	12
Berufswechsel wegen bleibender Beschwerden?	ja	nein	nein
Zustimmung zur OP aus heutiger Sicht?	ja	ja	ja

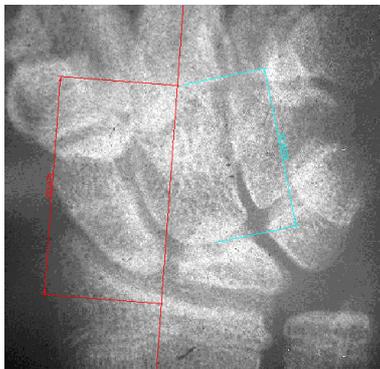
5.2 Ein Fall mit STT-Arthrodese u. gleichzeitigem Lunatumersatz durch Pisiformeinterposition bei LN

Bei der Nachuntersuchung war die Handwurzelhöhe durch die STT- Arthrodese gehalten. Es hatte sich aber trotzdem eine deutliche Arthrose ausgebildet. Das transponierte Os pisiforme war offensichtlich vital geblieben, jedoch auch deutlich von der Arthrose angegriffen. Eine Bewegungseinschränkung in alle Richtungen überstieg das übliche Maß nicht.

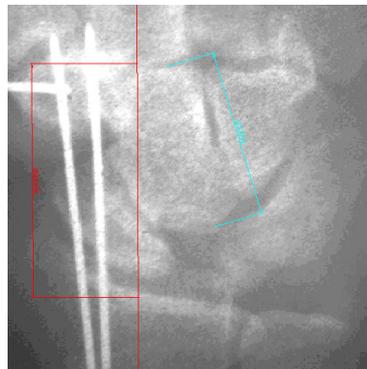
Die Patientin empfindet durch die OP weder eine Besserung der Funktionalität, noch eine Rückläufigkeit der Schmerzen. Lediglich der Krimmer-Score bewertet das Ergebnis als ausreichend. Die Ergebnisse der anderen Scores dokumentieren ein weiterhin vorhandenes deutliches Beschwerdebild.

In diesem Fall hat die Operation der Patientin weder objektiv noch subjektiv eine Besserung gebracht. Das leicht positive Ergebnis des Krimmer-Scores spiegelt in diesem Fall nicht das tatsächliche Ergebnis wieder. Die Patientin hat ihren Arbeitsbereich als Mitarbeiterin in einer Spielbank aufgrund der starken Beschwerden grundlegend ändern müssen und arbeitet jetzt als Aufseherin. Sie würde aus heutiger Sicht dem Eingriff nicht wieder zustimmen.

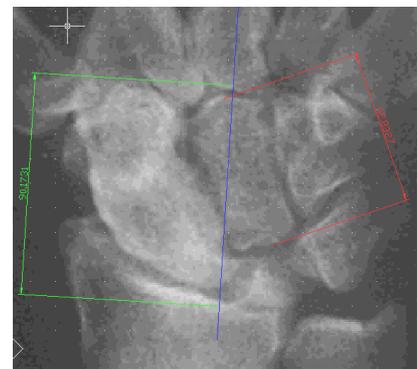
Abb. 21



**Präoperativer Status
Lunatumnekrose Stad. III a
n. Lichtmann
(Natrass-Index: 1,36)**



**Angelegte STT-Arthrodese und
durch Os pisiforme ersetzt
Mondbein.
(Natrass-Index: 1,40)**



**Ergebnis nach 13,5 Jahre nach
STT-Fusion mit deutlicher Radio-
Karpalarthrose, kein karpaler Kollaps
(Natrass-Index: 1,44)**

Tbl. 50: Ergebnisse STT-Arthrode + Lunatumersatz durch Os pisiforme

Patient	1
m / w	w
Alter (J)	32
Händigkeit	re.
Betroffene Seite	re.
Nachuntersuchung (J)	13,5
Nattrass-Index	
präop.	1,36
postop.	1,40
Bei der Nachuntersuchung	1,44
Arthrose	
präoperativ	Grad I
bei der Nachuntersuchung	Grad II
Ex./Flex.	
präoperativ	45/0/35
bei der Nachuntersuchung	25/0/45
Radial/Ulnar	
präoperativ	10/0/20
bei der Nachuntersuchung	5/0/15
Rel. Grobkraft	
präoperativ	Nicht vorhanden
bei der Nachuntersuchung	0,55
Schmerzen	Wie vor OP
Subj. Ergebnis	Wie vor OP
Krimmer-S.	67,5
Mayo-S.	55
DASH-Score	30
PDI	18
Berufswechsel wegen bleibender Beschwerden?	ja
Zustimmung zur OP aus heutiger Sicht?	nein

5.3 Ein Fall von SL-Instabilität nach Kahnbein- und distaler Radiusosteosynthese

Die Radiusfraktur und die Kahnbeinfraktur waren primär bereits osteosynthetisch versorgt worden, trotzdem wies die Patientin eine deutliche karpale Instabilität im Sinne einer SL-Bandzerreißung auf, welche sich durch die deutliche palmare Verkipfung des Kahnbeines mit vergroertem skapholunrem Winkel (69°) zeigte. Durch die STT-Arthrodesese konnte die Karpushöhe nahe des physiologischen Bereiches stabilisiert werden. Der skapholunäre Winkel betrug bei der Nachuntersuchung 48° und lag damit im angestrebten Bereich. Trotz Karpusstabilisierung hatte sich eine leichte Handgelenksarthrose (Grad I) ausgebildet. Das Bewegungsausmaß bei der Extension und Flexion war nahezu unverändert geblieben. Es konnten 62 % der Kraft der gesunden Gegenseite gemessen werden.

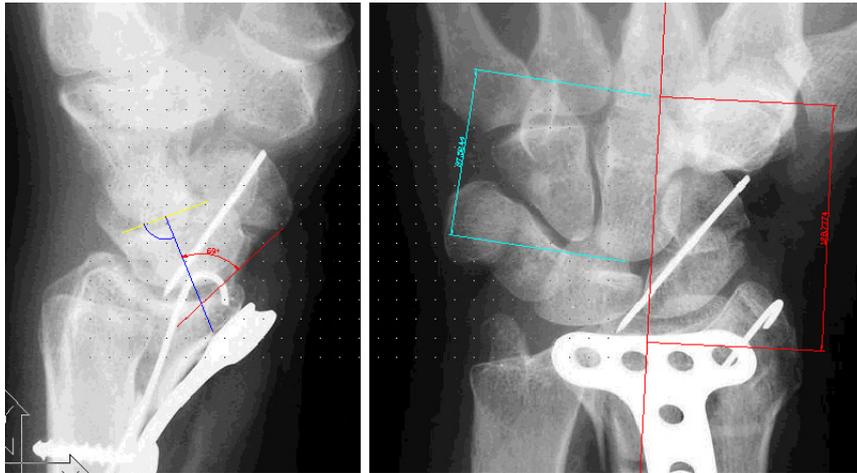
Krimmer-Score, DASH-Score und PDI spiegeln das aus der Patientensicht gute Ergebnis wieder. Der Mayo-Score zeigt lediglich ein zufriedenstellendes Ergebnis und ignoriert insofern die sehr gute subjektive Beurteilung des Therapieergebnisses durch die Patientin. Die Patientin konnte weiterhin in Ihrem Beruf als Zimmermädchen arbeiten, reduzierte jedoch ihre Arbeitszeit aufgrund der geringeren Belastbarkeit des Handgelenkes von 8 Stunden auf 4 Stunden täglich. Sie würde sich auch aus heutiger Sicht wieder für die STT-Arthrodesese entscheiden.

Abb. 22



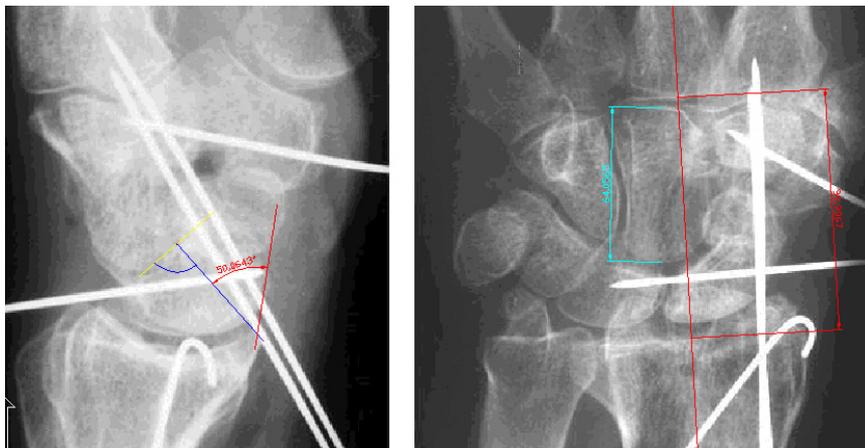
**Status direkt nach dem Unfall,
distale Radiusgelenk-Trmmerfraktur mit zusätzlicher Kahnbeinfraktur**

Abb. 23



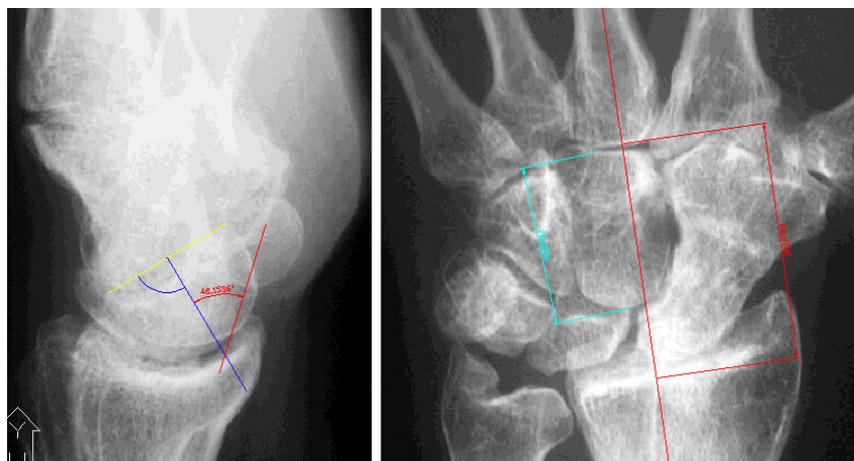
Persistenz eines vergrößerten SL-Winkel (69°) nach Osteosynthese von distaler Radiusfraktur u. Kahnbeinfraktur, rel. Karpushöhe bereits im pathologischen Bereich (Natrass-Index: 1,47)

Abb. 24



Nach Anlage der STT-Arthrodesis zeigt sich ein reduzierter SL-Winkel (50°) und deutlich aufgerichteter Karpus (Natrass-Index: 1,56)

Abb. 25



Ergebnis nach 13,2 Jahren belegt den Karpushöhenerhalt, bei leichter Handgelenksarthrose und guter Funktion, die Karpushöhe liegt im Ausgangsbereich (Natrass-Index: 1,48)

Tbl. 51:

**STT-Arthrodeese aufgrund einer SL-Dissoziation bei
Z.n. nach Kahnbeinfraktur + distaler Radiusfraktur**

Patient	1
m / w	w
Alter (J)	45
Händigkeit	li.
Betroffene Seite	li.
Nachuntersuchung (J)	13,2
Nattrass-Index	
präop.	1,47
postop.	1,56
Bei der Nachuntersuchung	1,48
SL-Winkel	
präop.	69°
postop.	50°
Bei der Nachuntersuchung	48°
Arthrose	
präoperativ	Grad 0
bei der Nachuntersuchung	Grad I
Ex./Flex.	
präoperativ	40/0/25
bei der Nachuntersuchung	45/0/25
Radial/Ulnar	
präoperativ	0/0/15
bei der Nachuntersuchung	5/0/15
Rel. Grobkraft	
präoperativ	n.v.
bei der Nachuntersuchung	0,62
Schmerzen	Keine
Subj. Ergebnis	Absolut gut
Krimmer-S.	82,5 (sehr gut)
Mayo-S.	65 (zufriedenstellend)
DASH-Score	12,5
PDI	0
Berufswechsel wegen bleibender Beschwerden?	nein
Zustimmung zur OP aus heutiger Sicht?	ja

5.4 Ein Fall von STT-Arthrodese angesichts carpalem Kollapses nach auswärtig erfolgter luxationsbedingter Mondbeinexstirpation

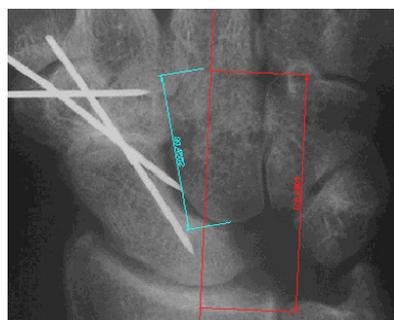
Der Patient hatte sich die Verletzung an seiner dominanten rechten Hand zugezogen und war primär auswärtig versorgt worden, wobei ihm offenbar das luxierte Lunatum entfernt worden war. Der Patient litt jedoch weiterhin an Schmerzen. Die Grobkraft und Funktionalität der rechten Hand blieben weiterhin stark eingeschränkt. Bei der Vorstellung im BUK Hamburg zeigten die erstellten Röntgenaufnahmen einen deutlichen karpalen Kollaps. Außerdem waren schon geringe Zeichen eines Handgelenkverschleißes sichtbar. Um diesen Prozess aufzuhalten, entschloss man sich eine STT-Arthrodese zur Stabilisierung durchzuführen. Bei der Nachuntersuchung nach über 14 Jahren zeigte sich, dass der karpale Kollaps aufgehalten werden konnte, wenn auch die operativ erreichte Karpusaufrichtung nicht im gleichen Grade erhalten werden konnte. Die Handgelenksarthrose schritt deutlich weiter fort, was sich in einer deutlichen Einschränkung von Extension und Flexion niederschlug. Die Grobkraft betrug nur 54% der gesunden Seite.

Nach dem subjektiven Empfinden des Patienten hatte die Operation zu einer Schmerzreduktion geführt. Das Gesamtergebnis war für den Patienten besser als vor der OP. Krimmer- und Mayo-Score spiegeln deutlich wieder, dass die objektiv messbaren Parameter wie Kraft und Bewegungsausmaße nur unzureichend durch die Operation wieder hergestellt werden konnten. Das Ergebnis des DASH-Scores zeigt eindrücklich, dass sich der Patient aufgrund seiner geringen Schmerzen subjektiv nur leicht in der Funktionalität eingeschränkt fühlte. Der PDI ist auch entsprechend niedrig. Der Patient war zur Zeit der Operation noch Schüler. Er ist inzwischen selbstständig und leitet eine Eisdielenfirma. Auch aus heutiger Sicht würde er sich wieder für den Eingriff entscheiden.

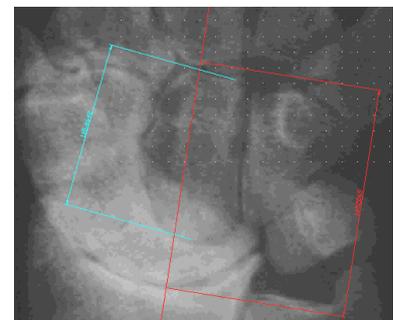
Abb. 26



**Zustand vor STT-Arthrodese
Karpaler Kollaps nach
Mondbeinexstirpation
(Nattrass-Index: 1,35)**



**STT-Arthrodese mit Kahnbein-
aufrichtung und dadurch bedingter
Karpusaufrichtung
(Nattrass-Index: 1,52)**



**Nach 14,4 Jahren: Arthrotische
Gelenkausformung mit subjektiv
guter Akzeptanz der Funktions-
einschränkung
(Nattrass-Index: 1,38)**

Tbl. 52: Ergebnisse bei STT-Arthrode nach vorausgegangener Mondbeinexstirpation

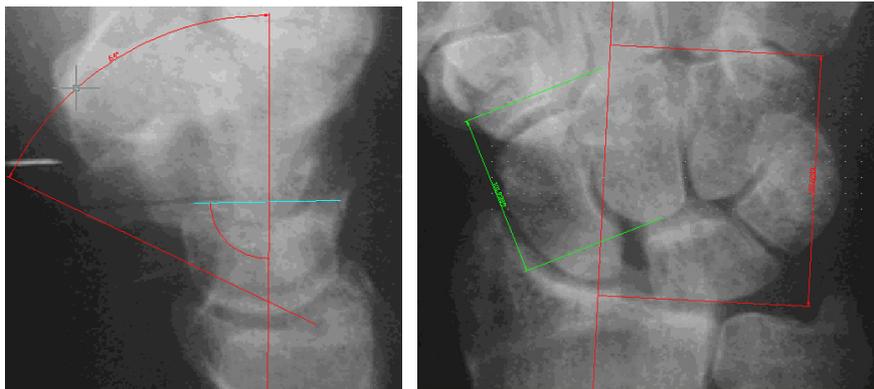
Patient	1
m / w	m
Alter (J)	35
Händigkeit	re.
Betroffene Seite	re.
Nachuntersuchung (J)	14,4
Nattrass-Index	
präop.	1,35
postop.	1,52
Bei der Nachuntersuchung	1,38
Arthrose	
präoperativ	Grad I
bei der Nachuntersuchung	Grad III
Ex./Flex.	
präoperativ	n.v.
bei der Nachuntersuchung	20/0/25
Radial/Ulnar	
präoperativ	n.v.
bei der Nachuntersuchung	5/0/15
rel. Grobkraft	
präoperativ	n.v.
bei der Nachuntersuchung	0,54
Schmerzen	Geringer als vor OP
Subj. Ergebnis	Besser als vor OP
Krimmer-S.	65
Mayo-S.	55
DASH-Score	11,7
PDI	5
Berufswechsel wegen bleibender Beschwerden?	nein
Zustimmung zur OP aus heutiger Sicht?	ja

5.5 STT-Arthrodese bei SL-Dissoziation

Patient Nr. 1: Bei dem Patienten lag zusätzlich eine lunotriquetrale Bandzerreißung vor, welche durch eine zusätzliche LT-Arthrodese versorgt wurde.

Die Karpushöhe konnte dauerhaft im physiologischen Bereich stabilisiert werden. Nach den Ergebnissen aller angewandten Scores (subjektive und objektive) ist das Therapieergebnis ungenügend. Trotzdem hat der Patient weniger Schmerzen als vor der OP und beurteilt das Operationsergebnis aus heutiger Sicht als absolut gut. Außerdem berichtete er bei der individuellen Befragung, dass er sich angewöhnt habe die besonders schmerzhaften Belastungen der re. Hand konsequent zu vermeiden. Der Patient 1 konnte seinen Beruf als Finanzbeamter weiterhin ausüben. Offensichtlich tragen zu einem positiven Ergebnis auch Umlernprozesse, welche krankengymnastisch und ergotherapeutisch gefördert werden können, entscheidend bei.

Abb. 27: Pat. Nr. 1 mit SL-Dissoziation



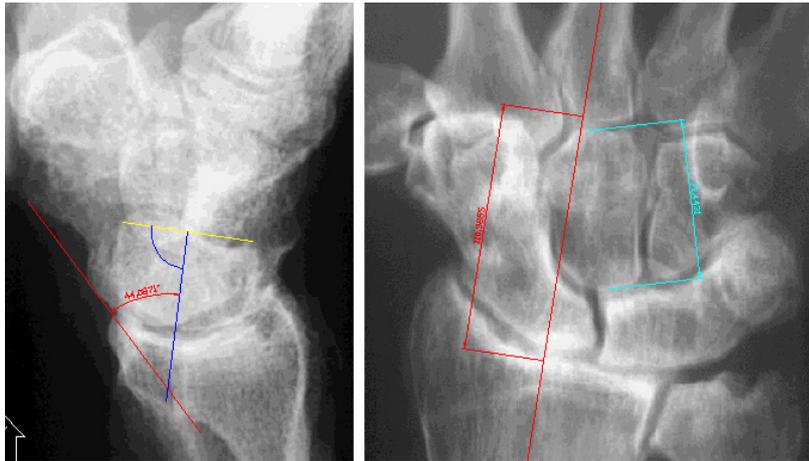
SL-Dissoziation und zusätzlicher Ruptur des Ligamentum lunotriquetrale; vergrößerter SL-Winkel von 64°, erweiterter SL-Spalt und noch erhaltene, relative Karpushöhe (Nattrass-Index: 1,56)

Abb. 28:



nach STT-Arthrodese, SL-Naht und zusätzlicher LT-Transfixation; SL-Winkel mit 55° und relative Karpushöhe im physiologischen Bereich (Nattrass-Index: 1,59)

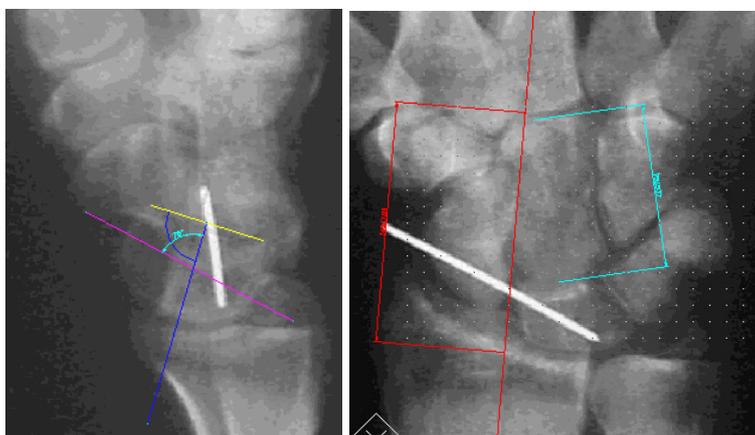
Abb. 29:



Ergebnis nach 13,0 Jahren: SL-Winkel von 44°, physiologische relative Karpushöhe (Nattrass-Index: 1,55), leichte Handgelenksarthrose (Grad I)

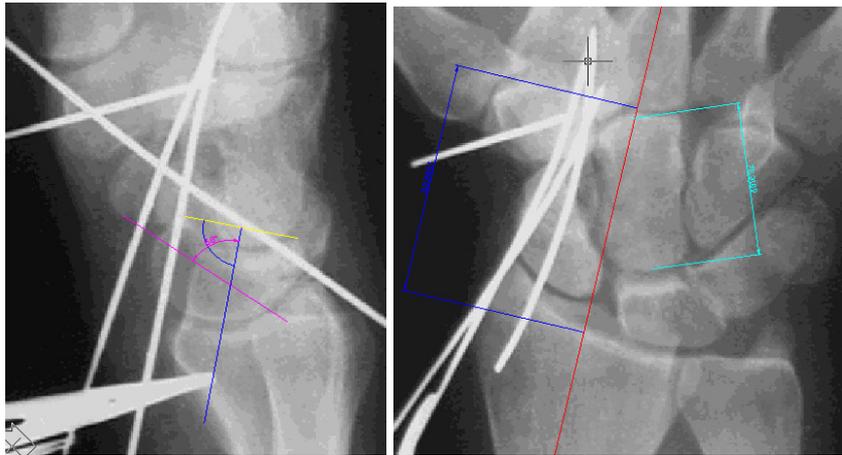
Patient Nr. 2: Bei diesem Patienten war primär zur Karpusstabilisierung eine SL-Bandnaht mit einer temporären SL-K-Drahtfixation erfolgt, wodurch jedoch keine ausreichende Kahnbeinaufrichtung erreicht wurde (SL-Winkel: 78°). Durch die daraufhin durchgeführte STT-Arthrodesis konnte der Karpus ebenfalls nahe des Normbereiches stabilisiert werden. Der SL-Winkel lag auch 16,4 Jahre nach der STT-Arthrodesis mit 51° im angestrebten Bereich. Es entwickelte sich eine mäßige Arthrose im Radiocarpalgelenk, die aber eine dem präoperativen Status überlegene Handgelenksbeweglichkeit zuließ. Auch die relative Grobkraft der betroffenen Hand konnte um 12% gesteigert werden. Laut Patient waren die Schmerzen im Handgelenk geringer als vor der OP. Der Patient war mit dem Gesamtergebnis der STT-Arthrodesis zufrieden. Alle Scores bestätigten einheitlich das positive Endergebnis.

Abb. 30: Pat. Nr. 2 mit SL-Dissoziation



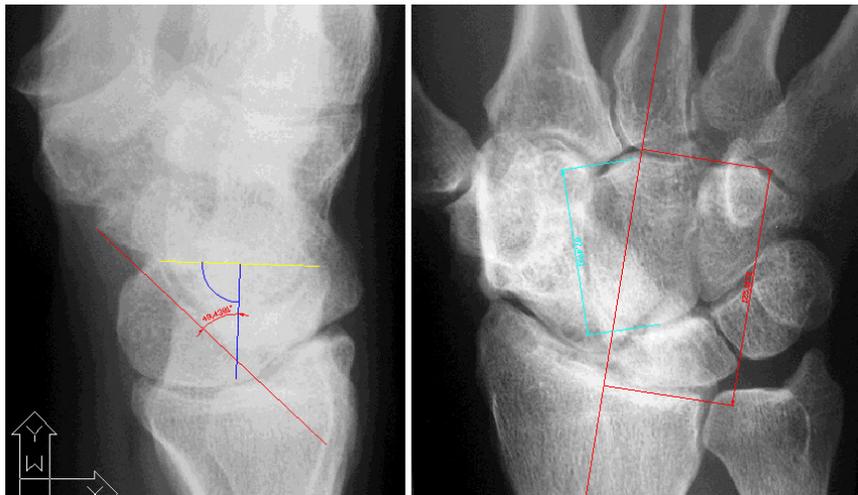
Status vor STT-Arthrodesis: SL-Winkel mit 78° deutlich pathologisch, relative Karpushöhe ebenfalls pathologisch (Nattrass-Index: 1,46)

Abb. 31:



Status nach STT-Arthrodesese: SL-Winkel mit 68° pathologisch (möglicherweise Messfehler, da strikt seitliche Einstellung im OP häufig erschwert), relative Karpushöhe nach Kahnbeinaufrichtung und -fixierung physiologisch (Natrass-Index: 1,51)

Abb. 32:

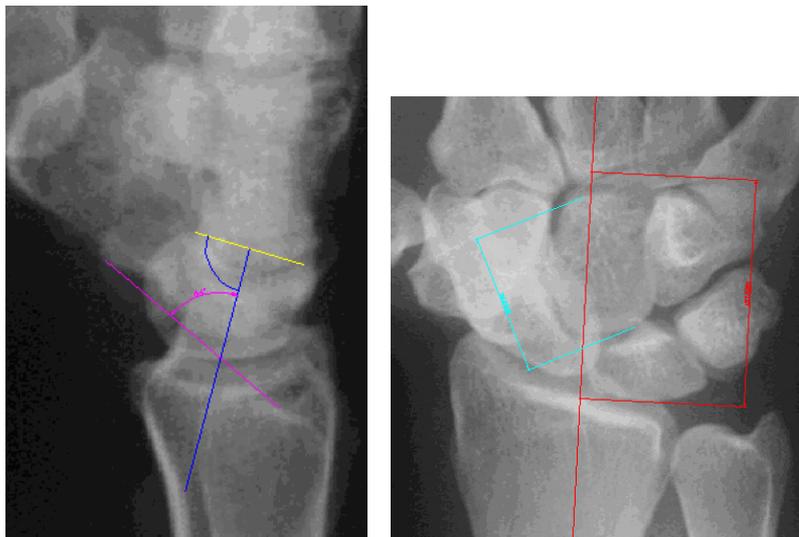


Ergebnis nach 16,4 Jahren: SL-Winkel mit 48° physiologisch, relative Karpushöhe durch Nachsinterung im pathologischen Bereich (Natrass-Index: 1,43); trotz deutlicher Arthrose (Grad II) gemäß objektiven Parametern und subjektiver Beurteilung gutes Ergebnis

Patientin Nr. 3: Bei dieser Patientin, bei der die Voraufnahmen leider nicht mehr auffindbar waren, musste die STT-Arthrodeese nachoperiert werden, da sich nach der ersten OP eine Pseudarthrose entwickelt hatte. Die Patientin stellte sich jetzt 10 Jahre nach der zweiten OP zur Nachuntersuchung vor. Hierbei zeigte die Patientin einen Nattrass-Index im oberen physiologischen Bereich und damit keinerlei Hinweis auf einen karpalen Kollaps. Auch gab es weder radiologische Anzeichen für eine Radiokarpalarthrose noch für eine Arthrose zwischen den einzelnen Handwurzelknochen, obwohl der SL-Winkel deutlich über den angestrebten 45° verblieben war. Zwar war die Beweglichkeit im Vergleich zum präoperativen Befund auch im üblichen Rahmen vermindert, jedoch war hier bei hypermobiler Ausgangssituation auch postoperativ noch eine nahezu physiologische Beweglichkeit im Handgelenk verblieben. Die relative Grobkraft lag mit 96% der gesunden Gegenseite nahezu im Normbereich.

Leider hat sich laut Patientin durch die STT-Arthrodeese keine Besserung der Schmerzen eingestellt und obwohl der PDI im Vergleich sehr niedrig ausfiel, hatte sie aufgrund ihrer Restbeschwerden ihren Beruf als Hotelfachfrau aufgegeben und arbeitet jetzt als Immobilienmaklerin. Trotz des aus radiologischer und funktioneller Sicht besten Ergebnisses in dieser Patientengruppe, würde die Patientin aus heutiger Sicht der STT-Arthrodeese nicht wieder zustimmen.

Abb. 33: Patientin Nr. 3 mit SL-Dissoziation

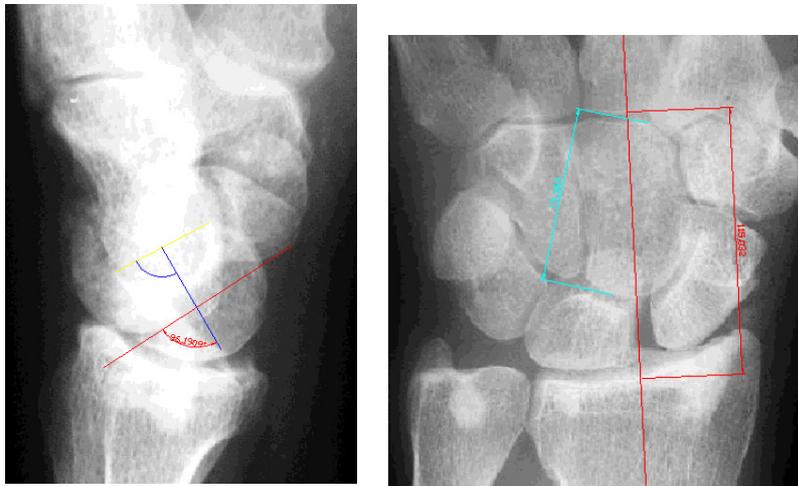


Ergebnis 10 Jahre nach STT-Arthrodeese: SL-Winkel mit 64° im pathologischen Bereich, Karpusstatik ansonsten völlig intakt (Nattrass-Index: 1,62), keine Arthrosezeichen; ausgeprägte Diskrepanz zwischen objektiven Ergebnissen (positiv) und subjektiver Beurteilung durch die Patientin (negativ)

Patient Nr. 4: Bei diesem Patienten konnte die karpale Höhe im physiologischen Bereich erhalten werden. Der skapholunäre Winkel konnte durch die OP nicht bis in den physiologischen Bereich gesenkt werden. Bei der Nachuntersuchung zeigte sich eine deutliche Arthrose im radiokarpalen Gelenkspalt. Extension und Flexion im Handgelenk lagen nahezu im Normbereich. Die Ulnarabduktion war deutlich vermindert. Die relative Grobkraft der betroffenen linken Hand lag bei dem rechtshändigen Patienten mit 95% im Normbereich. Die Schmerzen konnten durch die OP vermindert werden.

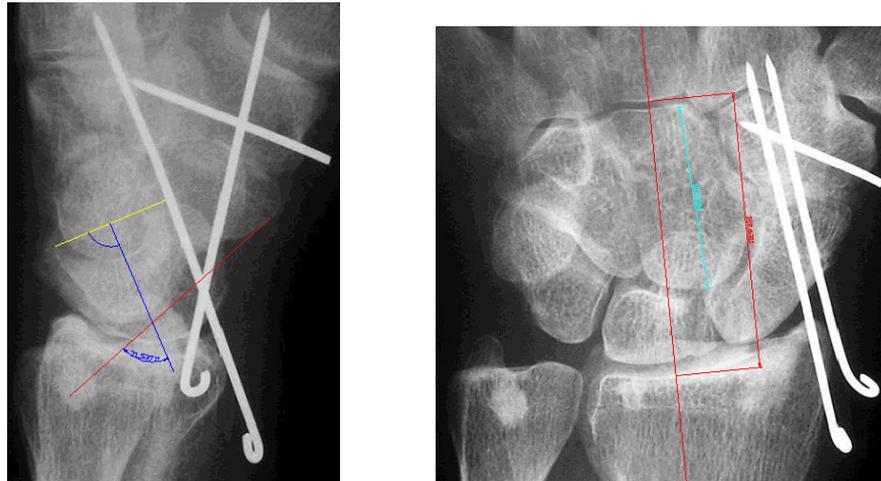
Insgesamt hatten sich Beschwerden und Funktionalität aus Sicht des Patienten durch die Operation gebessert. Krimmer- und Mayo-Score ergaben nur ein befriedigendes Ergebnis. Der DASH-Score lag in diesem Falle deutlich über den Durchschnittsergebnissen der Vergleichsarbeiten (Kalb et al.2001, Meier et al. 2003) und zeigt - wie auch der hohe PDI - dass sich der Patient in vielen allgemeinen und speziellen Tätigkeiten durch das betroffene Handgelenk eingeschränkt fühlt. Der Patient konnte seine Arbeit als technisch-kaufmännischer Angestellter zwar wieder aufnehmen, ist sich jedoch unschlüssig darüber ob er der STT-Arthrodese aus heutiger Sicht wieder zustimmen würde.

Abb. 34: Patient Nr. 4 mit SL-Dissoziation



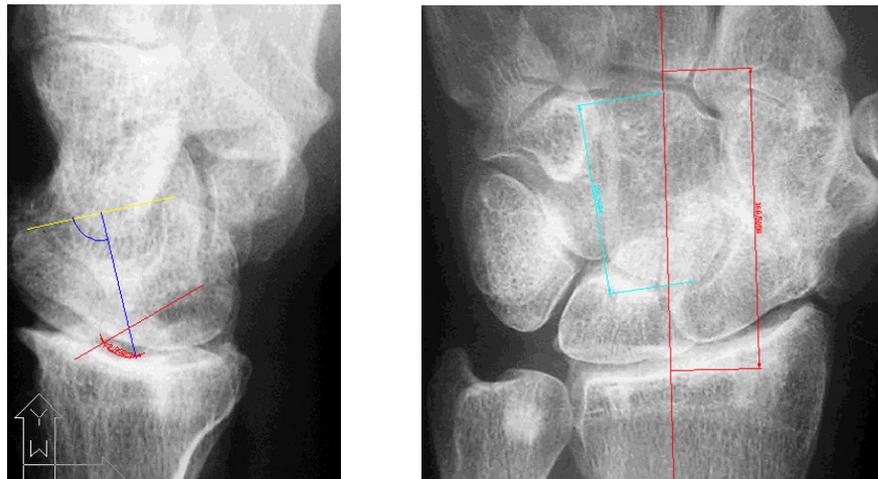
Status vor STT-Arthrodese: SL-Winkel mit 86° deutlich pathologisch, ausgeprägter SL-Spalt, relative Karpushöhe jedoch noch im Normbereich (Nattrass-Index: 1,53)

Abb. 35



Status nach STT-Arthrodese: SL-Winkel mit 72° weiterhin pathologisch, relative Karpus nach Kahnbeinaufrichtung und -fixierung weiterhin physiologisch (Natrass-Index: 1,51)

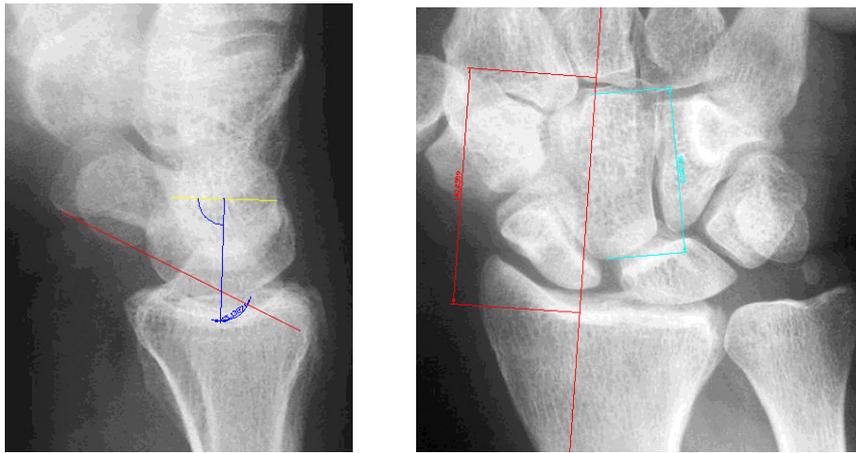
Abb. 36



Ergebnis 15,2 Jahre nach STT-Arthrodese: SL-Winkel (73°) und relative Karpushöhe (Natrass-Index: 1,57) konnten auf lange Sicht stabilisiert werden; das Radiokarpalgelenk zeigt deutliche Arthrosezeichen.

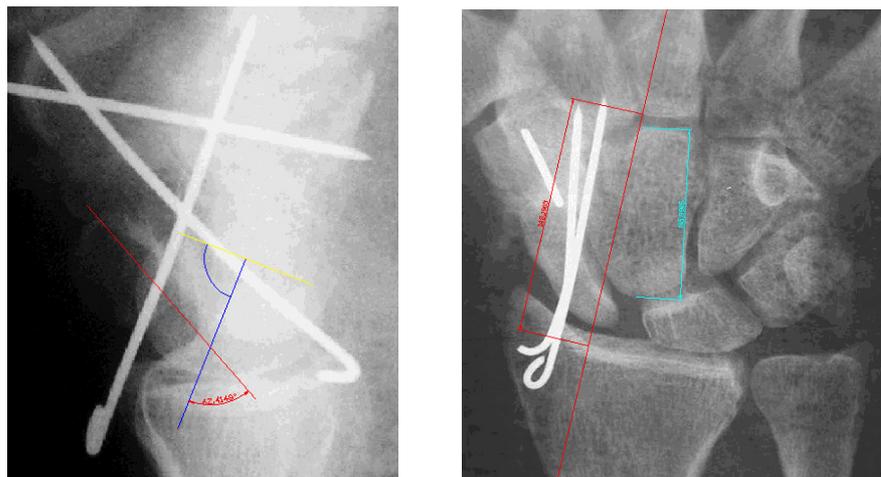
Patient Nr. 5: Bei diesem Patienten kam es trotz STT-Arthrodese zu einer progressiven Handgelenksarthrose mit ausgeprägten Schmerzen so dass schließlich eine Handgelenksarthrodese durchgeführt wurde. Bei der Nachuntersuchung wies die betroffene Hand immerhin noch eine relative Grobkraft von 50% auf. Aufgrund persistierender, starker Beschwerden, welche auch durch die Versteifung nicht gebessert werden konnten, blieb der Patient als Akustiker im Innenausbau berufsunfähig. Insofern würde er retrospektiv weder der STT-Arthrodese noch der Versteifung wieder zustimmen.

Abb. 37: Pat. 5 mit SL-Dissoziation



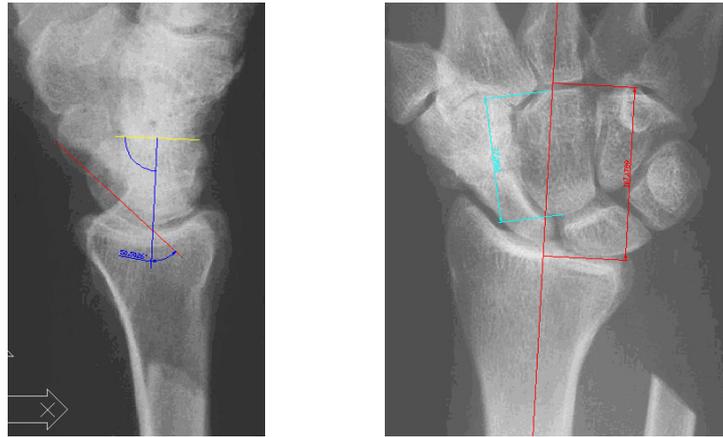
SL-Dissoziation nach Handgelenkstrauma: SL-Winkel mit 65° pathologisch, deutlich klaffender SL-Spalt und absinkendes Kopfbein mit entsprechender Verminderung der relativen Karpushöhe (Natrass-Index: 1,42), keine Arthrose

Abb. 38



Status nach STT-Arthrodese: SL-Winkel mit 62° grenzwertig (wahrscheinlich Meßfehler, da Aufnahme nicht streng seitlich) die relative Karpushöhe konnte durch die OP nicht angehoben werden (Natrass-Index: 1,40)

Abb. 39



Vor Handgelenksversteifung: Zwischenzeitlich war zur Besserung der Umwendbewegung eine Ulnaköpfchenresektion erfolgt; deutliche Arthrose zwischen proximalem Kahnbeinpol und distalem Radius sowie zwischen Lunatum und distalem Radius; SL-Winkel mit 51° nahe des angestrebten Bereiches, relative Karpushöhe nahezu unverändert (Natrass-Index: 1,39)

Abb. 40



Anlage Handgelenksarthrodese 28,5 Monate nach STT-Arthrodese

Abb. 41



**137,5 Monate nach Handgelenksarthrodese:
Persistierende starke Beschwerde, Berufsunfähigkeit als Handwerker**

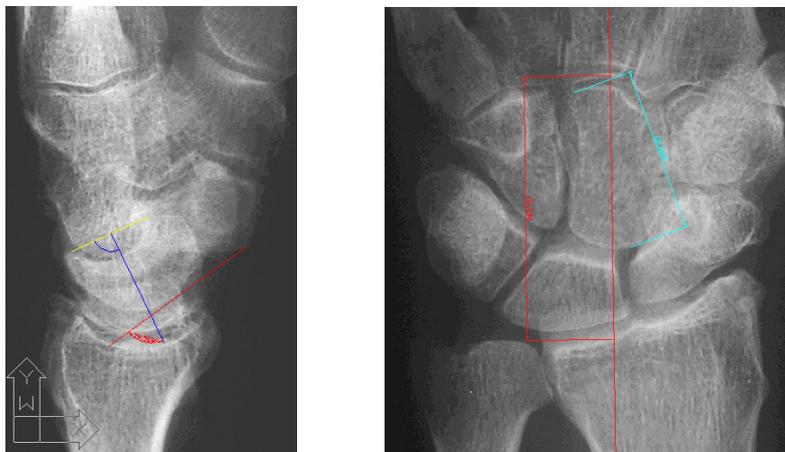
Tbl. 53: Ergebnisse von 5 Patienten STT-Arthrodese aufgrund einer SL-Dissoziation

Patient	1	2	3	4	5
m / w	m	m	w	m	m
Alter (J)	67	49	33	51	57
Händigkeit	re.	re.	re.	re.	re.
Betroffene Seite	re.	re.	re.	li.	re.
Nachuntersuchung (J)	13,0	16,4	10,0	15,2	13,8
Nattrass-Index präop.	1,56	1,46	n.v.	1,53	1,42
postop.	1,59	1,51	n.v.	1,51	1,40
Nachuntersuchung	1,55	1,43	1,62	1,57	Versteift
SL-Winkel präop.	64°	78°	n.v.	86°	65°
postop.	55°	68°	n.v.	72°	62°
Nachuntersuchung	44°	48°	64°	73°	versteift
Arthrose präop.	Grad 0	Grad 0	Grad 0	Grad 0	
Nachuntersuchung	Grad I	Grad II	Grad 0	Grad II	Versteift
Ex./Flex. präop.	n.v.	35/0/20	75/0/70	70/0/70	65/0/45
Nachuntersuchung	35/0/10	30/0/40	60/0/65	50/0/50	versteift
Rad./Uln. präop.	n.v.	0/0/15	35/0/40	20/0/20	5/0/40
Nachuntersuchung	10/0/10	5/0/20	10/0/25	15/0/5	versteift
rel.Grobkraft präop.	n.v.	70%	116%	n.v.	8%
Nachuntersuchung	27%	82%	96%	95%	50%
Schmerzen	Geringer als vor OP	Geringer als vor OP	Genau wie vorher	Geringer als vor OP	Schlimmer als vor den OP's
Subjektives Ergebnis	Absolut gut	Besser als vor OP	Genau wie vor der OP	Besser als vor OP	Weder Besserung durch STT-Arthrodese noch durch die Versteifung
Krimmer-S.	40,0	77,5	75,0	62,5	n.e.
Mayo-S.	45	65	75	65	n.e.
DASH-Score	78,3	11,7	15,8	36,7	64,2
PDI	55	12	8	27	43
Berufswechsel wegen bleibender Beschwerden?	nein	nein	ja	nein	Berufsunfähig
Zustimmung zur OP aus heutiger Sicht?	ja	ja	nein	unschlüssig	Nein

5.6 1 Fall von STT-Arthrodeese bei Kahnbeinpseudarthrose

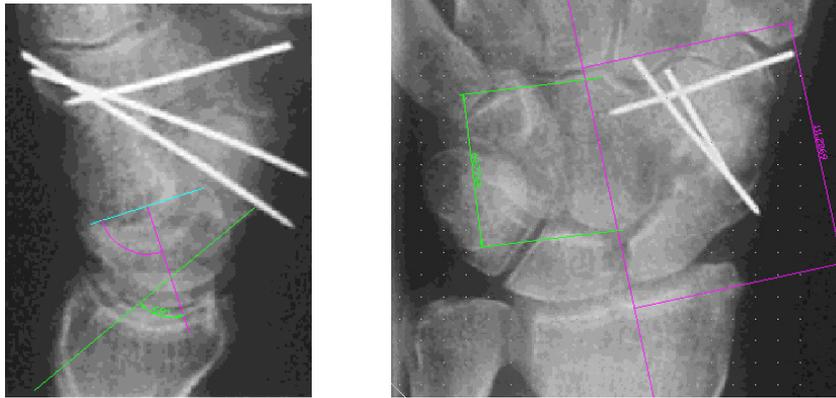
Der Patient hatte ursprünglich einen ausgeprägten zystischen Defekt am linken Kahnbein im Rahmen eines Morbus Preier entwickelt, welcher dann frakturierte und sich zu einer Pseudarthrose entwickelte. Da auf der Gegenseite die gleiche Pathologie bestand, konnten Krimmer- und Mayo-Score nicht ermittelt werden. Durch die STT-Arthrodeese konnte der karpale Kollaps noch im physiologischen Bereich stabilisiert und dadurch der Patient vor einem massiven Handgelenksverschleiss bewahrt werden. Das Bewegungsausmaß bei Extension und Flexion war bei der Nachuntersuchung mit 40/0/40 deutlich eingeschränkt. Die Schmerzen waren im Vergleich zur Situation vor der OP deutlich vermindert. Obwohl der Patient mit dem Operationsergebnis sehr zufrieden war, fielen DASH-Score und PDI nur mittelmäßig aus, was bedeutet, dass in konkreten Situationen die Einschränkungen des Patienten doch größer sind als die subjektive Gesamtbeurteilung scheinen lässt. Der Patient konnte nach der OP in seinen alten Beruf als Fernmeldetechniker bei der Post zurückkehren. Er würde sich aus heutiger Sicht wieder für den Eingriff entscheiden.

Abb. 42



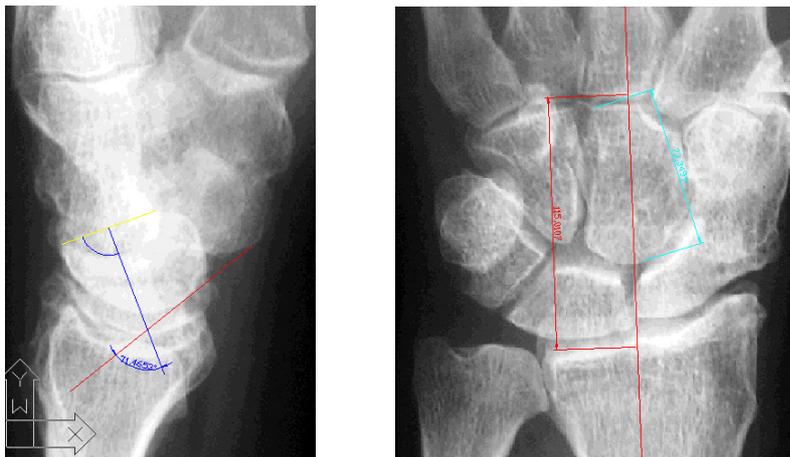
Kahnbeinpseudarthrose vor operativer Versorgung: SL-Winkel mit 74° pathologisch, Kahnbein mit großem zystischem Defekt und Pseudarthrose im mittleren Drittel, relative Karpushöhe (Nattrass: 1,60) noch nicht beeinträchtigt

Abb. 43



STT-Arthrodese: SL-Winkel wurde durch die OP auf 69° verringert, zystischer Defekt und Pseudarthrose wurden bei der STT-Fusion saniert, die relative Karpushöhe wurde im physiologischen Bereich fixiert (Nattrass-Index: 1,59)

Abb. 44



Ergebnis nach 10,5 Jahren: SL-Winkel (71°) und relative Karpushöhe (Nattrass-Index: 1,57) sind nahezu unverändert, es hat sich lediglich eine leichte Radiokarpalarthrose eingestellt

Tab. 54: Ergebnis der STT-Arthrodeese bei Kahnbeinpseudarthrose

Patient	1
m / w	M
Alter (J)	20.04.44
Händigkeit	re.
Betroffene Seite	li.
Nachuntersuchung (J)	10,5
Nattrass-Index präoperativ	1,60
postoperativ	1,59
Nachuntersuchung	1,57
SL-Winkel präoperativ	74°
postoperativ	69°
Nachuntersuchung	71°
Arthrose präoperativ	Grad 0
Nachuntersuchung	Grad 1
Ex./Flex. präoperativ	n.v.
Nachuntersuchung	40/0/40
Rad./Uln. präoperativ	n.v.
Nachuntersuchung	15/0/20
Absolute Grobkraft (Ballongröße 5) präoperativ	0,92
Nachuntersuchung	0,87
Schmerzen	Geringer als vor OP
Subj. Ergebnis	Absolut gut
Krimmer-S.	Nicht ermittelbar
Mayo-S.	Nicht ermittelbar
DASH-Score	25,8
PDI	12
Wechsel der Arbeitstätigkeit wegen bleibender Beschwerden?	Nein
Zustimmung zur OP aus heutiger Sicht?	ja

5.7 Zusammenfassende Betrachtung der STT-Arthrodesen aus posttraumatischer Indikationsstellung

Die Zusammenfassung der traumatischen Handwurzelverletzungen, welche mit einer STT-Arthrodesen versorgt wurden, zeigt, dass auch bei diesen Indikationen der Karpus auf Dauer stabilisiert und in fast allen Fällen eine Beschwerdeminderung erreicht werden kann. Jedoch müssen auch hier Bewegungseinschränkung, Gbtkraftminderung sowie in den meisten Fällen Arthroseentwicklung hingenommen werden.

Tab. 55

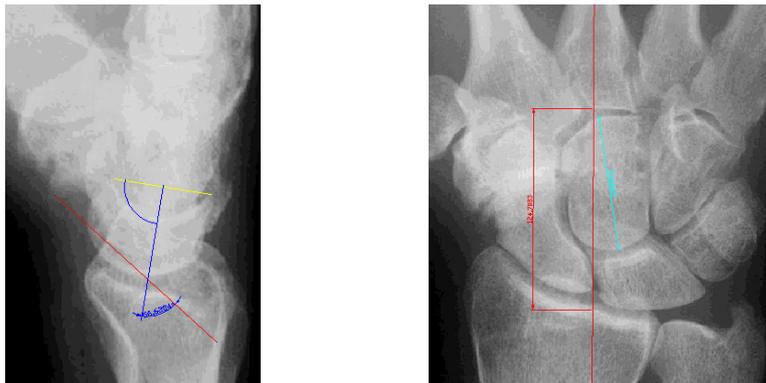
Nachuntersuchungsergebnisse der STT-Arthrodesen bei traumatischen Handwurzelinstabilitäten				
n= 8				
Karpushöhe n=7	Erhalten: 7		Kollabiert: 0	
HG-Arthrose n=7	Grad 0: 1	Grad I: 3	Grad II: 2	Grad III: 1 (präop. bereits Grad I)
Beweglichkeit n=7	Bei allen Pat. relativ zur gesunden Seite weiterhin eingeschränkt. Bei 3 Pat. keine präop. Werte vorhanden. Bei 2 Pat. Besserung der Beweglichkeit, bei 2 Verschlechterung			
Kraft n=7	Bei allen relativ zur gesunden Seite weiterhin gemindert. Bei 4 Pat. keine präop. Werte vorhanden. Bei einem besserte sich die Kraft im Vergleich zum präop. Status, bei 2 verschlechterte sie sich.			
Schmerzen n=7	Schlimmer als vorher: 0	Genau wie vorher: 1	Geringer als vorher: 5	Schmerzlos: 1
Subj.Ergebnis n=7	Schlechter als vorher: 0	Genau wie vorher: 1	Besser als vorher: 3	Absolut gut: 3
Erwerbsfähigkeit n=7	Erhalten: 7		Nicht erhalten: 0	
Berufswechsel n=7	Ja: 1		Nein: 6	
Erneute Zustimmung zur OP (n=7)	Ja: 5	Nein: 1		Unentschieden: 1
HG-Versteifung n=1	Trotz STT-Arthrodesen litt der Patient weiterhin an stärksten Handgelenksschmerzen und es stellte sich eine zunehmende Handgelenksarthrose ein, so dass schließlich eine Handgelenksversteifung durchgeführt wurde. Subjektiv haben sich die Beschwerden weder durch die STT-Arthrodesen noch durch Handgelenksversteifung gebessert. Der Pat. als Folge der chronischen Handgelenksbeschwerden erwerbsunfähig. Der Pat. würde aus heutiger Sicht beiden Eingriffen nicht wieder zustimmen.			

5.8 4 Fälle bei STT-Arthrodeuse bei STT-Arthrose

Bei einer STT-Arthrose liegt in der Regel keine karpale Instabilität vor. Deshalb war vorher schon damit zu rechnen, dass die karpale Höhe vor der Operation wie auch bei der Nachuntersuchung im physiologischen Bereich liegen würde, was die Bestimmung des Natrass-Index auch bestätigt. Im Fall der STT-Arthrose dient die STT-Arthrodeuse vorrangig der Ausschaltung der schmerzhaften, arthrotischen Gelenke zwischen Skaphoid, Trapezium und Trapezoid, wofür auch eine Minderung der Flexibilität des Karpus hingenommen werden muß.

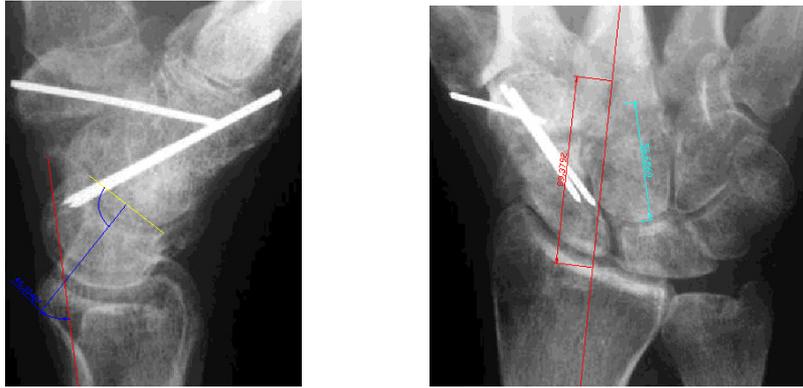
Patient Nr. 1: Dieser Patient zeigte bei der Nachuntersuchung eine deutlich eingeschränkte Beweglichkeit im Handgelenk sowie eine deutlich verminderte relative Grobkraft an der betroffenen Hand. Aufgrund der verminderten Kraft und Funktionalität waren die Ergebnisse der gemischten Scores ungenügend. Da sich aber seine Schmerzen durch den Eingriff deutlich gebessert hatten, kam er zu einer positiven subjektiven Bewertung des Operationsergebnisses. Der DASH-Score lag sogar unter den Durchschnittswerten der Vergleichsarbeiten (s.u.). Der PDI war ebenfalls entsprechend der positiven Bewertung durch den Patienten sehr niedrig. Der Patient konnte nach der Operation wieder in seinem Beruf als Schlachter arbeiten. Er würde sich auch aus heutiger Sicht wieder der STT-Arthrodeuse unterziehen.

Abb. 45: Patient Nr. 1 mit STT-Arthrodeuse bei STT-Arthrose



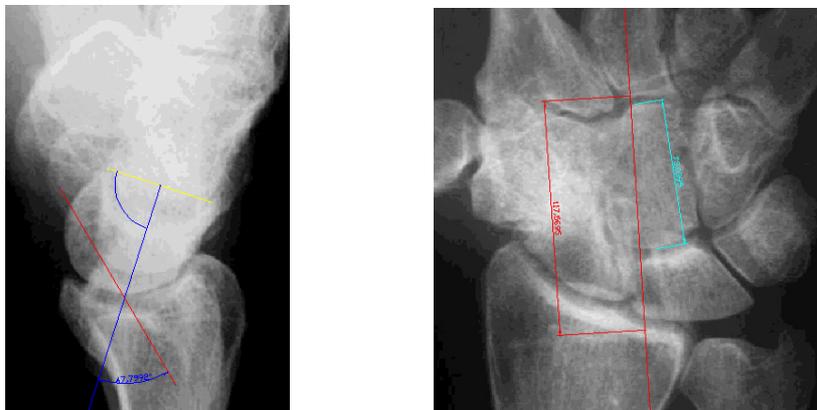
STT-Arthrose mit regelrechtem SL-Winkel von 57° und nahezu normgerechter relativer Karpushöhe (Natrass-Index: 1,50)

Abb. 46



Nach STT-Arthrodesis liegt der SL-Winkel mit 46° im angestrebten Bereich, die relative Karpushöhe ist normwertig (Nattress-Index: 1,58)

Abb. 47

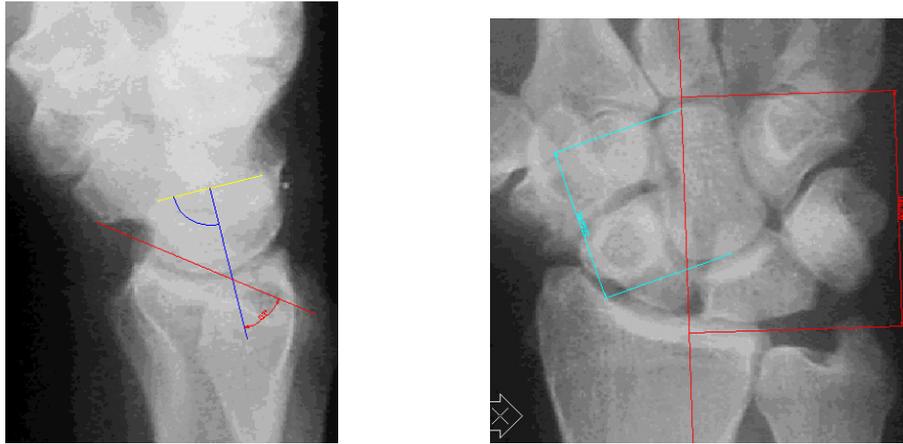


Ergebnis der STT-Arthrodesis nach 6,8 Jahren zeigt einen konstanten SL-Winkel von 48° , die relative Karpushöhe ist erwartungsgemäß im physiologischen Bereich Nattress-Index 1,61

Patient 2: Bei Patient 2 entwickelte sich postoperativ eine ausgeprägte Handgelenksarthrose, wobei das 41 jährige Alter eine primäre Arthrose als unwahrscheinlich erscheinen lässt. Viel mehr ist davon auszugehen, dass die Ursache der Arthrose der operationsbedingte Flexibilitätsverlust der Handwurzel ist. Die der STT-Arthrodesis folgende Arthrose erlaubte ihm nicht mehr die manuelle Tätigkeit in seinem Beruf als Fräser ausführen, so dass der Patient heute als Programmierer von computergesteuerten Fräsen arbeitet.

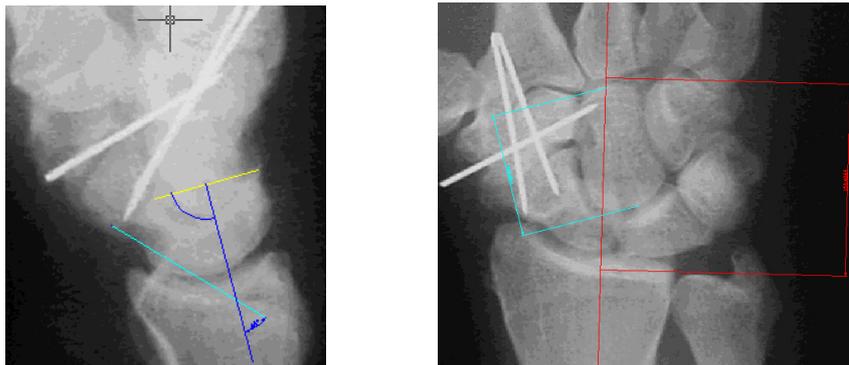
Obwohl er diese Handgelenksarthrose entwickelte, haben sich nach subjektiver Einschätzung seine Beschwerden durch die Operation deutlich gebessert und er würde sich auch aus heutiger Sicht wieder für die Operation entscheiden.

Abb. 48: Patient 2 mit STT-Arthrodese bei STT-Arthrose



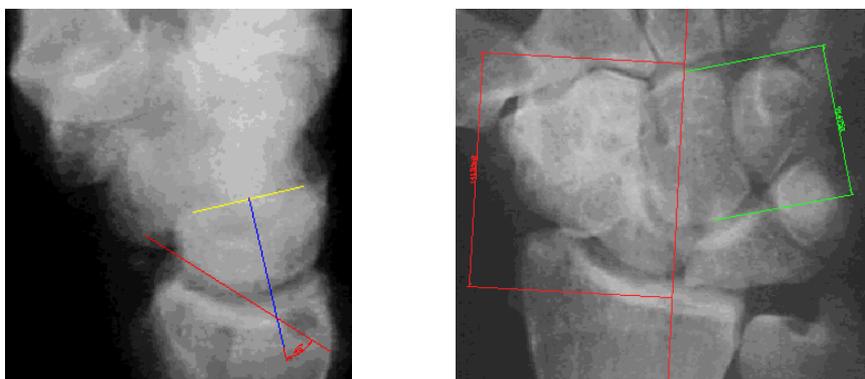
Vor STT-Arthrodese war der SL-Winkel mit 52° physiologisch, die p.a.-Projektion zeigt eine ausgeprägte STT-Arthrose mit rotiert erscheinendem Kahnbein; die relative Kahnbeihöhe liegt auch im physiologischen Bereich (Natrass-Index 1,54)

Abb. 49



Nach der STT-Arthrodese war der SL-Winkel mit 39° deutlich vermindert und im angestrebten Bereich; die relative Karpushöhe war weiterhin im physiologischen Bereich (Natrass-Index 1,56)

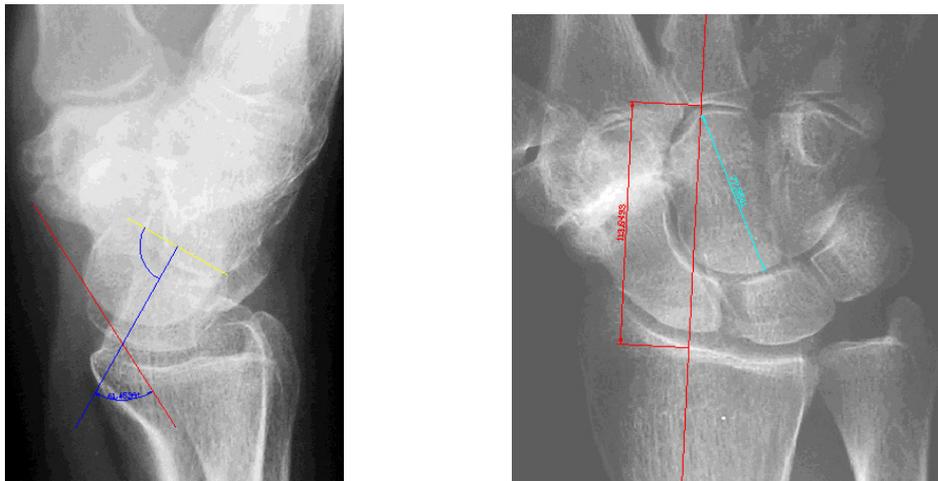
Abb. 50



Ergebnis der STT-Arthrodese nach 15 Jahren;
SL-Winkel mit 40° und Natrass-Index mit 1,54 liegen im optimalen Bereich

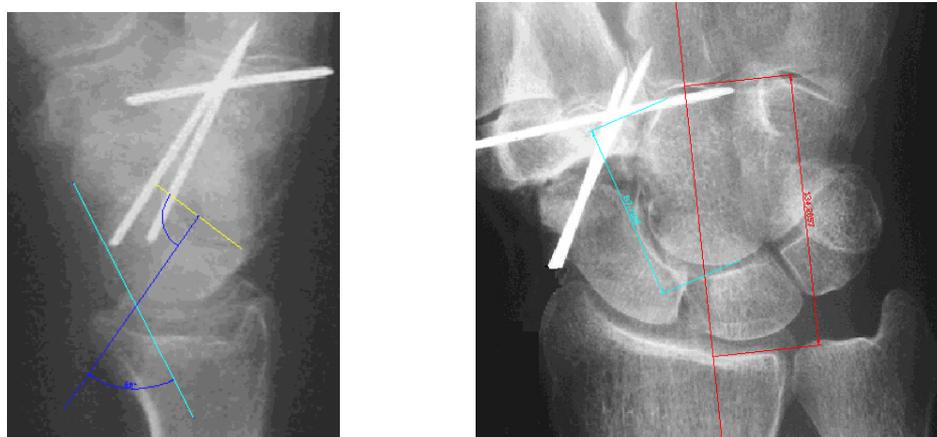
Patientin 3: Sie arbeitete als Verkäuferin und konnte nach der OP wieder in ihrem Beruf arbeiten, inzwischen ist sie Rentnerin. Sie ist durch die Operation schmerzfrei geworden und konnte nach der OP eine sehr gute relative Grobkraft (139%) aufbauen. Trotz der verbliebenen, deutlichen Einschränkung der Handgelenksbeweglichkeit ist die Patientin mit dem Operationsergebnis sehr zufrieden und würde sich auch aus heutiger Sicht wieder für den Eingriff entscheiden.

Abb. 51: Patientin 3 mit STT-Arthrodeese bei STT-Arthrose



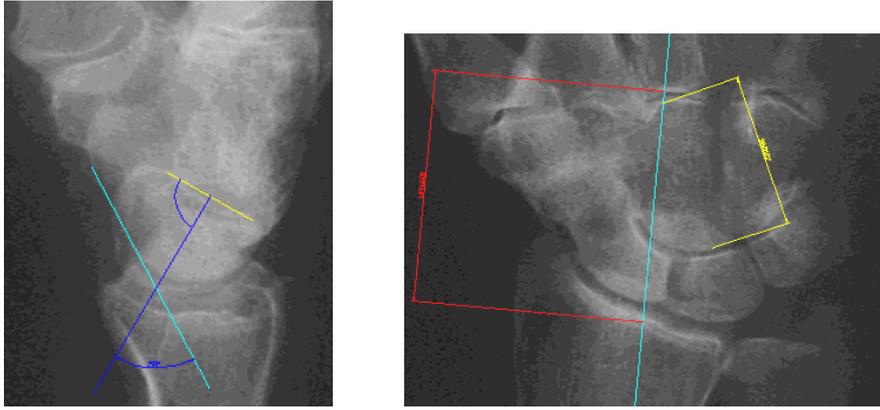
Vor STT-Arthrodeese zeigte sich eine ausgeprägte STT-Arthrose mit Gelenkspaltaufhebung; SL-Winkel 62° , Natrass-Index 1,47

Abb. 52



Nach STT-Arthrodeese zeigt sich ein SL-Winkel von 59° und ein Natrass-Index 1,53

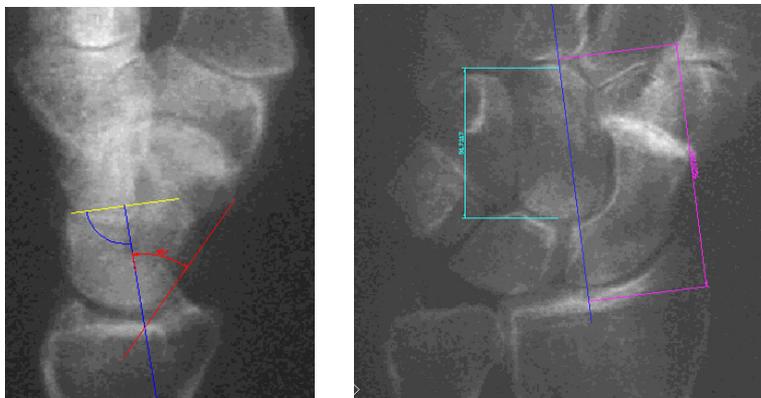
Abb. 53



**Ergebnis der STT-Arthrodesse nach 15 Jahren;
verbliebene deutliche Bewegungseinschränkung im Handgelenk;
SL-Winkel mit 59° und Nattress-Index mit 1,51 liegen im physiologischen Bereich**

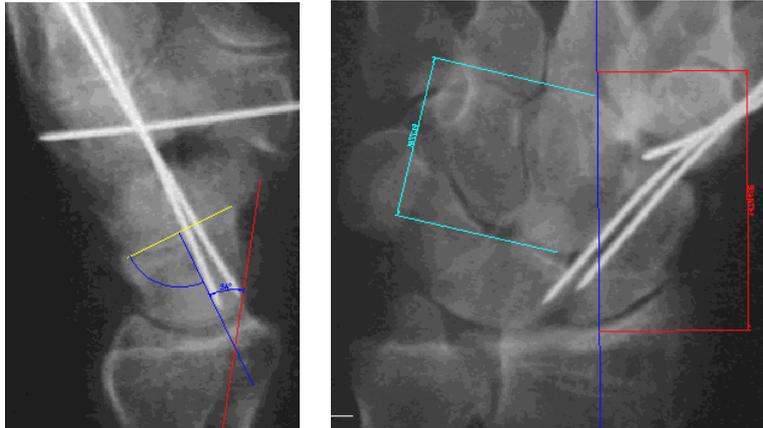
Patient 4: Er zeigte bei der Nachuntersuchung eine physiologische Beweglichkeit im Handgelenk und mit 98% eine sehr gute relative Grobkraft an der betroffenen Hand. Die Score-Ergebnisse waren ebenfalls sehr gut. Obwohl der Patient schmerzfrei geworden ist, mit dem Operationsergebnis sehr zufrieden ist und nach der Operation wieder in seinem Beruf als Friseur arbeiten konnte, würde er sich aus heutiger Sicht nicht wieder für den Eingriff entscheiden. Als Grund hierfür gibt er an, dass er inzwischen auch gleiche Beschwerden im Bereich der li. Hand entwickelt habe, welche derzeit sehr erfolgreich durch einen Masseur behandelt würden.

Abb. 54: Patient 4 mit STT-Arthrodesse bei STT-Arthrose



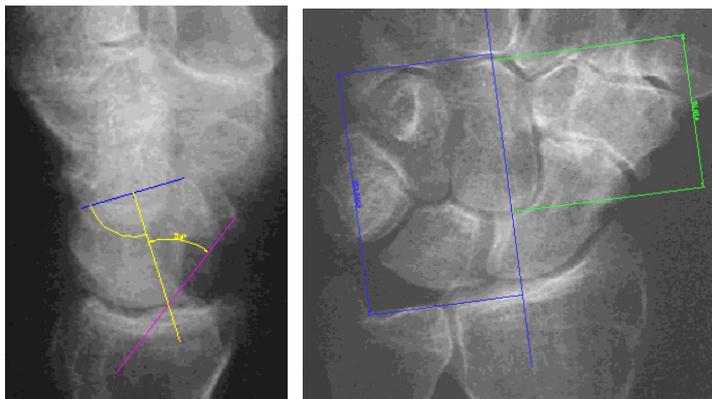
**Vor STT-Arthrodesse;
SL-Winkel mit 45° und Nattress-Index mit 1,62 im Normbereich**

Abb. 55



**Nach STT-Arthrodesis;
SL-Winkel 34°, Natrass-Index 1,61**

Abb. 56



**Ergebnis der STT-Arthrodesis nach 6,8 Jahren;
SL-Winkel 54° und Natrass-Index 1,58 liegen im physiologischen Bereich;
die STT-Arthrodesis erscheint nicht komplett durchbaut;
klinisch ist die Handwurzel stabil und es besteht Schmerzfremheit**

6. Komplikationen nach STT-Arthrodeese

Bei 5% (d.h. 3) der 60 mit STT-Arthrodeese versorgten, nachuntersuchten Pat. traten im postoperativen Verlauf wesentliche Komplikationen auf.

Patientin Nr. 1 mit Pseudarthrosenbildung: Bei dieser war vor 13 Jahren aufgrund einer veralteten SL-Dissoziation eine STT-Arthrodeese durchgeführt worden. Postoperativ hatte die Patientin über unverändert starke Schmerzen geklagt, sodass schließlich 1 Jahr später das betroffene rechte Handgelenk vollständig denerviert worden war. Auch nach diesem Eingriff persistierten die Beschwerden der Patientin. Im weiteren Verlauf wurde eine Pseudarthrose im STT-Arthrodeesebereich diagnostiziert. Daraufhin wurde eine Re-STT-Arthrodeese durchgeführt. Bei der Nachuntersuchung zeigte sich, dass die Patientin bei durchbaurer STT-Arthrodeese einen völlig intakten Karpus hatte, wobei der Nattrass-Index im Normbereich lag. Eine Radiokarpalarthrose hat sich bei der Patientin nicht entwickelt. Die Pat. konnte an der betroffenen Hand die volle Grobkraft wiedergewinnen. Auch die Handgelenksbeweglichkeit war bei der Patientin deutlich besser als bei den übrigen STT-Arthrodesen nach SL-Dissoziation. Trotzdem war die Pat. mit dem Ergebnis nicht zufrieden, da die Schmerzen im Handgelenk unverändert stark seien. Die Patientin hat beschwerdebedingt ihren Beruf gewechselt.

Patient Nr. 2 mit ausgeprägter, symptomatischer Handgelenksarthrose: Dieser Patient hatte bei der Arbeit ein Hyperextensionstrauma am rechten Handgelenk erlitten, wobei er sich eine SL-Dissoziation sowie eine distale intraartikuläre Radiusfraktur zuzog. Bei der zunächst durchgeführten konservativen Therapie mit Gipsruhigstellung kam es nicht zu einem stabilen Ausheilen des SL-Bandapparates. Um den fortschreitenden Kollaps der Handwurzel aufzuhalten, wurde eine STT-Arthrodeese durchgeführt. Der Patient litt weiterhin an starken Handgelenksbeschwerden. Wegen des noch von der distalen Radiusfraktur resultierenden relativen Ulnavorschubes entwickelte er im weiteren Verlauf ein Impaktionssyndrom des Ulnakopfes, weswegen ein Jahr später eine Ulnakopfresektion erfolgte. Auch dieser Eingriff brachte keine wesentliche subjektive Besserung für den Patienten. Wegen persistierender, unerträglicher Handgelenksschmerzen und Entwicklung einer massiven Radiokarpalarthrose wurde das Handgelenk schließlich 2 Jahre nach der STT-Arthrodeese versteift.

Patientin Nr. 3 mit ausgeprägter, symptomatischer Handgelenksarthrose: Wegen fortgeschrittener Lunatumnekrose war bei dieser Patientin die STT-Arthrodese mit einer gleichzeitigen Handgelenksvollnervation nach Wilhelm durchgeführt worden. Danach hatte die Patientin für 8 Jahre kaum Beschwerden. 3 Jahre vor der aktuellen Nachuntersuchung waren wieder starke Handgelenksbeschwerden aufgetreten. Die Röntgendiagnostik ergab eine ausgeprägte Handgelenksarthrose. Bei der Patientin wurde schließlich eine Handgelenksarthrodese durchgeführt. Die Patientin berichtet, dass die Handgelenksversteifung ihr keinerlei Besserung gebracht habe und sie diesem Eingriff aus heutiger Sicht nicht wieder zustimmen würde. Der STT-Arthrodese allerdings würde sie wieder zustimmen.

7. Diskussion

Durch die STT-Arthrodeese sollen radiale Handwurzelinstabilitäten, welche durch ein Trauma oder durch eine fortgeschrittene Lunatumnekrose bedingt sein können, stabilisiert werden (Buck-Gramcko 1990). Im günstigsten Fall kann der bereits höhengeminderte Karpus durch die Operation insgesamt sogar wieder aufgerichtet werden (Coe u. Trumble 1993). Bei der isolierten idiopathischen STT-Arthrose steht die Ausschaltung der arthrotischen Gelenke im Vordergrund (Srinivasan u. Matthews 1996). Eine Zusammenfassung der Ergebnisse von unterschiedlichen Indikationsstellungen ist deshalb nicht zulässig, da bei unterschiedlichen Pathogenesen von z.B. Lunatumnekrose, traumatischer Instabilität oder STT-Arthrose auch verschiedene Ausgangssituationen der Handwurzel vorliegen. Trotzdem gibt es beim Spontanverlauf der Lunatumnekrose und des SLAC- u. SNAC-Wrist eine gemeinsame Endstrecke der Pathogenese: Nämlich die Palmarverkipfung des Kahnbeines und daran anschließend das Einbrechen der distalen Handwurzelreihe (Capitatum) in die proximale Reihe. Die radiokarpalen und intrakarpalen Inkongruenzen haben schließlich eine Panarthrose zur Folge.

Bei unserem Patientengut konnte für das Kollektiv der Lunatumnekrosen statistisch nachgewiesen werden, dass durch die STT-Arthrodeese die relative karpale Höhe bei mindestens 91% der operierten Hände erhalten werden kann.

Einige Autoren beschreiben eine hohe Anzahl von Lunatumkonsolidierungen nach STT-Arthrodeese. Die Arbeitsgruppe um Das Gupta beschreibt eine Erholung des Lunatums bei 10 von 13 Nachuntersuchungen (Das Gupta et al. 2003). **In unserem Patientengut dagegen konnte ein Verfallsstopp oder gar eine Restitution des Lunatums lediglich in 28% der Fälle erreicht werden.** Folglich war in über 2/3 der nachuntersuchten Hände die Lunatumnekrose weiter fortgeschritten, was daraufhin deutet, dass die Druckentlastung des Mondbeines allein noch keine Ausheilung gewährt und später einmal durch eine pharmakologische Anregung der Osteogenese im Mondbein ergänzt werden müsste.

In der Literatur wird beschrieben, dass es nach der STT-Arthrodeese häufig durch die Scherkräfte zwischen radialer Karpussäule und Radius zu einer radiokarpalen Arthrose kommt (Garcia-Elias et al. 1989). Dies wird durch unsere Ergebnisse eindeutig bestätigt: **Bei der Operation der Lunatumnekrosen war es in 57,9% der primär arthrosefreien Handgelenke zum Neuauftreten einer Radiokarpalarthrose gekommen.** Bei den operierten Handgelenken, bei denen präoperativ bereits eine Handgelenksarthrose bestand kam es im Verlauf von 12 Jahren in jedem Fall zur Zunahme um mindestens eine Stufe.

Trotz ausgeprägter Handgelenksarthrose bei der Nachuntersuchung waren sich die meisten Patienten sicher, vor der OP deutlich stärkere Beschwerden gehabt zu haben als jetzt. Offensichtlich werden in den meisten Fällen die Beschwerden einer durch Lunatumnekrose verursachten Handwurzelinstabilität stärker empfunden als die diejenigen einer postoperativen Handgelenksarthrose.

Die Zusammenfassung bereits vorliegender Studien über die STT-Arthrodese belegt, dass durch die Teilversteifung der Handwurzel eine Abnahme der Flexibilität der Handwurzel hingenommen werden muß, welche zu einer Verminderung der Funktionalität des Handgelenkes insbesondere von Flexion und Ulnaarabduktion führen (Siegel et al. 1996). Dies konnte durch die vorgelegte Arbeit bestätigt werden.

Tab. 57: Studienvergleich bzgl. der Handgelenksbeweglichkeit

<u>Studie HG-Beweglichkeit bei</u> <u>STT-Arthrodese</u>	Extension (arithm. Mittel)		Flexion (arithm. Mittel)		Ulnarabd. (arithm. Mittel)		Radialabd. (arithm. Mittel)	
	v	n	v	n	v	n	v	n
Prommersberger et al 1998 (n=25) Bewegungsminderung durch OP	36,1°	33,7°	36,7°	33,9°	27,2°	18,4°	11,7°	7,6°
	-2,4°		-2,8°		-8,8°		-4,1°	
Das Gupta et al 2003 (n=13) Bewegungsminderung durch OP	43,0°	48,0°	37,0°	21,0°	24,0°	16,0°	9,0°	8,0°
	-5,0°		-16,0°		-8,0°		-1,0°	
Jauer et al 2007 (n=42) Bewegungsminderung durch OP	44,2°	40,4°	47,1°	38,3°	27,5°	19,5°	16,5°	11,0°
	-3,8°		-8,8°		-8,0°		-5,5°	

Bei der Untersuchung der Kraftentwicklung zeigte sich, dass die relativ zur gesunden Gegenseite gemessene Grobkraft durch die Operation angehoben werden kann. Eine Signifikanz konnte hierfür jedoch nicht nachgewiesen werden, was wahrscheinlich auf das niedrig gewählte Signifikanzniveau zurückzuführen ist (Fehler 2. Art). Eine komplettes Wiedererlangen der Grobkraft tritt nur in wenigen Fällen ein.

Tab. 58: Studienvergleich bzgl. der relativen Grobkraft

<u>Studie über relative Grobkraft bei</u> <u>STT-Arthrodese</u>	Relative Grobkraft (arithm. Mittel)	
	v	n
Prommersberger et al 1998 (n=25) Kraftzunahme durch OP	0,42	0,75
	+33%	
Das Gupta et al 2003 (n=13) Kraftzunahme durch OP	0,60	0,68
	+ 8%	
Jauer et al 2006 (n=24) Kraftzunahme durch OP	0,57	0,73
	+16%	

In vielen Arbeiten wird die Wichtigkeit der Gelenkkongruenz zwischen Kahnbein und distalem Radius beschrieben. Der ideale SL-Winkel, bzw. SR-Winkel, soll hierbei zwischen 41° und 60° liegen (Minamikawa et al 1991). **Bei einem durchschnittlichen SL-Winkel von 45° konnte die STT-Arthrodeese dieser Forderung entsprechen.**

In den Vergleichsstudien über die STT-Arthrodeese von Sauerbier (2000) und Das Gupta (2003) lagen die Ergebnisse mit dem Mayo-Score – allerdings bei deutlich geringerer Fallzahl und wesentlich kürzerer Beobachtungszeit - noch über dem Ergebnis der hier vorgelegten Arbeit. Die Einstufung des Ergebnisses durch die Verbalskala des Mayo-Scores gibt bei der sonst positiven Patientenbeurteilung Anlaß ihre Relevanz in Frage zu stellen, da sie offensichtlich der positiven Kraftentwicklung, dem deutlichen Schmerzurückgang und der Gesamtbeurteilung durch die Patienten nicht Rechnung trägt. Allein anhand der durchschnittlichen Punktzahlen ist aber festzustellen, dass sich an vollkommen unterschiedlichen Kliniken ähnliche Resultate in vergleichbarer Größenordnung ergeben.

Tab. 59: Studienvergleich bzgl. des Mayo-Score

Studie	Indikation u. Fallzahl (n)	Ø Beobachtungszeit	Ø Mayo-Score Annahme arithmetischer Mittelwert
Sauerbier et al. 2000	Lunatumnekrose Stad. III/IV (Decoulx/Lichtman): n=26	2,9 Jahre (35 Monate)	66 (ausreichend)
Das Gupta et al. 2003	Lunatumnekrose Stad. III/IV (Decoulx/Lichtman): n=13	1,9 Jahre (23 Monate)	70 (ausreichend)
Sauer et al. 2006	Lunatumnekrosen Stad. II/III (Decoulx/Lichtman): n=38	12 Jahre (144 Monate)	62,63 (ungenügend)

Der Krimmer-Score weist im Gegensatz zum Mayo-Score das durchschnittliche Langzeit-Ergebnis unserer STT-Arthrodesen als gut aus, was konkordant ist mit der Krimmer-Beurteilung auswertiger Kollektive:

Tab. 60 Studienvergleich bzgl. des Krimmer-Score

Studie	Indikation u. Fallzahl (n)	Ø Beobachtungszeit	Ø Krimmer-Score
			Annahme arithmetischer Mittelwert
Sauerbier et al. 2000	Lunatumnekrose Stad. IIIA/IIIB (Decoulx/Lichtman): n=26	2,9 Jahre (35 Monate)	67,8 (gut)
Meier et al. 2003	Lunatumnekrose Stad. III B (Lichtman): n=65	4 Jahre (48 Monate)	70 (gut)
Sauer et al. 2006	Lunatumnekrosen Stad. II/IIIA/IIIB (Decoulx/Lichtman): n=38	12 Jahre (144 Monate)	70,171 (gut)

Während die Ergebnisse bei den **gemischten** Scores (mit mehr objektivierbaren Kriterien) eher im oberen Mittelfeld der Varianzbreite rangieren, schneidet die STT-Arthrodesese bei den rein **subjektiven** Scores im positiven Randbereich ab. Das Erleben des Patienten und sein berufliches Zurechtkommen ist die wichtigste Realität, die offenbar nicht eng an die objektivierbaren Messwerte gekoppelt ist. Daraus folgt, dass die subjektive Zufriedenheit auch auf anderen Grundlagen fußen muß, wie Gewöhnung und das Erlernen von modifizierten Bewegungsabläufen und Umstellung von Tätigkeiten auf die nicht betroffene Hand. Dieses leuchtet ein, da das lange Nachuntersuchungsintervall den Individuen durchschnittlich eine 12-Jahres-Zeitspanne zur Verfügung stellte.

Die zusammenfassende Auswertung der posttraumatisch angelegten STT-Arthrodesen betätigt auch auf diesem Gebiet die Karpusstabilisierung, Schmerzminderung mit positiver rückblickender Gesamtbeurteilung durch die Patienten.

Aus den Einzelkasuistiken von 3 Lunatumnekrosen, bei denen zusätzlich aufgrund kompletter Lunatumdestruktion eine Lunatumextirpation durchgeführt wurde, lässt sich folgern, dass auch bei Lunatumentfernung die STT-Arthrodesese den Karpus ausreichend stabilisieren kann u. ein karpaler Kollaps verhindert werden kann. Es kann ebenfalls eine

Schmerzreduktion und Zufriedenheit des Patienten erreicht sowie die Erwerbsfähigkeit erhalten werden. Bei dem Einzelkasus mit Lunatumnekrose, bei dem nach Lunatumextirpation eine Pisiformetransposition erfolgte, konnte bzgl. der objektiven Parameter ein ähnliches Ergebnis erreicht werden, wobei subjektiv für die Patientin durch den Eingriff keine Beschwerdebesserung eingetreten war und sie der STT-Arthrodeese aus heutiger Sicht nicht wieder zustimmen würde.

Bei den Patienten mit STT-Arthrose konnten die Schmerzen durch Ausschalten des betroffenen Gelenkes effektiv gemindert werden.

Die neueren Veröffentlichungen über die Spätergebnisse der STT-Arthrodeese bescheinigen ihr eine deutliche Schmerzreduktion und positive subjektive Beurteilung durch den Patienten. Diese Ergebnisse können wir durch unsere Untersuchungen bestätigen. Trotz Hinnahme einer Handgelenksarthrose, einer bleibenden Bewegungseinschränkung und Kraftereinbuße ist die überwiegende Mehrheit der Patienten auch nach vielen Jahren mit dem Ergebnis zufrieden und kann in ihrem Beruf weiterarbeiten.

Jedoch ist diese subjektive Gesamtbeurteilung, wie aus den Einzelbesprechungen ersichtlich, zum Teil scheinbar völlig losgelöst von objektivierbaren, funktionellen Ergebnissen und sogar die Schmerzquantifizierung mancher Patienten unabhängig vom eingetretenen Arthrosegrad. Auch die persönliche Funktionsabfrage scheint unabhängig von der objektivierbaren Funktionalität zu sein. Für die persönliche Beurteilung des Behandlungsergebnisses liegen offenbar unübersehbare Faktoren innerhalb der psychologischen Grundausstattung des Probanden, wie zum Beispiel:

Persönlicher Ergeiz, freiwillige Leistungsbereitschaft, arbeitsplatzbedingter Erfolgsdruck oder soziale Zwangslage.

Insofern stellt sich für den indizierenden Chirurgen die Frage, ob er die Durchführung der Operation aus diesen subjektiven Beurteilungen ableiten darf oder sich davon unabhängig nur an objektiven Gegebenheiten orientieren soll, da er die psychische Ausgangslage des Patienten im Einzelfall nicht vollständig erfassen kann.

8. Zusammenfassung

Die Lunatumnekrose aber auch viele traumatische Handwurzelverletzungen stören das empfindlich Gefüge des Karpus, dessen vollständige Integrität häufig auch operativ nicht mehr herstellbar ist. Die STT-Arthrodeese stellt hier eine effektive Therapie dar in dem sie das Fortschreiten des karpalen Kollapses blockiert und dadurch eine Schmerzreduktion erreicht mit konsekutiver Besserung der Grobkraft und Erhaltung der Arbeitsfähigkeit.

Im Falle der Lunatumnekrose konnte statistisch nachgewiesen werden, dass durch die STT-Arthrodeese der karpale Kollaps effektiv aufgehalten werden kann. Hierbei kann der SL-Winkel in den meisten Fällen in den physiologischen Bereich gebracht werden. Trotzdem zeigte sich, dass die Lunatumnekrose trotz der erreichten Druckentlastung in 72% der Fälle weiter fortschreitet.

Die durch die STT-Arthrodeese bedingte Fixierung des Kahnbeines führt zu einer postoperativen Arthroserate im Radiocarpalgelenk von 58% und Vorbestehende Handgelenksarthrosen verschlechtern sich postoperativ in jedem Fall. Die nach STT-Arthrodeese entstandene Handgelenksarthrose vermindert nachweislich die Gesamtbeweglichkeit.

Ein Grund hierfür ist sicherlich, dass lediglich bei 58 % der Patienten der SL-Winkel im Bereich von 45 ° zur optimalen Gelenkflächenkongruenz eingestellt werden konnte. Hier gilt es zukünftig darauf zu achten, dass der SL-Winkelreduktion regelmäßig durch forcierte Aufrichtung die notwendige Beachtung geschenkt wird.

Unabhängig davon kann bei 86% der Patienten durch die STT-Arthrodeese eine Schmerzreduktion erreicht werden.

Im hier statistisch untersuchten Kollektiv konnte die relative Grobkraft durch den Eingriff um durchschnittlich 10 % gesteigert werden. Obwohl die Zunahme der relativen Grobkraft im Rahmen der vorher festgelegten Grenzen nicht signifikant war, unterstützen die meisten vergleichbaren Studien die These, dass die relative Grobkraft durch den Eingriff wesentlich gesteigert werden kann.

75% der Operierten verbleiben in ihrem alten Beruf und 91% bleiben dauerhaft arbeitsfähig.

Auch die Zusammenfassende Betrachtung der Einzelkasuistiken **anderer Indikationen** für die STT-Arthrodeese bestätigt im wesentlichen die bei der Lunatumnekrose gewonnenen Erkenntnisse.

Objektivierbare Kriterien wie Arthrosegrad und Funktionsdefizit korrelieren in den Ergebnissen.

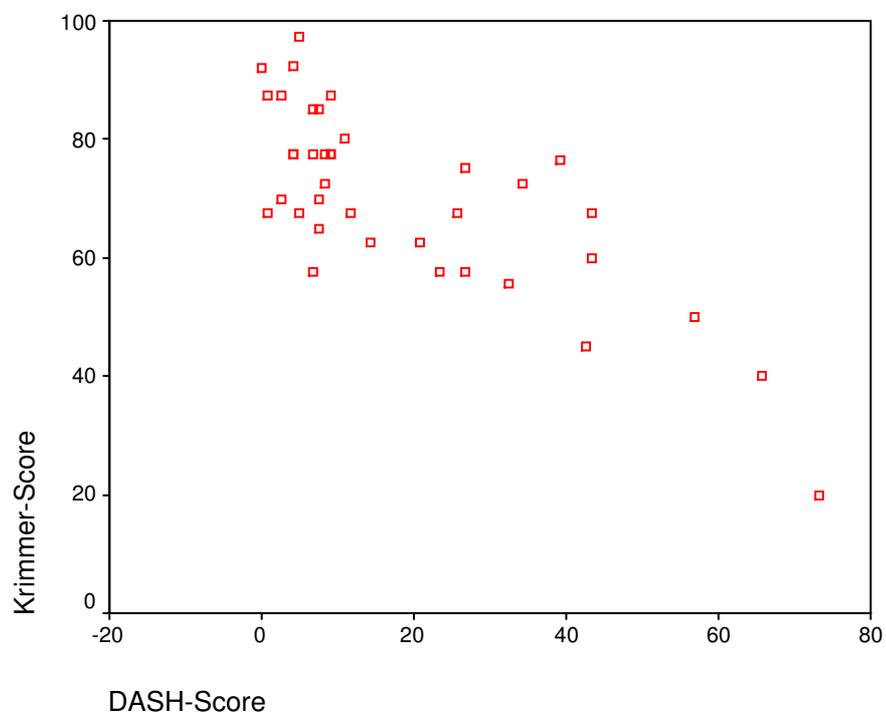
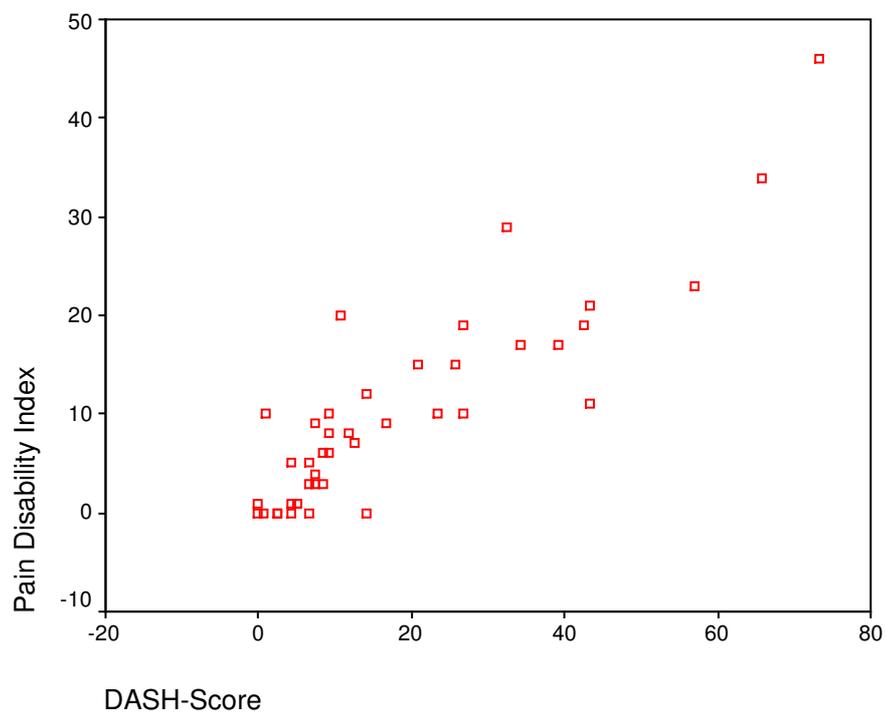
Heutzutage verbreitet sich die Auffassung, dass für die Beurteilung des Operationsergebnisses die Patientenbeurteilung entscheidend ist. Diese subjektive Beurteilung scheint aber zusätzlich anderen Gesetzmäßigkeiten zu gehorchen, wie beruflichem Zwang sich zu arrangieren, einer positiven oder negativen Grundeinstellung, sowie dem Bemühen Defizite zu überspielen und sich auf Umlernprozesse einzulassen. Eine systematische Erfassung dieser Kriterien wäre wünschenswert.

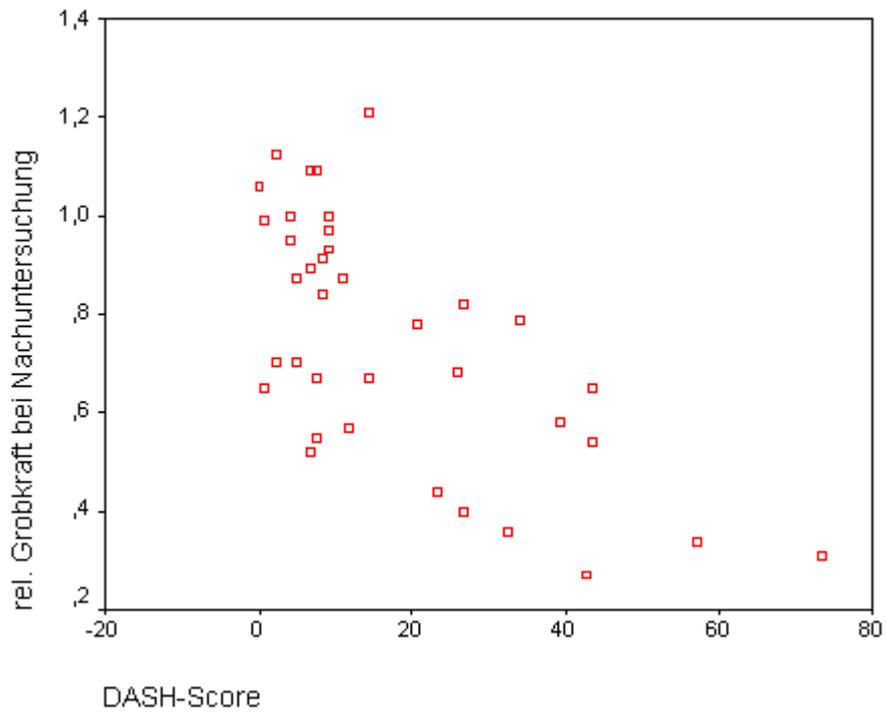
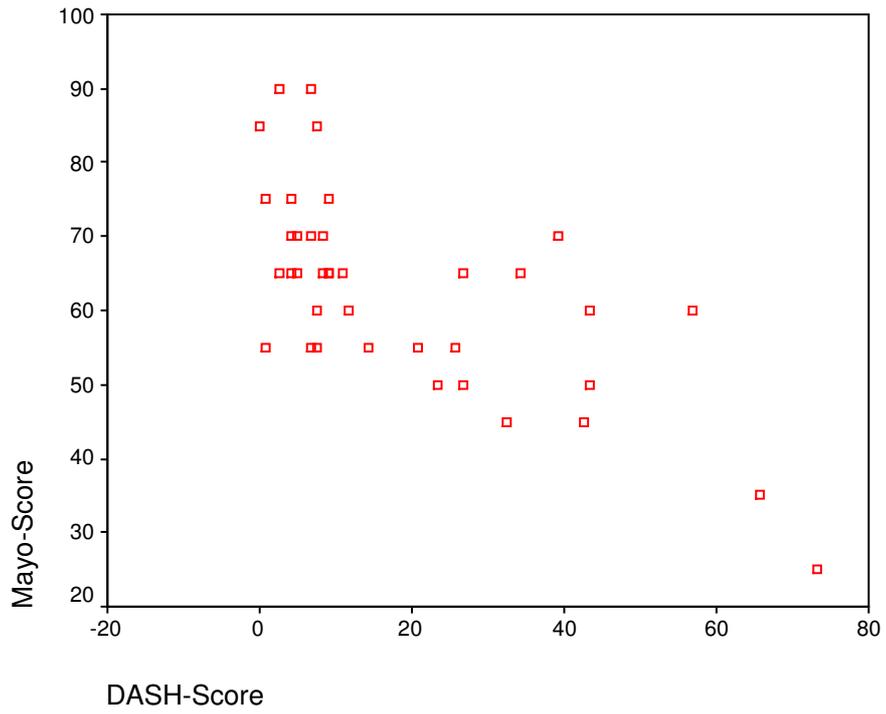
Nach der vorgelegten Untersuchung ist die Verbalskala des Mayo-Scores für eine Ergebnisbeschreibung nicht geeignet, da sie der Patientenbewertung meist widerspricht. Der Krimmer-Score, welcher eine Weiterentwicklung des Mayo-Scores darstellt, deckt sich wesentlich deutlicher mit dem Patientenurteil.

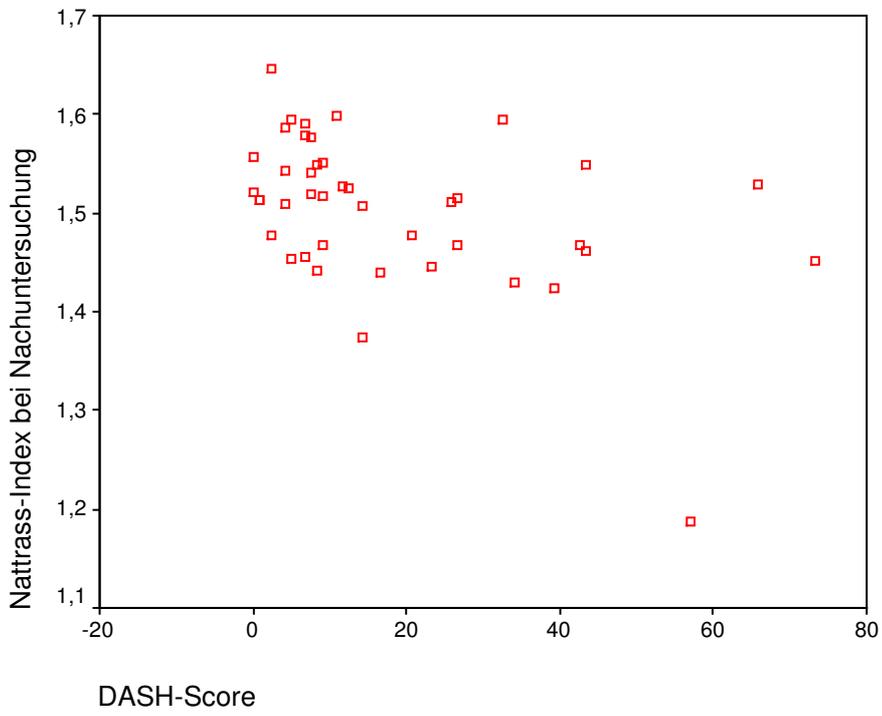
Der DASH-Score spiegelt auch im Vergleich zu ähnlichen Veröffentlichungen die positive Gesamtbeurteilung durch die Operierten wieder. Die hohe Korrelation des DASH mit dem Pain-Disability-Index zeigt, dass für den Patienten die Verminderung des Schmerzes das wesentliche Bewertungskriterium für das Ergebnis einer Operation ist.

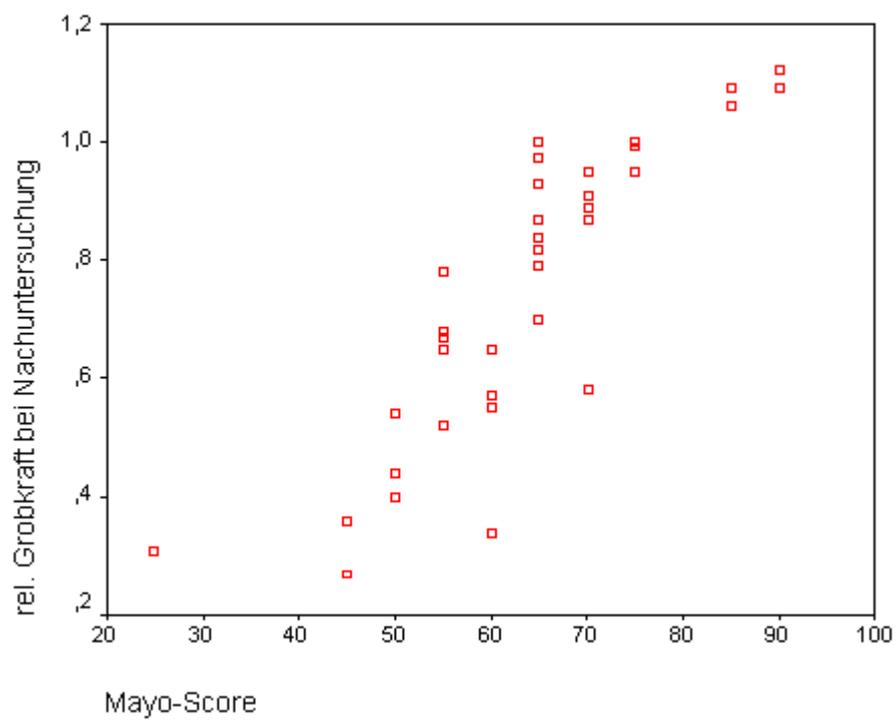
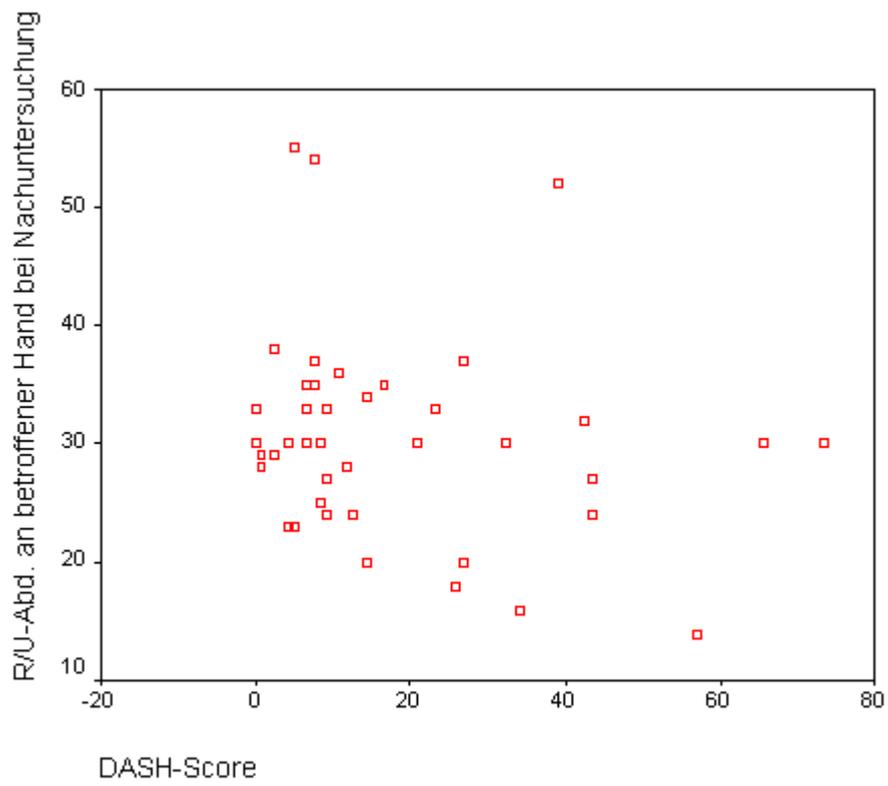
9. Anhang

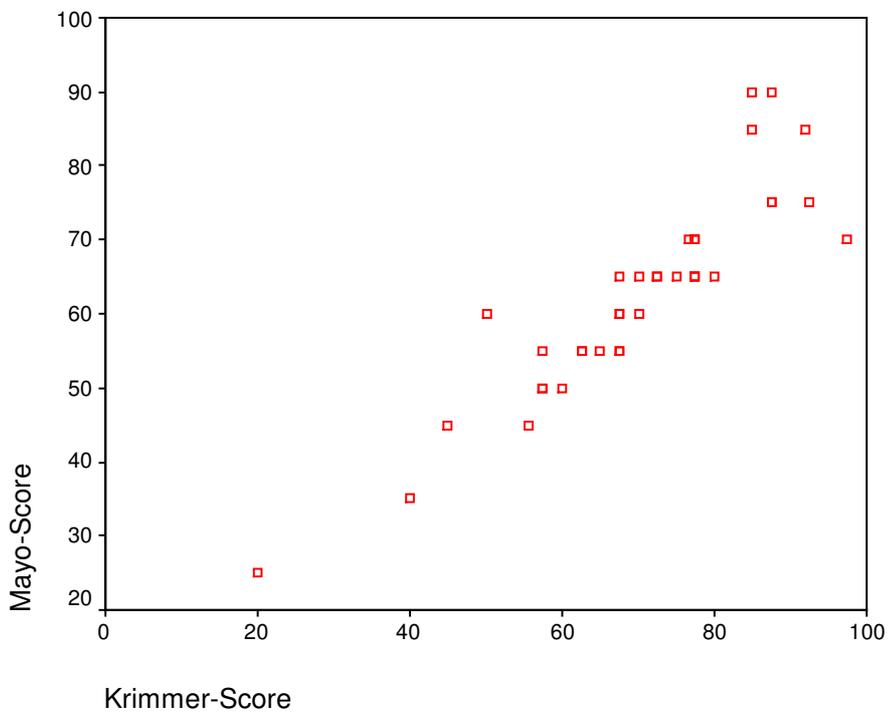
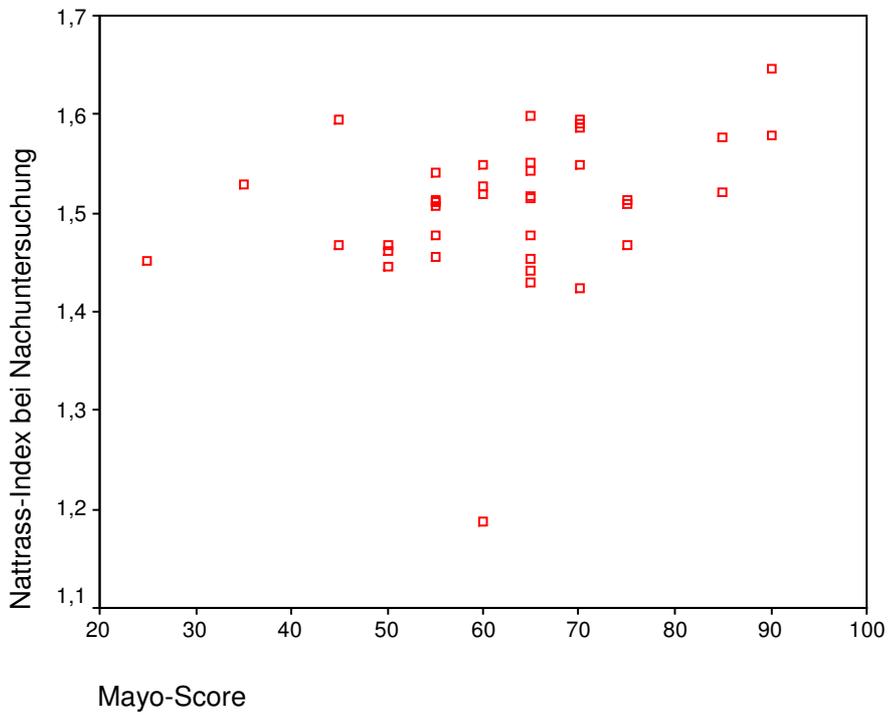
9.1 Punktdiagramme bzgl. der durchgeführten Korrelationen

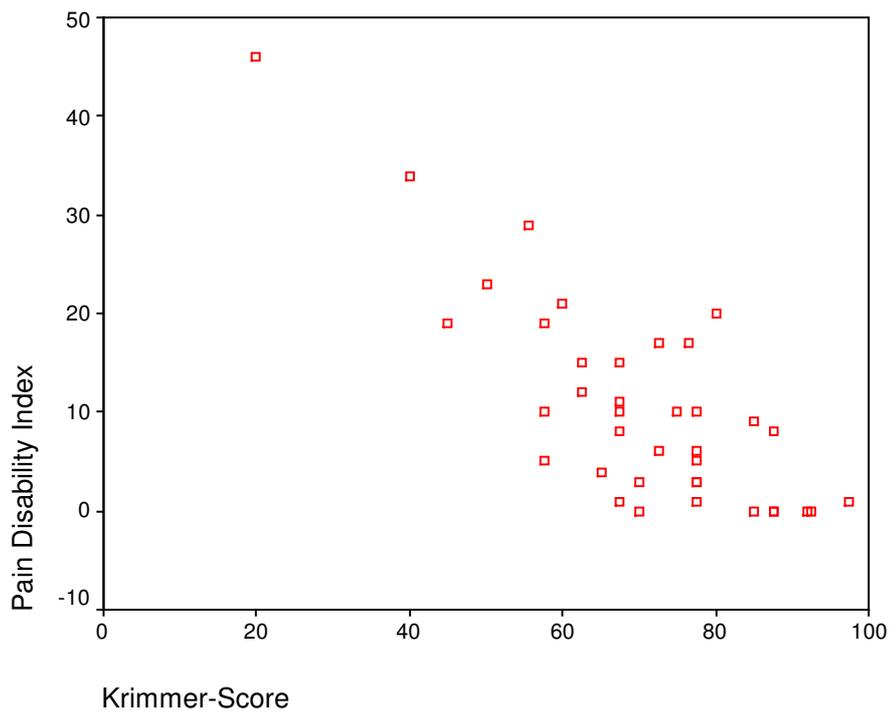
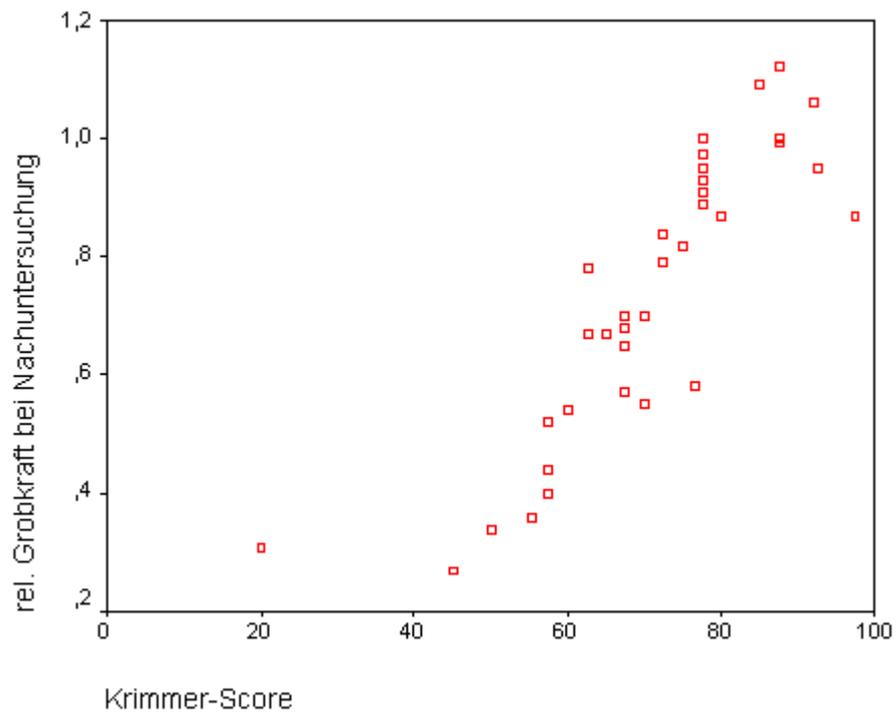


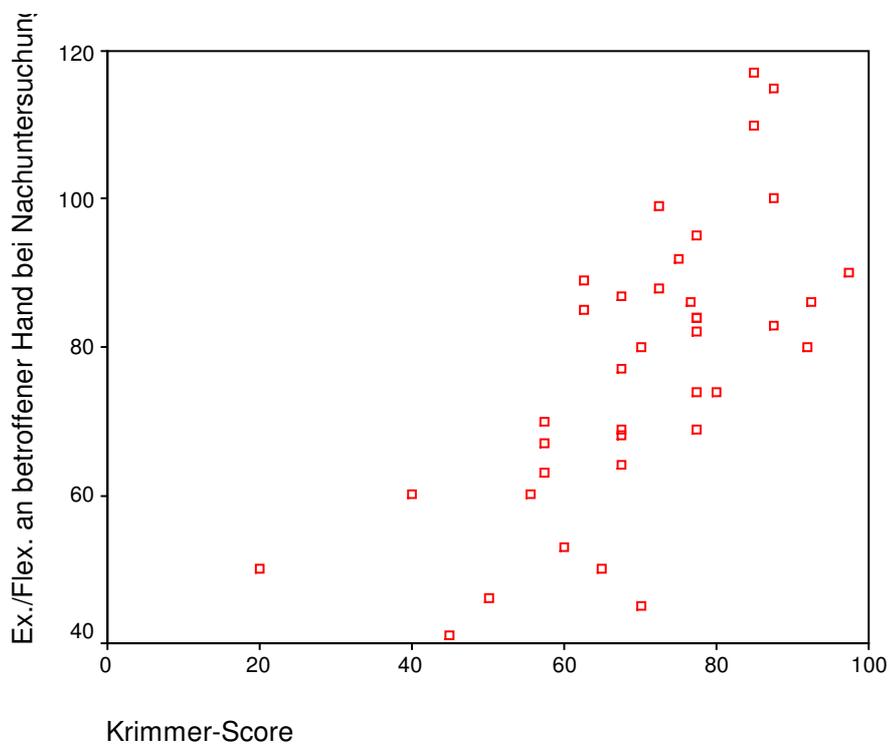
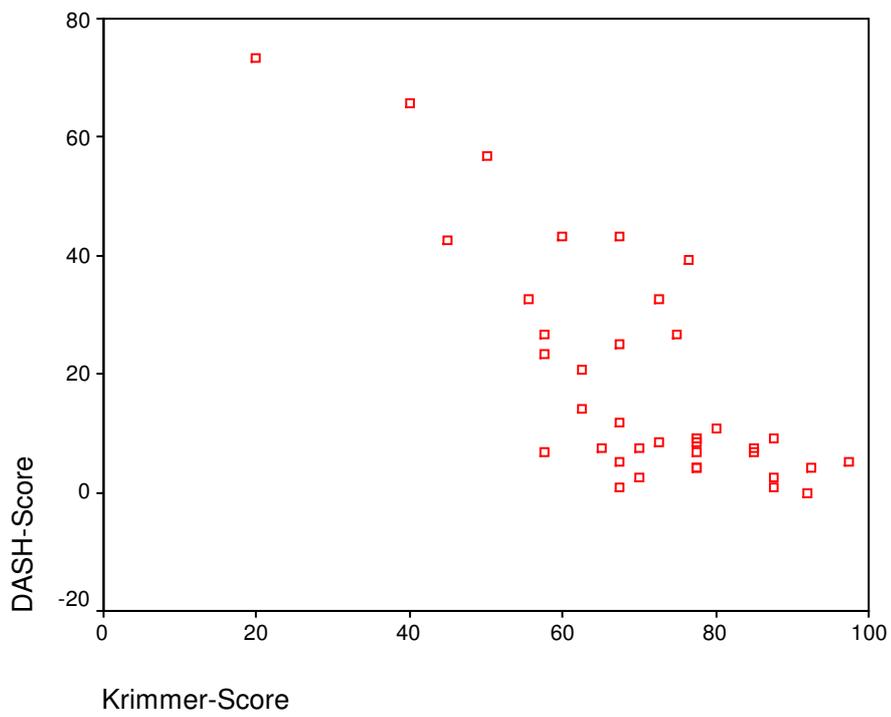


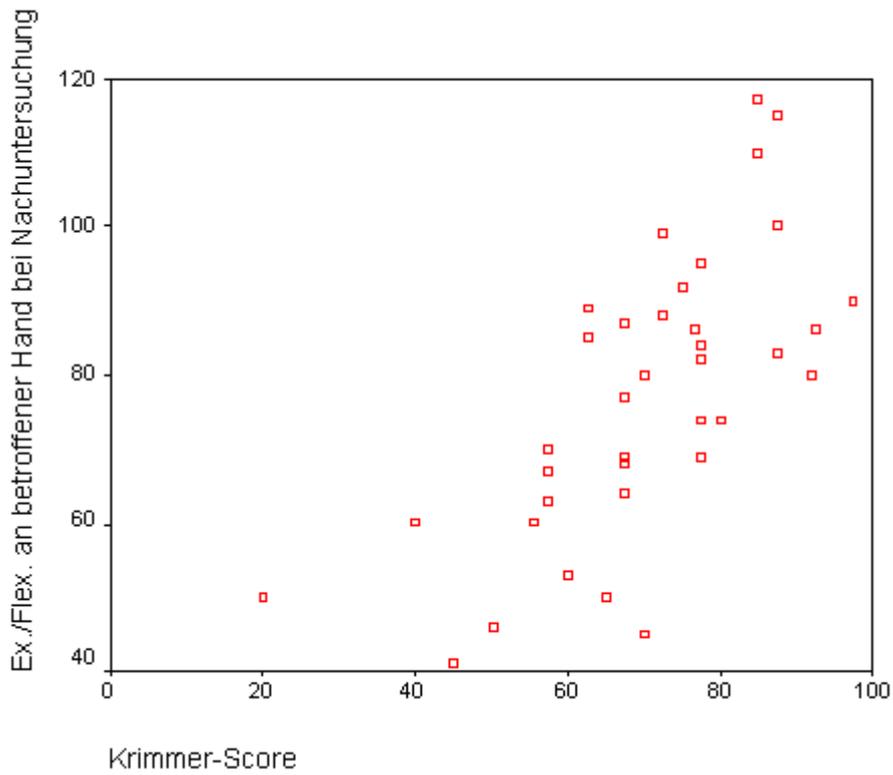
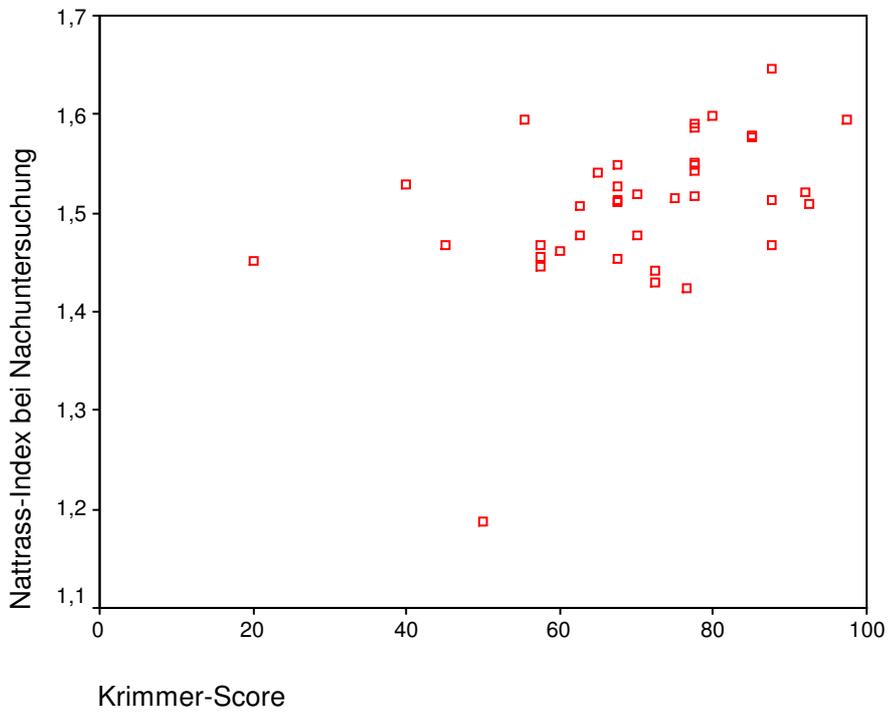


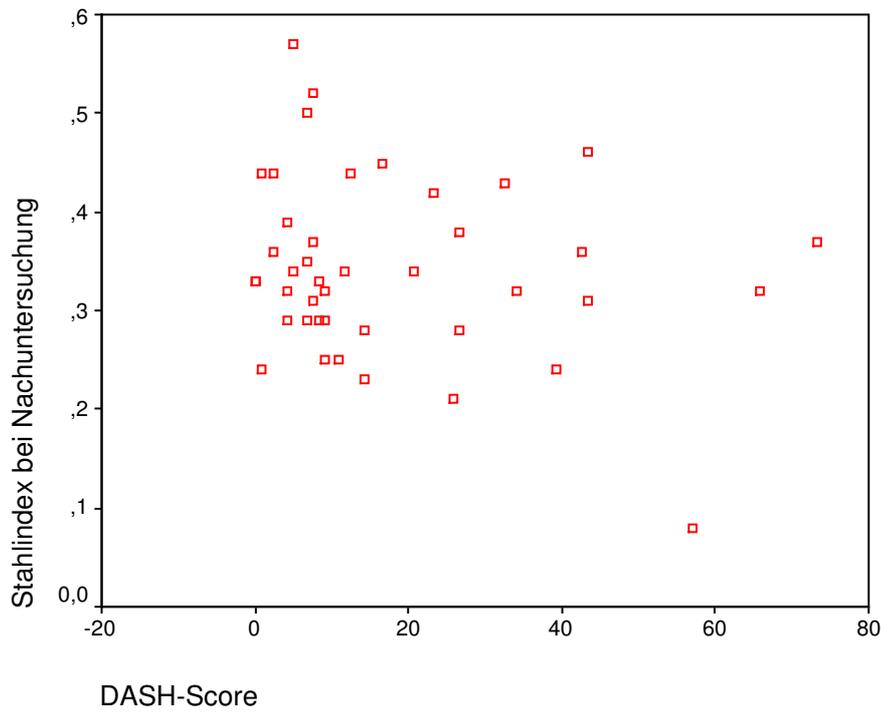


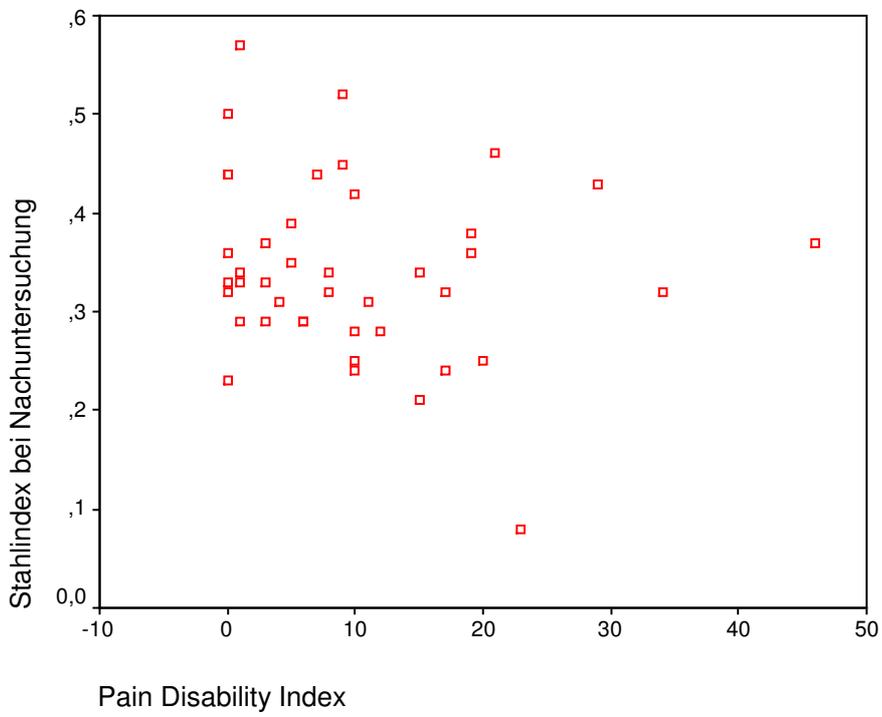
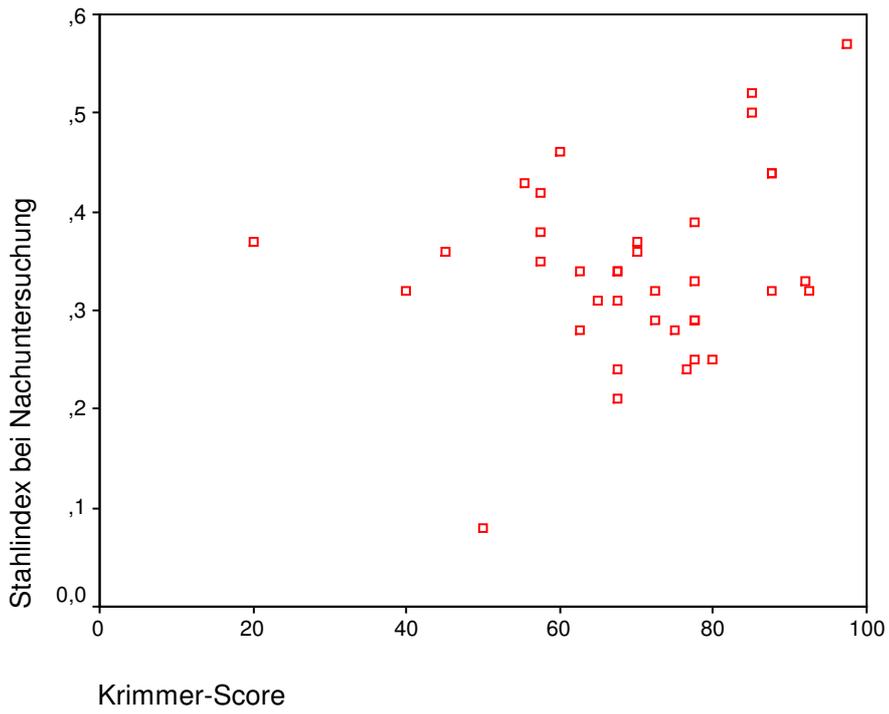


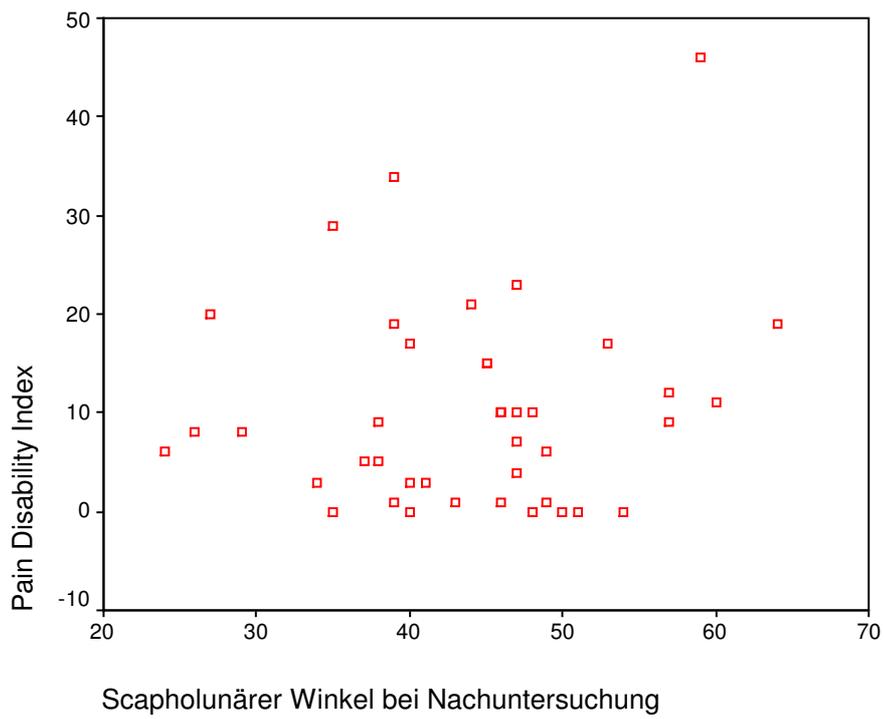
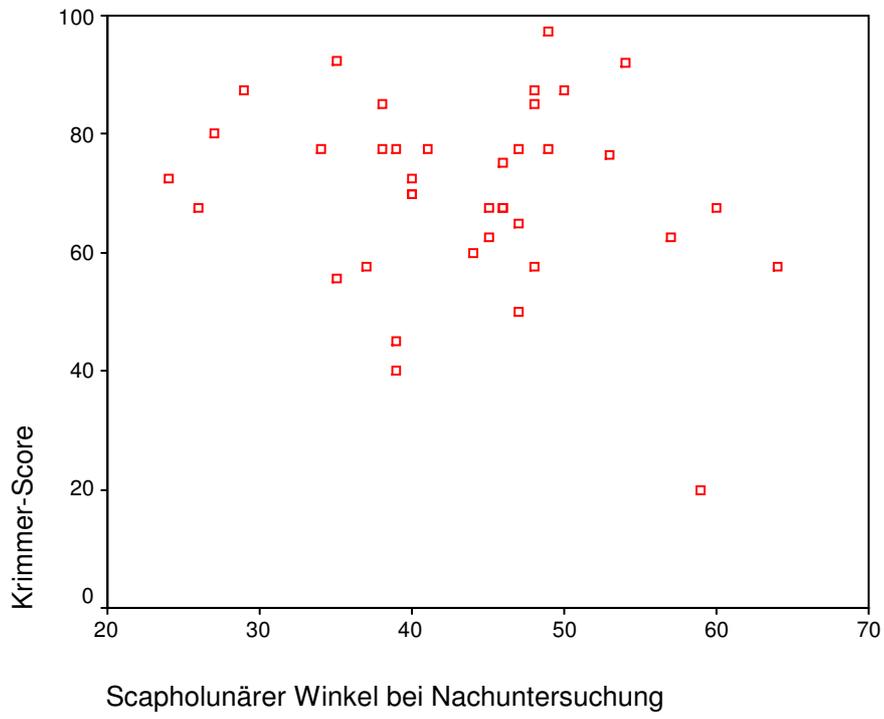












9.2 Exemplar des DASH-Fragebogens

Der vorliegende Fragebogen beschäftigt sich sowohl mit Ihren Symptomen als auch Ihren Fähigkeiten, bestimmte Tätigkeiten/Aktivitäten auszuführen. Bitte beantworten Sie alle Fragen gemäß Ihrem Zustand in der letzte Woche, indem Sie einfach die entsprechende Antwort ankreuzen. Es ist nicht entscheidend, mit welchem Arm oder welcher Hand Sie Ihre Tätigkeiten / Aktivitäten ausüben. Antworten Sie einfach entsprechend Ihren Fähigkeiten, egal, wie Sie die Arbeit meistern konnten.

Teil A

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeiten ein, folgende Tätigkeiten/Aktivitäten in der letzten Woche ausführen zu können, indem Sie die entsprechende Zahl einkreisen.

	Keine Schwierigkeit	Wenig Schwierigkeiten	Merkliche Schwierigkeiten, aber machbar	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. Ein Marmeladen-, Einmach-, Honigglas öffnen	1	2	3	4	5
2. Schreiben	1	2	3	4	5
3. Schlüssel umdrehen	1	2	3	4	5
4. Eine Mahlzeit zubereiten	1	2	3	4	5
5. Eine schwere Tür aufstoßen	1	2	3	4	5
5. Etwas auf ein Regal über Kopfhöhe stellen	1	2	3	4	5
7. Schwere Hausarbeit (Boden putzen, Wände abwaschen)	1	2	3	4	5
8. Garten- oder Hofarbeit	1	2	3	4	5
9. Betten machen	1	2	3	4	5
10. Einkaufstüte oder Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
11. Schwere Gegenstände tragen	1	2	3	4	5
12. Eine Glühbirne über Kopf auswechseln	1	2	3	4	5
13. Haare waschen oder föhnen	1	2	3	4	5
14. Den Rücken waschen	1	2	3	4	5
15. Einen Pullover anziehen	1	2	3	4	5
16. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
17. Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z.B. Karten spielen, stricken usw.)	1	2	3	4	5
18. Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm mit mehr oder weniger Anstrengung benutzen, wie z.B. Tennis, Heimwerken, Golfen	1	2	3	4	5
19. Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (Badminton, Frisbee, Squasch)	1	2	3	4	5
20. Am Straßenverkehr teilnehmen oder öffentliche Verkehrsmittel benutzen, um von einem Platz zum anderen zu gelangen	1	2	3	4	5
21. Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5

22. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme ihren normalen Kontakt zu Familie , Freunden , Nachbarn oder anderen Gruppen während der letzten Woche beeinflusst?	Überhaupt nicht 1	Kaum 2	Merklich 3	Deutlich 4	Extrem 5
23. Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen täglichen Aktivitäten eingeschränkt?	Überhaupt nicht 1	Kaum eingeschränkt 2	Merklich eingeschränkt 3	Deutlich eingeschränkt 4	Extrem eingeschränkt 5

Teil B:

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Symptome während der letzten Woche ein. (Bitte kreisen Sie die entsprechende Zahl ein.)

	Keine	Wenig	Mittel	Erheblich	Extrem
24. Schmerzen in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
25. Schmerzen in Schulter, Arm, Hand, nachdem Sie eine bestimmte Tätigkeit ausgeführt haben	1	2	3	4	5
26. Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
27. Schwächegefühl in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
28. Steifheit in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
29. Hatten Sie in der letzten Woche Schlafstörungen wegen der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand?	Keine Schwierigkeiten 1	Wenig Schwierigkeiten 2	Merkliche Schwierigkeiten 3	Erhebliche Schwierigkeiten 4	So viele Schwierigkeiten, dass ich nicht schlafen konnte 5
30. Durch meine Probleme in Schulter, Arm oder Hand fühle ich mich weniger fähig, mein Selbstvertrauen ist eingeschränkt, und ich kann mich weniger nützlich machen.	Stimme überhaupt nicht zu 1	Stimme nicht zu 2	Weder Zustimmung noch Ablehnung. Weiß nicht 3	Stimme zu 4	Stimme sehr zu 5

Teil C (optionaler Teil): Sport- oder Musikinstrumente

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluß, den Ihr Schulter-, Arm-, oder Handproblem auf das Spielen Ihres Musikinstrumentes oder das Ausüben Ihres Sports hatte.

Wenn Sie mehr als ein Instrument spielen oder mehr als eine Sportart ausüben, so geben Sie bitte an, welches Instrument oder welche Sportart für Sie am wichtigsten ist. _____

Bitte kreisen Sie die Zahl ein, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der letzten Woche am besten beschreibt.

Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:	Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Merkliche Schwierigkeiten, aber machbar	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. In der üblichen Art und Weise, Ihr Musikinstrument zu spielen Oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
2. Wegen der Schmerzen in Schulter in Schulter/ Arm/ Hand Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
3. So gut, wie Sie es gewohnt waren, Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
4. Ihre gewohnte Zeit mit dem Spielen Ihres Musikinstrumentes oder mit Sporttreiben zu verbringen?	1	2	3	4	5

Wir bedanken uns für Ihre Mitarbeit.

9.3 Exemplar des Fragebogens zur Ermittlung des PDI (Pain Disability Index)

Zur Einschätzung der Behinderung in verschiedenen Lebensbereichen

Im folgenden interessiert uns das Ausmaß, in dem Sie in verschiedenen Bereichen Ihres Lebens durch die Schmerzen beeinträchtigt werden. Mit anderen Worten: Wie sehr hindern Sie die Schmerzen, ein normales Leben zu führen? Beurteilen Sie jeweils den gesamten Einfluß, den die Schmerzen gegenwertig besitzen. Berücksichtigen Sie nicht nur jene Zeiten, in denen die Schmerzen am schlimmsten sind.

Wir bitten Sie, für jeden der aufgeführten sieben Lebensbereiche die Zahl anzukreuzen, die die typische Stärke Ihrer Behinderung beschreibt. Ein Wert von 0 bedeutet dabei überhaupt keine Behinderung, und ein Wert von 10 gibt an, dass alle Tätigkeiten, die Sie normalerweise ausführen würden, durch die Schmerzen völlig beeinträchtigt oder verhindert werden.

	Keine Behinderung											völlige Behinderung
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. Familiäre und häusliche Verpflichtungen Dieser Bereich bezieht sich auf Tätigkeiten, die das Zuhause oder die Familie betreffen. Er umfasst Hausarbeit und die Wahrnehmung von Aufgaben um das Haus (z.B. Gartenarbeit) sowie Besorgungen und Gefälligkeiten für andere Familienmitglieder (z.B. die Kinder zur Schule bringen).	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2. Erholung Dieser Bereich umfasst Hobbies, Sport und ähnliche Freizeitaktivitäten.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3. Soziale Aktivitäten Dieser Bereich bezieht sich auf das Zusammensein mit Freunden und Bekannten. Er schließt Feste, Theater- und Konzertbesuche, essen gehen und andere soziale Aktivitäten ein.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4. Beruf Dieser Bereich bezieht sich auf Aktivitäten, die ein Teil des Berufs sind oder unmittelbar mit dem Beruf zu tun haben. Er schließt unbezahlte Arbeiten, wie die einer Hausfrau oder die eines Praktikanten, ein.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5. Sexualeben Dieser Bereich bezieht sich auf die Häufigkeit und die Qualität des Sexuallebens.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
6. Selbstversorgung Dieser Bereich umfasst Aktivitäten, die Selbständigkeit und Unabhängigkeit im Alltag ermöglichen (sich waschen, sich anziehen, Auto fahren, usw.), und bei denen man nicht auf fremde Hilfe angewiesen ist.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
7. Lebensnotwendige Tätigkeiten Dieser Bereich bezieht sich auf absolut lebensnotwendige Tätigkeiten wie essen, schlafen und atmen. Er ist grundlegend für die anderen Lebensbereiche.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

10. Literaturverzeichnis

Axelsson R: Niveauroperationen bei Mondbeinnekrose. *Handchirurgie* 1973; 5: 187-196

Buck-Gramcko D: STT-Arthrodesse bei karpalen Instabilitäten und Mondbeinnekrose. *Operat Orthop Traumatol* 1990; 2: 153-159

Burgess RC: The effect of rotatory subluxation of the scaphoid on radio-scaphoid contact. *J. Hand Surg. [Am]* 1987; 12: 771-774

Chan KP, Huang P: Anatomic variations in radial and ulnar lengths in the wrists of Chinese. *Clin Orthop Relat Res* 1971 Oct; 80:17-20

Decoulx, P., M. Marchand, P. Minet, et J.-P. Razemon: La maladie de Kienböck chez le mineur. *Lille Chir* 1957; 12: 65-81

Cooney W P, Bussey R, Dobyns JH, Linscheid RL: Difficult wrist fractures. *Clin Orthop Rel Res* 1987; 214: 136-147

Coe, M.R., and T.E. Trumble: Biomechanical Comparison of methods used to treat Kienböck's Disease. *Hand Clin* 1993; 9: 417-429

Crosby EB, Linscheid RL, Dobyns JH: Scaphotrapezial trapezoidal arthrosis. *J Hand Surg* 1978; 3: 223-34

Das Gupta K, Tünnerhoff HG, Haussmann P: STT-Arthrodesse versus Verkürzungsosteotomie des Radius bei Lunatumnekrosen Stadium 3 und 4 nach Decoulx. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2003; 35: 328-332

De Smet L, Verellen K, D'Hoore K, Buellens C, Lysens R, Fabry G: Long-term results of radial shortening for Kienböck's Disease. *Acta Orthop Belg* 1995; 60: 212-216

- Dillmann UP, Hilges H, Saile H, Gerbershagen HU: Behinderungseinschätzung bei chronischen Schmerzpatienten. *Der Schmerz* 1994; 8: 100 – 110
- Ewerbeck V, Wentzensen A et al.: Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie. 2. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2004; 507-516
- Fortin PT, Louis DS: Long-term follow-up of scaphoid-trapezium-trapezoid arthrodesis. *J Hand Surg [Am]* 1993; 18: 675-681
- Frykman EB, Ekenstam FA, Wadin K: Triscaphoid arthrodesis and its complications. *J Hand Surg [Am]* 1988; 13: 844-849
- Garcia-Elias M, Cooney WB, Linscheid RL, Chao EYS: Wrist kinematics after limited intercarpal arthrodesis. *J Hand Surg [Am]* 1989; 14: 791-799
- Garcia-Elias M, An KN, Amadio PC, Cooney WP, Linscheid RL: Reliability of carpal angle determinations. *J Hand Surg [Am]* 1989; 14: 1017-1021
- Gelberman RH, Salamon PB, Jurist JM, Posch L: Ulnar Variance in Kienböck's Disease. *J. Bone Joint Surg [Am]* 1975; 57: 674-676
- Germann G, Wind G, Harth A: Der DASH Fragebogen-Ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1999; 31: 149-152
- Green DP: *Operative Hand Surgery*, 3. Auflage, Churchill Livingstone 1993
- Hausmann P: Verkürzungsosteotomie des Radius bei Lunatummalazie. *Operat Orthop Traumat* 1994; 6: 235-247
- Hoffmann R (a): Skapholunäre Dissoziation. In: *Checkliste Handchirurgie*, 2. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart 1999; 81-84
- Hoffmann R (b): Perilunäre Luxation. In: *Checkliste Handchirurgie*, 2. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart 1999; 85-88

Horii E, Garcia-Elias M, An KN: Effect on force transmission across the carpus in procedures used to treat Kienböck`s disease. J Hand Surg [Am] 1990; 15: 393-400

Hultèn O: Über anatomische Variationen der Handgelenkknochen. Acta Radiol., 1928; 9: 155-169

Lozàn JL, Kausch H: Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler, 3. Auflage, Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg 2004

Kalb K, Fuchs V, Bartelmann U, Schmitt R, Landsleitner B: Erfahrungen mit der STT-Arthrodesse. Eine retrospektive Auswertung. Handchir Mikrochir Plast Chir 2001; 33: 181-188

Kleinman WB: Scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis for treatment of chronic static and dynamic scapho-lunate instability: a 10-year perspective on pitfalls and complications. J Hand Surg 1990 [Am]; 15: 408-414

Krakauer JD, Bishop AT, Cooney WP: Surgical treatment of scapholunate advanced collaps. J Hand Surg 1994[Am]; 19: 751-759

Krimmer H, Krapohl B, Sauerbier M, Hahn P: Der Posttraumatische karpale Kollaps (SLAC- und SNAC-Wrist) – Stadieneinteilung und therapeutische Möglichkeiten. Handchir Mikrochir Plast Chir 1997; 29: 228 – 233

Krimmer H, Wiemer P, Kalb K: Vergleichende Ergebnisbewertung am Handgelenk-mediokarpale Teilarthrodesse und Totalarthrodesse. Handchir Mikrochir Plast Chir 2000; 32: 369-374

Linscheid RL, Dobyns JH, Beabout JW, Bryan RS: Traumatic instability of the wrist. Diagnosis, Classification, and Pathomechanics. J Bone Joint Surg [Am] 1972; 54: 1612-1632

Linscheid RL, Dobyns JH, Beckenbaugh RD, Cooney WP, Wood MB: Instability patterns of the wrist. J Hand Surg [Am] 1983; 8: 682-686

- Martini AK, Schiltenswolf M: Eine neue Klassifikation der Mondbeinnekrose. Handchir Mikrochir Plast Chir 1998; 30: 151-157
- Meier R., Prommersberger K.-J.: Teil-Arthrodesen von Skaphoid, Trapezium und Trapezoideum (STT-Fusion). Handchir Mikrochir Plast Chir 2003; 33: 181-188
- Minamikawa Y et al.: Ideal scaphoid angle for intercarpal arthrodesis. J Hand Surg [Am] 1992; 17: 370-375
- Nathan PA, Meadows KD: Ulna-minus variance and Kienböck`s disease. J Hand Surg [Am] 1987; 12: 777-778
- Natras, GR, McMurtry R, King G: An Alternate Method for Determination of the Carpal Height Ratio. J Bone Joint Surg [Am] 1994 ; 76: 88-94
- Pechlaner S, Hussl H, Kerschbaumer F: Operationsatlas Handchirurgie. 1. Auflage. Georg Thieme Verlag Stuttgart 1998: 546-550
- Pechlaner S, Putz R: Die traumatische skapholunäre Dissoziation. Akt Traumatol 1987; 17: 1-8
- Peterson HA, Lipscomb PR: Intercarpal arthrodesis. Arch Surg 1967; 95: 127-134
- Prommersberger KJ, Krimmer H, Häusser D, Lanz U: Die STT-Arthrodesse als Therapie der Lunatumnekrose im fortgeschrittenen Stadium. Handchir Mikrochir Plast Chir 1998; 30: 181-187
- Rogers WD, Watson HK: Radial styloid impingement after triscaphe arthrodesis. J. Hand Surg. [Am] 1989; 14: 297-301
- Rudigier J: Kurzgefäßte Handchirurgie. 4. Auflage. Hippokratesverlag 1997: 140-143
- Salmon J, Stanley JK, Trail IA: Kienböck`s disease. Conservative management versus radial shortening. J Bone Joint Surg [Br] 2000; 82: 820-823

- Saffar, P: Replacement du semilunaire par le pisiforme. *Ann Chir Main* 1982; 1: 276-279
- Sauerbier M, Tränkle M, Erdmann D, Menke H, Germann G. Functional outcome with scaphotrapeziotrapezoid arthrodesis in the treatment of Kienböck`s disease stage III. *Ann Plast Surg* 2000; 44: 618-625
- Schiltenswolf M, Martini AK, Eversheim S, Mau H: Die Bedeutung des intraossären Druckes für die Pathogenese des Morbus Kienböck. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1996; 28: 215-219
- Sennwald G.: *Radiology. The Wrist. Anatomical and Pathophysiological Approach to Diagnosis and Treatment.* New York, Springer, 1987: 48-51
- Siegel J M, Ruby L K: A Critical Look at Intercarpal Arthrodesis: Review of the Literature. *J Hand Surg [Am]* 1996; 21: 717-723
- Srinivasan VB, Matthews JP: Results of scaphotrapeziotrapezoid fusion for isolated idiopathic arthritis. *J Hand Surg [Br]* 1996 Jun; 21: 378-380
- Staudenmaier R, Wilhelm K: Ergebnisse der operativen Versorgung bei Lunatummalazie. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1997; 29: 88-95
- Ståhl, F: On Lunatomalacia. *Acta Chir. Scand.* 95, Suppl. 126 (1947) 1-133
- Sutro CV: Treatment of nonunion of the carpal navicular bone. *Surgery* 1946; 20: 536-40
- Taleisnik, J: *Radiographic Examination of the Wrist. The Wrist, p84.* New York, Churchill Livingstone, 1985
- Trail IA, Linscheid RL, Quenzer DE, Scherer PA: Ulnar lengthening and radial recession procedures for Kienböck`s disease. *J Hand Surg [Br]* 1996; 21: 169-176
- Trumble T, Glisson RR, Seaber AV, Urbaniak JR: A biomechanical comparison of methods for treating Kienböck`s disease. *J Hand Surg [Am]* 1986; 11: 88 – 93

Tünnerhoff HG, Das Gupta K, Haussmann P: Funktionelle Ergebnisse nach mediokarpaler Teilarthrodese mit Exstirpation des Skaphoids. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2001; 33: 408-417

Watson HK, Ballet FL. The SLAC wrist: scapholunate advanced collapse pattern of degenerative arthritis. *J Hand Surg [Am]* 1984; 9: 358-65

Watson HK, Hempton RF. Limited wrist arthrodesis. I. The triscaphoid joint. *J Hand Surg [Am]* 1980; 5: 320-327

Watson HK, Monacelli DM, Milford RS, Duffield A: Treatment of Kienböck`s disease with scaphotrapezio-trapezoid arthrodesis. *J Hand Surg [Am]* 1996; 21: 9-15

Watson HK, Ryu J, DiBella A. An approach to Kienböck`s disease: triscaphe arthrodesis. *J Hand Surg [Am]* 1985; 10: 179-187

Wilhelm A. Die Eingriffe zur Schmerzausschaltung durch Denervierung: Die Operationen an den Extremitäten 3. Teil; Die Operationen an der Hand. Springer, Berlin 1972; 16: 264-285

11. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei Herrn Prof. Dr. Bernd-Dietmar Partecke für die Überlassung des Promotionsthemas und die Begleitung bis zur Promotion bedanken. In diesem Zusammenhang möchte ich auch Dr. Rüdiger Neumann meinen Dank aussprechen, in dessen Abteilung ich ein tiefes Interesse an der Handchirurgie entwickelte, so dass schließlich der Gedanke keimte auch auf diesem Gebiet die Promotion anzustreben.

Mein ganz besonderer Dank gilt Dr. Gregor Ortel, der meine Promotion betreut hat, regelmäßig für mich Zeit fand und mich bis zum Abschluß dieser Arbeit kritisch, jedoch stets produktiv, unterstützt hat.

Ich danke den vielen Studienteilnehmern, die sich bereitwillig zur Nachuntersuchung im Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhaus Hamburg Bergedorf vorstellten. Ohne sie wäre diese Arbeit nicht entstanden.

Ausserdem danke ich Prof. Dr. Jürgen Berger und den Mitarbeitern des Institutes für Medizinische Biometrie und Epidemiologie am UKE für die statistische Beratung u. Anleitung bei der Arbeit mit SPSS. Auch danke ich Dr. Lars Wolfram für viele wichtige Hinweise bzgl. der digitalen Bildverarbeitung. Ferner danke ich Dr. Joachim Velden für viele kritische Diskussionen über das Thema Statistik.

Ich bedanke mich auch bei der Firma GAT, insbesondere Dipl. Ing. Karsten Hofmann für die leihweise Zurverfügungstellung des Konstruktionsprogrammes AutoCad 97.

Meinen Eltern bin ich sehr dankbar für die stetige moralische Unterstützung während des Studiums und im Berufsleben. Für sie soll diese Promotion ein spezielles Dankeschön sein.

Auf ganz besondere Art und Weise möchte ich mich schließlich bei meiner Frau Katherine und meinem Sohn Tobias bedanken. Sie haben viele Entbehnungen hinnehmen müssen damit ich parallel zum Berufsleben diese Promotion zu einem guten Ende bringen konnte.

Henning Sauer

Hamburg 2007

Dez. 2002 – Nov. 2003 Assistenzarzt in der Klinik Poppenbüttel , Klinik für
Allgemeinchirurgie, Traumatologie u. Endoprothetik in Hamburg

Jan. 2004 – Jul. 2005 Assistenzarzt in der Abteilung für Unfallchirurgie u. Handchirurgie
des Klinikum Offenburg

Seit Aug. 2005 Assistenzarzt in der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Unfallchirurgie des
Evangelischen Amalie Sieveking-Krankenhaus in Hamburg.

13. Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Henning Sauer