

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie  
(Direktor: Univ.- Prof. Dr. med. H. Merk)  
der Medizinischen Fakultät der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Thema: Komplikationsmanagement nach korrigierenden Osteotomien des Hallux valgus

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung des akademischen

Grades

Doktor der Medizin  
(Dr. med.)

der

Medizinischen Fakultät

der

Ernst-Moritz-Arndt-Universität

Greifswald

2009

vorgelegt von:  
Maik Gutezeit  
geb. am: 04. 04. 1984  
in: Wolgast

Dekan: Prof. Dr. rer. nat. H. K. Kroemer

1. Gutachter: Prof. Dr. H. Merk

2. Gutachter: Prof. Dr. med. Dr. h.c. J. Grifka

Ort, Raum: Hörsaal Nord, Klinikumsneubau Sauerbruchstraße

Tag der Disputation: 15.07.2009

Vorsitzender des Prüfungsausschusses: Prof. Dr. A. Ekkernkamp

2. Mitglied des Prüfungsausschusses: Prof. Dr. H. Merk

3. Mitglied des Prüfungsausschusses: PD Dr. R. Kayser

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Einleitung und Problemstellung der Arbeit</b>	<b>6</b>
1.1 Einleitung	6
1.2 Problem- und Zielstellung der Arbeit	7
1.3 Der Standardvorfuß	8
1.3.1 Zehenmuster	
1.3.2 Metatarsalmuster	
1.4 Biomechanik des Vorfußes	10
1.5 Kleinzehendeformitäten	11
1.6 Die Hallux-valgus-Deformität	13
1.6.1 Ätiologie des Hallux valgus	
1.6.2 Alters- und Geschlechtsverteilung	15
1.6.3 Pathogenese des Hallux valgus	16
1.6.3.1 Strukturelle und funktionelle Aspekte der Genese des Hallux valgus	
1.6.3.2 Pathologisch-anatomische Veränderungen beim Hallux valgus	18
1.7 Therapie des Hallux valgus	
1.7.1 Konservative Therapie	
1.7.2 Operative Therapie	19
1.7.2.1 Die Osteotomie nach Chevron/Austin	
1.7.2.2 Die Osteotomie nach Meyer-Scarf	23
1.7.2.3 Die Osteotomie der Grundphalanx nach Akin	24
1.7.2.4 Die proximale Metatarsale-I-Osteotomie/Basisosteotomie	
1.7.3 Therapie von Kleinzehendeformitäten	26
1.7.4 Nachbehandlung	28

<b>2. Patientengut und Methode</b>	30
2.1 Patienten	
2.2 klinische Untersuchung und Auswertung	32
2.2.1 Nachuntersuchungsbogen	
2.3 Statistik und Datenerfassung	35
2.4 Radiologische Diagnostik	36
2.4.1 Intermetatarsale-Winkel	
2.4.2 Hallux-valgus-Winkel präoperativ	
2.4.3 Hallux-valgus-Winkel postoperativ	37
<b>3. Ergebnisse</b>	38
3.1 Analyse der Komplikationen	
3.1.1 Komplikationen in der Gruppe der Einfachosteotomien	42
3.1.2 Komplikationen in der Gruppe der komplexen Eingriffe	44
3.1.3 Komplikationen in der Gruppe der komplexen Korrekturen	46
3.2. Komplikationsmanagement	48
3.3 klinische Ergebnisse	53
3.3.1 Gesamtergebnis im A.O.F.A.S-Score	
3.3.2 Ergebnisse der einfachen Osteotomien am 1. Strahl	54
3.3.3 Ergebnisse der komplexen Eingriffe am 1. Strahl	56
3.3.4 Ergebnisse der komplexen Korrekturen	58
3.4. Ergebnisse der radiologischen Diagnostik	60
3.4.1 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Einfachosteotomien	
3.4.1.1 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Osteotomien nach Austin	61
3.4.1.2 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Osteotomien nach Scarf	62
3.4.1.3 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Basisosteotomien	63
3.4.2 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der komplexen Eingriffe	64
3.4.2.1 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Osteotomien nach Austin	

	5
kombiniert mit der Osteotomie nach Akin	65
3.4.2.2 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Basisosteotomien kombiniert mit der Osteotomie nach Akin	66
3.4.3 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der komplexen Korrekturen	67
3.4.3.1 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Osteotomien nach Austin oder der Osteotomien nach Austin und Akin in Kombination mit Osteotomie an mindestens einem weiteren Strahl	68
3.4.3.2 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Osteotomien nach Scarf oder der Osteotomien nach Scarf und Akin in Kombination mit Osteotomie an Mindestens einem weiteren Strahl	69
3.4.3.3 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Basisosteotomien oder der Basisosteotomien und Osteotomien nach Akin in Kombination mit Osteotomie an mindestens einem weiteren Strahl	70
<b>4. Diskussion</b>	71
<b>5. Zusammenfassung</b>	76
<b>6. Literaturverzeichnis</b>	77
<b>7. Anhang (eidesstattliche Erklärung, Lebenslauf, Danksagung)</b>	87

## 1.1 Einleitung

Neben der Gicht ist die Hallux-valgus-Deformität mit eine der häufigsten Erkrankungen des Fußes in den Industriestaaten der modernen Welt. Bei Barfuss gehenden Naturvölkern und in Dritte-Welt-Ländern ist die Prävalenz vergleichsweise niedrig (Mittelmeier 1964, Debrunner 2002). Zum überwiegenden Teil ist die weibliche Bevölkerung betroffen, teilweise schon in recht jungen Jahren. In einzelnen Studien konnten bereits bei Schulkindern im Alter zwischen 10 und 13 Jahren ein Hallux valgus bei 17,1% der Probanden gefunden werden (Jerosch und Mamsch 1998), von denen 2,03% bereits häufige Beschwerden beklagten. Oppel et al. konnten in einer großen Studie an über 4000 Kindern im Alter zwischen 6 und 18 Jahren eine Prävalenz von 5,1% ermitteln. Das weibliche Geschlecht überwog mit 7,9% Prävalenz deutlich gegenüber dem männlichen (1,98%). Andere Autoren fanden gar weitaus höhere Häufigkeiten für die Hallux-valgus-Deformität (26-30% Prävalenz; Kalmus 1931). Als Hauptursache der gestiegenen Inzidenz schon in jungem Alter wird vor allem das Tragen falschen Schuhwerks gesehen. Schuhe und vor allem Schuhmode unterliegt als Ausdruck von Zivilisation und Kultur dem ästhetischen Gestaltungsbedürfnis des Menschen (Mittelmeier 1964). Die einstige Funktionalität und Form des Schuhwerkes wich zunehmend Kunst und Ästhetik. Bestanden im Altertum die ersten primitiven Fußbekleidungen noch aus einer einfachen Sohlenstütze (ohne Absätze) mit breiter Vorfußsohle und später zusätzlich einer Umhüllung an der Oberseite zum Klimaschutz des Fußes, gab es in der Antike schon 22 verschiedene Schuhformen (allerdings nur Verzierungen, die Funktionalität blieb weitgehend erhalten; Mittelmeier 1964). Mit Beginn des Mittelalters setzte sich dann zunehmend der hochhackige Spitzschuh durch. Verbreitung fand er über Einflüsse aus Konstantinopel und Venedig durch die französische Königin Caterina von Medici. In Folge dessen entsprach die höfische und bürgerliche Schuhmode des ausgehenden 17. Jahrhunderts schon weitgehend den heutzutage erhältlichen Modellen. Mit dem Zeitalter der Industrialisierung und des aufkommenden Sozialismus wurde der Modeschuh auch in tieferen sozialen Gesellschaftsschichten verbreitet. Die Prävalenz des Hallux valgus ist seither kontinuierlich gestiegen.

In besonderem Maße sei dabei auf den Spitzschuh mit „Pfennigabsatz“ in der Damenschuhmode verwiesen, der nicht nur den Vorfuß pathologisch modelliert, sondern auch zu muskulären Dysbalancen, Knieinstabilität und Beckenkippungen mit Verstärkung der Lendenlordose führen kann (Mittelmeier 1964). Betroffen ist aber nicht nur die weibliche Bevölkerung. Auch viele Herrenschuhe weisen eine laterale Zuspitzung im Vorfußbereich auf, so dass zunehmend auch Männer von der Hallux-valgus-Deformität betroffen sind. Kinderschuhe sind zwar meist breitbasiger im Vorfußbereich, aber oftmals zu kurz gehalten, wodurch Deformitäten begünstigt werden.

## **1.2 Problemstellung und Ziel der Arbeit**

Das Ziel dieser Arbeit war es, verschiedene Korrekturmethode und Eingriffsausmaße in der Hallux-valgus-Chirurgie hinsichtlich des Auftretens ungewünschter Komplikationen kritisch zu betrachten und gleichzeitig die Frage zu klären, ob und in welchem Umfang Komplikationsmanagement von Nöten ist. Die dafür notwendigen Daten wurden in einer retrospektiven Studie gesammelt und analysiert. Das Patientengut stammt aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie der Universität Greifswald. Die Patienten wurden sowohl klinisch als auch radiologisch vor- und nachuntersucht. Zur Objektivierung und Analyse der klinischen Ergebnisse wurde der 100-Punkte-Hallux-Metatarsophalangeal-Interphalangeal-Score der American Orthopedic Foot and Ankle Society (A.O.F.A.S) herangezogen (Kitaoka et al. 1994). Desweiteren wurden zur Objektivierung des Osteotomieergebnisses prä- und postoperativ Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen vom Vorfuß angefertigt. Zur Auswertung der Aufnahmen wurden der Hallux-valgus- und der Intermetatarsale-Winkel bestimmt.

Diese Arbeit wird nach einer kurzen Darstellung des Standardvorfußes und der Biomechanik des Vorfußes die Ätiologie und Pathogenese des Hallux-valgus aufzeigen und sich dann der Analyse der Komplikationen und der Auswertung der klinischen und radiologischen Ergebnisse nach korrigierenden Eingriffen eben jener Vorfußdeformität widmen. Abschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst und diskutiert.

## 1.3 Der Standardvorfuß

### 1.3.1 Zehenmuster

Von Kunsthistorikern werden 3 verschiedenen Fußformen anhand ihrer charakteristischen Zehenmuster voneinander abgegrenzt. Unterscheidungskriterium ist das Längenverhältnis von Großzehe und 2.Zehe. Der „griechische“ Fuß, benannt nach seinem häufigen Auftreten in griechischen Skulpturen, ist gekennzeichnet durch eine kurze Großzehe und eine entsprechend darüber hinausragende 2.Zehe. Im Gegensatz dazu ist beim „ägyptischen“ Fuß die Großzehe länger als die 2.Zehe (benannt nach entsprechenden ägyptischen Zeichnungen). Der 3. Typ, der „Quadratfuß“, ist eine Zwischenform bei der beide Zehe in etwa gleich lang sind. Alle Formen sind in der Normalbevölkerung vertreten, die Häufigkeitsverteilung ist in Tabelle 1 wiedergegeben (Calderon 1974, Harris u. Beath 1949, Masso 1991, Viladot 1973/1981/1984/1989). Auffällig ist das vermehrte Auftreten des Quadrat- und griechischen Fußes bei Balletttänzern, Athleten und in amerikanischen Studien.

	Schema I: LeLievre (8000 Füße) %	Schema II: Calderon (1000 Füße) %	Schema III: Viladot (1000 Füße) %	Schema IV: Viladot (Judo) (82 Füße) %	Schema V: Viladot (Ballett) (74 Füße) %	Schema VI: Harris (7167 Füße) %	Schema VII: Masso (Ballett) (212 Füße) %
Ägyptisch	49	43	69	25	50	37	26
Griechisch	22	20	22	45	25	40	7
Quadratisch	29	37	9	25	25	22	67

Tab. 1 Häufigkeitsverteilung der Zehenmuster (entnommen aus: „Vorfußdeformitäten – Behandlungskonzepte für Klinik und Praxis“ Wirth/Ferdini/Wülker Springer-Verlag 1993 S.14 Tab.1)

### 1.3.2 Metatarsalmuster

Analog zu den 3 Fußformen existieren 3 verschiedenen Metatarsalmuster, die Indices genannt werden. Ist der 1. Mittelfußknochen länger als der 2., wird dies als „Index plus“ bezeichnet. Sind beide gleich lang, liegt ein „Index plus minus“ vor; ist der 1. Mittelfußknochen kürzer entsprechend ein „Index minus“. Die Häufigkeitsverteilung der Indices schwankt je nach Studie zwischen 16-38% für den Index plus, 16-28% für den Index plus minus und 40-67% für den Index minus (Andrade 1989, Harris u. Beath 1949, Viladot 1984).

Nach einigen Autoren (Morton 1948) ist der Index-Minus-Typ das entwicklungsgeschichtliche Korrelat zu den Mittelfüßen der frühen Menschen, mit großer Ähnlichkeit zu den Primaten. Die allmähliche Verlängerung des Metatarsale I ist als evolutionäre Weiterentwicklung zu sehen. Sie verhindert ein Abweichen in die Varusstellung (wie bei den Primaten) und stärkt insgesamt den Vorfuß. Als Ursache für das Längenwachstum wird eine neu aufgetretene distale Epiphysenfuge des Metatarsale I diskutiert, die in einer Studie an 420 Füßen in 4,7% der Fälle nachgewiesen werden konnte (Rochera u. Rabat 1980).

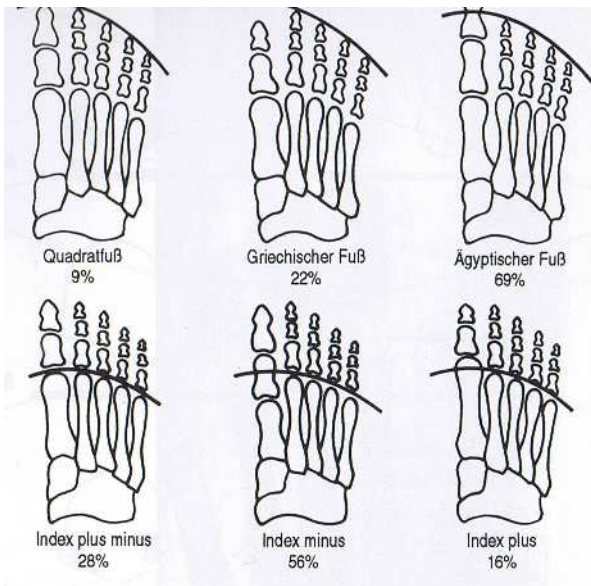


Abb. 8 Zehen- und Metatarsalmuster (Häufigkeitsverteilung nach Studien von Viladot; entnommen aus: „Vorfußdeformitäten – Behandlungskonzepte für Klinik und Praxis“ Wirth/Ferdini/Wülker Springer-Verlag 1993 S.15 Abb.2)

Die Zehen- und Indexmuster sind grundsätzlich frei kombinierbar, jedoch wurden bestimmte Kombinationen gehäuft beobachtet. Oft tritt zum Beispiel die ägyptische Form zusammen mit dem Index minus auf. An sich ist keine der Kombinationen pathologisch, allerdings hat man auch in bezug auf den Hallux valgus bestimmte Muster vermehrt beobachten können. Als prädisponierend gilt die schon genannte Konstellation aus ägyptischem Fuß und Index minus. (Ein ägyptischer Fuß mit Index plus gilt als prädisponierend für den Hallux rigidus.)

Als ideale Fußform mit den geringsten pathologischen Veränderungen wird die Kombination aus griechischem Fuß und dem Index plus minus angesehen (Viladot 1993).

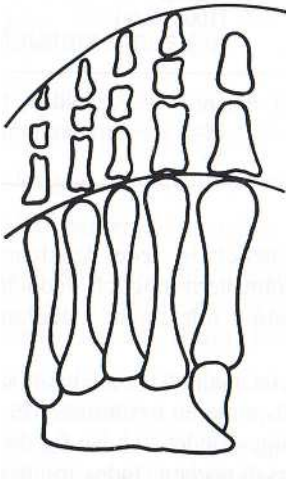


Abb. 9 Schema des „Idealfußes“ (entnommen aus: „Vorfußdeformitäten – Behandlungskonzepte für Klinik und Praxis“ Wirth/Ferdini/Wülker Springerverlag 1993 S.16 Abb.4)

## 1.4 Biomechanik des Vorfußes

Die Fußgelenke sind die am weitesten distal gelegenen Elemente des menschlichen Stützapparats. Sie werden wie kaum andere Gelenke zeitlebens vom vollen Körpergewicht belastet. Die wirkende Gesamtkraft ist jedoch noch um ein vielfaches größer, da zusätzlich zum Gewicht noch die Länge der ansetzenden Hebelarme (auf das Gelenk wirkende Muskelkraft) berücksichtigt werden muss (Kummer 1959/1980, Pauwels 1965). Beim ruhigen Stehen entspricht die Belastung aber annähernd dem Körpergewicht. Der Schwerpunkt des Systems ist dabei nie fix, sondern schwankt durch ständige muskuläre Gegenreaktion um einen Mittelpunkt (Murray 1975, Koles 1980, Harris 1982, Winter 1995).

Vor- und Rückfuß werden unterschiedlich stark belastet. Der Anteil hängt von der Lage der Stützfläche und der Körperhaltung ab. Grundsätzlich kann man eine vordere (Vorfußballen) und eine hintere Auflage (Ferse und Mittelfuß) voneinander abgrenzen. Da der Schwerpunkt aus statischen Gründen in der Regel deutlich vor dem oberen Sprunggelenk liegt (Kummer 1967), wird das Gewicht zu 40-50% auf die Ferse und zu 50-60% auf den Vorfuß verteilt. Die Vorfußauflagefläche kann noch weiter unterteilt werden in einen Groß- und einen (weniger belasteten) Kleinzehenballen (Henle 1871, Debrunner 1983). Dieses Konstrukt bewirkt eine gleichmäßige Druckverteilung unter den Köpfchen der Metatarsalia I-V (Abramson 1929, Morton 1935). Beim Gehen wird die Auflagefläche zum 1. Strahl verlagert (Kummer 1967). Für die Belastung beim Stehen wurde ähnliches beschrieben (Abramson 1929, Grieve u. Rashdi 1984). Beim Hallux-valgus-Patienten weichen die Bodendrucke von dieser Norm ab. Unter dem Hallux ist

der Druck klein, unter den Metatarsalia III und IV groß. Auch die Kinematik des ersten Metatarsophalangealgelenkes zeigt Veränderungen. Durch die Veränderung der Gelenkstellung (insbesondere die Krümmung der Gelenkfläche) liegen die Rotationszentren außerhalb des Gelenks. Statt der normalen Gleitbewegungen kommt es zu Kompressionen und Distractionen im Gelenk.

## 1.5 Kleinzehendeformitäten

Eine starke Koinzidenz zum griechischen Fußtyp, der Minusvariante und dem Hallux valgus zeigen die Kleinzehendeformitäten, v.a. die Hammer- und Krallenzehen. Vielfach werden beide Begriffe synonym verwendet, jedoch existieren signifikante Unterschiede.

Hammerzehen sind die häufigsten Deformitäten des erwachsenen Vorfußes. Ursache ist meist unsachgerechtes Schuhwerk, wodurch sie häufig als Begleiterkrankung des Hallux valgus erscheinen. Andere Ursachen können Muskelimbancen, vermehrte Anspannung der extrinsischen Muskulatur bei Rückfußdeformitäten oder Knick-/Senk-/Plattfüße sein.

Die Hammerzehe ist eine Flexionsdeformität des proximalen Interphalangealgelenks der Zehe (Fuhrmann, Roth 1998). Das distale Interphalangealgelenk kann sowohl plantar- als auch dorsal flektiert sein. Das Metatarsophalangealgelenk steht in Neutralstellung, ist nach dorsal subluxiert oder kontrakt in geringgradiger Extension fixiert. Die Zehenkuppe weist immer Kontakt zum Boden auf (Wülker 2005).

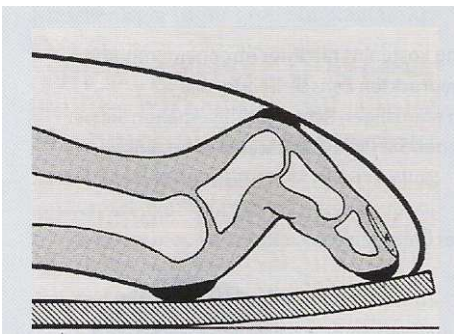


Abb. 10 schematische Darstellung der Hammerzehe (entnommen aus: „Der Orthopäde“ Band 34 Heft 8 08/2005 S. 758 Abb. 1)

Aufgrund der Fehlstellung der Gelenkanteile und der damit verbundenen Fehlbelastung finden sich häufig Klavi und Kallusbildung unter dem betroffenen Metatarsaleköpfchen und auf der Dorsalseite der Grundphalanx. Meistens betroffen ist die 2. Zehe, seltener die 3. und noch seltener die anderen Zehen. Die Fehlstellungen können sowohl in fixierter als auch flexibler Form vorliegen. Bei letzterem ist die Hammerzehe nur bei stehendem Patienten sichtbar und kann passiv vollständig

korrigiert werden. Ätiologisch wird analog zum Hallux valgus zu enges Schuhwerk für das Auftreten der Hammerzehen verantwortlich gemacht. Speziell hochhackige Schuhe begünstigen die Erkrankung. Durch den erhöhten Rückfuß werden die Metatarsophalangealgelenke in die Extensionsstellung gezwungen. Es kommt zunehmend zur Schwächung der langen Flexoren der Zehen und der kurzen Fußmuskulatur, wodurch die typischen Kontrakturen und Fehlstellungsmuster entstehen.

Krallenzehen ähneln vom äußeren Erscheinungsbild häufig den Hammerzehen, sind aber als weitaus schwerwiegendere Erkrankung anzusehen. Häufig sind gleichzeitig alle 5 Zehen involviert. Sie sind meist Folge einer generalisierten Fußfehlbildung (z.B. bei rheumatoider Arthritis, neurologischen Erkrankungen oder posttraumatischen Kontrakturen. In den Metatarsophalangealgelenken findet sich üblicherweise eine luxierte/subluxierte Dorsalextension bis hin zur Extensionskontraktur (Fuhrmann, Roth 1998; Hipp et al. 2003). Die Mittel- und Endglieder stehen in Plantarflexion, wodurch der Kontakt zum Boden verloren geht (Baumgartner, Stinus 1995). Die Metatarsalköpfchen stehen plantar prominent vor und zeigen eine starke Kallusbildung. Häufig besteht ein hohes Fußgewölbe (Pes Cavus) oder eine Varisierung im Rückfuß.

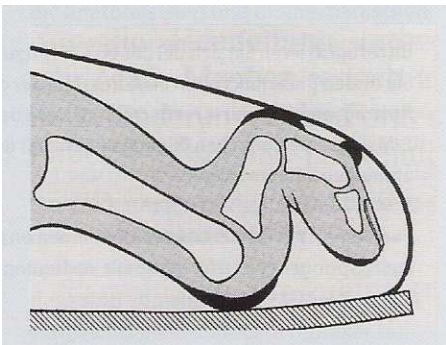


Abb. 11 schematische Darstellung der Krallenzehe (entnommen aus: „Der Orthopäde“ Band 34 Heft 8 08/2005 S.758 Abb.2)

## 1.6 Die Hallux-valgus-Deformität

Die Bezeichnung „Hallux valgus“ wurde bereits 1877 von Hueter geprägt und am einfachsten als „progrediente Subluxation des Großzehengrundgelenks“ definiert (Piggott 1960, Root et al. 1977). Nach der Definition der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie und dem Berufsverband der Ärzte für Orthopädie ist der Hallux valgus eine „Fehlstellung der Großzehe mit Abweichung nach fibular und Varusstellung des Metatarsale I“ (AWMF Leitlinie Nr. 033/018, 2002). Neben der axialen Komponente (Lateraldeviation/Abduktionsfehlstellung) zeigt sich typischerweise auch eine Rotationsfehlstellung der Großzehe im Sinne einer Innenrotation. Durch die Varusfehlstellung des Metatarsale I sind auch der Hallux-valgus-Winkel und der Intermetatarsale-Winkel pathologisch vergrößert. Die verschiedenen Komponenten der Hallux-valgus-Deformität sind in Abb. 12 zusammengefasst.

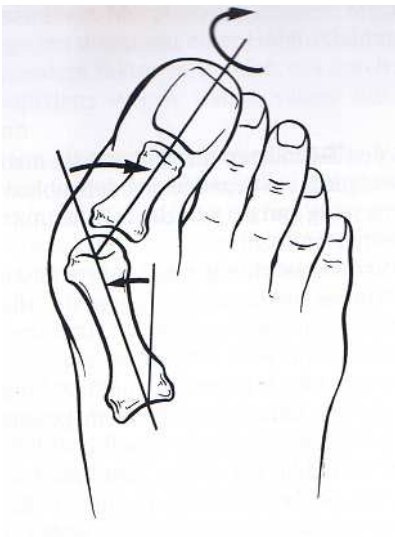


Abb. 12 schematische Darstellung der Hallux-valgus-Deformität. Varusfehlstellung des Metatarsale I, Großzehenabduktion und – innenrotation. (entnommen aus: „Fußchirurgie“ G. Pisani Thiemeverlag 1998 S. 260 Abb. 354)

### 1.6.1 Ätiologie des Hallux valgus

Zu den verschiedenen Ursachen und krankheitsfördernden Faktoren des Hallux Valgus existieren unzählige Theorien und Veröffentlichungen. Am anerkanntesten sind die folgend aufgeführten.

#### 1.angeborener Hallux Valgus

Er ist oft mit anderen Fehlbildungen, beispielsweise Polydaktylie, Spaltfuß oder Tumoren (z.B. Ekchondrome) vergesellschaftet (Hippe u. Sönnichsen 1986). Eine direkte Vererbung ist umstritten (Johnston 1956, Stammbaumdorschung an einer „Hallux-Familie“: autosomal dominanter Erbgang mit inkompletter Penetranz). Eine genetische Disposition ist jedoch bereits länger bekannt (Durlacher 1845). Störungen in der Osteogenese des lateralen Teils der Wachstumsknorpelfuge können über Enostose sekundär zum Hallux valgus führen. Auch Multisystemerkrankungen wie der Morbus Down und das Ehlers-Danlos-Syndrom, die mit einer ausgeprägten Bindegewebsschwäche einhergehen, begünstigen die Krankheitsentstehung.

## 2.traumatische Genese

Häufig nach fehlerverheilten Frakturen oder iatrogen nach Eingriffen am Vorfuß wie z.B. Amputationen der 2. Zehe oder verschiedenen Resektionsverfahren der Großzehe ohne ausreichende Rekonstruktion des Kapsel-Band-Apparates. Auch chronische Traumatisierungen durch Überbelastung (z.B. bei Tänzern) begünstigen die Entwicklung des Hallux valgus (Imhäuser 1986, Sammarco 1981).

## 3.entzündliche Genese

Destruktive und chronisch rezidivierende Entzündliche Gelenkerkrankungen (z.B. Polyarthritis) gehen ebenfalls häufig mit einem Hallux Valgus einher.

## 4.neurogene Genese

Verschieden spastische und paralytische Lähmungsformen disponieren zum Hallux Valgus. Ursache dafür ist meist eine Valgisierung im unteren Sprunggelenk. Ebenso können sensorische Neuropathiesyndrome direkt oder über eine Osteoarthropathie am Großzehengrundgelenk bzw. Destabilisierung des I. Strahls die Deformität bedingen.

## 5.idiopathischer Hallux Valgus

Häufigste Form des Hallux Valgus. Weder primär noch sekundär ist eine eindeutige Ursache

zuordenbar.

## 6.exogene Genese

Als prädisponierende Faktoren gelten v.a. weibliches Geschlecht (Grund siehe unter Kapitel Alter- und Geschlechtsverteilung) und Übergewicht (über 30% der Hallux-Patienten sind übergewichtig, Rogers u. Joplin 1947). Ein weiterer ganz wesentlicher ätiologischer Faktor ist das richtige bzw. falsche Schuhwerk. Bereits seit Ende des 19. Jahrhunderts ist zu enges Schuhwerk als ein Hauptverursacher des Hallux Valgus bekannt (Camper 1861, Hueter 1877). Studien aus Hongkong und Japan konnten eine direkte Verbindung des Anstiegs der Inzidenzrate des Hallux valgus mit der Einführung westlicher Schuhmode aufzeigen (Sim-Fook u. Hodgson 1958, Kato und Watanabe 1981).

Die Rolle des Schuhwerks darf allerdings nicht überbewertet werden. Verschiedene Veröffentlichungen (z.B. Hardy u. Clapham 1951, Debrunner 1986) zeigen, dass unter Trägerinnen hochhackiger spitz zulaufender Schuhe die Rate an Hallux-Patientinnen nicht signifikant höher war als in der Restpopulation. Andere Arbeiten konnten hohe Hallux valgus-Raten auch bei unbeschuhten Probanden nachweisen (Froriep 1834, Ewald 1912, Barnicot u. Hardy 1955).

### 1.6.2 Alters- und Geschlechtsverteilung

Der Hallux Valgus entwickelt sich häufig bereits im Adoleszentenalter, v.a. der Pubertät und Präpubertät (Payr 1894, Hohmann 1923, Helal 1981, Jerosch und Mamsch 1998). Viele Autoren sehen hierin die bereits 1845 von Durlacher propagierte erbliche Disposition bestätigt.

In über 90% der Fälle sind Frauen von der Erkrankung betroffen. Die Ursachen hierfür sind v.a. der durchschnittlich signifikant höhere Intermetatarsalwinkel der Frauen gegenüber Männern (15,4 gegenüber 14,5° nach Hardy und Clapham 1951), eine häufiger auftretende abnorme Pronation im unteren Sprunggelenk (Root et al. 1977) und die verstärkte Neigung zur Hypermobilität (Debrunner 1986).

### 1.6.3 Pathogenese des Hallux valgus

#### 1.6.3.1 Strukturelle und funktionelle Aspekte der Genese des Hallux valgus

Neben den bereits beschriebenen kausalen Zusammenhängen ist auch die Struktur und Funktion des Metatarsophalangealgelenkes und der benachbarten Gelenke in der Ätiologie der Erkrankung zu berücksichtigen. Form und Richtung der Gelenkfläche des 1. Strahles können entscheidenden Einfluss auf die Pathogenese des Hallux valgus haben (Mann und Coughlin 1984). Liegt beispielsweise statt der typischen abgerundeten Gelenkfläche eine in der Horizontalebene abgeflachte Form vor, wird der Abduktion stärkerer Widerstand entgegengesetzt und die Valgus-Deviation begünstigt. Auch Abweichungen in der Sagittalebene (vornehmlich nach lateral), welche rasch zur Subluxation führen (Piggott 1960) können oft beobachtet werden. Die Abweichung des Metatarsale I nach medial verstärkt diesen Trend (Tschernernjak und Reimann 1989). Der zunehmende Intermetatarsal-Winkel korreliert signifikant mit der Valgus-Deformität (Hardy und Clapham 1951).

Häufig angeführt werden auch Abweichungen im Längenverhältnis der Metatarsalia I und II (Morton 1935, Ramach und Stockinger 1981). Wobei vor allem verkürzte erste Mittelfußknochen zu Funktionsstörungen führen sollen (Harris und Beath 1949). Ob dies wirklich als Ursache oder doch eher als Symptom zu werten ist, ist strittig (Steinböck 1993, Houghton und Dickson 1979).

Vielfach wird in zahlreichen Publikationen auf bestimmte funktionelle Normabweichungen und Störungen hingewiesen. Besonders auf die veränderte Zugrichtung des M. abductor hallucis. Durch die Änderung der Lage des Ansatzes und des Ursprungs des Muskels, damit seiner Zugrichtung und im Endeffekt seiner Funktion, entfällt die Wirkung des einzigen Antagonisten der adduzierenden Muskulatur (der M. abductor hallucis wird dabei selbst zum Flexor).

Des Weiteren wird oft eine stärkere Vorfußpronation angeführt (Hohmann 1923). Durch die Pronation wird die Kraft des M. peroneus longus auf den ersten Strahl verringert. Diese Instabilität (Root et al. 1977) führt während der Abstoßphase des Gehvorgangs zur Eversion des Vorfußes und Inversion und Dorsalflexion des I. Strahls. Die Großzehe kann dieser Bewegung jedoch nicht folgen, da die Plantarflexoren sie auf der Unterlage fixieren (Ellis 1899). Es kommt zur Torsion in Frontal- und Sagittalebene.

Bei jedem Schritt entsteht eine leichte Subluxation (Root et al. 1977), begünstigend für den Hallux valgus.

### 1.6.3.2 Pathologisch-anatomische Veränderungen beim Hallux valgus

Die typischen pathologischen Veränderungen am Fuß betreffen sowohl den Knochen bzw. Gelenkknorpel, als auch den Bandapparat und die einstrahlende Muskulatur. Ossär imponiert v.a. die Lateralverlagerung der Sesambeine (nach Heubach (1897) in 3 Stadien verlaufend). In milder schweren Fällen ist das mediale Sesambein lediglich nach plantar abgedrängt und wird langsam unter die Crista und in die laterale Gleitfurchung geschoben (Stadium I), im Endstadium liegt das mediale Sesambein vollends in Höhe der anatomisch korrekten Lage des lateralen, und das laterale Sesambein vollständig neben dem Metatarsaleköpfchen (Stadium III).

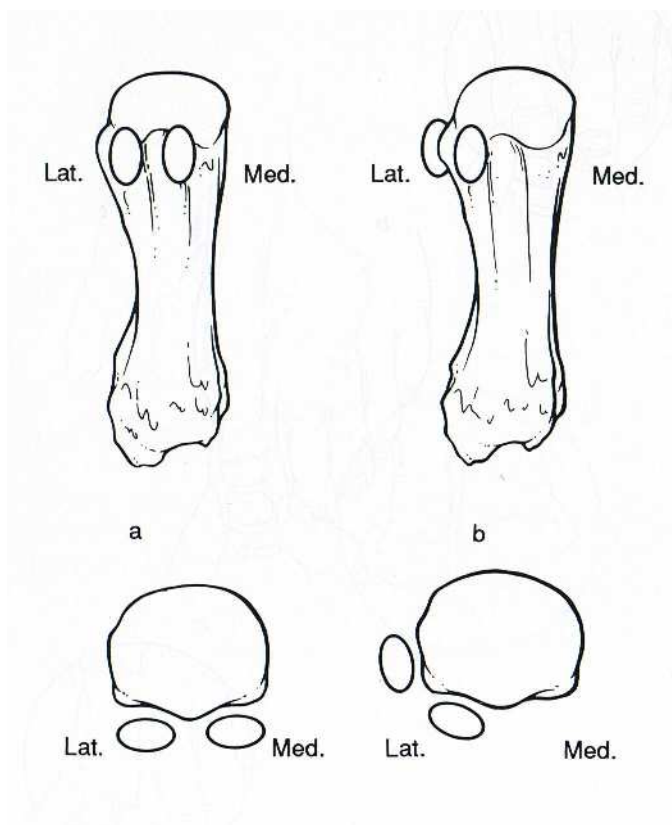


Abb. 13 a, b Subluxation der Sesambeine. a normale Lage, b laterale Subluxation bei Hallux Valgus (entnommen aus: „Der Fuß“ Alexander Springer-Verlag 1992 S.62 Abb.35a, b)

Durch starke Druck- und Scherkräfte entstehen dabei erhebliche Knorpelschäden an den Sesambeinen und dem Metatarsaleköpfchen.

Durch die Abweichung des Metatarsaleköpfchens nach medial imponiert der mediale Anteil klinisch zunächst als Pseudoexostose, später bilden sich jedoch über dem Epikondylus Osteophyten aus (Steinböck 1993). Ob es sich dabei tatsächlich um eine echte Exostose oder weiterhin lediglich eine Pseudoexostose handelt ist strittig. Osseäre Appositionen lassen sich im späteren Verlauf auch an den Sesambeinen nachweisen. Das mediale Sesambein erscheint dadurch oft abgeplattet und

vergrößert. Am lateralen Sesambein können hakenartig ausgezogene Arthrose-Wülste entstehen, die bei der operativen Reposition störend wirken.

Durch Medialdeviation des Metatarsaleköpfchens wird der Kapsel-Band-Apparat ausgeweitet. Der gesamte mediale Halteapparat ist oft papierdünn atrophiert, die Gelenkkapsel fast immer verdickt (Volkman 1856). Auf der lateralen Seite schrumpft die Gelenkkapsel und die Kollateralbänder. Infolge der Lateralisierung des sesamoidalen Apparates, entfalten die Adduktoren eine pronierende Wirkung auf die Basis der Grundphalanx. Der M. adductor hallucis verlagert seine Zugrichtung nach lateral (Haines und McDougall 1954, Hohmann 1923), büßt seine Funktion als einziger Antagonist zur adduzierenden Muskulatur ein und wird selbst zum Flexor. Durch die pronierende Wirkung seines Caput transversum kommt es (durchschnittlich ab einem Valguswinkel von 35,8° nach Hardy und Clapham 1952) zur Rotation der Großzehe (Hohmann 1923). Die Sehne des M. flexor hallucis longus gleitet mit den Sesambeinen nach lateral ab.

## **1.7. Therapie des Hallux Valgus**

### **1.7.1 Konservative Therapie**

Konservative Behandlungsstrategien werden fast ausschließlich im Kindes- und Jugendalter angewandt. Oftmals aber nur als temporäre Behandlungsoption, z.B. in der Phase des Skelettwachstums, um die Zeit bis zur Operationsfähigkeit zu überbrücken. Eine Korrektur der Großzehenstellung ist in der Regel nicht möglich (Wülker 1999).

Im Kindes und Jugendalter kann zunächst auch eine abwartende Haltung eingenommen werden. Dabei ist auf richtiges Schuhwerk zu achten (Pisani 1982). Fälle von Spontanheilungen sind beschrieben worden (Oppel et al. 1984).

Mittel der Wahl sind Redressionsverbände und Orthesen. Sie verhindern die Progression der Lateraldeviation und Pronation der Großzehe. Ihr Nutzen wird jedoch angezweifelt (Pisani 1982). Das Konzept umfasst auch die Therapie einer eventuellen Begleitsymptomatik (Spreizfuß und Metatarsalgie). Dazu stehen Antiphlogistika, Polsterungen und bei Bedarf auch Glukokortikoid-Injektionen zur Verfügung.

Schmerzreduktion und Beschwerdenlinderung kann häufig durch Einlagen in Kombination mit dem richtigen Schuhwerk erzielt werden. Vorne besonders weite, teilweise offene Schuhe (gegebenenfalls Sandalen) sind gut geeignet (Debrunner 2002). Physiotherapeutische Übungen zur Kräftigung der Fußmuskulatur sind ebenfalls sinnvoll, die Patientencompliance ist meist jedoch gering.

## 1.7.2 Operative Therapie

Aufgrund der meist unbefriedigenden Ergebnisse bei konservativer Therapie des Hallux valgus werden behandlungswillige Patienten meist rasch zur operativen Versorgung vorgestellt. Die Wahl des richtigen operativen Verfahrens ist dabei eine wichtige Voraussetzung für die Qualität und Reproduzierbarkeit des Ergebnisses. Eine ausführliche Anamnese, klinische Untersuchung des Fußes und die Frage nach der Erwartungshaltung des Patienten an das Ergebnis sind daher obligat. Bei fehlender Arthrose des Großzehengrundgelenks orientiert sich die operative Behandlung an einer normalen Vorfußanatomie. Gelenkerhaltende Verfahren sind zu bevorzugen; sie erzielen bessere funktionelle und kosmetische Ergebnisse als Resektionsarthroplastiken oder Arthrodesen (Ferrari, Higgins, Prior 2004).

Mehr als 100 verschiedene Verfahren stehen dem Operateur zur Verfügung. Die Entscheidung für ein Verfahren muss das Ausmaß der Fehlstellung der Großzehe, den Intermetatarsalwinkel und eventuelle Gelenkinkongruenzen berücksichtigen. Auch persönliche Erfahrungen des Operateurs mit verschiedenen Methoden und eigene Präferenzen spielen eine Rolle.

Allgemein können die gängigen Methoden eingeteilt werden in distale Weichteileingriffe und proximale und distale Osteotomien am Metatarsophalangealgelenk. Des Weiteren stehen noch phalangeale Osteotomien, Arthrodesen und Implantate zur Auswahl.

Beim distalen Weichteileingriff erfolgt ein Release der kontrakten lateralen Kapselanteile des Großzehengrundgelenks, der Sehne des M. adductor hallucis und des transversalen metatarsalen Bandes. Auf der medialen Seite wird die Exostose entfernt und die schlaffen Kapselanteile gerafft. Es existieren noch zahlreiche Modifikationen und Verfeinerungen dieser Vorgehensweise, die aber in den geschilderten Kernprozessen nicht differieren. Der distale Weichteileingriff kann bei inkongruentem Gelenk, Hallux-Valgus-Winkel unter  $30^\circ$  und Intermetatarsale-Winkel unter  $15^\circ$  befriedigende Ergebnisse liefern, birgt jedoch ein hohes Rezidivrisiko (Mann 1993).

Die distalen Osteotomien, z.B. in der Technik nach Chevron, Scarf oder Mitchell zielen auf eine Lateralisierung und Drehung des Mittelfußköpfchens. Sie zeigen eine deutlich geringere Rezidivrate als die alleinigen Weichteileingriffe. Die Chevron/Austin-Osteotomie eignet sich v.a. für Halluces mit einem Intermetatarsale-Winkel unter  $15^\circ$  und einem Valgus-Winkel unter  $30-35^\circ$  (allerdings darf keine ausgeprägte Pronation der Großzehe vorliegen).

Die stärksten Korrekturen lassen sich mit den proximalen Eingriffen erzielen. Diese Osteotomien sind dabei fast immer mit einem distalen Weichteileingriff verbunden. Drei verschiedene Techniken stehen zur Verfügung. Zum einen die Entnahme eines offenen Keils („open wedge“), dann die

Osteotomie mit schließendem Keil („closed wedge“) und als drittes eine bogenförmige Schnittführung. Häufiger praktiziert werden vor allem die closed-wedge-Technik und die bogenförmige Schnittführung. Die Osteotomien mit offenem Keil sind oft weniger stabil und können zur Verlängerung des ersten Strahles führen. Closed-wedge-Verfahren bergen die Gefahr der Verkürzung des ersten Strahls und der Dorsalextension des Metatarsale I.

Korrekturen an der proximalen Phalanx der Großzehe (Osteotomie nach Akin) eignen sich vor allem für geringer gradige Fehlstellungen (kongruentes Gelenk und distaler Metatarsalgelenkwinkel unter  $15^\circ$ ). Des Weiteren werden sie bei Hallux valgus interphalangeus und in Kombination mit den bisher genannten Verfahren zur Korrektur von Restdeformitäten eingesetzt.

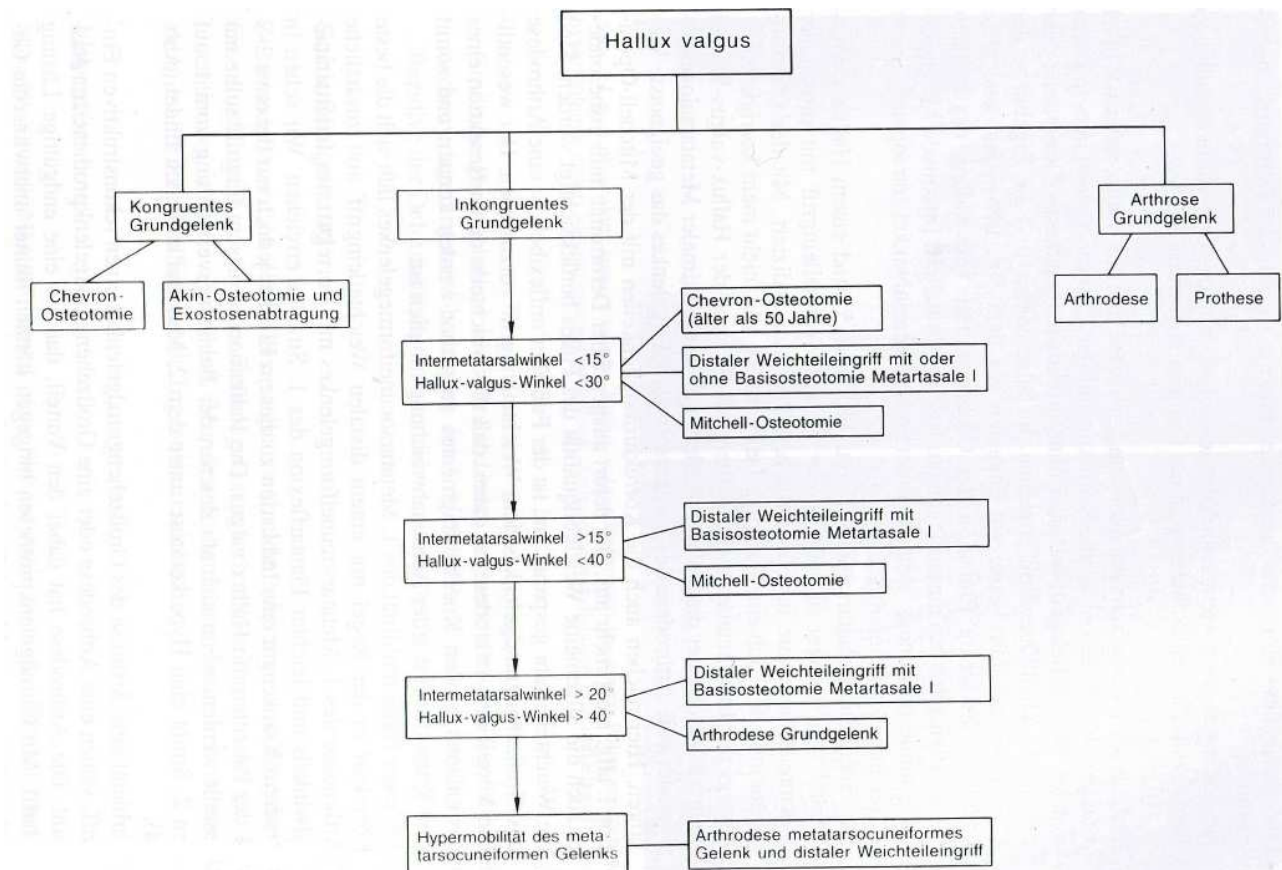


Abb. 14 Schema zur Eingriffswahl bei Hallux Valgus (entnommen aus: „Vorfuss Deformitäten – Behandlungskonzepte für Klinik und Praxis“ Wirth/Ferdini/Wülker Springerverlag 1993 S.221 Abb.13)

### 1.7.2.1 Die Osteotomie nach Chevron/Austin

Die Chevron-Osteotomie zählt zu den distalen Osteotomietechniken am Metatarsale I. Sie wird bereits seit 1962 erfolgreich eingesetzt und verdankt ihren Namen der V-förmigen Schnittführung die den gleichförmigen Abzeichen auf den Schulterklappen amerikanischer Soldaten ähnelt. Anwendung findet sie vor allem bei leichten bis mittelgradigen Fehlstellungen (Corless 1976, Hattrup u. Johnson 1985). Voraussetzungen für die Operabilität der Patienten sind ein Valgus-Winkel unter  $40^\circ$ , ein Intermetatarsalewinkel bis maximal  $15^\circ$  und der Ausschluss von arthrotischen Veränderungen im Metatarsophalangealgelenk. Dementsprechend kontraindiziert ist die Chevron-Osteotomie bei Patienten mit Gelenkverschleiß im Großzehengrundgelenk, bei höhergradig ausgeprägtem Hallux Valgus und bei inkongruentem Gelenk. Der Zugang bei der Chevron-Osteotomie erfolgt über einen longitudinalen Hautschnitt mediodorsal am Großzehengrundgelenk. Mit schichtweiser Präparation wird die mediale Gelenkkapsel

dargestellt und eröffnet. Die Schnitfführung muss so gewählt werden, dass bei Verschluss der Kapsulotomie die Sesambeine und die Großzehe in Korrekturstellung gehalten werden. Viele Autoren präferieren dafür einen L-förmigen Schnitt. Nun wird die Exostose vollständig dargestellt und mit einer Säge entfernt. Eine überschüssige Resektion der Medialseite muss dabei unbedingt vermieden werden, sonst droht Gelenkverletzung. Anschließend erfolgt das Release der lateralen Kapsel. Gelenkverletzungen sind auch hier unbedingt zu meiden.

Im Zentrum des ersten Mittelfußköpfchens wird eine Bohrung von medial nach lateral angelegt und ein Kirschnerdraht eingebracht. Der Draht markiert die Spitze des V-förmigen Schnittes. Die beiden Schenkel des V werden mit der oszillierenden Säge angelegt, wobei der Winkel zwischen ihnen circa  $60^\circ$  beträgt. Während des Sägens wird die Zehe in leichter Valgusstellung gehalten, um eine Verletzung der ersten dorsalen Metatarsalarterie zu vermeiden. Beim Vortreiben der Säge ist besondere Vorsicht geboten. Sie darf auf keinen Fall über die laterale Kortikalis hinaus geführt werden, sonst droht die Verletzung der extraossären Gefäßversorgung und Köpfchennekrose. Ist die Osteotomie komplett, wird das Metatarsaleköpfchen manuell oder mittels kleinem Stößel oder Zange 4-6mm nach lateral verschoben. Die Fragmente werden zur Stabilisierung mit einer Schraube fixiert. Abschließend wird die mediale Kante am proximalen Fragment etwas geglättet, dann die Kapsel mit nicht resorbierbarem Faden verschlossen. Es folgt die Draineinlage und der Wundverschluss.

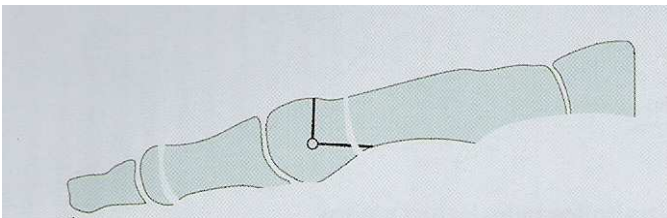


Abb. 15 schematische Operationsskizze der Osteotomie nach Austin (entnommen aus: „Der Orthopäde“ Band 34 Heft 8 08/2005 S.730 Abb.4a)

#### Modifikationen der Chevron-Technik

Einige Autoren empfehlen verschiedene Modifikationen des Verfahrens. Häufige Verwendung findet die Technik mit verlängertem plantarem Schenkel zur zusätzlichen Stabilisierung der Osteosynthese. Ebenfalls empfohlen wird die Entnahme eines medialbasigen Keils an der dorsalen Resektionsfläche um einen zusätzlichen Korrektoreffekt zu erzielen (v.a. bei distalen metatarsalen Gelenkwinkeln  $>10^\circ$ ). Eine andere Modifikation ist die „dynamische Osteosynthese“ mit invertierter Schnitfführung (die Schenkel verlaufen nach distal). Hauptvorteil ist das geringere

Risiko der Durchtrennung der Blutversorgung des Metatarsaleköpfchens durch subkapitale, extrakapsuläre Schnittführung und die Anwendbarkeit auch auf höhergradige Fehlstellungen (Stoffella 1998).

### 1.7.2.2 Die Osteotomie nach Meyer-Scarf

Die diaphysäre, z-förmige Schrägosteotomie nach Scarf ist eine weitere distale Osteotomietechnik. Der Name dieser Korrekturmethode leitet sich von einer Technik der Zimmerleute ab, 2 Balken miteinander zu verbinden. Sie eignet sich sowohl für leichte als auch schwerere Fehlstellung, da die Osteotomiefragmente nach Belieben verschoben werden können. Einzig limitierender Faktor hierbei ist die minimal erforderliche Kontaktfläche um die Stabilität der Osteosynthese zu gewährleisten (die Kontaktfläche sollte mindestens 50% der Osteotomiefläche betragen; Wülker, Suckel 2005). Für sehr starke Fehlstellungen (Intermetatarsalewinkel  $>15^\circ$ ) ist die Osteotomie nach Scarf nicht geeignet (Wülker 2005).

Der Zugang erfolgt über einen dorsomedianen Hautschnitt. Nach Präparation und Eröffnung der Kapsel mit lateralem Release wird die Pseudoexostose abgetragen. Unter Schonung der Gefäßversorgung wird das Metatarsaleköpfchen präpariert. Anschließend erfolgt die Markierung mit 2 parallel in die Diaphyse eingebrachten Kirschnerdrähten. Der proximale K-Draht wird etwa auf Höhe des plantaren Drittels des Metatarsaledurchmessers in der Sagittalebene eingebracht, der distale Draht auf Höhe des dorsalseitigen Drittels. Die K-Drähte sollten etwa rechtwinklig zur dorsoplantaren Ebene stehen.

Mit der oszillierenden Säge wird die Osteotomie z-förmig entlang der Drahtmarkierungen vorgenommen. Sie sollte etwa  $\frac{3}{4}$  der Gesamtlänge des Metatarsale umfassen, um nach der Verschiebung ausreichende Rotationsstabilität zu gewährleisten. Zu kurz gewählte Osteotomien bergen die Gefahr des Einschneidens harter Kortikalisanteile in die weiche Spongiosa (sogenanntes „troughing“, Coetzee 2003). Ist die Osteotomie vollständig werden die Fragmente verschoben, bis eine ausreichende Korrektur erzielt wird. Anschließend wird das Ergebnis mit kanülierten Schrauben gesichert. Überstehende Knochenanteile werden mit der Säge geglättet. Nach Kapselnaht (und ggf. – raffung) erfolgt die Draineinlage und der Wundverschluss.

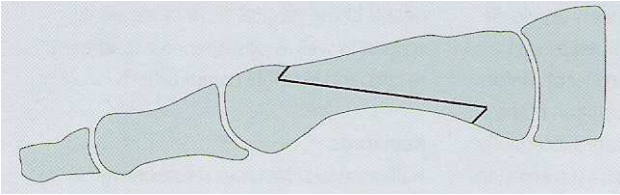


Abb. 16 schematische Operationsskizze der Osteotomie nach Scarf (entnommen aus: „Der Orthopäde“ Band 34 Heft 8 08/2005 S.730 Abb.5)

### 1.7.2.3 Die Osteotomie der Grundphalanx nach Akin

Bei dieser nach ihrem Erstbeschreiber benannten Technik (Akin 1925) wird eine Varisationsosteotomie der Grundphalanx durchgeführt. Dazu wird nach Hautschnitt und Präparieren der Grundphalanx von distal-medial mit der oszillierenden Säge ein schräger Keil mit medialer Basis nach proximal-lateral herausgesägt. Die laterale Kortikalis und die proximale Metaphyse werden erhalten. Nach dem schließen der Osteotomie wird mittels Stapler-Systems fixiert.

### 1.7.2.4 Die proximale Metatarsale-I-Osteotomie/Basisosteotomie

Proximale Osteotomien eignen sich zur Versorgung von stark ausgeprägten Halluces valgus. Sie werden in aller Regel mit distalen Weichteileingriffen kombiniert. Begonnen wird mit der distalen Korrektur, um für die Ausrichtung der Basisosteotomie korrekte anatomische Verhältnisse zu gewährleisten.

Der erste Zugang wird über dem Grundgelenk durch einen medialen Hautschnitt gelegt. Ein zweiter Zugang wird dorsal über dem 1. Interdigitalraum geschaffen und die laterale Kapsel präpariert. Kontrakte Kapselanteile werden entfernt. Anschließend wird die Sehne des M. adductor hallucis freigelegt und an ihrem Ansatz an der lateralen Kapsel, der Grundphalanx und dem lateralen Sesambein abgelöst. Das transverse Metatarsalligament wird mittels Skalpell durchtrennt. Auf der

medialen Seite wird die Kapsel und die plantar verlaufende Sehne des M. abductor hallucis dargestellt. Die Exostose wird durch dorsomediale Kapselinzision freigelegt, abgetragen und die Kanten mittels Rangeur oder Säge geglättet. Zur Kapselraffung wird senkrecht zur Längsachse des Metatarsale I ein etwa 5 mm großer Kapselstreifen entnommen. Bei der Schnittführung wird die Sehne des M. abductor hallucis an ihrem Ansatz am medialen Sesambein durchtrennt.

Jetzt wird ein dritter Zugang über einen Hautschnitt an der Dorsalseite des Metatarsocuneiforme-I-Gelenks gelegt. Das Gelenk wird freipräpariert, die Extensorsehne nach medial oder lateral retrahiert. Die Osteotomie wird in Höhe des Endes der proximalen Diaphyse des Metatarsale I, etwa 1cm distal des Gelenks gelegt. Einen weiteren Zentimeter distal wird vorbereitend die Markierung für den Bohrkanal der Fixationsschraube gesetzt. Die Osteotomie wird dann in einer bogenförmigen Schnittführung mit Konkavität nach proximal angelegt. Alternativ kann eine v-förmige Schnittführung analog der Osteotomie nach Austin gewählt werden (Schenkel zeigen nach distal). Das Metatarsale I wird vollständig durchtrennt und mobilisiert.

Die Korrektur erfolgt schrittweise. Zunächst werden Adaptationsnähte in den ersten Interdigitalraum gelegt, unter Einschluss der Adduktorsehne. Sie wird an die laterale Kapsel genäht. Nun wird die Osteotomie in Position gebracht. Dazu wird das proximale Fragment des Schaftes mittels einer Zange nach medial geneigt, dann durch Druck auf das Metatarsaleköpfchen nach lateral gedreht bis die korrekte Position erreicht ist. Der Bohrkanal für die Fixationsschraube wird vervollständigt und die Osteotomie mit einer Spongiosaschraube gesichert. Abschließend wird die mediale Kapsel gerafft, eine Drainage über der Osteotomie eingelegt und die Wunden verschlossen.

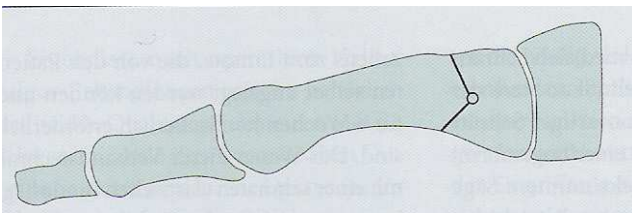


Abb. 17 schematische Operationsskizze der Basisosteotomie (entnommen aus: „Der Orthopäde“ Band 34 Heft 8 08/2005 S.731 Abb. 6a)

### 1.7.3 Therapie von Kleinzehendeformitäten

Kleinzehendeformitäten stellen bei der Therapie des Hallux valgus oft nur ein nachrangiges Problem dar. Obwohl der Leidensdruck der Patienten mitunter höher als durch die Ballenzehe selbst sein kann.

In der Regel wird eine operative Versorgung angestrebt werden. Bei Kontraindikationen oder unwilligen Patienten stehen als konservative Maßnahmen orthopädisches Schuhwerk mit Zugwirkung oder Maßschuhe mit ausgeweiteter Zehenkappe zur Verfügung.

Eine ursächliche Therapie ist jedoch nur chirurgisch möglich. Analog zur Hallux-valgus-Chirurgie wird ein gelenkerhaltender Eingriff angestrebt.

Die Wahl des operativen Verfahrens ist abhängig von der Frage, ob eine flexible oder kontrakte Fehlstellung vorliegt.

Flexible Hammerzehen werden überwiegend mittels Sehnentransfer nach Girdlestone-Taylor (Girdlestone 1947, Taylor 1951) korrigiert. Nach plantarem Zugang über dem Zehengrundgelenk wird die lange Beugesehne dargestellt. Nach Lösen des Ansatzes am Zehengrundgelenk erfolgt eine Spaltung in 2 Schenkel entlang der Sehnenraphe. Ein zweiter Zugang wird dorsal geschaffen (zur Kontrakturprophylaxe wird eine geschwungene Schnitfführung verwendet). Nach Darstellung der Extensorenplatte werden die beiden Schenkel der Beugesehne unter Schonung des Gefäß-Nervenbündels nach dorsal transferiert. Bei 20° gebeugter Zehe werden sie in Vorspannung miteinander über der Extensorensehne vernäht. Die Zugänge werden wieder verschlossen und zur Sicherung des Korrekturergebnisses ein Pflasterzügelverband in Plantarstellung der Zehe für 3 Wochen angelegt.

Andere Verfahren transpositionieren die kurze Beugesehne, was allerdings weitaus schwieriger und weniger wirksam ist (Parish 1973).

Kontrakte Hammerzehen werden mit einer Resektionsarthroplastik nach Hohmann versorgt (Hohmann 1925). Nach Anlage eines geschwungenen Hautschnitts über dem PIP-Gelenk wird die Strecksehne dargestellt. Sie kann entweder durchtrennt, gespalten oder in toto nach lateral verlagert werden. Die Gelenkkapsel wird eröffnet und das Grundglied nach Absetzen der Kollateralbänder auf ein Drittel gekürzt. Abschließend wird die Kapsel gerafft und bei Bedarf die Strecksehne rekonstruiert. Das Korrekturergebnis wird mittels Kirschnerdraht fixiert (für etwa 3 Wochen).

Zur Versorgung der Krallenzeh hat sich in Europa die Verschiebeosteotomie des Metatarsaleköpfchens nach Weil durchgesetzt (Barouk 1996). Ziel der Operation ist eine leichte Einkürzung des Mittelfußknochens mit funktionellem Erhalt der Biomechanik bzw. des Abrollvorgangs des Zehengrundgelenks. Voraussetzung ist der Ausschluss rheumatischer Erkrankungen; diese sind Indikation für resezierende Arthroplastiken.

Als Zugang dient ein dorsaler, geschwungener Hautschnitt entlang des Mittelfußknochens. Das Zehengrundgelenk wird präpariert und die Strecksehnen mobilisiert. Bei ausgeprägten Befunden wird die Sehne des langen Streckers (M. extensor longus) z-förmig tenotomiert. Nach Darstellung und Spaltung der Gelenkkapsel wird das Metatarsaleköpfchen unter starker Plantarflexion der Zehe exponiert. Die Kollateralbänder werden abgesetzt. Nun erfolgt beginnend knapp unterhalb der Knorpel-Knochen-Grenze die Osteotomie von dorsal und kraniodistal nach plantar-proximokaudal. Eine Plantarverschiebung des Mittelfußköpfchens ist zu vermeiden, da sonst eine Druckerhöhung mit Tiefertreten des Köpfchens droht. Die Entnahme einer dünnen Knochenscheibe kann evtl. Abhilfe schaffen (Wülker 2005). Nach Vollendung der Osteotomie wird das Metatarsaleköpfchen in die gewünschte Position gebracht. Das Ergebnis wird mittels selbstschneidender Schraube fixiert. Nach Kapselnaht erfolgt der schichtweise Wundverschluss.

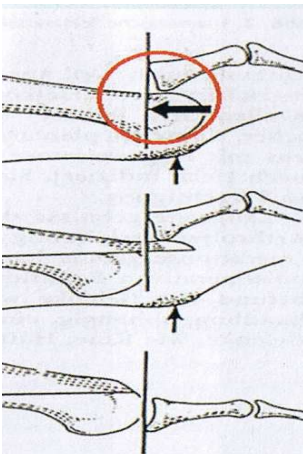


Abb. 18 schematische Operationsskizze der Osteotomie nach Weil (entnommen aus: „Der Orthopäde“ Band 34 Heft 8 08/2005 S.763 Abb.9)

#### **1.7.4 Nachbehandlung**

Vorfußdeformitäten können zwar durch operative Verfahren behoben werden, Begleiterscheinungen wie muskuläre Defizite und Bewegungseinschränkungen bleiben meist aber auch nach Korrekturingriffen bestehen. Eine adäquate Physiotherapie ist hier hilfreich und notwendig. Besonders das Erlernen der richtigen Belastung und Entlastung ist für das funktionelle Ergebnis entscheidend. Orientierungshilfe können verschiedene Stufenkonzepte liefern (Brodbeck/Liedtke 2006).

Im eigenen Patientengut wird mit leichten aktiven Bewegungsübungen noch am Operationstag begonnen. Alle Patienten erhalten eine Standard-Schmerzmedikation mit Imbun® retard und Tramal® Tropfen sowie eine Low-Dose Heparinisierung mit niedermolekularen Heparinen (Fragmin® P forte) für 4 Wochen. Weitere Schmerzmedikation erfolgt bedarfsadaptiert. Ab dem 1. postoperativen Tag wird das Großzehengrundgelenk aktiv und passiv beübt. Am 2. postoperativen Tag folgt in der Regel die Entfernung der Drainage und ein Verbandswechsel. Ab dem 2. postoperativen Tag wird auch die Mobilisation unter Entlastung des Vorfußes begonnen, zunächst mit Hilfe eines Vorfußentlastungsschuhs. Um den 10. postoperativen Tag wird das Nahtmaterial entfernt. Nach 4 Wochen wird eine Röntgenkontrolle durchgeführt. Bei guter Konsolidierung der Osteotomie kann dann auf den Vorfußentlastungsschuh verzichtet werden.

	1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche	5. Woche	6. Woche	7. Woche	8. Woche	6. Monat
Hilfsmittel	Entlastungs-Schuh ab 2. Tag stationär Silikonsocke ab Woche 4			nicht einengende Schuhe Übergang in Vollbelastung nach Röntgen- kontrolle	normale Schuhe				offene Schuhe
Therapiefrequenz	einmal pro Woche EPT								Therapievisite
Therapieziel/ Funktion/ Aktivität	<ul style="list-style-type: none"> <li>physiologisches Gangbild, Stöße wenn nötig</li> <li>abschwellende Maßnahmen</li> <li>passive Mobilisation MTP 1</li> <li>Aktivieren der Zehenflexoren/-extensoren</li> <li>Aktivieren der Fußwölbung</li> <li>Narbenmobilisation</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>passive Mobilisation MTP1 und der beteiligten Kleinzehen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abrollen mit normalem Schuh</li> <li>Verbessern der aktiven und passiven Beweglichkeit MTP 1 und beteiligter Kleinzehen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abrollen barfuß</li> <li>Einbeinstand</li> <li>Gehstrecke 30 min.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensomotorik labile Unterlagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>schmerzfreier Gang</li> <li>Gehstrecke 60 min.</li> <li>symmetrischer Zehenstand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>schmerzfreier ökonomischer Gang</li> <li>Gehstrecke ohne Limit</li> <li>einseitiger Zehenstand</li> </ul>	
EPT-Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>abschwellende Maßnahmen</li> <li>Mobilisation MTP 1 passiv im Matrixbereich: joint-play, Add und Rot</li> <li>aktives Bewegen MTP 1 (v.a. Flex)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fußpflege</li> <li>Gehschule</li> <li>Mobilisation MTP 1 und beteiligter Kleinzehen passiv</li> <li>Sensomotorik im Sitzen (Fußwölbung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instruktion Automobilitation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>passive Mobilisation MTP1 und beteiligter Kleinzehen endgradig</li> <li>Training Fußwölbung im Stand</li> <li>Flexorenaktivität gegen Widerstand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>passive Mobilisation endgradig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instruktion/Kontrolle Eigentherapie</li> <li>passive Mobilisation endgradig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instruktion weiteres Training</li> <li>exzentrische Aktivität Wadenmuskulatur</li> <li>Gehtraining, Walking, Sprünge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instruktion Beweglichkeit, Kraft, Sensomotorik und Schuhberatung falls nötig</li> </ul>	
Instruktion Eigentherapie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fußgymnastik und Hochlagern</li> <li>Aktivieren der Zehenflexoren</li> <li>Training Fußwölbung</li> <li>Ganzkörpertraining</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Weichteiltechniken</li> <li>Sensomotorik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automobilisation MTP1 in Flex, Add und Rot MTP Kleinzehen Flex, Abd/ Add falls nötig</li> <li>Abrollen im Sitzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automobilisation endgradig MPT1 und beteiligte Kleinzehen</li> <li>Flexorenaktivität mit Theraband</li> <li>Abduktorenaktivität</li> <li>Einbeinstand</li> <li>Sensomotorik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wie Woche 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einbeinstand</li> <li>Sensomotorik labile Unterlagen</li> <li>blindes Gehen</li> </ul>			
Verlaufsbeurteilung (2 Ergebnismessungen/Behandlungen bei spezialisierter Visitentherapie)	<ul style="list-style-type: none"> <li>visuelle Analogskala (VAS)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>VAS</li> <li>Beweglichkeit aktiv und passiv MTP1: Flex, Ext, Abd und Add</li> <li>Kleinzehen Bodenkontakt</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Zehenkrallen im Stand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>VAS</li> <li>Gehstrecke in Minuten</li> <li>Einbeinstand in Sekunden</li> <li>Abrollen barfuß</li> <li>Beweglichkeit endgradig</li> <li>MTP1 aktiv und passiv</li> <li>Zehenkrallen im Stand</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>VAS</li> <li>Zufriedenheit</li> <li>Gangbild</li> <li>Gehstrecke in Minuten</li> <li>Einbeinstand in Sekunden</li> <li>Zehenstand beidseits</li> <li>Beweglichkeit endgradig MTP 1 aktiv und passiv</li> <li>Krallen Kleinzehen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zehenstand einseitig</li> <li>weitere Daten wie Woche 8</li> </ul>
Ziel Patient/ Alltag					<ul style="list-style-type: none"> <li>normale Schuhe</li> <li>Gehtraining</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arbeitsfähigkeit sitzend</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arbeitsfähigkeit stehend</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wandern, Joggen, Tanzen, Tennis etc.</li> </ul>	

Tab. 2 allgemeines Stufenkonzept zur Nachbehandlung des Hallux Valgus (nach Brodbeck und Liedtke 2006, entnommen aus: „arthritis+rheuma“ 03/2006, 26:137-208 S.169 Abb.1)

## 2. Patientengut und Methode

### 2.1 Patienten

In den letzten 10 Jahren, von Januar 1996 bis Januar 2006 wurden 1011 stationäre Korrekturen eines Hallux valgus an der orthopädischen Klinik der Universität Greifswald durchgeführt. Dabei wurden 353 Patienten nur am ersten Strahl nach einem Osteotomieverfahren (Austin, Scarf oder Basisosteotomie) operiert. Eine weitere Gruppe bildeten die Patienten, die zwar auch ausschließlich am ersten Strahl, aber durch einen komplexen Eingriff korrigiert wurden. Diese Patienten erhielten zusätzlich zu einer Austin-, Scarf- oder Basisosteotomie noch eine Korrektur an der distalen Phalanx des großen Zehs (Osteotomie nach Akin). Diese Gruppe umfasste insgesamt 265 Patienten. Eine 3. Gruppe mit 393 Patienten bildeten die komplexen Korrekturen. Diese Patienten wurden einerseits mit einem komplexen Eingriff am ersten Strahl (also Austin-, Scarf- oder Basisosteotomie plus Akin) versorgt, erhielten zusätzlich aber noch eine Osteotomie an mindestens einem weiteren Strahl bzw. Zeh. Dabei handelte es sich vorrangig um Eingriffe nach Hohmann oder Weil.

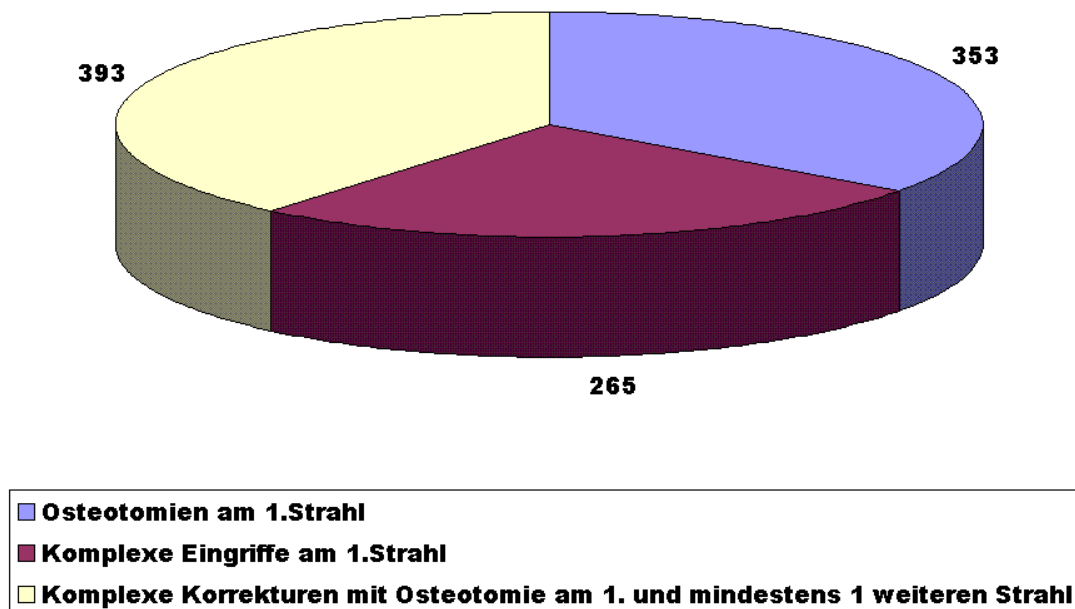


Abb. 2.1 Verteilung der vorgenommenen Eingriffe

In der Gruppe der Osteotomien am 1. Strahl wurden 191 Patienten nach der Methode nach Chevron/Austin osteotomiert, weitere 108 Osteotomien nach der Methode nach Scarf durchgeführt und 54 Patienten mit einer Basisosteotomie versorgt.

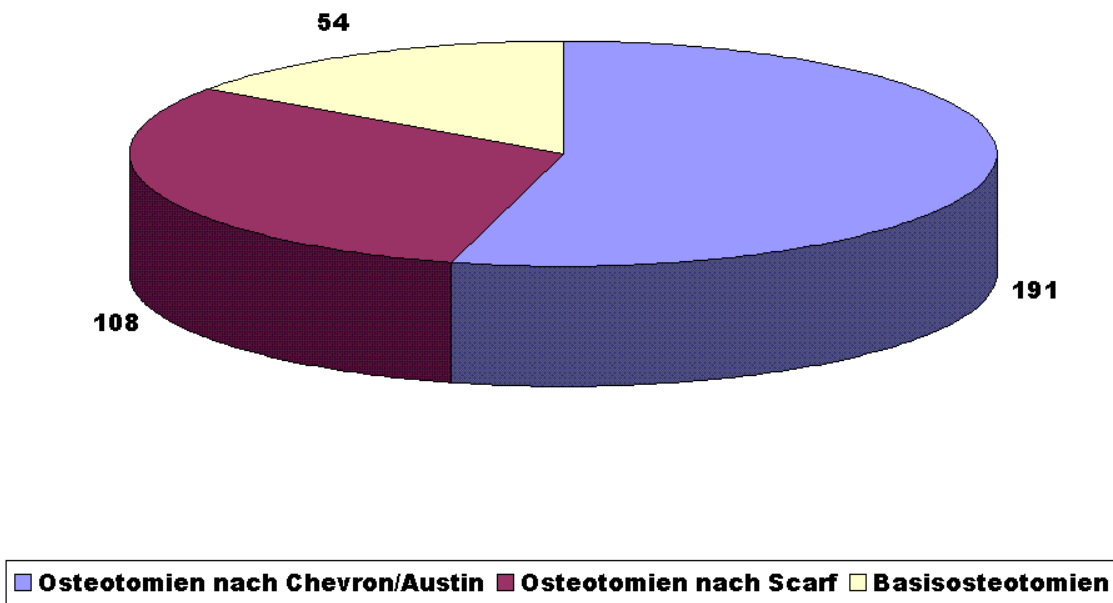


Abb. 2.2 Verteilung der Osteotomieverfahren bei einfachen Eingriffen am 1. Strahl

Bei der Geschlechterverteilung zeigte sich ein überwiegender Anteil an Patientinnen. Insgesamt wurden 831 Frauen operiert, entsprechend einem prozentualen Anteil von 82,2%. Dem gegenüber wurden 180 Männer mit einem Hallux valgus mit einem prozentualen Gesamtanteil von 17,8% operiert.

Von den insgesamt 1011 Korrekturen führte ein Operateur 94% der Eingriffe durch (950 Operationen), die restlichen 6% operierten 3 andere Kollegen. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt des Eingriffs lag bei 53,28 Jahren (die jüngste Patientin war 12 Jahre alt, die älteste 77).

## 2.2 klinische Untersuchung und Auswertung

Das Patientengut wurde sowohl prä- und postoperativ als auch während der Nachkontrollen (erstmalig nach 4 Wochen) untersucht und befragt. Jeder Patient erhielt des Weiteren vor und nach der Operation und zu den Nachuntersuchungen Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen (p.a. und seitlicher Strahlengang) vom Vorfuß. Weitere zur Auswertung notwendige Daten wurden den jeweiligen Krankenakten entnommen. Dazu zählten im Einzelnen: Alter, Geschlecht, Art des operativen Verfahrens, Dauer und Verlauf der Operation und des stationären Aufenthalts, zeitliches Auftreten, Verlauf, Art, Dauer, Anzahl und Management von Komplikationen.

Die klinische Untersuchung orientierte sich an einem Score-System der American Foot and Ankle Society (A.O.F.A.S.) zur Beurteilung von Vorfußoperationen (Kitaoka et al. 1994).

Der Score eignet sich zur Bewertung des prä- und postoperativen Erscheinungsbildes bei Hallux valgus, Hallux varus, Hallux interphalangeus, Hallux rigidus und anderer arthrotisch-degenerativer Prozesse am Großzehengrundgelenk sowie Hammer- und Krallenzehen.

Der Score vergibt maximal 100 Punkte, die auf 3 Bereiche verteilt werden. Für den Teilbereich „Funktion“ werden 45 Punkte vergeben (aufgeteilt auf 6 Merkmale), für den Bereich Schmerz 40 Punkte und für die Stellung der Großzehe (Alignement) 15 Punkte.

### 2.2.1 Nachuntersuchungsbogen

Hallux-Metatarsophalangeal-Interphalangeal-Score der A.O.F.A.S.

(Kitaoka et al. 1994)

Die Werte in den Klammern bezeichnen die maximal zu erreichende Punktzahl im jeweiligen Teilbereich.

Schmerzen (40)	Keine (40)	
	Leicht, gelegentlich (30)	
	Mäßig, täglich (20)	

	Stark, immer	(0)	

Funktion	(45)	1. Belastung	
		Keine Einschränkungen	(10)
		Keine Einschränkungen täglicher Aktivitäten, aber eingeschränkte Freizeitaktivitäten	(7)
		Starke Einschränkungen täglicher und Freizeitaktivitäten	(0)
		2. Schuhe	
		Normales Schuhwerk	(10)
		Einlagen	(5)
		Spezialschuhe/orthopädische Schuhe	(0)
		3. Beweglichkeit des MTP-Gelenkes (Dorsalextension/Plantarflexion)	
		>74° (nicht oder gering eingeschränkt)	(10)
		66-74°	(9)
		57-65°	(8)
		48-56°	(7)
		39-47°	(6)
		30-38°	(5)

	<30° (stark eingeschränkt)	(0)	
	4. Beweglichkeit im IP-Gelenk		
	Keine Einschränkungen	(5)	
	Starke Einschränkungen	(0)	
	5. MTP-IP-Stabilität		
	Stabil	(5)	
	Instabil/dislozierbar	(0)	
	6. Schwielen MTP-IP-Gelenk und Hallux		
	Keine/asymptomatisch	(5)	
	Symptomatisch	(0)	

Alignement (15)	Gut	(15)	
	Zufriedenstellend/geringe bzw. asymptotische Fehlstellung	(8)	
	Schlecht/ symptomatische Fehlstellung	(0)	

### **2.3 Statistik und Datenerfassung**

Zur Erfassung und Ordnung der Daten wurde das Statistikprogramm Excel XP von Microsoft herangezogen. Die anschließende Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe von NCSS (in der Version 2007). Als signifikanter Unterschied wurde orientierend am wissenschaftlichen Standard eine Abweichung von weniger 5% ( $p < 0,05$ ) definiert. Dem entsprechend ist ein  $p < 0,01$  als hoch signifikant einzustufen. Als Test zur Prüfung des Signifikanzniveaus diente in dieser Arbeit der t-Test für gepaarte bzw. verbundene Stichproben. Es wurde dieses Testverfahren gewählt, da es sich gut für Doppelmessungen an einer konstanten Versuchseinheit/Probandengruppe eignet und somit gut auf prä- und postoperative Untersuchungen bei denselben Patienten angewendet werden kann.

## **2.4 Radiologische Diagnostik**

Als ein weiteres Kriterium zur Objektivierung des Erfolgs der Korrektur-Osteotomien diene der Abgleich von prä- und postoperativ angefertigten Röntgenbildern. Es wurden nach Standard Aufnahmen in 2 Ebenen (dorso-plantar und seitlich) angefertigt. Als auswertbare Größen bzw. messbare Parameter konnten vor allem der Intermetatarsalwinkel und der Hallux-valgus-Winkel herangezogen werden.

### **2.4.1 Intermetatarsalwinkel**

Der Intermetatarsalwinkel (kurz IMW) ist definiert als Winkel mit Scheitel am Schnittpunkt der Schafthalbierenden der Ossa metatarsalia I und II. Ab welcher Größe der Winkel die noch tolerierbare Norm übersteigt und als eindeutig pathologisch einzuschätzen ist, ist nicht völlig geklärt. Diverse Autoren geben den IMW mit unterschiedlichen Grenzwerten an, die meisten betrachten jedoch einen Winkel von mehr als  $10^\circ$  als pathologisch (Durman 1957, Rütt 1961, Piggott 1960, Houghton und Dickson 1979). Postoperativ sollte bei gutem Osteotomieergebnis dieser Normwert auch erreicht werden oder zumindest eine deutliche Reduktion des IMW.

### **2.4.2 Hallux-valgus-Winkel präoperativ**

Der sogenannte Hallux-valgus-Winkel (kurz HVW) entsteht am Schnittpunkt der Schafthalbierenden des Os Metatarsale I mit der Schafthalbierenden der proximalen Phalanx der 1. Zehe (Methode nach Venning und Hardy 1951). Der Schnittpunkt bildet dabei den Scheitel des HVW. Analog zum IMW ist auch der Schwellenwert des HVW in der internationalen Literatur nicht ganz unstrittig. Viele Autoren betrachten einen Winkel bis  $12^\circ$  als normwertig (Durmann 1957, Rütt 1961, Piggott 1960, Houghton und Dickson 1979).



Abb. 2.4.1 Hallux-valgus-Winkel ( $\alpha$ ) und Intermetatarsalwinkel ( $\beta$ ) präoperativ (entnommen aus: „Orthopädie und Rheuma“ Urban und Vogel 2/2007 S. 42 Abb. 8a)

### 2.4.3 Hallux-valgus-Winkel postoperativ

Zur Auswertung der postoperativen Röntgenaufnahmen wurde das Verfahren nach Miller (1974) herangezogen. Studien haben gezeigt, dass die HVW-Bestimmung nach Venning und Hardy für postoperative Befundungen eher ungeeignet ist (Walpert, Gräber, Kalweit, Schwer 2003; Schneider, Csepan, Knahr 2003). Bei der Methode nach Miller wird der Winkel gemessen zwischen der Schafthalbierenden der Grundphalanx und einer Linie durch die Mittelpunkte von Metatarsaleköpfchen und -basis. Als ausreichend gutes Osteotomieergebnis wird das Erreichen des Normwertes oder die Halbierung des präoperativen Winkels betrachtet.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Analyse der Komplikationen

Postoperativ traten verschiedenste Komplikationen auf, die in den jeweiligen Krankenakten festgehalten wurden. Insgesamt konnten bei den 1011 vorgenommenen Korrekturen 82 Problemfälle registriert werden. Dies entspricht einem Anteil von 8,1% an allen Operationen. Die Breite der postoperativ in Erscheinung getretenen Probleme reicht von Materialversagen (z.B. Dislokation, Bruch oder Lockerung) über Frakturen des verbliebenen Knochens bis hin zu Infektionen, Wundheilungsstörungen, Wundrandnekrosen, Köpfchennekrosen, Pseudarthrosenbildung und Rezidive der Grunderkrankung. Immerhin 46 Fälle waren revisionspflichtig, entsprechend einem prozentualen Anteil von 56% an den Komplikationen und 4,54% an der Gesamtsumme der durchgeführten Osteotomien. Von den 46 revisionspflichtigen Fällen konnten nur 41 für die Nachuntersuchungen gewonnen werden; die restlichen Patienten waren entweder unbekannt verzogen, verstorben oder nicht bereit an den Nachuntersuchungen teil zu nehmen.

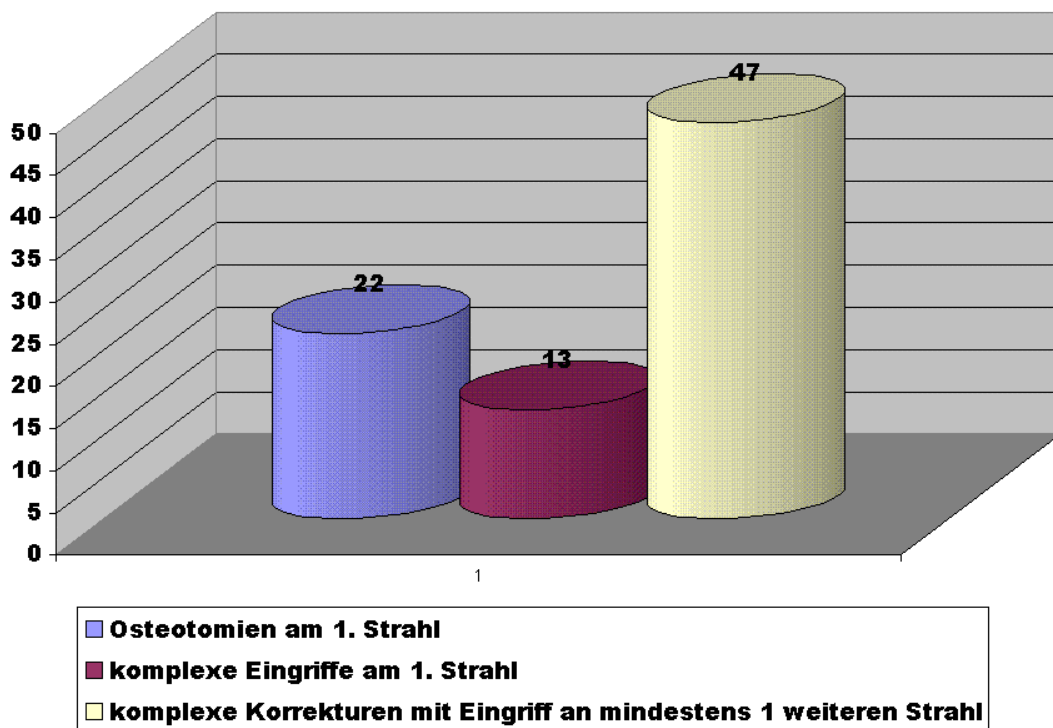


Abb. 3.1 Gesamtverteilung der Komplikationen im Patientengut

Das durchschnittliche Patientenalter bei Auftreten der Komplikationen lag bei 48,9 Jahren (jüngste Patientin 15 Jahre, älteste Patientin 67 Jahre). Der Anteil an Patientinnen an den revisionspflichtigen Komplikationen liegt bei 87,8% bzw. 36 Fällen absolut. Dem gegenüber waren 12,2% Männer, entsprechend 5 Fällen. Die Komplikationen traten teilweise sowohl unmittelbar postoperativ bzw. 1-2 Tage später als auch mit Verzögerungen bis zu Monaten oder Jahren auf. Die durchschnittliche Latenzzeit betrug 161,18 Tage mit einer kürzesten Latenz von 1 Tag und einer längsten von 5 Jahren.

Infolge der auftretenden Komplikationen verlängerte sich der stationäre Aufenthalt bzw. wurde eine erneute Hospitalisation notwendig von durchschnittlich 8,3 Tagen (mindestens 1 Tag, maximal 22 Tage).

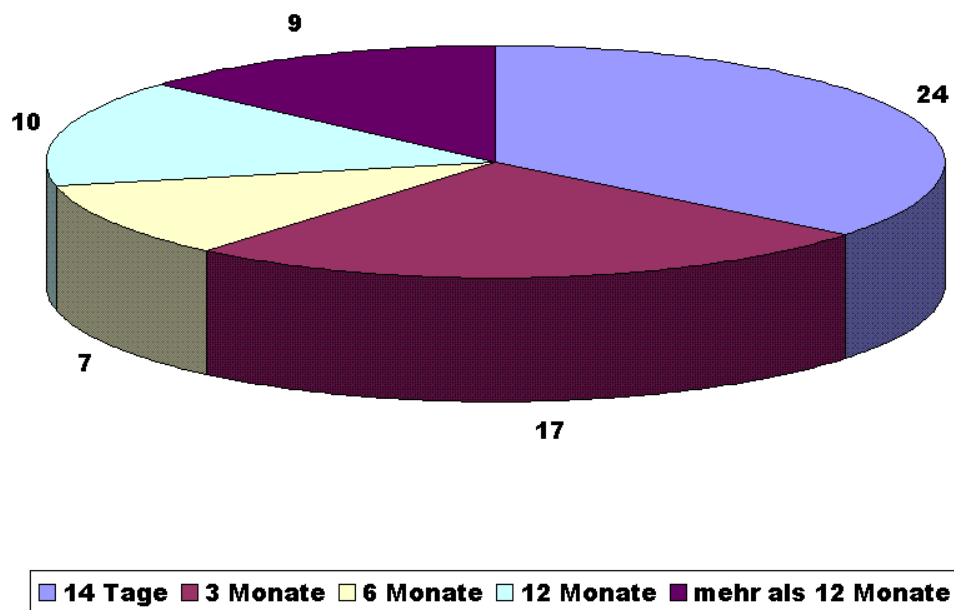


Abb. 3.2 verstrichener Zeitraum bis zum ersten Auftreten der Komplikation

Die Revisionen wurden zu 75% von einem, der Rest von 8 weiteren Operateuren durchgeführt. Die Komplikationen sind sowohl einzeln als auch gehäuft im Patientenkollektiv aufgetreten. Insgesamt hatten unter den revisionspflichtigen Komplikationen 24 Patienten nur eine Komplikation, 10 Patienten 2 Komplikationen und in 7 Fällen traten mehr als 2 Komplikationen auf.

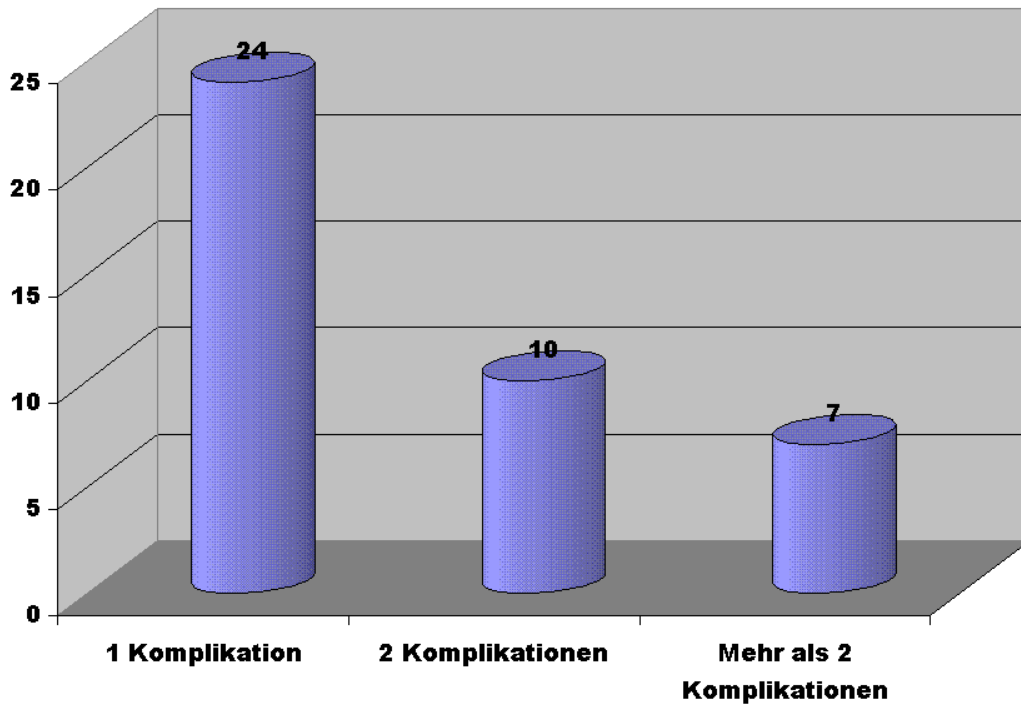


Abb. 3.3 Anzahl der Komplikationen pro Patient

Viele Patienten in der Gruppe mit revisionspflichtigen Komplikationen zeigten zum Zeitpunkt der korrigierenden Osteotomien eine Koinkidenz mit Erkrankungen des internistischen, chirurgischen, neurologischen und/oder orthopädischen Formenkreises. Die am häufigsten aufgetretenen Begleiterkrankungen sind in nachfolgender Grafik aufgeführt. Mehrfachnennungen waren nicht selten, so dass 15 Patienten als multimorbide aufgefasst werden konnten. Sie bildeten einen Anteil von 27,8% an den revisionspflichtigen Komplikationen.

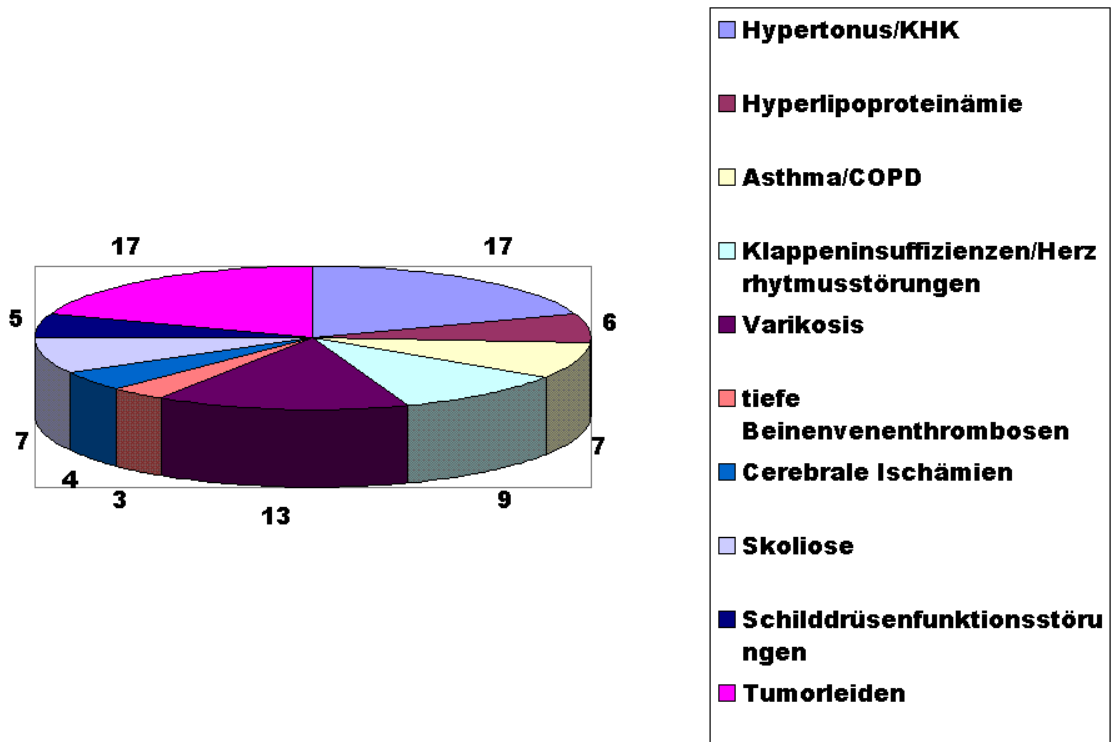
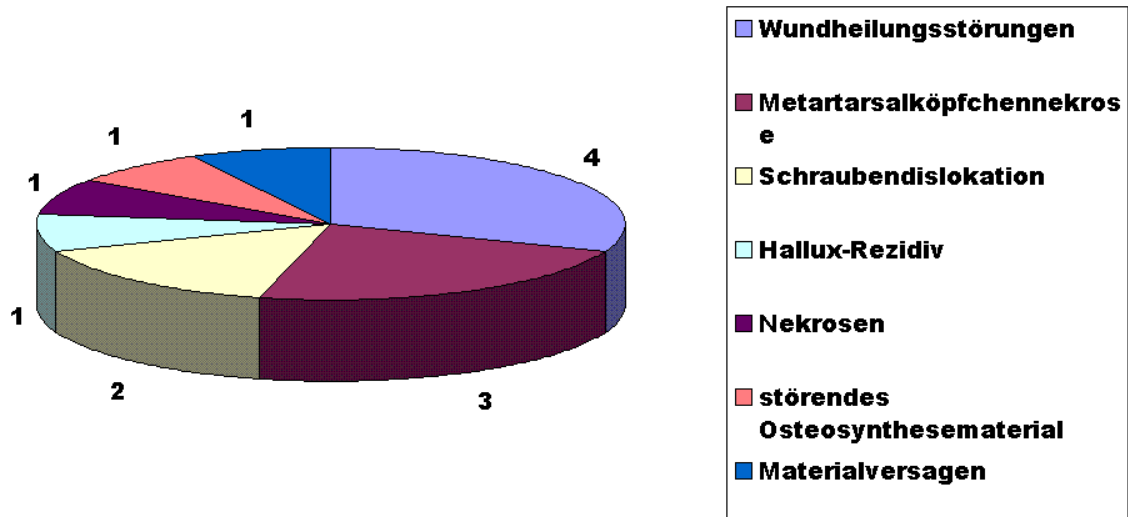


Abb. 3.4 Begleiterkrankungen im Patientengut

Bezogen auf die verschiedenen Korrekturmethode und das Ausmaß der Korrektur der in einer Sitzung operierten Füße lässt sich die Rate an Komplikationen wie folgt aufschlüsseln.

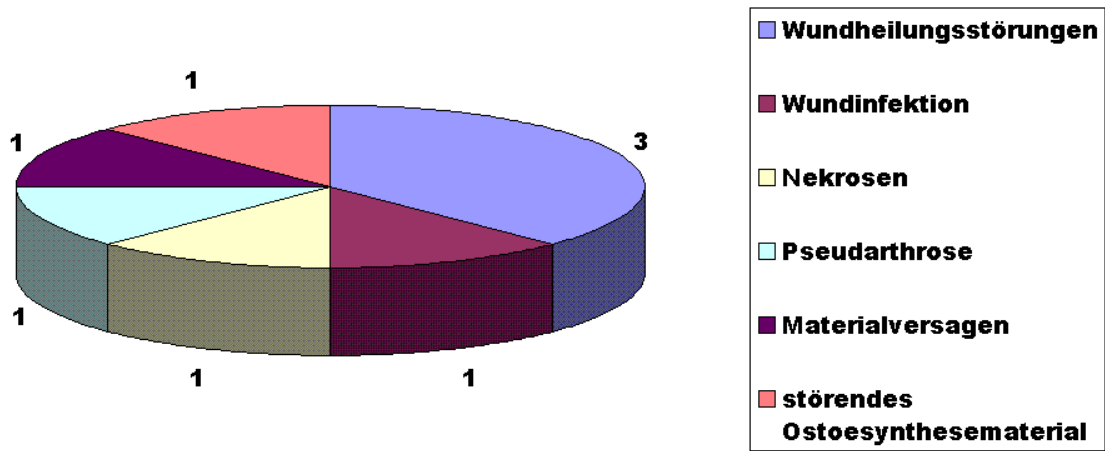
### 3.1.1. Komplikationen in der Gruppe der Einfachosteotomien

**Komplikationen nach Osteotomien nach Austin am 1. Strahl**

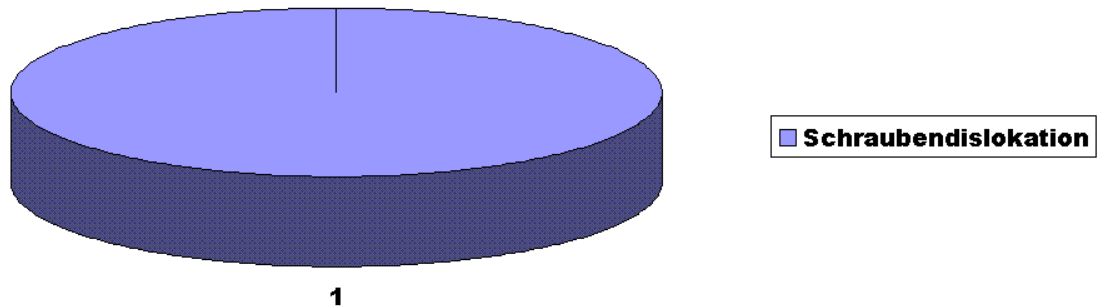


Die Rate der revisionspflichtigen Komplikationen bei Osteotomien nach Austin innerhalb der Gruppe der Einfachosteotomien betrug 3,68%, entsprechend 13 Fällen absolut. Bezogen auf die Gesamtzahl der Komplikationen stellen sie einen Anteil von 15,85%. Bezogen auf die Gesamtzahl aller durchgeführten Osteotomien liegt die Rate bei 1,29%.

### Komplikationen nach Osteotomie nach Scarf am 1. Strahl



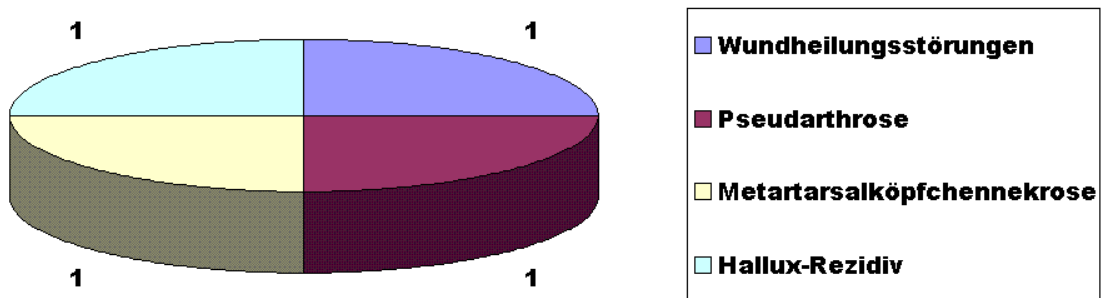
Bei den Osteotomien nach Scarf traten 8 revisionspflichtige Komplikationsfälle auf, was einem Anteil von 2,26% innerhalb der Gruppe der Einfachosteotomien und 0,79% am gesamten Operationsgut entspricht. Bezogen auf alle Komplikationsfälle ergibt sich ein Anteil von 9,76%.

**Komplikationen nach Basisosteotomie am 1. Strahl**

In der Gruppe der Basisosteotomien war lediglich 1 revidierender Eingriff nötig. Dies entspricht einem Anteil von 0,28% an den Einfachosteotomien und 0,1% im Gesamtoperationsgut. Der Anteil an den Gesamtkomplikationen liegt bei 1,22%

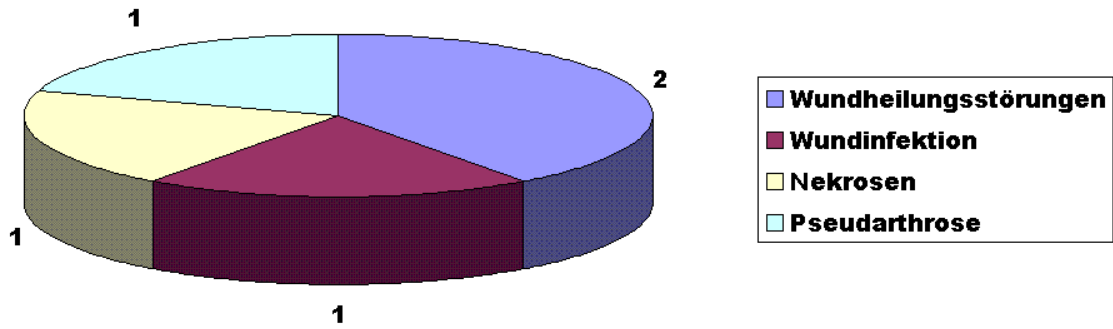
### 3.1.2. Komplikationen in der Gruppe der komplexen Eingriffe

**Komplikationen nach kombinierter Austin- und Akin-Osteotomie am 1. Strahl**



Insgesamt 4 revisionspflichtige Fälle mussten bei kombinierten Eingriffen nach Austin und Akin verzeichnet werden. Der Anteil an den komplexen Eingriffen liegt bei 1,51% und beträgt am Gesamtoperationsgut 0,4%. Innerhalb aller Komplikationen beträgt der Anteil 4,88%.

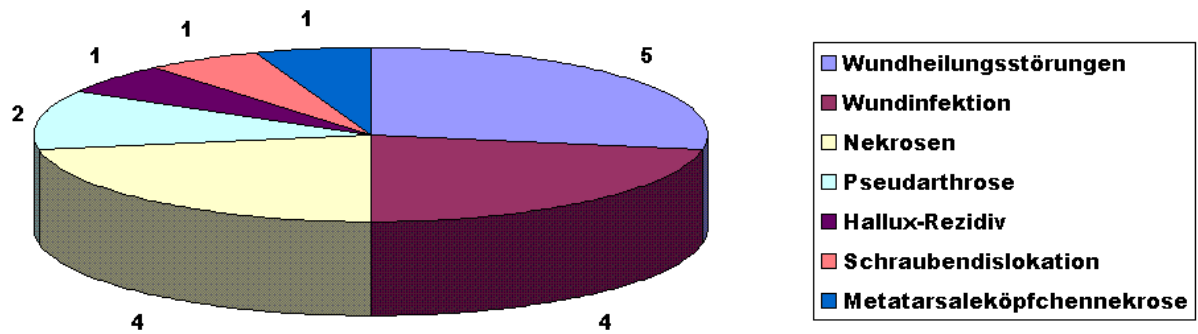
**Komplikationen nach kombinierter Basis- und Akin-Osteotomie am  
1. Strahl**



Zu 5 revisionspflichtigen Fällen kam es bei der Kombination von Basisosteotomien mit Akin-Osteotomien. Sie stellen einen Anteil von 1,89% an allen komplexen Eingriffen und 0,49% am gesamten Operationsgut. Innerhalb der Gesamtkomplikationen entspricht dies 6,1%.

### 3.1.3 Komplikationen in der Gruppe der komplexen Korrekturen

**Komplikationen nach komplexen Korrekturen am 1. und mindestens einem weiteren Strahl**



In der großen Gruppe der Komplexen Korrekturen betrug die Rate an revisionspflichtigen Komplikationsfällen 4,58% oder 18 Fällen absolut. Der Anteil innerhalb des Gesamtoptionsgutes liegt damit bei 1,78%. Der Anteil an den Komplikationen insgesamt beträgt 21,95%.

### 3.2 Komplikationsmanagement

Komplikationsart	Primäreingriff	Management
Wundheilungsstörungen/ Wundnekrosen	alle	<p>aufgrund der Vielschichtigkeit dieser Komplikationsart sehr individuelle Vorgehensweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erreger- und Resistenz-gerechte antibiotische Abschirmung (meist Unacid 2*3g i.v. oder Tavanic 2*500mg i.v.)</li> <li>- tägliche Wundantiseptik und sterile Verbandswechsel</li> <li>- bei serösen Dehiszenzen trockene Verbände und Eröffnung von Spannungsblasen</li> <li>- bei ausgedehnter Vorfußschwellung Kühlung und Applikation von Hirudoidgel</li> <li>- Heparinsalbe bei ausgedehnten Hämatomen</li> <li>- Therapie allergisch bedingter Heilungsstörungen mit Fenistilgel und ggf. Prednisonalbe (mit regelmäßigen dermatologischen Konsilen)</li> <li>- Wundantiseptik mit Vanhesive, Proxistrips oder Braunolind bei oberflächlichen Wundrandnekrosen</li> <li>- Therapie von Wundnekrosen mit Nekrektomie, Wundantiseptik, Antibiose und sterilem Verband</li> </ul>

Tab. 3.2. Methodik des Komplikationsmanagements



Abb. 3.2.1 Wundheilungsstörungen mit ausgeprägtem Gewebedefekt; links Ausgangsbefund, rechts nach Komplikationsmanagement (Bildmaterial aus eigenem Patientengut)

<b>Komplikationsart</b>	<b>Primäreingriff</b>	<b>Management</b>
Wundinfektion	alle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistenz-gerechte Antibiotika, täglich sterile Verbandswechsel</li> <li>- bei tiefgreifenden Infektionen zeitnahe Wundrevision ggf. mit Entfernung von Hautanhangsgebilden (z.B. Zehennagelextraktion) und Anlage einer Saug-Spül-Drainage, Wundlavage und Sekundärnaht</li> <li>- bei identifizierbarer Infektionsquelle (z.B. Fistel oder Fadengranulom) operative Revision (Fistelentfernung, Granulomexzision)</li> </ul>
Hallux-valgus-Rezidiv	<p>Osteotomie nach Austin</p> <p>Austin- und Akin Osteotomie</p> <p>Komplexe Korrektur mit Osteotomie nach Scarf</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entfernung des alten Osteosynthesematerials und Entscheidung zur Basisosteotomie</li> <li>- Entfernung des alten Osteosynthesematerials und Entscheidung zum Re-Akin</li> <li>- Entscheidung zum Re-Akin mit lateralem Kapsel-Release und Verlängerung der Sehne des M. abductor hallucis</li> </ul>
Metatarsaleköpfchen-Nekrose	<p>Austin-Osteotomie</p> <p>Austin-Osteotomie mit komplexem Eingriff oder komplexer Korrektur</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Versuch einer Spongiosa-Plastik, nach gescheiterter Plastik Entscheidung zur Implantation einer Großzehengrundgelenksprothese (GGG-TEP)</li> <li>- Implantation einer GGG-TEP</li> </ul>

Tab. 3.2. Methodik des Komplikationsmanagements - Fortsetzung



Abb. 3.2.2a Metatarsaleköpfchennekrose des Metatarsale I nach Austin-Osteotomie;  
Röntgenaufnahme in 2 Ebenen (Bildmaterial aus eigenem Patientengut)



Abb. 3.2.2b Befund nach Implantation der GGG-TEP (Bildmaterial aus eigenem Patientengut)

Komplikationsart	Primäreingriff	Management
Pseudarthrose	Osteotomie nach Scarf	Vorgehen in Abhängigkeit von Position der ossären Fragmente, Konsolidierung und Primäreingriff: - Entfernung des alten Osteosynthesematerials und Reosteosynthese (Plattenosteosynthese) mit Beckenkammpongiosa-Plastik
	Austin- und Akin-Osteotomie	- Versuch einer K-Draht-Osteosynthese, nach Scheitern Entscheidung zur Spongiosaplastik
	Basisosteotomie und Akin	- Reosteosynthese und Beckenkammpongiosa-Plastik
	Komplexe Korrektur	- Reosteosynthese mit Knochenbankpongiosa-Plastik, nach Scheitern erneute Reosteosynthese mit erneuter Spongiosaplastik oder Beckenkamminterponat

Tab. 3.2 Methodik des Komplikationsmanagements - Fortsetzung



Abb. 3.2.3 Pseudarthrose nach Scarf-Osteotomie, Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen; links Ausgangsbefund, rechts nach Reosteosynthese mit Spongiosaplastik (Bilder aus eigenem Patientengut)

Komplikationsart	Primäreingriff	Management
Schrauben- dislokation	<p>Austin-Osteotomie</p> <p>Basisosteotomie</p> <p>Komplexe Korrekturen mit Austin-Osteotomie</p> <p>Komplexe Korrekturen mit Osteotomie nach Scarf</p>	<p>Vorgehen in Abhängigkeit von Schraubenposition, ossärer Konsolidierung, Fragmentstellung und Primäreingriff:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entfernung des Osteosynthesematerials, in einem Fall Entscheidung zur Reosteosynthese mit Knochenbankspongiosa-Plastik, im zweiten Fall Arthrolyse des Grundgelenks</li> <li>- Entscheidung zur ersatzlosen Schraubenentfernung bei ausreichender ossärer Konsolidierung</li> <li>- Entscheidung zur ersatzlosen Schraubenentfernung bei ausreichender ossärer Konsolidierung</li> <li>- Entscheidung zur Re-Implementierung der Schraube</li> </ul>
Beschwerden durch störendes Osteosynthesematerial	Austin-Osteotomie und Osteotomie nach Scarf	<p>Vorgehen in Abhängigkeit vom Durchbau der ossären Fragmente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- in allen Fällen ersatzlose Schraubenentfernung möglich, bei Austin-Osteotomien zusätzlich Entfernung von Knochensporen</li> </ul>
Materialversagen	<p>Austin-Osteotomie</p> <p>Osteotomie nach Scarf</p>	<p>Vorgehen in Abhängigkeit von Stellung und Konsolidierung der ossären Fragmente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entscheidung zur ersatzlosen Schraubenentfernung</li> <li>- Entscheidung zur Reosteosynthese (Plattenosteosynthese) mit Beckenkamminterponat</li> </ul>

Tab. 3.2 Methodik des Komplikationsmanagements - Fortsetzung

### 3.3 Klinische Ergebnisse

#### 3.3.1 Gesamtergebnis im A.O.F.A.S.-Score

Der durchschnittliche Score-Wert der Patienten betrug präoperativ 34,69 Punkte. Postoperativ konnte ein Mittelwert von 84,75 Punkten erzielt werden. Dies bedeutet eine absolute Verbesserung von 50,06 Punkten bzw. eine relative Steigerung von 144%. Das Signifikanzniveau lag unter 1% ( $p < 0,01$ ).

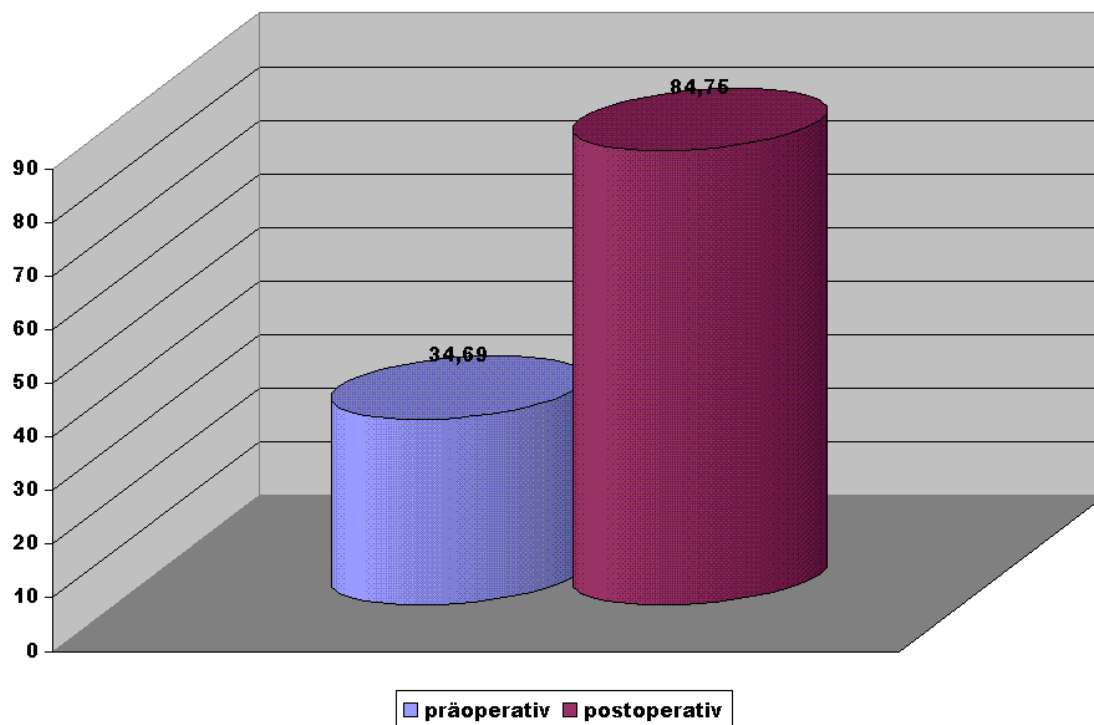


Abb. 3.3.1 A.O.F.A.S-Score gesamt prä- und postoperativ

### 3.3.2 Ergebnisse der einfachen Osteotomien am 1. Strahl

Insgesamt stieg der Scorewert von Patienten die mit einer Einfachosteotomie versorgt wurden signifikant um 50,1 Punkte von präoperativ 32,87 Punkten auf 82,97 Punkte postoperativ ( $p < 0,05$ ).

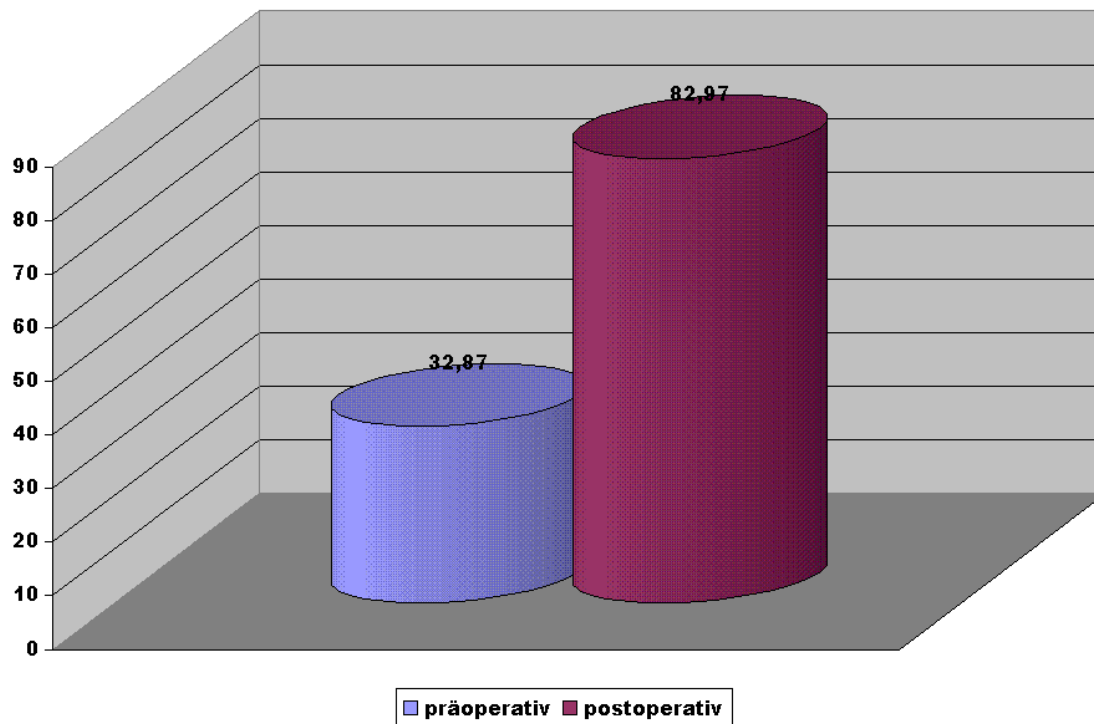


Abb. 3.3.2.1 A.O.F.A.S.-Gesamtscore in der Gruppe der Einfachosteotomien am 1. Strahl

Es konnte bei allen Verfahren eine deutliche Verbesserung erzielt werden. In der Gruppe der Austin-Osteotomien stieg der präoperative Scorewert von 33,8 Punkten um 50,6 Punkte auf 84,4 Punkte postoperativ ( $p < 0,05$ ). Bei der Methode nach Scarf verbesserte sich der Wert um durchschnittlich 32,5 Punkte. In der Gruppe der Basisosteotomien konnte sogar eine Steigerung um 67 Punkte erreicht werden.

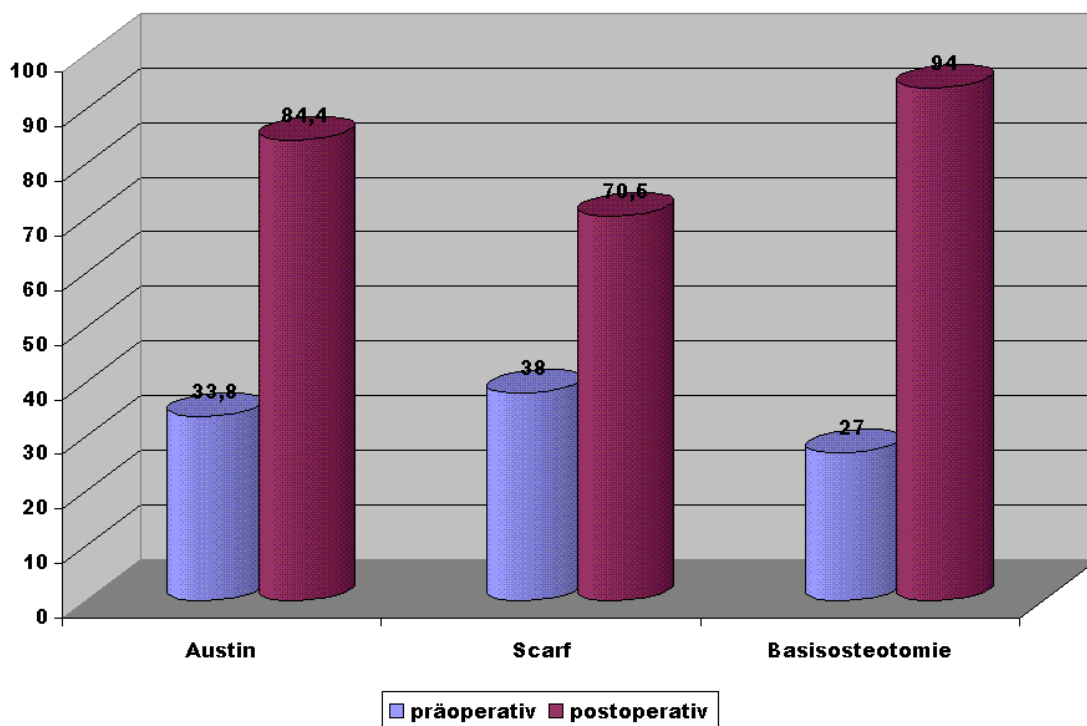


Abb.3.3.2.2 A.O.F.A.S.-Score in der Gruppe der Einfachosteotomien am 1. Strahl

### 3.3.3 Ergebnisse der komplexen Eingriffe am 1. Strahl

In der Gruppe der komplexen Eingriffe am 1. Strahl wurde eine Steigerung des Scorewertes von präoperativ 38 Punkten auf 96,35 Punkte postoperativ erzielt. Dies entspricht einer hoch signifikanten Verbesserung um 58,35 Punkte ( $p < 0,01$ ).

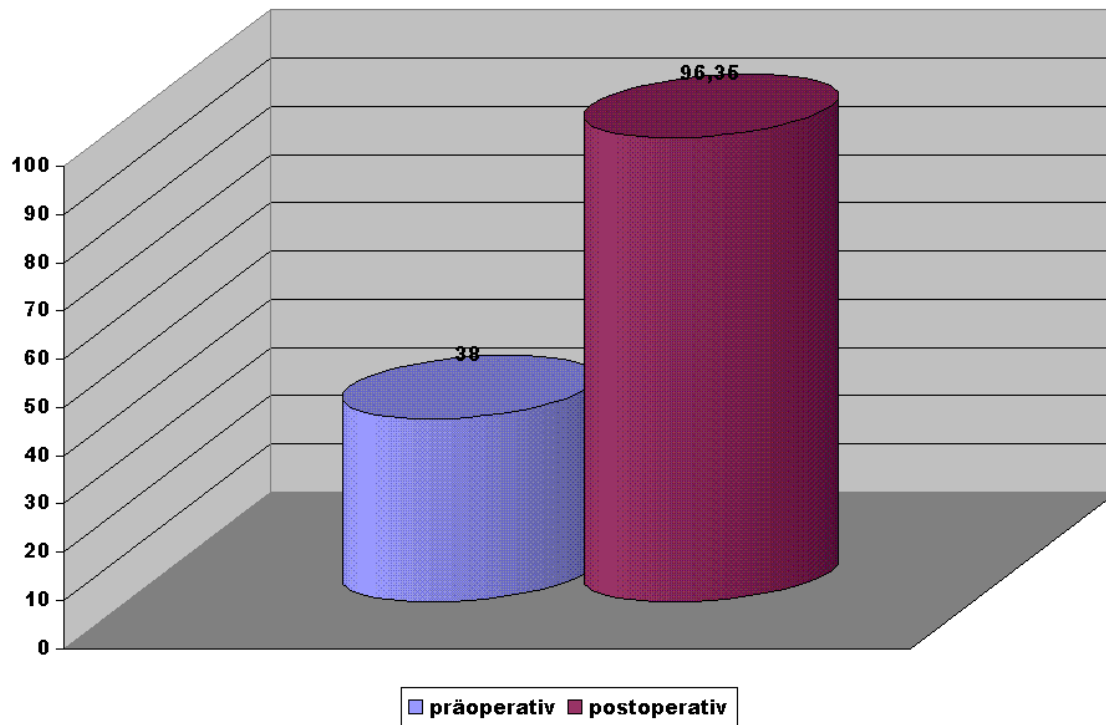


Abb.3.3.3.1 A.O.F.A.S.-Gesamtscore in der Gruppe der komplexen Eingriffe am 1.Strahl

Sowohl bei der Kombination der Austin- mit der Akin-Osteotomie als auch bei Basisosteotomie mit Akin-Osteotomie verbesserte sich der Scorewert deutlich. In der Kombination Austin/Akin stieg er um 58 Punkte von präoperativ 37 auf postoperativ 95 Punkte. Die Kombination Basisosteotomie/Akin brachte eine signifikante Verbesserung um 58,7 Punkte ( $p < 0,05$ ). Der Ausgangspunktwert von 39 stieg somit postoperativ auf 97,7 Punkte.

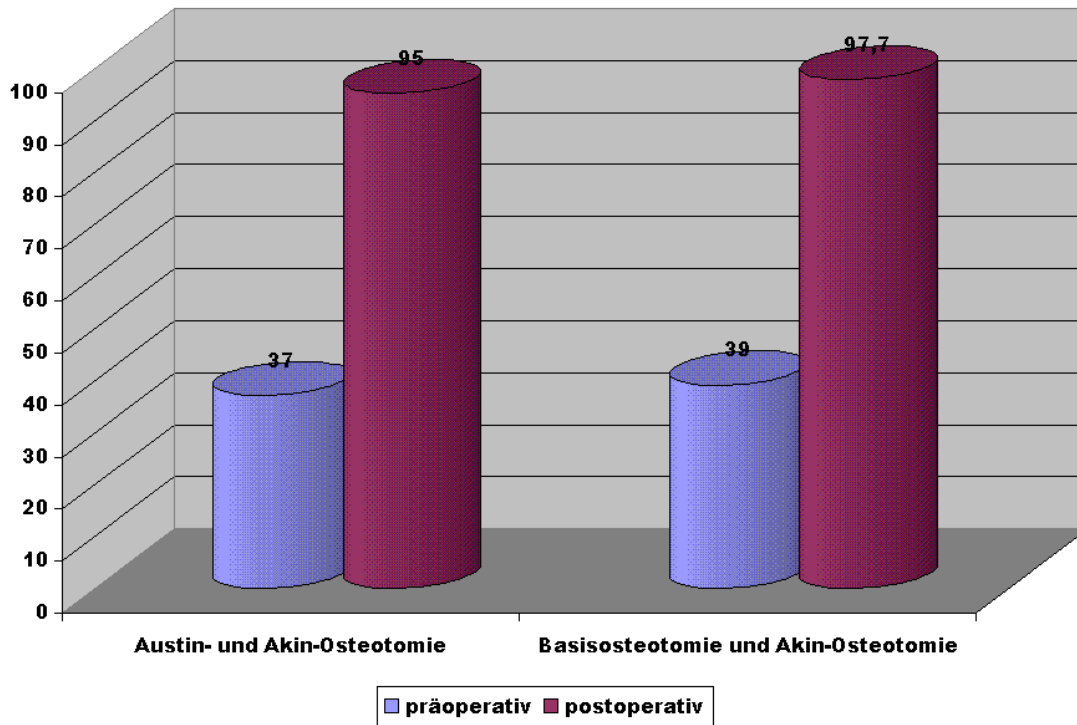


Abb. 3.3.3.2 A.O.F.A.S.-Scores in der Gruppe der komplexen Eingriffe am 1.Strahl

### 3.3.4 Ergebnisse der komplexen Korrekturen

In der Gruppe der komplexen Korrekturen mit Eingriff am 1. und mindestens einem weiteren Strahl konnte eine durchschnittliche Zunahme um 41,73 Punkte verzeichnet werden. Bei einem präoperativen Ausgangswert von 33,2 Punkten wurde somit postoperativ ein Score von 74,93 Punkten erreicht. Die Änderung war signifikant ( $p < 0,05$ ).

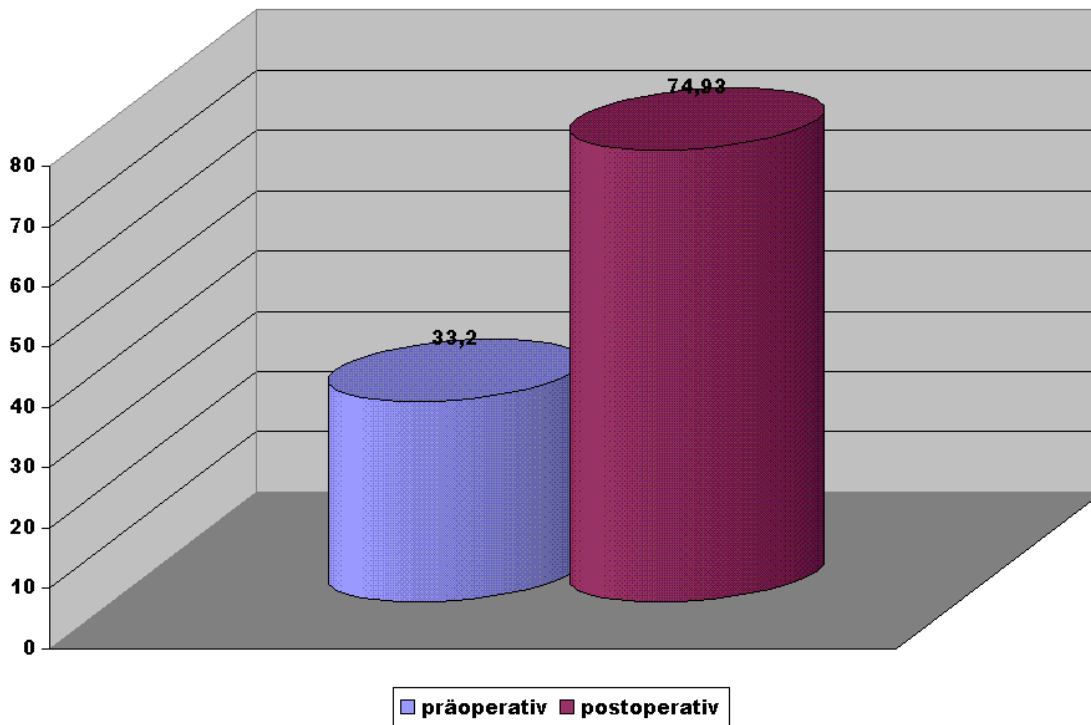


Abb.3.3.4.1 A.O.F.A.S.-Gesamtscore in der Gruppe der komplexen Korrekturen

Bei Patienten die eine Osteotomie nach Austin bzw. eine Osteotomie nach Austin kombiniert mit einer Akin-Osteotomie erhielten und zusätzlich noch an mindestens einem weiteren Strahl osteotomiert wurden, konnte der Scorewert um 36,7 Punkte angehoben werden. Der Ausgangspunktwert betrug 39,6 Punkte und lag postoperativ somit bei 76,3 Punkten. Der Score wurde signifikant verbessert ( $p < 0,05$ ). In der Kombination Osteotomie nach Scarf bzw. nach Scarf und Akin mit weiteren Strahlen stieg der präoperative Wert von 32 Punkten um 31 Punkte auf postoperativ 63 Punkte an und konnte damit hoch signifikant gebessert werden ( $p < 0,01$ ). In der Kombination mit der Basisosteotomie stieg der Score um 57,5 Punkte. Der Ausgangswert lag bei 28 Punkten und konnte auf 85,5 Punkte verbessert werden. Der Score wurde damit hoch signifikant verbessert ( $p < 0,01$ ).

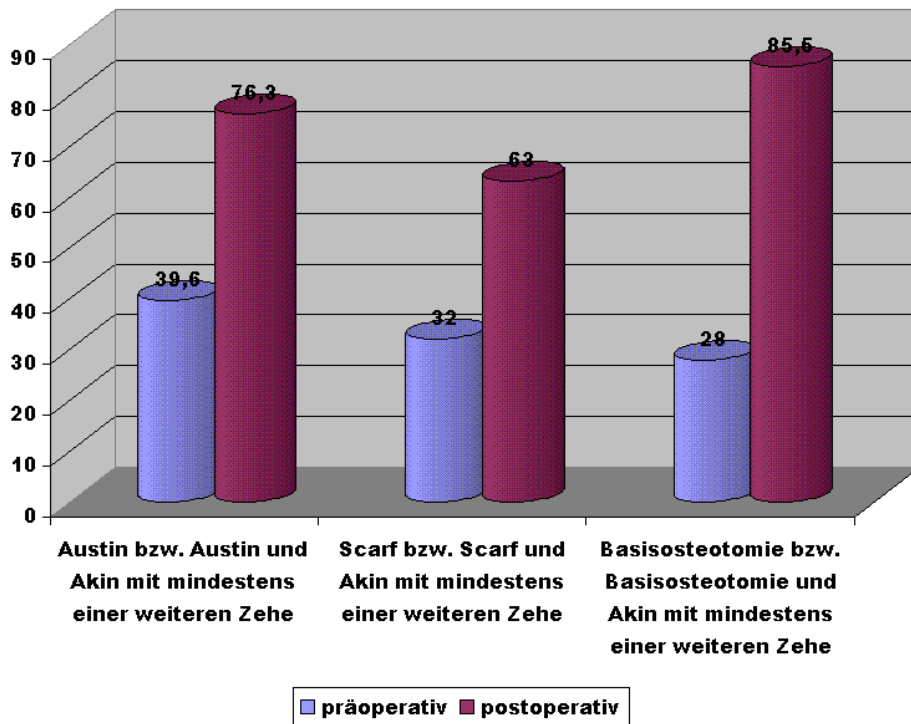


Abb. 3.3.4.2 A.O.F.A.S.-Scores in der Gruppe der komplexen Eingriffe am 1.Strahl

### 3.4 Ergebnisse der radiologischen Diagnostik

#### 3.4.1 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Einfachosteotomien

Im Patientengut, das mit einfachen Osteotomien am ersten Strahl versorgt wurde, konnte der Hallux-valgus-Winkel im Durchschnitt von  $34,69^\circ$  präoperativ auf  $12,15^\circ$  postoperativ gesenkt werden. Er verringerte sich damit um  $22,54^\circ$ . Die Reduktion ist als hoch signifikant einzuschätzen ( $p < 0,01$ ). Der Intermetatarsale-Winkel reduzierte sich um  $9,31^\circ$  von präoperativ  $15,63^\circ$  auf postoperativ  $6,32^\circ$ .

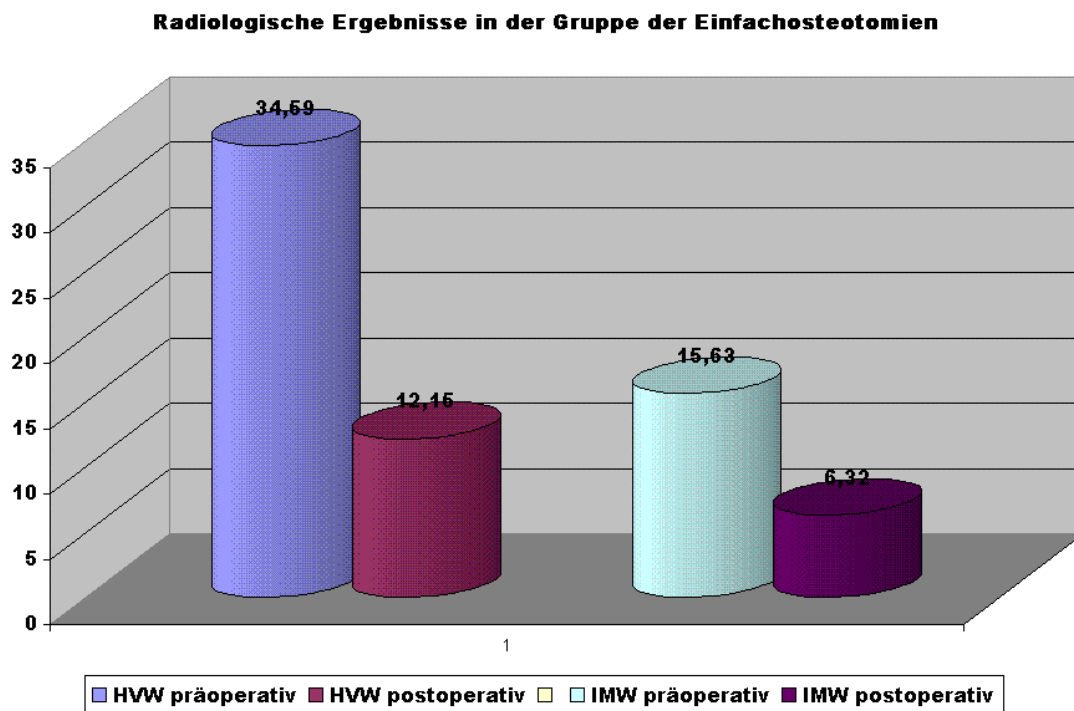


Abb. 3.3.1 Radiologisches Gesamtergebnis in der Gruppe der Einfachosteotomien

### 3.4.1.1 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Osteotomien nach Austin

Im Patientengut, das mit einer Einfachosteotomie nach Austin versorgt wurde, konnte durchschnittlich ein präoperativer Hallux-valgus-Winkel von  $31,76^\circ$  ermittelt werden. Postoperativ betrug der Winkel durchschnittlich  $9,01^\circ$ . Dies bedeutet eine signifikante Reduktion um  $22,75^\circ$  ( $p < 0,05$ ). Der Intermetatarsale-Winkel konnte um  $3,4^\circ$  gesenkt werden. Er betrug im Durchschnitt  $11,6^\circ$  präoperativ und  $8,2^\circ$  postoperativ.

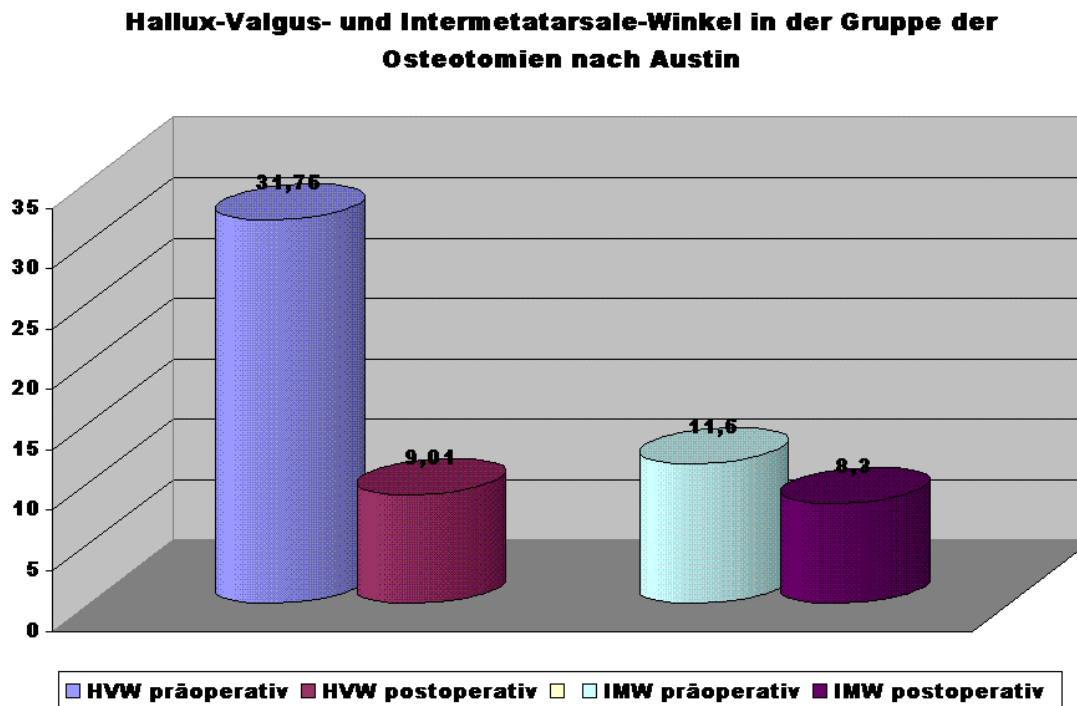


Abb. 3.4.1.1 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Osteotomien nach Austin

### 3.4.1.2 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Osteotomien nach Scarf

Bei Patienten die mit einer Scarf-Osteotomie versorgt wurden, konnte eine Reduktion des Hallux-valgus-Winkels um  $20,55^\circ$  von präoperativ  $34^\circ$  auf postoperativ  $13,45^\circ$  erreicht werden. Der Intermetatarsale-Winkel besserte sich  $14,2^\circ$  von  $19^\circ$  präoperativ auf  $4,8^\circ$  postoperativ.

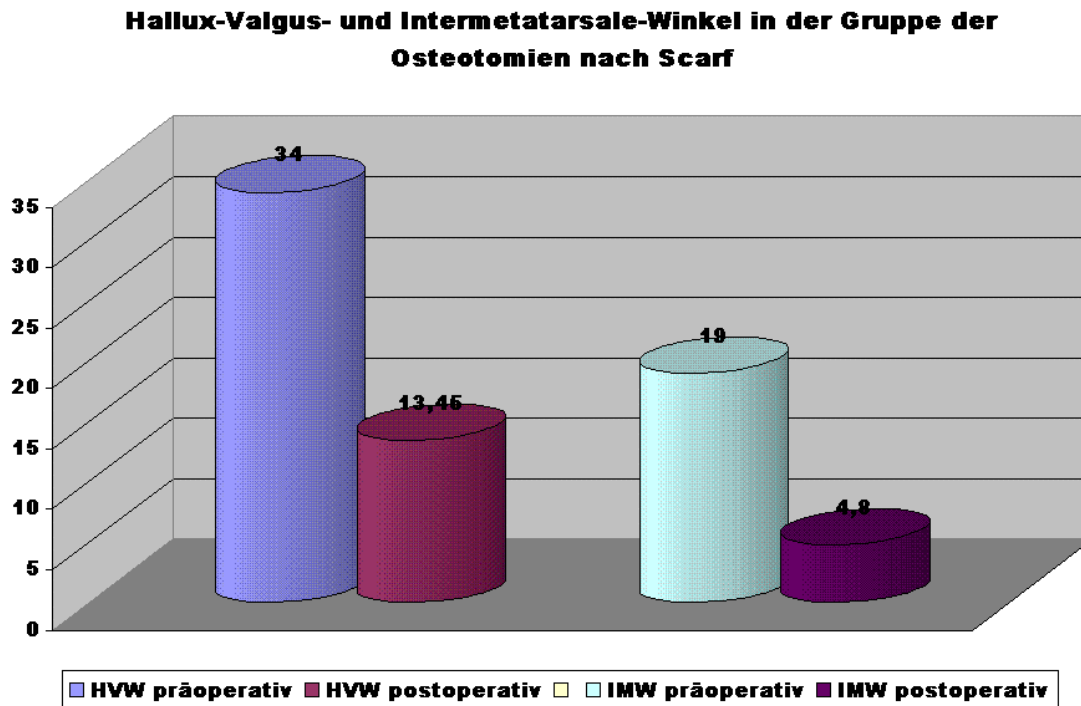


Abb. 3.4.1.2 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Osteotomien nach Scarf

### 3.4.1.3 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Basisosteotomien

Der Hallux-valgus-Winkel basisosteotomierter Patienten betrug vor dem Eingriff durchschnittlich  $38^\circ$ , der Intermetatarsale-Winkel  $16^\circ$ . Postoperativ wurde für den Hallux-valgus-Winkel durchschnittlich  $14^\circ$  und für den Intermetatarsale-Winkel  $5,95^\circ$  gemessen. Dies entspricht einer Reduktion um  $24^\circ$  bzw.  $10,05^\circ$ .

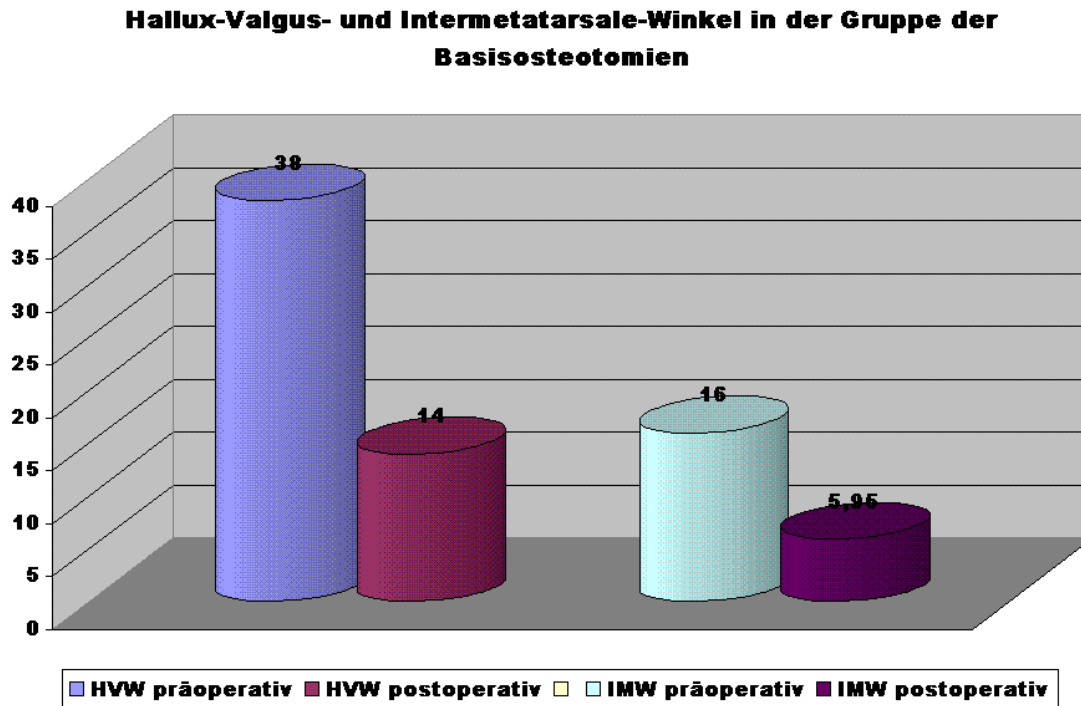


Abb. 3.4.1.3 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Basisosteotomien

### 3.4.2 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Komplexen Eingriffe

Insgesamt konnte der Hallux-valgus-Winkel bei Patienten die komplex osteotomiert wurden um  $25,68^\circ$  gesenkt werden. Präoperativ lag der Durchschnittswert bei  $38,35^\circ$ ; postoperativ betrug er  $12,67^\circ$ . Der Intermetatarsalwinkel lag präoperativ bei  $14,05^\circ$  und konnte um  $6,73^\circ$  auf postoperativ  $7,32^\circ$  reduziert werden. Der Intermetatarsalwinkel nahm signifikant ab ( $p < 0,05$ ), der Hallux-valgus-Winkels konnte hoch signifikant verringert werden ( $p < 0,01$ ).

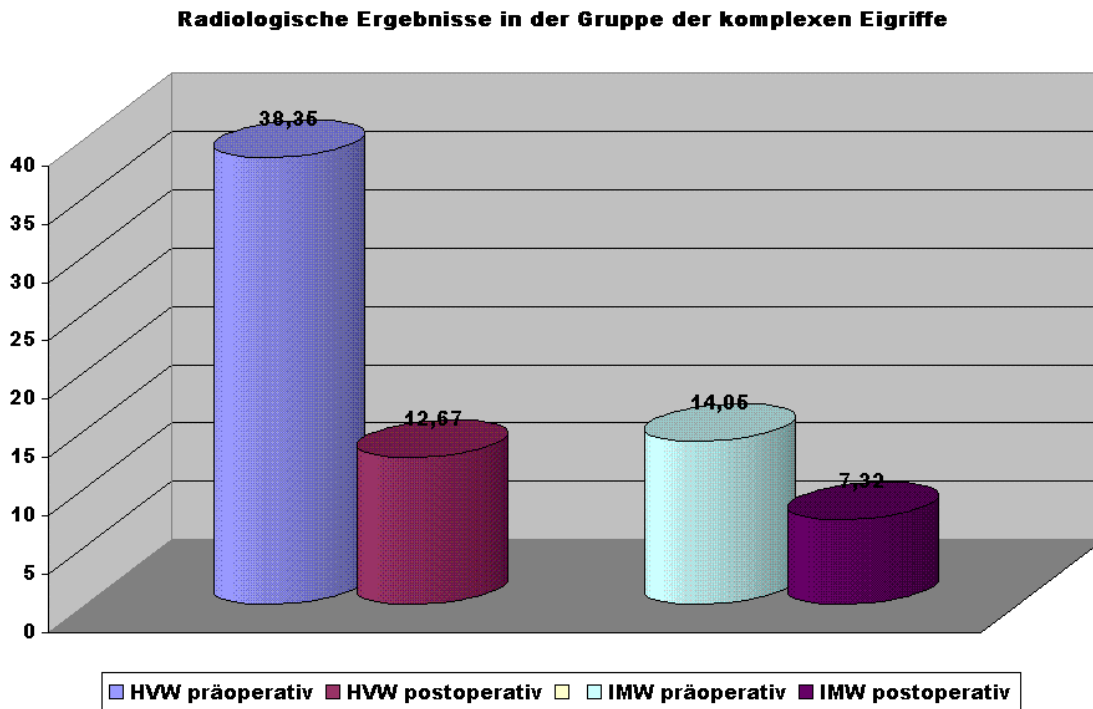


Abb. 3.4.2 Radiologisches Gesamtergebnis in der Gruppe der komplexen Eingriffe

### 3.4.2.1. Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Osteotomien nach Austin kombiniert mit der Osteotomie nach Akin

In dieser Patientengruppe konnte eine Reduktion des Hallux-valgus-Winkels um 30° und des Intermetatarsale-Winkels um 4° erreicht werden, von präoperativ 45° bzw. 14° auf postoperativ 15° bzw. 10°. Die Senkung des Hallux-valgus-Winkels war signifikant ( $p < 0,05$ ).

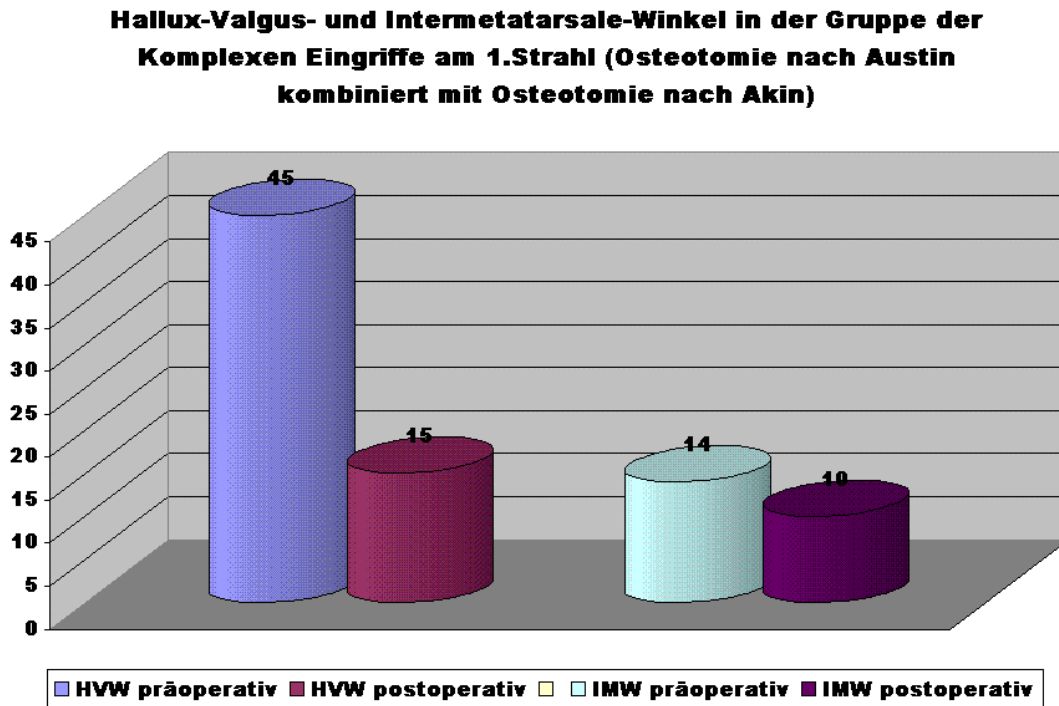


Abb.3.4.2.1 Radiologische Ergebnisse bei Kombination der Austin-Osteotomie mit der Akin-Osteotomie

### 3.4.2.2 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Basisosteotomien kombiniert mit Osteotomien nach Akin

In der Kombination Basisosteotomie und Akin-Osteotomie konnten die Winkel von  $31,7^\circ$  (Hallux-valgus-Winkel) bzw.  $14,1^\circ$  (Intermetatarsale-Winkel) um durchschnittlich  $21,37^\circ$  bzw.  $9,47^\circ$  reduziert werden. Postoperativ wurde der Hallux-valgus-Winkel mit  $14,1^\circ$  bestimmt (signifikante Reduktion,  $p < 0,05$ ); der Intermetatarsale-Winkel betrug  $4,63^\circ$ .

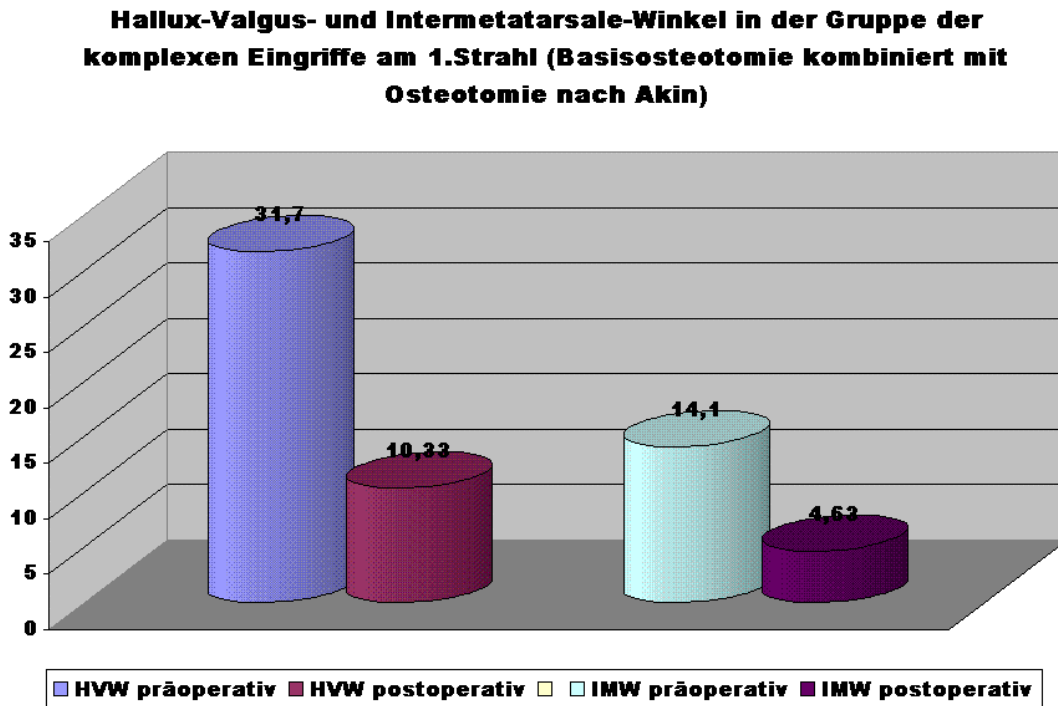


Abb. 3.4.2.2 Radiologische Ergebnisse bei Kombination der Basisosteotomie mit der Akin-Osteotomie

### 3.4.3 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Komplexen Korrekturen

In der Gruppe der komplexen Korrekturen konnte der Hallux-Valgus-Winkel von präoperativ  $30,77^\circ$  auf postoperativ  $12,26^\circ$  reduziert werden. Der Intermetatarsale-Winkel wurde von  $14,94^\circ$  auf  $7,19^\circ$  gesenkt. Dies entspricht einer Reduktion um  $18,51^\circ$  für den Hallux-Valgus-Winkel bzw.  $7,75^\circ$  für den Intermetatarsale-Winkel. Beide Winkel nahmen signifikant ab ( $p < 0,05$ ).

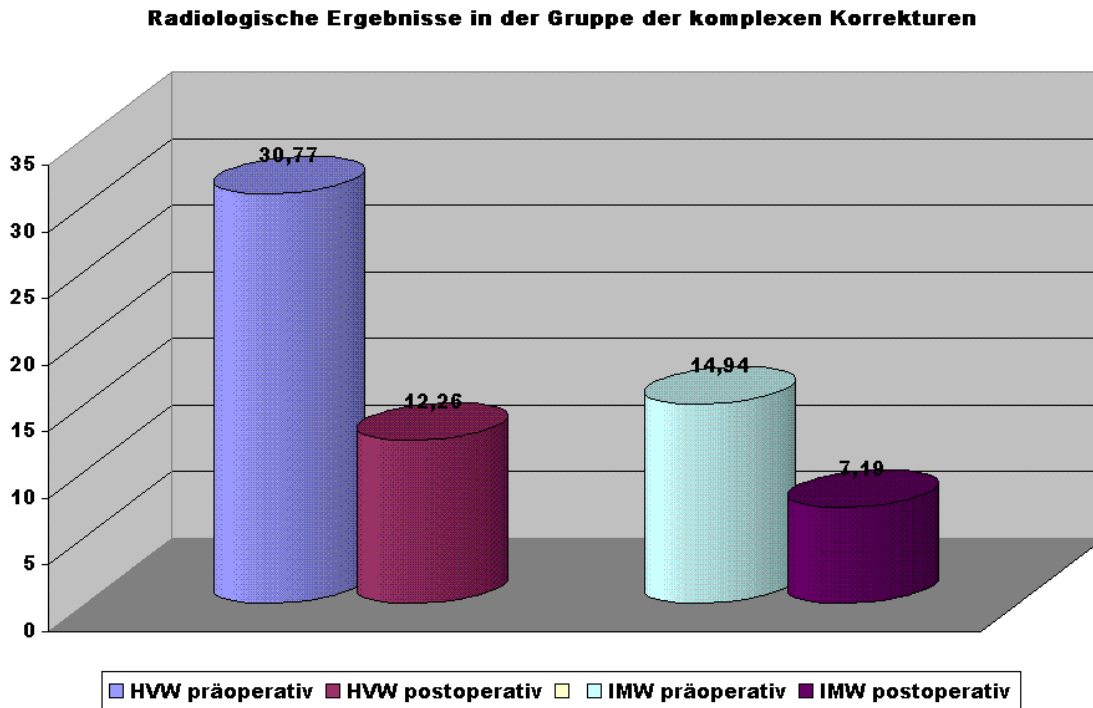


Abb. 3.4.3 Radiologisches Gesamtergebnis in der Gruppe der komplexen Korrekturen.

### 3.4.3.1 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Osteotomien nach Austin oder der Osteotomien nach Austin und Akin in Kombination mit Osteotomie an mindestens einem weiteren Strahl

Der präoperativ gemessene durchschnittliche Hallux-Valgus-Winkel von  $33,8^\circ$  konnte signifikant um  $18,96^\circ$  auf  $14,84^\circ$  postoperativ verbessert werden ( $p < 0,05$ ). Der Intermetatarsale-Winkel reduzierte sich sogar hoch signifikant ( $p < 0,01$ ) um  $6,88^\circ$  von präoperativ  $14,63^\circ$  auf  $7,76^\circ$  postoperativ.

**Hallux-Valgus- und Intermetatarsale-Winkel in der Gruppe der komplexen Korrekturen (Osteotomie nach Austin oder Osteotomie nach Austin und Akin in Kombination mit Osteotomie mindestens eines weiteren Strahls)**

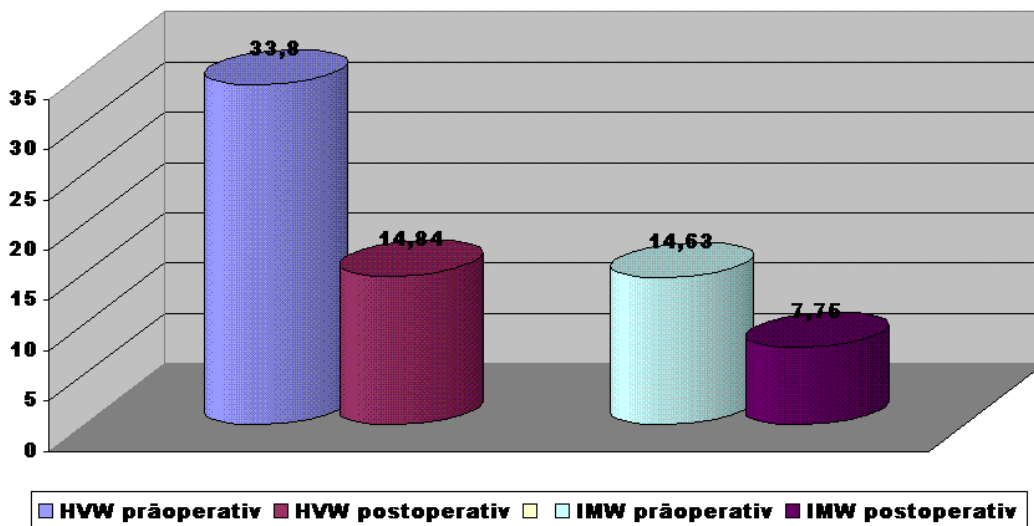


Abb. 3.4.3.1 Radiologische Ergebnisse bei Kombination der Austin-Osteotomie bzw. Austin- mit Akin-Osteotomie mit Korrektur mindestens eines weiteren Strahls.

### 3.4.3.2 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Osteotomien nach Scarf oder der Osteotomien nach Scarf und Akin in Kombination mit Osteotomie an mindestens einem weiteren Strahl

Beim Patientengut in dieser Korrekturgruppe konnte eine durchschnittliche Reduzierung des Hallux-Valgus-Winkels um  $13,5^\circ$  von präoperativ  $27,3^\circ$  auf postoperativ  $13,8^\circ$  erzielt werden. Der Intermetatarsale-Winkel betrug präoperativ  $15,6^\circ$  und postoperativ  $6,16^\circ$ . Dies entspricht einer hoch signifikanten Verbesserung um  $9,44^\circ$  ( $p < 0,01$ ).

**Hallux-Valgus- und Intermetatarsale-Winkel in der Gruppe der komplexen Korrekturen (Osteotomie nach Scarf oder Osteotomie nach Scarf und Akin in Kombination mit Osteotomie mindestens eines weiteren Strahls)**

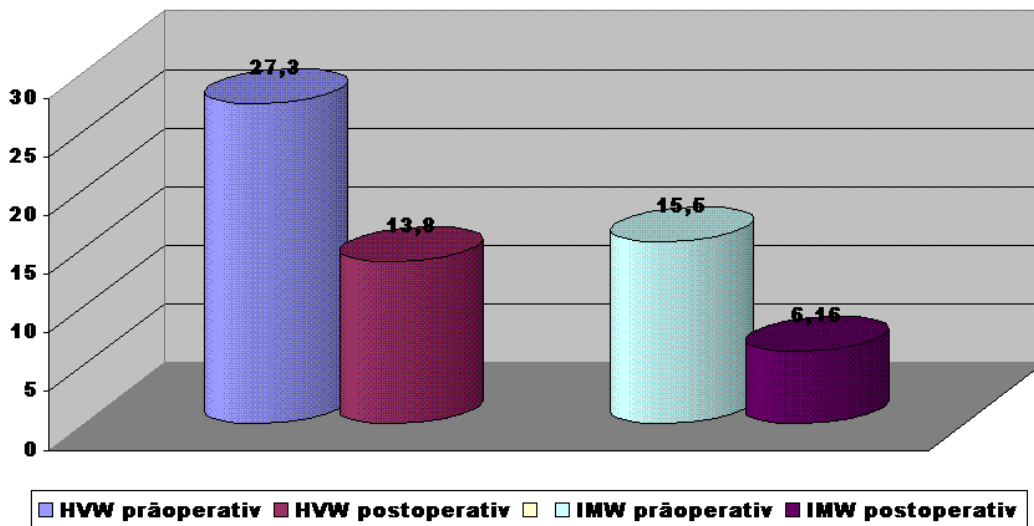


Abb. 3.4.3.2 Radiologische Ergebnisse bei Kombination der Scarf-Osteotomie oder Scarf- mit Akin-Osteotomie mit Korrektur mindestens eines weiteren Strahls.

### 3.4.3.3 Radiologische Ergebnisse in der Gruppe der Basisosteotomien oder der Basisosteotomien mit Osteotomie nach Akin in Kombination mit Osteotomie an mindestens einem weiteren Strahl

Bei Patienten die mit einer Basisosteotomie bzw. einer Basisosteotomie und einer Akin-Osteotomie am ersten Strahl und einer Osteotomie an mindestens einem weiteren Strahl versorgt wurden, konnte der Hallux-Valgus-Winkel um  $23,04^\circ$  von präoperativ  $31,2^\circ$  auf postoperativ  $8,16^\circ$  gesenkt werden. Der Intermetatarsale-Winkel nahm um  $7,05^\circ$  ab. Somit konnte postoperativ ein durchschnittlicher Wert von  $7,65^\circ$  erreicht werden, gegenüber  $14,7^\circ$  präoperativ.

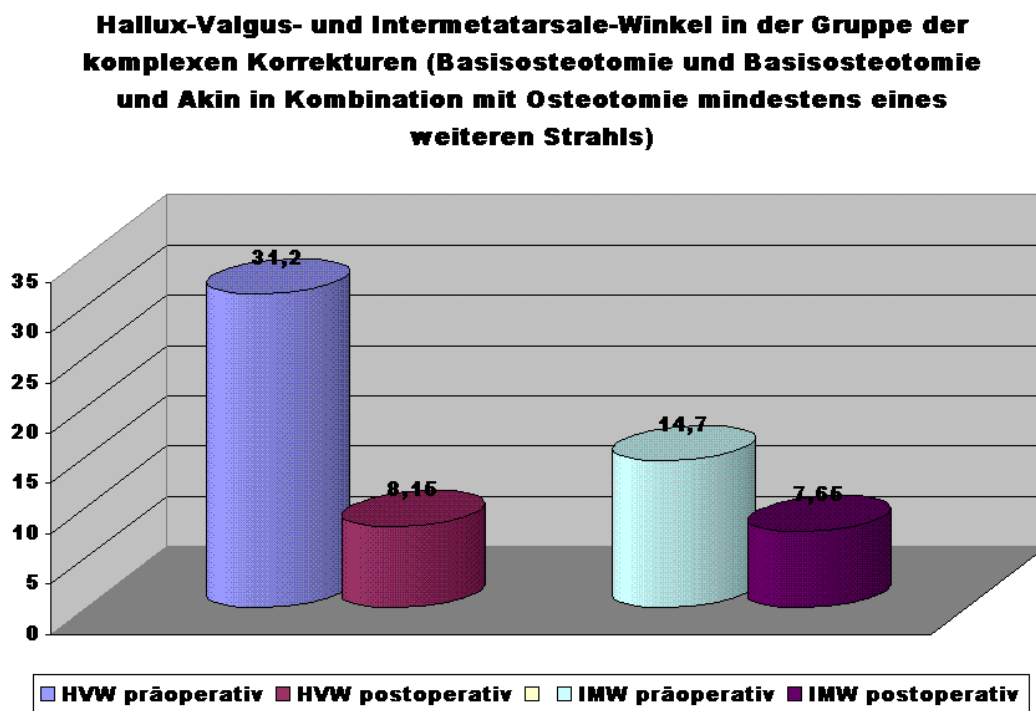


Abb. 3.4.3.3 Radiologische Ergebnisse bei Kombination der Basisosteotomie oder Basis- mit Akin-Osteotomie mit Korrektur mindestens eines weiteren Strahls

## 4. Diskussion

In der Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie der Universität Greifswald wurden in den 10 Jahren von Januar 1996 bis Januar 2006 insgesamt 1011 Korrekturen der Hallux-valgus-Deformität durchgeführt. Davon beinhalteten 353 Eingriffe nur eine einfache Osteotomie am 1. Strahl (Methode nach Chevron/Austin oder Meyer/Scarf oder Basisosteotomie). Weitere 265 Patienten wurden sowohl mit einem der 3 beschriebenen Osteotomieverfahren als auch mit einer Osteotomie an der Grundphalanx der Großzehe (Osteotomie nach Akin) versorgt. Bei einer weiteren Patientengruppe wurde zusätzlich zur Korrektur des Hallux Valgus (entweder mit einfacher Osteotomie oder in Kombination mit der Akin-Osteotomie) mindestens ein weiterer Strahl in derselben Sitzung korrigiert. Dabei handelte es sich um Eingriffe zur Korrektur einer Hammer- oder Krallenzehe. In dieser Gruppe wurden 393 Patienten eingeschlossen. Insgesamt traten 82 Komplikationsfälle im Patientengut auf, von denen insgesamt 46 Fälle revisionspflichtig waren. Die Komplikationsrate im Operationsgut liegt damit bei 8,1%. Die Breite der Komplikationsfälle umfasste Wundheilungsstörungen, Wundinfektionen, Materialversagen des Osteosynthesematerials, Schraubendislokationen, Beschwerden durch störendes Osteosynthesematerial, Wundnekrosen, Rezidive der Grunderkrankung, Pseudarthrosenbildung und Metatarsaleköpfchennekrosen. Ein von einigen Autoren beschriebenes Knochenmarksödem des Metatarsale I konnte nicht beobachtet werden (Aigner et al. 2002). Die höchste Komplikationsrate zeigte sich in der Gruppe der komplexen Korrekturen (Patienten die in einer Sitzung an mehr als einem Strahl operiert wurden). Sie lag bei 11,9%. Bei Patienten die kombiniert am 1.Strahl osteotomiert wurden (Austin-, Scarf- oder Basisosteotomie in Kombination mit einer Akin-Osteotomie) lag die Rate lediglich bei 4,9%. In der Gruppe der einfachen Osteotomien traten Komplikationen in 6,3% der operierten Fälle auf. Die gefürchtete Köpfchennekrose des Metatarsale I trat bei 0,5% des Gesamtpatientengutes auf bzw. in 5 Fällen absolut. Drei Fälle wurden bei einfachen Austin-Osteotomien und jeweils eine Kopfnekrose bei kombinierten Eingriffen (Austin+Akin) und komplexen Korrekturen (Austin+Akin+Osteotomie weiterer Zehen) beobachtet. Die Zahlen liegen damit deutlich unter der in der Literatur angegebenen Inzidenz von 1,5% (Wessels 1998). Ältere Untersuchungen sprechen gar von Häufigkeiten bis 6,6% (Meisenhelder, Harkless, Patterson 1984). Venenthrombosen nach Vorfußoperationen traten in unserem Patientengut bei konsequenter standardisierter Antikoagulation nicht auf (in der Literatur ohne Antikoagulation mit bis zu 4% beschrieben, vor allem bei Patienten über 60; Rade et al. 2003) Internationale Studien die vergleichbar mit dieser besonderes Augenmerk auf Komplikationsfälle legen sind rar. Studien die zusätzlich noch ausgedehnte Eingriffe am Vorfuß betrachten unseres Wissens in diesem Umfang bisher nicht erschienen. Der überwiegende Teil an Publikationen zu diesem Thema widmet sich Komplikationsfällen einzelner Osteotomieverfahren. Nur selten werden

gleichzeitige Eingriffe an weiteren Zehen erwähnt. Direkte Vergleiche zu ziehen ist deshalb kaum möglich. Erwähnenswert wäre die Tatsache, dass im Vergleich mit der Literatur selbst bei ausgedehnten Eingriffen in unserem Patientengut das Outcome kaum schlechter war als bei einfachen Eingriffen (Schneider et al. 2004; Veri, Pirani und Cladrigue 2001; Coughlin und Grimes 2005).

Nach Auswertung der Ergebnisse der mittelfristigen Nachuntersuchung der revisionspflichtigen Komplikationsfälle konnte bei 95% der Patienten der präoperative Score verbessert werden. Kilmartin konnte bei einer Untersuchung von 176 Revisionsfällen nach gescheiterten Eingriffen vergleichbare Ergebnisse vorweisen, allerdings bei höherer Komplikationsrate (94% gute bis sehr gute Ergebnisse, 13% Komplikationen, Kilmartin 2002). In 53,6% der Fälle konnten in der Nachuntersuchung gute (Score mindestens 80%) und sehr gute (Score mindestens 90%) Ergebnisse festgestellt werden. Bei 39,3% der Patienten konnte immerhin ein befriedigendes Ergebnis erzielt werden (Score mindestens 50%). Das Nachuntersuchungsintervall betrug durchschnittlich 45 Monate (8 - 98 Monate). Im Mittel wurde präoperativ ein Score von 34,69 Punkten erreicht und konnte auf 84,75 Punkte verbessert werden. Im internationalen Vergleich sind diese Zahlen gegenüber anderen Arbeiten etwas geringer (Easley et al. 1996; Markbreiter und Thomson 1997; Chou, Mann und Casillas 1998). Dabei muss allerdings wiederum berücksichtigt werden, dass diese Studien nur einzelne Osteotomieverfahren zum Inhalt hatten und unsere Studie explizit die revisionspflichtigen Fälle berücksichtigt. Des Weiteren muss bedacht werden, dass die Kriterien für „gute“ und „sehr gute“ Ergebnisse in anderen Studien bisher selten detailliert erwähnt werden (Lewis und Feffer 1981; Hatstrup und Johnson 1985; Hirvensalo et al. 1991; Brunner, Thüringer und Schmidt-Hoensdorf 2000). Auch die Beurteilung des Osteotomieergebnisses anhand des A.O.F.A.S. – Scores (Kitaoka et al. 1994) kann kritisch gesehen werden, da die Punkte „Schmerz“, „Belastungseinschränkung“ und „Schuhwerk“ selten objektiv durch den Patienten beurteilt werden. Da jedoch die restlichen Rubriken allein durch den Untersucher beurteilt werden und der Score ein relativ umfassendes Bild der Klinik und Anamnese wiederspiegelt, ist er durchaus gut geeignet um das Operationsergebnis zu objektivieren.

Das Komplikationsmanagement wurde wie unter Absatz 3.2. beschrieben umgesetzt, so standardisiert wie möglich aber Patienten-orientiert/individuell wie nötig. Recht problemlos gestaltete sich die Umsetzung bei den Wundinfektionen und Wundheilungsstörungen. Unter konsequentem Therapieregime, das obligat tägliche oder maximal 2-tägliche sterile Verbandswechsel ebenso vorschrieb wie die zeitnahe Revision (falls nötig), konnten unsere

Patienten in allen Fällen mit reizlosen Wundverhältnissen in die ambulante Weiterbetreuung entlassen werden. Die Revisionseingriffe wurden stets so minimal-invasiv wie möglich, aber ausgedehnt wie nötig vorgenommen (z.B. Zehennageextraktion bei Wundinfiltration bis subungual).

Teilweise große Unterschiede in der Behandlung ergaben sich zwangsläufig bei Pseudarthrosenbildungen, Schraubendislokationen und Materialversagen. Die weitere Vorgehensweise musste nicht nur das Ausgangsverfahren, sondern auch Kriterien wie Stellung und Durchbau der ossären Fragmente, Belastbarkeit der Osteosynthese und Positionierung von Schrauben/Osteosynthesematerial berücksichtigen. Viele Entscheidungen konnten deshalb trotz sorgfältiger Planung erst intraoperativ endgültig getroffen werden. In einigen Fällen (nach bereits mehrfacher Revision) musste auch die Möglichkeit eines erneuten Therapieversagens in Betracht gezogen und im Voraus weiterführende Behandlungsstrategien entwickelt werden. In einem konkreten Einzelfall in der Gruppe der komplexen Korrekturen musste einer Patientin nach mehrmalig gescheiterter Spongiosaplastik (sowohl autologe, als auch allogene Plastiken) bei rezidivierender Pseudarthrose letztendlich von einer erneuten Revision abgeraten werden. Die Patientin musste fortan entlastendes Schuhwerk tragen, konnte aber bei insgesamt recht gutem kosmetischem Ergebnis soweit mobilisiert werden, dass sie uneingeschränkt und weitestgehend schmerzfrei ihren Alltagsaktivitäten nachgehen konnte. Vergleichbare Fälle wurden unseres Wissens bisher in dieser Form nicht publiziert, allerdings empfehlen einige Autoren bei inoperablen Pseudarthrosen ebenfalls spezielles Schuhwerk und betonen die Notwendigkeit für eine sorgfältige OP-Planung und eine individuelle, Patienten-orientierte Vorgehensweise (Lehmann 2003).

Die besten Ergebnisse bei revisionspflichtigen Komplikationsfällen konnte in der Gruppe der komplexen Eingriffe am 1.Strahl erzielt werden. Der Ausgangs-Score von 38 Punkten konnte um mehr als das doppelte auf 96,35 Punkte verbessert werden. Innerhalb der Gruppe schnitt die Kombination mit der Basisosteotomie am besten ab. In der Kombination Scarf- und Akin-Osteotomie traten keinerlei Komplikationsfälle auf.

Auch in der Gruppe der Einfachosteotomien konnte der Score um mehr als das doppelte gesteigert werden (von 32,87 auf 82,97 Punkte). Innerhalb der Gruppe brachte wiederum die Basisosteotomie die besten Ergebnisse. Das schlechteste Ergebnis der Gruppe lieferte die Osteotomie nach Scarf. Der Score betrug hier durchschnittlich 70,5 Punkte und lag damit deutlich unter den Ergebnissen anderer Autoren (Crevoisier et al. 2001, Kristen et al. 2002, Aminian, Kelikian und Moen 2006, Galli et al. 2007). Besser schnitten die Austin-Osteotomien ab. Im Mittel wurde der Score auf 84,4

Punkte verbessert und ist im Blick auf die Literatur vergleichbar mit den Ergebnissen anderer Autoren.

Am schlechtesten im Vergleich der Gruppen schnitten die komplexen Korrekturen ab. Mit einem Gesamt-Score von 74,93 Punkten konnte aber auch in dieser Gruppe ein befriedigendes Ergebnis erzielt werden. Das beste Ergebnis innerhalb der Gruppe lieferte auch hier die Kombination mit der Basisosteotomie. Das schlechteste Ergebnis, auch im Vergleich mit den anderen Gruppen, lieferte die Kombination mit der Scarf-Osteotomie. Der Score lag hier im Durchschnitt bei nur 63 Punkten.

Präoperativ und zu den Nachuntersuchungen wurden Röntgenbilder in 2 Ebenen vom Vorfuß angefertigt. Zur Auswertung der Aufnahmen wurden der Hallux-valgus-Winkel und der Intermetatarsalwinkel ermittelt. Der Hallux-valgus-Winkel konnte in allen Gruppen deutlich gesenkt werden. Auch die Statistik bewies überwiegend signifikante ( $p < 0,05$ ) bis hoch signifikante ( $p < 0,01$ ) Ergebnisse. Fehlende Signifikanzen bei sonst guten Winkelreduktionen waren fast ausschließlich durch zu geringe Stichprobenumfänge bedingt. Dadurch konnte die Nullhypothese (Gleichheit der 2 Proben) im Test nicht sicher abgelehnt werden. Die stärksten Korrekturen wurden in der Gruppe der komplexen Eingriffe erzielt. Der Hallux-valgus-Winkel konnte hier um  $25,68^\circ$  von  $38,35^\circ$  auf  $12,67^\circ$  gesenkt werden. Das beste Ergebnis innerhalb der Gruppe erreichte die Kombination aus Austin- und Akin-Osteotomie.

Am schlechtesten im Vergleich der Gruppen schnitten die komplexen Korrekturen ab. Im Mittel konnte eine Reduktion von  $18,51^\circ$  erreicht werden. Die stärksten Korrekturen wurden auch in dieser Gruppe mit der Basisosteotomie-Kombination erreicht. Die geringsten Korrekturen innerhalb der Gruppe wurden mittels Scarf-Osteotomie erzielt. Im Durchschnitt wurde nur eine Reduktion um  $13,5^\circ$  bewirkt. Die damit erzielten postoperativen Werte sind allerdings durchaus vergleichbar mit den Ergebnissen anderer Autoren (Kristen et al. 2002; Jones et al. 2004; Aminian, Kelikian und Moen 2006).

Auch der Intermetatarsalwinkel konnte in allen Gruppen deutlich reduziert werden. In der Gruppe der Einfachosteotomien nahm er durchschnittlich um  $9,31^\circ$  auf  $6,32^\circ$  ab. Innerhalb der Gruppe konnten die Osteotomien nach Scarf die besten Ergebnisse erzielen. Nur geringe Abnahmen des Winkels waren hingegen bei der Austin-Osteotomie zu verzeichnen. Analog die Verhältnisse in der Gruppe der komplexen Korrekturen: beste Ergebnisse lieferte auch hier die Kombination mit der Scarf-Osteotomie (durchschnittliche Reduktion um  $9,44^\circ$ ).

Letztlich konnte in der Gruppe der komplexen Eingriffe am 1. Strahl eine Abnahme des Intermetatarsalewinkels von immerhin  $6,73^\circ$  auf postoperativ  $7,32^\circ$  erreicht werden. Bestes Ergebnis lieferte die Basisosteotomie. Nur geringe Korrekturen wurden in Kombination mit der

Osteotomie nach Austin verzeichnet, im Mittel nahm der Intermetatarsalwinkel hier um  $4^\circ$  ab.

Beim Vergleich der klinischen und radiologischen Ergebnisse mussten wir somit feststellen, dass die besten Ergebnisse in der Gruppe der komplexen Eingriffe erzielt wurden. Diese Gruppe stellte mit 15,9% auch den geringsten Anteil an der Gesamtkomplikationsrate. Bei Patienten die entweder mit einer Osteotomie nach Austin oder einer Basisosteotomie in Kombination mit einer Akin-Osteotomie versorgt wurden, stieg der Score am ausgeprägtesten und der Hallux-valgus-Winkel wurde am deutlichsten reduziert. Der Intermetatarsalwinkel konnte allerdings nur moderat gesenkt werden.

In der Gruppe der komplexen Korrekturen, die über die Hälfte der Gesamtkomplikationsrate ausmachte, waren der erreichte Scorewert und die Reduktion des Hallux-valgus-Winkels schlechter im Vergleich mit den anderen Gruppen. Es konnten aber trotz allem im Schnitt durchweg befriedigende Ergebnisse erzielt werden.

Im Vergleich der unterschiedlichen Osteotomieverfahren fiel auf, dass die Osteotomie nach Scarf im Bezug auf den Score und den Hallux-valgus-Winkel die schlechtesten Ergebnisse lieferte, sowohl als Einfachosteotomie als auch in Kombination. In vergleichbaren Studien konnten deutlich bessere Ergebnisse erzielt werden (Galli et al. 2007). Unterschiede in den klinischen Ergebnissen zur Austin-Osteotomie konnten im Gegensatz zu unseren eigenen in anderen Studie nicht bestätigt werden (Deenik et al. 2007). Die Autoren favorisieren jedoch auch hier die Austin-Osteotomie aufgrund der leichteren Operationstechnik. Fast durchweg gute Ergebnisse konnten mit der Basisosteotomie sowohl in Kombination als auch bei ausschließlicher Verwendung erzielt werden.

Abschließend kann man festhalten, dass sowohl bei einfachen Eingriffen zur Korrektur der singulären Hallux-valgus-Deformität als auch bei ausgedehnter Vorfußchirurgie mit Korrektur mehrerer Strahlen gute Ergebnisse auch bei schwerwiegenden, revisionspflichtigen Komplikationen erzielt werden konnten. Korrekturen am Vorfuß sollten unserer Meinung nach deshalb so ausgedehnt wie nötig sein, um die Funktionalität und Ästhetik des Vorfußes zu gewährleisten. Begleiterkrankungen der Hallux-valgus-Deformität wie Hammer- oder Krallenzehen können und sollte in die Operationsplanung mit einbezogen werden. Im Komplikationsmanagement waren in Abhängigkeit vom Primäreingriff, der Stellung und dem Durchbau der ossären Fragmente und weiterer Variablen (z.B. Stellung und Art des primär verwendeten Osteosynthesematerials) stets eine individuelles Vorgehen notwendig, womit letztendlich sowohl Weichteilprobleme als auch ossäre Komplikationen patienten- und befundadaptiert behandelt werden konnten.

## 5. Zusammenfassung

In der Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie der Universität Greifswald wurden in den 10 Jahren von Januar 1996 bis Januar 2006 insgesamt 1011 Korrekturen der Hallux-valgus-Deformität durchgeführt. Davon 353 Eingriffe nur am 1. Strahl (Methode nach Chevron/Austin oder Meyer/Scarf oder Basisosteotomie), 265 Eingriffe zusätzlich mit einer Osteotomie nach Akin (komplexer Eingriff), und 393 Eingriffe mit zusätzlicher Korrektur mindestens eines weiteren Strahles (komplexe Korrektur). Dabei handelte es sich um Eingriffe zur Korrektur einer Hammer- oder Krallenzehe.

Insgesamt traten 82 Komplikationsfälle im Patientengut auf, von denen insgesamt 46 Fälle revisionspflichtig waren. Die Komplikationsrate im Operationsgut lag damit bei 8,1%. Die Breite der Komplikationsfälle umfasste Wundheilungsstörungen, Wundinfektionen, Materialversagen des Osteosynthesematerials, Schraubendislokationen, Beschwerden durch störendes Osteosynthesematerial, Wundnekrosen, Rezidive der Grunderkrankung, Pseudarthrosenbildung und Metatarsaleköpfchennekrosen. Letztere traten in 0,5% des Patientengutes auf. Die Therapie der Komplikationen erfolgte zeitnah und so weit wie möglich standardisiert. Es war allerdings häufig ein befundadaptiertes Vorgehen in Abhängigkeit vom Primäreingriff, Stellung und Durchbau der ossären Fragmente etc. notwendig. In allen Fällen konnte die klinische Symptomatik gebessert werden. Zur Objektivierung der Ergebnisse wurde der Hallux-Metatarsophalangeal-Interphalangeal-Score der A.O.F.A.S (Kitaoka et al. 1994) herangezogen. Im Mittel wurde präoperativ ein Score von 34,69 Punkten erreicht und konnte auf 84,75 Punkte verbessert werden

Des Weiteren wurden prä- und postoperativ Röntgenbilder in 2 Ebenen angefertigt und der Hallux-valgus- und der Intermetatarsale-Winkel verglichen. Der Hallux-valgus-Winkel konnte von durchschnittlich  $34,57^\circ$  präoperativ auf  $12,36^\circ$  postoperativ verbessert werden. Der Intermetatarsalewinkel maß im Mittel präoperativ  $14,87^\circ$  und konnte auf  $6,94^\circ$  verbessert werden. Insgesamt konnten bei 95% des Patientengutes gute bis sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Dies ist durchaus vergleichbar mit dem internationalen Standard und zeigt, dass bei konsequentem Komplikationsmanagement das klinische Ergebnis auch nach (zum Teil mehrfachen) Revisionseingriffen nicht wesentlich schlechter sein muss als bei komplikationslosem postoperativen Verlauf.

## 6. Literaturverzeichnis

Abramson E (1927) Zur Kenntnis der Mechanik des Mittelfußes. Skand Arch Physiol 51: 175-234

Aigner N, Petje G, Steinboeck G, Schneider W, Krasny C, Landsiedel F (2002) Bone marrow edema of the forefoot after chevron osteotomy—a rare cause of metatarsalgia: a case report. Foot Ankle Int. 23(5): 447-51

Akin OF (1925) The treatment of hallux valgus: a new operative procedure and its results. Med Sentinel. 33: 678-9

Alexander IJ (1992) Hallux valgus. In: Der Fuß. Springer, Berlin, Heidelberg, New York S. 57-63

Aminian A, Kelikian A, Moen T (2006) Scarf osteotomy for hallux valgus deformity: an intermediate follow up of clinical and radiographic outcomes. Foot Ankle Int. 27(11): 883-6

Andrade RV (1989) Formula do antepie. Tesis Doctoral, Rio de Janeiro, Brazil

Arnold H (2005) Kleinzehendeformitäten. Definition, Pathogenese und operative Korrekturmöglichkeiten. Der Orthopäde 34(8): 758-66

Barnicot NA, Hardy RH (1955) The position of the hallux in West Africans. J Anat. 89(3): 355-61

Barouk LS (1996) Die Metatarsalosteotomie nach Weil zur Behandlung der Metatarsalgie. Orthopäde 25(4): 338-44

Baumgartner R, Stinus H (1995) Die orthopädiotechnische Versorgung des Fußes. 2.Aufl. Thieme, Stuttgart New York S. 126-9

Brodbeck S, Liedtke D (2006) Prinzipien der funktionellen Nachbehandlung operierter Füße. Arthritis + Rheuma 26(3): 168-72

Brunner W, Thüringer R, Schmidt-Hoensdorf F (2000) Mittelfristige Ergebnisse nach intrakapitaler Umstellungsosteotomie nach Austin-Chevron des Os Metatarsale I. *Orthop Praxis*. 36(5): 297-300

Calderon F (1974) Frecuencia de las alteraciones estáticas y dinámicas de los pies en 1000 asegurados de ambos sexos. *An Orthop Traum*. x/3: 203

Camper P (1861) Aetiologie und Pathogenese des Hallux valgus. In: Blauth W (Hrsg.) *Hallux valgus*. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo

Chou LB, Mann RA, Casillas MM (1998) Biplanar chevron osteotomy. *Foot Ankle* 19(9): 579-84

Coetzee JC (2003) Scarf osteotomy for hallux valgus repair: the dark side. *Foot Ankle Int*. 24(1): 29-33

Coughlin MJ, Grimes S (2005) Proximal metatarsal osteotomy and distal soft tissue reconstruction as treatment for hallux valgus deformity. *Keio J Med* 54(2): 60-65

Coughlin MJ, Mann RA (1985) Lesser toe deformities. In: Mann RA (ed) *Surgery of the foot*. 5<sup>th</sup> edn. Mosby, St, Louis S. 148-52

Corless JR (1976) A modification of the Mitchell Procedure. *J Bone Joint Surg Br*. 58: 138

Crevoisier X, Mouhsine E, Ortolano V, Udin B, Dutoit M (2001) The Scarf osteotomy for the treatment of hallux valgus deformity: a review of 84 cases. *J Foot Ankle Int*. 22(12): 970-6

Debrunner AM (1983) *Orthopädie – Die Störungen des Bewegungsapparates in Klinik und Praxis*. Huber, Bern

Debrunner HU (1986) Aetiologie und Pathogenese des Hallux valgus. In: Blauth W (Hrsg.) *Hallux*

valgus. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo, S. 37-43

Debrunner AM (2002) Orthopädie Orthopädische Chirurgie. Verlag Hans Huber, Bern Göttingen Toronto Seattle, Kap. 69, S. 1122-85

Deenik AR, Pilot P, Brandt SE, van Mameren H, Geesink RG, Draijer WF (2007) Scarf versus chevron osteotomy in hallux valgus: a randomized controlled trial in 96 patients. *Foot Ankle Int.* 28(5): 537-41

Durmann CD (1957) Metatarsus primus varus and hallux valgus, Zitat nach Thompson FR. *J Bone Joint Surg.* 30-A: 221

Durlacher L (1845) A treatise on corns, bunions, the diseases of nails and the general management of the foot. Sinkin, Marshall, Introduction, London

Easley ME, Kiebzak GM, Davis WH, Anderson RB (1996) Prospective, randomized comparison of proximal crescentric and proximal Chevron osteotomies for correction of hallux valgus deformity. *Foot Ankle* 17(6): 307-316

Ellis TS (1899) Hallux valgus and Hammertoe. *Lancet* 29: 1155

Ewald P (1912) Die Aetiologie des Hallux valgus. *Dtsch Z Chir.* 114: 90

Ferrari J, Higgins JP, Prior TD (2004) Interventions for treating hallux valgus (abductovalgus) and bunions. *Cochrane Database Syst Rev.* (1): CD000964

Froriep R (1834) *Commentatiuncula de ossis metatarsi primi exostosi.* Joanni de Wiebel, Beroline

Fuhrmann RA, Roth A (1998) *Operationsatlas Fuß und Sprunggelenke.* Enke, Stuttgart S. 77-83

- Fuhrmann RA, Stukenborg-Colsman C (2005) Operation oder Einlagen? Differenziertes Vorgehen bei Vorfußdeformitäten. *Der Orthopäde* 34(8): 725-6
- Galli M, Muratori F, Visci F, Pezzillo F, Aulisa AG (2007) Middle term results of I metatarsal "Scarf" osteotomy. *Clin Ter.* 158(3): 209-12
- Girdlestone GR (1947) Physiotherapy for hand and foot. *J Chart Soc Physiother.* 32: 167
- Grieve DW, Rashdi T (1984) Pressure under normal feet in standing and walking as measured by foil pedobarography. *Ann Rheum Dis.* 43: 816-18
- Haines RW, Mc Dougall A (1954) The anatomy of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Br.* 36 : 272
- Hardy RH, Clapham JCR (1951) Observation on hallux valgus; based on a controlled series. *J Bone Joint Surg Br.* 33-B(3): 376-91
- Hardy RH, Clapham JCR (1952) Hallux valgus; predisposing anatomical causes. *Lancet.* 1(6720): 1180-3
- Harris GF, Knox TA, Larson SJ, Saucers A, Miller EA (1982) A method for the display of balance platform centre of pressure data. *J Biomech.* 15: 741-5
- Harris RJ, Beath T (1949) The short first metatarsal. *J Bone Joint Surg Am.* 31: 553
- Hattrup SJ, Johnson KA (1985) Chevron osteotomy: Analysis of factors in patients' dissatisfaction. *Foot Ankle* 5/6: 327-32
- Helal B (1981) Surgery for adolescent hallux valgus. *Clin Orthop* 157: 50
- Henle J (1871) *Handbuch der Knochenlehre des Menschen.* Vieweg, Braunschweig

- Heubach F (1897) Ueber Hallux valgus und seine operative Behandlung nach Edm. Rose. Dtsch Z Chir. 46: 210
- Hipp EG, Plötzl W, Thiemel G (2003) Orthopädie und Traumatologie. Thieme, Stuttgart New York S. 800-2
- Hippe P, Sönnichsen S (1986) Der angeborene Hallux valgus. In: Blauth W (Hrsg.) Hallux valgus. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo
- Hirvensalo E, Böstman O, Törmälä P, Vainionpää S, Rokkanen P (1991) Chevron osteotomy fixed with absorbable polyglycolide pins. Foot Ankle 11: 212-7
- Hohmann G (1923) Über Hallux valgus und Spreizfuß, ihre Entstehung und physiologische Bedeutung. Arch Orthop Unfallchir. 21: 524
- Houghton GR, Dickson RA (1979) Hallux valgus in the younger patient. J Bone Joint Surg. 61-B: 176-7
- Hueter C (1877) Gelenkkrankheiten 2&3. Vogel, Leipzig
- Imhäuser G (1986) Diskussion „Hallux valgus“. In: Blauth W (Hrsg.) Hallux valgus. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo
- Jerosch J, Mamsch H (1998) Inzidenz von Fehlformen und Fehlhaltungen im Bereich des Fußes bei 10- bis 13jährigen Kindern. Orthop Praxis. 34(5): 340-46
- Johnston O (1956) Further studies of the inheritance of hand and foot anomalies. Clin Orthop. 8: 146

- Jones S, Al Hussainy HA, Ali F, Betts RP, Flowers MJ (2004) Scarf osteotomy for hallux valgus. A prospective clinical and pedobarographic study. *J Bone Joint Surg Br.* 86(6): 830-6
- Kato T, Watanabe S (1981) The aetiology of hallux valgus in Japan. *Clin Orthop.* 157: 78-81
- Kalmus R (1931) Beitrag zur Frage nach der Entstehungsursache des Hallux valgus. *Arch Orthop.* 30: 85
- Kilmartin TE (2002) Revision of failed foot surgery: a critical analysis. *J Foot Ankle Surg.* 41(5): 309-15
- Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M (1994) Clinical rating system for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux and lesser toes. *Foot Ankle Int.* 15(7): 349-53
- Kristen KH, Berger C, Stelpig S, Thalkammer E, Posch M, Engel A (2002) The Scarf osteotomy for the correction of hallux valgus deformities. *Foot Ankle Int.* 23(3): 221-9
- Kummer B (1959) *Bauprinzipien des Säugerskeletts.* Thieme, Stuttgart
- Kummer B (1967) Funktionelle Anatomie des Fußes. *Verh Dtsch Orthop Ges 53. Kongr. (Hamburg 1966), S. 482-493*
- Kummer B (1980) *Form und Funktion. Orthopädie in Klinik und Praxis I: Allgemeine Orthopädie 1.1-1.48.* Thieme, Stuttgart
- Koles ZJ, Castelein RD (1980) The relationship between body swing and foot pressure in normal man. *J Med Eng Technol.* 4: 279-285
- Lewis RJ, Feffer HL (1981) Modified chevron osteotomy of the first metatarsal. *Clin Orthop Relat Res.* 157: 105-109
- Mann RA (1993) Distaler Weichteileingriff und proximale Metatarsalosteotomie. In: Wirth CJ,

- Ferdini R, Wülker N (Hrsg.) Vorfußdeformitäten. Springer, Berlin, Heidelberg, New York S. 285-299
- Mann RA (1993) Operative Therapie in den USA. In: Wirth CJ, Ferdini R, Wülker N (Hrsg.) Vorfußdeformitäten. Springer, Berlin, Heidelberg, New York S. 207-233
- Markbreiter LA, Thompson FM (1997) Proximal metatarsal osteotomy in hallux valgus correction: a comparison of crescentic and chevron procedures. Foot Ankle. 18(2): 71-76
- Masso N (1991) Morfología, Biomecánica del Pie en el Ballet, Tesis Doctoral, 158, Universidad de Barcelona
- Meisenhelder DA, Harkless LB, Patterson JW (1984) Avascular necrosis after first metatarsal head osteotomy. J Foot Surg 23(6): 429-35
- Mittelmeier VH (1964) Referat vor dem IX. Kongress der Deutschen Gesellschaft für die Ästhetische Medizin und ihre Grenzgebiete, Regensburg, 30. 05. 1964. In: Schuhbedingte Fußdeformitäten. Aesthet Medizin. 65(6): 170-81
- Morton DJ (1935) The human foot. Its evolution, physiology and functional disorders. Columbia University Press, New York
- Morton D (1948) The human foot. Columbia University Press, New York
- Murray MP, Seireg AA, Sepic SB (1975) Normal postural stability and steadiness: Quantitative assessment. J Bone Joint Surg Am. 75 : 510-6
- Oppel U, Bajer D, Wilke U, Herz S, Leonhardt R, Kolditz D (1984) Epidemiologie und funktionelle Frühbehandlung des juvenilen Hallux valgus. Orthop Praxis. 7/84: 533-7

Parish TF (1973) Dynamic correction of clawtoes. *Orthop Clin North Am.* 4: 97-102

Pauwels F (1965) *Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates.* Springer, Berlin Heidelberg, New York

Payr E (1894) *Pathologie und Therapie des Hallux valgus.* Braunmüller, Wien

Piggot H (1960) The natural history of hallux valgus in adolescence and early adult life. *J Bone Joint Surg Br.* 42/4: 749-60

Pisani G (1982) Der Hallux valgus des Kindes. *Der Orthopäde* 11: 207-213

Pisani G (1998) Hallux valgus beim Erwachsenen. In: Küster HW und Thomas W (Hrsg.) *Fußchirurgie.* Thieme, Stuttgart, New York S. 259-275

Radl R, Kastner N, Aigner C, Portugaller H, Schreyer H, Windhager R (2003) Venous thrombosis after hallux valgus surgery. *J Bone Joint Surg Am* 85-A(7): 1204-8

Ramach W, Stockinger G (1981) Die Fußform als ätiologischer Faktor von Hallux valgus und Hallux rigidus. In: Murri A (Hrsg.) *Der Fuß.* Med Lit Verlagsgesellschaft, Uelzen

Rochera R, Rabat E (1980) The growth of the first metatarsal bone. *Foot Ankle* 1: 117-22

Rogers WA, Joplin J (1974) Hallux valgus, weak foot and the Keller operation. *Surg Clin North Am.* 27: 1295

Root ML, Orien WP, Weed JH (1977) *Normal and abnormal function of the foot.* Clinical Biomechanics Cooperation, Los Angeles

Rütt A (1961) *Handbuch der Orthopädie IV (II).* Thieme, Stuttgart S. 1103

- Sammarco GJ (1981) Dance injuries to the foot. In: Mann RA (ed) *Surgery of the foot*. Mosby, St. Louis
- Schneider W, Aigner N, Pinggera O, Knahr K (2004) Chevron osteotomy in hallux valgus. Ten-year results of 112 cases. *J Bone Joint Surg Br.* 86(7) : 1016-20
- Schneider W, Csepan R, Knahr K (2003) Reproducibility of the radiographic metatarsophalangeal angle in hallux valgus surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 85(3): 494-9
- Sim Fook L, Hodgson AR (1958) A comparison of foot forms among the non-shoe and shoe-wearing Chinese population. *J Bone Joint Surg Am.* 40: 1058
- Steinböck G (1993) Pathogenese des Hallux valgus. In: Wirth CJ, Ferdini R, Wülker N (Hrsg.) *Vorfußdeformitäten*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York S. 187-200
- Stoffella R (1998) Neue Osteosynthesetechnik zur subkapitalen Metatarsalosteotomie beim Hallux valgus. *Oper Orthop Traumatol.* 10(4): 317-25
- Taylor RG (1951) The treatment of claw toes by multiple transfers of flexor into extensor tendons. *J Bone Joint Surg Br.* 33: 539-42
- Tschermernjak J, Reimann R (1990) Zur Adduzierbarkeit des Metatarsus primus varus. In: Steinböck G (Hrsg.) *Bulletin der öffentlichen Sitzung des Arbeitskreises für Fußchirurgie der Österr. Gesellschaft für Orthopädie vom 25.11.1989*. Verlag d. Österr. Zentralverbandes für Orthop. –Schuhtechnik, Linz
- Vennig P, Hardy RH (1951) Sources of error in the production and measurement of standard radiographics of the foot.
- Veri JP, Pirani SP, Claridge R (2001) Crescentic proximal metatarsal osteotomy for moderate to severe hallux valgus: a mean 12.2 year follow-up study. *Foot Ankle Surg.* 22(10) 817-22
- Viladot A (1973) Metatarsalgia due to biomechanical alterations of the forefoot. *Orthop Clin North Am.* 4: 165-78
- Viladot A (1981) The forefoot in the ballet. *II Curso de la Escuela Catalana de Traumatologia del Deporte*, Editado por Instituto Policlínico de Barcelona, Barcelona S. 303-316

Viladot A (1984) Patología del antepié, 3a ed. Ediciones Toray, S.A. Barcelona

Viladot A, Dalmau A, Viladot J (1989) The foot in the Judo. Sports Traumatol. 11: 1-8

Viladot A (1993) Der sog. Standardvorfuß. In: Wirth CJ, Ferdini R, Wülker N (Hrsg.) Vorfußdeformitäten. Springer, Berlin, Heidelberg, New York S. 13-19

Volkman R (1856) Über die sogenannte Exostose der großen Zehe. Virchows Arch Pathol Anat. 10: 297

Walpert J, Gräber S, Kalweit M, Schwer EH (2003) Zur Winkelmessung des Intermetatarsalwinkels zwischen Metatarsale I und II in der Hallux-valgus-Korrektur. Z Orthop Unfallchir. 141 S1

Wessels KD (1998) Korrekturosteotomien zur Behandlung des Hallux valgus. Orthop Praxis. 34(2): 121-5

Winter, DA (1995) A.B.C. of balance during standing and walking. Waterloo Biomechanics, Waterloo

Wülker N (1999) Hallux valgus, Hallux rigidus – Konservative und operative Therapie. In: Braun A (Hrsg.) Praktische Orthopädie: Fuß: Erkrankungen und Verletzungen. Steinkopff, Darmstadt S. 131-45

Wülker N, Suckel A (2005) Osteotomien des Mittelfußes beim Hallux valgus. Der Orthopäde 34(8): 726-34

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades nicht vorliegt.

Datum

Unterschrift

# Lebenslauf

## persönliche Daten:

Name: Maik Gutezeit  
Geburtsdatum: 04.04.1984  
Geburtsort: Wolgast  
Anschrift: Bleichstraße 39a  
17489 Greifswald  
Familienstand: ledig

## Schulische Laufbahn:

Einschulung 1990,  
Besuch des Otto – Lilienthal - Gymnasiums in Anklam ab 1996,  
Abitur 2002 mit Durchschnittsnote 1,2

## Hochschullaufbahn:

Immatrikulation an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald im Wintersemester 2002/03,  
1. Staatsexamen (Physikum) im Herbst 2004 mit Durchschnittsnote 2,0,  
2. Staatsexamen im Herbst 2008 mit Durchschnittsnote 2,5

## **Danksagung**

Mein Dank gilt dem Chefarzt Prof. Dr. med. Harry Merk der Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald für die weitere Betreuung und die Eröffnung des Promotionsverfahrens.

Ebenso gilt mein Dank dem Chefarzt Priv. - Doz. Dr. med. habil. Niels Follak der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie der Pfeifferschen Stiftungen Magdeburg für die Überlassung des Themas der Doktorarbeit und die hervorragende Betreuung.

Mein weiterer Dank gilt dem Institut für Diagnostische Radiologie und Neuroradiologie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald für die freundliche Überlassung des radiologischen Bildmaterials.

Des Weiteren möchte ich mich bei allen Schwestern der Poliklinik der Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald bedanken, ohne deren freundliche Unterstützung die Nachuntersuchungen der Patienten nicht möglich gewesen wären.