

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie  
-Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. W. Winkelmann-

**„Ein Vergleich klinischer, radiologischer und pedobarographischer  
Parameter bei Hallux valgus Patienten vor und nach einer Scarf-  
Osteotomie unter Berücksichtigung der subjektiven  
Patientenzufriedenheit“**

INGURALE-DISSERTATION  
zur  
Erlangung des doctor medicinae  
  
der Medizinischen Fakultät der  
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von:  
Lorei, Timo Josef  
aus Bocholt / Kreis Borken  
2005

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

Dekan: Univ.- Prof. Dr. med. H. Jürgens

1. Berichterstatter: Priv.- Doz. Dr. D. Rosenbaum

2. Berichterstatter: Univ.- Prof. Dr. B. Drerup

Tag der mündlichen Prüfung: 02.03.2005

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie  
-Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. W. Winkelmann-

Referent: Priv.- Doz. Dr. D. Rosenbaum

Koreferent: Univ.- Prof. Dr. B. Drerup

## **Zusammenfassung**

**„Ein Vergleich klinischer, radiologischer und pedobarographischer Parameter bei Hallux valgus Patienten vor und nach einer Scarf-Osteotomie unter Berücksichtigung der subjektiven Patientenzufriedenheit“**

Timo Josef Lorei

Das Ziel dieser Studie war die Qualität der Scarf-Osteotomie anhand subjektiver und objektiver Parameter eines einseitig am Hallux valgus operierten Patientenkollektives zu untersuchen. Zusätzlich sollte die Aussagekraft der dabei verwendeten plantaren Druckverteilungsmessung beurteilt werden. Neben den postoperativen Veränderungen am operierten Fuß lag die Aufmerksamkeit auch auf der Druckumverteilung am gesunden Fuß.

Die Scarf-Osteotomie ist ein diaphysäres Osteotomieverfahren, das seine Indikation bei mittelschweren bis schweren Formen des Hallux valgus ohne arthrotische Gelenkveränderungen findet.

In einem Zeitraum von durchschnittlich 33 Monaten wurden 32 einseitig operierte Patienten nachuntersucht. Davon waren 90,6% mit dem Ergebnis der Operation zufrieden. Die Komplikationsrate betrug 12,5% (zwei Überkorrekturen, eine Parästhesie im Fußballen und ein Morbus Sudeck). Der Vorfußscore nach Kitaoka et al. zeigte mit durchschnittlich 89 Punkten ein gutes Ergebnis. Die Beweglichkeit konnte von 59,7 Grad auf 71,1 Grad signifikant verbessert werden. Der Hallux-valgus-Winkel und der Intermetatarsalwinkel ,gemessen nach der Methode von Venning und Hardy, wurde von 32,5 Grad auf 6,2 Grad bzw. von 15,5 Grad auf 6,6 Grad signifikant verbessert. Die Lage des tibialen Sesambeins wurde von Position 5,7 auf 3,3 verbessert. Postoperativ lag in 80% der Fälle eine Kongruenz im Großzehengrundgelenk vor.

Die pedobarographischen Parameter zeigten für den operierten Fuß einen lateromedialen Drucktransfer. Zudem zeigte der Anstieg des Impulses und der maximalen Kraft unter der Großzehe, dass diese wieder deutlicher in die Abstoßphase des Abrollvorganges miteinbezogen wurde. Die Veränderungen am nicht operierten Fuß zeigten ein ähnliches Druckverteilungsmuster. Es fand sich eine Abhängigkeit der Zufriedenheit und dem Ausmaß des lateromedialen Drucktransfers mit dem postoperativen Hallux-valgus-Winkel.

Tag der mündlichen Prüfung: 02.03.2005

Meinen lieben Eltern gewidmet

## Inhaltsverzeichnis

<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>4</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>7</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>8</b>
<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>9</b>
1.1 Die historische Entwicklung der Behandlung des Hallux valgus .....	9
1.2 Die Ätiologie des Hallux valgus.....	11
1.3 Pathogenese und Biomechanik des Hallux valgus .....	13
1.4 Klinik und Diagnose des Hallux valgus .....	15
1.5 Therapieoptionen des Hallux valgus .....	18
1.5.1 Die konservative Therapie des Hallux valgus.....	18
1.5.2 Die operative Therapie des Hallux valgus .....	20
1.6 Die Pedobarographie bei der Diagnose des Hallux valgus.....	24
1.7 Ziele der vorliegenden Studie.....	27
<b>2 MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>28</b>
2.1 Die Operationstechnik der Z-förmigen diaphysären Osteotomie des ersten Metatarsale (Scarf-Osteotomie).....	28
2.2 Patientengut .....	34
2.3 Anamnese und klinische Untersuchung .....	35
2.4 Röntgenbildanalyse .....	37
2.4.1 Der Intermetatarsalwinkel I/II .....	37
2.4.2 Der Hallux-valgus-Winkel.....	38
2.4.3 Die tibiale Sesambeinposition .....	39
2.4.4 Kongruenz bzw. Inkongruenz des Metatarsophalangealgelenks.....	41
2.4.5 Der Metatarsalindex.....	41
2.4.6 Distanz zwischen Metatarsale I und II .....	42
2.4.7 Metatarsaler Auftrittswinkel.....	42
2.4.8 Metatarsale I/II Elevationswinkel .....	42

---

2.5	Pedobarographie .....	43
2.5.1	<i>Der Ablauf der pedobarographischen Messung</i> .....	43
2.5.2	<i>Die pedobarographische Messplatte</i> .....	44
2.5.3	<i>Die berechneten Parameter und Fußregionen</i> .....	44
2.6	Die statistische Auswertung und verwendete Software .....	45
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b> .....	<b>46</b>
3.1	Anamnese und klinische Untersuchung .....	46
3.1.1	<i>Zufriedenheit des Patienten</i> .....	46
3.1.2	<i>AOFAS Score nach Kitaoka et al.</i> .....	47
3.1.3	<i>Beweglichkeit des MTP-Gelenkes und des IP-Gelenkes</i> .....	48
3.2	Radiologische Messungen .....	49
3.3	Pedobarographische Messungen .....	51
3.3.1	<i>Der Spitzendruck</i> .....	51
3.3.2	<i>Die maximale Kraft</i> .....	53
3.3.3	<i>Der Impuls</i> .....	54
3.3.4	<i>Die Kontaktfläche</i> .....	55
3.3.5	<i>Die Kontaktzeit</i> .....	55
3.4	Vergleich der Druckverteilungen des operierten mit dem gesunden Fuß .....	57
3.5	Korrelationen der Parameter untereinander.....	59
3.5.1	<i>Die Zufriedenheit</i> .....	59
3.5.2	<i>Korrelationen der sonstigen klinischen Parameter</i> .....	59
3.5.3	<i>Korrelationen der präoperativen Winkel mit den präoperativen pedobarographischen Messungen</i> .....	60
3.5.4	<i>Korrelationen der postoperativen Winkel mit den postoperativen pedobarographischen Messungen</i> .....	61
<b>4</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>62</b>
4.1	Subjektive Patientenzufriedenheit .....	63
4.2	Klinische Untersuchung und Vorfußscore .....	65
4.3	Komplikationen .....	67
4.4	Röntgenanalyse.....	68
4.5	Druckverteilungsmessung .....	73

---

4.6	Korrelationen der Parameter.....	78
4.7	Kritikpunkte.....	81
4.8	Schlussfolgerungen.....	82
<b>5</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>85</b>
<b>6</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>93</b>
<b>7</b>	<b>LEBENS LAUF .....</b>	<b>94</b>
<b>8</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>I</b>
8.1	Patientenbogen zur subjektiven Zufriedenheit .....	I
8.2	Untersuchungsbogen für Hallux valgus Patienten .....	II

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Pathomechanik des Hallux valgus (aus: M. Jäger und C.J. Wirth: Praxis der Orthopädie, Thieme Verlag Stuttgart, 1992).....	15
Abbildung 1.2: Präoperative Aufnahme eines Hallux valgus mit Hammerzehe des fünften Strahls (Patient Nr.16 aus der vorliegenden Studie).....	16
Abbildung 1.3: Die drei wesentlichen pathologischen Komponenten des Hallux valgus mit Lateralabweichung und Pronation der Großzehe und Medialabweichung der ersten Metatarsalen (aus: G. Pisani: Fußchirurgie, Thieme Verlag Stuttgart, 1998). .....	16
Abbildung 1.4: Zehenspreizer und Zehenrichter (aus: Fußkatalog Fa. Rathgeber) .....	19
Abbildung 1.5: Hallux valgus Nachtlagerungsschiene (aus: Fuss-Lexikon Fa. Berkemann 1985) .....	19
Abbildung 1.6: Schlaufensandale nach Krämer (aus: Fuss-Lexikon Fa. Berkemann, 1985).....	20
Abbildung 1.7: Schnittführung der Scarf-Osteotomie (aus: Rippstein et al. „Scarf“-Osteotomie bei Hallux valgus; Operative Orthopädie und Traumatologie 2001 Nr.2).....	22
Abbildung 1.8: Modifiziertes Therapieschema nach Wülker (1997) und Coull et al. (2002). .....	24
Abbildung 2.1: Darstellung der Gelenkkapsel mit Pseudoexostose (Operationssitus eines Patienten aus der vorliegenden Studie) .....	29
Abbildung 2.2: Mobilisation des Großzehengrundgelenkes (Operationssitus eines Patienten aus der vorliegenden Studie) .....	29
Abbildung 2.3: Horizontaler Schnitt der oszillierenden Säge durch den ersten Metatarsalen (Operationssitus eines Patienten aus der vorliegenden Studie) .....	30
Abbildung 2.4: Lateralverschiebung des plantaren Knochenfragmentes mit Hilfe der Messlehre und Scarf-Klemme (Operationssitus eines Patienten aus der vorliegenden Studie).....	31

---

Abbildung 2.5: Einbringen der resorbierbaren Schrauben (linke Seite: Operationssitus eines Patienten aus der vorliegenden Studie; rechte Seite: Skizze aus Rippstein et al. „Scarf“-Osteotomie bei Hallux valgus; Operative Orthopädie und Traumatologie 2001 Nr.2 ) .....	32
Abbildung 2.6: Abtragung der Pseudoexostose (Operationssitus eines Patienten aus der vorliegenden Studie).....	32
Abbildung 2.7: Altersverteilung der Patienten.....	34
Abbildung 2.8: Zeitpunkt der postoperativen Nachuntersuchung.....	35
Abbildung 2.9: Intermetatarsalwinkel I/II nach Venning und Hardy.....	37
Abbildung 2.10: Intermetatarsalwinkel I/II nach Mitchell.....	38
Abbildung 2.11: Hallux-valgus-Winkel nach Venning und Hardy.....	39
Abbildung 2.12: Hallux-valgus-Winkel nach Mitchell et al. ....	39
Abbildung 2.13: Die tibiale Sesambeinklassifikation mit Beispiel.....	40
Abbildung 2.14: Beispiel für TSP6 (Patient aus der vorliegenden Studie).....	40
Abbildung 2.15: Index-plus-Variante.....	41
Abbildung 2.16: Index-plus- minus-Variante.....	41
Abbildung 2.17: Index-minus-Variante.....	41
Abbildung 2.18: Metatarsaler Auftrittswinkel nach Viladot et al. ....	42
Abbildung 2.19: Metatarsale I/II Elevationswinkel .....	42
Abbildung 2.20: Messplatte und Messraum etwa vom Startpunkt des Patienten .....	44
Abbildung 2.21: Für die pedobarographische Auswertung verwendete Maske.....	45
Abbildung 3.1: Beurteilung der Gesamtzufriedenheit.....	46
Abbildung 3.2: Gehstrecke vor und nach der Operation.....	47
Abbildung 3.3: Punkteverteilung nach dem AOFAS Score nach Kitaoka et al.....	48
Abbildung 3.4: Vergleich der Beweglichkeit vor und nach der Operation.....	49

---

Abbildung 3.5: Veränderung des Intermetatarsalwinkels und der Hallux-valgus-Winkels gemessen nach der Methode von Venning und Hardy .....	51
Abbildung 3.6: Die Spitzendruckwerte der entsprechenden Regionen beider Füße prä- und postoperativ mit der Standardabweichung. ....	52
Abbildung 3.7: Die maximale Kraft der entsprechenden Regionen beider Füße prä- und postoperativ mit der Standardabweichung.....	53
Abbildung 3.8: Übersicht über die signifikanten Veränderungen der pedobarographischen Parameter am operiertem Fuß. ....	56
Abbildung 3.9: Übersicht über die signifikanten Veränderungen der pedobarographischen Parameter am nicht operiertem Fuß. ....	57
Abbildung 3.10: Übersicht über die signifikanten Unterschiede der pedobarographischen Parameter des deformierten Fußes im Verhältnis zum gesunden Fuß vor der Operation .....	58
Abbildung 3.11: Übersicht über die signifikanten Unterschiede der pedobarographischen Parameter des operierten Fußes im Verhältnis zum gesunden Fuß nach dem Eingriff.....	58

## Abkürzungsverzeichnis

°	Grad
Abb.	Abbildung
AOFAS	American Orthopaedic Foot and Ankle Society
bzw.	beziehungsweise
ca.	Circa
cm	Centimeter
cm <sup>2</sup>	Quadratcentimeter
d.h.	das heißt
DIP	distal interphalangeal
et al.	Et alii
ggf.	gegebenenfalls
IP	interphalangeal
kPa	Kilopascal
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenti
m	Meter
M.	Musculus
mm	Millimeter
Mm.	Musculi
MTP	metatarsophalangeal
MTPG	Metatarsophalangealgelenk
N	Newton
N*s	Newton mal Sekunde
p	probability (Wahrscheinlichkeit)
PIP	proximal interphalangeal
r	Korrelationskoeffizient
Tab.	Tabelle
VAS	visuelle Analogskala
z.B.	zum Beispiel

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: AOFAS Score nach Kitaoka et al.....	36
Tabelle 3.1: Mittelwerte und Standardabweichungen der radiologisch gemessenen Parameter prä- und postoperativ mit der jeweiligen Signifikanz. ....	50
Tabelle 3.2: Spitzendruckwerte für die zehn analysierten Regionen des betroffenen und gesunden Fußes vor und nach dem Eingriff mit der jeweiligen Signifikanz. ....	52
Tabelle 3.3: Die maximale Kraft für die zehn analysierten Regionen des betroffenen und gesunden Fußes vor und nach dem Eingriff mit der jeweiligen Signifikanz. ....	53
Tabelle 3.4: Das Kraft-Zeit-Integral für die zehn analysierten Regionen des betroffenen und gesunden Fußes vor und nach dem Eingriff mit der jeweiligen Signifikanz. .	54
Tabelle 3.5: Die Kontaktfläche für die zehn analysierten Regionen des betroffenen und gesunden Fußes vor und nach dem Eingriff mit der jeweiligen Signifikanz. ....	55
Tabelle 3.6: Die prozentuale Kontaktzeit für die zehn analysierten Regionen des betroffenen und gesunden Fußes vor und nach dem Eingriff mit der jeweiligen Signifikanz.....	56
Tabelle 3.7: Signifikante Korrelationen zur Zufriedenheit .....	59
Tabelle 3.8: Signifikante Korrelationen sonstiger klinischer Parameter.....	60
Tabelle 3.9: Signifikante Korrelationen der Winkel mit den pedobarographischen Parametern präoperativ.....	60
Tabelle 3.10: Signifikante Korrelationen der Winkel mit den pedobarographischen Parametern postoperativ .....	61

# 1 Einleitung

Der Hallux valgus ist eine der häufigsten Vorfußdeformitäten weltweit. Er tritt in jeder Sozialschicht, jedem Alter und jeder Kultur auf, allerdings mit unterschiedlicher Häufigkeit.

Es handelt sich dabei um eine Lateralabweichung der Großzehe in Bezug auf das Os metatarsale I. Die Deformität betrifft sowohl die Knochen als auch die Weichteilstrukturen des Vorfußes und ist meist mit einem Spreizfuß kombiniert.

Neben einigen konservativen Therapieoptionen entwickelten sich seit Mitte des 19. Jahrhunderts eine Vielzahl von operativen Eingriffen mit unterschiedlichen Erfolgen. Die in dieser Studie evaluierte Operationsmethode, die Scarf-Osteotomie, geht auf Meyer im Jahr 1926 [59] zurück. Sie wurde von Barouk und Weil in den achtziger Jahren wieder aufgegriffen und weiterentwickelt [5, 6, 104, 105].

In der Diagnostik des Hallux valgus, bei der Indikationsstellung für eine Operation und zur postoperativen Kontrolle findet sich in der Literatur meist eine Kombination aus einem Vorfußscore, am häufigsten wird der AOFAS Score nach Kitaoka et al. genannt [47], einer klinischen Untersuchung und einer radiologischen Analyse [50, 74, 75]. In dieser Arbeit wird zusätzlich die Aussagekraft der plantaren Druckverteilungsmessung für die biomechanischen Veränderungen des Vorfußes nach der Operation untersucht.

## 1.1 Die historische Entwicklung der Behandlung des Hallux valgus

Die erste Begriffsbestimmung des Hallux valgus geht auf Hueter aus dem Jahr 1877 zurück [37], jedoch war das Krankheitsbild schon lange vorher bekannt. Bereits der lateinische Name der Großzehe deutet dies an, wie Michler [60] ausführt: „ ..., dieses lateinische <<hallus>> stamme ursprünglich von dem griechischen Verbum <<αλλεσξαι - hallesthai = springen>> ab, weil der Großzeh den nächsten Zehen oft bedecke, gleichsam darauf springe“. Wengleich die Deformität bereits in der Antike bekannt war, so war es doch erst Volkmann [100], der 1856 die erste wissenschaftliche Publikation dazu veröffentlichte. Die ersten operativen Verfahren zur Korrektur des Hallux valgus wurde 1877 von Carl Hueter entwickelt, der eine Resektion des ersten

Mittelfußkopfes vornahm [37]. Bald darauf setzte eine rasante Entwicklung von neuen Operationstechniken ein, die allerdings bis 1918 alle eine Resektion oder Teilresektion des Metatarsophalangealgelenkes (MTPG) beinhalteten. Wichtige Verfahren wurden damals von Riedel (1886), Davis-Colley (1887), Keller (1904) und Brandes (1929) beschrieben, die alle eine Entfernung der Grundgliedbasis und Abmeißelung der Pseudoexostose beinhalteten und sich nur im Ausmaß der Resektion unterscheiden [10, 22, 42, 78]. Die Methode nach Keller ist auch heute noch der Standardeingriff bei einem arthrotisch veränderten MTPG. Karl Ludloff (1918) und Georg Hohmann (1925) traten erstmals für ein gelenkerhaltenes Verfahren ein [36, 54]. Hohmann formulierte die auch heute noch geltenden Ziele der Korrekturoperation eines Hallux valgus. Neben der Beseitigung des Schiefstandes der Großzehe, der Korrektur der pathologischen Abspreizung des ersten Metatarsalen, forderte er die Wiederherstellung des Muskelgleichgewichtes und die Korrektur des Spreizfußes. Daraufhin wurden bis zum heutigen Tag über 100 Korrekturverfahren entwickelt, die diesen Grundsätzen mehr oder weniger gerecht werden. Besondere Bedeutung erlangten die Verfahren nach Silver [87] und McBride [58], welche die ersten Weichteileingriffe vornahmen, die Chevron Osteotomie, welche 1981 von Austin und Leventen entwickelt wurde [3] und die Osteotomie der Grundphalanx nach Akin von 1925 [1], welche auch heute noch gerne mit anderen Osteotomieverfahren kombiniert wird. Das Korrekturverfahren der Scarf-Osteotomie, welches bei den Patienten dieser Studie durchgeführt wurde, beschrieb Meyer bereits 1926 [59]. Da es damals allerdings aufgrund von unausgereiftem Osteosynthesematerial zu häufigen Komplikationen gekommen ist, geriet es bis in die achtziger Jahre in Vergessenheit. Erst Barouk [5, 6] und Weil et al. [104, 105] griffen die Scarf-Osteotomie wieder auf und modifizierten diese. Es wird häufig mit anderen Verfahren kombiniert insbesondere mit Weichteileingriffen und der Akin Osteotomie [74, 79], sowie auch in dieser Studie beschrieben.

Die gelenkerhaltenden Osteotomien werden heute eingesetzt, wenn das MTPG keine arthrotischen Veränderung aufweist, andernfalls ist auch heute noch die Methode nach Keller das Verfahren der Wahl [17, 107], jedoch gibt es auch in diesem Bereich seit einiger Zeit neue Ansätze, etwa die Arbeit mit Silikonimplantaten [91].

Die konservative Therapie, deren Erfolg als eher mäßig beschrieben werden kann, erlebte keine so deutliche Entwicklung. Ihr lag zu allen Zeiten die Redression und das Zurückdrängen der Großzehe in die Normalposition zu Grunde [60, 107].

## **1.2 Die Ätiologie des Hallux valgus**

Zur Frage der Häufigkeit lassen sich in der Literatur bisweilen große Unterschiede finden. So gab Payr 1894 eine Prävalenz von 25% der Erwachsenen in Wien an [73], wohingegen Bade 1940 nur eine Häufigkeit von 5% in seinem Patientengut feststellte [4]. Gottschalk et al. berechneten 1979, dass 49,5% der Europäer im Laufe ihres Lebens einen Hallux valgus entwickeln [32] und Küsswetter und Zacher gaben 1992 eine Prävalenz von 25-30% an [51]. Die großen Unterschiede in der Angabe der Häufigkeit lassen sich durch die verschiedenartigen Definitionen des Hallux valgus erklären. So machten manche Kliniker wie z.B. Piggott die Diagnose von dem Auftreten subjektiver Beschwerden abhängig [76]. Andere wiederum beziehen sich allein auf radiologische Messgrößen, von denen der Hallux-valgus-Winkel in der Literatur am wichtigsten erscheint. Allerdings gibt es auch hier unterschiedliche Auffassungen, bei welchem Wert der Winkel pathologisch ist. So gibt beispielsweise Wülker einen Normwert unter 15° an [107], wohingegen Pisani bereits Werte über 10° für pathologisch hält [77]. Eine weitere Erklärung für die differenten Angaben ist auch das unterschiedlich zusammengesetzte Patientenkollektiv der genannten Studien.

Einigkeit besteht darin, dass Frauen sehr viel häufiger betroffen sind als Männer. Mann gibt ein Verhältnis von 10:1 an [56].

Die Ursachen für die Entstehung des Hallux valgus sind vielgestaltig. Schon Hohmann sprach 1922 von einem multifaktoriellen Entstehungsmechanismus [35]. Es wird angenommen, dass sowohl äußere begünstigende Bedingungen, als auch eine erbliche Veranlagung als prädisponierende Faktoren einen Einfluss auf die Entwicklung der Deformität haben [61].

Der modernen Schuhmode, insbesondere der Frauen wird ein nicht unerheblicher Anteil an der Entstehung des Hallux valgus beigemessen. Dies lässt sich in beeindruckender Weise an der Studie von Dahmen belegen, der die Prävalenz dieser Deformität in Japan von 1945 bis 1987 beobachtete [20]. Vor 1945 war der Hallux valgus eine eher selten

beobachtete Erkrankung, jedoch stieg die Prävalenz mit der Einführung westlicher Schuhmode in Japan nach dem Zweiten Weltkrieg dermaßen rasant, dass sie im Jahre 1987 der Prävalenz in Amerika und Europa glich. Der Modeschuh der Frau ist meist eng und vorne spitz zulaufend, wodurch die Großzehe in die Valgusstellung gedrückt wird. Durch die häufig verwendeten hohen Absätze entsteht im Schuh ein Gefälle, auf dem der Vorfuß mit einem nicht unerheblichen Anteil des Körpergewichtes in den engen Schuhanteil gedrückt wird [107]. Neben der vorgegebenen Valgusstellung kommt es über eine Bewegungsarmut der Großzehe zu einer muskulären Insuffizienz und späteren Dysbalance. Durch die Hyperextensionsstellung kommt es zu einer Schrumpfung der Extensorensehne und einer Insuffizienz der Flexoren. Verschlimmert wird dieser Mechanismus durch das Tragen von elastischen Sohlen, welche die biomechanische Arbeit des *Musculus flexor hallucis longus* ersetzen und zu einem verstärkten Lateralzug des *M. extensor hallucis longus* führen [11, 53].

Es gibt verschiedene Untersuchungen, welche versuchen die hereditären Einflüsse auf die Entwicklung des *Hallux valgus* herauszuarbeiten. Johnston wies anhand eines Familienstammbaumes einen autosomal dominanten Erbgang nach [39], allerdings konnte dies in keiner weiteren Studie belegt werden. Mitchell et al. [63] und Glynn et al. [31] stellten bei 58% bzw. 68% ihrer *Hallux valgus* Patienten eine positive Familienanamnese fest. Dass es eine genetische Disposition für die Entstehung eines *Hallux valgus* gibt, ist heute unumstritten.

Als prädisponierende Faktoren wurden verschiedene anatomische Besonderheiten diskutiert. So stellte Hohmann [35] fest, dass ein *Hallux valgus* ohne Spreizfuß nicht vorkommt. Andererseits zeigte Craigmile 1953, dass ein *Hallux valgus* und ein *Metatarsus primus varus* sehr wohl unabhängig voneinander vorkommen können [18]. Unter der Annahme, dass ein Spreizfuß ein Ausdruck für ein schwaches Binde- und Stützgewebe am Fuß ist und die mediale Abweichung des ersten Strahls direkten Einfluss auf die Biomechanik der Großzehe hat, ist es mehr als wahrscheinlich, dass der *Metatarsus primus varus* einen begünstigenden Einfluss auf die Entstehung des *Hallux valgus* hat. Dagegen ließ die Vermutung sich bis zum heutigen Tage nicht bestätigen, dass die Länge der Metatarsale I und II einen Einfluss auf die Entwicklung der Deformität hat. Bei Senk- und Plattfüßen wird der Fuß in eine verstärkte Pronationsstellung gedrückt, wobei der Fußinnenrand deutlicher belastet wird und so

ein größerer Teil der Gewichtskraft die Großzehe in die Valgusposition drückt [80], so dass aus diesen theoretischen Überlegungen ein Zusammenhang mit der Entstehung der Deformität denkbar wäre, allerdings gibt es bis jetzt keine Studien, die eine solche Kausalität nachweisen konnten.

Neben diesem multifaktoriellen Entstehungsmechanismus, bei dem die angeborene oder erworbene Schwäche des Bindegewebes und Stützapparates zu einem idiopathischen Hallux valgus führen, gibt es noch einige zum Teil systemische Erkrankungen, welche die Entstehung dieser Deformität zur Folge haben können.

Hier sind nach Steinböck [90] folgende Ursachen aufzulisten:

1. Der angeborene Hallux valgus ist häufig mit anderen Deformitäten, wie Polydaktylien, Spaltfuß und angeborenen Tumoren vergesellschaftet.
2. Der traumatische Hallux valgus, der durch eine Veränderung der Anatomie zu einer Dysbalance des Stützapparates führt, beispielsweise durch die Resektion eines Sesambeines oder durch die Amputation der Zweiten Zehe.
3. Der Hallux valgus entzündlicher Genese, meist verursacht durch die Rheumatoide Arthritis, die nach Kirschbaumet al. [46] durch eine arthritische Lockerung des Tarsometatarsalgelenkes zu einem Metatarsus primus varus und durch Destruktion des MTPG zu einem meist luxierten Hallux valgus führt.
4. Der neurogen bedingte Hallux valgus, bei dem die Muskeldysbalance, durch spastische oder paralytische Lähmungserscheinungen entweder direkt im Vorfußbereich oder im unteren Sprunggelenk entsteht.

Die Patienten der vorliegenden Studie litten unter einem idiopathischen Hallux valgus ohne arthrotische Veränderung.

### **1.3 Pathogenese und Biomechanik des Hallux valgus**

Unabhängig von der Ätiologie besteht bei der Pathogenese des Hallux valgus eine allgemein anerkannte Vorstellung. Ist es aus den oben genannten Gründen zu einer Dysbalance der Großzehenmuskulatur gekommen, so setzt ein Circulus vitiosus ein, der nahezu unaufhaltsam in die Bildung eines Hallux valgus mündet.

Auf die Großzehe wirken die Kräfte der langen und kurzen Zehenbeuger und Strecker sowie der *M. abductor hallucis* und *M. adductor hallucis*. Diese liegen in einem sensiblen Gleichgewicht, welches bei physiologischer Fußstellung eine diskrete Valgusstellung der Großzehe verursacht. Bereits in dieser physiologischen Position liegen die Streck- und Beugesehnen leicht nach lateral dezentriert. Am Kopf des ersten Metatarsalen setzen keine Muskeln an, so dass sich bei maximaler Kraftentfaltung der Großzehe entsprechend des Kräfteparallelogramms eine nach proximal gerichtete, resultierende Kraft entwickelt, die zentral auf die distale Gelenkfläche des ersten Metatarsalen auftrifft. Kommt es nun zur weiteren Dezentralisierung der Flexoren und Extensoren nach lateral, so spannen diese wie ein Bogen und es treten Biegungskräfte im ersten MTPG auf, welche den ersten Phalangen in die Valgusposition ziehen. Zudem bewirken der *M. adductor* und der laterale Anteil des *M. flexor hallucis brevis* eine Rotation der Großzehe gegen das Os metatarsale I, sowie eine Luxation der Sesambeine. Der *M. abductor hallucis longus* gelangt auf die Plantarseite der Großzehe, wodurch er die Aufgabe der medialen Stabilisierung des ersten Metatarsalkopfes verliert und seinerseits eine valgusierende Wirkung entwickelt [29]. Bei einer Dauerbelastung kommt es im weiteren Verlauf zu einer Insuffizienz des Ligamentum intermetatarseum, was zu einer Abduktion des ersten Metatarsalen führt und so auch sekundär zu einem Metatarsus primus varus führen kann (Abb. 1.1)

Nach Debrunner [23] ist die varisierende Kraft auf den ersten Metatarsalkopf eine Funktion des Hallux-valgus-Winkels, welche die notwendige Energie zur Aufrechterhaltung der Deformität beschreibt. Diese Energie nimmt mit einem zunehmenden Hallux-valgus-Winkel ab und führt so zu einer Progredienz der Deformität.

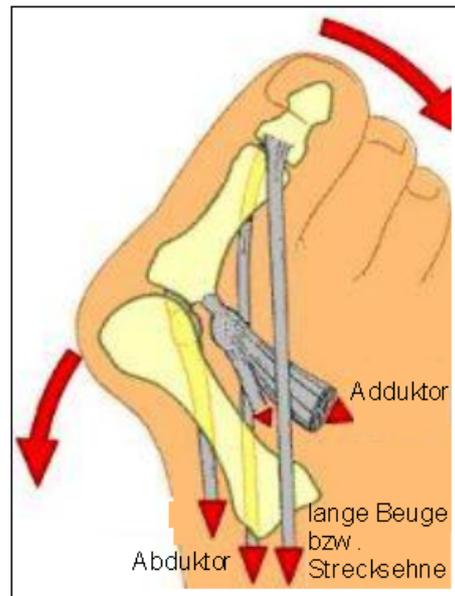


Abbildung 1.1: Pathomechanik des Hallux valgus (aus: M. Jäger und C.J. Wirth: Praxis der Orthopädie, Thieme Verlag Stuttgart, 1992)

Der normale Abrollvorgang des Fußes weist interindividuelle Variationen auf. Meist beginnt er mit dem Aufsetzen der Ferse, der lateralen Belastung des Mittelfußes und einer zentralen bis medialen Belastung des Vorfußes. Während des Abstoßvorgangs spielt die Großzehe meist die entscheidende Rolle. Auf den Hallux wird ein großer Teil des Körpergewichtes übertragen. Bei der Entstehung des Hallux valgus geht man wie oben besprochen davon aus, dass eine verstärkte Pronation und dadurch eine verstärkte mediale Belastung im Vorfußbereich vorliegt, wodurch die Großzehe allerdings mit Fortschreiten der Deformität ihre Funktion während des Abstoßvorganges verliert. Zudem wird das Großzehengrundgelenk durch die Torquierung der Gelenkkapsel, verbunden mit entzündlichen Veränderungen des Gelenkes und der Pseudoexostose, zunehmend schmerzhaft. Dadurch wird die Abrollbewegung auf den lateralen Fußrand und lateralen Vorfußbereich verlagert, was zu einer unphysiologischen Belastung der übrigen Metatarsalköpfe führt [25]. Dieses Phänomen ist auch nach Vorfußoperationen bekannt; um dem entgegen zu wirken, werden Vorfußentlastungsschuhe verordnet.

#### **1.4 Klinik und Diagnose des Hallux valgus**

Die Diagnose des Hallux valgus ist in erster Linie eine klinische. Das Erscheinungsbild und die Symptomatik der voll ausgeprägten Deformität ist so pathognomonisch, dass es keine anderen Differentialdiagnosen zulässt. Die Feindifferenzierung des

Krankheitsbildes und die Festlegung der therapeutischen Strategie erfolgt anhand der Röntgenbilder.



Abbildung 1.2: Präoperative Aufnahme eines Hallux valgus mit Hammerzehe des fünften Strahls (Patient Nr.16 aus der vorliegenden Studie)

Es sind drei wesentliche Merkmale, die das Krankheitsbild im Bereich des ersten Strahls kennzeichnen: die Lateralabweichung und Pronationsstellung der Großzehe und die Varusabweichung des ersten Mittelfußknochens.



Abbildung 1.3: Die drei wesentlichen pathologischen Komponenten des Hallux valgus mit Lateralabweichung und Pronation der Großzehe und Medialabweichung der ersten Metatarsalen (aus: G. Pisani: Fußchirurgie, Thieme Verlag Stuttgart, 1998).

Der Beginn der Erkrankung mit ersten diskreten klinischen Symptomen, wie leichter lateraler Deviation der Großzehe und gering verminderter funktioneller Belastbarkeit im Großzehengrundgelenk, tritt häufig schon in jungen Jahren auf, wobei dieser Symptomatik meist wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird. Erst eine weitere

Progredienz, die sich klinisch vor allem durch rezidivierende Reizzustände über der medial hervorstehenden Pseudoexostose des Metatarsalkopfes äußert und zu erheblichen Schuhproblemen führt, lässt den Krankheitswert bewusst werden und führt den Patienten in die ärztliche Behandlung. Durch den wie erwähnt ebenfalls oft vorliegenden Spreizfuß verstärkt sich der Schuhkonflikt und führt in Zusammenhang mit der Pseudoexostose häufig zu rezidivierenden Bursitiden mit Fistelbildungen und trophischen Hautstörungen, was den Leidensdruck der Patienten erhöht.

Die Metatarsalgie, also der Belastungsschmerz unter den zentralen Mittelfußköpfchen, tritt meist begleitend durch eine bereits oben erwähnte unphysiologische Überbelastung der entsprechenden Vorfußregion auf. Hier findet sich dann meist eine Ausdünnung des plantaren Fettpolsters und eine druckschmerzhaftige Schwielenbildung [107].

Durch das verminderte Platzangebot durch den nach lateral drängenden Großzeh werden häufig die Kleinzehen in Mitleidenschaft gezogen; es entstehen Begleitdeformitäten, wie Hammer- und Krallenzehen.

Im weiteren Krankheitsverlauf kommt es bei zunehmender Inkongruenz im MTPG zu degenerativen Gelenkveränderungen mit synovialen Reizzuständen. Die Folgen sind eine arthrogene Schmerzsymptomatik und Bewegungseinschränkung.

Wie oben beschrieben kommt es durch die veränderte Abrollbewegung des Fußes zu einer Veränderung des Gangbildes. Es entsteht das Bild eines Schon- bzw. Entlastungshinkens [107].

Zu den Röntgenstandardaufnahmen des Hallux valgus gehören die Abbildungen im dorsoplantaren und seitlichen Strahlengang, welche unter Gewichtsbelastung erfolgen sollen, da nur so der Funktionszustand des Fußes wiedergegeben wird [26].

Sowohl Tanaka et al. [92] als auch Fuhrmann et al. [30] konnten nachweisen, dass sich der Hallux-valgus-Winkel und der Intermetatarsalwinkel unter Belastung verändern. Bei fußgesunden Probanden verkleinerte sich der Hallux-valgus-Winkel und vergrößerte sich der Intermetatarsalwinkel, wohingegen sich bei Hallux valgus Patienten auch der Hallux-valgus-Winkel vergrößert. Als Ursache fand sich der Zug des M. abductor hallucis, der wie bereits ausgeführt im Normalzustand die Großzehe in eine Varusstellung zieht und beim Hallux valgus plantar abrutscht und ebenfalls eine valgusierende Funktion einnimmt. Als Umschlagpunkt stellten Tanaka et al. einen

Hallux-valgus-Winkel von  $18,5^\circ$  fest, also leicht über den als physiologisch angesehenen Bereich [92].

Neben den bereits erwähnten Winkeln wird das Röntgenbild im klinischen Alltag auf degenerative und arthrotische Veränderungen im Großzehengrundgelenk, den Metatarsalindex und die Gelenkkongruenz untersucht, um das weitere therapeutische und ggf. operative Vorgehen zu bestimmen. Andere Winkel und Messgrößen wie der distale und proximale Gelenkflächenwinkel, der Vorfußadduktionswinkel, die Lage des tibialen Sesambeines und der metatarsale Aufttrittswinkel werden meist, so wie auch in der vorliegenden Arbeit, nur im Rahmen von wissenschaftlichen Studien untersucht. Die Pedobarographie wird bis heute meist in orthopädischen Zentren in der Forschung und Diagnostik eingesetzt, nur vereinzelt nutzen freie orthopädische Praxen die Möglichkeiten der Druckverteilungsmessung zur Erfassung der dynamischen Funktion des Fußes.

## **1.5 Therapieoptionen des Hallux valgus**

Grundsätzlich muss die Entscheidung zwischen einer konservativen und einer operativen Therapiestrategie getroffen werden. Da allerdings keines der bisher bekannten konservativen Verfahren eine deutliche Verbesserung oder gar Heilung der Deformität herbeiführen kann, sind diese den operativen Verfahren weit unterlegen [94].

### **1.5.1 Die konservative Therapie des Hallux valgus**

Die Ziele der konservativen Therapie liegen in der Besserung der Symptome und im Aufhalten der Progredienz, insbesondere am noch wachsenden Skelett. Es wurden verschiedene Hilfsmittel entwickelt, welche Teilaspekte des Hallux valgus behandeln. So werden beispielsweise bei Beschwerden über der Pseudoexostose Ringpolster zur Druckentlastung eingesetzt oder bei einer Metatarsalgie eine Einlage mit Vorfußweichbettung und Mittelfußplote verschrieben. Kleinzehenbeschwerden, die durch die Verdrängung der Großzehe nach lateral entstehen, werden durch Kleinzehenpolster therapiert (Abb. 1.4).

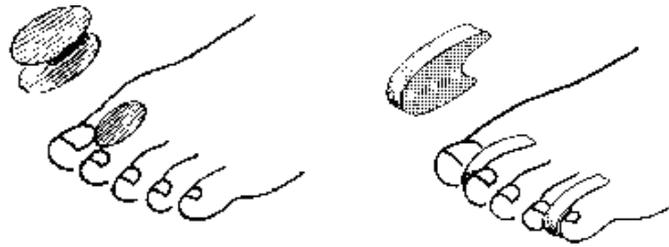


Abbildung 1.4: Zehenspreizer und Zehenrichter (aus: Fußkatalog Fa. Rathgeber)

Ein weiteres Verfahren stellt das Zurückdrängen der Großzehe aus der Valgusposition mit Hilfe von Redressionsverbänden und Schienen dar. Allerdings bewirken sie beim Erwachsenen nur eine Minderung des Druckes gegen die Kleinzehen und dies auch nur während der Anlage, die aus technischen Gründen nur nachts erfolgen kann. Da es nicht möglich ist mit den heute gebräuchlichen Schienen zu laufen, ohne diese zu zerbrechen. Beim Jugendlichen mit wachsendem Skelett sind die Hallux-valgus-Schienen allerdings ein wichtiger Therapiepfeiler, um die Progredienz der Deformität wirkungsvoll zu verzögern (Abb. 1.5).



Abbildung 1.5: Hallux valgus Nachtlagerungsschiene (aus: Fuss-Lexikon Fa. Berkemann 1985)

Die Redressionsverbände nehmen einen wichtigen Stellenwert in der postoperativen Nachbehandlung ein. Sie gewährleisten in den ersten Tagen nach der Operation neben dem Synthesematerial das angestrebte Operationsergebnis.

Eine neue Entwicklung stellt die Schlaufensandale nach Krämer dar [48], welche die Großzehe mit einer eigenen Schlaufe aus der Valgusposition drängt und im Gegensatz zur Schiene tagsüber getragen werden kann, allerdings werden ihrer Anwendung durch Druck und Scheuerstellen im Bereich der Schlaufe Grenzen gesetzt (Abb. 1.6).



Abbildung 1.6: Schlaufensandale nach Krämer (aus: Fuss-Lexikon Fa. Berkemann, 1985)

Zusammenfassend beschränkt sich die konservative Therapie auf die Behandlung von Jugendlichen im Wachstum und auf ein Patientenkollektiv, bei dem eine Operation entweder kontraindiziert ist oder nicht gewünscht wird.

### 1.5.2 Die operative Therapie des Hallux valgus

*„Müsste man eine Entscheidung fällen, für welche Krankheit des gesamten Bewegungsapparates am häufigsten unnütze, ja sogar schädliche Operationen vorgeschlagen sind, dann wäre es zweifellos der Hallux valgus.“*, so äußerte sich Viladot [98] im Hinblick auf die über 100 Operationsmethoden, die seit Mitte des 19. Jahrhunderts für die Therapie der Hallux valgus Deformität entwickelt wurden. Dass es seit Beginn der operativen Therapie bis zum heutigen Tage große Diskussionen über das wirkungsvollste operative Verfahren gibt, liegt an der Tatsache, dass der Hallux valgus in den unterschiedlichsten Ausprägungen vorliegen kann, welche es notwendig machen, einen individuellen Operationsplan zu erstellen. Dabei werden heute auch verschiedene Verfahren kombiniert und variiert, um ein optimales Ergebnis zu erreichen [107].

Grundsätzlich teilt man die operativen Verfahren in Weichteileingriffe, Arthrodesen, resizierende oder rekonstruierende Arthroplastiken, Implantate und Osteotomien ein. Die Osteotomien werden zusätzlich je nach anatomischer Lokalisation in distale, proximale oder Metatarsalschaftosteotomien bzw. Phalanxosteotomien unterschieden. Das Ziel eines rekonstruktiven Verfahrens muss es sein, neben der Achsenausrichtung des ersten Strahls, auch die Kongruenzherstellung und freie Beweglichkeit im ersten

MTPG zu erreichen. Weitere Ziele sind die Korrektur des Intermetatarsalwinkels, die Entfernung der Pseudoexostose und die Funktion der Großzehe beim Abrollvorgang wiederherzustellen.

Allgemeine Kontraindikationen für eine operative Therapie sind eine eingeschränkte Operationsfähigkeit des Patienten beispielsweise aufgrund von Herz-Kreislaufkrankungen. Spezielle Kontraindikationen sind periphere arterielle Durchblutungsstörungen und eine ausgeprägte diabetische Mikroangiopathie im Operationsgebiet, sowie, besonders bei rekonstruktiven Osteotomieverfahren, eine ausgeprägte Osteoporose. Zudem sollte die Indikationsstellung beim Operationswunsch aus rein kosmetischen Gründen sehr streng gestellt werden [106].

Im Folgenden sollen nun die wichtigsten Verfahren mit der jeweiligen Indikation vorgestellt werden.

Der Weichteileingriff am Großzehengrundgelenk nach McBride [58] und DuVries [28] wird heute häufig in Kombination mit rekonstruktiven Osteotomien eingesetzt. Als alleiniges Verfahren ist er nur bei milden Formen des Hallux valgus einzusetzen. Dieses Verfahren setzt sich im wesentlichen zusammen aus einem lateralen Release, also einer lateralen Lösung des geschrumpften Kapselanteils und einer medialen Raffung der Kapsel, um dem Großzehengrundgelenk seine kapsuläre Führung wiederzugeben. Gleichzeitig wird meist eine Abtragung der Pseudoexostose vorgenommen [107].

Bei Intermetatarsalwinkel über  $10^\circ$  bis  $15^\circ$  sollte neben dem Weichteileingriff auch stets eine Basisosteotomie des Os metatarsale I erfolgen [57]. Die Basisosteotomie gehört zu den proximalen Osteotomien, die auch bei mittelschweren bis schweren Formen des Hallux valgus eingesetzt werden können. Ihre Stärke liegt in der Korrektur des Intermetatarsalwinkel und einer Achsenausrichtung des ersten Metatarsale, wodurch bei entsprechenden distalen Kombinationsverfahren eine inkongruente Gelenkfläche gut ausgeglichen werden kann. Dies kann auf unterschiedliche Art erreicht werden, meist wird ein lateraler Keil aus der Basis entnommen und so das Os metatarsale I nach lateral ausgerichtet [72].

Als meist verwendetes Verfahren der distalen Metatarsalosteotomie ist die Chevron-Osteotomie nach Austin und Leventen [3] zu nennen, die bei leichten bis mittelschweren Deformitäten mit keiner oder nur geringer Gelenkflächeninkongruenz

eingesetzt wird. Dabei wird unterhalb des Metatarsalkopfes ein V-förmiger Schnitt angelegt und das Köpfchen nach lateral verschoben. Zusätzlich wird die Pseudoexostose abgetragen und ggf. ein medialbasiger Keil entnommen, um die Gelenkfläche nach medial auszurichten. Allerdings wird der Intermetatarsalwinkel durch diese Operation kaum korrigiert [107].

Die im vorliegenden Patientengut angewandte Technik, die Scarf-Osteotomie, ist eine Schaftosteotomie und ist gekennzeichnet durch einen Z-förmigen Schnitt durch den Schaft. Die beiden Fragmente werden gegeneinander verschoben und durch Schrauben refixiert. So ist neben einer Korrektur des Hallux-valgus-Winkels auch eine Korrektur des Intermetatarsalwinkel möglich. In gewissen Grenzen kann auch die Pronation des Os metatarsale I ausgeglichen werden. Grenzen werden der Korrektur nur durch die Schaftbreite gesetzt. Scheute man sich bis vor kurzem, die Fragmente um mehr als ein Drittel des Schaftes zu verschieben [86], so zeigen erste Studien bei der Behandlung von schweren Hallux valgus Deformitäten, dass auch eine Verschiebung um zwei Drittel der Schaftbreite bei entsprechendem Osteosynthesematerial zu stabilen Verhältnissen und guten Ergebnissen führen kann [74, 82]. Somit tritt sie in Konkurrenz mit den proximalen Metatarsalosteotomien, zeichnet sich allerdings zusätzlich durch eine bessere postoperative Stabilität aus. Diese entsteht durch die größeren Anlageflächen der beiden Knochenfragmente.

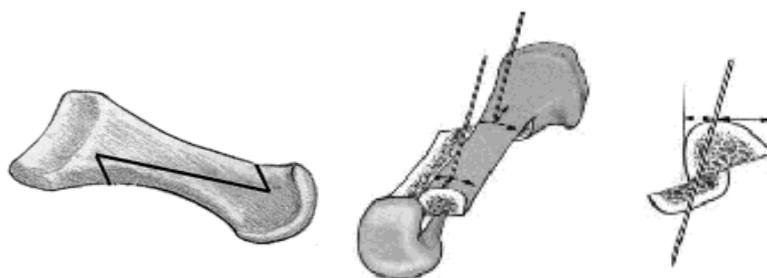


Abbildung 1.7: Schnittführung der Scarf-Osteotomie (aus: Rippstein et al. „Scarf“-Osteotomie bei Hallux valgus; Operative Orthopädie und Traumatologie 2001 Nr.2)

Wichtig für diese Operation ist eine ausreichend feste Knochensubstanz. Es gibt drei ernsthafte Komplikationen im Zusammenhang mit der Scarf-Osteotomie. Die seltenste ist die Köpfchennekrose des Os metatarsale I, die bei Schonung der entsprechenden Gefäße allerdings gut zu verhindern ist. Entscheidend sind die Komplikationen der

Osteosyntheselockerung und des Rinnenphänomens. Die Osteosyntheselockerung kann durch eine regelrechte Verschraubung der Fragmente und eine korrekte und genügend lange Nachbehandlung im Vorfußentlastungsschuh vermieden werden. Beim Rinnenphänomen kann es durch die Lateralverschiebung der beiden Halbröhren zu einem Ineinanderrutschen der Fragmente kommen; gerade deswegen ist auf eine ausreichend harte Knochensubstanz und stabile Osteosynthese zu achten [86]. Neben dem umfangreichen Eingriff selbst sind diese Komplikationen, welche durch besondere Sorgfalt verhindert werden können, dafür verantwortlich, dass die Scarf-Osteotomie als ein technisch anspruchsvolles Verfahren mit niedriger Lernkurve gilt. Dies ist einer der Nachteile, die dem Verfahren von Kritikern immer wieder zu recht angelastet wird [16, 79]. Das Verfahren wird im Abschnitt „Material und Methoden“ detailliert beschrieben. Ergänzend wird heute noch die Phalanxosteotomie nach Akin eingesetzt [1]. Dabei wird ein medialbasiger Keil aus dem ersten Phalangen geschnitten und so der valgisierte Zeh wieder ausgerichtet. Auch in dem vorliegenden Patientenkollektiv bekamen nahezu alle Patienten eine Osteotomie nach Akin.

Bei sehr schweren Deformitäten oder bei deutlichen degenerativen Veränderungen, also einem Hallux rigidus kommen diese rekonstruktiven Verfahren nicht mehr in Betracht. Hier finden Implantate, Arthrodesen und Resektionsarthroplastiken ihre Anwendung. Implantate konnten sich bis heute nicht durchsetzen, auch wenn es einige positive Ansätze dazu gab [67, 91]. Die Arthrodesese ist eine der letzten Möglichkeiten, nach fehlgeschlagener Therapie, Ruhe in ein schmerzhaftes und häufig entzündetes Gelenk zu bekommen und dennoch bei körperlich aktiven Patienten eine zufrieden stellende Funktionalität wiederherzustellen. Die Standardtherapie beim Hallux rigidus ist allerdings auch heute noch die Resektionsarthroplastik nach Keller und Brandes, bei der die Grundphalanx um mindestens ein Drittel resiziert wird [10, 42]. Später wurde sie noch dahingehend modifiziert, dass ein Kapselanteil in den neu geschaffenen Gelenkspalt interponiert wurde, um die Bildung des Neoarthros zu fördern [107].

Um aus der Fülle der Verfahren das richtige zu finden wurden einige Richtlinien veröffentlicht, die sich nur leicht voneinander unterscheiden. Das Flussdiagramm (Abb. 1.8) stellt eine Zusammenfassung der Richtlinien nach Wülker und Coull et al. dar [17, 107].

Aus dem Diagramm ist erkennbar, dass die Scarf-Osteotomie eine breite Indikationsstellung für Patienten mit einem ideopathischen Hallux valgus besitzt. Im Zusammenhang mit der positiven Bewertung der Ergebnisse dieses Verfahrens, durch diverse Studien [2, 7, 41, 50, 70, 74, 75, 79, 82], stellt es ein mehr als geeignetes Operationsverfahren für das vorliegende Patientenkollektiv da. Natürlich sollte bei der Auswahl des passenden Therapieschemas auch die Erfahrung des Operateurs berücksichtigt werden. Dies gilt insbesondere bei der Scarf-Osteotomie, weil die veröffentlichten Studien zeigen, dass die Komplikationsrate mit der Erfahrung des Operateurs deutlich sinkt [88].

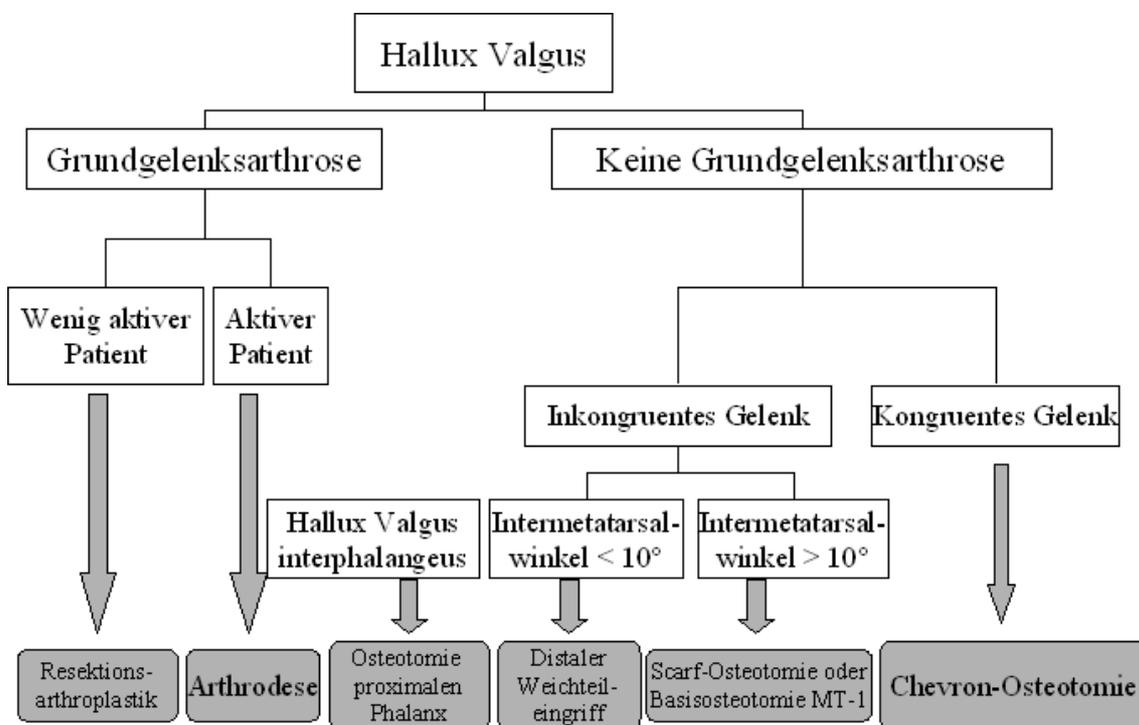


Abbildung 1.8: Modifiziertes Therapieschema nach Wülker [107] und Coull et al. [17]

## 1.6 Die Pedobarographie bei der Diagnose des Hallux valgus

Die Druckverteilungsmessung der Fußsohle hat durch die computertechnischen Entwicklungen der letzten Jahre an Genauigkeit, und dadurch an Bedeutung in der klinischen Anwendung bei der Behandlung von Fußdeformitäten dazu gewonnen [27]. Druckmessplatten mit kalibrierten kapazitiven Sensoren, wie beispielsweise das auch von uns verwendete emed System der Firma novel GmbH in München, werden in den

meisten der gegenwärtig publizierten Arbeiten zu diesem Thema eingesetzt [13, 43, 52, 64, 82, 85]. Die Autoren dieser und anderer Publikationen nutzten diese Messungen zur Kontrolle kleiner Patientengruppen nach operativen Eingriffen [8, 41, 43, 49, 82] oder um eine Korrelation zwischen radiologischen und pedobarographischen Parametern zu finden [13, 51, 85]. Eine andere Studie versuchte, durch die Pedobarographie Rückschlüsse auf die Biegungsbelastung des ersten Metatarsalen zu bekommen, um über die Anforderungen an die Osteosynthesematerialien bei Osteotomieverfahren Informationen zu erhalten [52]. Durch die Vereinfachung der Handhabung und die Erfüllung der Testgütekriterien wie Reliabilität, Validität und Objektivität wurde die Druckverteilungsmessung auch für den klinischen Alltag eine akzeptierte diagnostische Methode. Damit eine neue Untersuchungsmethode in den klinischen Alltag integriert werden kann, sollte diese nach Brand [9] vier Kriterien erfüllen:

1. Unterstützung in der Erstellung einer eindeutigen Diagnose.
2. Bestimmung des Schweregrades einer Erkrankung.
3. Auswahl unter mehreren therapeutischen Optionen.
4. Hilfestellung bei der Prognosestellung.

Zudem spielen folgende Faktoren eine wichtige Rolle:

- Die Messung darf die Funktion, die sie erfassen soll, nicht beeinflussen.
- Die Ergebnisse eines Verfahrens sollen Erkenntnisse liefern, die nicht direkt von einem erfahrenen Kliniker beobachtet werden können.
- Die Kosten des Verfahrens sollen adäquat sein.
- Die Ergebnisse sollen so formuliert sein, dass sie ein klinisches Konzept unterstützen können.

Bezieht man nun diese Aussagen auf den Einsatz der Druckverteilungsmessung in der Diagnose des Hallux valgus so sind diese Kriterien in einem gewissen Ausmaß bereits erfüllt. Die Diagnose des Hallux valgus wird durch die Veränderungen der Abrollbewegung, insbesondere der Teilnahme der Großzehe am Abstoß und an der Belastung der Metatarsalregion weiter differenziert. Es kann sowohl der Schweregrad eingeschätzt werden, als auch ein Hinweis auf das optimale Operationsverfahren

gegeben werden. Allerdings gibt es nur wenige Studien, die bisher herausgearbeitet haben, welche Parameter der Druckverteilungsmessung zuverlässige Aussagen über die Belastung und die typischen Veränderungen beim Abrollvorgang eines Hallux valgus Fußes ermöglichen [13, 64]. Anscheinend ist es nicht allein der Spitzendruck, der die veränderte Belastung des deformierten Vorfußes reflektiert [13], sondern insbesondere der Impuls, der deutlichere Veränderungen im Vergleich zu einem gesunden Kollektiv aufweist [44].

Zudem gibt es einige Studien, die einen Vergleich der prä- und postoperativen Druckverteilung vornehmen. Allerdings ist der Nachuntersuchungszeitraum häufig so kurz, dass man die Einflüsse des operativen Schmerzes selbst nicht sicher ausschließen kann [8, 43]. Zudem werden meist einzelne Füße untersucht, d.h. um eine möglichst große Anzahl von Untersuchungsobjekten zu erlangen, werden beidseits operierte Patienten in solche Studien aufgenommen. Leider entfällt so die Möglichkeit, die Veränderungen des gesunden Fußes zu untersuchen, und es lässt sich eine Beeinflussung des nicht operierten Fußes durch etwaige Schonung des operierten Fußes nicht sicher ausschließen [8, 43, 49, 85]. Eine besondere Erwähnung sollten die Studien von Jones et al. [41] und Sabo et al. [82] finden. Sie untersuchten jeweils an einem kleinen Patientenkollektiv von ca. 30 Patienten neben klinischen und radiologischen Parametern auch pedobarographische Veränderungen nach einer Scarf-Osteotomie. So lassen sich diese beiden Studien gut mit der vorliegenden Arbeit vergleichen, da der Untersuchungsansatz recht ähnlich ist. Allerdings fokussieren sie die Druckverteilungsmessung nur auf den Vorfußbereich und führen auch keine genaue Analyse des nicht operierten Fußes durch.

Dies zeigt, dass die Pedobarographie aufgrund der Entwicklung der letzten Jahre das Potential hat, neben einer rein wissenschaftlichen Untersuchungsmethode Eingang in die klinische Routinediagnostik bei Fußdeformitäten zu finden. Was insbesondere für das Behandlungskonzept des Hallux valgus gilt. Um diese Entwicklung voranzutreiben sind Studien wie diese nötig, welche die notwendigen Datengrundlagen und praktischen Erfahrungen erbringen, an denen sich der Kliniker orientieren kann.

## **1.7 Ziele der vorliegenden Studie**

Grundsätzlich verfolgte diese Arbeit zwei Ansätze. Zum einen wurde ein am Hallux valgus operiertes Patientenkollektiv nachuntersucht und zum anderen wurde die in diesem Bereich recht neue Untersuchungsmethode der Druckverteilungsmessung auf ihre Aussagekraft hin analysiert.

Bei der Nachuntersuchung der Patienten wurde auf die postoperative subjektive Zufriedenheit der Patienten Wert gelegt. Diese wurde unter anderem durch den AOFAS Score nach Kitaoka et al. [47] erfragt. Durch Messverfahren wie die Röntgenanalyse und die Pedobarographie können objektive Aussagen über den Erfolg der Operation gemacht werden. Es ist also ein Ziel der Studie, die Qualität der Operationsmethode mit Hilfe von subjektiven und objektiven Parametern zu untersuchen.

Der Schwerpunkt in der weiteren Untersuchung lag auf den Veränderungen der pedobarographischen Parameter. Dabei wurden sowohl die Veränderungen nach der Operation am betroffenen Fuß ermittelt, als auch jene am gesunden Fuß. Zudem wurden die Unterschiede zwischen den beiden Füßen vor und nach dem Eingriff untersucht. Es wird also der Einfluss der operierten Seite auf die gesunde Seite beleuchtet.

Aufgrund der unzureichenden Studienlage ist nicht geklärt, welcher Parameter der Druckverteilungsmessung deutliche Aussagen im Behandlungskonzept des Hallux valgus treffen kann. Auch hier sucht die vorliegende Arbeit mit eigenen Ergebnissen und mit jenen verwandter Studien nach neuen Antworten.

Zudem wurden Korrelationen zwischen den Ergebnissen der subjektiven Aussagen der Patienten, der klinischen Untersuchungen, der radiologischen Analysen und der pedobarographischen Parameter gesucht. Ziel ist es, dadurch Abhängigkeiten zu finden, die eine Relevanz für das operative Vorgehen besitzen.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Die Operationstechnik der Z-förmigen diaphysären

#### *Osteotomie des ersten Metatarsale (Scarf-Osteotomie)*

Den Namen, Scarf-Osteotomie, verdankt diese Operationstechnik der Verwandtschaft zu einer Technik, welche die Zimmerleute verwenden, um Dachbalken zu bearbeiten und zusammenzufügen. Sie wird seit einigen Jahren zunehmend zur Korrektur des Hallux valgus bzw. Metatarsus primus varus ohne degenerative Veränderungen des Großzehengrundgelenkes eingesetzt. Diese Technik ist besonders gut geeignet, um den Intermetatarsalwinkel und Abweichungen der Gelenkflächen des MTPG auszugleichen. Allerdings begrenzt die Breite des Schaftes die Ausgleichmöglichkeiten, so dass der Intermetatarsalwinkel nicht größer als 20 Grad sein sollte.

Der Eingriff eignet sich, so wie nahezu alle Eingriffe am Vorfußbereich, für eine Ausführung in Regional- bzw. Lokalanästhesie. In der Praxis wird jedoch der Vollnarkose mit einer Larynxmaske oder einem Tubus oft der Vorzug gegeben.

Nach der Hautdesinfektion wird eine Blutleere angelegt. Der Hautschnitt von 6 bis 10 cm erfolgt auf der Fußinnenseite kurz über dem Kopf und dem Schaft des ersten Metatarsalen. Daraufhin erfolgt die Präparation der Hülle des Strecksehnenapparates (Abb. 2.1), welche inzidiert wird. Sollte nun eine erhebliche Verkürzung der Sehnen des M. extensor hallucis longus und brevis vorliegen, so sollten diese zur späteren Verlängerung Z-förmig eingeschnitten werden. Nun wird die plantare Schicht des M. abductor hallucis dargestellt. Hier kann bei entsprechenden pathologischen Veränderungen die subcutane Bursa entfernt werden. Die Gelenkkapsel und das Periost werden in Längsrichtung eingeschnitten und über der medial gelegenen Pseudoexostose exzidiert. Unter Schonung der Gefäße wird die Kapsel nach plantar und nach dorsal frei präpariert. Das Periost wird nach oben und unten abgelöst. Zudem wird zu diesem Zeitpunkt ein Teil des M. abductor hallucis von der Grundphalanxbasis abgelöst, um ihn später in einer biomechanisch günstigeren Position erneut zu befestigen.



Abbildung 2.1: Darstellung der Gelenkkapsel mit Pseudoexostose (Operationssitus eines Patienten aus der vorliegenden Studie)

Nun wird ein Wundspretzer so eingesetzt, dass der Sehnenapparat des M. flexor hallucis brevis mit den darin enthaltenen Sesambeinen nach plantar gehalten wird und man Einsicht auf die laterale Gelenkseite erhält (Abb. 2.2). Mit einem besonders feinen Skalpell erfolgt die Trennung des Lig. Metatarso-sesamoideum, also der Bandverbindung zwischen dem Metatarsalköpfchen und dem Sesambeinapparat.

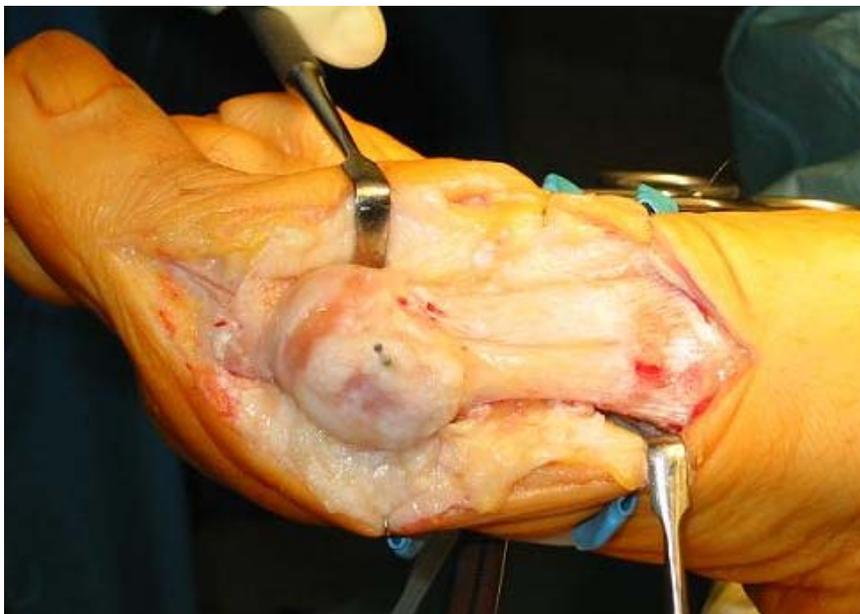


Abbildung 2.2: Mobilisation des Großzehengrundgelenkes (Operationssitus eines Patienten aus der vorliegenden Studie)

Durch das Gelenk hindurch erfolgt die Ablösung des M. adductor hallucis von der Grundphalanxbasis, zudem wird das Kollateralband teilweise inzidiert. Auch der Pars lateralis des M. flexor hallucis brevis wird durchtrennt. Jetzt ist der Zeitpunkt für die Reposition des MTPG gekommen, ggf. müssen hierzu noch weitere Band- und Muskelverbindungen gelöst werden.

Nach dem Einsetzen von flexiblen Wundhäkchen, die mit einer Kocherklemme fixiert werden, erfolgt die Darstellung des Übergangs vom Periost zur Gelenkkapsel. Ein Kirschnerdraht mit einem Durchmesser von 1,1 mm wird so im Metatarsalköpfchen positioniert, dass er die gewünschte Korrekturrichtung vorgibt. Dazu wird er etwa 5 mm vom Knorpelrand im oberen Drittel des Übergangs vom Metatarsalköpfchen zum Schaft eingebracht. Auf diesen Draht wird nun eine Zielvorrichtung aufgesetzt, welche die horizontale Richtung der Schaftosteotomie vorgibt. Diese verläuft plantar auf einen Punkt im unteren Drittel des proximalen Endes der Basis des ersten Metatarsalen. Mit der oszillierenden Säge, in die ein 1,5 cm breites Sägeblatt eingespannt ist, wird der Knochen in horizontaler Richtung durchtrennt (Abb. 2.3). Hiernach werden mit einem 1 cm breiten Sägeblatt der proximale und der plantar gerichtete Schenkel durchtrennt, so dass das Bild der Z-förmigen Osteotomie entsteht. Unter Führung der Sägelehre wird nun dorsal ein Sägeschnitt etwa 90 Grad zur horizontalen Schnittebene angebracht. Der Kirschnerdraht wird nun wieder entfernt. Der Übergang vom kurzen distalen Sägeschnitt zum horizontalen Sägeschnitt wird wiederum mit einem 1 cm breitem Sägeblatt durchtrennt. Mit einem kleinen Meißel werden nun die beiden Knochenteile voneinander abgehoben. Das Periost wird mit einem Skalpell durchgeschnitten.



Abbildung 2.3: Horizontaler Schnitt der oszillierenden Säge durch den ersten Metatarsalen (Operationssitus eines Patienten aus der vorliegenden Studie)

Mit einer scharfen Knochenklemme wird der dorsal gelegene Teil des Metatarsalen nach medial gezogen. Gleichzeitig wird der plantare Teil des Metatarsalen mit dem anhängenden Köpfchen vorsichtig nach medial verschoben, so dass die zuvor auf den Röntgenaufnahmen ausgemessene notwendige Korrektur erfolgt. Mit der Messlehre wird die Korrekturdistanz nachgemessen (Abb. 2.4). Diese Position wird dann mit einer speziell gebogenen Klemme, der Scarf-Klemme, fixiert.

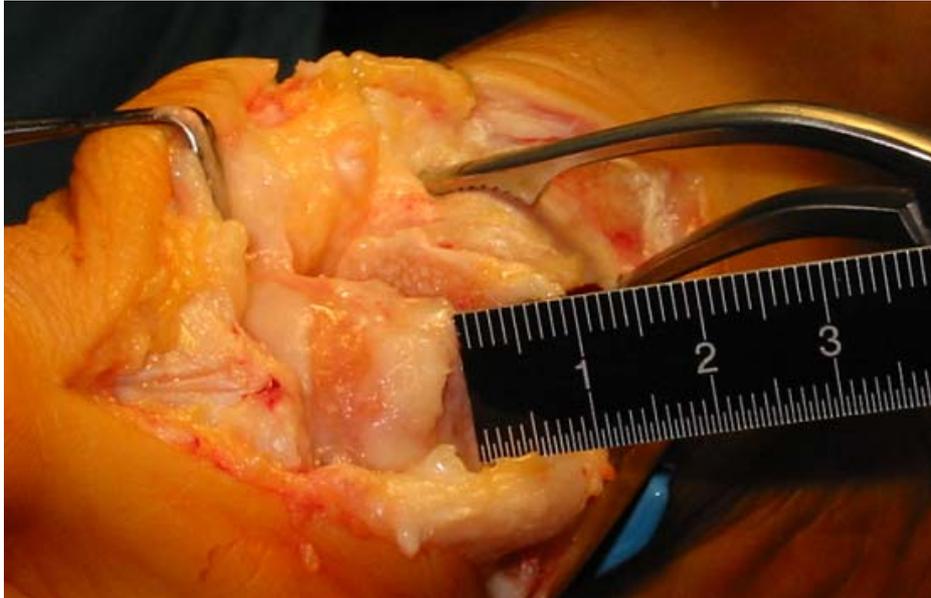


Abbildung 2.4: Lateralverschiebung des plantaren Knochenfragmentes mit Hilfe der Messlehre und Scarf-Klemme (Operationssitus eines Patienten aus der vorliegenden Studie)

Um eine Verschiebung der Gelenkflächen nach außen zu korrigieren, kann das Köpfchen noch gedreht werden. Ist eine Verkürzung des Strahls erwünscht, können durch zusätzliche Sägeschnitte proximal und distal Knochenstücke entfernt werden, um die gewünschte Länge zu erreichen. Bei dem so zersägten Metatarsalen handelt es sich um zwei Halbröhren, daher muss darauf geachtet werden, dass diese sich nicht ineinander verschieben und verkippen. In besonders schwierigen Fällen, kann der Schaft auch mit an anderer Stelle gewonnener Spongiosa gefüllt werden, um ein Verkeilen zu vermeiden.

Unter Kompression werden nun Führungsdrähte vorgebohrt, über die nach Längenmessung kanülierte Schrauben eingedreht werden. Seit kurzem kann zwischen resorbierbaren und nicht-resorbierbaren Schrauben gewählt werden (Abb. 2.5).

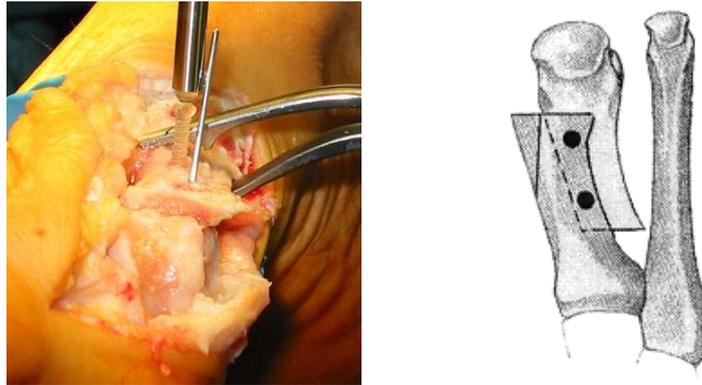


Abbildung 2.5: Einbringen der resorbierbaren Schrauben (linke Seite: Operationssitus eines Patienten aus der vorliegenden Studie; rechte Seite: Skizze aus Rippstein et al. „Scarf“-Osteotomie bei Hallux valgus; Operative Orthopädie und Traumatologie 2001 Nr.2 )

Die unterschiedlich stark ausgeprägte Pseudoexostose des Metatarsalköpfchens wird im Folgenden resiziert, wobei darauf geachtet werden muss, dass die Führungsrinne des medialen Sesambeins, welches sich auf der Plantarseite des Köpfchens befindet, erhalten bleibt (Abb. 2.6). Der Überstand des Mittelfußschafts wird ebenfalls mit der Säge entfernt. Eventuell vorhandene osteophytäre Anbauten können ebenso resiziert werden wie eine bestehende Synovitis. Die so gewonnene Spongiosa kann zusätzlich in den Schaft des Metatarsale und proximal an der Osteotomie eingebracht werden.



Abbildung 2.6: Abtragung der Pseudoexostose (Operationssitus eines Patienten aus der vorliegenden Studie)

Bei einem ausgeprägten Hallux interphalangeus kann eine Akin-Osteotomie angeschlossen werden, bei der am ersten Phalangen medial ein entsprechender Knochenkeil entnommen und so der pathologische Winkel ausgeglichen wird.

Nach dem Abschluss der Osteotomien und Osteosynthesen erfolgt nun die modifizierte Wiederherstellung der Weichteile. Mit einer Flaschenzugnaht wird der M. flexor

hallucis brevis mit den darin liegenden Sesambeinen nach medial gezogen, wobei das dorsale Periost mit durchstochen wird. Der M. abductor hallucis wird mit einer zusätzlichen Flaschenzugnaht nach distal und medial gezogen. Nun wird das Periost und die Gelenkkapsel mit resorbierbarem Nahtmaterial refixiert. Gegebenenfalls wird der Strecksehnenapparat in entsprechend gewünschter Länge zusammengenäht. Die Haut wird intracutan mit resorbierbarem Faden der Stärke 4-0 verschlossen, anschließend wird zusätzlich ein Sprühkleber aufgebracht. Zur weiteren Adaptation der Wundränder werden Steri-Strips aufgebracht.

Zum Schluss wird das Wundgebiet lokal mit einem langwirksamen Lokalanästhetikum, dem Adrenalin und Dexamethason zugesetzt ist, infiltriert und ein Fußblock zur selektiven Anästhesie der den Fuß versorgenden Hautnerven durchgeführt.

Der Wundverband erfolgt nach vorheriger Umwicklung des Fußes mit Polsterwatte unter Kompression durch eine 6 cm breite elastische Binde. Dabei wickelt man von medial nach lateral, um die Reposition der Großzehe in der entsprechenden Position zu halten. Sofern die Kontrolle des Operationsergebnisses nicht bereits intraoperativ erfolgte, führt man diese nun mit Hilfe eines Bildwandlers in mehreren Ebenen durch.

Postoperativ werden abschwellende und schmerzlindernde Maßnahmen wie Kühlung, Hochlagern und Gabe von nichtsteroidalen Antirheumatika angewandt.

Unmittelbar nach der Operation kann die Mobilisation des Patienten mit einem Vorfußentlastungsschuh eventuell unter Verwendung von Unterarmgehstützen beginnen. Für die ersten zwei Wochen ist ein regelmäßig zu erneuernder redressierender Verband zu tragen. Hierbei kann durch entsprechende Wicklung eine weitere Stellungskorrektur erfolgen. Das Großzehengrundgelenk kann und soll dabei bewegt werden, um Versteifungen vorzubeugen. Zudem unterstützen Lymphdrainage und physiotherapeutische Übungen das rasche Wiedererlangen der physiologischen Funktion. Eine Belastung im Sportschuh mit fester Sohle ist nach zwei bis drei Wochen möglich, nach etwa sechs Wochen können wieder normale Straßenschuhe getragen werden. Eine Kontrolle des Operationsergebnisses findet nach zwei, sechs, 26 und 52 Wochen statt. Eine Metallentfernung ist meist nicht nötig, zumal immer häufiger resorbierbare Schrauben eingesetzt werden.

## 2.2 Patientengut

An der Studie nahmen 32 Patienten teil, die sich zwischen Januar 1999 und Mai 2002 einer einseitigen Hallux valgus Korrektur unterzogen hatten. Diese wurde nach der Scarf-Technik von einem Operateur einer freien orthopädischen Praxis durchgeführt. Bei 30 Patienten wurde zusätzlich eine Akin-Osteotomie des ersten Phalangen durchgeführt. Es wurden 16 linke und 16 rechte Füße untersucht. Bei den Probanden handelte es sich um 31 Frauen und einen Mann. Diese waren zwischen 34 und 81 Jahre alt. Im Durchschnitt betrug ihr Alter zum Untersuchungszeitpunkt 56 Jahre (Abb. 2.7).

Als Beschwerden gaben alle Patienten Schmerzen im Vorfußbereich, vor allem im Bereich der Exostose am Großzehengrundgelenk, an. Zudem gaben die Patienten Probleme bei der Wahl passender Schuhe an. Bei sechs Patienten lag eine Metatarsalgie vor.

Während des Eingriffes wurde bei 21 Patienten gleichzeitig eine zusätzliche Korrektur an den Kleinzehen vorgenommen. Hierbei handelte es sich vorwiegend um MTPG-Release, DIP-Arthroplastiken, Clavusexcisionen und PIP-Arthroplastiken, vereinzelt wurden auch Arthrodesen und Neurolysen durchgeführt.

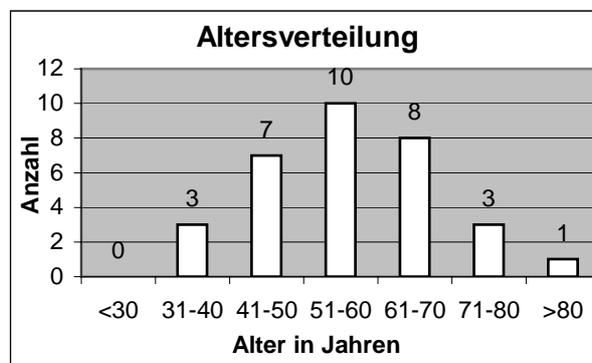


Abbildung 2.7: Altersverteilung der Patienten

Die Untersuchungen zu dieser Studie wurden mit einem Mindestabstand von 14 Monaten nach der Operation durchgeführt, der Durchschnitt lag bei 33 Monaten (Abb. 2.8).

Es wurde eine Anamnese erhoben, eine klinische Untersuchung durchgeführt, die den AOFAS Score nach Kitaoka et al. [47] beinhaltete. Der Fuß wurde in zwei Ebenen unter

Belastung geröntgt und es wurden pedobarographische Messungen beider Füße aufgenommen.

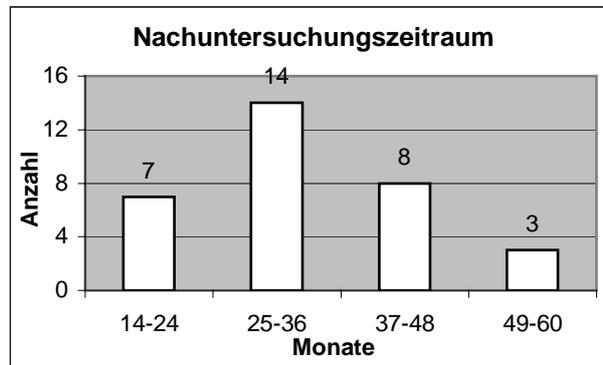


Abbildung 2.8: Zeitpunkt der postoperativen Nachuntersuchung

### 2.3 Anamnese und klinische Untersuchung

Zu Beginn der Nachuntersuchung wurde den Patienten ein Fragebogen zur subjektiven Zufriedenheit mit dem Ergebnis der Operation vorgelegt (Anhang 8.1). Hierbei sollten die Patienten anhand einer visuellen Analogskala (VAS) den Fußballen, die Narbe und die aktuelle Schmerzintensität beschreiben. Die Skala war 10 cm lang, wobei an der linken Seite 0 cm war, was eine optimale Bewertung des Ergebnisses darstellen würde und an der rechten Seite bei 10 cm das von dem Beurteiler denkbar schlechteste Ergebnis angegeben werden konnte.

Die Gesamtzufriedenheit konnte mit sehr gut, gut, zufrieden und schlecht angegeben werden. Zusätzlich wurde die Gehstrecke vor und nach der Operation in Minuten abgefragt. Als letztes wurde den Patienten die Frage gestellt, ob sie den Eingriff in dieser Form noch einmal durchführen lassen würden.

Auf dem zweiten Bogen (Anhang 9.2) wurden Komplikationen, weiterhin bestehende begleitende Deformitäten, eine Metatarsalgie, das Bewegungsausmaß und die Fragen des AOFAS Score nach Kitaoka et al. festgehalten.

Dieser Score wurde von der American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) entwickelt und 1994 von Kitaoka et al. veröffentlicht [47].

Dieser fragt nach Schmerzen, Belastungseinschränkungen, der Schuhwahl, der Stellung des Hallux, der Beweglichkeit der beteiligten Gelenke und deren Stabilität. Die

maximal vergebene Punktzahl beträgt 100. Die genaue Punkteverteilung kann der nachfolgenden Tabelle 2.1 entnommen werden.

<b>1. Schmerz</b>	
kein Schmerz-----	40 P
leichter oder gelegentlicher Schmerz-----	30 P
mäßig oder täglicher Schmerz-----	20 P
starker oder ständiger Schmerz-----	0 P
<b>2. Funktion</b>	
2.1 Belastungseinschränkung	
keine Einschränkung-----	10 P
keine Einschränkung im Alltag oder Beruf, aber in der Freizeit-----	7 P
Einschränkungen im Alltag, Beruf und Freizeit-----	4 P
Stark eingeschränkte Belastbarkeit-----	0 P
2.2 Schuhe	
normale Schuhe ohne Einlagen-----	10 P
Schuhe mit Einlagen-----	5 P
Spezialschuhe-----	0 P
2.3 Beweglichkeit des MTP-Gelenks (Dorsal- und Plantarflexion)	
normal oder gering eingeschränkt (>75°)-----	10 P
eingeschränkt-----	5 P
stark eingeschränkt-----	0 P
2.4. Beweglichkeit des IP-Gelenkes (Plantarflexion)	
keine Einschränkung-----	5 P
eingeschränkt-----	0 P
2.5. MTP-IP-Stabilität (alle Richtungen)	
stabil-----	5 P
instabil bzw. dislozierbar-----	0 P
2.6. Schwielen am MTP-IP des Hallux	
asymptomatisch-----	5 P
symptomatisch-----	0 P
<b>3. Stellung des Hallux</b>	
physiologisch-----	15 P
geringe asymptotische Fehlstellung-----	8 P
deutliche, symptomatische Fehlstellung-----	0 P

Tabelle 2.1: AOFAS Score nach Kitaoka et al.

## 2.4 Röntgenbildanalyse

Alle Messungen wurden entweder im dorsoplantaren Röntgenbild oder in der Seitenaufnahme vorgenommen. Beide Ebenen wurden mit Belastung des Fußes durch das eigene Körpergewicht aufgenommen. Es wurden Röntgenbilder mit einem Mindestabstand von 14 Monaten zur Operation analysiert.

### 2.4.1 Der Intermetatarsalwinkel I/II

Die in der Literatur am häufigsten beschriebene Methode zur Messung des Intermetatarsalwinkel ist die nach Venning und Hardy [97]. Hierbei wird der Intermetatarsalwinkel durch den Winkel der beiden Schafthalbierenden des Metatarsale I und des Metatarsale II gebildet (Abb.2.9). Er gibt das Ausmaß des Metatarsus primus varus an.

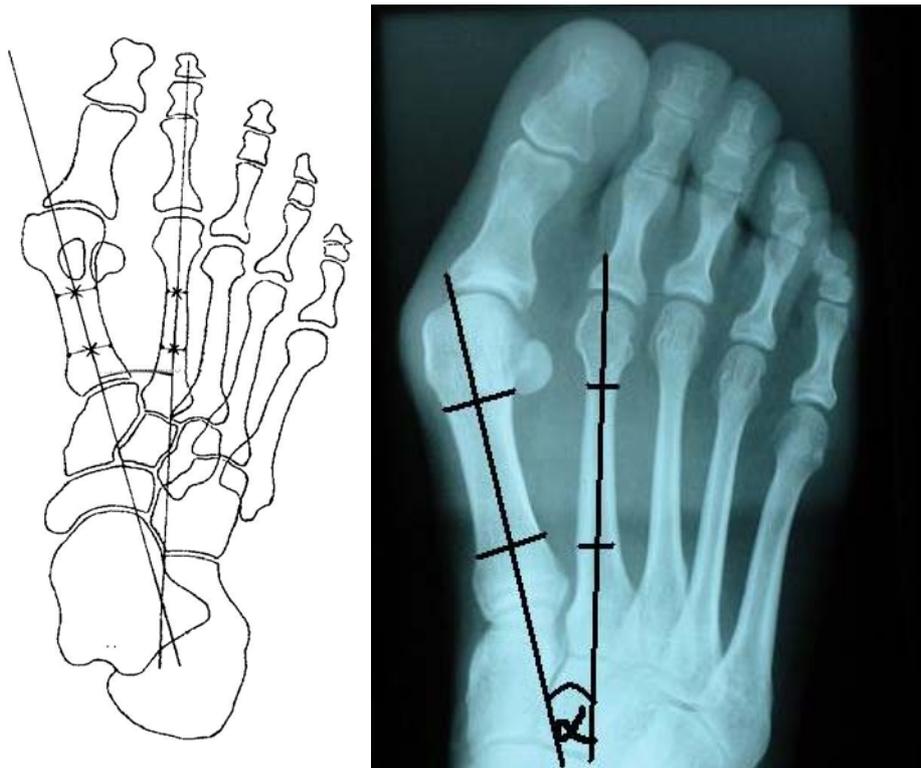


Abbildung 2.9: Intermetatarsalwinkel I/II nach Venning und Hardy

Ein Problem der Methode ist die Bewertung postoperativer Röntgenbilder, wie Schneider und Knahr [83] bei einem Vergleich verschiedener Meßmethoden feststellten.

Da bei Schaftosteotomien, wie sie auch bei der Scarf-Methode durchgeführt wird, sich die Schaftachse allein aufgrund der Manipulation am Schaft selbst verändern kann,

entwickelten Mitchell et al. [63] eine andere Meßmethode; hierbei werden als Referenzpunkte nicht die Mittelpunkte des proximalen und distalen Schaftes genommen, sondern die Mittelpunkte der Gelenkflächen des Metatarsale I (Abb. 2.10), da diese bei der Schaftosteotomie nicht verändert werden. Die zweite Gerade ist wiederum die Schafthalbierende des Metatarsale II.

Es wurden beide Meßmethoden angewandt, die von Venning und Hardy, um eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu erreichen, und die nach Mitchell et al., um genauere Ergebnisse zu erhalten.

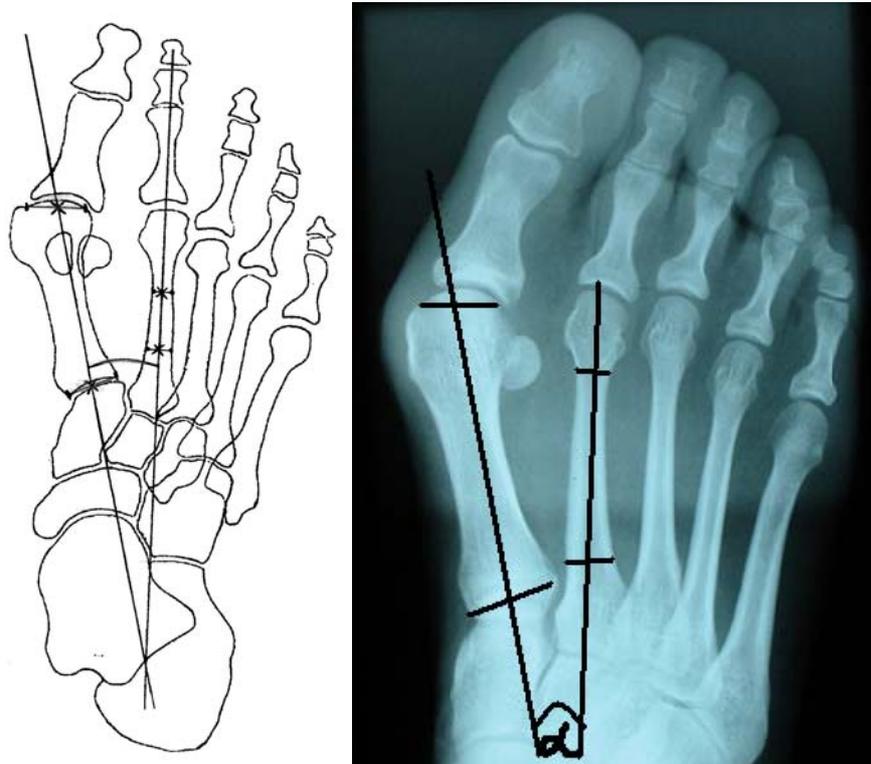


Abbildung 2.10: Intermetatarsalwinkel I/II nach Mitchell

### 2.4.2 Der Hallux-valgus-Winkel

Auch der Hallux-valgus-Winkel wird in der Literatur auf zwei unterschiedliche Arten beschrieben. Wiederum waren es Venning und Hardy die [97] in der bereits erwähnten Arbeit den Hallux-valgus-Winkel definierten durch die Schafthalbierende des ersten Metatarsalen und der Schafthalbierenden der Grundphalanx der Großzehe (Abb. 2.11). Mitchell et al. [63] konstruierten den Winkel wieder durch die Achse, welche durch die

Mittelpunkte der Gelenkflächen des ersten Metatarsalen verläuft und der Schafthalbierenden des Hallux (Abb. 2.12).

Durch die Auswertung nach beiden Methoden ist es auch hier wieder möglich sowohl eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu erzielen (mit der Methode nach Venning und Hardy), als auch ein von der Osteotomieform unabhängiges Ergebnis zu erlangen (mit der Methode nach Mitchell et al.).

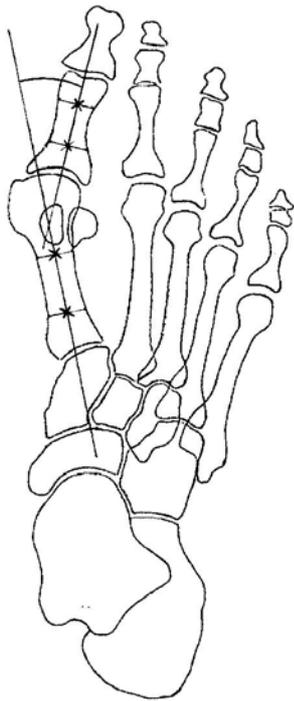


Abbildung 2.11: Hallux-valgus-Winkel nach Venning und Hardy

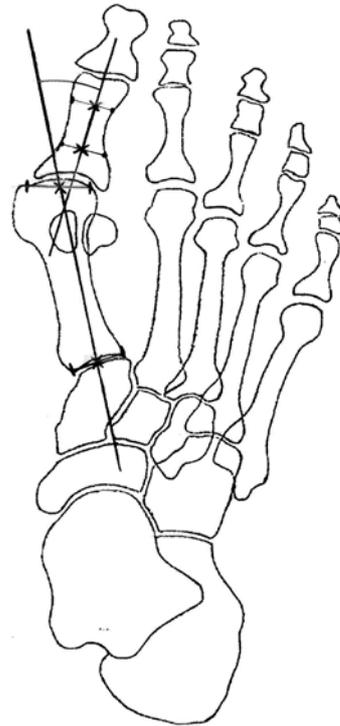


Abbildung 2.12: Hallux-valgus-Winkel nach Mitchell et al.

### 2.4.3 Die tibiale Sesambeinposition

Die tibiale Sesambeinposition (TSP) wird anhand einer Einteilung nach Hardy und Clapham [33] bestimmt und ermöglicht zusätzlich eine Aussage über das Ausmaß der Hallux valgus Deformität.

Die Position des tibialen Sesambeins wird in Bezug gesetzt zur Schafthalbierenden des ersten Metatarsalen.

Nach Hardy und Clapham [33] gibt es 7 mögliche Positionen, die von medial nach lateral durchgezählt werden (Abb.2.13 und 2.14):

- TSP 1: das Sesambein liegt deutlich medial der Schafthalbierenden,  
TSP 2: das Sesambein berührt die Schafthalbierende lateral,  
TSP 3: das Sesambein überlappt die Schafthalbierende lateral,  
TSP 4: das Sesambein überlappt die Schafthalbierende um die Hälfte,  
TSP 5: das Sesambein überlappt die Schafthalbierende medial,  
TSP 6: das Sesambein berührt die Schafthalbierende medial,  
TSP 7: das Sesambein liegt deutlich lateral der Schafthalbierenden.  
Die physiologische Position entspricht TSP 3.

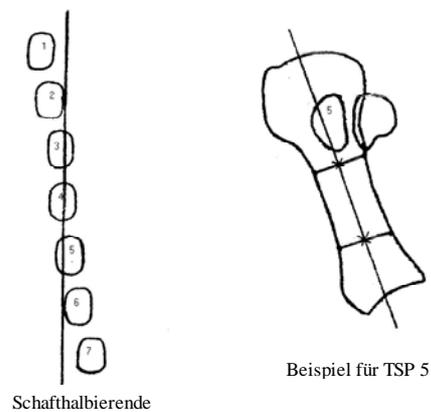


Abbildung 2.13: Die tibiale Sesambeinklassifikation mit Beispiel



Abbildung 2.14: Beispiel für TSP6 (Patient aus der vorliegenden Studie)

#### 2.4.4 Kongruenz bzw. Inkongruenz des Metatarsophalangealgelenks

Die Kongruenz des Metatarsophalangealgelenkes wurde durch den Abstand der lateralen Gelenkflächenränder des ersten Phalangen und des ersten Metatarsalen bestimmt. Varisierungen wurden mit einem negativen Vorzeichen und Valgisierungen mit einem positiven Vorzeichen versehen. Die Einheit war Millimeter (mm).

#### 2.4.5 Der Metatarsalindex

Der Metatarsalindex nach Nilsson et al. [68] beschreibt die Längenverhältnisse vom ersten und zweiten Metatarsale. Er wird ermittelt, indem man den Abstand zwischen den beiden Geraden misst, die senkrecht zur Schafthalbierenden des zweiten Metatarsalen liegen. Eine Gerade verläuft genau in Höhe des distalen Endes des zweiten Metatarsale, die andere Gerade verläuft genau in Höhe des distalen Endes des ersten Metatarsalen (Abb. 2.15-17). Der Abstand wird in Millimeter angegeben, dabei erhält der Wert ein positives Vorzeichen, wenn der erste Mittelfußknochen länger ist und entsprechend ein negatives Vorzeichen, wenn der zweite Mittelfußknochen länger ist. Man spricht dann auch von der Index-plus-Variante bzw. von der Index-minus-Variante.

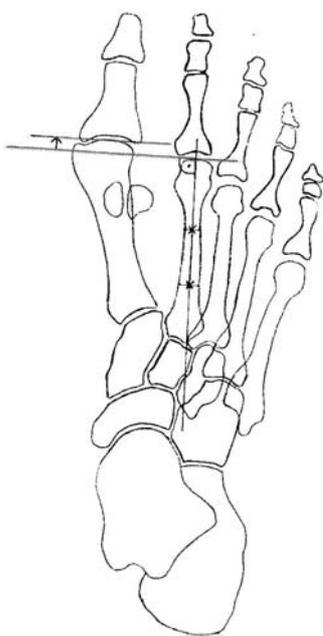


Abbildung 2.15: Index-plus-Variante

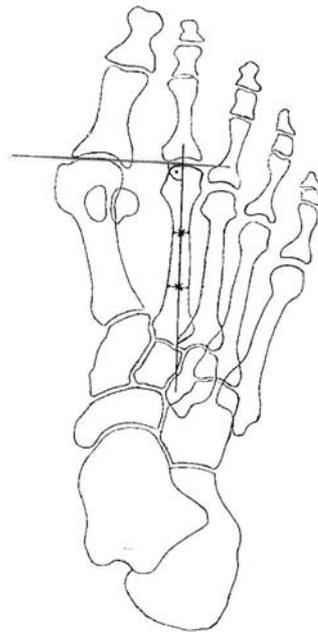


Abbildung 2.16: Index-plus-minus-Variante

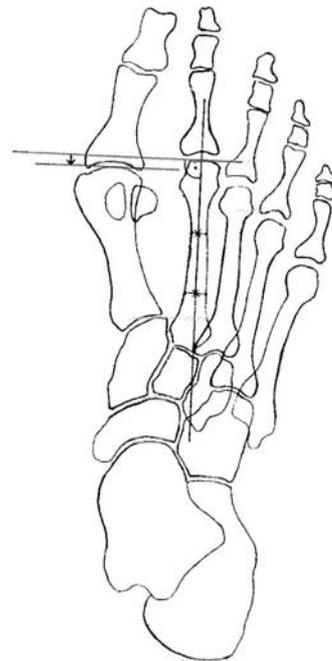


Abbildung 2.17: Index-minus-Variante

### 2.4.6 Distanz zwischen Metatarsale I und II

Eine zusätzliche Möglichkeit den Grad der Varisierung des ersten Mittelfußknochens zu erfassen ist, die Distanz zwischen dem am weitesten medial gelegenen Punkt der Kortikalis des Metatarsale II Köpfchens und dem am weitesten lateral gelegenen Punkt der Kortikalis des Metatarsale I Köpfchens in mm zu messen.

### 2.4.7 Metatarsaler Auftrittswinkel

Der metatarsale Auftrittswinkel nach Viladot et al. [99] wird im seitlichen, unter Belastung aufgenommenen Röntgenbild vermessen. Es ist der Winkel zwischen der Schafthalbierenden des ersten Mittelfußknochens und der knöchernen Auftrittfläche (Abb.2.18).

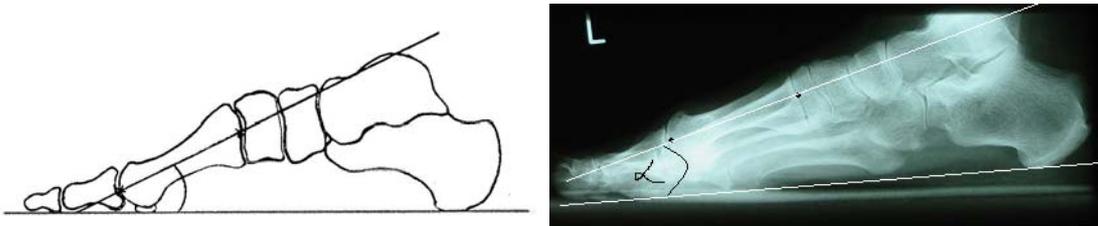


Abbildung 2.18: Metatarsaler Auftrittswinkel nach Viladot et al.

### 2.4.8 Metatarsale I/II Elevationswinkel

Der Metatarsale I/II Elevationswinkel wird ebenfalls in der, unter Belastung aufgenommenen seitlichen Röntgenaufnahme bestimmt. Die beiden Geraden sind die dorsalen Tangenten des ersten und zweiten Mittelfußknochens. Diese tangieren die Metatarsale I und II jeweils am Köpfchen und an der Basis. So kann eine operativ verursachte Elevation des ersten metatarsalen Köpfchens erfasst werden (Abb.2.19).

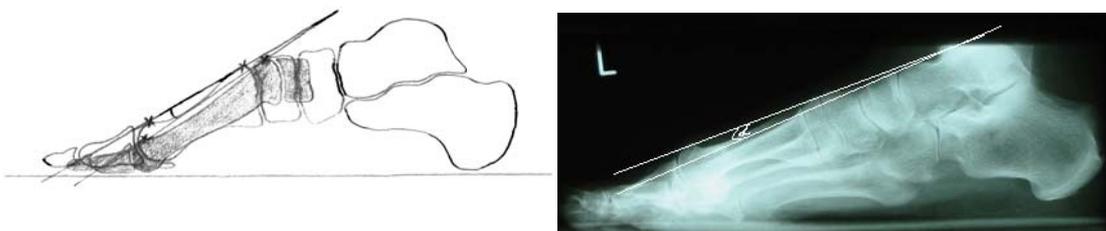


Abbildung 2.19: Metatarsale I/II Elevationswinkel

## **2.5 Pedobarographie**

### **2.5.1 Der Ablauf der pedobarographischen Messung**

Nach der Anamnese und der klinischen Untersuchung erfolgte die pedobarographische Messung. Dabei wurde der Proband gebeten, barfuss über eine pedobarographische Messplatte (emed ST-4 der Firma novel GmbH in München) zu gehen. Die Messplatte wurde in den Fußboden versenkt, so dass keine Stufe entstand, die das Gangbild verändern konnte. Der Bereich in dem die Platte lag, bot genügend Raum für ein ungestörtes gehen vor und hinter der Platte (Abb. 2.20). Der Anlauf betrug je nach Versuchsperson zwischen 2,50 m und 3 m. Die Patienten wurden angewiesen, die einmal gewählte Ganggeschwindigkeit und den Laufrhythmus für alle Messungen konstant zu halten. Zudem wurden sie angehalten, die Messplatte mit dem gesamten Fuß zu betreten ohne allerdings Ausgleichsschritte machen zu müssen. Nach fünf bis zehn Testläufen ohne Aufzeichnung stellte sich meist ein gleich bleibendes Gangbild ein. Erst als der Laufrhythmus, die Ganggeschwindigkeit und die Platzierung des Fußes auf der Messplatte den Anforderungen entsprachen, wurden fünf Messungen des rechten Fußes und fünf Messungen des linken Fußes aufgezeichnet. Entsprach eine der Messungen nicht den oben genannten Bedingungen, so wurde sie wiederholt. Andere Erkrankungen, die den Gang beeinflussen könnten wurden in der Anamnese erfragt und waren ein Ausschlusskriterium für diese Studie. Die präoperativen pedobarographischen Messungen wurden aus dem Archiv der Praxis entnommen. Die Messungen waren wenige Tage vor der Operation durchgeführt worden. Dabei wurden jeweils drei linke und drei rechte Messungen aufgezeichnet. Als Anlaufstrecke wurden drei Schritte festgelegt. Als Mindestanforderungen für die Berücksichtigung dieser Messungen in der Studie wurde festgelegt, dass die Fußsohle komplett abgebildet sein musste und die Ganglinie einem natürlichen Abrollmuster entsprach. Damit wurde sichergestellt, dass nur dynamische Fußabdrücke untersucht wurden. Aufgrund dieser Kriterien wurden einige präoperative Messungen nicht berücksichtigt.



Abbildung 2.20: Messplatte und Messraum etwa vom Startpunkt des Patienten

### 2.5.2 Die pedobarographische Messplatte

Bei der Fußdruckmessplatte handelte es sich um die ST-4 Version des emed Systems der Firma novel GmbH in München. Die Abmessungen der Platte betragen 582 x 340 x 20 mm, die der Sensorfläche 360 x 190 mm. Diese hat eine Auflösung von vier Sensoren pro Quadratzentimeter und eine Abtastrate von 50 Hz. Die Sensoren arbeiten kapazitiv und wurden zuvor kalibriert. Sie besitzen eine Druckauflösung von  $1 \text{ N/cm}^2$  und messen mit einer Genauigkeit von  $\pm 5\%$ .

### 2.5.3 Die berechneten Parameter und Fußregionen

Es wurden 5 Parameter in jeweils 10 Fußregionen errechnet. Mit Hilfe eines anatomischen Fußerkennungsprogramms wurde die Fußsohle in die Bereiche Ferse, Mittelfuß, Metatarsale I bis V, Großzehe, zweiter Zeh und dritter bis fünfter Zeh (Abb. 2.21) unterteilt.

Als Parameter wurde der Spitzendruck in Kilopascal (kPa), die maximale Kraft in Newton (N), das Kraft-Zeit-Integral in Newton-Sekunde (N\*s), die Kontaktfläche in Quadratcentimetern ( $\text{cm}^2$ ) und die Kontaktzeit als prozentualen Anteil der gesamten Kontaktzeit angegeben.

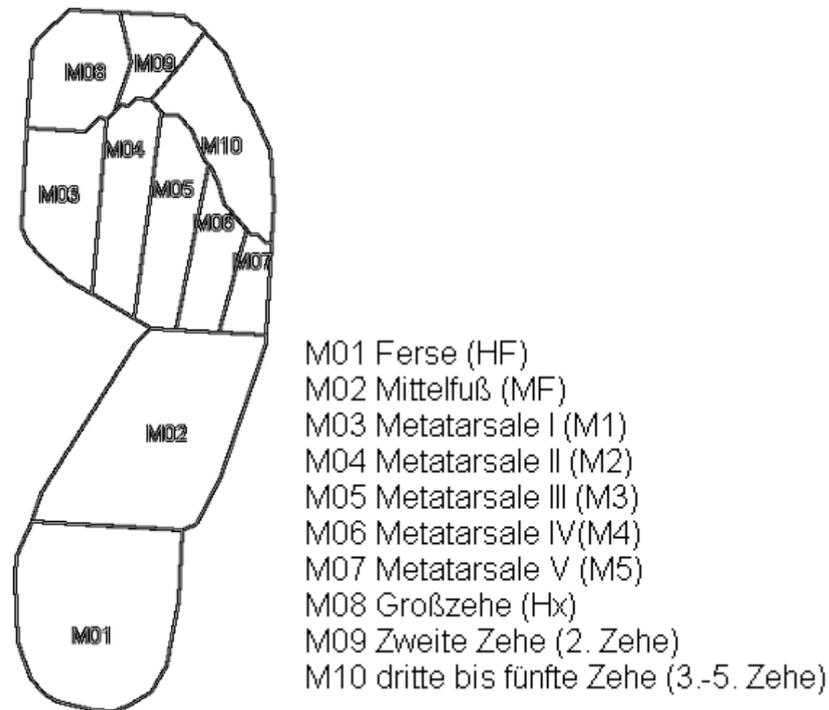


Abbildung 2.21: Für die pedobarographische Auswertung verwendete Maske

## 2.6 Die statistische Auswertung und verwendete Software

Nach dem exportieren der Daten in die novel software database M 13.1.16 wurden die Daten so aufbereitet, dass die weitere statistische Analyse mit dem Tabellenkalkulationsprogramm „Microsoft Exel 2000“ und dem Statistikprogramm „StatView“ erfolgen konnte. Verfasst wurde die Arbeit in „Microsoft Word 2000“. Als statistischer Test wurde der Wilcoxon-Rangsummen-Test für verbundene Stichproben verwendet. Als signifikant wurde ein  $p < 0,05$  definiert. Für die Korrelationsanalysen dieser Studie gilt bei einem  $n$  von 32 ein  $r > 0,3494$  als signifikant bei  $p < 0,05$ .

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Anamnese und klinische Untersuchung

#### 3.1.1 Zufriedenheit des Patienten

In der Gesamtbeurteilung des operativen Ergebnisses gaben 28 (87,5%) Patienten an, dass sie sehr gut oder gut zufrieden waren. Ein Patient (3,1%) war noch zufrieden und 3 (9,4%) beurteilten das Ergebnis als schlecht (Abb. 3.1).

Auf die Frage, ob sie die Operation noch einmal durchführen lassen würden antworteten 29 (90,6%) mit ja und 3 (9,4%) mit nein.

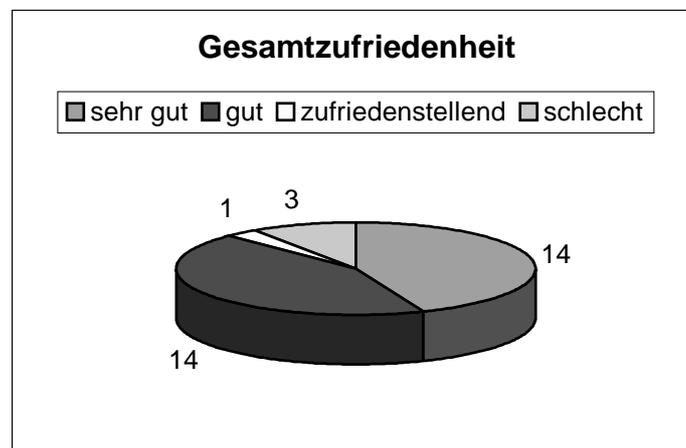


Abbildung 3.1: Beurteilung der Gesamtzufriedenheit

Durch eine visuelle Analogskala (VAS) von null bis zehn Zentimetern, wobei zehn Zentimeter das beste Ergebnis bedeutete, konnten die Patienten ihre Zufriedenheit mit der Narbe, der Optik des Ballen und der aktuellen Schmerzintensität angeben. Dabei lag der Mittelwert der kosmetischen Beurteilung der Narbe bei 1,27 cm  $\pm$  1,40 cm. Das Minimum lag bei 0 cm und das Maximum bei 6 cm, der Median lag bei 0,7 cm. Die Optik des Ballens wurde mit einem Mittelwert von 1,62 cm und einer Standardabweichung von 2,19 cm bewertet. Das Minimum lag auch hier bei 0 cm, das Maximum bei 9 cm. Der Median betrug 0,6 cm.

Ein ähnliches Ergebnis fand sich bei der Beurteilung der Schmerzen mit einem Mittelwert von 1,5 cm und einer Standardabweichung von 1,95 cm. Auch hier betrug das Minimum 0 cm und das Maximum 9 cm, der Median war bei 0,9 cm zu finden.

Eine Metatarsalgie gaben vor der Operation sechs (18,8%) Probanden an, nach der Operation gaben von diesen noch drei (9,4%) eine Metatarsalgie an.

Die Gehstrecke vor und nach der Operation wurde von den Patienten in Minuten angegeben. Dabei beklagten 26 (81,2%) eine Einschränkung ihrer Gehleistung vor der Operation, wovon 10 (31,3%) sogar angaben, keine 30 Minuten ohne stärkste Schmerzen laufen zu können. Nach der Operation bemerkten 22 (68,8%) keine Einschränkung ihrer Gehfähigkeit und alle Patienten konnten, nach der Operation wenigstens eine Stunde laufen (Abb. 3.2).

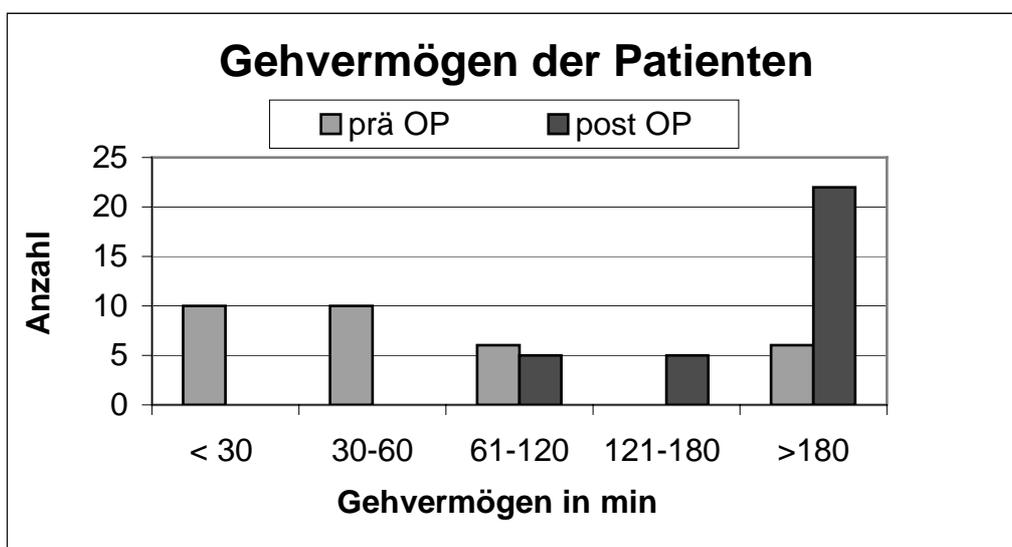


Abbildung 3.2: Gehstrecke vor und nach der Operation

### 3.1.2 AOFAS Score nach Kitaoka et al.

Die durchschnittliche Punktzahl, welche die Patienten in dieser Studie beim Kitaoka-Score erlangten, lag bei  $89 \pm 14$  Punkten (Abb. 3.3). Zu den häufigsten Punktabzügen kam es in den Bereichen Schuhwerk und Schmerzen. Zehn (31,3%) Patienten gaben an, dass sie spezielle Einlagen benötigen, zwei (6,3%) benötigten sogar orthopädisch zugerichtetes Schuhwerk. Gelegentliche Schmerzen gaben neun (28,1%) Patienten an und ständige Schmerzen wurden von zwei (6,3%) Patienten beklagt. Diese beiden Patienten gaben auch an, in ihrer täglichen Arbeit durch den erkrankten Fuß eingeschränkt zu sein. Weitere vier (12,5%) gaben an, nur in ihrer Freizeit Einschränkungen hinnehmen zu müssen. 26 (81,3 %) Patienten fühlten sich durch den Fuß nicht mehr eingeschränkt.

Die Stellung der Großzehe war in 30 (93,8%) Fällen physiologisch, in zwei (6,3%) Fällen kam es zu einer Überkorrektur, also zu einem Hallux varus.

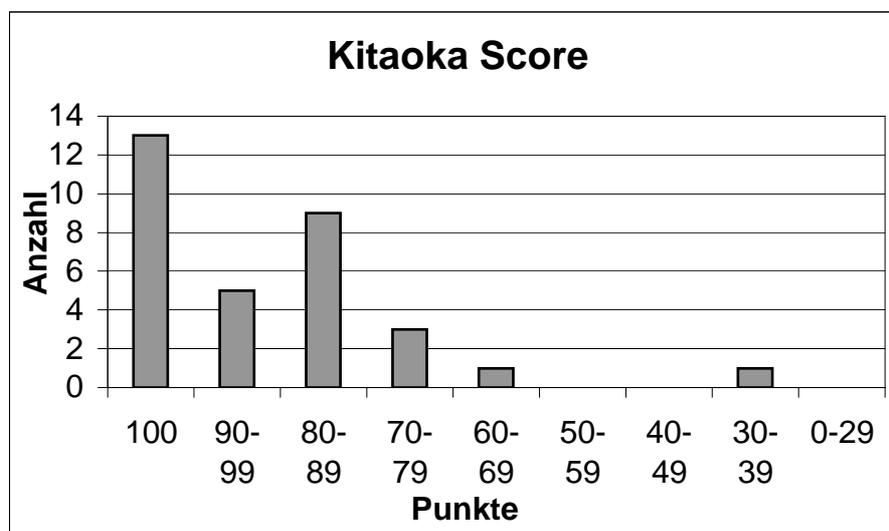


Abbildung 3.3: Punkteverteilung nach dem AOFAS Score nach Kitaoka et al.

### 3.1.3 Beweglichkeit des MTP-Gelenkes und des IP-Gelenkes

14 (43,8%) Probanden hatten eine physiologische Beweglichkeit von über 75°, 13 (40,6%) Patienten eine leicht eingeschränkte Beweglichkeit von 46° bis 75°, vier (12,5%) waren mit einer Beweglichkeit zwischen 31° bis 45° stark eingeschränkt und bei einem (3,1%) Patienten war das MTP-Gelenk nahezu steif. Der Mittelwert der Beweglichkeit betrug vor der Operation 59,7° ±21,9°, und verbesserte sich nach der Operation um 11,4° auf 71,1° ±20°. Nach dem Wicoxon-Rangsummen-Test für verbundene Stichproben entsprach dies einer Signifikanz von < 0,0001. Auch der Median verbessert sich von 50° auf 70°. Die Grafik zeigt einen Vergleich der Beweglichkeit vor und nach der Operation (Abb. 3.4).

Das IP-Gelenk war bei allen Versuchspersonen nach der Operation stabil in vier (12,5%) Fällen war die Beweglichkeit eingeschränkt, was jedoch zu keinerlei Beschwerden führte.

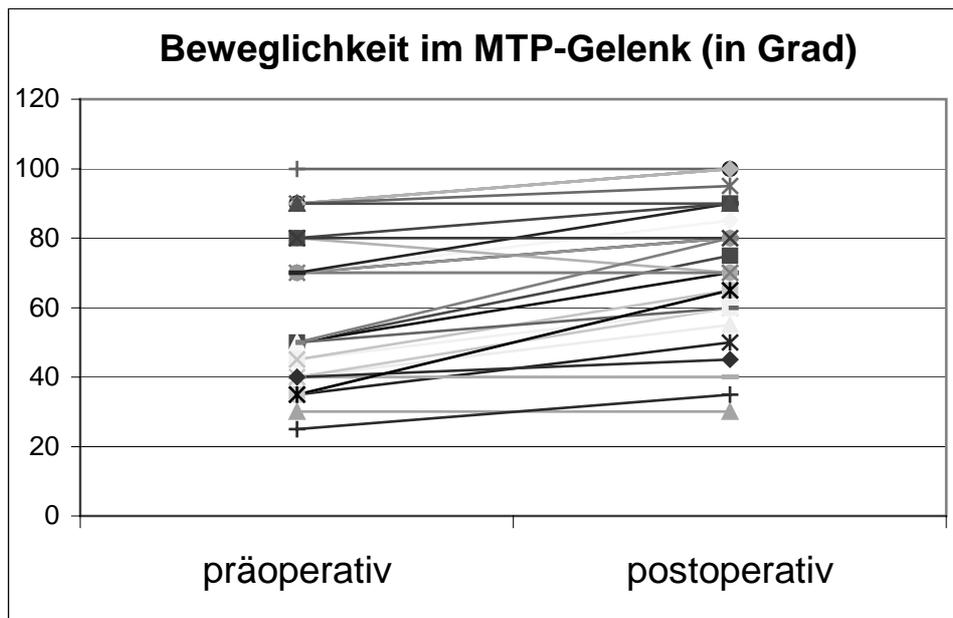


Abbildung 3.4: Vergleich der Beweglichkeit vor und nach der Operation

### 3.2 Radiologische Messungen

Zur Nachuntersuchung wurden Belastungsaufnahmen der operierten Füße im dorsoplantaren und seitlichen Strahlengang angefertigt und mit den präoperativen Aufnahmen verglichen. Das postoperative Röntgenbild wurde im Mittel 33 Monate nach dem Eingriff aufgenommen. Der kürzeste Abstand zur Operation betrug 14 Monate, der längste 51 Monate, der Median lag bei 34 Monaten.

Die Tabelle 3.1 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der gemessenen Parameter mit der dazugehörigen Signifikanz.

Der Intermetatarsalwinkel, gemessen nach der Methode nach Venning und Hardy, wurde im Mittel um  $8,9^\circ$  korrigiert (Abb. 3.5), nach der Messmethode von Mitchell et al. um  $5,6^\circ$ . Für den Hallux-valgus-Winkel wurde eine durchschnittliche Korrektur von  $26,3^\circ$  nach Venning und Hardy (Abb. 3.5) und  $23,6^\circ$  nach Mitchell et al. erreicht.

Die Messmethoden von Venning und Hardy sowie von Mitchell et al. unterschieden sich sowohl beim Intermetatarsalwinkel als auch beim Hallux-valgus-Winkel bei den präoperativen Messung im Mittel um  $4^\circ \pm 1,6^\circ$  und in der postoperativen Untersuchung um  $1^\circ \pm 2^\circ$ .

Röntgenanalyse	präoperativ	postoperativ	Signifikanz	Normwerte
Intermetatarsalwinkel (V+H) (°)	15,5±2,7	6,6±3,7	<0,0001	8-10
Intermetatarsalwinkel (M) (°)	11,2±2,1	5,6±3,0	<0,0001	8-10
Hallux-valgus-Winkel (V+H) (°)	32,5±7,2	6,2±11,0	<0,0001	<20
Hallux-valgus-Winkel (M) (°)	28,6±6,9	5,0±10,9	<0,0001	<20
Vorfußadduktionswinkel (°)	12,0±5,2	11,8±5,0	n.s.	11-13
Lage des tibialen Sesambeins	5,7±0,8	3,3±1,2	<0,0001	3-4
Kongruenz in mm	4,4±1,2	0,1±2,1	<0,0001	0
Metatarsalindex in ±mm	-1,6±2,7	-2,0±2,5	n.s.	-
Abstand M1 und M2 in mm	11,5±2,2	6,3±2,9	<0,0001	5-8
Auftrittswinkel (°)	20,7±2,9	20,8±2,9	n.s.	18-24
M1-M2-Winkel (°)	3,7±1,6	3,4±1,6	n.s.	-

Tabelle 3.1: Mittelwerte und Standardabweichungen der radiologisch gemessenen Parameter prä- und postoperativ mit der jeweiligen Signifikanz.

Die Lage des tibialen Sesambeins wurde von einer sehr lateralen Lage TSP 6 in eine mehr mediale Lage TSP 3 gebracht, welche der physiologischen Lage entspricht.

Die Inkongruenz der Gelenkflächen des MTP-Gelenkes, die präoperativ bei 4,4 mm lag, konnte bei fast allen Patienten komplett ausgeglichen werden.

Auch der Abstand der distalen Anteile der Metatarsale eins und zwei konnte um 5,2 mm verringert werden, was eine Korrektur des Metatarsus primus varus ausdrückt.

Der Vorfußadduktionswinkel änderte sich hingegen nicht, ebenso wenig wie der Metatarsalindex, der Auftrittswinkel und der M1-M2-Winkel.

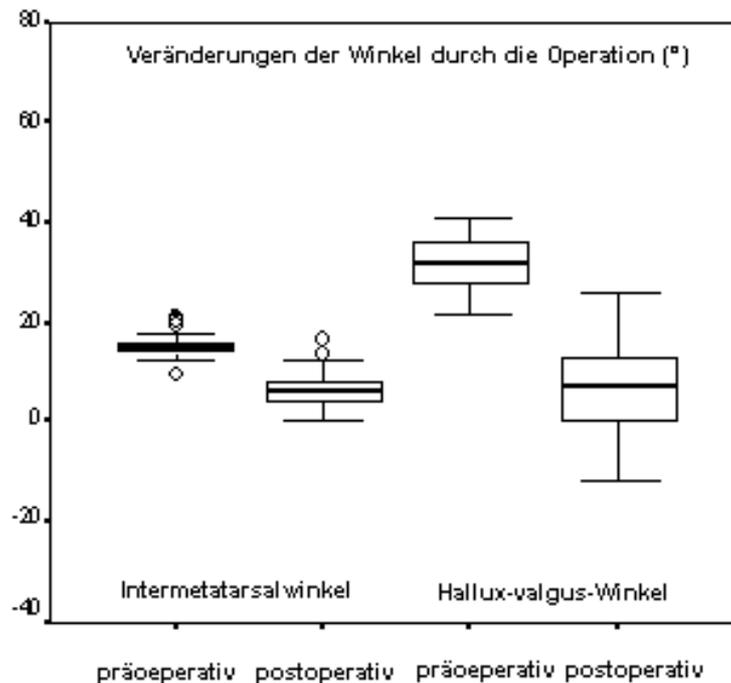


Abbildung 3.5: Veränderung des Intermetatarsalwinkel und der Hallux-valgus-Winkel gemessen nach der Methode von Venning und Hardy

### 3.3 Pedobarographische Messungen

#### 3.3.1 Der Spitzendruck

Dieser Parameter zeigt den höchsten Druck an, der im Verlauf einer Abrollbewegung des Fußes auf die jeweils analysierte Region einwirkt. Der Spitzendruck wird in kPa angegeben. Die Tabelle 3.2 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen sowohl der betroffenen Füße als auch der gesunden Füße jeweils vor und nach der Operation mit den dazugehörigen Signifikanzen. Die Regionen, bei denen es keine prä- und postoperativen Signifikanzen gab, wurden mit n.s. (nicht signifikant) gekennzeichnet; andernfalls sind die nach dem Wilcoxon-Rangsummen-Test errechneten p-Werte vermerkt.

Es ließen sich postoperativ sowohl beim betroffenen als auch beim gesunden Fuß in fast allen Regionen höhere Drücke feststellen, mit zwei Ausnahmen in der Region der vierten Metatarsale der gesunden Füße und der fünften Metatarsale der betroffenen Füße (Abb.3.6). Signifikant waren allerdings bei den operierten Füßen nur die Regionen der zweiten Zehe, der lateralen Zehen und der Ferse. Bei den gesunden Füßen hingegen

erkannte man außer in den Regionen der vierten und fünften Metatarsale und der Ferse in jeder Region einen signifikanten Unterschied.

Spitzendruck in kPa	betroffene Seite		p	gesunde Seite		p
	präoperativ	postoperativ		präoperativ	postoperativ	
<b>Hallux</b>	412,7±279,7	526,1±341,4	n.s.	430,7±236,1	588,5±261,1	<b>&lt;0,0001</b>
<b>2. Zehe</b>	163,4±86,5	220,5±129,4	<b>0,0132</b>	170,5±108,4	250,1±128,6	<b>0,0003</b>
<b>3.-5. Zehe</b>	171,1±100,0	233,3±167,2	<b>0,0151</b>	143,6±78,7	196,8±100,2	<b>0,0002</b>
<b>M 1</b>	375,2±238,9	427,9±191,8	n.s.	332,9±249,1	390,1±268,2	<b>0,0475</b>
<b>M 2</b>	521,6±261,6	545,4±231,7	n.s.	493,3±253,0	577,3±297,2	<b>0,0022</b>
<b>M 3</b>	458,6±186,7	475,5±260,4	n.s.	405,5±190,6	437,3±183,5	<b>0,0397</b>
<b>M 4</b>	251,3±98,5	252,5±127,8	n.s.	240,3±99,6	231,6±83,3	n.s.
<b>M 5</b>	206,1±154,8	180,1±118,5	n.s.	163,3±121,2	197,3±155,6	n.s.
<b>Mittelfuß</b>	97,5±33,8	102,1±35,9	n.s.	92,2±41,2	116,5±47,9	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Ferse</b>	250,4±77,6	274,2±79,3	<b>0,0199</b>	263,5±93,9	272,0±94,4	n.s.
<b>Total</b>	741,7±227,8	800,9±266,0	n.s.	670,5±270,6	787,8±249,7	<b>0,0020</b>

Tabelle 3.2: Spitzendruckwerte für die zehn analysierten Regionen des betroffenen und gesunden Fußes vor und nach dem Eingriff mit der jeweiligen Signifikanz.

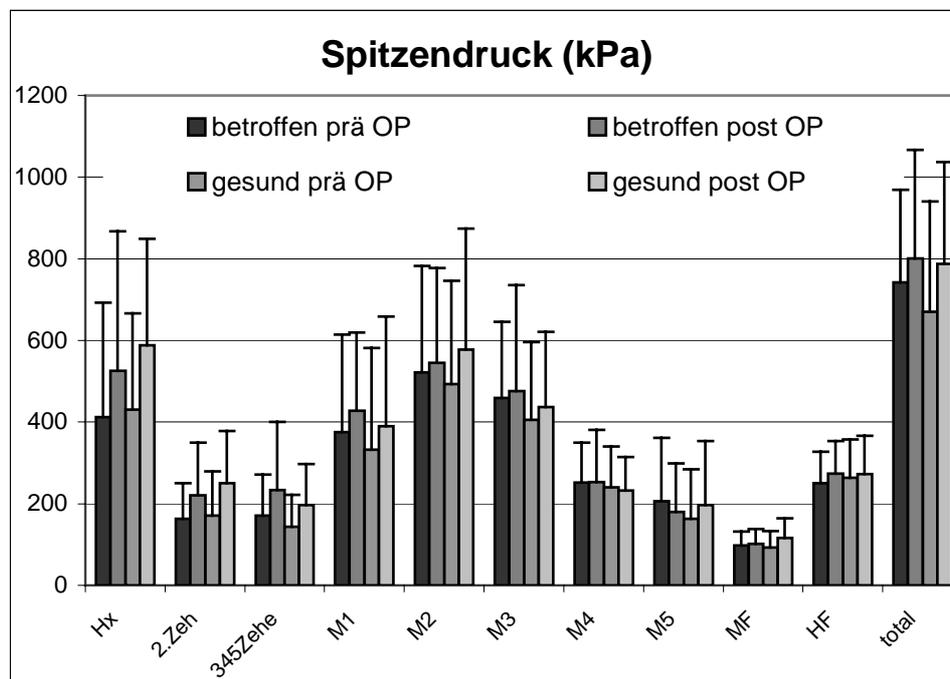


Abbildung 3.6: Die Spitzendruckwerte der entsprechenden Regionen beider Füße prä- und postoperativ mit der Standardabweichung.

### 3.3.2 Die maximale Kraft

Es wird die höchste Kraft gemessen, die während des Abrollvorgangs auf die entsprechende Region des Fußes einwirkt. Die Kraft wird in Newton (N) angegeben.

Die Tabelle 3.3 zeigt wiederum die signifikanten Änderungen in den jeweiligen Regionen.

Maximale Kraft in N	betroffene Seite		p	gesunde Seite		p
	präoperativ	postoperativ		präoperativ	postoperativ	
<b>Hallux</b>	60,0±36,7	127,0±57,3	<b>&lt;0,0001</b>	87,8±41,5	121,5±53,2	<b>&lt;0,0001</b>
<b>2. Zehe</b>	19,7±9,6	26,6±12,1	<b>0,0056</b>	22,3±12,5	31,7±14,2	<b>&lt;0,0001</b>
<b>3.-5. Zehe</b>	30,4±17,9	40,9±19,8	<b>0,0006</b>	26,9±13,1	38,1±14,2	<b>0,0056</b>
<b>M 1</b>	137,8±61,0	186,6±48,8	<b>&lt;0,0001</b>	141,0±52,5	167,3±51,0	<b>0,0027</b>
<b>M 2</b>	146,8±42,5	178,7±41,1	<b>&lt;0,0001</b>	146,4±36,6	170,3±49,2	<b>0,0001</b>
<b>M 3</b>	163,3±34,4	161,4±51,2	n.s.	150,5±41,1	163,6±44,3	<b>0,0079</b>
<b>M 4</b>	90,9±24,5	90,1±30,3	n.s.	85,4±26,3	94,7±33,6	<b>0,0261</b>
<b>M 5</b>	44,0±22,7	41,1±18,2	n.s.	40,5±17,6	45,5±22,1	n.s.
<b>Mittelfuß</b>	84,1±69,8	92,9±75,5	n.s.	86,6±83,4	103,2±83,5	n.s.
<b>Ferse</b>	374,2±65	411,3±67,6	<b>0,0022</b>	375,9±68,2	405,2±69,6	<b>0,0071</b>
<b>Total</b>	657,8±108,5	751,5±117,7	<b>&lt;0,0001</b>	651,8±105,0	748,1±114,2	<b>&lt;0,0001</b>

Tabelle 3.3: Die maximale Kraft für die zehn analysierten Regionen des betroffenen und gesunden Fußes vor und nach dem Eingriff mit der jeweiligen Signifikanz.

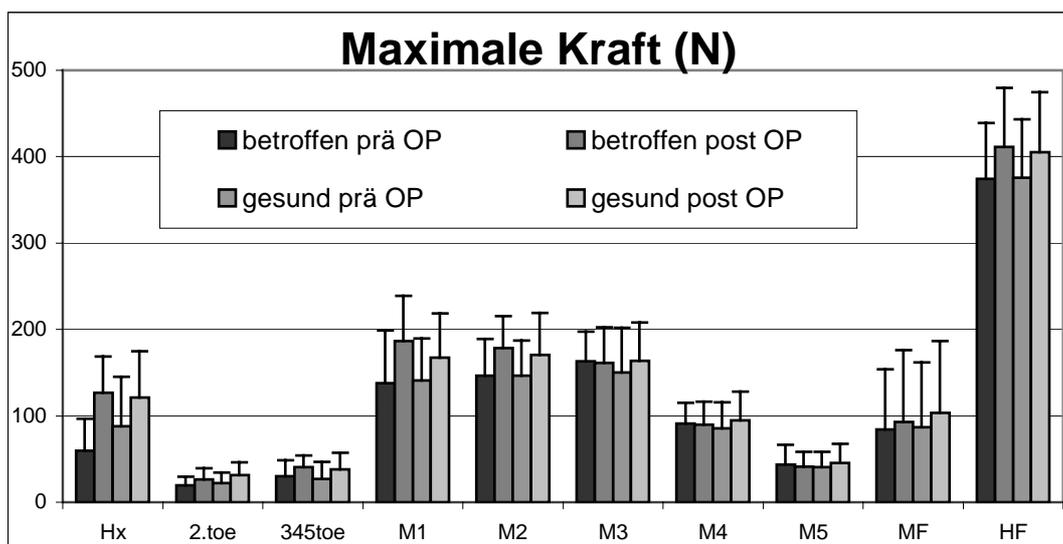


Abbildung 3.7: Die maximale Kraft der entsprechenden Regionen beider Füße prä- und postoperativ mit der Standardabweichung.

Für den Parameter der maximalen Kraft fand man in allen Bereichen außer den Bereichen der Metatarsalen 3 bis 5 und den Mittelfuß des kranken Fußes und den Bereichen Metatarsale 5 und den Mittelfuß des gesunden Fußes deutlich signifikante Unterschiede. Dabei fand man postoperativ in allen signifikanten Regionen eine Zunahme der maximalen Kraft. Nur in den Bereichen der drei lateralen Metatarsalen des operierten Fußes fand sich tendenziell eine Abnahme der maximalen Kraft (Abb.3.7).

### 3.3.3 Der Impuls

Das Kraft-Zeit-Integral bzw. der Impuls, stellt einen Parameter dar, der eine Aussage über die Dauer und Höhe einer Krafteinwirkung in einem bestimmten Fußareal macht. Die Einheit ist Newton mal Sekunde (N\*s). Wie aus der Tabelle 3.4 ersichtlich, war der Impuls sowohl des Hallux des operierten Fußes, als auch des Hallux des gesunden Fußes nach der operativen Korrektur signifikant größer. Zudem zeigte sich an beiden Füßen die Tendenz, dass die Belastung über die Zeit von den lateralen Metatarsalen auf die medialen Metatarsale verlagert wurde, jedoch war diese Tendenz nur am operierten Fuß signifikant.

Impuls in N * s	betroffene Seite		p	gesunde Seite		p
	präoperativ	postoperativ		präoperativ	postoperativ	
<b>Hallux</b>	20,0±18,6	29,8±20,7	<b>0,0003</b>	25,9±15,4	33,1±21,6	<b>0,0021</b>
<b>2. Zehe</b>	5,6±3,2	6,6±3,7	n.s.	6,8±5,3	8,7±5,9	<b>0,0026</b>
<b>3.-5. Zehe</b>	10,4±8,1	11,6±7,7	n.s.	8,2±5,9	10,8±7,4	<b>0,0067</b>
<b>M 1</b>	54,7±34,0	69,5±25,0	<b>0,0049</b>	54,7±25,7	59,0±22,8	n.s.
<b>M 2</b>	62,3±27,6	68,9±22,0	n.s.	61,9±18,1	66,2±21,6	n.s.
<b>M 3</b>	70,0±26,5	62,9±20,6	<b>0,0151</b>	65,1±21,4	64,5±19,3	n.s.
<b>M 4</b>	38,6±14,8	33,9±12,8	<b>0,0308</b>	35,8±12,9	35,2±12,5	n.s.
<b>M 5</b>	16,2±10,1	16,6±19,4	n.s.	14,9±8,9	14,6±7,5	n.s.
<b>Mittelfuß</b>	27,6±33,6	26,3±35,5	n.s.	27,9±38,4	28,4±35,3	n.s.
<b>Ferse</b>	107,5±44,0	106,1±30,5	n.s.	106,8±42,6	104,2±33,6	n.s.
<b>Total</b>	410,5±154,9	429,2±109,9	n.s.	407,9±117,5	424,8±99,0	<b>0,0125</b>

Tabelle 3.4: Das Kraft-Zeit-Integral für die zehn analysierten Regionen des betroffenen und gesunden Fußes vor und nach dem Eingriff mit der jeweiligen Signifikanz.

### 3.3.4 Die Kontaktfläche

Dieser Parameter gibt die Fläche des Fußes an, welche innerhalb der von der Maske vorgegebenen Region tatsächlich Bodenkontakt hatte. In der Tabelle 3.5 erkennt man, dass der Hallux beider Füße mit einer größeren Fläche aufgesetzt wurde, ebenso wie die anderen Zehen, wobei nur der zweite Zeh des operierten Fußes keine Signifikanz aufwies. Im Vorfußbereich war die Kontaktfläche der medialen Metatarsalen erheblich größer. Signifikanzen ließen sich am operierten Fuß in der Region des zweiten Metatarsalen finden und am nicht operierten Fuß in den Bereichen der drei medialen Metatarsalen. Zudem fiel die signifikant größere Kontaktfläche an den Fersen beider Füße auf. Man erkennt also schon von der Art des Bodenkontaktes der Fußsohlen, dass sich das Abrollverhalten nach der Operation verändert hat.

Kontakt- fläche in cm <sup>2</sup>	betroffene Seite		p	gesunde Seite		p
	präoperativ	postoperativ		präoperativ	postoperativ	
<b>Hallux</b>	6,8±2,8	9,9±1,8	<b>&lt;0,0001</b>	8,4±2,4	9,5±2,2	<b>&lt;0,0001</b>
<b>2. Zehe</b>	3,4±1,2	3,8±1,2	n.s.	3,6±1,4	4,0±1,1	<b>0,0024</b>
<b>3.-5. Zehe</b>	6,5±2,4	7,8±2,4	<b>&lt;0,0001</b>	6,3±1,7	7,4±2,3	<b>0,0018</b>
<b>M 1</b>	12,5±2,1	13,1±2,5	n.s.	12,5±1,8	13,2±2,1	<b>0,0010</b>
<b>M 2</b>	9,7±1,9	10,3±1,8	<b>0,0163</b>	9,7±1,6	±10,2±1,6	<b>0,0248</b>
<b>M 3</b>	10,9±1,5	11,0±1,5	n.s.	10,8±1,4	11,0±1,4	<b>0,0190</b>
<b>M 4</b>	9,1±1,0	9,0±0,9	n.s.	9,0±0,9	9,0±0,9	n.s.
<b>M 5</b>	5,9±0,8	5,8±0,7	n.s.	5,6±0,7	5,6±0,6	n.s.
<b>Mittelfuß</b>	20,0±7,0	21,5±8,8	n.s.	20,0±8,0	22,2±8,5	<b>0,0023</b>
<b>Ferse</b>	30,8±3,3	32,2±3,2	<b>&lt;0,0001</b>	30,8±3,4	32,3±3,1	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Total</b>	115,5±13,5	124,4±15,8	<b>&lt;0,0001</b>	116,7±14,8	124,3±16,0	<b>&lt;0,0001</b>

Tabelle 3.5: Die Kontaktfläche für die zehn analysierten Regionen des betroffenen und gesunden Fußes vor und nach dem Eingriff mit der jeweiligen Signifikanz.

### 3.3.5 Die Kontaktzeit

Für die einzelnen Regionen wurde der prozentuale Anteil an der Gesamtzeit des Bodenkontaktes errechnet. Aus der Tabelle 3.6 kann man also die unterschiedliche zeitliche Belastung der einzelnen Regionen entnehmen. So erkennt man, dass die lateralen Metatarsale nach der Operation einen signifikant kürzeren Bodenkontakt hatten als vor der Operation, dies galt sowohl für den operierten als auch für den nicht operierten Fuß. Zudem wurde am korrigierten Fuß der Mittelfußbereich postoperativ

deutlich kürzer belastet. Zwar ohne Signifikanz, aber mit einer deutlichen Tendenz wurden dafür die Zehen, insbesondere die medialen Zehen länger aufgesetzt.

Andeutungsweise erkennt man diese Tendenz auch am gesunden Fuß.

Die präoperative totale Kontaktzeit unterschied sich signifikant von der postoperativen.

Für den operierten Fuß betrug der p-Wert 0,0007 und für den nicht operierten Fuß

0,0008. In der Tabelle 3.6 ist die totale Kontaktzeit in Millisekunden angegeben.

Kontaktzeit in Prozent	betroffene Seite		p	gesunde Seite		p
	präoperativ	postoperativ		präoperativ	postoperativ	
Hallux	68,3±22,5	73,3±8,7	n.s.	75,1±12,7	75,8±12,5	n.s.
2. Zehe	62,9±14,4	64,8±15,5	n.s.	65,8±15,2	69,5±13,3	n.s.
3.-5. Zehe	72,7±12,4	73,9±16,2	n.s.	70,8±16,0	74,5±8,4	n.s.
M 1	81,2±6,0	81,8±4,3	n.s.	83,8±5,7	83,0±4,2	n.s.
M 2	85,8±4,4	83,9±4,1	n.s.	87,1±4,0	85,3±4,1	<b>0,0088</b>
M 3	87,8±4,7	85,3±3,9	<b>0,0039</b>	89,3±4,0	86,7±4,2	<b>0,0005</b>
M 4	86,8±4,6	83,4±4,3	<b>0,0021</b>	87,5±4,5	84,7±4,2	<b>0,0005</b>
M 5	78,8±9,1	74,4±7,8	<b>0,0171</b>	79,6±7,6	75,7±7,7	<b>0,0014</b>
Mittelfuß	62,2±10,9	57,9±12,0	<b>0,0415</b>	62,8±10,8	60,2±11,8	n.s.
Ferse	58,8±10,0	56,1±9,6	n.s.	57,0±8,3	56,1±8,8	n.s.
<b>Total in ms</b>	<b>900±219</b>	<b>803±144</b>	<b>0,0007</b>	<b>868±152</b>	<b>788±131</b>	<b>0,0008</b>

Tabelle 3.6: Die prozentuale Kontaktzeit für die zehn analysierten Regionen des betroffenen und gesunden Fußes vor und nach dem Eingriff mit der jeweiligen Signifikanz.

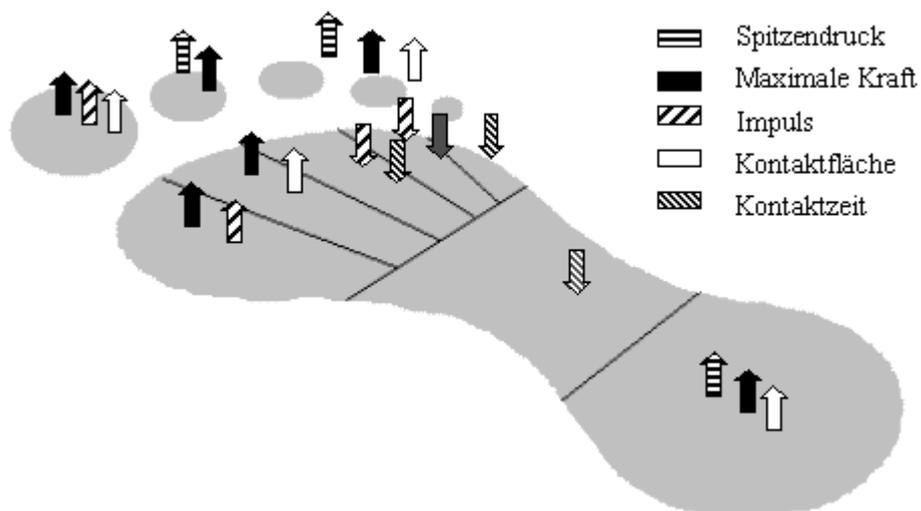


Abbildung 3.8: Übersicht über die signifikanten Veränderungen der pedobarographischen Parameter am operiertem Fuß.

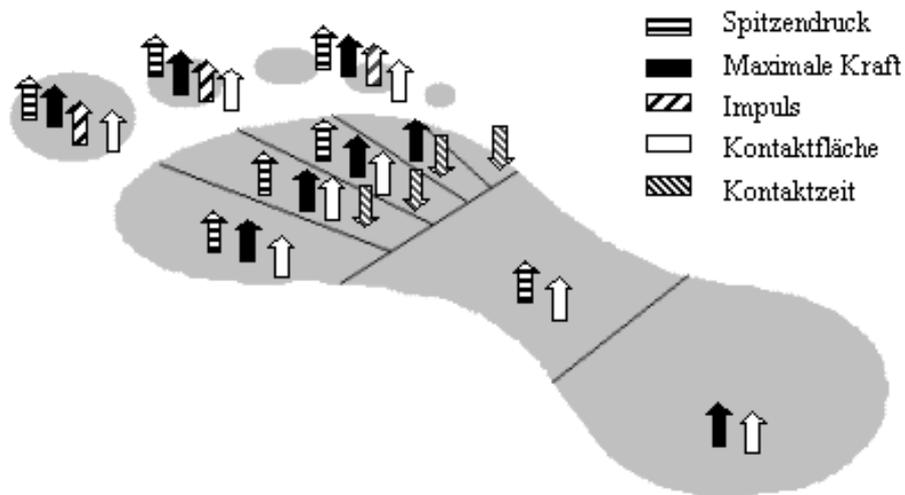


Abbildung 3.9: Übersicht über die signifikanten Veränderungen der pedobarographischen Parameter am nicht operierten Fuß.

### 3.4 Vergleich der Druckverteilungen des operierten mit dem gesunden Fuß

Die oben genannten Werte der Druckverteilungsmessung des operierten Fußes und des nicht operierten Fußes wurden jeweils vor der Operation und nach der Operation verglichen. Dadurch war es möglich einen intraindividuellen Seitenvergleich vorzunehmen und so das unterschiedliche Abrollmuster der Füße zu untersuchen.

Die Abbildung 3.10 zeigt die signifikanten Unterschiede zwischen dem deformierten Fuß und dem gesunden Fuß vor der Operation, dabei fällt insbesondere die deutlich weniger belastete Großzehe auf. Sowohl die maximale Kraft ( $r= 0,0006$ ) als auch der Impuls ( $r= 0,0088$ ) und die Kontaktfläche ( $r= 0,0055$ ) sind beim deformierten Vorfuß signifikant reduziert. Die Kontaktzeit ist unter dem medialen ( $r= 0,0029$ ) und zentralen Vorfuß ebenfalls signifikant kürzer. Dafür ist sie unter der Ferse länger. Ebenfalls deutlich erhöht ist der Spitzendruck und die maximale Kraft unter dem zentralen Vorfuß.

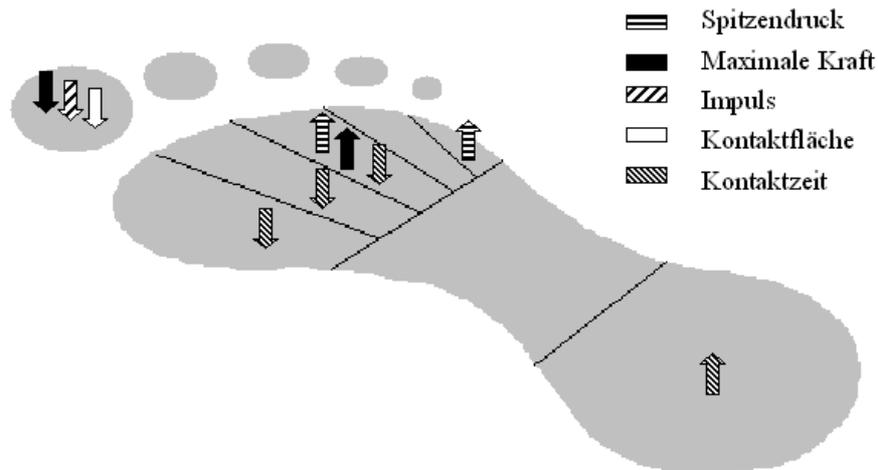


Abbildung 3.10: Übersicht über die signifikanten Unterschiede der pedobarographischen Parameter des deformierten Fußes im Verhältnis zum gesunden Fuß vor der Operation.

Lassen sich beim präoperativen Vergleich der beiden Seiten einige deutliche Unterschiede erkennen, so reduzieren sich die signifikanten Differenzen nach der Operation auf wenige Parameter (Abb. 3.11). So ist der Impuls unter der zweiten Zehe am operierten Fuß deutlich kleiner und unter dem ersten Metatarsalen deutlich größer, allerdings finden sich für den Spitzendruck und die maximale Kraft nur signifikant niedrigere Werte unter dem Mittelfuß. Das Druckverteilungsmuster der beiden Seiten ist insbesondere nach der Operation auffallend ähnlich.

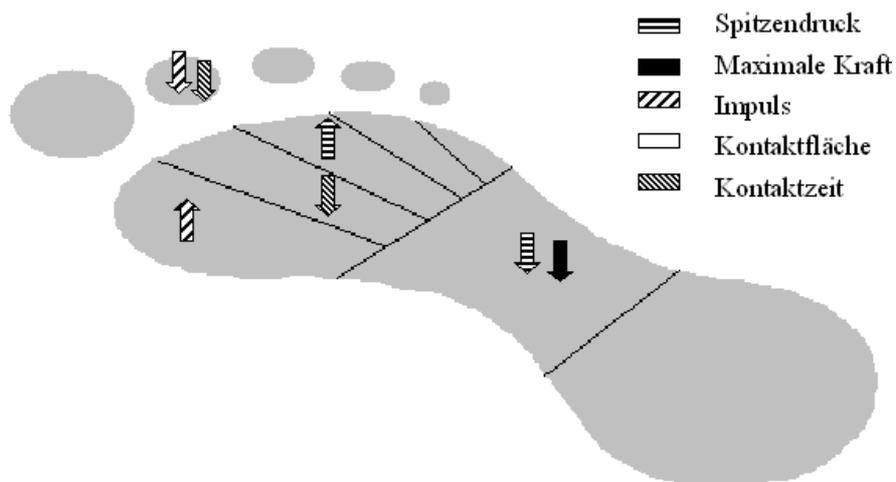


Abbildung 3.11: Übersicht über die signifikanten Unterschiede der pedobarographischen Parameter des operierten Fußes im Verhältnis zum gesunden Fuß nach dem Eingriff.

### 3.5 Korrelationen der Parameter untereinander

Die Abhängigkeiten verschiedener Parameter untereinander werden untersucht, indem man für die jeweils zu vergleichenden Werte den Korrelationskoeffizienten  $r$  errechnet. Für signifikante Korrelationen wird wieder ein  $p < 0,05$  definiert. Hieraus ergibt sich für den vorliegenden Stichprobenumfang eine signifikante Abhängigkeit zweier Parameter, wenn  $r > 0,349$  ist. In den Tabellen werden nur die signifikanten Korrelationen aufgeführt.

#### 3.5.1 Die Zufriedenheit

Die Zufriedenheit ist abhängig vom angegebenen Schmerz, von der schmerzfrei zu bewältigenden Gehstrecke und dem postoperativ erreichten Hallux-valgus-Winkel.

Das postoperative Bewegungsausmaß im Großzehengrundgelenk korreliert nicht mit der Zufriedenheit. Interessanterweise ist die Zufriedenheit eher abhängig von dem Ausmaß der operativ erreichten Korrektur, d.h. je stärker der Hallux-valgus-Winkel korrigiert wurde, umso zufriedener waren die Patienten. Tabelle 3.7 gibt die Korrelationskoeffizienten an.

Mit der Zufriedenheit korrelierte Parameter	r
Schmerzen	<b>0,549</b>
postoperative Gehstrecke	<b>0,542</b>
postoperativer Hallux-valgus-Winkel	<b>0,443</b>
Ausmaß der Korrektur des Hallux-valgus-Winkel (V+H)	<b>0,447</b>
Ausmaß der Korrektur des Hallux-valgus-Winkel (M)	<b>0,445</b>

Tabelle 3.7: Signifikante Korrelationen zur Zufriedenheit

#### 3.5.2 Korrelationen der sonstigen klinischen Parameter

Neben der bereits genannten Korrelation zwischen dem Schmerz und der Zufriedenheit besteht auch eine statistisch nachweisbare Abhängigkeit des Schmerzes von der postoperativen Gehstrecke und dem Score nach Kitaoka et al. Auch die postoperative Gehstrecke selbst korreliert mit dem Score nach Kitaoka et al. (Tab. 3.8). Es lassen sich aber weder für den Schmerz noch für die angegebene Gehstrecke nach der Operation statistisch nachweisbare Korrelationen zu den gemessenen Winkeln oder pedobarographischen Parametern finden. Auch der Score nach Kitaoka et al. scheint

nicht von den postoperativen Winkeln und pedobarographischen Parametern abzuhängen.

Denkbare Abhängigkeiten des prä- und postoperativen Bewegungsausmaßes von Schmerzen, Gehstrecken, den gemessenen Winkeln oder Fußdruckmessungen konnten ebenfalls nicht nachgewiesen werden.

<b>Korrelierte Parameter</b>	<b>r</b>
Schmerz mit der postoperativen Gehstrecke	<b>0,452</b>
Schmerz mit dem Score nach Kitaoka et al.	<b>0,649</b>
Postoperative Gehstrecke mit dem Score nach Kitaoka et al.	<b>0,391</b>

Tabelle 3.8: Signifikante Korrelationen sonstiger klinischer Parameter

### **3.5.3 Korrelationen der präoperativen Winkel mit den präoperativen pedobarographischen Messungen**

Es wurde die Abhängigkeit der präoperativ gemessenen radiologischen Winkel von den präoperativen pedobarographischen Parametern kontrolliert. Dabei stellte sich heraus, dass der Metatarsalindex mit dem Spitzendruck im Bereich des zweiten bis vierten Metatarsale korreliert (Tab. 3.9). Zudem zeigte sich eine statistisch nachweisbare Abhängigkeit des Impulses im Bereich der Großzehe von der Größe des Intermetatarsalwinkel (Tab. 3.9). Es korreliert ebenfalls der Hallux-valgus-Winkel mit dem Impuls im Bereich des ersten und dritten Metatarsalen und mit der maximalen Kraft im Bereich der Großzehe (Tab. 3.9).

<b>Korrelierte Parameter</b>	<b>r</b>
Metatarsalindex mit dem Spitzendruck in der Region M2	<b>0,375</b>
Metatarsalindex mit dem Spitzendruck in der Region M3	<b>0,510</b>
Metatarsalindex mit dem Spitzendruck in der Region M4	<b>0,403</b>
Intermetatarsalwinkel (V+H) mit dem Impuls in der Region Hx	<b>0,351</b>
Intermetatarsalwinkel (M) mit dem Impuls in der Region Hx	<b>0,428</b>
Hallux-valgus-Winkel (V+H) mit dem Impuls in der Region M1	<b>0,370</b>
Hallux-valgus-Winkel (M) mit dem Impuls in der Region M1	<b>0,398</b>
Hallux-valgus-Winkel (V+H) mit dem Impuls in der Region M3	<b>0,394</b>
Hallux-valgus-Winkel (M) mit dem Impuls in der Region M3	<b>0,393</b>
Hallux-valgus-Winkel (V+H) mit der maximalen Kraft in der Region Hx	<b>0,429</b>
Hallux-valgus-Winkel (M) mit der maximalen Kraft in der Region Hx	<b>0,467</b>

Tabelle 3.9: Signifikante Korrelationen der Winkel mit den pedobarographischen Parametern präoperativ

### 3.5.4 Korrelationen der postoperativen Winkel mit den postoperativen pedobarographischen Messungen

Postoperativ fanden sich weniger Abhängigkeiten zwischen den Winkeln und den Druckverteilungsmessungen. Korrelationen ließen sich für den Hallux-valgus-Winkel im Bereich des zweiten Metatarsalen für den Spitzendruck und für die maximale Kraft finden. Der Impuls korreliert mit dem Hallux-valgus-Winkel im Bereich des vierten Metatarsalen (Tab. 3.10).

<b>3.5.4.1.1 Korrelierte Parameter</b>	<b>r</b>
Hallux-valgus-Winkel (V+H) mit dem Spitzendruck in der Region M2	<b>0,387</b>
Hallux-valgus-Winkel (M) mit dem Spitzendruck in der Region M2	<b>0,406</b>
Hallux-valgus-Winkel (V+H) mit der maximalen Kraft in der Region M2	<b>0,350</b>
Hallux-valgus-Winkel (M) mit der maximalen Kraft in der Region M2	<b>0,410</b>
Hallux-valgus-Winkel (V+H) mit dem Impuls in der Region M4	<b>0,354</b>
Hallux-valgus-Winkel (M) mit dem Impuls in der Region M4	<b>0,387</b>

Tabelle 3.10: Signifikante Korrelationen der Winkel mit den pedobarographischen Parametern postoperativ

## 4 Diskussion

Die Ergebnisse der in dieser Arbeit untersuchten Scarf-Osteotomie zur operativen Korrektur einer Hallux valgus Deformität werden im Folgenden analysiert und mit den Ergebnissen anderer Studien verglichen. Dabei werden sowohl Studien miteinbezogen, welche ebenfalls die Scarf-Osteotomie einsetzten als auch Studien, die andere Verfahren verwendeten. Leider gibt es keine allgemeingültigen Richtlinien, welche Parameter in entsprechenden Kontrolluntersuchungen aufgenommen werden sollten, daher konnten von einzelnen Studien nur Teilaspekte berücksichtigt werden. Parker et al. [71] kritisierten die vielen nicht standardisierten Kontrollstudien, welche zu diesem Thema veröffentlicht wurden und forderten in erster Linie, dass die Parameter über die Wünsche und Erwartungen der Patienten in der Operationsvorbereitung und in der Nachuntersuchung stärker berücksichtigt werden sollten. In der vorliegenden Arbeit wurde darauf eingegangen, indem eine Fülle von subjektiven Patientenangaben und objektive klinische, radiologische und pedobarographische Parameter untersucht wurden. Insbesondere wurde der AOFAS Vorfußscore nach Kitaoka et al. [47] aufgenommen, der in jüngeren Studien ein fester Bestandteil der Nachuntersuchung geworden ist. Zudem wurden auch die Mindestanforderungen des „Research Committee of the American Foot and Ankle Society“ berücksichtigt [89]. Diese beinhalten das Vorliegen von standardisierten gewichtsbelasteten Röntgenaufnahmen, die genaue Definition der Messmethoden für den Hallux-valgus-Winkel und den Intermetatarsalwinkel, das Patientenalter und einen Nachbeobachtungszeitraum von mindestens zwölf Monaten.

Des Weiteren wurde besonderer Wert auf die Analyse der Druckverteilungsmessung gelegt. Entsprechende Studien wurden zum Vergleich herangezogen, um zum einen nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden zu suchen und zum anderen um mit Hilfe dieser Arbeiten einen besonders aussagekräftigen pedobarographischen Parameter für die postoperativen Veränderungen nach einer Hallux valgus Korrektur zu identifizieren.

Der Einfluss der Operation auf das Druckverteilungsmuster des nicht operierten Fußes wurde bis heute in kaum einer anderen Studie untersucht. Durch das strenge Auswahlkriterium, das nur einseitig betroffene Patienten in dieser Studie zuließ, war es möglich, jene Veränderungen detailliert zu untersuchen.

Aufgrund der Fülle der aufgenommenen Parameter ist es möglich nach Korrelationen dieser Daten untereinander zu suchen. Es soll also die Frage beantwortet werden, ob es Abhängigkeiten von subjektiven und objektiven Parametern oder auch von klinischen, radiologischen und pedobarographischen Daten gibt.

#### **4.1 Subjektive Patientenzufriedenheit**

Die zentrale Frage nach der Gesamtzufriedenheit wurde in der vorliegenden Arbeit von 87,5% der Patienten mit sehr gut oder gut beantwortet, 3,1% waren zufrieden und 9,4% unzufrieden. Im Vergleich zu anderen Nachuntersuchungen an Patientenkollektiven, die mit der Scarf-Osteotomie behandelt wurden, liegt dieser Wert im oberen Erwartungsbereich. So gaben Jarde et al. [38] Werte von 70% sehr gut und gut, 22% mäßig und 8% schlecht an. Petersen und Seide [75] erreichten Werte von 93% sehr gut und gut und 7% unbefriedigend. Perugia et al. [74] fanden eine sehr gute oder gute Zufriedenheit bei 80% der Patienten und eine Unzufriedenheit bei 20% und das Patientenkollektiv von David-West et al. [21] war zu 88% zufrieden. Jones et al. [41] erreichten bei 50% der Patienten eine sehr gute Zufriedenheit, 42% waren zufrieden und 8% unzufrieden. Auch Sabo et al. [82] erreichten bei ihren 135 Patienten umfassenden Kollektiv eine gute Zufriedenheit von 77%. Coetzee [16] sticht mit seiner Arbeit aus dieser Gruppe hervor, da nur 42% der Patienten zufrieden waren, 11% mäßig zufrieden und 47% unzufrieden. Allerdings war die Komplikationsrate in dieser mit 20 Patienten recht kleinen Gruppe auch verhältnismäßig hoch. Von der letzten Arbeit abgesehen, zeichnet sich dieses Verfahren bei allen Veröffentlichungen durch eine hohe Patientenzufriedenheit aus, die sich auch in der Patientengruppe dieser Studie wieder findet.

Neben der Gesamtzufriedenheit sind auch Einzelaspekte der Patientenzufriedenheit interessant, wie der Schmerz und die Beurteilung des kosmetischen Ergebnisses. In dieser Arbeit wurde der Schmerz, die Kosmetik des Ballens und der Narbe mit einer visuellen Analogskala (von 0 bis 10) vom Patienten beurteilt. Die Werte lagen im Durchschnitt mit 1,5 für den Schmerz, 1,62 für die Optik des Ballens und mit 1,27 für die Optik der Narbe allesamt in einem sehr guten Bereich. Im Einzelnen gaben 62,5% der Patienten an, dass sie keine Schmerzen mehr hatten, 28,1% hatten gelegentlich leichte Schmerzen, 6,3% hatten häufig mäßige Schmerzen und ein Patient (3,1%) hatte

ständig starke Schmerzen, bei der Symptomatik dieser Patientin handelte es sich um eine sich postoperativ noch verstärkende Metatarsalgie. Ansonsten hatte eine weitere Patientin nach der Operation ebenfalls eine Metatarsalgie, bei den Beschwerden der anderen Patienten handelte es sich teils um Narbenschmerzen und teils um nicht lokalisierbare Vorfußschmerzen. Andere Studien zeigten ähnliche Ergebnisse. Sabo et al. [82] erreichten eine Schmerzreduktion von durchschnittlich 6,7 auf 3,6 Punkten auf der VAS. Von Kirsten et al. [50] waren 78% der Patienten schmerzfrei, 12% hatten gelegentlich Schmerzen und 10% litten ständig unter leichten bis mittelstarken Schmerzen. In dem Patientenkollektiv von Perugia et al. [74] waren 77,8% schmerzfrei oder hatten kaum Schmerzen, 17,8% hatten leichte Schmerzen und bei 4,4% waren die Schmerzen so stark wie vor der Operation. Blair et al. [7] gaben in seiner Studie für den Schmerz einen durchschnittlichen Wert von 1,2 auf der visuellen Analogskala an. Die vorliegende Studie legte strenge Kriterien an die Aussage „schmerzfrei“ an. Die Kategorie „gelegentliche leichte Schmerzen“ findet sich in kaum einer anderen Studie. Fasst man die Kategorien „komplette Schmerzfreiheit“ und „nur gelegentliche leichte Schmerzen“ in dieser Arbeit zusammen, so wird ein äußerst guter Wert von 90,1% erreicht, der sogar über den Ergebnissen der meisten Vergleichsstudien liegt. Unterstützt wird diese Aussage durch die deutlich verbesserte postoperative Gehfähigkeit, die in keiner der angegebenen Studien berücksichtigt wurde. So gaben präoperativ nur 18,8% der Patienten an, kein wesentlich eingeschränktes Gehvermögen zu haben, allerdings konnten 62,5% weniger als eine Stunde Gehen. Nach der Operation konnten 68,8% uneingeschränkt gehen und alle Patienten konnten wenigstens eine Stunde laufen. Die Kosmetik des Ballens wurde bei Perugia et al. [74] von 93,3% der Patienten als sehr gut bis gut beurteilt und nur 6,7% waren unzufrieden. In Petersen und Seides Gruppe betrug die kosmetische Zufriedenheit ebenfalls 93% sehr gut bis gut und 7% schlecht [75]. 84% der Patienten von Sabo et al. [82] waren mit dem kosmetischen Ergebnis der Operation zufrieden. Blair et al. gaben mit Werten von 75% sehr gut und gut und 25% mäßig zufrieden, ein ähnlich gutes Ergebnis an [7]. Der gute Durchschnittswert der Kosmetik sowohl des Ballens als auch der Narbe in dem Patientenkollektiv der vorliegenden Studie reiht sich in diese positiven Bewertungen der Ergebnisse des untersuchten Operationsverfahrens seitens der Patienten ein.

Im Vergleich zu Nachuntersuchungen an Patientengruppen, die mit einem anderen Operationsverfahren behandelt wurden, lassen sich auch keine wesentlichen Unterschiede bezüglich der Zufriedenheit erkennen. Trnka et al. [95] untersuchten eine Gruppe von 43 Patienten, die mit der Chevron-Osteotomie therapiert wurden, und fand eine sehr gute bis gute Zufriedenheit bei 86%, eine mäßige Zufriedenheit bei 5% der Patienten und 9% waren unzufrieden. 84% waren schmerzfrei, 12% hatten mäßige und 4% starke Schmerzen. Mühlbauer et al. [66] untersuchten ebenfalls eine Gruppe von Patienten, die nach Austin operiert wurden. Von diesen waren 83% sehr gut bis gut zufrieden, 8% mäßig zufrieden und 9% unzufrieden. Darüber hinaus waren 87,5% schmerzfrei, 5% hatten leichte Schmerzen, 2,5% mäßige und 5% Dauerschmerzen. Mit der Kosmetik waren 88% zufrieden, 6% mäßig zufrieden und 6% unzufrieden. Bretschneider et al. [12], die eine Nachuntersuchung an einer Gruppe durchführte, die nach einer modifizierten Osteotomie nach Kramer behandelt wurde, fand eine Gesamtzufriedenheit von 88%. Mit dem kosmetischen Ergebnis waren sogar 91,5% der Patienten zufrieden. Auch in diesem Vergleich mit Operationsverfahren, die eher für leichte bis milde Formen der Hallux valgus Deformität eingesetzt werden, wird ersichtlich, dass die Scarf-Osteotomie, welche heute auch für schwere Formen des Hallux valgus eingesetzt wird, ausgezeichnete Resultate bietet.

## **4.2 Klinische Untersuchung und Vorfußscore**

Die physiologische Beweglichkeit des Metatarsophalangealgelenkes wird in der Literatur mit einem Wert von über 75 Grad angegeben. In der vorliegenden Studie betrug der postoperative Wert im Durchschnitt 71,1 Grad, wobei sich dieser Wert im Vergleich zur präoperativen Beweglichkeit von 59,7 Grad signifikant verbesserte. Weil [104] und Jarde et al. [38] fanden jeweils Werte von 80 Grad, Petersen und Seide [75] von 90 Grad und Schoen et al. [84] von 74 Grad nach der Operation. Auch Jones et al. [41] verbesserten die Beweglichkeit im Großzehengrundgelenk durch den Eingriff, so hatten vor der Operation 57% der Füße eine Beweglichkeit von über 75 Grad nach der Operation sogar 71% nur 3% hatten postoperativ eine Beweglichkeit von unter 30 Grad. Folglich wurden bei allen einschließlich der vorliegenden Studie postoperativ im Durchschnitt nahezu physiologische Werte erreicht. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Funktion der Großzehe aufgrund der Beweglichkeit nicht

eingeschränkt ist. Mühlbauer et al. [66] fanden bei den 45 nach Austin operierten Patienten eine durchschnittliche Beweglichkeit von 58 Grad und Trnka et al. [95] bei einer ähnlich großen Gruppe eine von 61 Grad. Im Vergleich zu gelenkkopfnahen Osteotomieverfahren wie der Chevron-Osteotomie nach Austin ermöglicht die Scarf-Osteotomie eine bessere Beweglichkeit im Großzehengrundgelenk. Dies hat im wesentlichen zwei Gründe: Zum einen wird die Osteotomie weit genug von der distalen Gelenkfläche angelegt, um die knöcherne Gelenkführung nicht zu gefährden und zum zweiten ist durch die gute Primärstabilität dieser Methode eine frühfunktionelle Belastung im Vorfußentlastungsschuh möglich [75].

Der AOFAS Score nach Kitaoka et al. [47] hat sich zur postoperativen Beurteilung der Vorfußfunktion durchgesetzt. Man spricht von einem sehr guten Ergebnis bei 90-100 Punkten einem guten Ergebnis bei 80-89 Punkten, einem zufrieden stellenden Ergebnis bei 70-79 Punkten und einem unbefriedigenden Ergebnis bei unter 70 Punkten [66]. Die Patienten der vorliegenden Studie erreichten mit durchschnittlich 89 Punkten ein gutes Ergebnis. Für Punktabzüge sorgten im wesentlichen, die bereits oben beschriebenen Schmerzen und das Tragen von Einlagen was in neun Fällen nötig war. In zwei Fällen mussten die Patienten sogar orthopädische Maßschuhe angefertigt bekommen. Mit diesem Wert liegt die Studie in einem Bereich, der auch von den meisten anderen Studien zu diesem Thema erreicht wurde. Crevoiser et al. [19] gaben einen Durchschnittswert von 83 Punkten an, Rippstein und Zünd [79] von 93 Punkten, Kristen et al. [50] mit einem großen Kollektiv von 111 Füßen einen Wert von 91 Punkten, Dereymaeker [24] von 91 Punkten und Perugia et al. von 90 Punkten [74]. Auch Jones et al. [41] verbesserten diesen Score von durchschnittlich 52 Punkten vor der Operation auf 89 Punkte nach dem Eingriff. Sabo et al. [82] erreichten eine Verbesserung des AOFAS Score von 44 auf 76 Punkte. Allein Coetzee [16] erreichte mit der komplikationsreichen Untersuchungsgruppe einen unbefriedigenden Wert von durchschnittlich 62 Punkten.

Obwohl der AOFAS Score nach Kitaoka et al. nicht alle Aspekte in der Behandlung des Hallux valgus berücksichtigen kann, ist seine Bedeutung sehr hoch einzuschätzen. Er gehört heute zur Standarddiagnostik bei der Behandlung von Vorfußdeformitäten und berücksichtigt die sowohl für den Patienten (Schmerzlevel und Schuhkomfort) als auch für den Therapeuten (Funktion der beteiligten Gelenke) wichtigsten Aspekte. Daher

muss sich jedes Behandlungskonzept für eine Erkrankung des Vorfußes an ihm messen lassen. Die Scarf-Osteotomie zeigte in der vorliegenden Arbeit sowie in fast allen Vergleichsstudien einen guten bis sehr guten Punktwert und unterstreicht dadurch die Vorzüge dieser Operationsmethode.

### **4.3 Komplikationen**

In dem hier untersuchten Patientenkollektiv lag die Komplikationsrate bei 12,5%. Eine Patientin entwickelte einen Morbus Sudeck, der nach entsprechender Therapie folgenlos ausheilte, eine weitere Patientin klagte über ein seit der Operation fortbestehendes Taubheitsgefühl am Ballen bzw. dorsal der Großzehe und zwei Patientinnen bildeten einen Hallux Varus aus, wobei beide Patientinnen die mediale Abweichung von jeweils zwölf Grad gut tolerierten und keine Schmerzen hatten. Allerdings waren sie mit dem kosmetischen Resultat sehr unzufrieden. Dennoch lehnten sie einen erneuten korrektiven Eingriff ab. Es gab keinen Fall von Wundinfektion, keinen Fall von Stressfraktur oder Köpfchennekrose des ersten Metatarsalen. In sieben Fällen (22%) musste eine Metallentfernung durchgeführt werden. Durch die Verwendung von resorbierbaren Schrauben entfällt dieser Zweiteingriff zukünftig. Bei allen Patienten lag postoperativ eine Schwellung des Vorfußes vor, diese bildete sich nach drei bis sechs Monaten zurück, wobei zwei Patientinnen über eine bleibende Schwellung klagten. Bei ihnen lag allerdings eine Grunderkrankung des tiefen Venensystems zugrunde. Eine drei bis sechs Monate anhaltende Schwellung des Vorfußes gaben auch Panchbhavi et al. an [70]. Er empfiehlt die regelmäßige Messung des Vorfußumfangs vor und nach der Operation, um genaue Aussagen über die durchschnittliche Dauer der Schwellung treffen zu können. In den Vergleichsstudien werden ähnliche Komplikationsraten angegeben. So berichten Petersen und Seide von einer Komplikationsrate von 13,3%, wobei von den 45 untersuchten Füßen eine Überkorrektur vorlag und in fünf Fällen ein Sensibilitätsverlust am Ballen bzw. der Großzehe vorlag [75]. Jarde et al. berichteten bei einem Kollektiv von 50 operierten Füßen von sechs Wundheilungsstörungen, zwei Köpfchennekrosen und acht Morbus Sudeck. Dies führte zu einer recht hohen Komplikationsrate von 32% [38]. Weil erhielt bei der Untersuchung von 76 Füßen eine Rate von 14,5%. Davon bekamen zwei Patienten eine Stressfraktur, fünf Patienten einen Hallux Varus und vier Patienten ein Rezidiv. Rippstein und Zünd fanden bei der

Kontrolle von 73 korrigierten Deformitäten eine Metatarsalkopfnekrose, zwei Hypästhesien, eine Wundinfektion und vier Rezidive, was zu einer Komplikationsrate von 11% führte [79]. Von den 35 von Jones et al. operierten Füßen hatten 12% Komplikationen, 6% entwickelten postoperativ eine Wundinfektion, 3% eine intraoperative Fraktur und bei 3% musste eine dislozierte Schraube entfernt werden. Sabo et al. [82] gaben eine Komplikationsrate von 4 % an, dabei handelte es sich um leichte Komplikationen wie gut therapierbare Wundinfektionen und Dislokationen des Osteosynthesematerials. Coetzee beschrieb neben der hohen Patientenunzufriedenheit auch eine hohe Komplikationsrate bei den 20 untersuchten Füßen. So berichtete er von 10% Stressfrakturen, 5% Infektionen, 25% Rezidiven und in 35% der Fälle von einem Absinken des ersten Metatarsale in Folge einer dislozierten Osteosynthese [41].

Beim Vergleich dieser Studien fällt auf, dass die Komplikationsrate mit der Anzahl der vom Operateur durchgeführten Eingriffe deutlich sinkt und dass unerfahrene Operateure mit größeren Komplikationsraten rechnen müssen. Dies bestätigt die eingangs erwähnte Schwierigkeit, dass es sich bei der Scarf-Osteotomie um eine technisch anspruchsvolle Operation handelt, die vergleichsweise schwer zu erlernen ist [79].

Jones et al. untersuchten in einer retrospektiven Arbeit mit einem Nachuntersuchungszeitraum von 6,5 Jahren Langzeitkomplikationen verschiedener Operationsverfahren. Dabei traten insgesamt in 7% der Fälle ein Hallux Varus auf, in 8% eine deutliche Bewegungseinschränkung des Großzehengrundgelenkes, in 10% der Fälle ein Rezidiv des Hallux valgus und in 1% ein Morbus Sudeck. Die Studie zeigte eine Abhängigkeit der Komplikationsrate von der Operationsmethode, von systemischen Begleiterkrankungen und vom Alter des Patienten. Die Gesamtkomplikationsrate betrug in der Studie von Jones et al. 26% [40].

Damit liegt die vorliegende Studie wie auch die meisten Vergleichsstudien, welche sich ebenfalls mit der Scarf-Osteotomie befassten, weit unter dieser durchschnittlichen Gesamtkomplikationsrate und liefert auch hier ein akzeptables Ergebnis.

#### **4.4 Röntgenanalyse**

Die beiden aussagekräftigsten und in der Literatur am häufigsten angegebenen Winkel sind der Hallux-valgus-Winkel und der Intermetatarsalwinkel. Daneben finden sich

auch Angaben über die Lage des medialen Sesambeines, der Gelenkflächenkongruenz, des Metatarsalindex und des distalen Gelenkflächenwinkels. Der distale Gelenkflächenwinkel ist in dieser Studie nicht berücksichtigt worden, da dieser Aspekt der Hallux valgus Deformität ausreichend durch das Kongruenzverhalten und den Hallux-valgus-Winkel ausgedrückt wird.

In dieser Arbeit wurde der Intermetatarsalwinkel und der Hallux-valgus-Winkel nach Venning und Hardy [97] bestimmt, es wurde also der Winkel zwischen den beiden Schafthalbierenden des ersten und zweiten Metatarsalen gemessen bzw. der Winkel zwischen der Schafthalbierenden des ersten Metatarsalen und des ersten proximalen Phalangen. Diese Methode wurde in allen hier aufgeführten Vergleichsstudien angewandt. Die Messmethode nach Mitchell et al. [63], sowohl für den Intermetatarsalwinkel als auch für den Hallux-valgus-Winkel, erfolgte zusätzlich, da sie nach Schneider und Knahr [83] die am besten geeignete Methode zur prä- und postoperativen Winkelbestimmung darstellt. Die Messpunkte liegen proximal und distal der möglichen Osteotomien und werden so operativ am wenigsten beeinflusst. Dies gilt insbesondere für distale und proximale Osteotomieverfahren. Die Scarf-Osteotomie als diaphysäre Osteotomie ist von diesem Problem weniger betroffen, so dass der Vergleich mit anderen Studien, welche die Scarf-Osteotomie untersuchten und die jeweiligen Winkel nach Venning und Hardy bestimmt haben, valide ist. Der Unterschied zwischen den beiden Messmethoden betrug in der vorliegenden Studie im Durchschnitt 4,3 Grad präoperativ für den Intermetatarsalwinkel und 3,9 Grad für den Hallux-valgus-Winkel. Postoperativ betrug der Unterschied nur noch ein Grad für beide Winkel, wobei die Methode nach Venning und Hardy stets die größeren Werte anzeigten. Nach der Messmethode von Mitchell et al. wurde der Intermetatarsalwinkel in dieser Studie von 11,2 Grad auf 5,6 Grad reduziert und der Hallux-valgus-Winkel von 28,6 Grad auf 5,0 Grad.

Der Intermetatarsalwinkel nach Venning und Hardy wurde bei den Patienten der vorliegenden Arbeit im Mittel um 8,9 Grad von 15,5 Grad auf 6,6 Grad reduziert. Weil et al. gaben in einem großen, über 1000 Patienten umfassenden Kollektiv eine Reduktion von 17,4 Grad auf 10,2 Grad an [104], Crevoiser et al. von 16 Grad auf 10 Grad [19], Rippstein und Zünd von 12 Grad auf 6 Grad [79], Kristen et al. von 14,5 Grad auf 7,9 Grad [50], Panchbhavi et al. von 14,8 Grad auf 7,7 Grad [70] und Perugia

et al. von 18,3 Grad auf 9,9 Grad [74]. Jones et al. [41] reduzierten den Intermetatarsalwinkel durchschnittlich um 6 Grad von 15 Grad auf 9 Grad. Auch Sabo et al. [82] erreichten eine Korrektur von durchschnittlich 17 Grad auf 10 Grad. Auffallend ist in diesem Zusammenhang die Studie von Petersen und Seide, die einen im Durchschnitt sehr großen Intermetatarsalwinkel von 20,2 Grad auf 10,3 Grad reduzierten. Sie erreichten zwar mit 9,9 Grad die größte Korrektur, allerdings entspricht der postoperative Winkel nicht ganz dem physiologischen Winkel von unter 8 bzw. 10 Grad [33, 55, 107]. Dass dies allerdings keinen negativen Einfluss auf das Operationsergebnis hat, zeigen die überdurchschnittlich guten Werte in der Patientenzufriedenheit mit 93% sehr guten bis gut zufriedenen Patienten und auch die mit 87% hohe Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis des Eingriffes [75]. Auch in dem Patientenkollektiv der vorliegenden Arbeit gab es sieben Patienten mit einem Intermetatarsalwinkel von über 16 Grad, welche allesamt eine deutliche Winkelreduktion auf nahezu physiologische Werte erreichten und mit dem Operationsergebnis sehr gut bis gut zufrieden waren. Folglich ist nach diesen Ergebnissen und nach den Erfahrungen von Petersen und Seide die Scarf-Osteotomie auch für Deformitäten mit einem großen Intermetatarsalwinkel geeignet [75].

Der Hallux-valgus-Winkel nach Venning und Hardy wurde in dieser Studie um 26,3 Grad von 32,5 Grad auf 6,2 Grad reduziert. Damit setzt sich diese Studie von den Vergleichsstudien ab, welche eine so deutliche Begradigung des ersten Strahls nicht durchführten. Auch wurde der physiologische Wert, der für diesen Winkel mit 8 bis 20 Grad angegeben wird [33, 55, 107], sogar unterschritten. Andere Autoren geben geringere Korrekturen an. Weil beschrieb eine Reduktion von 35,2 Grad auf 18,8 Grad [104], Petersen und Seide von 37,5 Grad auf 20,9 Grad [75], Crevoiser et al. von 32 auf 17 Grad [19], Kirsten et al. von 32,5 Grad auf 13,4 Grad [50], Perugia et al. von 41,3 Grad auf 15,7 Grad [74], Jones et al. [41] von 33 Grad auf 14 Grad und Sabo et al. [82] von 34 Grad auf 17 Grad. Der Grund für diese Differenz liegt in der Absicht des Operateurs ein Rezidiv durch diese Form der Knochenausrichtung zu verhindern. Dabei ist das Ausmaß der Begradigung nur durch das zusätzlich angewandte Operationsverfahren möglich. Bei den 32 Patienten dieser Studie wurde neben der Scarf-Osteotomie ein Weichteileingriff mit lateralem Release und medialer Raffung der Kapsel vorgenommen und zusätzlich eine Akin-Osteotomie durchgeführt. Dies

ermöglicht eine zusätzliche Begradigung des ersten Strahls. Nach den Überlegungen zum Pathomechanismus des Hallux valgus, wie er in der Einleitung ausgeführt wurde, versucht man durch diese fast vertikale Ausrichtung des ersten Strahles die wiederhergestellte Muskelbalance zu erhalten und so einem Rezidiv entgegenzuwirken. Da in unserer Kontrollgruppe kein Rezidiv vorkam, scheint diese theoretische Überlegung richtig zu sein. Allerdings steigt so die Gefahr eines Hallux Varus, den zwei der Patienten in dieser Studie entwickelten.

Die Position des tibialen Sesambeins (TSP) wird in verschiedenen Studien beschrieben und dient als Hinweis über das Ausmaß des Metatarsus primus varus. Zudem spielt das Sesamoid als Muskelansatz eine entscheidende Rolle im muskulären Gleichgewicht der Großzehe. Weijers et al. [103] stellten in ihrer Studie einen geringfügigen, aber äußerst variablen Einfluss des Sesambeines auf das plantare Druckverteilungsmusters fest. Sie erklärten dies durch die Einbettung des Hypomochleons in die Sehnen und Bänder des ersten Strahles und die damit verbundene Positionsveränderung beim Abrollvorgang. Die physiologische Lage des medialen Sesambeins ist ein wichtiges Indiz für die wiederhergestellte Muskelbalance. Die Lage des Sesambeins kann durch verschiedene Methoden angegeben werden. In dieser Studie wurde die Methode nach Hardy und Clapham angewandt, wobei die Position drei als physiologisch betrachtet werden kann und die Positionen fünf bis sieben, als pathologisch. Dabei veränderte sich die durchschnittliche Position von 5,7 vor der Operation auf 3,3 nach der Operation. Folglich wurden physiologische Verhältnisse wiederhergestellt. Auch Crevoiser et al. fanden eine Veränderung von Position fünf auf Position drei in dem von ihm untersuchten Patientengut [19] und Sabo et al. [82] erreichten eine Veränderung von einer Durchschnittsposition 5,3 auf 2,8. In weiteren Vergleichstudien werden andere Methoden zur Beschreibung der Sesambeindislokation verwendet. Kirsten beschreibt die Lage des tibialen Sesambeines anhand einer prozentualen Skala. Liegt das tibiale Sesambein komplett medial der Schafthalbierenden so entspricht diese Position null Prozent, liegt es komplett lateral der Referenzlinie so handelt es sich um eine hundertprozentige Dislokation. Vor der Operation entsprach die Position im Durchschnitt 67,5% und nach der Operation 25% [50]. Panchbhavi et al. [70] und Aslam et al. [2] teilten die Dislokationsgrade des tibialen Sesambeins von null bis drei ein, wobei null wiederum eine komplett mediale Lage des Knochens von der

Schafthalbierenden des ersten Metatarsale und Position drei eine komplett laterale Lage beschreibt. Grad null bis eins wird als physiologisch angesehen. Panchbahavi et al. beschrieben eine Veränderung von der Position 2,27 auf die Position 0,72 [70] und Aslam et al. von 2,27 auf 0,91 [2]. Auch wenn die Position des medialen Sesambeins häufig auf unterschiedliche Weise beschrieben wird, so zeigen alle Studien einschließlich der hier vorliegenden, dass die Scarf-Osteotomie gut geeignet ist, das tibiale Sesambein in eine physiologische Stellung zum ersten Metatarsalen zu bringen und somit die Voraussetzung für eine stabile Muskelbalance zu schaffen. Allerdings gelingt dies auch mit der Chevron-Osteotomie, wie Mühlbauer et al. zeigten [66]. Sie verwandten die gleiche Methode wie Panchbhavi et al. [70] und Aslam et al. [2] zur Beschreibung der Position und fand präoperativ einen Dislokationsgrad von 2 bis 3 in 77,5% der Fälle, postoperativ waren es nur noch 3,5%

Die Kongruenz des Metatarsophalangealgelenkes wurde bisher in wenigen Studien beschrieben. In dieser Studie überragte vor der Operation die distale Gelenkfläche die proximale im Durchschnitt um 4,4 mm, nach der Operation um 0,1 mm. Es fand sich postoperativ eine Kongruenz in 80% der Fälle. Ähnliche Werte fanden auch Trnka et al. [95], in dem von ihnen untersuchten nach Austin operierten Kollektiv waren 80% der Großzehengrundgelenke nach dem Eingriff kongruent. Mühlbauer et al. [66], die ebenfalls eine nach Austin operierte Patientengruppe evaluierten, fanden eine postoperative Kongruenz in 88% der Fälle. Die Chevron-Osteotomie wird ohnehin bei Hallux valgus Deformitäten mit kongruenten oder nahezu kongruenten Gelenken als Korrekturverfahren eingesetzt. Es spricht für das in der vorliegenden Arbeit untersuchte Korrekturverfahren, dass es ähnlich gute Ergebnisse bei der Kongruenzwiederherstellung erreicht wie die Chevron-Studien, zumal es häufiger Anwendung in Fällen einer deutlichen Gelenkinkongruenz findet.

Der Abstand vom lateralen Anteil des ersten Metatarsalköpfchen zum medialen Anteil des zweiten Metatarsalköpfchens wurde signifikant von 11,5 auf 6,3 mm verkürzt. Diese Messung verdeutlicht ähnlich wie der Intermetatarsalwinkel eine effektive Korrektur des Metatarsus primus varus. Allerdings fehlen in der Literatur dazu ebenso Angaben wie über das Ausmaß der Inkongruenz. Das Problem der metrischen Messungen beruht auf der nicht standardisierten Aufnahme von Röntgenbildern, so dass Vergrößerungsfaktoren oder Verkleinerungsfaktoren durch die unterschiedliche

Projektion nicht sicher ausgeschlossen werden können. In dieser Studie wurden bei allen Patienten klar definierte Röntgenaufnahmen durchgeführt. Der Fuß wurde mit Belastung dorsoplantar und seitlich aus einem Meter Entfernung aufgenommen. Gerade die Aufnahme unter Belastung ist ein wesentlicher Punkt in der Beurteilung der Winkelverhältnisse. So zeigten Fuhrmann et al., dass der Intermetatarsalwinkel unter Belastung größer wird und der Hallux-valgus-Winkel kleiner wird, wobei sich bei Fußgesunden der Hallux-valgus-Winkel deutlicher verkleinert als bei Patienten mit einem Hallux valgus [30]. Die Belastungsaufnahmen sind in allen aktuellen Studien als Standard aufgenommen worden, jedoch gibt es keinen Standard für den Abstand des Aufnahmeapparates. Zudem sind die unterschiedlichen Projektionen der verschiedenen Röntgengeräte nicht zu vernachlässigen. Daher werden sich auch in Zukunft metrische Messergebnisse verschiedener Studien nicht verlässlich vergleichen lassen.

Der Metatarsalindex zeigte in dieser Studie ebenso wie in den Studien von Perugia et al. [74] und Aslam et al. [2] keine signifikante Änderung nach der Operation. In der vorliegenden Arbeit wurde dieser Wert in erster Linie aufgenommen, um eine Korrelation mit pedobarographischen Parametern zu untersuchen. Gleiches gilt für den Auftrittswinkel, der M1-M2-Winkel und den Vorfußadduktionswinkel, die in keiner weiteren Vergleichsstudie untersucht wurden. All diese Parameter zeigten postoperativ keine signifikante Veränderung.

#### **4.5 Druckverteilungsmessung**

Das Mittel der plantaren Fußdruckmessung wurde bis heute von wenigen Autoren zur Nachuntersuchung eines korrigierten Hallux valgus eingesetzt. In der Literatur finden sich einige Studien, in denen die Chevron-Osteotomie [8, 45, 49] und die Basisosteotomie des ersten Metatarsalen [69, 85] mit pedobarographischen Messungen beschrieben wurden. Eine Untersuchung, welche das Verfahren der Scarf-Osteotomie auf diese Weise analysiert, legten Jones et al. vor, sie fanden am medialen Vorfuß physiologische Spitzendrücke 20 Monate nach dem Eingriff [41]. Ein ähnliches Ergebnis beschreiben Sabo et al. [82], die an 30 Patienten nach durchschnittlich 18 Monaten eine Druckverteilungsmessung durchführten, auch sie fanden eine postoperative Lastaufnahme unter dem medialen Vorfußballen. Darüber hinaus gibt es einige Arbeiten, in denen das unterschiedliche Druckverteilungsmuster der Patienten

mit einem Hallux valgus gegenüber fußgesunden Probanden untersucht wurde [44, 108]. In der vorliegenden Studie sollte die Frage beantwortet werden, welchen Einfluss die Scarf-Osteotomie auf das plantare Druckverteilungsmuster hat und ob durch diese Operationsmethode langfristig ein physiologische Abrollvorgang erreicht werden kann. Zudem wurde nach Zusammenhängen zwischen den auf die Fußsohle einwirkenden Kräften und den klinischen und radiologischen Parametern gesucht.

Kernozeck et al. [44] fanden deutliche Unterschiede in den Druckverteilungsmustern von 51 fußgesunden Probanden im Vergleich zu 40 Hallux valgus Patienten. So waren der Spitzendruck und der Impuls unter der Großzehe der Hallux valgus Patienten sowie der Impuls unter dem zentralen Vorfußbereich signifikant erhöht. Yamamoto et al. [108] hingegen konnte lediglich einen größeren Spitzendruck unter den zentralen Metatarsalköpfchen registrieren. Henry et al. [34] fanden eine schmerzabhängige Verlagerung der Vorfußbelastung von medial nach lateral. Auch Miskewitch [62] beobachtete eine Verschiebung des Druckes bei einer zunehmenden Hallux valgus Deformität vom medialen zum lateralen Vorfuß. Die teilweise widersprüchlichen Ergebnisse der Arbeiten können erklärt werden durch die Betrachtung des Patientengutes. Während die Patientengruppen von Kernozeck et al. unter einer milden bis moderaten Form des Hallux valgus litten, findet man bei Henry et al. und Miskewitch vermehrt Patienten mit starken Schmerzen und einer deutlichen Deformität [62].

In einer anderen Studie stellten Kernozeck et al. [43] fest, dass acht Wochen nach einer Chevron-Osteotomie, also zu einem Zeitpunkt, zu dem noch nicht von einer gänzlichen Ausheilung der Operationswunde auszugehen ist, das Druckverteilungsmuster eine verstärkte Belastung unter dem lateralen Vorfuß und eine Entlastung der Großzehe aufweist. Insbesondere der Impuls zeigte hier die umverteilte Belastung. Dieses Druckverteilungsmuster kann als Schongang verstanden werden, bei dem der schmerzende oder vulnerable mediale Vorfuß entlastet wird, indem der Fuß mehr über den lateralen Anteil des Vorfußes abgerollt wird. Dies schließt auch den Wundschmerz unmittelbar nach der Operation ein. Waldecker untersuchte 100 Patienten mit einem Hallux valgus (50 Patienten ohne und 50 Patienten mit einer Metatarsalgie) und fand in beiden Gruppen einen mediolateralen Drucktransfer, der allerdings in der Gruppe der Patienten mit einer Metatarsalgie bedeutend größer war [101]. Die weitere Entwicklung

der pedobarographischen Parameter nach der Operation ist bis heute selten untersucht worden. Borton et al. [8] fanden bei 32 Patienten sechs Monate nach einer Chevron-Osteotomie neben einer vergrößerten Kontaktfläche des gesamten Fußes auch eine leichte Verlagerung der Vorfußbelastung von lateral nach medial. Dagegen beschrieben Kernozek et al. in einer Kontrollstudie mit 25 Füßen zwölf Monate nach einer Osteotomie nach Austin eine größere Belastung im zentralen Vorfußbereich und einen verminderten Druck unter den medialen Zehen [45]. Die aufwändigste Studie führten in diesem Zusammenhang Kranzl et al. [49] durch. Er untersuchte 108 nach Austin operierte Füße und führte plantare Druckverteilungsmessungen vor der Operation und jeweils sechs Wochen sowie drei, sechs und zwölf Monate nach der Operation durch. Dabei war der Spitzendruck unter der Großzehe und unter den ersten bis dritten Metatarsalen bis sechs Monate nach der Operation reduziert und erreichte erst nach zwölf Monaten wieder normale Werte.

Im Vergleich zu diesen Studien kann die vorliegende Arbeit als Langzeitstudie bezüglich der Druckverteilungsmessung verstanden werden. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug im Durchschnitt 33 Monate. Der operierte Fuß zeigte postoperativ im Wesentlichen durch die maximale Kraft und den Impuls eine signifikante Verlagerung der Belastung vom lateralen zum medialen Vorfuß, wobei die maximale Kraft unter den beiden medialen Metatarsalen signifikant anstieg, der Impuls unter dem ersten Metatarsalen bedeutend stärker wurde und unter den dritten und vierten Metatarsalen signifikant abnahm. Die Großzehe selbst wurde ebenfalls postoperativ deutlich stärker beim Abrollvorgang eingesetzt. Auch hier fand sich eine signifikante Zunahme des Impulses und der maximalen Kraft. Dies drückt eine stärkere Beteiligung der Großzehe beim Abrollvorgang aus, die vor der Operation durch die laterale Abweichung des Hallux nicht mehr gegeben war. Ähnlich wie bei Borton et al. [8] fand sich auch in der vorliegenden Studie eine Zunahme der Kontaktfläche des gesamten Fußes, insbesondere für die Großzehe, die lateralen Zehen und die Ferse. Die Kontaktzeit verminderte sich signifikant im zentralen bis lateralen Vorfußbereich, was ebenfalls dafür spricht, dass postoperativ am ausgeheilten Fuß weniger über die laterale Außenkante abgerollt wird. Der Spitzendruck zeigt in dieser Studie keine signifikanten Veränderungen außer unter den Kleinzehen und der Ferse, allerdings ist tendenziell auch hier eine Zunahme der Werte unter dem zentralen und medialen Vorfuß zu

erkennen. Wanivenhaus und Breitschneider [102] operierten 63 Füße mit einer subkapitalen Osteotomie und führten Messungen des Spitzendruckes durch. Sie fanden ebenfalls eine Entlastung der lateralen Vorfußregion nach der Korrektur des Hallux valgus. Bei einem Nachuntersuchungszeitraum von im Durchschnitt 19 Monaten zeigten ihre Messungen eine Normalisierung des plantaren Druckverteilungsmuster. Insgesamt ist auch in der vorliegenden Studie postoperativ ein physiologischer Abrollvorgang zu erkennen, bei dem insbesondere die bessere Beteiligung der Großzehe am Abrollvorgang und der lateromediale Drucktransfer auffällt. Dies wiederum bestätigt das gute Ergebnis der Scarf-Osteotomie in der Behandlung des Hallux valgus.

Jones et al. [41] kamen zu einem ähnlichen Ergebnis. Sie untersuchten 35 nach der Scarf-Methode operierte Füße und fanden ebenfalls physiologische pedobarographische Werte am medialen Vorfuß. Allerdings fanden auch sie keinen signifikanten Unterschied des Spitzendruckes in diesem Bereich vor und nach der Operation. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug im Durchschnitt 20 Monate. Eine Aussage über andere Regionen als den ersten und zweiten Metatarsale wurden nicht gemacht. Zudem wurde nur der Spitzendruck berechnet. Sabo et al. [82] zeigen anhand der maximalen Kraft, dass postoperativ eine signifikante Lastaufnahme unter dem medialen Vorfußballen zu finden ist. Allerdings machen sie keine Aussagen über andere Bereiche des Fußes oder über andere Parameter. Ebenso wenig gehen sie auf die Druckverteilungsmessung des gesunden Fußes ein.

Dennoch lässt sich die vorliegende Arbeit aufgrund des ähnlichen Studiendesigns am besten mit den Studien von Jones et al. [41] und Sabo et al. [82] vergleichen. Und es fällt auf, dass alle drei Studien eindeutig zu dem Ergebnis kommen, dass nach einem ausreichend langen Nachuntersuchungszeitraum eine mediale Lastaufnahme des Vorfußes stattfindet.

Die Vergleichbarkeit der vorliegenden Studie mit den anderen genannten Arbeiten und die Vergleichbarkeit der Arbeiten untereinander wird deutlich erschwert durch die unterschiedlichen Messverfahren und berechneten Parameter, das unterschiedliche Patientengut und die verschiedenen Zeitpunkte im Laufe der Behandlung, zu denen die Messungen durchgeführt wurden. So bedarf es noch einiger solcher Studien, um

Fehlinterpretationen zu vermeiden und die klinische Relevanz der einzelnen pedobarographischen Parameter nach einer Hallux valgus Korrektur zu bestätigen.

In der vorliegenden Studie zeigt ähnlich wie in den Arbeiten von Kernozek et al. [43-45] der Impuls deutliche, für den Vorfuß relevanten Veränderungen. Da dieser Wert sich aus der einwirkenden Kraft über die Zeit ergibt, erscheint er als klinischer Parameter geeignet, um eine Aussage über die Belastung und die damit einhergehenden Folgeerscheinungen nach einer Hallux valgus Korrektur treffen zu können. Der Spitzendruck, der in einigen Studien ausschließlich bestimmt wurde, zeigt in der vorliegenden Arbeit keine signifikanten Unterschiede in den entscheidenden Bereichen des operierten Fußes und erscheint daher weniger geeignet.

Das in dieser Studie untersuchte Patientengut wurde nur einseitig operiert. Dadurch ist es möglich, einen intraindividuellen Vergleich der gesunden Seite mit der betroffenen Seite vor und nach der Operation durchzuführen. Diesen Ansatz findet man nur Ansatzweise in der von Jones et al. veröffentlichten Arbeit, so dass ein aussagekräftiger Vergleich mit anderen Studien nicht unternommen werden konnte. Jones et al. [41] erwähnen in einem Satz, dass bei den 13 einseitig operierten Patienten die nicht operierte Seite keine signifikanten Unterschiede im Spitzendruck vor und nach der Operation aufweisen. Durch das Design der vorliegenden Studie sollte der Einfluss der Korrektur des Hallux valgus auf den gesunden Fuß analysiert werden. Es fanden sich nach der Operation tatsächlich einige signifikante Veränderungen der pedobarographischen Parameter des nicht operierten Fußes. Der Spitzendruck erreicht unter der Großzehe und den lateralen Zehen ebenso wie unter den medialen und zentralen Metatarsalen signifikant höhere Werte als vor der Operation. Das Gleiche gilt für die maximale Kraft. Der Impuls zeigt nur im Bereich der Zehen eine signifikante Zunahme, allerdings ist die Tendenz einer Verschiebung der Belastung vom lateralen zum medialen Vorfuß auch für den Impuls deutlich erkennbar. Noch deutlicher als beim operierten Fuß zeigt sich eine signifikante Abnahme der Kontaktfläche unter den lateralen und zentralen Metatarsalköpfchen. Es findet sich also auch eine vielgestaltige Veränderung des plantaren Druckverteilungsmusters des gesunden Fußes nach der Operation. Um eine Begründung dafür zu finden, ist es sinnvoll die operierte Seite mit der nicht operierten Seite nach dem Eingriff zu vergleichen. So kann man die Frage beantworten, ob sich die Druckverteilungsmuster der Füße einander anpassen, es zu

einem symmetrischen Abrollvorgang kommt. Bei diesem Vergleich ergaben sich nur vereinzelte signifikante Unterschiede im Bereich des Mittelfußes für den Spitzendruck und die maximale Kraft, wobei der jeweilige Wert unter der gesunden Seite höher war als unter der betroffenen Seite. Für den Impuls fand sich unter dem zweiten Zeh ein deutlich größerer Wert für die gesunde Seite als für die operierte. Unter dem ersten Metatarsale wiederum war der Impuls auf der betroffenen Seite deutlich höher als auf der nicht operierten Seite. Es lässt sich also kein eindeutig unterschiedliches Muster erkennen, es fällt vielmehr auf, dass die Last unter beiden Füßen sehr ähnlich verteilt war. VanZant et al. [96] fanden ebenfalls eine Symmetrie der plantaren Druckverteilung bei 30 gesunden Probanden. Diese Symmetrie fand sich überraschenderweise auch vor der Operation. Deutliche Unterschiede ließen sich nur in wenigen Regionen finden. Unter der Großzehe waren der Impuls und die maximale Kraft beim gesunden Fuß signifikant größer. Zudem war die Kontaktzeit unter dem medialen und zentralen Vorfuß beim therapierten Fuß signifikant kürzer. Ansonsten ließen sich keine aussagekräftigen Unterschiede feststellen. Diese Analyse zeigt, dass sich das Abrollmuster des gesunden Fußes dem Abrollmuster des betroffenen Fußes anpasst, sowohl vor der Operation bei einer die Druckverteilung beeinflussenden Deformität als auch nach der Operation unter wiederhergestellten physiologischen Bedingungen. So lassen sich auch die deutlichen Veränderungen der plantaren Druckverteilung des gesunden Fußes nach der Operation erklären.

#### **4.6 Korrelationen der Parameter**

Die diskutierten Parameter wurden zusätzlich auf Abhängigkeiten untereinander untersucht. Dabei korrelierte die Gesamtzufriedenheit direkt mit dem Schmerz und mit dem postoperativen Gehvermögen. Interessanterweise fand sich in dieser Studie keine direkte Abhängigkeit der Patientenzufriedenheit mit dem Vorfußscore nach Kitaoka et al. [47], wohl aber mit dem Schmerz und dem Gehvermögen, beides Parameter, die in den Vorfußscore mit einfließen. Allerdings bemängelten schon Parker et al., dass während der Nachuntersuchung insbesondere in den verschiedenen Vorfußscores häufig auf die Wünsche und Erwartungen des Patienten zuwenig eingegangen wird [71]. Schneider et al. [83] recherchierten, dass die Erwartungen der Operateure und der Patienten an den Eingriff oftmals auseinander gehen. So stehen für den Patienten

Schmerzfreiheit und uneingeschränkte Nutzbarkeit von Konfektionsschuhen im Vordergrund, während den meisten Operateuren neben der Schmerzfreiheit die Funktion bzw. die Beweglichkeit des Großzehengrundgelenkes sehr viel wichtiger ist. Diese Flexibilität ist für ein gutes und dauerhaftes Langzeitergebnis wichtig, spielt allerdings bei der subjektiven Patientenzufriedenheit eine untergeordnete Rolle. Dahingegen findet sich eine Abhängigkeit der Zufriedenheit sowohl von dem Ausmaß des korrigierten Hallux-valgus-Winkel, als auch von dem postoperativen Hallux-valgus-Winkel selbst. Dies kann einerseits durch die verbesserte Optik erklärt werden, als auch dadurch, dass wieder unterschiedliche Schuhmodelle mit einem deutlich besseren Komfort und weniger Schmerzen getragen werden können. Ein direkter Zusammenhang zu pedobarographischen Werten konnte nicht nachgewiesen werden.

Der Vorfußscore nach Kitaoka et al. [47] zeigte in der vorliegenden Untersuchung eine Abhängigkeit vom Schmerz und von der postoperativen Gehstrecke. Weder die Zufriedenheit noch einer der radiologischen Parameter korrelierte mit ihm. In den Arbeiten von Perugia et al. [74] und Kristen et al. [50] fand sich eine deutliche Korrelation zwischen dem Score und dem Hallux-valgus-Winkel, dem Intermetatarsalwinkel und der tibialen Sesambeinposition. Die Ursache dafür, dass in der vorliegenden Studie keine Korrelation zu finden ist, liegt an dem Fehlen eines präoperativen Vorfußscores. Die erwähnten Arbeiten setzten die Differenzen der radiologischen Daten mit dem Vorfußscores vor und nach der Operation ins Verhältnis. In der vorliegenden Arbeit wurden nur die absoluten Werte der postoperativen Winkel und des Vorfußscores miteinander verglichen.

Bei der Untersuchung der Abhängigkeiten der radiologischen Parameter mit den Daten der Druckverteilungsmessung fanden sich vor der Operation Korrelationen zwischen dem Impuls und der maximalen Kraft unter der Großzehe mit dem Hallux-valgus-Winkel. Zusätzlich fand sich eine Abhängigkeit des Hallux-valgus-Winkel von dem Impuls unter dem medialen und zentralen Metatarsalen. Der Intermetatarsalwinkel und der Impuls unter der Großzehe korrelierten ebenfalls miteinander. Anders ausgedrückt: Je größer der Hallux-valgus-Winkel ist, desto geringer ist der Impuls unter der Großzehe und dem medialen bis zentralen Metatarsalen. Zudem nimmt auch die maximale Kraft unter dem Hallux ab. Dies bestätigt die Ergebnisse von Miskewitch

[62], der einen Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Deformität und der Lateralverschiebung der Vorfußbelastung beschrieb.

Interessanterweise korreliert präoperativ der Metatarsalindex mit dem Spitzendruck im zentralen Vorfußbereich. Je länger also der zweite Metatarsalknochen war, umso höher war der Spitzendruck im zentralen Vorfuß. Und obwohl der Metatarsalindex sich postoperativ nicht signifikant veränderte, bestätigte sich diese Abhängigkeit nach dem Eingriff nicht mehr. Der Metatarsalindex scheint in einem Vorfuß mit physiologischen Winkelverhältnissen keinen direkt nachweisbaren Einfluss auf die plantare Druckverteilung zu haben. Damit zeigt sich auch in dieser Studie der bereits unter anderen von Bryant et al. [13] und Cavanagh et al. [14, 15] erarbeitete Sachverhalt, dass radiographisch lokalisierte anatomische Strukturen keine direkte Abbildung in dem plantaren Druckverteilungsmuster besitzen müssen. Weichteilgewebe, wie Fettpolster und Muskeln, und das interindividuell unterschiedlich gelagerte Körpergewicht führen zu einer kaum vorhersagbaren Verteilung der auf die Fußsohle einwirkenden Bodenreaktionskräfte. Alleine Weijers et al. [103] konnte eine Beziehung zwischen der Lage der Metatarsalköpfchen und des Spitzendruckes finden. So verschoben sich die durch die Metatarsalköpfe verursachten Drücke bei den medial gelegenen Köpfchen nach distal und bei den lateral gelegenen Köpfchen nach proximal. In dieser Studie hingegen konnten, mit Ausnahme der Hallux-valgus-Winkel und Intermetatarsalwinkel, keine Abhängigkeiten der radiologischen Messungen mit pedobarographischen Parametern gefunden werden. Neben dem Metatarsalindex wurden auch der Vorfußadduktionswinkel und die in der seitlichen Projektion gemessenen Winkel wie der Auftrittswinkel und der Metatarsale I/II Elevationswinkel untersucht. Gerade von den beiden letztgenannten Winkeln hätte man eine Abhängigkeit zu Parametern der plantaren Druckverteilungsmessung erwarten können. Diese konnte statistisch ebenfalls nicht belegt werden.

Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den bis heute veröffentlichten Studien zu diesem Thema. So fand Tang [93], dass der Spitzendruck unter der Großzehe signifikant mit einem größer werdenden Hallux-valgus-Winkel abnimmt. Morag und Cavanagh [65] suchten strukturelle und funktionelle Parameter, die einen Einfluss auf die plantare Druckverteilung haben. Sie kamen zu dem Resultat, das knöcherne Strukturen und Muskel- bzw. Gelenkfunktionen maximal 50% der Unterschiede der

plantaren Druckverteilung erklären. Sie untersuchten allerdings ausschließlich den Spitzendruck. Ein weiteres Ergebnis war, dass der Spitzendruck des ersten Metatarsale und des Mittelfußes am stärksten durch anatomische Strukturen beeinflusst werden, insbesondere durch den Aufbau des Fußgewölbes. Dahingegen wurde der Spitzendruck der Großzehe deutlicher durch funktionelle Größen wie die Beweglichkeit im Metatarsophalangealgelenk bestimmt. Abhängigkeiten von den in der vorliegenden Studie erfassten Winkel mit der Druckverteilungsmessung untersuchten Morag und Cavanagh nicht.

Nach der Operation fand sich in der vorliegenden Studie nur noch für den Hallux-valgus-Winkel eine Abhängigkeit vom Spitzendruck, von der maximalen Kraft und dem Impuls unter dem zweiten und vierten Metatarsalen. Dabei nehmen diese Werte mit abnehmendem Hallux-valgus-Winkel unter dem zweiten Metatarsale zu und unter dem vierten Metatarsale ab. Diese Analyse zeigt, dass das Ausmaß der Reduktion des Hallux-valgus-Winkel direkt das Ausmaß des lateromedialen Drucktransfers beeinflusst. Je kleiner der Hallux-valgus-Winkel ist umso größer ist die Druckaufnahme unter dem medialen Vorfuß.

#### **4.7 Kritikpunkte**

Als Nachteil bei der Analyse von klinischen Parametern mit radiologischen und pedobarographischen Daten stellte sich das Fehlen eines präoperativen Vorfußscores heraus. Zudem wird auf diese Weise die Vergleichbarkeit mit anderen Studien bis zu einem gewissen Grad eingeschränkt. Dies fällt insbesondere bei der Abhängigkeit des Scores mit den radiologischen Daten auf, die bei einigen anderen Autoren eine deutliche Korrelation zeigte [50, 74].

Die in der vorliegenden Arbeit für den Vorfußbereich bewusst detailliert gewählte Einteilung ermöglichte eine für jeden Mittelfußknochen individuelle Analyse der einwirkenden Kräfte, allerdings ergaben sich im Vergleich mit ähnlichen Studien, die eine gröbere Einteilung vornahmen, keine deutlichen Erkenntnisvorteile. Folglich ist die meist verwandte Einteilung in medialen, zentralen und lateralen Vorfuß auch für zukünftige Untersuchungen dieser Art sinnvoll, zumal der eigentliche Druck, wie oben ausgeführt, durch das Weichteilgewebe auf eine größere Fläche verteilt wird.

Eine weitere Problematik ist die unterschiedliche Ganggeschwindigkeit. In der vorliegenden Arbeit wurden die Patienten dazu angehalten die einmal gewählte Schrittgeschwindigkeit beizubehalten. Allerdings galt dies nur innerhalb der prä- und postoperativen Messreihen. Die Ganggeschwindigkeit wurde nicht aufgezeichnet, die absoluten Kontaktzeiten des Abrollvorgangs zeigten allerdings, dass die Patienten nach der Operation schneller gingen als vor der Operation. Die Ursache hierfür ist darin zu sehen, dass vor der Operation die pathologische Fußanatomie und auch Schmerzen die Patienten zu einem vorsichtigen und somit langsamen Gehen zwangen. Entscheidend ist dieser Sachverhalt deshalb, weil eine höhere Ganggeschwindigkeit beim gleichen Patienten zu einer veränderten plantaren Druckverteilung führt. Rosenbaum et al. [81] zeigten, dass eine schnellere Ganggeschwindigkeit zu einem Anstieg des Spitzendrucks und des Impulses unter der Großzehe und dem medialen Vorfuß und zu einer Abnahme unter dem lateralen Vorfuß führt. Der positive Effekt auf die plantare Druckverteilungsmessung kann folglich nicht eindeutig zugeordnet werden. Er kann zum einen direkt auf die chirurgisch veränderte Biomechanik des Vorfußes zurückgeführt werden und zum anderen auf ein postoperativ schnelleres und sichereres Gehen. Dies setzt zwar ein schmerzfreies und effektives Gehen und damit ein erfolgreiches Behandlungskonzept voraus, würde allerdings die Aussagekraft der einzelnen pedobarographischen Parameter minimieren. In den zum Vergleich herangezogenen Studien wurde diese Möglichkeit nicht berücksichtigt, so dass zukünftig versucht werden sollte, für beide Messreihen eine identische Ganggeschwindigkeit sicher zu stellen.

Ebenfalls wünschenswert ist, wie von Parker et al. [71] für die klinische Untersuchung, den Vorfußscore und die radiologische Analyse bereits gefordert, eine standardisierte Betrachtung der Patienten auch für die plantare Druckverteilungsmessung. Die Verwendung unterschiedlicher Meßsysteme, das Berechnen verschiedener Parameter und das Einsetzen differenter Masken führt zu großen Schwierigkeiten bei dem Vergleich der Ergebnisse verschiedener Studien.

#### **4.8 Schlussfolgerungen**

Die hohe Patientenzufriedenheit und niedrige Komplikationsrate macht die hier untersuchte Scarf-Osteotomie bei leichten bis schweren Formen der Hallux valgus

Deformität zu einem geeigneten und zu empfehlenswerten Eingriff. Darüber hinaus wird mit dem Verfahren auch eine gute postoperative Funktion der Großzehe und des medialen Vorfußes erreicht, was der gute Durchschnittswert des Vorfußscores nach Kitaoka et al. zeigt. Die nach der Operation verbesserte Beteiligung der Großzehe beim Abrollvorgang, insbesondere in der Abstoßphase, konnte durch die Druckverteilungsmessung belegt werden. Zudem wurden die entscheidenden Winkel, der Hallux-valgus-Winkel und der Intermetatarsalwinkel deutlich reduziert. Diese positive Beurteilung des Verfahrens konnte auch in den zum Vergleich herangezogenen Arbeiten bestätigt werden. Allerdings ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass die Scarf-Osteotomie eine technisch anspruchsvolle und nicht leicht zu erlernende Operation ist, so dass das Gelingen der invasiven Therapie von der Erfahrung des Operateurs abhängt.

Die plantare Druckverteilungsmessung zeigte für den operierten Fuß nach dem Eingriff einen Belastungstransfer vom lateralen zum medialen Vorfuß und zur Großzehe. Der diese Veränderung deutlich zeigende Parameter war der Impuls, allerdings zeigte auch die maximale Kraft ein ähnlich verändertes Belastungsmuster.

Der nicht operierte Fuß zeigte ebenfalls eine deutliche Veränderung der Druckverteilung, wobei die pedobarographischen Parameter ebenfalls unter den medialen und zentralen Anteilen des Fußes deutlich anstiegen. Es kann also gefolgert werden, dass die durch die Operation beeinflusste Biomechanik am betroffenen Fuß auch das Abrollverhalten des gesunden Fußes verändert. Dies wurde insbesondere deutlich bei den Vergleichen der deformierten Seite mit der gesunden Seite vor der Operation und dem Vergleich der beiden Seiten nach dem Eingriff. Es ließen sich kaum signifikante Unterschiede finden, woraus sich schließen lässt, dass das Bestreben nach einem symmetrischen Abrollvorgang in gewissen Grenzen auch bei einseitig deformierten Füßen beibehalten wird.

Die Untersuchung der Abhängigkeiten der Parameter untereinander zeigte die zentrale Bedeutung des Hallux-valgus-Winkel, denn sowohl die Patientenzufriedenheit als auch einige Parameter der Pedobarographie korrelierten mit dem postoperativen Winkel. Je geringer der Hallux-valgus-Winkel nach der Operation war, umso zufriedener waren die Patienten. Je kleiner der Hallux-valgus-Winkel war, umso größer war die

Druckaufnahme des medialen Vorfußes und die Entlastung des lateralen Vorfußes. Eine direkte Korrelation der Zufriedenheit mit Werten der plantaren Druckverteilung konnte nicht gezeigt werden.

## 5 Literaturverzeichnis

1. Akin, O.F., *The treatment of hallux valgus: a new operative procedure and its results*. Med sentinel, 1925. **33**: p. 678-679.
2. Aslam, N., et al., *A radiographic evaluation of the scarf osteotomy for the correction of hallux valgus*. J Foot Ankle Surg, 2004. **10**: p. 35-39.
3. Austin, D.W. and E.O. Leventen, *A new osteotomy for hallux valgus: a horizontally directed "V" displacement osteotomy of the metatarsal head for hallux valgus and primus varus*. Clin Orthop, 1981(157): p. 25-30.
4. Bade, P., *Der Hallux valgus*. Beilagenheft Zeitschrift der Orthopädie, 1940. **71**: p. 1-84.
5. Barouk, L.S., *Osteotomies of the great toe*. J Foot Surg, 1992. **31**(4): p. 388-399.
6. Barouk, L.S., *Scarf osteotomy for hallux valgus correction. Local anatomy, surgical technique, and combination with other forefoot procedures*. Foot Ankle Clin, 2000. **5**(3): p. 525-558.
7. Blair, S., O. M., and G. A., *The scarf osteotomy for hallux valgus: a clinical and radiological review*. The Foot, 2001. **11**: p. 140-143.
8. Borton, D.C. and M.M. Stephens, *Basal metatarsal osteotomy for hallux valgus*. J Bone Joint Surg Br, 1994. **76**(2): p. 204-209.
9. Brand, R.A., *Can biomechanics contribute to clinical orthopaedic assessments?* J Biomech, 1987. **9**: p. 453-457.
10. Brandes, M., *Zur operativen Korrektur des Hallux valgus*. Zbl Chir, 1929. **56**: p. 2434-2440.
11. Breitenfelder, J. and A. Rütt, *Zehendeformitäten*, in *Orthopädie in der Praxis und Klinik*, A.N. Witt, S. Rettich, and S. K.F., Editors. 1985, Thieme-Verlag: Stuttgart. p. 3123-3148.
12. Bretschneider, W. and A. Wanivenhaus, *Mittelfristige Resultatenach subkapitaler Metatarsalosteotomie zur Therapie des Hallux valgus mit Metatarsus primus varus*. Z Orthop Chir, 1995. **133**: p. 55-60.
13. Bryant, A., P. Tinley, and K. Singer, *A comparison of radiographic measurements in normal, hallux valgus, and hallux limitus feet*. J Foot Ankle Surg, 2000. **39**(1): p. 39-43.
14. Cavanagh, P.R., *Plantar soft tissue thickness during ground contact in walking*. J Biomech, 1999. **32**(6): p. 623-628.

15. Cavanagh, P.R., et al., *The relationship of static foot structure to dynamic foot function*. J Biomech, 1997. **30**(3): p. 243-250.
16. Coetzee, J.C., *Scarf osteotomy for hallux valgus repair: the dark side*. Foot Ankle Int, 2003. **24**(1): p. 29-33.
17. Coull, R. and S. M.M., *Operative decision making in hallux valgus*. Current Orthopaedics, 2002. **16**: p. 180-186.
18. Craigmile, D.A., *Incidence, origin and prevention of certain foot defects*. Br med J, 1953. **2**: p. 749-752.
19. Crevoisier, X., et al., *The scarf osteotomy for the treatment of hallux valgus deformity: a review of 84 cases*. Foot Ankle Int, 2001. **22**(12): p. 970-976.
20. Dahmen, G., *Der Problemfuß*. 1987, Wehr: Ciba-Geigy.
21. David-West, K.S. and J.S. Moir. *Early experience of scarf first metatarsal osteotomy*. in *British orthopaedic foot surgery society*. 2001. Canterbury: Stephen, I.
22. Davis-Colly, N., *Contraction of the metatarsophalangeal joint of the greater toe*. Br Med J, 1887. **1**: p. 728.
23. Debrunner, H.U., *Ätiologie und Pathogenese des Hallux valgus*, in *Hallux valgus*, W. Blauth, Editor. 1986, Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York. p. 37-43.
24. Dereymaeker, G., *Scarf osteotomy for correction of hallux valgus. Surgical technique and results as compared to distal chevron osteotomy*. Foot Ankle Clin, 2000. **5**(3): p. 513-524.
25. Dhanendran, M., J.P. Pollard, and W.C. Hutton, *Mechanics of the hallux valgus foot and the effect of Keller's operation*. Acta Orthop Scand, 1980. **51**(6): p. 1007-1012.
26. Drobocky, I.Z., *Radiographic examination of the normal foot*, in *Surgery of the foot*, R.A. Mann, Editor. 1986, C.V.Mosby: St. Louis.
27. Duckworth, T., *Pedobarography*, in *The Foot*, B. Helal, Editor. 1988, Churchill Livingstone: Edinburgh. p. 108-130.
28. DuVries, H.L., *Surgery of the foot*. 1978, St. Louis: Mosby.
29. Eustace, S., et al., *Tendon shift in hallux valgus: observations at MR imaging*. Skeletal Radiol, 1996. **25**(6): p. 519-524.

30. Fuhrmann, R.A., F. Layher, and W.D. Wetzel, *Radiographic changes in forefoot geometry with weightbearing*. Foot Ankle Int, 2003. **24**(4): p. 326-331.
31. Glynn, M.K., J.B. Dunlop, and D. Fitzpatrick, *The Mitchell distal metatarsal osteotomy for hallux valgus*. J Bone Joint Surg Br, 1980. **62-B**(2): p. 188-191.
32. Gottschalk, F.A.B., et al., *Comparison of the prevalence of hallux valgus in three African populations*. J Bone Joint Surg Br, 1979. **61 B**: p. 254-255.
33. Hardy, R. and J. Clapham, *Observation on hallux valgus*. J Bone Joint Surg Br, 1951. **33 B**: p. 376-391.
34. Henry, A.P., W. Waugh, and H. Wood, *The use of footprints in assessing the results of operations for hallux valgus. A comparison of Keller's operation and arthodesis*. J Bone Joint Surg Br, 1975. **57**(4): p. 478-481.
35. Hohmann, G., *Über ein Verfahren zur Behandlung des Spreizfußes*. Zbl Chir, 1922. **49**: p. 1933-1935.
36. Hohmann, G., *Der Hallux valgus und die übrigen Zehenverkrümmungen*, in *Ergebnisse der Chirurgie und Orthopädie*, E. Payre and H. Küttner, Editors. 1925, Springer-Verlag: Berlin. p. 308-376.
37. Hueter, C., *Klinik der Gelenkkrankheiten mit Einschluß der Orthopädie*. 1877, Leipzig: Vogel-Verlag.
38. Jarde, O., et al., [*Hallux valgus treated by Scarf osteotomy of the first metatarsus and the first phalanx associated with an adductor plasty. Apropos of 50 cases with a 2-year follow up*]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 1999. **85**(4): p. 374-380.
39. Johnston, O., *Further studies of the inheritance of hand and foot anomalies*. Clin Orthop, 1956. **B**: p. 197-204.
40. Jones, R.O., et al., *Retrospective statistical analysis of factors influencing the formation of long-term complications following hallux abducto valgus surgery*. J Foot Surg, 1991. **30**(4): p. 344-349.
41. Jones, S., et al., *Scarf osteotomy for hallux valgus. A prospective clinical and pedobarographic study*. J Bone Joint Surg Br, 2004. **86**(6): p. 830-836.
42. Keller, W.C., *The surgical treatment of bunions and hallux valgus*. New York Med J, 1904. **80**: p. 741-742.
43. Kernozek, T., T. Roehrs, and S. McGarvey, *Analysis of plantar loading parameters pre and post surgical intervention for hallux vargus*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 1996. **12**(3): p. S18-S19.

44. Kernozek, T.W., A. Elfessi, and S. Sterriker, *Clinical and biomechanical risk factors of patients diagnosed with hallux valgus*. J Am Podiatr Med Assoc, 2003. **93**(2): p. 97-103.
45. Kernozek, T.W. and S.A. Sterriker, *Chevron (Austin) distal metatarsal osteotomy for hallux valgus: comparison of pre- and post-surgical characteristics*. Foot Ankle Int, 2002. **23**(6): p. 503-508.
46. Kirschbaum, F., D. von Salomon, and F. Lehr, *Der rheumatische Fuß*. Orthopade, 1996. **25**: p. 354-361.
47. Kitaoka, H.B., et al., *Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes*. Foot Ankle Int, 1994. **15**(7): p. 349-353.
48. Krämer, J., *Erfahrungen mit der Schlaufensandale bei der funktionellen Frühbehandlung des Hallux valgus*. Orthopädische Praxis, 1980. **16**: p. 882-884.
49. Kranzl, A., H. Salfinger, and G. Steinböck, *Rehabilitation process after a chevron osteotomy for hallux valgus correction: A pressure distribution analysis*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2003. **18**: p. 19-20.
50. Kristen, K.H., et al., *The SCARF osteotomy for the correction of hallux valgus deformities*. Foot Ankle Int, 2002. **23**(3): p. 221-229.
51. Küsswetter, W. and J. Zacher, *Hallux valgus*, in *Praxis der Orthopädie*, M. Jäger and C.J. Wirth, Editors. 1992, Thieme-Verlag: Stuttgart, New York. p. 1016-1018.
52. Lampe, R., et al., *[Calculation of hallux bending moments from plantar pressure distribution measurement]*. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 2003. **141**(5): p. 583-589.
53. Lourie-Kalmus, R., *Zur Frage der Entstehungsursache des Hallux valgus*. Arch Orthop Unfallchir, 1960. **52**: p. 335-337.
54. Ludloff, K., *Die Beseitigung des Hallux valgus durch die schräge plantodorsale Osteotomie des Metatarsale I (Erfahrungen und Erfolge)*. Arch Klein Chir, 1918. **110**: p. 364-387.
55. Mann, R.A., *Distaler Weichteileingriff und proximale Metatarsalosteotomie*, in *Vorfußdeformitäten*, C.J. Wirth, R. Ferdini, and N. Wülker, Editors. 1993, Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York. p. 285-289.
56. Mann, R.A., *Hallux valgus*, in *Operationsatlas Fuß- und Sprunggelenk*, N. Wülker, M. Stephens, and A. Cracchiolo, Editors. 1998, Enke-Verlag: Stuttgart. p. 19-27.

57. Mann, R.A., S. Rudicel, and S.C. Graves, *Repair of hallux valgus with a distal soft-tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy. A long-term follow-up.* J Bone Joint Surg Am, 1992. **74**(1): p. 124-129.
58. McBride, E.D., *A conservative operation for bunions.* J Bone Joint Surg Br, 1928. **10**: p. 735-739.
59. Meyer, M., *Eine neue Modifikation der Hallux valgus Operation.* Zbl Chir, 1926. **53**: p. 3265-3268.
60. Michler, M., *Zum Hallux valgus in der Antike*, in *Hallux valgus*, W. Blauth, Editor. 1986, Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York. p. 1-18.
61. Milani, T.L. and S. Retzlaff, *Druckverteilungsanalyse zur Beurteilung des Abrollverhaltens bei operierten Hallux valgus-Patienten.* Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete, 1995. **133**: p. 341-346.
62. Miskewitch, V., *The pressure distribution in hallux valgus feet before and after surgery.* Eur J phys med rehabil, 1992. **2**: p. 4.
63. Mitchell, C.L.O., et al., *Osteotomy- bunionectomy for hallux valgus.* J Bone Joint Surg Br, 1958. **40 A**: p. 41-58.
64. Mittlmeier, T. and M. Morlock, *Statische und dynamische Belastungsmessungen am posttraumatischen Fuß.* Orthopade, 1991. **20**: p. 22-32.
65. Morag, E. and P.R. Cavanagh, *Structural and functional predictors of regional peak pressures under the foot during walking.* J Biomech, 1999. **32**: p. 359-370.
66. Muhlbauer, M., A. Zembsch, and H.J. Trnka, *[Short-term results of modified chevron osteotomy with soft tissue technique and guide wire fixation--a prospective study].* Z Orthop Ihre Grenzgeb, 2001. **139**(5): p. 435-439.
67. Neumann, R. and P. Reisch, *[Silastic arthroplasty of the great toe metatarsal joint].* Orthopade, 1996. **25**(4): p. 332-337.
68. Nilsonne, H., *Über Hallux valgus congenitus.* Z Orthop Chir, 1924. **43**: p. 619-622.
69. Nyska, M., et al., *Plantar foot pressures during treadmill walking with high-heel and low-heel shoes.* Foot Ankle Int, 1996. **17**(11): p. 662-666.
70. Panchbhavi, V.K. and S.G. Trevino, *Evaluation of hallux valgus surgery using computer-assisted radiographic measurements and two direct forefoot parameters.* Foot Ankle Surg, 2004. **10**: p. 59-63.

71. Parker, J., et al., *The problem with measuring patient perceptions of outcome with existing outcome measures in foot and ankle surgery*. Foot & Ankle International, 2003. **24**(1).
72. Patton, G.W. and J.E. Zelichowski, *Proximale Osteotomien zur Korrektur eines Hallux valgus bei Metatarsus primus adductus*, in *Hallux valgus*, D.E. Marcinko, Editor. 1994, Ullstein Mosby: Berlin. p. 157-179.
73. Payr, E., *Pathologie und Therapie des Hallux valgus*. 1894, Wien, Leipzig: Braunmüller.
74. Perugia, D., et al., *The scarf osteotomy for severe hallux valgus*. Int Orthop, 2003. **27**(2): p. 103-106.
75. Petersen, W. and H.W. Seide, *[Early outcome of correction of hallux valgus with the Scarf osteotomy]*. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 2000. **138**(3): p. 258-264.
76. Piggot, H., *The natural history of hallux valgus in adolescence and early adult life*. J Bone Joint Surg Br, 1960. **42 B**: p. 749-760.
77. Pisani, G., *Fußchirurgie*. 1998, Stuttgart, New York: Thieme-Verlag.
78. Riedel, R., *Operative Behandlung des Hallux valgus*. Zbl Chir, 1886. **13**: p. 753-755.
79. Rippstein, P. and T. Zünd, *Die Scarf-Osteotomie bei Hallux valgus*. Operative Orthopädie und Traumatologie, 2001. **2**: p. 107-120.
80. Root, M.L., W.P. Orien, and J.H. Weed, *Normal and abnormal function of the foot*. Clinical Biomechanics Cooperation, Los Angeles, 1977.
81. Rosenbaum, D., et al., *Effects of walking speed on pressure distribution patterns and hindfoot angular motion*. Gait & Posture, 1994. **2**: p. 191-197.
82. Sabo, D. and M. Buchner, *Die Behandlung des Hallux-valgus Syndroms mit Scarf-Ostetomie, Akin-Osteotomie und Weil-Osteotomie*. Fuß und Sprunggelenk, 2004. **2**: p. 76-84.
83. Schneider, W. and K. Knahr, *Metatarsophalangeal and intermetatarsal angle: different values and interpretation of postoperative results dependent on the technique of measurement*. Foot Ankle Int, 1998. **19**(8): p. 532-536.
84. Schoen, N.S., K. Zygmunt, and C. Gudas, *Z-bunionectomy: retrospective long-term study*. J Foot Ankle Surg, 1996. **35**(4): p. 312-317.
85. Schulze, B., et al., *Klinisch-pedographisch-radiologische Befunde nach valgusierender Basisosteotomie des Metatarsale 1 - eine prospektive Studie*. Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete, 2001. **139**: p. 440-446.

86. Shaffer, M.W., *Die Osteotomie nach Meyer-Scarf*, in *Hallux valgus*, D.E. Marcinko, Editor. 1994, Ullstein Mosby: Berlin. p. 149-156.
87. Silver, D., *The operative treatment of hallux valgus*. J Bone Joint Surg Br, 1923. **5**: p. 225-232.
88. Smith, A.M., T. Alwan, and M.S. Davies, *Perioperative complications of the Scarf osteotomy*. Foot Ankle Int, 2003. **24**(3): p. 222-227.
89. Smith, R.W., J.C. Reynolds, and M.J. Stewart, *Hallux valgus assessment: report of research committee of American Orthopaedic Foot and Ankle Society*. Foot Ankle, 1984. **5**(2): p. 92-103.
90. Steinböck, G., *Pathogenese des Hallux valgus*, in *Vorfußdeformitäten*, C.J. Wirth, R. Ferdini, and N. Wülker, Editors. 1993, Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York. p. 194-205.
91. Swanson, A.B., *Silicon implant resection arthroplasty of the greate toe*. J Bone Joint Surg Br, 1975. **57 A**: p. 1173.
92. Tanaka, Y., et al., *Radiographic analysis of hallux valgus in women on weightbearing and nonweightbearing*. Clin Orthop, 1997(336): p. 186-194.
93. Tang, R.G., [*Study of fore foot pressure distribution in the foot with hallux valgus*]. Zhonghua Wai Ke Za Zhi, 1993. **31**(11): p. 689-691.
94. Torkki, M., et al., *Surgery Was More Effective for Hallux Valgus at 12 Months Than an Orthosis or Watchful Waiting : Surgery vs orthosis vs watchful waiting for hallux valgus: a randomized controlled trial*. JAMA. 2001 May 16;285:2474-80. J Bone Joint Surg Am, 2001. **83-A**(11): p. 1760.
95. Trnka, H.J., et al., *The chevron osteotomy for correction of hallux valgus. Comparison of findings after two and five years of follow-up*. J Bone Joint Surg Am, 2000. **82-A**(10): p. 1373-1378.
96. VanZant, R.S., T.G. McPoil, and M.W. Cornwall, *Symmetry of plantar pressures and vertical forces in healthy subjects during walking*. J Am Podiatr Med Assoc, 2001. **91**(7): p. 337-342.
97. Venning, P. and R.H. Hardy, *Sources of error in the production and measurement of standard radiographs of the foot*. Br J radiol, 1951. **24**: p. 18-26.
98. Viladot, A., [*Surgical treatment of hallux valgus and hammer toes*]. Orthopade, 1982. **11**(4): p. 162-169.

99. Viladot, A., *Der sogenannte Standardvorfuß*, in *Vorfußdeformitäten*, C.J. Wirth, R. Ferdini, and N. Wülker, Editors. 1993, Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York. p. 225-232.
100. Volkmann, R., *Über die sogenannte Exostose der Großzehe*. Virchows arch pathol anat, 1856. **10**: p. 297-306.
101. Waldecker, U., *Metatarsalgia in hallux valgus deformity: a pedographic analysis*. J Foot Ankle Surg, 2002. **41**(5): p. 300-308.
102. Wanivenhaus, A. and W. Brettschneider, *Influence of metatarsal head displacement on metatarsal pressure distribution after hallux valgus surgery*. Foot Ankle, 1993. **14**(2): p. 85-89.
103. Weijers, R., et al., *The relationship of the position of the metatarsal heads and peak plantar pressure*. Foot & Ankle International, 2003. **24**(4).
104. Weil, L.S., *Scarf osteotomy for correction of hallux valgus. Historical perspective, surgical technique, and results*. Foot Ankle Clin, 2000. **5**(3): p. 559-580.
105. Weil, L.S. and A.N. Borelli, *Modified Scarf bunionectomy; our experience in more than 1000 cases*. J Foot Surg, 1991. **30**: p. 609-622.
106. Wieser, R., N. Gschwend, and H. Muller, *[Surgical treatment of hallux valgus and hammer toes. An analysis of failures]*. Orthopade, 1982. **11**(4): p. 181-190.
107. Wulker, N., *[Hallux valgus]*. Orthopade, 1997. **26**(7): p. 654-664.
108. Yamamoto, H., et al., *Forefoot pressures during walking in feet afflicted with hallux valgus*. Clin Orthop, 1996(323): p. 247-253.

## 6 Danksagung

Für die Überlassung des Themas zu dieser Arbeit möchte ich mich bei Herrn Dr. med. Hans Klärner, Herrn Dr. med. Christian Kinast und Herrn Prof. Dr. med. Winfried Winkelmann bedanken. Des Weiteren möchte ich mich bei dem Praxisteam von Herrn Dr. med. Kinast, Prof. Dr. med. Johannes Hamel und Dr. med. Wolfram Reisner bedanken, insbesondere bei Frau Iris Wolf für die Unterstützung bei der praktischen Durchführung der Untersuchungen. Ein besonderer Dank gilt auch Herrn PD Dr. Dieter Rosenbaum für die praktischen und stilistischen Hilfen beim Verfassen dieser Arbeit. Bedanken möchte ich mich auch bei der Firma novel GmbH und besonders bei Herrn Dr. Christoph Fritsch für die Hilfestellung bei Fragestellungen bezüglich der Computersoftware. Zudem bedanke ich mich bei meiner geschätzten Tante Frau Christa Lorei für die orthographische Durchsicht der Arbeit.

## 7 Lebenslauf

Name: Timo Josef Lorei  
Adresse: Wesemannstraße 23  
46397 Bocholt  
E-Mail: lorei@uni-muenster.de

### PERSÖNLICHES

Geburtsdatum, -ort: 05.02.1977, Berlin-Neukölln  
Nationalität: deutsch  
Konfession: evangelisch  
Eltern: Josef Erich Lorei, Fleischermeister  
Marianne Lorei, geb. Kobbe, Fleischereifachverkäuferin

### SCHULBILDUNG

Aug. 1983 - Juni 1987	Kath. Grundschule, Bocholt
Juli 1987 - Juni 1996	Mariengymnasium, Bocholt
Abschluss Juni 1996	Abitur

### ZIVILDIENST

Sept. 1996 – Sept. 1997	St. Agnes Hospital Bocholt
-------------------------	----------------------------

### STUDIUM

April 1998	Beginn Humanmedizin, WWU Münster
März 2000	Physikum
März 2001	1. Staatsexamen
März 2003	2. Staatsexamen
April 2003	
- März 2004	PJ (Uniklinik Münster, Raphaelsklinik Münster)
Mai 2004	3. Staatsexamen

**BERUF**

Oktober 2004 Approbation

ab Dez. 2004 Assistenzarzt Unfallchirurgie, Raphaelsklinik

Münster (Chefarzt: PD Dr. med. G. Möllenhoff)

**SPRACHKENNTNISSE**

Englisch 9 Jahre Schulkenntnisse

Latein 4,5 Jahre (Latinum)

**AUSLANDSAUFENTHALT**

Aug.-Sept. 2002 Conquest Hospital, Hastings (England),

Famulatur, Department of internal medicine

**VERÖFFENTLICHUNGEN**

Biomed Tech (Berl). 2003 Jun;48(6):166-9. [Influence of density of pressure sensors on parameters of plantar foot load--a pedographic comparison of two pressure distribution recording platforms] Rosenbaum D, Lorei T.

## 8 Anhang

### 8.1 Patientenbogen zur subjektiven Zufriedenheit

<b>Patientenbogen der subjektiven Zufriedenheit:</b>											
Unt.Nr.:	Name:	Pat.Nr.:									
<b><u>1. Narbe:</u></b>											
_____											
sehr gut		sehr schlecht									
<b><u>2. Ballen:</u></b>											
_____											
sehr gut		sehr schlecht									
<b><u>3. Schmerzen:</u></b>											
_____											
keine Schmerzen		unerträgliche Schmerzen									
<b><u>4. Zufriedenheit:</u></b>											
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Sehr gut</td> <td style="text-align: center;">gut</td> <td style="text-align: center;">zufrieden</td> <td style="text-align: center;">schlecht</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>				Sehr gut	gut	zufrieden	schlecht				
Sehr gut	gut	zufrieden	schlecht								
<b><u>5. Gehstrecke:</u></b>											
vorher:		nachher:									
Würden Sie die OP in dieser Form wiederholen lassen?											
ja:		nein:									

## 8.2 Untersuchungsbogen für Hallux valgus Patienten

Untersuchungsbogen für Hallux valgus Patienten		
Untersuchungsdatum:		
Name:	Pat.Nr:	Unt.Nr.:
Grösse:	Schuhgrösse:	
OP-Datum:	Nachuntersuchungen:	
Komplikationen:		
Klinische Untersuchung		
Bewegungsausmaß:	Metatarsalgie:	
Begleitende Deformitäten:		
Score nach Kitaoka et Al.		
<b>Schmerz:</b>		<b>3. Beweglichkeit des MTP-Gelenkes:</b>
keine Schmerzen (40):	normal oder gering eingeschränkt (>75°) (10):	
leicht, gelegentlich (30):	geringfügig eingeschränkt (30°-45°) (5):	
mäßig, täglich (20):	stark eingeschränkt (<30°) (0):	
stark, immer (0):		
<b>Funktion:</b>		<b>4. Beweglichkeit des IP-Gelenkes:</b>
<b>1. Belastungseinschränkungen:</b>		keine Einschränkung (5):
keine Einschränkung (10):	starke Einschränkung (0):	
keine Einschränkung der täglichen Aktivität im Beruf, wohl aber in der Freizeitaktivität (7):	<b>5. MTP-IP-Stabilität</b>	
Einschränkungen von täglichen und Freizeitaktivitäten (4):	stabil (5):	
stark eingeschränkte Belastbarkeit (0):	instabil bzw. dislozierbar (0):	
<b>2. Schuhe:</b>		<b>6. Schwielen am MTP-IP des Hallux</b>
Konfektionsschuh ohne Einlagen (10):	keine/asymptomatische (5):	
Konfektionsschuhe mit Einlagen (5):	symptomatische (0):	
Schuhzurichtungen/orthop. Maßschuhe (0):	<b>Stellung des Hallux:</b>	
	bis 10°=physiologisch=gut (15):	
	>10°mit geringe asymptomatische Fehlstellung=zufriedenstellend (8):	
	Rezidiv = symptomatische Fehlstellung schlecht (0):	
<b>Gesamtergebnis:</b>		