

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie  
Asklepios Klinikum Bad Abbach  
Direktor: Professor Dr. med. Dr. h.c. J. Grifka  
Der Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

---

**Patientenzufriedenheit und mittelfristige Ergebnisse  
verschiedener operativer Verfahren in der  
Hallux valgus- und Hallux rigidus-Chirurgie**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Christine Feldmann

1. Berichterstatter:	Prof. Dr. med. M. Handel
2. Berichterstatter:	PD Dr. med. B. Ehrenstein
Dekan:	Prof. Dr. med. Dr. med. dent. T. Reichert
Tag der mündlichen Prüfung:	16.12.2015

# **Inhaltsverzeichnis**

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

1. Einleitung .....	1
1.1. Allgemeine Einleitung.....	1
1.2. Pathogenese des Hallux valgus und Hallux rigidus .....	3
1.3. Konservative Möglichkeiten und Indikationen zur operativen Therapie .....	7
1.4. Operationstechniken und Osteosynthesematerialien.....	8
1.4.1. Chevron-Osteotomie .....	11
1.4.2. Akin-Osteotomie .....	11
1.4.3. Scarf-Osteotomie.....	12
1.4.4. Basisnahe Umstellungsosteotomie am 1. Metatarsale .....	12
1.4.5. Modifizierte Lapidus-Arthrodesen .....	13
1.4.6. Arthrodesen des MTP-I-Gelenkes.....	14
1.4.7. Resektions-Interpositions-Arthroplastik des MTP-I-Gelenkes.....	14
1.5. Zielsetzung der Arbeit .....	16
2. Material und Methoden .....	17
2.1. Patienten- und Gruppencharakteristika .....	17
2.2. Datenerfassung und statistische Auswertung .....	20
2.3. Anamnese .....	21
2.4. Klinische Untersuchung .....	22
2.4.1. AOFAS Score 1. Strahl .....	22
2.4.2. Klinischer Hallux valgus-Winkel.....	24
2.4.3. Klinischer Intermetatarsalwinkel-I/II.....	25
2.4.4. Klinischer Hallux valgus interphalangeus-Winkel .....	25
2.4.5. Fußinnenrandwinkel.....	25
2.5. Röntgenologische Untersuchung.....	26
2.5.1. Hallux valgus-Winkel .....	28
2.5.2. Intermetatarsalwinkel-I/II.....	29
2.5.3. Distaler metatarsaler Gelenkflächenwinkel .....	30
2.5.4. Hallux valgus interphalangeus-Winkel .....	31
2.5.5. Kongruenz des 1. Metatarsophalangealgelenkes .....	32
2.5.6. Position des tibialen Sesambeines.....	33
2.5.7. Hallux rigidus-Stadium .....	34

3. Ergebnisse .....	35
3.1. Nachuntersuchungszeitraum .....	35
3.2. Epidemiologie .....	36
3.3. Gruppencharakteristika .....	37
3.4. Prä- und postoperative Schmerzen nach visueller Analogskala.....	39
3.5. „Würden Sie sich noch einmal operieren lassen?“ .....	41
3.6. Patientenzufriedenheit .....	42
3.6.1. Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis .....	42
3.6.2. Zufriedenheit mit der Stellung der Großzehe.....	43
3.7. Subjektive Bewertung der Stellungskorrektur der Großzehe.....	44
3.7.1. Die Stellung der Großzehe vor der Operation und zur Nachuntersuchung.....	44
3.7.2. Wie viel Grad Hallux valgus-Winkel werden als gerade, leicht schief, mäßig schief und sehr schief beurteilt?.....	47
3.7.3. Hat das Wissen um die Durchführung einer Operation einen Einfluss auf die Beurteilung der Fehlstellung? .....	48
3.8. Ergebnisse des AOFAS Score 1. Strahl .....	49
3.8.1. Schmerzen .....	50
3.8.2. Funktion .....	50
3.8.3. Achsenstellung .....	51
3.9. Ergebnisse der radiologischen Winkelbestimmung .....	52
3.9.1. Ergebnisse anhand des Hallux valgus-Winkels .....	52
3.9.2. Ergebnisse anhand des Intermetatarsal-Winkels-I/II .....	54
3.9.3. Ergebnisse anhand des Hallux valgus interphalangeus-Winkels .....	56
3.9.4. Ergebnisse anhand des DMAA-Winkels.....	56
3.9.5. Kongruenz des MTP-I.....	57
3.9.6. Tibiale Sesambeinposition .....	58
3.9.7. Hallux rigidus-Stadium .....	60
3.10. Ergebnisse der klinischen Winkelbestimmung .....	61
3.11. Zusammenhang von Patientenzufriedenheit mit der Stellung der Großzehe und dem klinisch bestimmten Hallux valgus-Winkel.....	63
3.12. Zusammenhang von Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis und postoperativen Schmerzen.....	66
3.13. Komplikationen und Nachoperationen.....	67
4. Diskussion .....	68



5. Zusammenfassung .....	84
6. Abbildungsverzeichnis .....	86
7. Tabellenverzeichnis.....	87
8. Literaturverzeichnis.....	88
9. Abbildungsnachweise.....	94



## **Abkürzungsverzeichnis**

AD	Arthrodesse
AOFAS	American Orthopaedic Foot and Ankle Society
bnUOT	Basisnahe Umstellungsosteotomie
DMAA	Distaler metatarsaler Gelenkflächenwinkel
HVA	Hallux valgus-Winkel
HIVP	Hallux valgus interphalangeus-Winkel
IMA	Intermetatarsalwinkel-I/II
IP	Interphalangealgelenk
MT-I	1. Os metatarsale
MTK	Metatarsaleköpfchen
MTP-I-AD	Arthrodesse des 1. Metatarsophalangealgelenkes
n	Anzahl der Operationen
n <sub>Pat</sub>	Anzahl der operierten Patienten
NU	Nachuntersuchung
OT	Osteotomie
PASW	Predictive Analysis Software der Firma SPSS
RCT	Randomized controlled trial, randomisierte kontrollierte Studie
RIAP	Resektions-Interpositions-Arthroplastik
Strahl	1. Strahl = Einheit aus 1. Metatarsaleknochen und Großzehe
TMT	Tarsometatarsalgelenk
TSP	tibiale Sesambeinposition = Position des medialen Sesambeins
VAS	visuelle Analogskala



# **1. Einleitung**

## **1.1. Allgemeine Einleitung**

Die schmerzfreie Fortbewegung – sie ist ein wesentlicher Bestandteil der Lebensqualität. In der gesundheitlichen Versorgung nehmen die Pathologien des Bewegungsapparates stets einen bedeutsamen Stellenwert ein. Aufgrund der älter werdenden Gesellschaft und dem Bestreben die Lebensqualität längstmöglich auf hohem Niveau zu halten, ist auch in Zukunft ein hoher Bedarf an operativer Behandlung zu erwarten.

Der Begriff Hallux valgus beschreibt die Abweichung der Großzehe nach lateral (Abb. 1) und ist im Bereich des Vorfußes die häufigste Pathologie<sup>[82]</sup>. Die zweithäufigste Entität am ersten Strahl ist der Hallux rigidus (Abb. 2), dessen Begrifflichkeit auf die arthrotischen Veränderungen am Großzehengrundgelenk Bezug nimmt. Der Hallux rigidus kann sowohl isoliert als auch in Kombination mit dem Hallux valgus vorkommen. Mit einer Häufigkeitsverteilung von 7:1 tritt der Hallux valgus wesentlich häufiger als der Hallux rigidus auf<sup>[21]</sup>.



Abb. 1: Hallux valgus mit pronatorischer Komponente (links)

Abb. 2: Hallux rigidus (rechts)

In beiden Fällen kommt es zu Änderungen der Druckverteilung im beidbeinigen Stand und während des Gehens. Entgegen der früheren Lehrmeinung einer Dreipunktunterstützung des Fußes belegten Druckverteilungsanalysen, dass die wirkenden Kräfte im Bereich der distalen Metatarsalia auf die Metatarsaleköpfchen I-V verteilt werden, wobei sowohl im beidbeinigen Stand als auch im Gehen höhere Drücke unter dem III. Metatarsaleköpfchen als unter dem I. und IV. Metatarsaleköpfchen gemessen wurden.<sup>[35]</sup>

Im Falle eines Spreizfußes, gleichbedeutend mit einer vermehrten distalen Divergenz der Metatarsaleknochen, kommt es zu einer Verschiebung der Druckbelastung vom Metatarsaleköpfchen-I nach lateral und resultiert in einer Mehrbelastung der Metatarsaleköpfchen II-IV. Der daraus entstehende Beschwerdekomples „Transfermetatarsalgie“ umfasst die Überbeanspruchung der Metatarsaleköpfchen II-IV, belastungsabhängige Schmerzen und übermäßige lokale Schwielenbildung.<sup>[29]</sup>

Reibungsbedingte Schwielenbildung über dem nach medial verlagerten 1. Metatarsaleköpfchen (Pseudoexostose) oder arthrotischen Gelenkanbauten (Osteophyten) führen letztlich zu einem vermehrt invertierten Gangbild mit konsekutiver Überlastung der lateralen Fußstrahlen. Durch den automatisch eingenommenen Schongang wird die ursprüngliche Biomechanik des Abrollens gestört.<sup>[81]</sup>

Das Ziel der Therapie ist es, durch eine Stellungskorrektur der Großzehe eine harmonische Abrollbewegung und ein physiologisches Gangbild wiederherzustellen, um eine schmerzfreie Fortbewegung zu ermöglichen. Sekundär sind hiermit kosmetische Verbesserungen verbunden, welche zu einer erhöhten Patientenzufriedenheit führen.

## **1.2. Pathogenese des Hallux valgus und Hallux rigidus**

Für die Entstehung des Hallux valgus sind vielfältige Ursachen beschrieben. Einflussfaktoren wie muskuläre Dysbalance, neuropathische Erkrankungen, bindegewebliche Insuffizienz, posttraumatische oder postarthritische Veränderungen werden als ursächlich angesehen. Der Hallux valgus wird wesentlich häufiger beim weiblichen Geschlecht beobachtet und tritt familiär gehäuft auf. Angeborene oder erworbene Fußdeformitäten, wie der Spreiz- oder Knickfuß, sind prädisponierend für die Entstehung des Hallux valgus.<sup>[16,60]</sup>

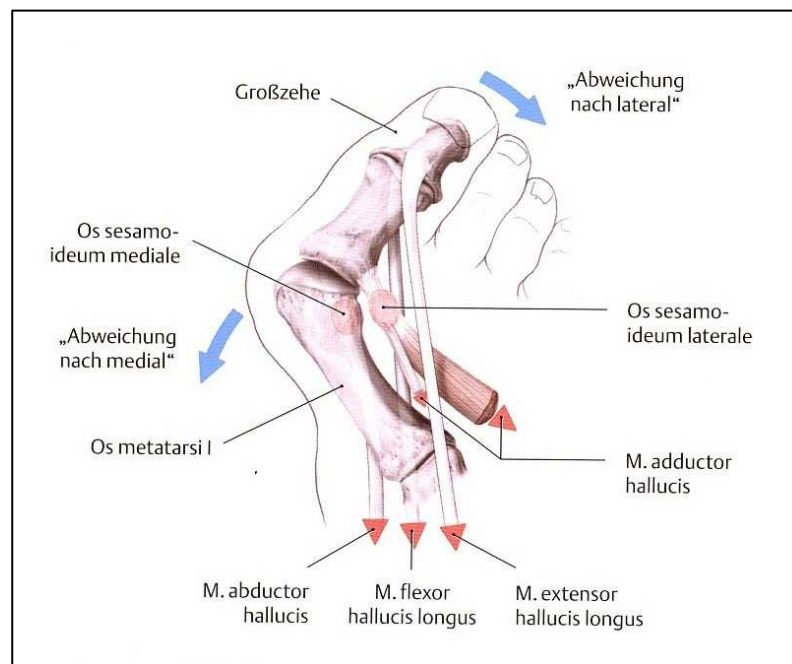


Abb. 3<sup>[a]</sup>: Pathogenese des Hallux valgus

Die Pathogenese des Hallux valgus basiert auf einer Dysbalance zwischen knöchernen, muskulären und bindegeweblichen Strukturen.

Bei der Abrollbewegung werden die wirkenden Kräfte über die kurzen Fußmuskeln mit deren Ansatz an der Grundgliedbasis übertragen. Das distale 1. Metatarsale selbst besitzt keinen kraftvollen Muskelansatz.<sup>[32]</sup> Im Gleichgewicht balancieren Grund- und Endglied, gehalten von muskulären und bindegeweblichen Strukturen, auf dem Metatarsale-I-Köpfchen. Bereits im blanchierten Zustand liegt der Kraftvektor von Beuge- und Streckmuskulatur um wenige Grad nach lateral dezentriert. Durch einen intakten Kapsel-Band-Apparat aus Ligamentum metatarsium transversum, Ligamentum intersesamoidale und der Gelenkkapsel des 1. Metatarsophalangealgelenkes (MTP-I) wird das 1. Metatarsale in Position gehalten.<sup>[81]</sup>

Auf das Gleichgewicht wirken zahlreiche interne (z.B. ungleiches Wachstum der Knochenkerne, Bindegewebsschwäche oder Muskelatrophie) sowie externe Einflussfaktoren (z. B. hohe und spitz zulaufende Schuhe), welche zu einer Dekompensation des Stabilitätssystems führen können.

Die beim Abrollen des Fußes wirkenden Spreizkräfte führen durch Überlastung der Bandstrukturen zu einer Subluxation des Metatarsale-I-Köpfchens nach medial. Infolge der Varisierung des 1. Metatarsale vergrößert sich der Intermetatarsalwinkel-I/II ( $\text{IMA-I/II} = \text{Intermetatarsal angle I/II}$ ), es resultiert ein Metatarsus primus varus.

Im Bereich des Großzehengrundgelenkes führt die Medialisierung des Metatarsale-I-Köpfchens zu einer Verlagerung der metatarsalen Gelenkfläche und damit inkongruenten oder subluxierten Gelenkstellung.

Die Vorwölbung des Metatarsale-I-Köpfchens in der medialen Fußsilhouette wird als Pseudoexostose bezeichnet. An dieser hervortretenden Stelle entsteht eine druckbedingte Schmerzsymptomatik mit Hyperkeratose, Bursitis und Hautatrophie.<sup>[16,60]</sup>

Durch die Medialisierung des 1. Metatarsale wird die Abduktions-Adduktionsachse des 1. Metatarsophalangealgelenkes nach medial verlagert. Der Musculus abductor hallucis verliert infolge dessen einen Großteil seiner abduzierenden Hebelwirkung. Zu dem wird der M. abductor hallucis nach plantar gedrängt und erhält dadurch eine pronatorische Wirkung im Großzehengrundgelenk.

Bedingt durch die Verlagerung der Abduktions-Adduktionsachse setzen Extensions- und Flexionsmuskulatur, im Vergleich zur Normalposition, weiter lateral an. Aufgrund dieser Veränderung werden sie zu Adduktoren der Großzehe und ziehen diese verstärkt nach lateral. Die Lateralisierung der Großzehe mündet in eine valgische Position, dem Hallux valgus.<sup>[16,81]</sup>

Der Schweregrad der Deformität wird anhand des Hallux valgus-Winkels ( $\text{HVA} = \text{Hallux valgus angle}$ ) und des  $\text{IMA-I/II}$  in einer stehenden Belastungsaufnahme klassifiziert. Der Ausprägungsgrad wird in leicht, mittelschwer und schwer unterteilt (vgl. Tab. 1)<sup>[60]</sup>.



	leicht	mittel	schwer
IMA-I/II	11-15°	16-20°	>20°
HVA	21-30°	31-40°	>40°

Tab. 1<sup>[3,60]</sup>: Schweregradeinteilung des Hallux valgus

Der Hallux valgus-Winkel beschreibt die Abweichung der Großzehe nach lateral und wird durch den Winkel der Längsachse der Grundphalanx zur Längsachse des 1. Metatarsale definiert. Ein HVA bis 20° wird als normal angesehen.<sup>[34,81]</sup>

Der IMA-I/II spiegelt das Ausmaß des Metatarsus primus varus wieder und entspricht dem Winkel zwischen den Längsachsen des 1. und 2. Metatarsale. Ein IMA-I/II über 10° wird als pathologisch betrachtet.<sup>[34,81]</sup>

Ist der Hallux valgus mit einer Arthrose im Großzehengrundgelenk vergesellschaftet, so wird die Deformität als Hallux valgus et rigidus bezeichnet. Der Hallux rigidus kann aber auch isoliert vorkommen.

Unter dem Begriff Hallux rigidus wird ein chronisch-degenerativer Prozess, eine Arthrose des 1. Metatarsophalangealgelenkes, verstanden. Die Erkrankung geht mit einer schmerzhaften Bewegungseinschränkung bis hin zur kompletten Ankylose einher. Als ursächliche Faktoren werden eine flache Gelenkfläche des 1. Metatarsaleköpfchens, aseptische Knochennekrose, entzündliche Gelenkerkrankungen, wiederholte Mikrotraumen und eine relative Überlänge des 1. Strahles diskutiert. Ebenso können proximaler gelegene Deformitäten zu einer kompensatorischen Pronation des Fußes führen und somit eine Überlastung des 1. Strahles verursachen.<sup>[80]</sup>

Im deutschsprachigen Raum wird die Großzehengrundgelenksarthrose als progrediente Erkrankung verstanden, welche in 3 Stadien fließend verläuft. Das Frühstadium ist durch eine schmerzhafteste Bewegungseinschränkung beim Abrollen, genauer wenn dorsalextendierende Kräfte auf das MTP-I einwirken, gekennzeichnet. Erste unspezifische klinische oder röntgenologische Veränderungen können erkennbar sein. Im mittleren Stadium nimmt das Bewegungsausmaß des Großzehengrundgelenkes bei persistierender Schmerzsymptomatik weiter ab. Der arthrotische Umwandlungsprozess manifestiert sich zuerst am Ort der größten Kraftübertragung, dem dorsalen Anteil des Gelenkes. Röntgenologisch sind manifeste Arthrosezeichen wie Osteophyten, subchondrale Sklerosierung oder Gelenkspalt-

verschmälerung nachweisbar. Im Spätstadium, dem Vollbild der Großzehengrundgelenksarthrose, ist die Beweglichkeit nahezu bis komplett aufgehoben. Aufgrund der verminderten Belastbarkeit des MTP-I geht die Beschwielung unter dem MTP-I zurück, hingegen werden dorsaler Osteophytenkranz, 1. Interphalangealgelenk (IP) und laterale Metatarsaleköpfchen vermehrt druckbelastet, wodurch Fehlbeschwielungen und Hyperkeratosen entstehen.<sup>[18,38,80]</sup>

### **1.3. Konservative Möglichkeiten und Indikationen zur operativen Therapie**

Am Beginn therapeutischer Bemühungen steht eine Beratung des Patienten über Belastungsverhalten, Sportmöglichkeiten und adäquate Schuhversorgung. Durch angepasstes Schuhwerk mit weichem Oberleder und breiter Zehenbox kann eine Linderung der Druckproblematik an prädisponierenden Stellen (Pseudoexostose, Osteophyten, Krallenzehen) erreicht werden. Zusätzlich können Zehenpreizer und Zehenpolster an druckbelastenden Stellen eingesetzt werden.

Bei persistierender oder belastungsabhängiger Schmerzsymptomatik stehen orthopädischuhtechnische Maßnahmen zur Verfügung. Im Falle metatarsalgischer Beschwerden, werden Einlagen mit stützender Mittelfußpelotte verordnet, welche das Quergewölbe stützen und die Metatarsaleköpfchen entlasten sollen.<sup>[60]</sup>

Beim Hallux rigidus steht die Entlastung des 1. Metatarsalgelenkes im Vordergrund. Rigide Einlagen (Rigidusfeder) schwächen dorsalgerichtete Kräfte ab und schränken die schmerzhafteste Bewegungsfreiheit ein. Eine unter dem Schuh angebrachte Ballenrolle erleichtert den Abrollvorgang.

Bei chronischen Schmerzzuständen kann eine intraartikuläre Infiltration hilfreich sein. Die systemische Gabe nichtsteroidaler Analgetika ist ebenfalls möglich, sollte aber aufgrund deren Nebenwirkungen nur kurzzeitig erfolgen.<sup>[80]</sup>

Die Indikation zur operativen Versorgung ist gegeben, wenn anhaltende Schmerzen, progrediente Funktionseinschränkungen, rezidivierende Ulzerationen, zunehmende Hallux-Fehlstellung oder Kleinzehendeformitäten eintreten, welche die Lebensqualität limitieren.<sup>[3]</sup>

#### **1.4. Operationstechniken und Osteosynthesematerialien**

Bei der Wahl der Operationstechnik stehen gelenkerhaltende und nicht gelenkerhaltende Verfahren zur Verfügung. Von den nachfolgend beschriebenen Techniken zählen Chevron-Osteotomie (Chevron-OT), Akin-Osteotomie (Akin-OT), Scarf-Osteotomie (Scarf-OT) und basisnahe Umstellungsosteotomie (bnUOT) zu den gelenkerhaltenden Operationsverfahren. Im Falle der Lapidus-Arthrodese (Lapidus-AD) handelt es sich prinzipiell um eine gelenkversteifende Operation. Die Beweglichkeit im MTP-I-Gelenk bleibt jedoch erhalten, da die Arthrodese im 1. Tarsometatarsalgelenk (TMT-I) erfolgt.<sup>[2,4,14,43,46, 50,78]</sup>

Hingegen sind MTP-I-Arthrodese und Resektionsinterpositionsarthroplastik (RIAP) nicht-gelenkerhaltende Operationsverfahren, welche bei fortgeschrittener Arthrose im 1. Metatarsophalangealgelenk Anwendung finden.<sup>[3,81]</sup>

Alle im Rahmen dieser Arbeit untersuchten gelenkerhaltenden Operationen wurden mit einem lateralen Sesambeinrelease kombiniert, bei dem die Mobilisation der kontrakten Sehnen- und Muskelverhältnisse eine Rezentrierung des Sesambeinkomplexes ermöglichte. Die Lösung des lateralen Sesambeines erfolgte transartikulär oder über eine L-förmige Inzision der lateralen Gelenkkapsel des 1. Metatarsophalangealgelenkes.<sup>[47]</sup>

Jede Operation wurde in Leitungsanästhesie und Rückenlage des Patienten durchgeführt. Die Eingriffe erfolgten zumeist in Unterschenkelblutleere (350 mmHg) nach mehrmaliger Hautdesinfektion. Abb. 4 und 5 veranschaulichen die Osteotomieführung und Arthrodesen in medialer und dorsaler Ansicht.

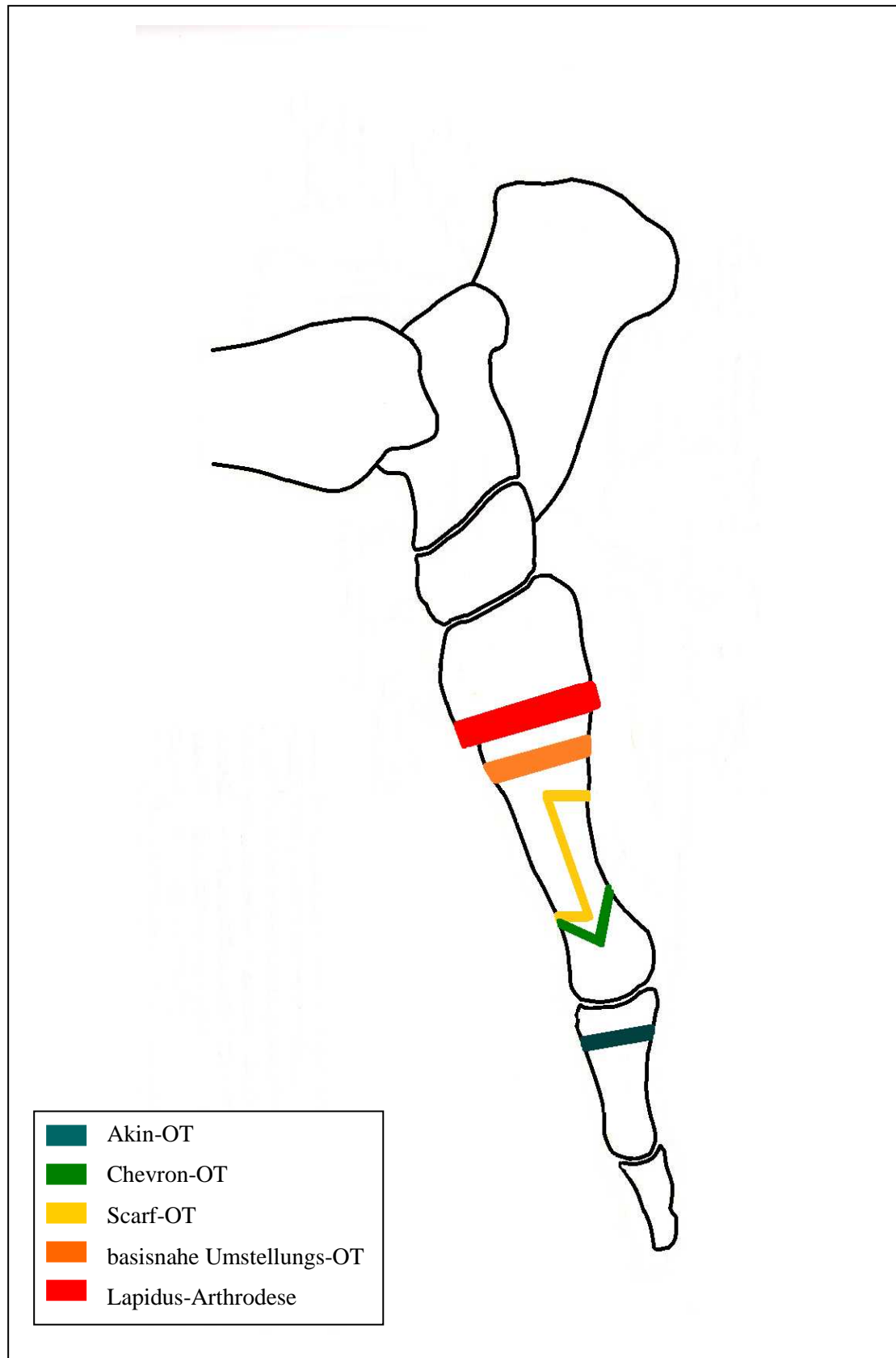


Abb. 4: Osteotomieführung in medialer Ansicht

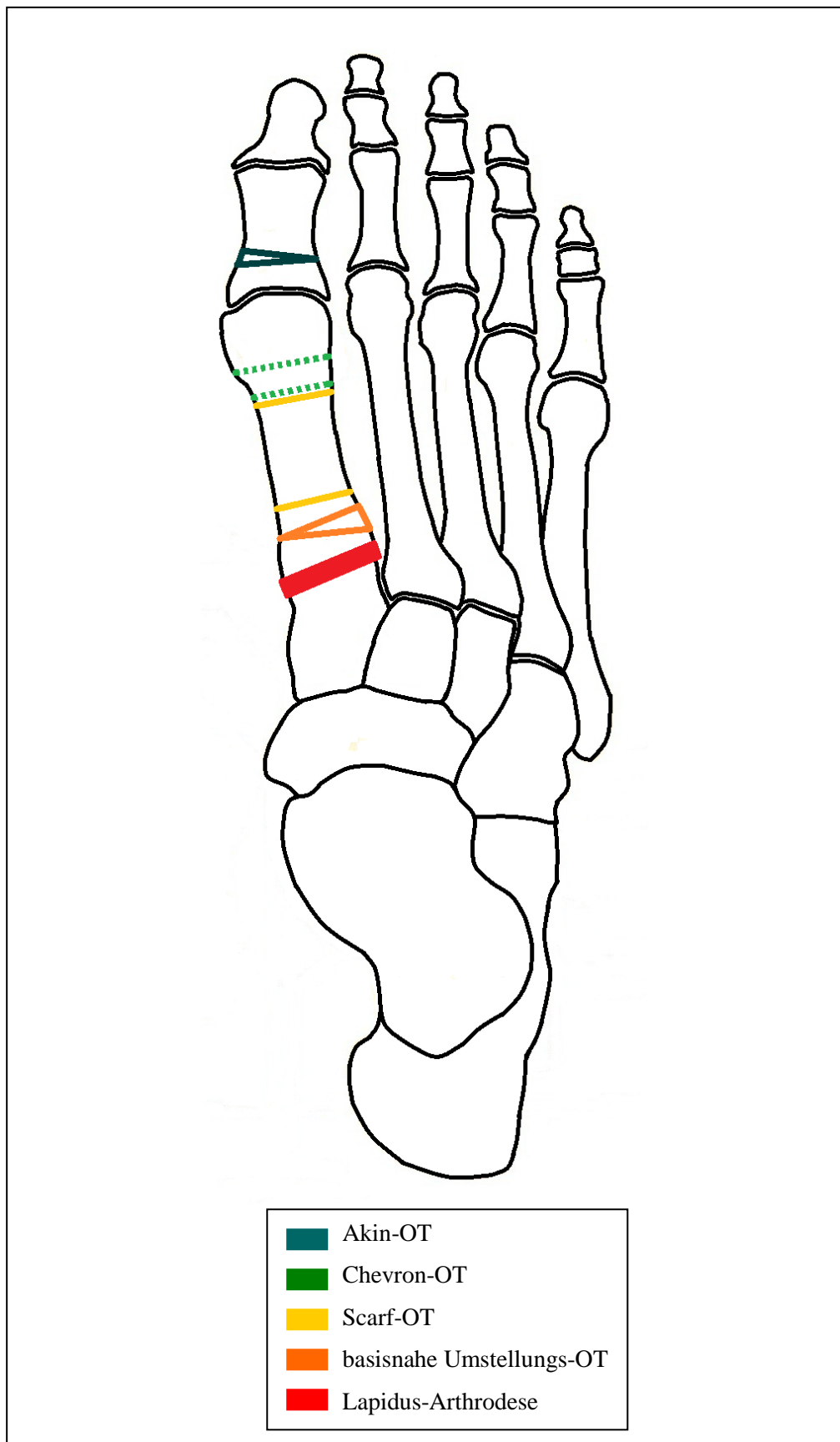


Abb. 5: Osteotomieführung in dorsaler Ansicht

### 1.4.1. Chevron-Osteotomie

Bei der Chevron-Osteotomie handelt es sich um eine retrokapitale V-förmige Osteotomie am 1. Metatarsale. Die Operationstechnik wurde erstmals von Corless 1971<sup>[14]</sup> und Austin 1981<sup>[4]</sup> beschrieben. Der Begriff „Chevron“ leitete sich von dem gleichnamigen V-förmigen französischen Militärabzeichen ab. Im deutschsprachigen Raum findet die Chevron-Osteotomie breite Anwendung und wird bei leichtem bis mittelschwerem Hallux valgus ohne fortgeschrittene Arthrose im MTP-I eingesetzt.<sup>[3,81]</sup>

Nach medialem Hautschnitt über dem distalen Os metatarsale-I erfolgt eine L-förmige Inzision der MTP-I-Gelenkkapsel. Die Kapsel wird vertikal eröffnet und längs dorsomedial fortgeführt. Nachfolgend wird die supperiostal dargestellte Pseudoexostose mit dem Meißel sparsam reseziert. Im Anschluss wird ein Draht zentral in das Metatarsale-I-Köpfchen und parallel zum Verlauf des MTP-I-Gelenkspaltes eingebracht. Mit oszillierender Säge erfolgt eine biplane, V-förmige Osteotomie, wobei die Spitze der Osteotomie in medialer Ansicht nach distal zeigt (Abb. 4). Der Öffnungswinkel zwischen dorsalem und plantarem Schenkel beträgt etwa 60°. Nach ausreichender lateraler Lockerung kann das Kopffragment um ein Drittel bis maximal eine Hälfte des Knochendurchmessers nach lateral verschoben werden.<sup>[81]</sup> Für die Osteosynthese kamen im nachuntersuchten Kollektiv Kompressionsschrauben zum Einsatz.

Neben allgemeinen Operationsrisiken wie Infektionen, Wundheilungsstörungen und dem komplexen regionalen Schmerzsyndrom wurden im seltenen Fällen avaskuläre Nekrosen des Metatarsaleköpfchens beobachtet. Auch Überkorrekturen im Sinne einer Hallux varus-Fehlstellung oder ausbleibende knöcherne Durchbauungen (Pseudarthrosen) wurden beschrieben.<sup>[81]</sup>

### 1.4.2. Akin-Osteotomie

1925 beschrieb Akin<sup>[2]</sup> eine keilförmige Osteotomie der 1. Grundphalanx zur Korrektur einer Hallux valgus interphalangeus-Komponente. Diese Technik wird meist in Kombination mit einer Osteotomie am 1. Metatarsale angewandt.<sup>[81]</sup>

Nach medialem Hautschnitt und subperiostaler Präparation der medialen Grundgliedbasis erfolgen zwei von medial nach lateral gerichtete Osteotomien mit dem Ziel einer medialbasigen Keilentnahme (Abb.4 und 5). Die laterale Kortikalis wird für einen Zuggurtungseffekt geschont. Die Entnahme des Knochenkeiles und das anschließende Zuklappen des Osteotomiespaltes werden auch als Closed-Wedge-Technik bezeichnet. Im Falle eines

Hallux valgus mit pronatorischer Komponente kann eine Korrektur durch Derotation der Osteotomieflächen zueinander erreicht werden. Durch den möglichen Zuggurtungseffekt bei lateral intakter Kortikalis kommen medial eingebrachte Drahtklammern oder eine Fadencerclage für die Fixation der Osteotomieflächen in Betracht. In anderen Fällen werden Kompressionsschrauben als Osteosynthesematerial genutzt.<sup>[81]</sup>

### 1.4.3. Scarf-Osteotomie

Die Scarf-Osteotomie, eine diaphysäre Z-förmige Osteotomie am 1. Metatarsale, wurde erstmals von Meyer 1926<sup>[50]</sup> beschrieben. Der Z-förmige Verlauf des Osteotomiespaltes lag ursprünglich in dorsaler Ansicht. Die Sägeführung wurde durch Weil 1991<sup>[78]</sup> modifiziert und nach medial verlagert. Einsatz findet die Scarf-Osteotomie bei mittelschweren bis schweren Hallux valgus-Deformitäten.<sup>[81]</sup>

Während der technischen Ausführung wird das dorsomedial längsverlaufende Gefäß-Nerven-Bündel geschützt und die Retrokapital- sowie Diaphysenregion des 1. Metatarsale freipräpariert. Bei der modifizierten Technik stellt sich der Z-förmige Verlauf des Osteotomiespaltes in medialer Ansicht dar (Abb. 4). Im Bereich der Umschlagschenkel des „Z“ werden zwei Kirschner-Drähte eingebohrt. Mit der oszillierenden Säge erfolgt zuerst die horizontale Osteotomie längs des 1. Os metatarsale (MT-I) bis zu den Umschlagschenkeln. Die transversalen Osteotomien schließen sich in einem Winkel von etwa 60° zur horizontalen Sägeebene an. Nach Mobilisierung kann das distale Knochenfragment um ein Drittel bis maximal um die Hälfte der Osteotomiefläche nach lateral verschoben und zusätzlich geschwenkt werden. Die anschließende Osteosynthese erfolgt mittels zweier Kompressionsschrauben.<sup>[81]</sup>

Aufgrund der Osteotomieführung und dem schmalen Schaftdurchmesser im Bereich der Diaphyse ist das Risiko für diaphysäre Frakturen bei dieser Operationsmethode am größten<sup>[20]</sup>.

### 1.4.4. Basisnahe Umstellungsosteotomie am 1. Metatarsale

Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde eine basisnahe (proximale) Osteotomie am 1. Metatarsale durch Loison<sup>[46]</sup> vorgestellt. Heute werden Basisosteotomien, unter der Voraussetzung eines stabilen TMT-I-Gelenkes, bei moderaten bis schweren Hallux valgus-Deformitäten mit vorliegendem Metatarsus primus varus eingesetzt.<sup>[49,81]</sup>



Um kontrakte Verhältnisse am MTP-I-Gelenk zu lockern, wird der Eingriff mit einem distalen Weichteileingriff begonnen. Anschließend wird das proximale 1. Metatarsale über einen dorsomedialen Zugang bis zum TMT-I-Gelenk subperiostal freipräpariert. Die Osteotomie erfolgt ca. 10 mm distal des TMT-I-Gelenkes in schräger, halbmondförmiger (Crescentic Osteotomie), V-förmiger oder keilförmiger Technik. Bei der Opening-Wedge-Osteotomie handelt es sich um eine keilförmige, aufklappende Osteotomie mit medialem Zugangsweg. Eine resezierte Pseudoexostose fungiert als einzubringender Knochenkeil. Die Closing-Wedge-Osteotomie hingegen erfolgt unter Entnahme eines lateralbasigen Knochenkeiles (Abb. 5). Nach Stellungskorrektur werden die Osteotomieflächen mittels Metallplatte und Schrauben adaptiert.<sup>[81]</sup> Im nachuntersuchten Kollektiv wurden winkelstabile Osteosynthesematerialien verwendet.

### 1.4.5. Modifizierte Lapidus-Arthrodes

Die klassische Technik wurde 1934 von Paul Lapidus<sup>[43]</sup> beschrieben und umfasst die Versteifung des Tarsometatarsale-I-Gelenkes (TMT-I) sowie des medialen intercuneiformen Gelenkes. Die modifizierte Lapidus-Technik stellt eine isolierte Arthrodes des TMT-I dar und wird bei Instabilität im TMT-I-Gelenk angewandt.<sup>[3,81]</sup>

Technisch wird nach dorsomedialen Hautschnitt das 1. Tarsometatarsalgelenk (TMT-I) dargestellt und mittels oszillierender Säge reseziert (Abb. 4 und 5). Wobei die Ausrichtung der Arthrodesenflächen eine Verkürzung des 1. Strahles, eine Lateralisierung sowie Plantarisierung des MT-I ermöglicht. Nach Stellungskorrektur und vorübergehender Transfixation mithilfe zweier Kirschnerdrähte wird eine Metallplatte angepasst und mit Schrauben fixiert.<sup>[81]</sup> Im nachuntersuchten Kollektiv wurden winkelstabile Platten und Schrauben für die Osteosynthese verwendet. Unter der Bedingung eines arthrosefreien MTP-I-Gelenkes, wurde die modifizierte Lapidus-Technik bei instabilem TMT-I-Gelenk sowie Rezidiv nach weiter distal gelegener Umstellung angewandt.

Dabei ist die klinische Stabilitätsprüfung des TMT-I für die Wahl dieses Operationsverfahrens von besonderer Bedeutung. Während der Untersuchung werden die Metatarsalia II-V mit einer Hand stabilisiert und mit der anderen Hand versucht, die Metatarsale-I-Basis nach dorsal und plantar zu verschieben. Gelingt dies, so liegt eine Hypermobilität am ersten Strahl vor. Die modifizierte Lapidus-Arthrodes ermöglicht eine Wiederherstellung der Fußstatik durch Stabilisieren des MT-I mit dem Vorteil eines hohen Korrekturpotentials. Komplikationen wie Metatarsalgie, Pseudarthrose und Hallux varus sind in der Literatur beschrieben worden.<sup>[70]</sup> In allen ausgewerten Fällen wurde der Eingriff mit einem lateralen

Weichteilrelease am MTP-I-Gelenk kombiniert, um eine Lockerung der kontrakten distalen Weichteile zu ermöglichen.

### 1.4.6. Arthrodese des MTP-I-Gelenkes

Die erste Versteifungoperation des 1. Metatarsophalangealgelenkes wurde 1852 von Broca<sup>[8]</sup> beschrieben. Heute wird die Arthrodese des Großzehengrundgelenkes bei fortgeschrittener Arthrose im MTP-I-Gelenk angewandt.<sup>[3,80]</sup>

Über einen dorsomedialen Hautschnitt und unter Schonung der längsverlaufenden Gefäß-Nervenstrukturen wird ein Zugang zum MTP-I-Gelenk ermöglicht. Die Basis der Grundphalanx und des ersten Metatarsaleköpfchens werden subperiostal freipräpariert. Nach Eröffnen der Gelenkkapsel werden Osteophyten vorwiegend dorsal- und lateralseitig abgetragen. Die arthrotisch umgewandelte proximale und distale Gelenkfläche wird mittels oszillierender Säge oder Meißel reseziert. Ziel ist die Schaffung planer Oberflächen mit vitalem spongiösem Knochen. Durch die Lage der Arthrodesenflächen und fakultativer medialbasiger Keilentnahme kann ein begleitende valgische Komponente des Hallux korrigiert werden. Um einer Verkürzung des 1. Strahles entgegen zu wirken, kann ein Beckenkamminterponat als Knochenteil eingebracht werden.<sup>[80,81]</sup>

Die optimale Position der Grundphalanx zum 1. Metatarsale wird in 20° Extension, 10° valgischer Stellung der Großzehe und bei normaler Rotationsstellung angesehen. Dadurch wird eine geringe Belastungsaufnahme bei der Abrollbewegung ermöglicht.<sup>[80]</sup> Im nachuntersuchten Kollektiv wurden variabel winkelstabile Platten für die Osteosynthese verwendet. Im Falle verminderter Knochenqualität wurde zusätzlich eine Zugschraube eingebracht. Neben allgemeinen operativen Komplikationen wurden Pseudarthrosen im MTP-I-Gelenk sowie Anschlussarthrosen im 1. Interphalangealgelenk beschrieben<sup>[15]</sup>.

### 1.4.7. Resektions-Interpositions-Arthroplastik des MTP-I-Gelenkes

Die RIAP stellt, wie die MTP-I-AD, ein gelenkresezierendes Operationsverfahren dar. In der Literatur wurden verschiedene Operations- und Resektionsmöglichkeiten beschrieben. Keller und Brandes<sup>[7, 37]</sup> beschrieben 1904 und 1929 ein operatives Verfahren mit 1/3-Resektion der Grundgliedbasis, welche als Keller-Brandes-Operation bekannt wurde und breite Anwendung fand.<sup>[81]</sup>

Bei der Technik nach Keller-Brandes wird nach medialem Hautschnitt über dem MTP-I ein distal gestielter Kapsellappen als Interponat präpariert. Der ca. 1 cm breite, von dem verdickten Bursa- und Kapselgewebe über der Pseudoexostose ausgehende Kapsellappen wird bis 1 cm distal des Gelenkspaltes fortgesetzt. Nachfolgend wird die Pseudoexostose abgetragen und ein Drittel des Grundgliedes mittels oszillierender Säge reseziert. Anschließend wird der präparierte Kapsellappen innerhalb des Gelenkes eingeschlagen und lateral vernäht. Durch Lösung der kontrakten lateralen Weichteilstrukturen kann der Sesambeinkomplex rezentriert und das 1. Metatarsale durch mediale Kapselraffung nach lateral dressiert werden. Ein temporärer Kirschner-Draht dient der Stabilisierung in den ersten Wochen.<sup>[81]</sup>

Durch den resektionsbedingten Wegfall der muskulären Stabilisierung können Instabilitäten, Hyperextensionsstellung oder Hallux valgus entstehen. Aufgrund dieser Risiken wird die RIAP vorwiegend bei älteren, inaktiveren Patienten mit geringen Funktionsansprüchen empfohlen<sup>[48]</sup>.

### **1.5. Zielsetzung der Arbeit**

Die Arbeit untersucht mittelfristige Ergebnisse von gelenkerhaltenden und gelenkresezierenden Operationstechniken in der Behandlung von Hallux valgus und Hallux rigidus. Zu diesem Zweck wurden 99 der im Asklepios Klinikum Bad Abbach operierten Patienten nachuntersucht und ausgewertet.

Der Fokus der Arbeit soll dabei besonders auf die klinischen Ergebnisse gerichtet sein:

- Wie beurteilten die Patienten den Operationserfolg und würden sie sich wieder operieren lassen?
- Wie viele Patienten haben von der Operation einen positiven Nutzen hinsichtlich kosmetischem Ergebnis und Schmerzreduktion?
- Wie viel Grad Fehlstellung werden vom Patienten als sehr schief, mäßig schief, leicht schief und gerade beurteilt? Und hat die Durchführung einer Operation einen Einfluss auf die Beurteilung der Fehlstellung?
- Können anhand des AOFAS Score Unterschiede zwischen den einzelnen Operationsgruppen aufgezeigt werden? Sind die Ergebnisse des AOFAS Score vergleichbar mit anderen Studien?
- Werden Hallux valgus- und Intermetatarsalwinkel-I/II durch das jeweilige Operationsverfahren adäquat verbessert? Welche Operation hat das größte Korrekturpotential?
- Wie hoch ist der prozentuale Anteil der Unzufriedenen in Abhängigkeit vom postoperativen Hallux valgus-Winkel?
- Wie stark dürfen postoperative Schmerzen sein, dass der Patient noch zufrieden ist?
- Sind zur Beurteilung des mittelfristigen Operationserfolges klinisch bestimmte Winkel ausreichend?

## **2. Material und Methoden**

### **2.1. Patienten- und Gruppencharakteristika**

Zwischen dem 01.07.2007 und 31.12.2008 wurden insgesamt 223 Operationen aufgrund von Hallux valgus und Hallux rigidus im Asklepios Klinikum Bad Abbach durchgeführt. Mit 106 Operationen war die Chevron-Osteotomie die am häufigsten angewandte Operationstechnik und bildete die größte Untergruppe. Bei zusätzlicher Hallux valgus interphalangeus-Komponente wurden 7 Chevron-Osteotomien mit einer Akin-Osteotomie am ersten Strahl kombiniert. Weiterhin wurden 23 Scarf-Osteotomien, 14 basisnahe Umstellungsosteotomien sowie 28 modifizierte Lapidus-Arthrodesen durchgeführt. Zudem wurden 4 Doppelosteotomien am 1. Metatarsale angewandt, welche aufgrund der zu geringen Fallzahl von der Auswertung ausgeschlossen wurden. Im Falle fortgeschrittener, symptomatischer Arthrose des 1. Metatarsophalangealgelenkes (MTP-I) kamen insgesamt 25 Arthrodesen am MTP-I und 23 Resektions-Interpositions-Arthroplastiken am MTP-I zur Anwendung.

Für den Vergleich verschiedener Operationsverfahren mit unterschiedlichen Fallzahlen wurden aus der umfangreichen Gruppe der Chevron-Operationen 39 alleinige Chevron-Osteotomien zufällig ausgewählt und als ausreichend repräsentativ betrachtet. Daraus ergaben sich die in Tab. 2 dargestellten Gruppen.

	<b>Anzahl der Operationen (n)</b>	<b>Anzahl operierter Patienten (n<sub>Pat</sub>)</b>
<b>Chevron-Osteotomie</b>	39	33
<b>Chevron- und Akin-Osteotomie</b>	7	7
<b>Scarf-Osteotomie</b>	23	22
<b>bnU-Osteotomie</b>	14	13
<b>Lapidus-Arthrorese</b>	28	27
<b>MTP-I-Arthrorese</b>	25	25
<b>RIAP</b>	23	22
<b>GESAMT</b>	<b>159</b>	<b>147 [*]</b>
[*] Die Summenangabe der operierten Patienten ist kleiner als die Anzahl der angewendeten Operationen, weil 10 Patienten beidseits die gleiche Operationsmethode und 2 Patienten unterschiedliche Operationsmethoden an beiden Füßen erhielten.		

Tab. 2: Gruppenübersicht eingeschlossener Patienten

Bei 100 % Nachuntersuchungsquote hätten theoretisch 159 Operationen an 147 Patienten evaluiert werden können.

Die Patienten wurden mithilfe eines Anschreibens über die Studie informiert und um ihre freiwillige Teilnahme an einer Nachuntersuchung (NU) in der Orthopädischen Klinik Bad Abbach gebeten. Von 147 Patienten nahmen 72 Patienten (49 %) an einer Nachuntersuchung in Bad Abbach teil. Die Nachuntersuchungsquote konnte um 27 Patienten (18 %) mittels Nachuntersuchung im häuslichen Umfeld erweitert werden, so dass insgesamt 106 Operationen an 99 Patienten (67 %) klinisch evaluiert werden konnten.

Von den verbliebenen 48 Patienten bestand bei 21 Patienten keine Bereitschaft an einer Nachuntersuchung teilzunehmen, 13 Patienten waren telefonisch nicht erreichbar, 3 Patienten hatten vorrangigere gesundheitliche Probleme, 2 Patienten waren unbekannt verzogen und mindestens 9 Patienten sind nachoperiert worden.

Um ein für die Patienten zufriedenstellendes Operationsergebnis zu erzielen, wurden in mehreren Fällen zusätzliche Operationen im Mittelfußbereich und an den Kleinzehen vorgenommen. Dabei standen Therapieziele wie Schmerzfreiheit, Stellungskorrektur und verbesserte Kraftübertragung beim Abrollvorgang im Vordergrund. Am häufigsten wurde die Hallux-Korrektur von einer Hohmann-Operation (Resektion des Grundgliedköpfchens) an der 2. Zehe begleitet. Am zweithäufigsten fand eine Operation nach Weil (Metatarsaleköpfchen-Osteotomie) am 2. Strahl Anwendung (vgl. Tab. 3).

Übersicht begleitender Operationstechniken	Chevron-OT	Chevron-OT + Akin-OT	Scarf-OT	bnUOT	Lapidus-AD	MTP-I-AD	RIAP	Gesamt
Hohmann D II	7	2	8	1	11	5	11	45
Hohmann D III	3	1	3	2	2	4	5	20
Hohmann D IV			2			2	4	8
Hohmann D V			1			1	2	4
Weil-Osteotomie MTK II	7	2	4	3	5	3	1	25
Weil-Osteotomie MTK III	7	2	2	1	5	1		18
Weil-Osteotomie MTK IV	2	1	1	1	2			7
modifizierte Chevron-Osteotomie MTK V	3		1		1			5
Hoffmann-Tillmann MTK II [*]						1	7	8
Hoffmann-Tillmann MTK III						1	7	8
Hoffmann-Tillmann MTK IV						1	7	8
Hoffmann-Tillmann MTK V						1	6	7
Akin-Osteotomie D I		7	1	2	1			11
Arthrodesse des proximalen Interphalangealgelenkes D I	2	1				2		5
Arthrodesse des proximalen Interphalangealgelenkes D III			1			2		3
Arthrodesse des proximalen Interphalangealgelenkes D IV						2		2
Arthrodesse des proximalen Interphalangealgelenkes D V						2		2
Strecksehnenverlängerung D I	1	1						2
Strecksehnenverlängerung D II		1	3	1	3	2	1	11
Strecksehnenverlängerung D III	1		2	1	3	1		8
Strecksehnenverlängerung D IV	1		1	1	2			5
Strecksehnenverlängerung D V	1		1	1	1			4
mod. Beugesehnentransfer nach Girdlestone-Taylor D II [**]	2	2	2		3		2	11
mod. Beugesehnentransfer nach Girdlestone-Taylor D III			1		1			2
Kramer-Osteotomie MTK V [***]		1						1
offene Reposition Metatarsale-V-Fraktur			1					1
geschlossene Reposition Metatarsale-II-IV-Fraktur			1					1
Subtalararthrodese					2			2
Intercuneiforme-Arthrodese					1			1
Tarsometatarsale-II-Arthrodese					1			1
Spongiasplastik TMT-I					3			3
Spongiasplastik MTP-I mit Beckenkammspongiosa						2		2
Spongiasplastik bnUOT vom Vorfuß				1				1
Metallentfernung TMT-I	1						1	2
Metallentfernung MTK-I					1			1
Metallentfernung basisnahe Umstellungs-Osteotomie-MT-I					1			1
Arthrololyse, Tenolyse der Strecksehne D I	1							1
Köpfchenmodellierung des MT-I	1				1			2
arthroplastische Umformung MTK II						1		1
arthroplastische Umformung MTK III				1				1
arthroplastische Umformung MTK V						1		1
Exostosenresektion MTK V			1				1	2
Exostosenresektion TMT-II					1			1
dorsale Kapsulolyse MTP-II	1	1	1		1	1	1	6
dorsale Kapsulolyse MTP-III			1					1
Synovektomie MTP-I						1		1
Synovektomie MTP-II	2					1		3
Synovektomie MTP-III	1							1
Synovektomie der Zehengrundgelenke							4	4
Bursektomie oder Synovektomie D I							1	1
Bursektomie PIP-II			1					1
Bursektomie MTK I					1			1
Tenotomie kurze Strecksehne D II			1					1
Tenotomie der kurzen Strecksehnen				1				1
Tenotomie der langen Beugesehne D II		1				1		2
Verlängerung der Flexor hallucis longus-Sehne					1			1
Arthrololyse der Sesambeine							1	1
Gichttophusausräumung							1	1

Anzahl der Anwendungen: ■ = 1 ■ = 2 ■ = 3-4 ■ = 5-6 ■ = 7-10 ■ = 11-19 ■ = 20-40 ■ >40

[\*] Hoffmann-Tillmann-Operation = Resektion des Metatarsaleköpfchens  
 [\*\*] Beugesehnentransfer nach Girdlestone-Taylor = Verlagerung des Ansatzpunktes der langen Beugesehne nach dorsal zur Stabilisierung des MTP-Gelenkes  
 [\*\*\*] Kramer-Osteotomie = retrokapitale Osteotomie des 1. Metatarsale mit senkrechter Osteotomieführung zur Längsachse

Tab. 3: Übersicht begleitender Operationstechniken

### **2.2. Datenerfassung und statistische Auswertung**

Nach Definition des Operationszeitraumes konnte die Sammlung aller Fälle in Orbis® OpenMed erfolgen. Mit dem Ausschluss aller Doppelosteotomien am 1. Metatarsale und der zufälligen Rekrutierung einer vergleichbaren Chevron-Gruppe konnte eine erste Vorauswahl getroffen werden.

Die präoperativen Daten wurden retrospektiv und vor der Nachuntersuchung anhand der Patientenakten und Röntgenbilder erhoben. Fanden sich Lücken in der präoperativen Datenlage, wurden diese während der Nachuntersuchung geschlossen. Anamnese, klinische Untersuchung sowie Messung der röntgenologischen Veränderungen wurden stets vom selben Untersucher durchgeführt.

Für Datensammlung, deskriptive Auswertung und graphische Darstellung wurde Microsoft Excel® 2003 verwendet. Die komplexere induktive Statistik hingegen wurde mit IBM® SPSS® 20 berechnet.

Mit dem Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest wurde auf Normalverteilung untersucht. Da nicht bei allen Variablen von Normalverteilung in der Grundgesamtheit auszugehen war, wurden nicht-parametrische Tests angewandt.

Für den Vergleich zweier unverbundener Stichproben wurde der U-Test nach Mann und Whitney verwendet. Im Falle mehrerer unverbundener Stichproben wurde mit dem Mediantest und dem Kruskal-Wallis-Test gearbeitet. Bei verbundenen Stichproben wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test genutzt.<sup>[9]</sup>

Ein p-Wert kleiner als 0,05 wurde als statistisch signifikant gewertet.



### 2.3. Anamnese

Für das Interview der Patienten wurde ein Dokumentationsbogen (Abb. 6) erstellt, welcher einen geordneten Ablauf der Anamnese sowie eine lückenlose Datenerhebung gewährleistete. Um trotz der Arzt-Patienten-Situation aufrichtige Antworten zu erhalten, wurden die Patienten über deren wissenschaftlichen Charakter aufgeklärt und um ehrliche Antworten gebeten. Im Mittelpunkt des Interviews stand zunächst die Evaluierung der Zufriedenheit der Patienten. Eine Differenzierung erfolgte bezüglich der Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis der Operation und der Stellung der Großzehe. Anschließend sollten die Patienten eine subjektive Einschätzung über das Ausmaß der Fehlstellung der Großzehe vor der Operation und der aktuellen Position vornehmen. In beiden Fällen konnte zwischen den Antwortmöglichkeiten „sehr schief“, „mäßig schief“, „leicht schief“ und „gerade“ gewählt werden.

Nachfolgend wurden die Patienten gebeten, die Schmerzintensität vor der Operation und am Nachuntersuchungstag anhand einer visuellen Analogskala (VAS)<sup>[13]</sup> abzuschätzen. Eine andere Bewertungsoption wurde durch die hypothetische Frage, ob sich der betreffende Patient für oder gegen eine erneute Operation entscheiden würde genutzt.

1. Wie <b>zufrieden</b> sind Sie mit dem <b>Gesamtergebnis</b> der Operation?	
<input type="checkbox"/> sehr zufrieden <input type="checkbox"/> zufrieden <input type="checkbox"/> mäßig zufrieden <input type="checkbox"/> unzufrieden	
2. Wie <b>zufrieden</b> sind Sie mit der Stellung der <b>großen Zehe</b> ?	
<input type="checkbox"/> sehr zufrieden <input type="checkbox"/> zufrieden <input type="checkbox"/> mäßig zufrieden <input type="checkbox"/> unzufrieden	
3. Die <b>Großzehe</b> war <b>vor der Operation ...</b>	<b>...und ist jetzt?</b>
<input type="checkbox"/> sehr schief <input type="checkbox"/> mäßig schief <input type="checkbox"/> leicht schief <input type="checkbox"/> gerade	<input type="checkbox"/> sehr schief <input type="checkbox"/> mäßig schief <input type="checkbox"/> leicht schief <input type="checkbox"/> gerade
4. Wie stark waren Ihre Schmerzen (VAS 0-10) <b>vor der Operation</b> ? _____	
5. Wie stark sind Ihre Schmerzen (VAS 0-10) <b>jetzt</b> ? _____	
6. Wenn Sie die Zeit zurückdrehen könnten, würden Sie diese Operation noch einmal bei sich durchführen lassen?	
<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	

Abb. 6: Dokumentationsbogen

### **2.4. Klinische Untersuchung**

#### **2.4.1. AOFAS Score 1. Strahl**

Für klinische und wissenschaftliche Fragestellungen wurde laut der Leitlinie<sup>[60]</sup> der Foot Function Index<sup>[10]</sup> sowie der Vorfußscore der American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS Score)<sup>[40]</sup> empfohlen.

Ersterer untersucht ausschließlich subjektive Kriterien wie Schmerzsituation und aktivitätslimitierende Faktoren in verschiedenen Alltagssituationen. Der AOFAS-Score beinhaltet sowohl subjektive als auch objektive Kriterien, differenziert aber nicht zwischen unterschiedlichen Belastungssituationen.

Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu ermöglichen, wurde der in anderen Studien häufig verwendete AOFAS-Score prä- und 21 Monate postoperativ erhoben. Dieser untergliedert sich in drei Kategorien: Schmerz, Funktion und Achsenstellung der Großzehe.

In der Kategorie „Schmerz“ wird die Schmerzhäufigkeit und -intensität des Patienten erfragt. Mit maximal 40 Punkten stellt die Einschätzung der Schmerzen den bedeutungsvollsten Einzelparameter an der Gesamtpunktzahl dar.

Die Kategorie „Funktion“ setzt sich aus verschiedenen Unterkategorien zusammen. Zunächst werden Einschränkungen bei Freizeit- und Alltagsaktivitäten, der Gebrauch von Gehhilfen und die Art des getragenen Schuhwerkes erfragt. Danach wird der passive Bewegungsumfang des 1. Metatarsophalangealgelenkes sowie die Flexion im 1. Interphalangealgelenk klinisch bestimmt. Auch die Prüfung der Stabilität im 1. Metatarsophalangeal- und Interphalangealgelenk sowie die Beurteilung der Schwielenbildung gehen in die Punkteverteilung ein.

Zuletzt wird die „Achsenstellung“ subjektiv und symptomgebunden mit „gut“, „mittelmäßig“ und „schlecht“ bewertet (vgl. Abb. 7).

<b>I. Schmerz:</b>	1: keinen 2: leicht, gelegentlich 3: mittelmäßig, täglich 4: heftig, fast immer	<input type="checkbox"/> 40 <input type="checkbox"/> 30 <input type="checkbox"/> 20 <input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 40 <input type="checkbox"/> 30 <input type="checkbox"/> 20 <input type="checkbox"/> 0
<b>II. Funktion:</b> <i>Einschränkung der Aktivität:</i>	1: keine Einschränkungen (keine Stütze/Hilfe) 2: keine Einschränkung bei den täglichen Aktivitäten, aber Einschränkungen bei den Freizeitaktivitäten (keine Hilfen) 3: Einschränkung bei den tägl. Aktivitäten und Freizeitaktivitäten (Stock) 4: starke Einschränkung bei den täglichen Aktivitäten und Freizeitaktivitäten (Gehstütze, Krücke, Rollstuhl)	<input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 0
<b>Schuhwerk:</b>	1: modische Konfektionsschuhe ohne Einlagen 2: Konfektionsschuhe mit Einlagen 3: orthopädische Schuhe	<input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 0
<b>MTP-Beweglichkeit:</b> (Dorsalextension + Plantarflexion)	1: normal oder leichte Einschränkungen ( $\geq 75^\circ$ ) 2: mäßige Einschränkungen ( $30^\circ$ - $70^\circ$ ) <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">E/F: _____°- _____°- _____°</span> 3: massive Einschränkungen ( $< 30^\circ$ )	<input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 0
<b>IP-Bewegung:</b> (Plantarflexion)	1: keine Einschränkung <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">E/F: _____°- _____°- _____°</span> 2: stark eingeschränkt ( $< 10^\circ$ )	<input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 0
<b>MTP-IP-Stabilität:</b> (alle Richtungen)	1: stabil 2: eindeutig instabil	<input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 0
<b>Schwiele am Hallux</b> <b>MTP-IP-Gelenk:</b>	1: keine oder symptomlose 2: Schwiele mit Symptomen	<input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 0
<b>III. Achsenstellung:</b>	1: gut, Großzehe achsengerecht 2: mittelmäßig, gewisse Achsenabweichung der Großzehe wahrnehmbar, aber keine Symptome 3: schlecht, Achsenfehlstellungen mit Symptomen	<input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 0
<b>Gesamtpunktzahl:</b> (vorher/nachher)			

Abb. 7<sup>[40]</sup>: AOFAS Score 1. Strahl

### 2.4.2. Klinischer Hallux valgus-Winkel

Für die klinische Winkelmessung wurden am stehenden Patienten die benötigten Gelenke zunächst palpiert, die Ausbreitung der Gelenkspalten erfasst und deren Mittelpunkt markiert. Daraus ergaben sich folgende Punkte (Abb. 8):

- 1 : Mittelpunkt des 1. Tarsometatarsalgelenkes
- 2 : Mittelpunkt des 2. Tarsometatarsalgelenkes
- 3 : Mittelpunkt des 2. Metatarsophalangealgelenkes
- 4 : Mittelpunkt des 1. Metatarsophalangealgelenkes
- 5 : Mittelpunkt des Interphalangealgelenkes am 1. Strahl
- 6 : Endpunkt der distalen Phalanx

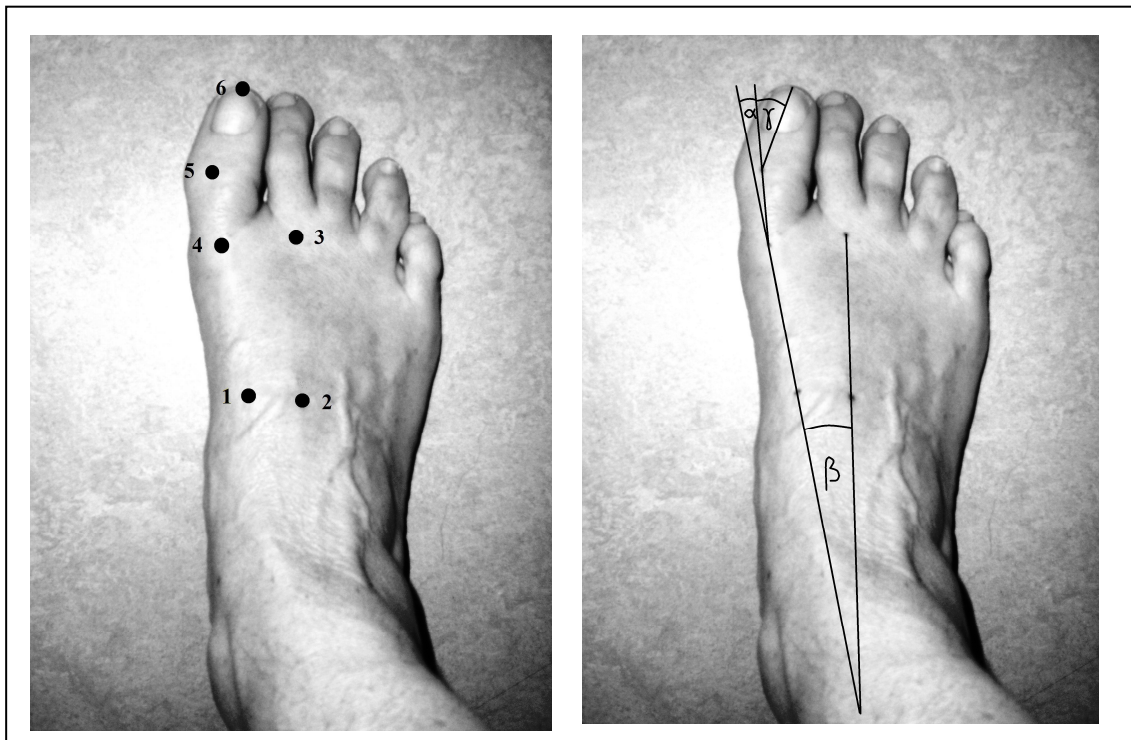


Abb.8: Gelenkmittelpunkte (links) und klinische Winkelmaße (rechts)

Die Gerade durch den proximalen und distalen Gelenkpunkt eines Knochens entspricht näherungsweise der Längsachse des jeweiligen Knochens.

- 1 – 4 : Längsachse des 1. Os metatarsale
- 2 – 3 : Längsachse des 2. Os metatarsale
- 4 – 5 : Längsachse der proximalen Phalanx
- 5 – 6 : Längsachse der distalen Phalanx

Als Winkelmesser fungierten bedruckte Folien (Abb. 9), durch deren Projektion auf die betreffenden Punkte der Winkel zwischen zwei Längsachsen abgelesen werden konnte. Die Ausrichtung der Folie erfolgte parallel zum Untersuchungsboden, nicht parallel zur Fußoberflächensilhouette.

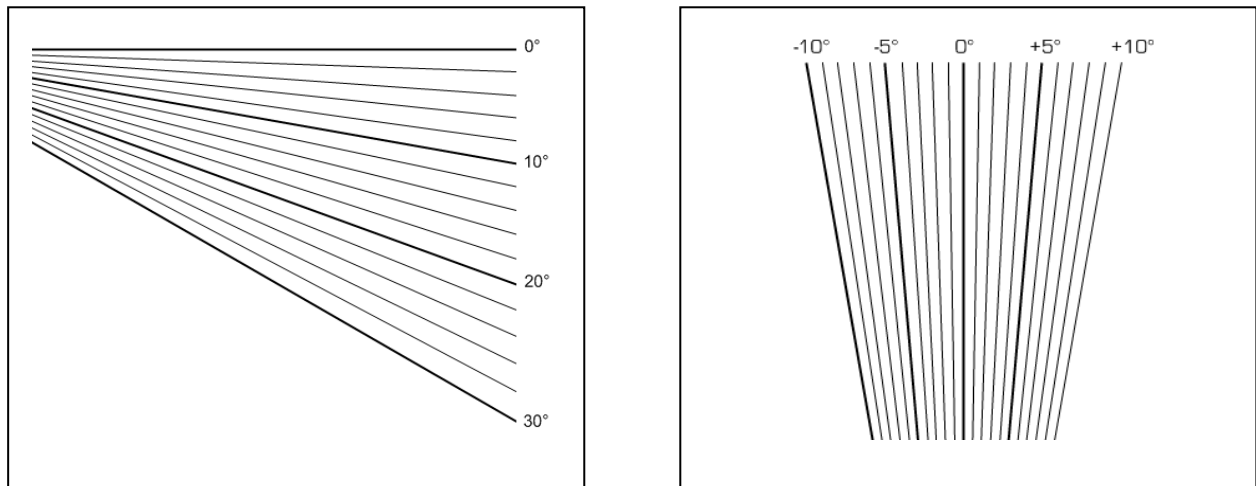


Abb. 9: Winkelmesser für die klinische Winkelbestimmung

Der klinische Hallux valgus-Winkel entspricht dem Winkel  $\alpha$  (Abb. 8), welcher von der Längsachse der proximalen Phalanx und der Längsachse des 1. Metatarsale gebildet wird.

### 2.4.3. Klinischer Intermetatarsalwinkel-I/II

Der klinisch gemessene Intermetatarsalwinkel-I/II kommt dem Winkel  $\beta$  (Abb. 8) zwischen der Längsachse des 1. und 2. Os metatarsale gleich.

### 2.4.4. Klinischer Hallux valgus interphalangeus-Winkel

Der klinisch gemessene Hallux valgus interphalangeus-Winkel  $\gamma$  (Abb. 8) wird durch die Relation der Längsachse der distalen Phalanx zur Längsachse der proximalen Phalanx definiert.

### 2.4.5. Fußinnenrandwinkel

Der Fußinnenrandwinkel wird am stehenden Patienten mithilfe eines orthopädischen Winkelmessers gemessen. Dabei wird der Winkelmesser so an den Innenrand des Fußes angelegt, dass der Scheitelpunkt auf Höhe des 1. Metatarsophalangealgelenkes, der eine Arm an der Silhouette der Großzehe und der andere an der Ferse zu liegen kommt<sup>[81]</sup>.

Allen klinischen Winkeln ist durch ihre Bestimmungsform ein Fehlerpotential anhängig. Groben Fehlern wurde durch eine feste Unterlage und größtmögliche Sorgfalt entgegen gewirkt. Bei der Festlegung der Gelenkflächenhalbierenden sind Ungenauigkeiten durch tastbare randständige Osteophyten, degenerative Weichteilveränderungen oder Lymphödem möglich. Die röntgenologisch bestimmten Winkel waren nicht vorbekannt.

### **2.5. Röntgenologische Untersuchung**

Um das Korrekturpotential jeder Operationsmethode quantifizieren und die Ausgangslage der einzelnen Gruppen analysieren zu können, wurden präoperative und 7 Wochen postoperative Röntgenbilder (frühpostoperativ) mittels eines orthopädischen Winkelmessers vermessen.

Als Goldstandard für die Winkelmessung galt die in Bad Abbach angefertigte dorsoplantare Stehendaufnahme des Fußes, dessen Strahlenverlauf optimalerweise lotrecht zum 1. Tarsometatarsalgelenk verläuft.

138 (87 %) der präoperativen Röntgenbilder konnten beschafft und entsprechenden Daten erarbeitet werden. Darunter befanden sich 6 Bilder mit unklarem Aufnahmemodus sowie 5 externe Aufnahmen. Von den postoperativen Bildern konnten 96 (60 %) vermessen werden. Diese zeigten sich inhomogener in ihrer Bildqualität: 53 % Stehendaufnahmen, 26 % Liegendaufnahmen, 13 % unklare Aufnahmemodi und 8 % externe Aufnahmen. Die während der postoperativen Kontrolluntersuchung erstellten Röntgenbilder wurden median 47 Tage (7 Wochen) postoperativ angefertigt.

Tab. 4 gibt die Anteile der für die Auswertung ausgemessenen Bilder insgesamt sowie differenziert zwischen den Gruppen wieder.

	<b>präoperativ</b>	<b>frühpostoperativ</b> (median 7 Wochen postoperativ)
<b>Chevron-Osteotomie</b>	87 %	67 %
<b>Chevron- und Akin-Osteotomie</b>	86 %	43 %
<b>Scarf-Osteotomie</b>	100 %	65 %
<b>bnU-Osteotomie</b>	71 %	57 %
<b>Lapidus-Arthrodes</b>	86 %	89 %
<b>MTP-I-Arthrodes</b>	84 %	60 %
<b>RIAP</b>	87 %	17 %
<b>GESAMT</b>	<b>87 %</b>	<b>60 %</b>

Tab. 4: Relative Häufigkeiten ausgemessener Röntgenbilder

Die Längsachsen der proximalen Phalangen und 1. Metatarsalia wurden nach der Methode von Mitchell et. al.<sup>[51]</sup> bestimmt. Geometrisch entsprechen die Längsachsen den *Gelenkflächenhalbierenden*. Bei dieser Konstruktionsmöglichkeit wird der am weitesten medial und lateral gelegene Gelenkflächenpunkt festgelegt, eine Verbindungsstrecke gezeichnet und deren Mitte als Gelenkflächenmittelpunkt definiert. Die Gerade aus proximalem und distalem Gelenkflächenmittelpunkt entspricht der *Gelenkflächenhalbierenden*.

Die Längsachsen der 2. Metatarsalia wurden nach Venning et. al.<sup>[71]</sup> bestimmt. Bei dieser Methode entspricht die Längsachse der *Schafthalbierenden*. Die Mittelpunkte eines proximal und distal festgelegten Schaftdurchmessers bestimmen deren Verlauf (Abb. 11).

### 2.5.1. Hallux valgus-Winkel

Der Hallux valgus-Winkel  $\alpha$  entspricht dem spitzen Winkel zwischen der Gelenkflächenhalbierenden des 1. Metatarsale und der Gelenkflächenhalbierenden der proximalen Phalanx (Abb. 10).<sup>[16,51]</sup>

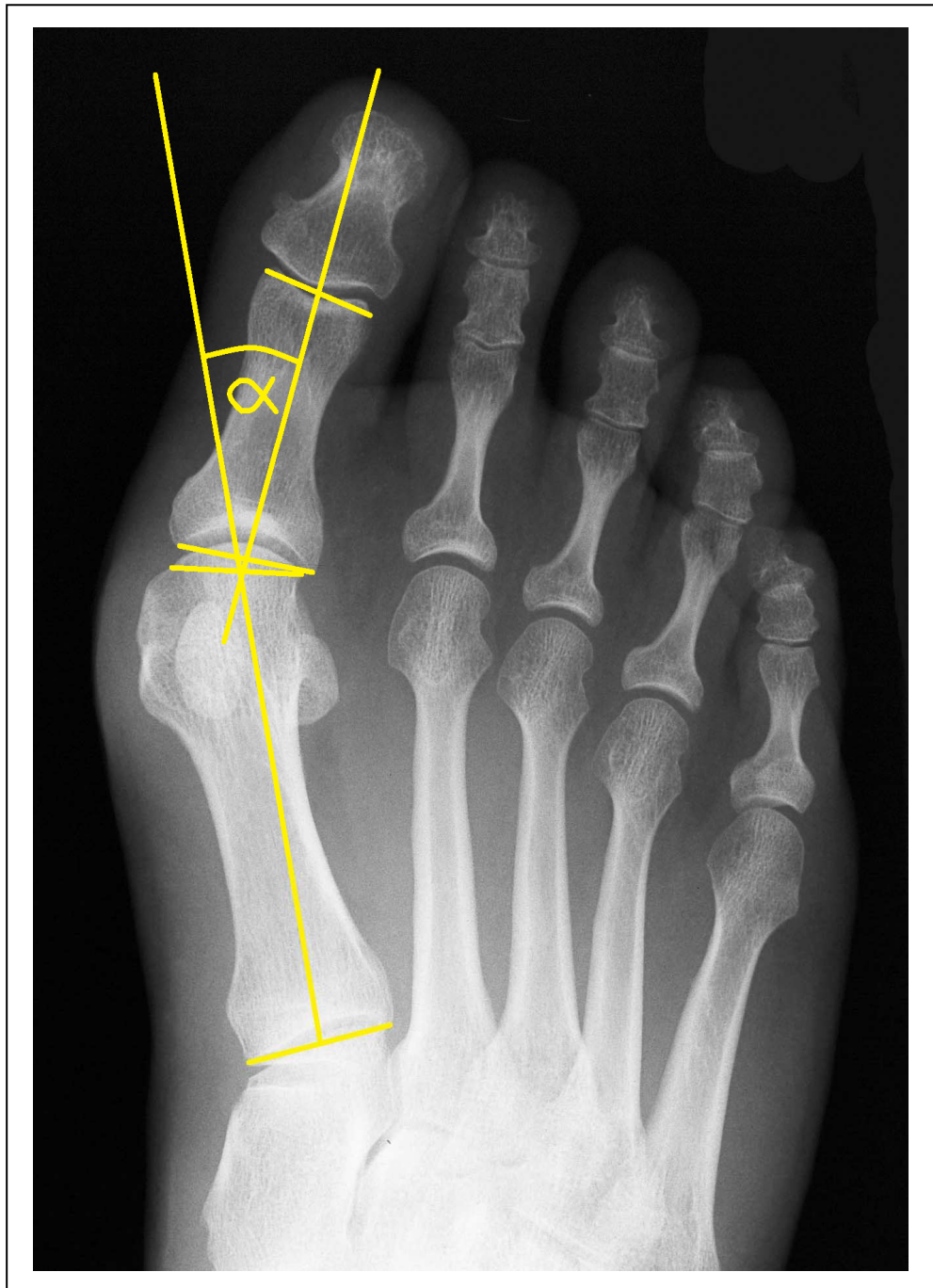


Abb. 10: HVA



### 2.5.2. Intermetatarsalwinkel-I/II

Der Winkel zwischen der Gelenkflächenhalbierenden des 1. Metatarsale und der Schafthalbierenden des 2. Metatarsale bildet den Intermetatarsalwinkel-I/II  $\beta$  (IMA = Intermetatarsal Angle) ab (Abb. 11).<sup>[16,51]</sup>



Abb. 11: IMA-I/II

### 2.5.3. Distaler metatarsaler Gelenkflächenwinkel

Der distale metatarsale Gelenkflächenwinkel  $\gamma$  (DMAA = Distal Metatarsal Articular Angle) beschreibt die lateralseitige Neigung der distalen Gelenkfläche zur Längsachse des ersten Metatarsale<sup>[16,51]</sup>. In der folgenden Untersuchung wurde der Winkel zwischen der distalen Gelenkflächengeraden und dem Lot auf die Gelenkflächenhalbierenden des 1. Metatarsale gemessen (Abb. 12).



Abb. 12: DMAA

### 2.5.4. Hallux valgus interphalangeus-Winkel

Durch die Relation der Gelenkflächenhalbierenden der proximalen zur distalen Phalanx wird der Hallux valgus interphalangeus-Winkel  $\delta$  (HVIP = Interphalangeal Angle) definiert<sup>[16,51]</sup> (Abb. 13). Die Konstruktion der Längsachse der distalen Phalanx erfolgt durch die Mitte der Phalanxspitze.



Abb. 13: HVIP

### 2.5.5. Kongruenz des 1. Metatarsophalangealgelenkes

Mit der Kongruenzeinteilung des Metatarsophalangealgelenkes wird die Lage der artikulierenden Gelenkflächen zueinander angegeben. Die jeweilige Gelenkflächengerade wird von der Verbindung zwischen dem am weitesten medial und lateral gelegenen Gelenkflächenpunkt gebildet. Bestenfalls verlaufen die zwei Geraden der beiden artikulierenden Gelenkflächen parallel zueinander - das Gelenk wird als „kongruent“ bezeichnet. Schneiden sich die Geraden außerhalb des Gelenkspaltes, so wird das Gelenk als „inkongruent“ gewertet. Mit zunehmendem Kontaktverlust von Gelenkkopf und Gelenkpfanne verschieben sich die Gelenkflächengeraden derart, dass es innerhalb des Gelenkes zum Schnittpunkt kommt, es wird von einem „subluxierten“ Gelenk gesprochen.<sup>[47,57]</sup>



Abb. 14: Kongruenz des 1. Metatarsophalangealgelenkes



### 2.5.6. Position des tibialen Sesambeines

Die Position des tibialen Sesambeines (TSP) wurde in Anlehnung an die Methode nach Hardy und Clapham<sup>[33,34]</sup> bestimmt. Hierbei wird Lage des tibialen (medialen) Sesambeines in Bezug zur Längsachse des 1. Metatarsale ermittelt. Die *Gelenkflächenhalbierende* wurde als Längsachse des 1. Metatarsale definiert. Position 3 und alle medial davon gelegenen Positionen werden als normal betrachtet. In Abb. 15 sind alle möglichen Lagetypen beschrieben.

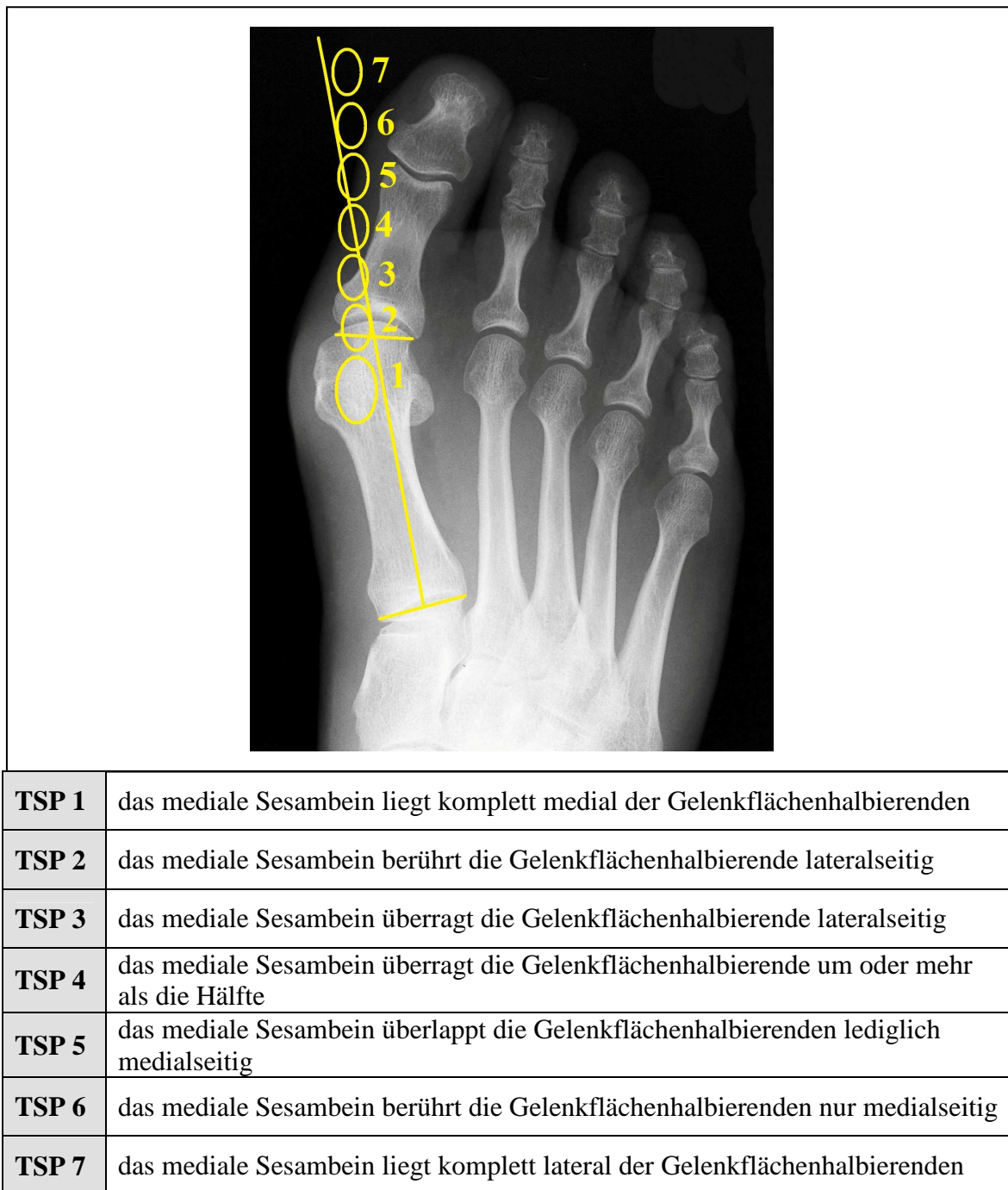


Abb. 15: Tibiale Sesambeinposition (TSP)

### 2.5.7. Hallux rigidus-Stadium

Für die Abschätzung der arthrotischen Veränderungen des Großzehengrundgelenkes wurde die allgemeine röntgenologische Einteilung der Arthrose nach Kellgren und Lawrence<sup>[38]</sup> verwendet. Alle Befunde wurden anhand der fünf Schweregrade klassifiziert (Tab. 5).

	<b>Röntgenologische Befunde</b>
<b>Grad 0</b>	keine Arthrosezeichen
<b>Grad 1</b>	fraglicher Nachweis von Osteophyten
<b>Grad 2</b>	sicherer Nachweis von Osteophyten, aber keine Gelenkspaltverschmälerung
<b>Grad 3</b>	mäßige Gelenkspaltverschmälerung
<b>Grad 4</b>	Gelenkspalt erheblich verschmälert bzw. aufgehoben

Tab. 5: Röntgenologische Einteilung der Arthrosegrade

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1. Nachuntersuchungszeitraum**

Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum (Follow up) der 99 Patienten beziehungsweise 106 Operationen lag bei 21 Monaten (min 13, max 29).

In Anlehnung an Tab. 2 gibt die nachfolgende Tab. 6 eine Übersicht über alle nachuntersuchten Operationen und Patienten wieder.

	<b>Anzahl nachuntersuchter Operationen</b>	<b>Anzahl nachuntersuchter Patienten</b>
<b>Chevron-Osteotomie</b>	27	23
<b>Chevron- und Akin-Osteotomie</b>	6	6
<b>Scarf-Osteotomie</b>	17	17
<b>bnU-Osteotomie</b>	8	7
<b>Lapidus-Arthrodes</b>	21	21
<b>MTP-I-Arthrodes</b>	13	13
<b>RIAP</b>	14	13
<b>GESAMT</b>	<b>106</b>	<b>99</b> <sup>[*]</sup> , <sup>[**]</sup>
<sup>[*]</sup> Die Summenangabe der nachuntersuchten Patienten ist kleiner als die Summenangabe der nachuntersuchten Operationen, da 6 Patientinnen beidseits die gleiche Operationsmethode (106 - 6 = 100) erhielten. <sup>[**]</sup> Die Summenangabe der nachuntersuchten Patienten ist um 1 kleiner als die formale Summe, da 1 Patientin zwei unterschiedliche Operationsmethoden am rechten und linken Fuß (100 - 1 = 99) erhielt.		

Tab. 6: Anzahl nachuntersuchter Operationen und Patienten

### **3.2. Epidemiologie**

Frauen ( $n_{\text{Pat}}=86$ , 87 %) waren sechs- bis siebenmal häufiger vom Hallux valgus und/oder Hallux rigidus betroffen als Männer ( $n_{\text{Pat}}=13$ , 13 %).

Das mittlere Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation betrug 57,6 Jahre. Die Altersverteilung zwischen den Operationsgruppen (vgl. Tab. 2) war signifikant unterschiedlich ( $p<0,01$ ). Der jüngste Patient war 16 Jahre, der älteste Patient 82 Jahre alt. Der größte Teil der Patienten (72 %) wurde in einem Alter zwischen 50 und 69 Jahren operiert. Zum Operationszeitpunkt waren 19 % der Patienten weniger als 50 Jahre alt und 9 % älter als 70 Jahre (vgl. Abb.16). Das mittlere Alter der männlichen Patienten zur Operation betrug 50,1 Jahre, das mittlere Alter der Frauen lag bei 57,6 Jahren.

Der rechte Fuß ( $n=63$ , 59 %) wurde häufiger operiert als der linke Fuß ( $n=43$ , 41 %).

Bei zwei Drittel ( $n_{\text{Pat}}=66$ , 67 %) der Patienten lag eine positive Familienanamnese (Verwandte 1. und/oder 2. Grades) für Hallux valgus oder Hallux rigidus vor.

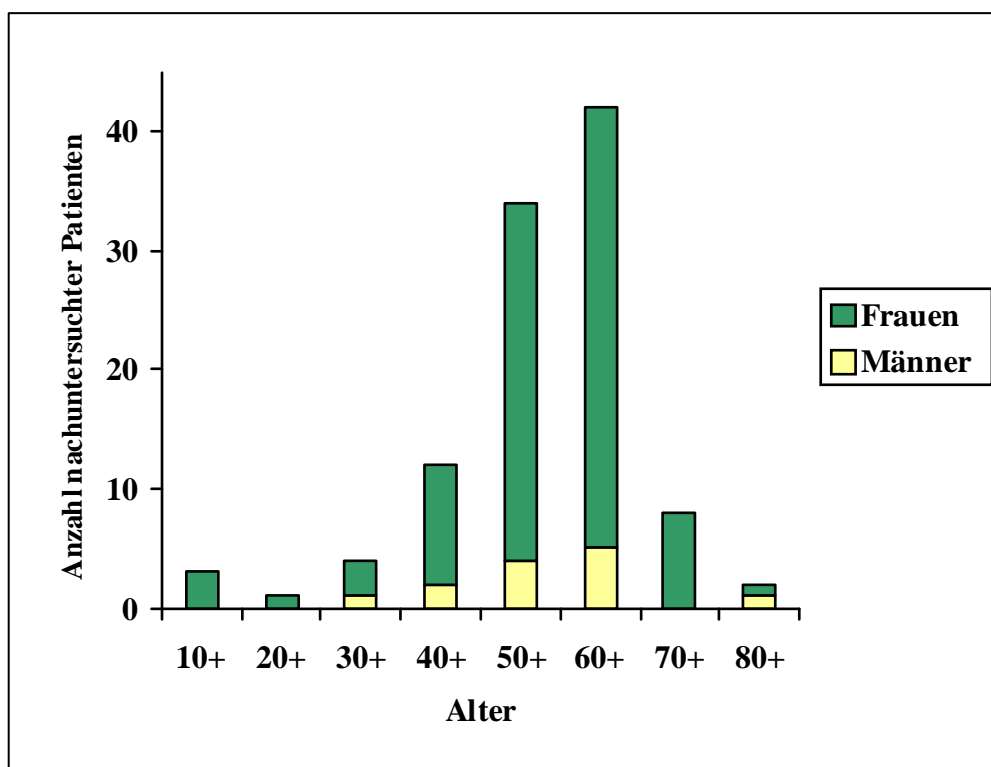


Abb. 16: Alters- und Geschlechtsverteilung



### **3.3. Gruppencharakteristika**

Die 23 Patienten der Chevron-Gruppe (n=27) waren zum Operationszeitpunkt im Mittel 55,1 Jahre alt. 18 Patienten waren weiblichen und 5 Patienten männlichen Geschlechtes. Vier Patienten wurden beidseitig operiert, davon drei in gleicher Sitzung und einer zu verschiedenen Operationszeitpunkten. In drei Fällen lag ein voroperierter 1. Strahl vor, wobei zwei Patienten zuvor eine Operation nach Schede (Pseudoexostosenresektion und Weichteileingriff) erhalten hatten und ein weiterer Patient eine Stabilisierung bei MT-I-Fraktur. Relevante Begleiterkrankungen lagen nur bei einem Patienten vor - eine nicht näher spezifizierte Polyneuropathie.

Die sechs nachuntersuchten Patienten, welche eine kombinierte Chevron-Akin-Operation (n=6) am 1. Strahl erhielten, waren zum Zeitpunkt der Operation durchschnittlich 57,8 Jahre alt. Darunter fanden sich 2 Männer und 4 Frauen. Ein Patient wurde rechts mittels alleiniger Chevron-Operation und links mittels kombinierter Chevron-Akin-Operation operiert. Relevante Begleiterkrankungen waren nicht bekannt. Ein Patient war am selbigen Vorfuß voroperiert worden, die Operationsmethode war nicht exakt zu eruieren. Aufgrund der sehr kleinen Fallzahl wurde im Folgenden auf eine detaillierte Auswertung von AOFAS Score, HVA und IMA-I/II dieser Gruppe verzichtet.

In der Scarf-Gruppe (n=17) lag das mittlere Alter bei 57,4 Jahren. Die Gruppe setzte sich aus 15 Frauen und 2 Männern zusammen. Doppelseitige Operationen wurden nicht durchgeführt. Bei einem Patienten wurde die Scarf-Osteotomie mit einer Operation nach Akin kombiniert. Ein Patient war am 1. Strahl mittels Schede- und Lapidus-Operation voroperiert worden. Bei jeweils einem Patienten waren rheumatoide Arthritis, Osteoporose, Polyneuropathie und Psoriasis inversa vorbeschrieben.

Das mittlere Alter in der Gruppe der basisnahen Umstellungsosteotomien (n=8) lag bei 39,1 Jahren. In vier Fällen wurde eine Closed-Wedge-Osteotomie, in drei Fällen eine bogenförmige Osteotomie und in einem Fall eine Open-Wedge-Osteotomie durchgeführt. Alle Patienten waren weiblich. Eine Patientin wurde beidseits in gleicher Sitzung operiert. Voroperationen lagen in einem Fall vor, dabei handelte es sich um eine Osteotomie am distalen 1. Metatarsale. Bei zwei Patientinnen war eine rheumatoide Arthritis bekannt.

Die Lapidus-Gruppe setzte sich aus 20 Frauen und einem Mann zusammen (n=21), welche im mittleren Alter von 61,0 Jahren operiert wurden. Fünf der Patienten waren voroperiert: jeweils ein Patient nach Schede, Chevron, Kramer (retrokapitale, schräge Osteotomie mit medialbasiger Keilentnahme), basisnaher Umstellungs-Osteotomie oder unbekanntem Vorfußeingriff. Bei zwei Patienten war eine rheumatoide Arthritis und bei einem weiteren Patienten eine Osteoporose sowie Polyneuropathie bekannt.

Von den 13 Patienten, welche nach Arthrodeese am MTP-I (n=13) nachuntersucht werden konnten, waren 11 Patienten weiblichen und 2 Patienten männlichen Geschlechtes. Das mittlere Alter zum Operationszeitpunkt betrug 59,9 Jahre. In dieser Gruppe befand sich ein Patient, welcher zweimalig voroperiert war. Relevante Begleiterkrankungen waren bei 3 Patienten bekannt, darunter waren 2 Patienten mit rheumatoider Arthritis und ein Patient mit einer generalisierten Knochenhypertrophie, auch als Camurati-Engelmann-Syndrom bezeichnet.

In der Gruppe der RIAP am MTP-I (n=14) konnten 13 Patienten klinisch evaluiert werden. Von den 13 Patienten war ein Patient männlich. Ein Patient wurde beidseitig in gleicher Operationssitzung operiert. Die Patienten waren im Mittel 65,7 Jahre alt und somit deutlich älter als in allen anderen Gruppen. Zwei Patienten waren unbekannt voroperiert, einer litt unter einer sekundären MTP-I-Arthrose und der andere unter einer avaskulären Nekrose des MTP-I nach vorangegangener Chevron-Operation. In sieben Fällen war eine rheumatoide Arthritis, in drei eine Osteoporose, in einem Fall eine Fibromyalgie (muskuläres Schmerzsyndrom mit wechselnden Lokalisationen) und in einem weiteren ein Lupus erythematodes vorbeschrieben.

### 3.4. Prä- und postoperative Schmerzen nach visueller Analogskala

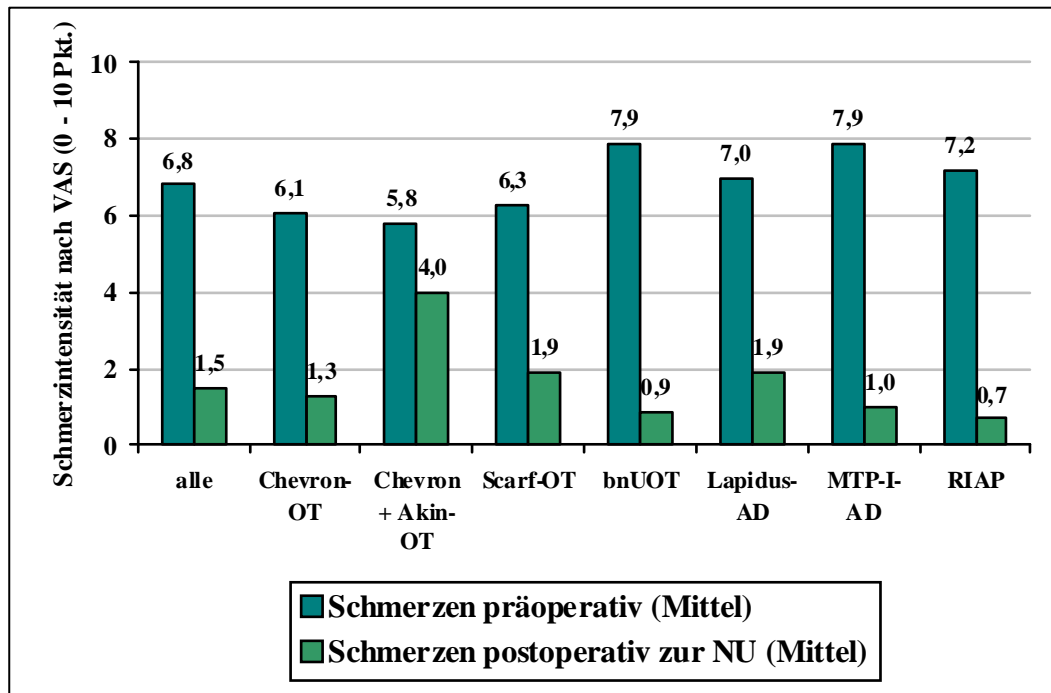


Abb. 17: Schmerzverhältnisse präoperativ im Vergleich zur NU

Die mittlere präoperative Schmerzintensität aller Patienten lag bei 6,8 Punkten nach VAS (min 0, max 10). Stärkste, nicht auszuhaltende Schmerzen vor der Operation wurden von zwölf Patienten (zehn Frauen, zwei Männer) berichtet. Präoperativ gaben drei Patienten (zwei Frauen und ein Mann) an, schmerzfrei gewesen zu sein.

Frauen (n=93) gaben präoperativ (p=0,78) wie postoperativ (p=0,33) keine signifikant stärkeren Schmerzen an als Männer (n=13).

Die Hälfte des untersuchten Gesamtkollektivs schilderte präoperative Schmerzen mit einer Intensität zwischen 5,2 und 8,0 Punkten. Aufgeschlüsselt nach Operationsgruppen lag das mittlere präoperative Schmerzniveau bei den proximal am MT-I operierten (bnUOT, Lapidus-AD) und den Patienten mit begleitend vorliegender Arthrose (MTP-I-AD, RIAP) etwas höher als bei den distal am MT-I operierten Patienten ohne fortgeschrittene Arthrose im MTP-I (> 7,0 Pkt. vs. < 6,3 Pkt.). Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen lagen präoperativ (p=0,1) wie 21 Monate postoperativ (p=0,43) nicht vor.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung lag die mittlere Schmerzintensität aller nachuntersuchten Patienten bei 1,5 Punkten. In 62 Fällen (59 %) konnte durch die Operation komplette Schmerzfreiheit erzielt werden.

Auf die Schmerzintensität erfolglos erwies sich die Operation in zwei Fällen (Chevron-OT, Lapidus-AD). Negative Ergebnisse im Sinne postoperativ stärkerer Schmerzen traten bei sechs Patienten (1x Chevron-OT, 2x Chervon+Akin, 2x Scarf-OT, 1x Lapidus-AD) auf, wobei die Schmerzintensität sich im Mittel um 2,3 Pkt. verschlechterte. Nicht auszuhaltende Schmerzen wurden zur Nachuntersuchung noch in zwei Fällen angegeben, davon jeweils einmal nach Scarf-OT und Lapidus-AD.

Werden alle Patienten, unabhängig von der Operationsart, in die Auswertung einbezogen, so wurde die Schmerzintensität im Mittel um 4,3 Pkt. gesenkt. Wie in Abb. 17 graphisch dargestellt, konnte die mittlere Schmerzintensität in allen Gruppen gesenkt werden. Das niedrigste Schmerzniveau mit 0,7 Pkt. wurde bei den Resektionsinterpositionsarthroplastiken erzielt. Die Intensität der Schmerzen präoperativ im Vergleich zur Nachuntersuchung wurde innerhalb aller Gruppen signifikant reduziert ( $p \leq 0,01$ ).

Wie in Kapitel 2.4.1 beschrieben, fließt die Kategorie „Schmerz“ ebenfalls im AOFAS Score 1. Strahl in die Bewertung des Gesamtergebnisses ein. Innerhalb des Scores wird eine kombinierte subjektive Schmerzeinschätzung aus Intensität und Häufigkeit vorgenommen. Die Ergebnisse hierzu werden aufgrund der Übersichtlichkeit unter 3.8.1. ausgeführt.

### **3.5. „Würden Sie sich noch einmal operieren lassen?“**

Im Falle gleicher klinischer Symptomatik, unter Kenntnis des perioperativen Procederes sowie dem Ergebnis der ersten Operation würden sich 82 % aller operierten Patienten noch einmal operieren lassen.

Aufgeschlüsselt nach Operationsgruppen würden sich :

- 92 % der mittels MTP-I-Arthrodeese operierten
- 89 % der nach Chevron-Methode versorgten
- 86 % der mittels RIAP behandelten
- 83 % der Chevron-Akin kombiniert operierten
- 77 % der mittels Scarf-Osteotomie behandelten
- 75 % der nach basisnaher Umstellungsosteotomie operierten
- 71 % der mittels Lapidus-Methode operierten

Patienten, mit der gleichen Operationsmethode, erneut oder an der anderen Körperhälfte operieren lassen. Ein Patient wurde beidseits und im Abstand von 4 Wochen operiert. Von den 6 beidseits und gleicher Sitzung operierten Patienten würden sich 5 Patienten erneut einer beidseitigen Operation unterziehen. Eine erneute beidseitige Operation in gleicher Sitzung würde in einem Fall, aufgrund des schwierigen perioperativen Schmerzmanagements, abgelehnt werden.

### 3.6. Patientenzufriedenheit

#### 3.6.1. Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis

Im Patienteninterview waren 53 % aller nachuntersuchten Patienten „sehr zufrieden“ und 26 % „zufrieden“ mit dem Gesamtergebnis der Operation. Werden „sehr zufrieden“ und „zufrieden“ als „positives Ergebnis“ zusammengefasst, so beurteilten insgesamt 79 % aller Patienten den Operationserfolg positiv. 9 % bewerteten das Gesamtergebnis als mäßigen Erfolg. Die verbleibenden 12 % waren mit dem Gesamtergebnis „unzufrieden“. Differenziert nach Operationsgruppen urteilten 85 % der Chevron-, 71 % der Scarf-, 75 % der bnUOT-, 81 % der Lapidus-, 92 % der MTP-I- und 79 % der RIAP-Gruppe mit „positivem Ergebnis“.

Der Abb. 18 sind die Zufriedenheitsargumente der Operationsgruppen in absoluten Zahlen zu entnehmen.

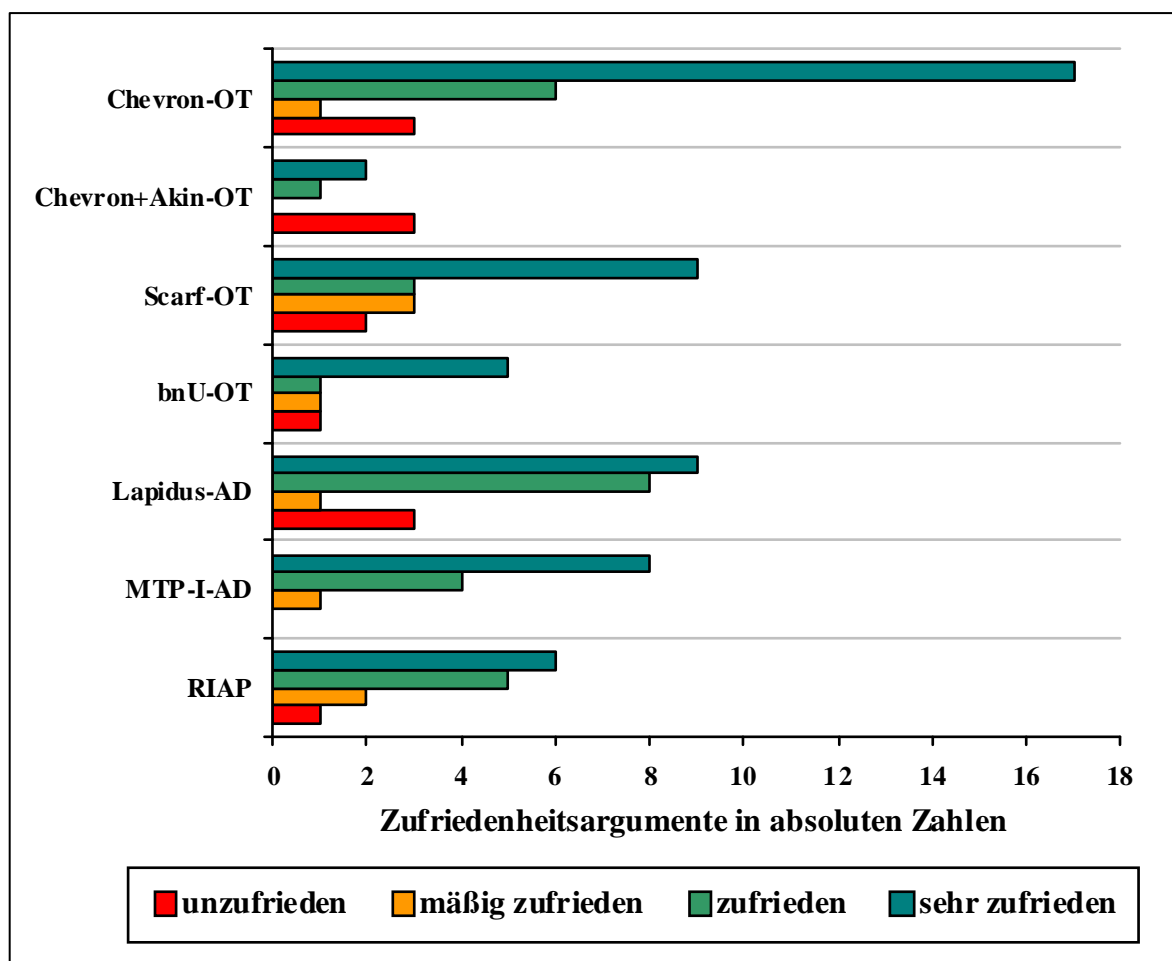


Abb. 18: Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis

### 3.6.2. Zufriedenheit mit der Stellung der Großzehe

Bewerteten die Patienten allein den kosmetischen Erfolg der Operation, so waren nur 38 % aller nachuntersuchten Patienten „sehr zufrieden“. Nicht alle Patienten, die mit dem Gesamtergebnis „sehr zufrieden“ waren, beurteilten auch den kosmetischen Erfolg mit „sehr zufrieden“.

40 % aller nachuntersuchten Patienten waren mit der Stellung der Großzehe „zufrieden“. Werden „sehr zufrieden“ und „zufrieden“ analog zu 3.6.1. als „positives Ergebnis“ zusammengefasst, so beurteilten 78 % aller Patienten die Stellungskorrektur der Großzehe positiv.

Die postoperative Ausrichtung des Hallux bewerteten 10 % aller nachuntersuchten Patienten mit „mäßigem“ Erfolg. Der gleiche Prozentsatz der Patienten (12 %), welche mit dem Gesamtergebnis „unzufrieden“ war, war auch mit der Stellung der Großzehe nicht zufrieden. Unterschieden nach Operationsgruppen bewerteten 82 % der Chevron-, 71 % der Scarf-, 63 % der bnUOT-, 71 % der Lapidus-, 92 % der MTP-I- und 86 % der RIAP-Gruppe die Stellungskorrektur der Großzehe mit „positivem Ergebnis“.

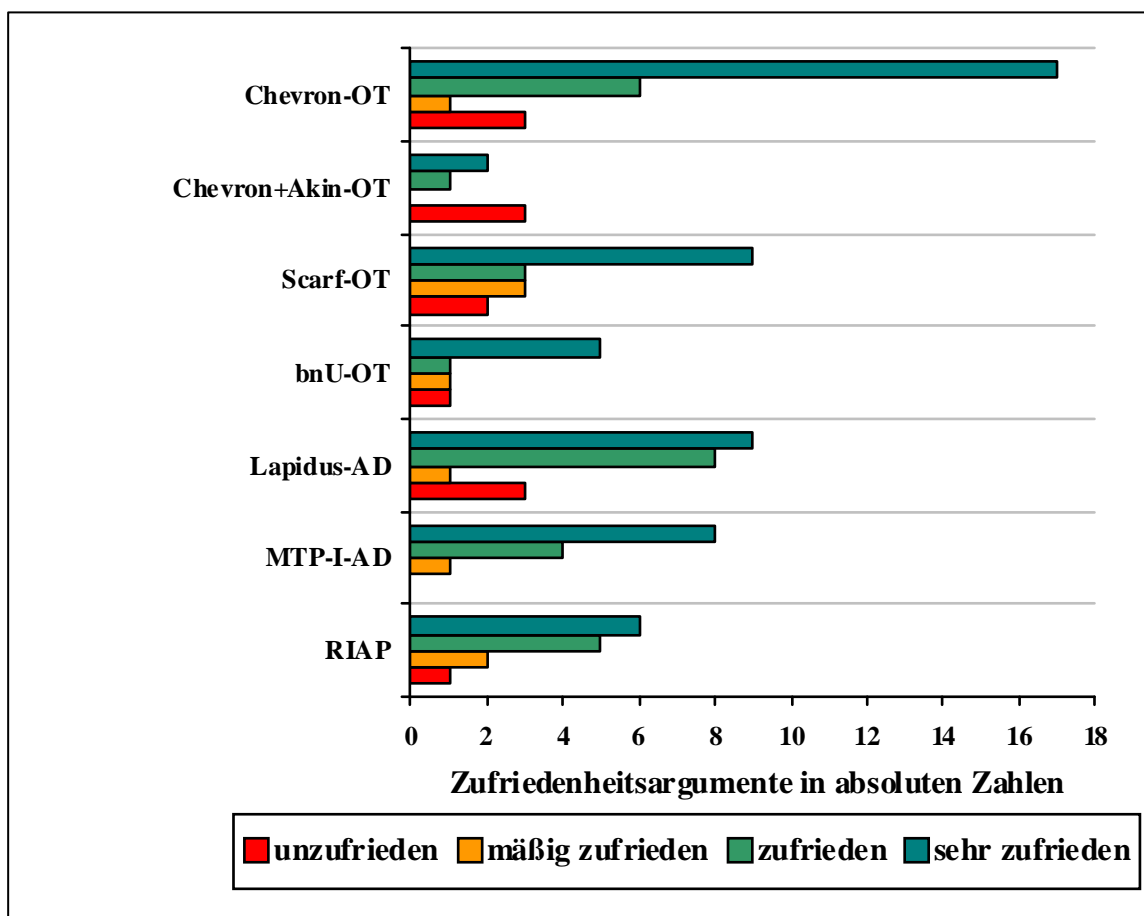


Abb. 19: Zufriedenheit mit der Stellung der Großzehe

### **3.7. Subjektive Bewertung der Stellungskorrektur der Großzehe**

#### **3.7.1. Die Stellung der Großzehe vor der Operation und zur Nachuntersuchung**

Die Befragung der Patienten im Interview ergab, dass die Stellung der Großzehe in 81 % der Fälle verbessert werden konnte. Unverändert blieb die Großzehenausrichtung bei 18 Patienten, wobei davon neun Patienten auch schon vor der Operation eine gerade Großzehe hatten. Von den verbleibenden 9 Patienten hatten 7 weiterhin sehr schiefe Großzehen und jeweils ein Patient eine mäßig sowie leicht schiefe Großzehe. Subjektive Verschlechterungen traten bei zwei Patienten auf, hiervon einmal von mäßig schief nach sehr schief in der Scarf-Gruppe und einmal von gerade nach leicht schief in der MTP-I-AD-Gruppe.

Präoperativ beurteilten 59 % der Patienten ihre Großzehe als sehr schief, 23 % als mäßig schief und jeweils 9 % als leicht schief oder gerade. Zur Nachuntersuchung wurden immerhin noch 8 % als sehr schiefe und weitere 8 % als mäßig schiefe Großzehen bewertet. Der Anteil der leicht schiefen Großzehen erhöhte sich von 9 % auf 39 %. Gerade Großzehen konnten durch die Operation und nach 21 Monaten Follow up in 45 % der Fälle erreicht werden.

Von den präoperativ als sehr schief bewerteten Großzehen (n=62) konnten 19 zu geraden, 28 zu leicht schiefen und 8 zu mäßig schiefen Großzehen korrigiert werden. Im Falle der präoperativ als mäßig schief bewerteten Großzehen (n=24) konnten 11 in leicht schiefe und weitere 11 in gerade Großzehen verbessert werden. Neun von zehn präoperativ leicht schiefen Großzehen konnten in gerade bewertete Großzehen verändert werden.

Auf den folgenden zwei Seiten (Abb. 20 - 25) sind die Stellungskorrekturen aufgeschlüsselt nach Operationsgruppen dargestellt.



Abb. 20: Stellung der Großzehe  
vor und nach Chevron-OT

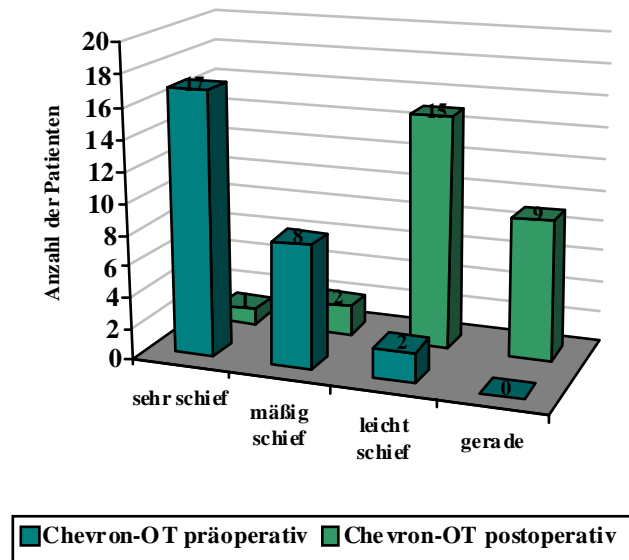


Abb. 21: Stellung der Großzehe  
vor und nach Scarf-OT

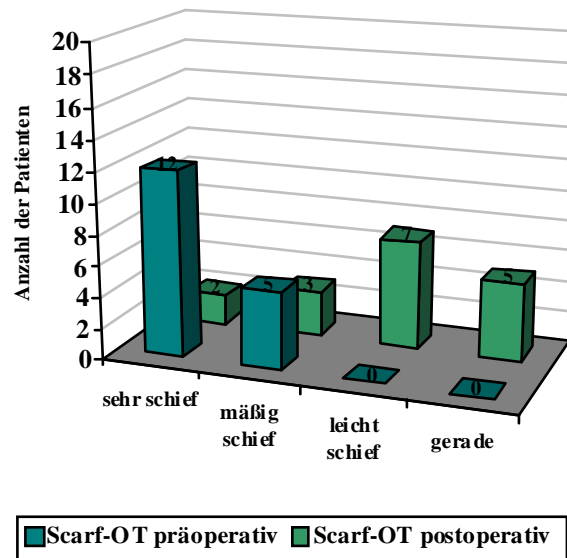


Abb. 22: Stellung der Großzehe  
vor und nach bnUOT

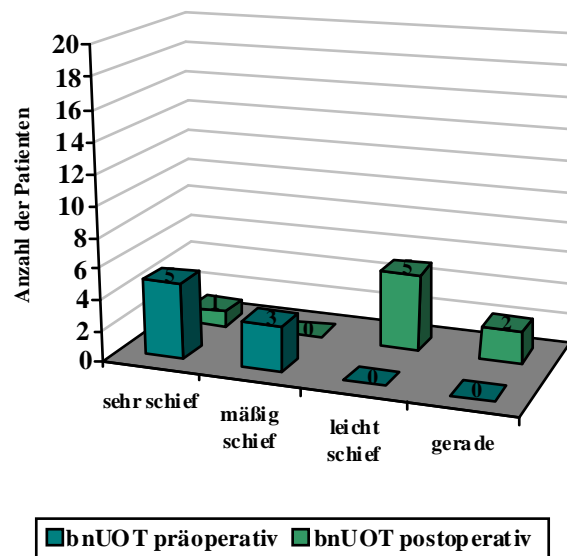


Abb. 23: Stellung der Großzehe  
vor und nach modifizierter  
Lapidus-AD

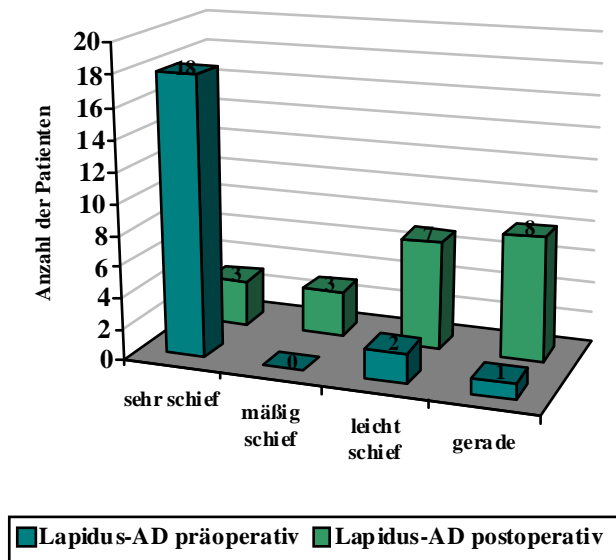


Abb. 24: Stellung der Großzehe  
vor und nach MTP-I-AD

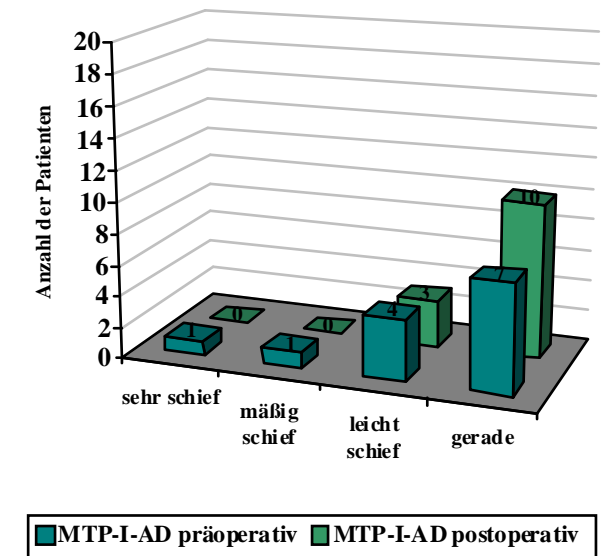
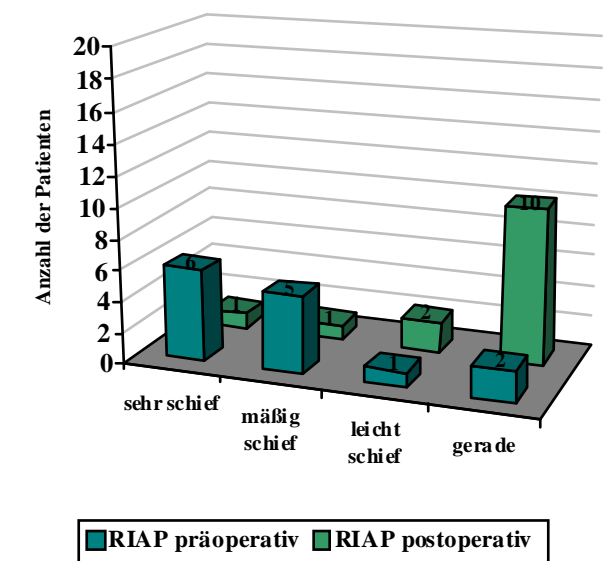


Abb. 25: Stellung der Großzehe  
vor und nach RIAP am 1. Strahl



### 3.7.2. Wie viel Grad Hallux valgus-Winkel werden als gerade, leicht schief, mäßig schief und sehr schief beurteilt?

Bei der subjektiven Beurteilung der Halluxstellung wurde ermittelt, welche Winkelgrade vom Patienten z.B. als „sehr schief“ beurteilt werden. Hierfür wurden die retrospektiven Bewertungen der Fehlstellungen mit den präoperativen röntgenologisch gemessenen Winkeln verglichen.

Der mittlere HVA der als „sehr schief“ beurteilten Großzehen (n=59) lag präoperativ bei 35,7° (min 15°, max 57°). Analog dazu urteilten die Patienten mit „mäßig schief“ (n=20) bei einer mittleren Achsabweichung von 27,4° (min 16°, max 46°).

Bei den als „leicht schief“ (n=10) beurteilten Großzehen betrug der mittlere HVA 19,8° (min 10, max 37). Die als „gerade“ bewerteten Großzehen hatten einen mittleren röntgenologisch gemessenen HVA von 12,5°, wobei im Einzelfall bis 20° HVA noch als gerade gewertet wurde.

Stellung der Großzehe	mittlerer HVA präoperativ	mittlerer HVA klinisch zur NU	Signifikanz-niveau
Sehr schief	35,7°	35,6°	p=1,00
Mäßig schief	27,4°	27,4°	p=0,76
Leicht schief	19,8°	18,1°	p=0,77
Gerade	12,5°	12,0°	p=0,62

Tab. 7: Subjektive Beurteilung der Achsabweichung

Werden die klinisch gemessenen HVA zur Nachuntersuchung mit den Bewertungsmöglichkeiten der Fehlstellung in Zusammenhang gesetzt, so resultieren ähnliche mittlere Hallux valgus-Winkel zur Nachuntersuchung wie präoperativ.

Für die Bewertung „sehr schief“ (n=8) ergaben sich mittlere HVA von 35,6° (min 20°, max 53°) und für „mäßig schief“ (n=9) ein mittlerer HVA von 27,4° (min 15°, max 35). Die Fallzahl der zur Nachuntersuchung mit „leicht schief“ eingestuften Großzehen war mit n=41 deutlich höher als präoperativ, der mittlere HVA lag in dieser Gruppe bei 18,1° (min 0°, max 40°), wobei im Einzelfall auch bei einem HVA von 0° mit „leicht schief“ bewertet wurde. Während bei den als „gerade“ bewerteten Großzehen (n=47) mit mittlerem HVA von 12,0° (min 0°, max 32°) Achsabweichungen bis 32° als „gerade“ bewertet wurden.

3.7.3. Hat das Wissen um die Durchführung einer Operation einen Einfluss auf die Beurteilung der Fehlstellung?

Werden für die einzelnen Achsabweichungen („sehr schief“, „mäßig schief“, „leicht schief“ und „gerade“) die präoperativen und postoperativen Hallux valgus-Winkel zur NU einander gegenübergestellt, so ergeben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede (Tab. 7). Das Wissen um die Durchführung einer Operation hat also keinen Einfluss auf die Bewertung der Fehlstellung ( $p > 0,05$ ).

### **3.8. Ergebnisse des AOFAS Score 1. Strahl**

Der mediane AOFAS Score 1. Strahl aller nachuntersuchten Fälle ( $n_{OP}=106$ ) lag präoperativ bei 47 Punkten (min 17, max 88). Zwischen den Operationsgruppen, welche das MTP-I-Gelenk erhalten, waren präoperativ keine statistisch signifikanten Unterschiede in der medianen Punktzahl des AOFAS Score zu verzeichnen ( $p=0,26$ ).

Bei den MTP-I-gelenkresezierenden Verfahren lag der präoperative AOFAS Score der MTP-I-Arthrodesen niedriger als in der Gruppe der Resektionsinterpositionsarthroplastiken ( $p=0,03$ ).

Postoperativ, mit einem durchschnittlichen Follow up von 21 Monaten, konnte der mediane AOFAS Score aller operierten Patienten von 47 auf 85 Punkte (min 19, max 100) gesteigert werden. In allen Gruppen konnte der AOFAS Score durch die Operation signifikant verbessert werden (siehe Tab. 8).

Zwischen den MTP-I-gelenkerhaltenden Operationsgruppen wurden postoperativ keine signifikanten Unterschiede im AOFAS Score festgestellt ( $p>0,21$ ). Bei den MTP-I-resezierenden Verfahren gab es postoperativ ebenfalls keinen signifikanten Unterschied ( $p=0,40$ ).

	<b>AOFAS Score (Median) präoperativ</b>	<b>AOFAS Score (Median) postoperativ zur NU</b>	<b>Signifikanz präoperativ vs. zur NU</b>
<b>Chevron-Osteotomie</b>	47	88	$p<0,01$
<b>Chevron- und Akin-Osteotomie</b>	72	88	n. b. <sup>[***]</sup>
<b>Scarf-Osteotomie</b>	49	88	$p<0,01$
<b>bnU-Osteotomie</b>	33	86	$p=0,01$
<b>Lapidus-Arthrodes</b>	35	85	$p<0,01$
<b>MTP-I-Arthrodes</b>	40	85	$p<0,01$
<b>RIAP</b>	47	85	$p<0,01$
<b>GESAMT</b>	<b>47</b>	<b>85</b>	<b><math>p&lt;0,01</math></b>
[***] nicht berechnet			

Tab. 8: Ergebnisse des AOFAS Score

### 3.8.1. Schmerzen

Anders als die visuelle Analogskala verlangte der AOFAS Score in der Kategorie „Schmerzen“ eine kombinierte Einstufung von Schmerzintensität und -häufigkeit. Dabei betrug die mediane Punktzahl präoperativ 20 Punkte (mittelmäßige, tägliche Schmerzen) und zur Nachuntersuchung 40 Punkte (keine Schmerzen).

Die Schmerzwerte konnten im Vergleich präoperativ zu postoperativ in allen Gruppen signifikant gebessert werden ( $p < 0,01$ ). Zwischen den gelenkerhaltenden ( $p > 0,05$ ) sowie nicht gelenkerhaltenden Operationsgruppen ( $p = 0,22$ ) konnten keine signifikanten Unterschiede im postoperativen Schmerzscores belegt werden.

### 3.8.2. Funktion

Für die Beurteilung der Funktionsdefizite und -ergebnisse werden innerhalb des AOFAS Score mehrere Unterkategorien unterschieden.

In der Kategorie Aktivität konnten Einschränkungen bei den Freizeitaktivitäten von präoperativ 58 % auf 9 % zur NU im gesamten Patientenkollektiv reduziert werden. 20 % der Patienten fühlte sich präoperativ zusätzlich in der Verrichtung ihrer täglichen Aktivitäten eingeschränkt, postoperativ dagegen nur noch 4 %.

Das Tragen von normalen Konfektionsschuhen ohne Einlagen war präoperativ in 26 % der Fälle möglich und konnte postoperativ auf 48 % erhöht werden. Die Anwendung von Einlagen konnte von 69 % auf 47 % reduziert werden. Orthopädische Schuhe waren prä- wie postoperativ in 5 % der Fälle erforderlich.

Der mittlere Bewegungsumfang der gelenkerhaltenden Operationsgruppen betrug zur Nachuntersuchung  $49^\circ$  im MTP-I-Gelenk und kommt im AOFAS Score mäßigen Einschränkungen der Beweglichkeit gleich. Alle MTP-I-Arthrodesen waren im Großzehengrundgelenk stabil. Bei den RIAP ergab sich zur Nachuntersuchung ein passiver Bewegungsumfang von  $21^\circ$ , welche im AOFAS Score massiven Bewegungseinschränkungen entsprachen. Die Beweglichkeit im IP-I war in 5 Fällen postoperativ auf weniger als  $5^\circ$  eingeschränkt.

Postoperative Instabilitäten im MTP-I oder IP-I wurden in 14 Fällen (13 %) beobachtet. Der Prozentsatz symptomatischer Schwielen am Hallux konnte von präoperativ 76 % auf 5 % zur Nachuntersuchung verringert werden.

Werden die Punktzahlen aller Unterkategorien der „Funktion“ zusammengefasst, so konnte in eine Scoringverbesserung von median 27 auf 35 Punkte erreicht werden, die für jede Operationsgruppe prä- vs. postoperativ signifikant war ( $p < 0,11$ ).

Bezüglich der Funktion waren zwischen MTP-I und RIAP-Gruppe weder präoperativ ( $p = 0,22$ ) noch zur Nachuntersuchung ( $p = 0,45$ ) differente Punktzahlen nachweisbar. Bei den Vergleichen der MTP-I-gelenkerhaltenden Verfahren miteinander ergaben sich präoperativ keine signifikanten Unterschiede ( $p = 0,09$ ). Einundzwanzig Monate nach der Operation zeichneten sich grenzwertig höhere Funktionswerte ( $p < 0,04$ ) zwischen der Gruppe der basisnahen Umstellungsosteotomien und den anderen Verfahren (Chevron-OT, Scarf-OT, Lapidus-AD) ab. Das Ergebnis ist durch die kleine Stichprobe ( $n = 8$ ) jedoch nicht ausreichend repräsentativ.

#### 3.8.3. Achsenstellung

Die präoperative Achsabweichung des Hallux, bezogen auf die Gesamtfallzahl, wurde mit einer medianen Punktzahl von 0 (schlechte Achsenstellung mit Symptomen) bewertet. Durch die Operation konnte die Fehlstellung korrigiert und im Median auf die Maximalpunktzahl von 15 (gute Achsenstellung ohne Symptome) verbessert werden.

Zwischen den gelenkerhaltenden Verfahren gab es präoperativ keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung der Achsenstellung der Großzehe ( $p = 0,32$ ). Die Ausgangslage der mittels RIAP operierten Patienten wurde präoperativ signifikant schlechter beurteilt als von den mittels MTP-I-Arthrodesen operierten Patienten ( $p = 0,01$ ).

Alle MTP-I-gelenkerhaltenden ( $p < 0,01$ ) wie auch beide MTP-I-gelenkresezierenden Verfahren ( $p < 0,03$ ) verbesserten die Achsenstellung der Großzehe im Vergleich prä- zu postoperativ signifikant.

Postoperative Unterschiede bezüglich der Achsstellung des Hallux innerhalb der gelenkerhaltenden ( $p = 0,39$ ) und zwischen den beiden nicht gelenkerhaltenden ( $p = 0,12$ ) Operationsgruppen konnten nicht festgestellt werden.

### **3.9. Ergebnisse der radiologischen Winkelbestimmung**

#### **3.9.1. Ergebnisse anhand des Hallux valgus-Winkels**

Der mittlere präoperative HVA aller nachuntersuchten Chevron-Operierten (n=25) lag bei 28,1°. Sieben Wochen postoperativ betrug die Achsabweichung der Großzehe durchschnittlich 19,9° (n=21).

Bei den wenigen (n=6) nach Chevron und Akin-Operierten lag der errechnete präoperative HVA mit 29,0° Achsabweichung im gleichen Niveau wie in der alleinigen Chevrongruppe. Eine Aussage bezüglich der 7 Wochen postoperativ gemessenen Winkel war aufgrund fehlender Röntgenaufnahmen nicht möglich.

Die mittels Scarf-OT operierten Patienten hatten präoperativ (n=17) einen durchschnittlichen HVA von 34,7°. Sieben Wochen postoperativ (n=16) lagen die röntgenologisch gemessenen HVA im Mittel bei 26,0°.

Im Falle der basisnahen Umstellungsosteotomien konnte der HVA von 34,5° präoperativ auf 11,4° frühpostoperativ gesenkt werden, dies allerdings bei sehr kleinen Stichproben (n=6 bzw. 7).

<b>Hallux valgus-Winkel</b>	<b>präoperativ</b>	<b>7 Wochen postoperativ (frühpostoperativ)</b>	<b>21 Monate postoperativ (klinisch)</b>	<b>Signifikanz prä- vs. 6 Wo. postoperativ</b>
<b>Chevron-Osteotomie</b>	28,1°	19,9°	18,3°	p<0,01
<b>Scarf-Osteotomie</b>	34,7°	26,0°	23,3°	p<0,01
<b>bnU-Osteotomie</b>	34,5°	11,4°	17,1°	p=0,04
<b>Lapidus-Arthrodes</b>	39,2°	21,7°	20,3°	p<0,01
<b>MTP-I-Arthrodes</b>	14,8°	9,9°	9,8°	p=0,08
<b>RIAP</b>	26,4°	-	14,6°	p=0,08

Tab. 9: Mittlerer Hallux valgus-Winkel der nachuntersuchten Patienten



In der Lapidusgruppe fanden sich mittlere HVA-Ausgangswerte von  $39,2^\circ$  ( $n=20$ ). Sieben Wochen postoperativ und mit kurzfristigem Follow up lag der mittlere HVA bei  $21,7^\circ$  ( $n=20$ ).

Werden die Hallux valgus-Winkel der MTP-I-Arthrodesen betrachtet, so ergeben sich mittlere HVA präoperativ von  $14,8^\circ$  ( $n=12$ ) und frühpostoperativ von  $9,9^\circ$  ( $n=9$ ). Im Vergleich dazu hatten die Patienten in der RIAP-Gruppe vor der Operation einen deutlich höheren mittleren HVA mit  $26,4^\circ$  ( $n=11$ ). Aufgrund der wenigen Röntgenbilder konnte bei den Resektionsarthroplastiken kein frühpostoperativer HVA ermittelt werden.

Der Hallux valgus-Winkel konnte präoperativ vs. frühpostoperativ in allen MTP-I-gelenk-erhaltenden Operationsgruppen statistisch signifikant gesenkt werden (Tab. 9,  $p \leq 0,04$ ).

Präoperativ lagen in der Chevron-Gruppe signifikant niedrigere HVA vor als in der Scarf- ( $p < 0,01$ ) oder Lapidusgruppe ( $p < 0,01$ ). Zwischen Scarf-OT, basisnaher Umstellungsosteotomie und Lapidus-Arthrodesen waren vor der Operation jeweils keine signifikanten Unterschiede ( $p_{\text{Scarf vs. bnUOT}}=0,86$ ;  $p_{\text{Scarf vs. Lapidus}}=0,08$ ;  $p_{\text{bnUOT vs. Lapidus}}=0,19$ ) zu verzeichnen.

Bei den MTP-I-resezierenden Operationsverfahren lagen in der RIAP-Gruppe präoperativ signifikant höhere Hallux valgus-Winkel vor als in der MTP-I-Arthrodesengruppe ( $p < 0,01$ ).

Sieben Wochen nach der Operation gab es ebenfalls statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. In der Chevrongruppe lagen frühpostoperativ niedrigere HVA vor als in der Scarfgruppe ( $p=0,02$ ).

Beim Vergleich von Chevron- und Lapidusgruppe kommen beide trotz signifikant unterschiedlicher HVA-Ausgangswerte auf das gleiche frühpostoperative Niveau ( $p=0,74$ ).

Scarf- und Lapidusgruppe unterschieden sich prä- wie frühpostoperativ nicht signifikant unterschiedlich in den Hallux valgus-Winkeln.

Trotz der kleinen Fallzahl ( $n=8$ ) ergaben sich in der Gruppe der basisnahen Umstellungsosteotomien frühpostoperativ signifikant kleinere HVA als in Chevron- ( $p < 0,01$ ), Scarf- ( $p < 0,01$ ) oder Lapidusgruppe ( $p=0,01$ ).

### 3.9.2. Ergebnisse anhand des Intermetatarsal-Winkels-I/II

In der Chevrongruppe (n=25) lag der durchschnittliche Intermetatarsalwinkel-I/II präoperativ bei 9,6°. Durch die V-förmige Osteotomie und anschließende Verschiebung des distalen Fragmentes nach lateral konnte der IMA-I/II so verkleinert werden, dass 7 Wochen postoperativ ein mittlerer IMA-I/II von 6,8° (n=21) gemessen wurde.

Im Falle der Scarf-Osteotomien konnte der IMA-I/II von präoperativ 13,2° (n=17) auf frühpostoperativ 9,6° (n=16) gesenkt werden.

Bei den basisnahen Umstellungsosteotomien (n=6 bzw. 7) betrug der mittlere IMA-I/II präoperativ 12° und 7 Wochen postoperativ nur noch 2°, wobei der frühpostoperative Durchschnitt aufgrund der sehr kleinen Fallzahl und zweier Überkorrekturen wahrscheinlich falsch niedrig ist.

In der Lapidusgruppe fand sich präoperativ ein mittlerer IMA-I/II-Ausgangswert von 11,8° (n=20). Durch die Arthrodesen mit Stellungskorrektur des MT-I konnte der IMA-I/II auf 7,6° (n=20) frühpostoperativ reduziert werden.

<b>Intermetatarsal-Winkel-I/II</b>	<b>präoperativ (röntgenologisch)</b>	<b>7 Wochen postoperativ (röntgenologisch)</b>	<b>Signifikanz prä- vs. 6 Wo. postoperativ</b>	<b>IMA-I/II 21 Monate postoperativ (klinisch)</b>
<b>Chevron-Osteotomie</b>	9,6°	6,8°	p<0,01	13,0°
<b>Chevron- und Akin-Osteotomie</b>	11,1°	-	-	13,0°
<b>Scarf-Osteotomie</b>	13,2°	9,6°	p<0,01	11,4°
<b>bnU-Osteotomie</b>	12,2°	1,9°	p=0,04	15,1°
<b>Lapidus-Arthrodesen</b>	11,8°	7,6°	p<0,01	14,1°
<b>MTP-I-Arthrodesen</b>	9,2°	8,2°	p=0,10	14,5°
<b>RIAP</b>	9,7°	-	-	17,2°

Tab. 10: Mittlerer Intermetatarsalwinkel-I/II der nachuntersuchten Patienten

Der mittlere IMA-I/II der MTP-I-AD betrug präoperativ  $9,4^\circ$  ( $n=12$ ) und frühpostoperativ  $8,2^\circ$  ( $n=9$ ). Der IMA-I/II der RIAP-Gruppe lag präoperativ bei  $9,6^\circ$  ( $n=11$ ). Bei den kombinierten Chevron- und Akin-OT sowie mittels RIAP operierten Patienten konnten die mittleren IMA-I/II aufgrund der niedrigen Anzahl an Röntgenbildern nicht bestimmt werden.

Überkorrekturen des IMA-I/II traten in 4 Fällen auf, davon einmal in der Chevron- (IMA-I/II  $-1^\circ$ ), ein weiteres Mal in der Lapidus- (IMA-I/II  $-2^\circ$ ) und zweimal in der Gruppe der basisnahen Umstellungsosteotomien (IMA-I/II  $-1^\circ$  und  $-2^\circ$ ).

Zwischen den MTP-I-gelenkresezierenden Operationsgruppen waren präoperativ keine signifikanten Unterschiede vorhanden ( $p=0,72$ ). Die Versteifung des MTP-I mittels winkelstabiler Platte hatte keinen Einfluss auf den IMA-I/II ( $p=0,10$ ).

Bei den gelenkerhaltenden Verfahren gab es präoperativ signifikant differente IMA-I/II-Ausgangswinkel zwischen den Gruppen. Die IMA-I/II der Scarf- ( $p<0,01$ ) und der Lapidusgruppe ( $p=0,02$ ) waren präoperativ signifikant höher als in der Chevrongruppe. Die präoperativen IMA-I/II der Chevron- und basisnahen Umstellungsgruppe unterschieden sich nicht signifikant voneinander ( $p=0,06$ ). Zwischen Scarf-OT, bnUOT und Lapidus-AD waren keine statistisch signifikanten Unterschiede im präoperativen IMA nachzuweisen ( $p>0,46$ ).

Der IMA-I/II konnte präoperativ vs. 7 Wochen postoperativ in allen Operationsgruppen, mit Ausnahme der RIAP-Gruppe und der kombinierten Chevron- und Akin-Gruppe für die nicht genug Daten vorhanden waren, statistisch signifikant gesenkt werden ( $p<0,04$ ).

Sieben Wochen postoperativ lag der IMA-I/II in der Scarf- signifikant höher als in der Chevrongruppe ( $p=0,01$ ), allerdings bestanden bereits präoperativ größere IMA-I/II in der Scarfgruppe. Bei den Lapidusarthrodesen, die präoperativ ebenfalls signifikant größere IMA-I/II aufwiesen, wurde postoperativ dasselbe IMA-Niveau erreicht wie in der Chevrongruppe ( $p=0,54$ ). Zwischen Scarf- und Lapidusgruppe waren weder präoperativ noch 7 Wochen postoperativ ( $p=0,13$ ) signifikante Unterschiede im IMA nachweisbar.

Der IMA-I/II der basisnahen Umstellungs-OT erwies sich frühpostoperativ signifikant niedriger als in allen anderen MTP-I-gelenkerhaltenden Gruppen ( $p<0,01$ ), was durch geringe Fallzahl und zwei Überkorrekturen bedingt sein kann.

#### 3.9.3. Ergebnisse anhand des Hallux valgus interphalangeus-Winkels

Der präoperative Hallux valgus interphalangeus-Winkel am 1.Strahl betrug in der Chevrongruppe (n=25) im Mittel  $6,1^\circ$  Lateralstellung der Endphalanx zur Grundphalanx. Frühpostoperativ (n=21) lag der HVIP in der Chevrongruppe bei  $11,4^\circ$ , wobei die formale Zunahme des HVIP am ehesten durch den hohen Anteil (66 %) an Liegend-aufnahmen zu erklären ist.

Bei den wenigen kombinierten Chevron- und Akin-Osteotomien (n=6) wurde formal ein präoperativer HVIP von  $8,8^\circ$  errechnet. Frühpostoperativ (n=3) lagen die HVIP im Einzelfall bei  $4^\circ$ ,  $12^\circ$  und  $18^\circ$  (mittlerer HVIP  $11,3^\circ$ ).

#### 3.9.4. Ergebnisse anhand des DMAA-Winkels

In der Chevrongruppe wurde ein mittlerer distaler metatarsaler Gelenkflächenwinkel von präoperativ  $15,3^\circ$  (n=25) und frühpostoperativ  $13,5^\circ$  (n=21) gemessen. Bei den Z-förmigen Schaftosteotomien ergab sich präoperativ ein durchschnittlicher DMAA von  $13,7^\circ$  (n=17) und frühpostoperativ von  $14,1^\circ$  (n=16). Die basisnahen Umstellungsosteotomien waren präoperativ durch einen mittleren DMAA von  $12,3^\circ$  (n=6) und frühpostoperativ von  $11,6^\circ$  (n=7) charakterisiert. Für die Lapidusgruppe wurde ein präoperativer DMAA von  $14,1^\circ$  (n=20) und 7 Wochen postoperativ von  $15,0^\circ$  (n=20) berechnet.

Statistisch signifikante DMAA-Unterschiede zwischen den MTP-I-gelenkerhaltenden Verfahren konnten präoperativ (p=0,68) wie frühpostoperativ (p=0,41) nicht festgestellt werden. Der DMAA wurde alleinig durch die Chevron-OT signifikant (p=0,04) und im Mittel um  $3,0^\circ$  gesenkt. Alle anderen MTP-I-gelenkerhaltenden Verfahren hatten keinen Einfluss auf den distalen metatarsalen Gelenkflächenwinkel des MT-I (p>0,47).

Bei den MTP-I-gelenkresezierenden Verfahren erfolgten keine Messungen des DMAA, da das MTP-I-Gelenk in jedem Fall durch die Operation destruiert wurde.

### 3.9.5. Kongruenz des MTP-I

Bezogen auf die Fallzahl der nachuntersuchten gelenkerhaltenden Operationen anhand der vorhandenen Röntgenbilder, waren präoperativ 49 (66 %) MTP-I-Gelenke subluxiert, 20 (27 %) Gelenke inkongruent und 5 (7 %) MTP-I-Gelenke bereits vor der Operation kongruent.

Durch die Operationen konnte die Anzahl der subluxierten MTP-I-Gelenke von 49 auf 7 (11 %) gesenkt werden. Dementsprechend wurden frühpostoperativ mehr inkongruente MTP-I-Gelenke gezählt. Die Summe der kongruenten MTP-I-Gelenke konnte von 5 (7 %) auf 14 (23 %) gesteigert werden.

Aufgeschlüsselt nach Operationsgruppen konnte der Anteil der subluxierten MTP-I-Gelenke in der Chevrongruppe von 52 % auf 5 %, in der Scarfgruppe von 65 % auf 18 %, in der Lapidusgruppe von 80 % auf 10 % und bei den basisnahen Osteotomien von 5 auf 2 Einzelfälle gesenkt werden.

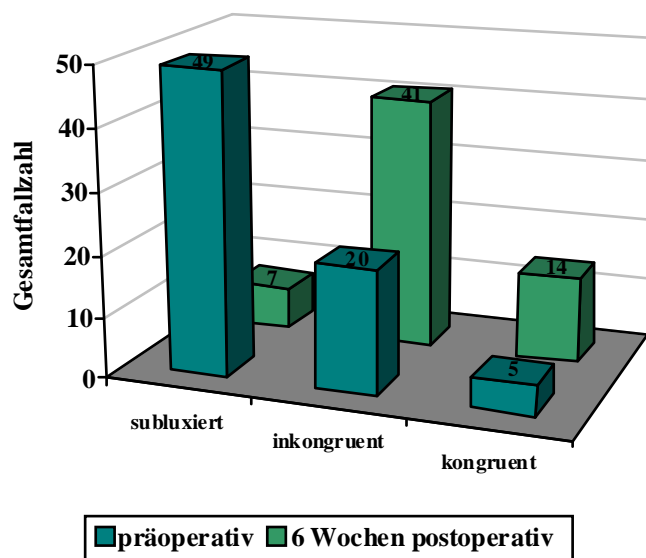


Abb. 26: Kongruenz des MTP-I-Gelenkes prä- und frühpostoperativ

#### 3.9.6. Tibiale Sesambeinposition

Die Position des medialen Sesambeines bezüglich der MT-I-Längsachse kann prä- und postoperativ verglichen werden und als weiterer Indikator für den Operationserfolg dienen. Je kleiner die Positionszahl (1 - 7) ist, desto weiter medial liegt das Sesambein im Muskel-sehnengeflecht und desto physiologischer erfolgt die Kraftübertragung auf die Großzehe.

Präoperativ wurden hohe Positionszahlen ermittelt. In der Chevrongruppe lag die mediane tibiale Sesambeinposition präoperativ bei 4 (n=27) und frühpostoperativ bei 2 (n=21).

Im Zuge der Scarf-Operationen konnte die Sesambeinposition von 5 (n=17) auf 3 (n=11) gesenkt werden.

Ebenso verhielt es sich bei den basisnahen Umstellungsosteotomien, dort konnte die mediane TSP von präoperativ 5 (n=6) auf frühpostoperativ 1 (n=7) verbessert werden.

In der Gruppe der Lapidus-Arthrodesen lag die mediane Sesambeinposition präoperativ bei 5 (n=20) und frühpostoperativ bei 2 (n=20).

Die Abb. 27 stellt die absoluten TSP-Werte präoperativ und frühpostoperativ in Form von geglätteten Kurven, für jede Operation in je einem Diagramm, dar. Für alle Operationen ist ersichtlich, dass die Fläche unter der postoperativen Kurve (grün), im Vergleich zur präoperativen Kurve (blau), in Richtung der niedrigen Sesambeinpositionen, verschoben ist.

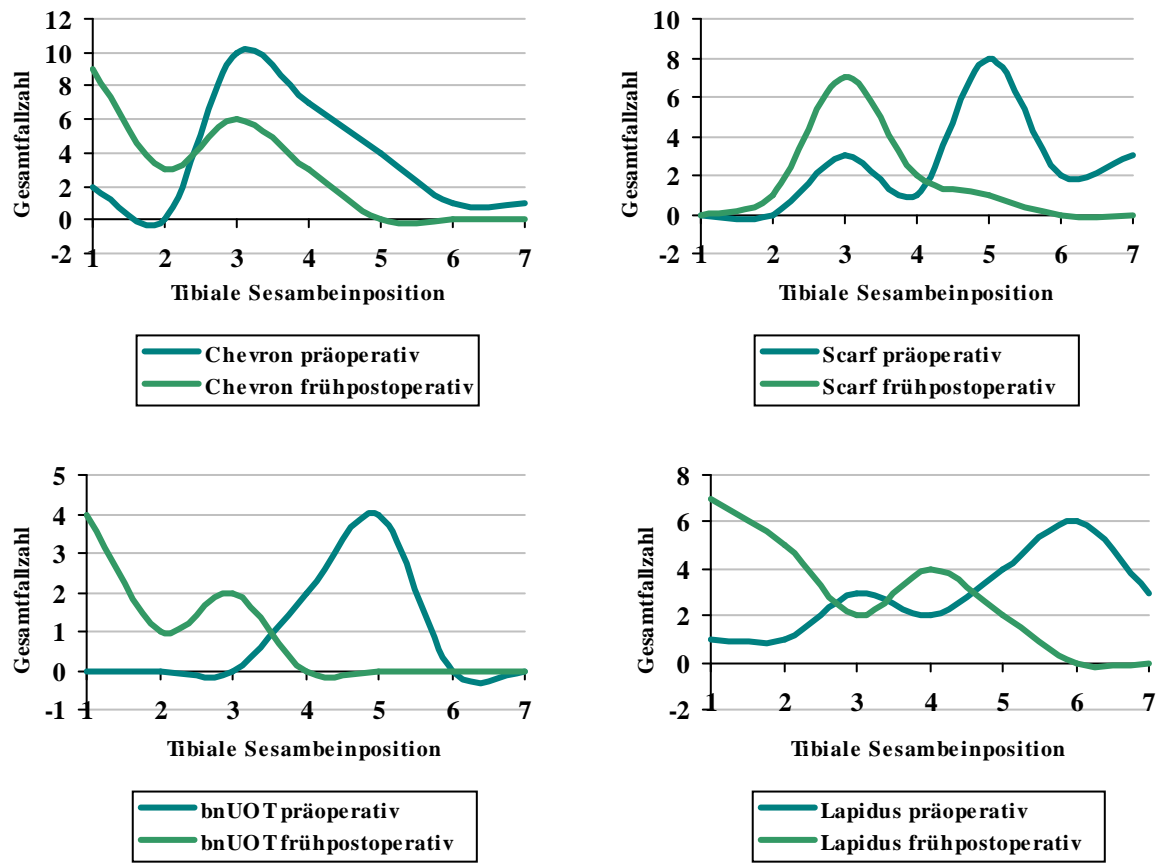


Abb. 27: TSP präoperativ und frühpostoperativ

#### 3.9.7. Hallux rigidus-Stadium

Bei den Chevron-Osteotomien waren präoperativ 44 % der MTP-I-Gelenke ohne sichere Arthrosezeichen (Grad 0 und 1). In den verbleibenden 56 % der Fälle waren erste röntgenologische Arthrosezeichen (Grad 2 und 3) in Form von Osteophyten nachweisbar.

Ähnlich verhielt es sich bei den Scarf-Osteotomien, dort wiesen 47 % der Fälle keine sicheren arthrotischen Veränderungen (Grad 0 und 1) und 53 % der Fälle sichere Arthrosezeichen auf.

Gleichfalls zeigte die Hälfte aller Füße, welche mittels Lapidus-Arthrodesen versorgt wurden, sichere oder keine Arthrosezeichen.

Bei den MTP-I-Arthrodesen und Resektionsinterpositionsarthroplastiken hatten alle Patienten mindestens mäßige Gelenkspaltverschmälerungen (Grad 3 und mehr), davon hatten 75 % erheblich verschmälerte oder aufgehobene MTP-I-Gelenkspalten (Grad 4).



### **3.10. Ergebnisse der klinischen Winkelbestimmung**

Nach mittleren Follow up von 21 Monaten wurden HVA, Fußinnenrandwinkel sowie IMA-I/II klinisch gemessen, um auf eine erneute Strahlenexposition zu verzichten. Dadurch wurde die Winkelbestimmung abhängig von äußeren Einflussfaktoren wie z.B. kardial oder lymphatisch bedingten Ödemen, so dass bei einem Patienten keine Winkelgrade ermittelt werden konnten.

<b>Hallux valgus-Winkel</b>	<b>HVA 7 Wochen postoperativ (röntgenologisch)</b>	<b>HVA 21 Monate postoperativ (klinisch)</b>	<b>FIRW 21 Monate postoperativ (klinisch)</b>
<b>Chevron-Osteotomie</b>	19,9°	18,3°	18,6°
<b>Chevron- und Akin-Osteotomie</b>	-	8,2°	14,0°
<b>Scarf-Osteotomie</b>	26,0°	23,3°	21,6°
<b>bnU-Osteotomie</b>	11,4°	17,1°	18,6°
<b>Lapidus-Arthrodes</b>	21,7°	20,3°	22,0°
<b>MTP-I-Arthrodes</b>	9,9°	9,8°	7,3°
<b>RIAP</b>	-	14,6°	15,0°

Tab. 11: Klinisch gemessene mittlere Hallux valgus- und Fußinnenrandwinkel

Die klinisch bestimmten, im Mittel 21 Monate postoperativ gemessenen Hallux valgus-Winkel unterschieden sich in allen Gruppen nicht signifikant ( $p > 0,05$ ) von den frühpostoperativ röntgenologisch ermittelten Hallux valgus-Winkeln.

Zwischen den klinisch gemessenen, spätpostoperativ bestimmten Hallux valgus-Winkeln und den Fußinnenrandwinkeln gab es ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $p = 0,58$ , vgl. Tab. 11).

Der klinisch gemessene HVA wurde für die Ermittlung eines mittleren HVA-Korrekturpotentials verwendet. In der Chevrongruppe lag dies bei 9,7°, in der Scarfgruppe bei 11,4°, den Umstellungsosteotomien bei 15,3° und in der Lapidusgruppe bei 18,6°.

Da das HVA-Korrekturpotential abhängig vom präoperativen Ausmaß der Fehlstellung ist, können nur Operationsverfahren mit gleichen HVA-Ausgangswerten miteinander verglichen werden. Dieser Umstand bestand präoperativ zwischen Scarf-, Lapidus- und der basisnahen Umstellungsgruppe. Zwischen diesen Gruppen ergab sich kein signifikant unterschiedliches HVA-Korrekturpotential ( $p=0,23$ ).

In der Chevrongruppe lag präoperativ ein niedrigeres HVA-Niveau vor als in den oben genannten Operationsgruppen. Dementsprechend niedriger war das Korrekturpotential durch eine Chevron-Osteotomie.

Im Falle des IMA-I/II ergaben sich signifikante Unterschiede ( $p<0,001$ ) zwischen den röntgenologisch (7 Wochen postoperativ) und den klinisch (21 Monate postoperativ) bestimmten Winkelgraden.

Für die Ermittlung eines IMA-I/II-Korrekturpotentials der MTP-I-gelenkerhaltenden Verfahren wurden die prä- und frühpostoperativen Intermetatarsalwinkel-I/II verrechnet. Die mittlere IMA-I/II-Korrektur betrug in der Chevrongruppe  $3,2^\circ$ , in der Scarfgruppe  $4,5^\circ$  und bei den Lapidus-AD  $4,4^\circ$ . Zwischen Chevron-OT, Scarf-OT und Lapidus-AD konnten keine signifikanten Unterschiede im IMA-I/II-Korrekturpotential ( $p=0,25$ ) nachgewiesen werden. Die basisnahen Umstellungsosteotomien wurden aufgrund der niedrigen Fallzahl der rekrutierten Röntgenbilder aus der Analyse ausgeklammert.

### **3.11. Zusammenhang von Patientenzufriedenheit mit der Stellung der Großzehe und dem klinisch bestimmten Hallux valgus Winkel**

Wurden die klinisch bestimmten Hallux valgus-Winkel den verschiedenen Zufriedenheitsgraden zugeordnet und deren Mittelwert gebildet, konnte für die mit der Stellung der Großzehe „sehr zufriedenen“ Patienten (n=40) ein mittlerer HVA von  $12,8^\circ$  berechnet werden (min 0, max 32). Im Falle der „zufriedenen“ Patienten (n=41) betrug der durchschnittliche HVA  $17,1^\circ$  (min 2, max 40). Bei den „mäßig zufriedenen“ Patienten (n=11) lag der mittlere HVA mit  $22,6^\circ$  deutlich höher. Ein Unterschied zwischen den „mäßig zufriedenen“ und „unzufriedenen“ Patienten bildete sich im mittleren HVA nicht ab, da die „unzufriedenen“ Patienten (n=13) im Mittel ebenfalls einen HVA von  $22,6^\circ$  hatten.

Spiegelbildlich zu der oben genannten Auswertung wurde die Patientenzufriedenheit in Prozent bei verschiedenen Hallux valgus-Winkeln berechnet. Zur Vereinfachung der Auswertung wurden die Zufriedenheitsgrade „sehr zufrieden“ und „zufrieden“ zu „positivem Ergebnis“ zusammengefasst (vgl. 3.6.1. und 3.6.2.). Alle „mäßig zufriedenen“ sowie „unzufriedenen“ Patienten wurden zu „negativem Ergebnis“ zusammengerechnet.

Die „positiven Ergebnisse“ wurden auf zwei verschiedene Arten (Abb. 28 und 29) in Abhängigkeit vom Hallux valgus-Winkel aufgetragen.

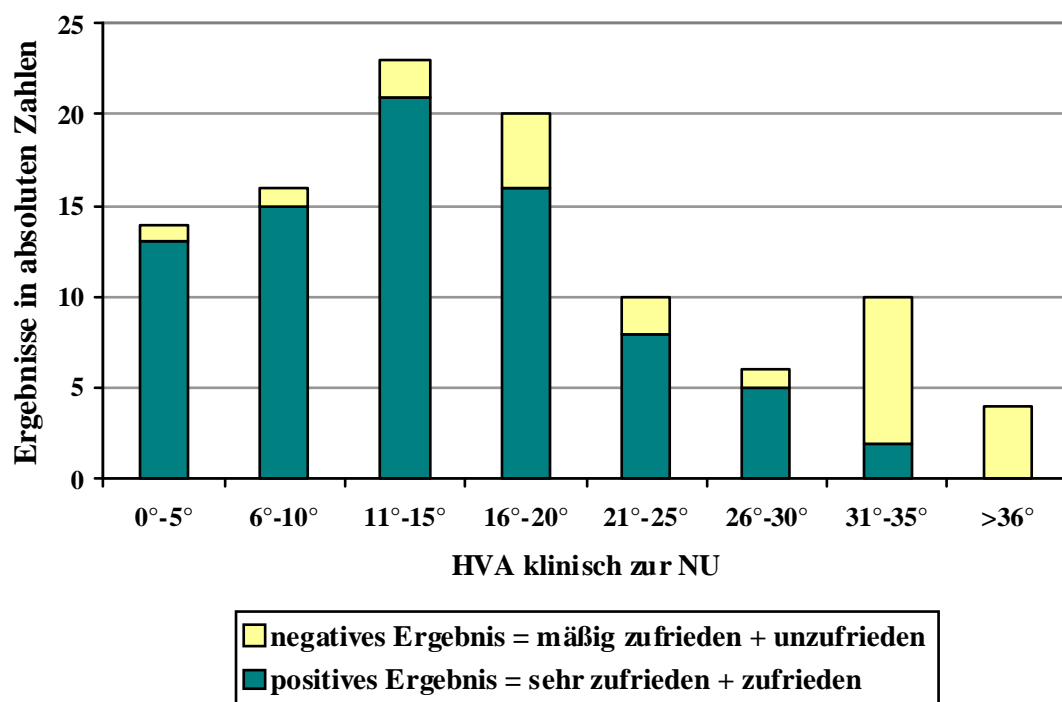


Abb. 28: Bewertung der Halluxstellung in Abhängigkeit von gestaffelten HVA

Mittels des ersten Diagramms (Abb. 28) sind positive und negative Bewertungen der Großzehenstellung in Abhängigkeit von gestaffelten HVA graphisch dargestellt.  $HVA \geq 2^\circ$  und  $\leq 9^\circ$  wurden durch das Patientenkollektiv in jedem Fall positiv bewertet. In den beiden Staffellungen  $0^\circ$ - $5^\circ$  sowie  $6^\circ$ - $10^\circ$  lag die Zufriedenheit bei 93 % und 94 %. In den weiteren Staffellungen ( $11^\circ$ - $15^\circ$ ,  $16^\circ$ - $20^\circ$ ,  $21^\circ$ - $25^\circ$ ,  $26^\circ$ - $30^\circ$ ) wurde in 80 % bis 84 % mit positivem Ergebnis bewertet. Ab einem klinischen HVA von  $\geq 35^\circ$  urteilten alle Patienten mit negativem Ergebnis.

Das zweite Diagramm (Abb. 29) stellt die prozentualen Positivbewertungen der Halluxstellung ab den verschiedenen HVA dar. Beispielsweise beurteilten 59 % der Patienten mit einem HVA von  $20^\circ$  und größer ( $n=39$ ) die Stellung der Großzehe als positiv. Bei einem HVA von  $30^\circ$  und größer bewerteten nur noch 6 der 18 Patienten (33 %) die Halluxstellung als positiv. Der Kurvenanstieg bei Winkeln über  $30^\circ$  kommt dadurch zustande, dass nur 13 % der Patienten postoperative Hallux valgus-Winkel über  $30^\circ$  hatten und einzelne Positivbewertungen bei kleiner werdender Fallzahl in größeren Prozentwerten resultieren.

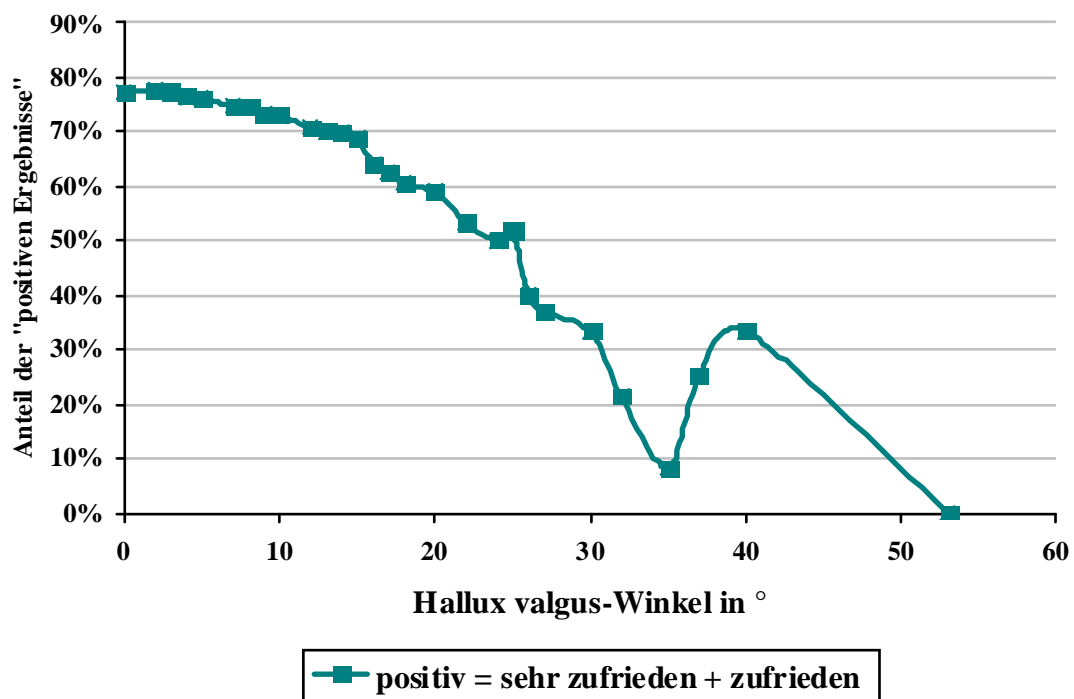


Abb. 29: Bewertung der Halluxstellung ab einem HVA oder größer

In 78 % der Fälle (n=105) lag der klinische HVA zur Nachuntersuchung zwischen 5° und 30°. Mit einem postoperativen Hallux valgus-Winkel von 10° oder mehr waren 73 % der Patienten zufrieden oder sehr zufrieden.

Bei einem postoperativem HVA von 20° oder mehr, einem nach Schweregradeinteilung<sup>[3,60]</sup> formal noch normalem HVA, urteilten nur noch 59 % der Patienten mit positivem Ergebnis.

### **3.12. Zusammenhang von Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis und postoperativen Schmerzen**

In Abb. 30 wird die Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis der Operation in Abhängigkeit der Schmerzintensität zur Nachuntersuchung dargestellt.

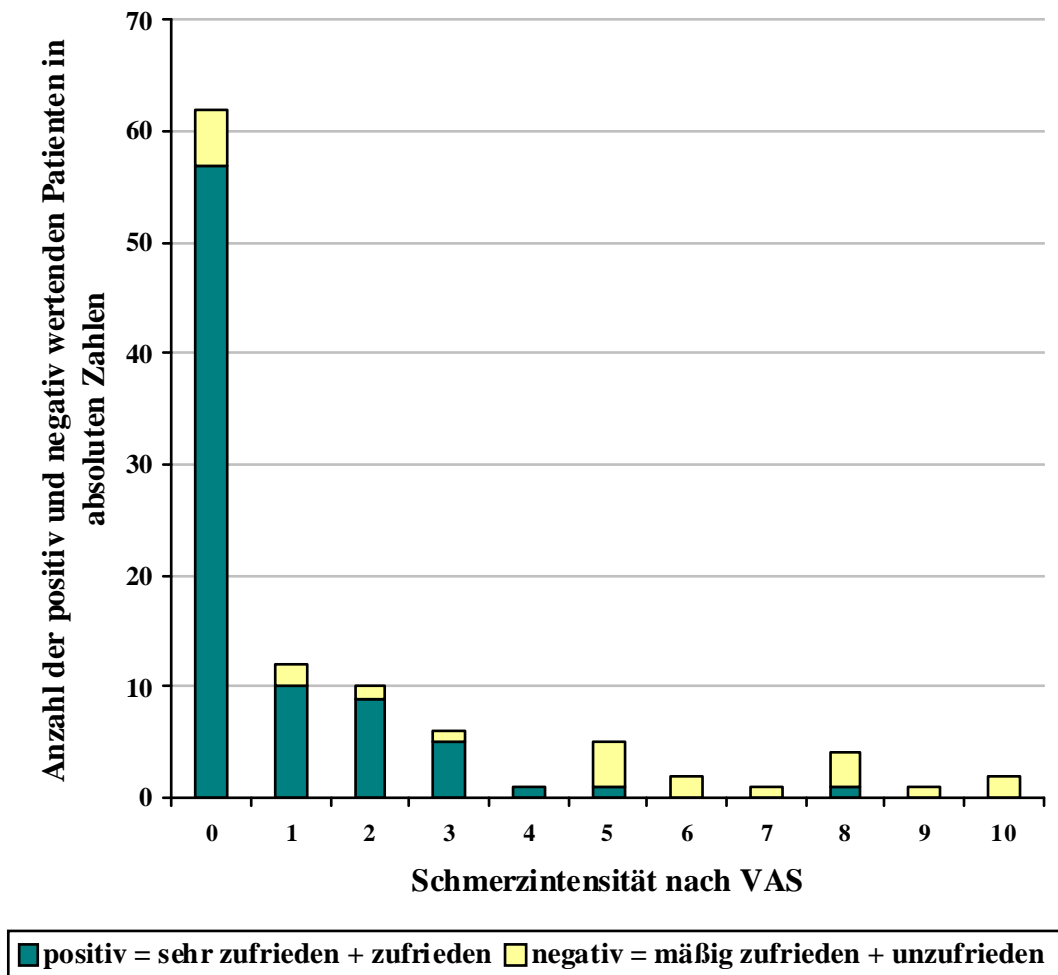


Abb. 30: Zufriedenheit in Abhängigkeit von den postoperativen Schmerzen (NU)

Bei postoperativ beschwerdefreien Patienten wurde eine Gesamtzufriedenheit von etwa 92 % erreicht. Die Möglichkeit zur schmerzfreien Fortbewegung rief folglich nicht bei allen Patienten volle Zufriedenheit hervor. Der Prozentanteil der positiv wertenden Patienten blieb bei leichten Schmerzen (VAS 1-3) auf hohem Niveau (>80 %). Ab einer Schmerzintensität >3 nahm die Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis der Operation deutlich ab. Einige wenige Patienten (VAS 5: 1 von 4 Patienten; VAS 8: 1 von 3 Patienten) waren trotz postoperativ mittlerer Schmerzintensität dennoch zufrieden.

### **3.13. Komplikationen und Nachoperationen**

Von den 159 Operationen kam es in 23 Fällen (14 %) zum Auftreten von Komplikationen oder erneutem operativen Handlungsbedarf während des Nachuntersuchungszeitraumes.

In 4 Fällen erfolgten während des Nachbeobachtungszeitraumes Reoperationen aufgrund rezidivierender Hallux valgus-Fehlstellungen. Jeweils ein Rezidiv trat in der Chevron-, Scarf-, Lapidus- und MTP-I-Gruppe auf. Aufgrund fehlender knöcherner Konsolidierung fand eine erneute Lapidus-Arthrodeese in der Lapidusgruppe statt.

Im Falle der vorangegangenen Chevron-Operation wurde ein Nachfolgeeingriff nach Akin durchgeführt. Bei dem nach Scarf operierten Patienten lag zusätzlich ein generalisiertes Hypermobilitätssyndrom vor, so dass aufgrund der Instabilität in MTP-I und IP-I eine Resektionsarthroplastik im MTP-I mit begleitender Arthrodeese im IP-I erfolgte. Das Rezidiv in der Lapidus-Gruppe wurde mittels distaler Osteotomie im MT-I (Chevron-OT) operativ behandelt. Die isolierte MTP-I-Arthrodeese mit Rezidiventwicklung wurde mithilfe einer Lapidus-Arthrodeese therapiert.

Frakturierungen oder Dislokationen der beiden Knochenfragmente, Implantatwanderungen oder -brüche sowie subjektiv störende Überkorrekturen wurden nicht beobachtet. Eine Nekrose des 1. Metatarsaleköpfchens war im gesamten untersuchten Patientenkollektiv nicht zu finden.

Bei einer Patientin war eine Reflexdystrophie vom Typ Morbus Sudeck im Zusammenhang mit der Primäroperation aufgetreten.

Zu einer postoperativen Arthrofibrose im MTP-I-Gelenk mit operativer Arthrolyse kam es in vier Fällen. Davon jeweils ein Fall in der Chevron- und Lapidus-Gruppe sowie zwei Fälle bei den basisnahen Umstellungsoperationen.

Das Osteosynthesematerial wurde in 18 von 159 Fällen (11 %) entfernt. Davon wurden neun aufgrund mechanischer Komplikationen (Druckproblematik), drei auf Patientenwunsch und weitere sechs während des Rezidiveingriffes entfernt.

## **4. Diskussion**

Mittels der vorliegenden Untersuchung wurden kurz- und mittelfristige Ergebnisse monozentrisch durchgeführter MTP-I-gelenkerhaltender und MTP-I-resezierender Operationsverfahren in der Behandlung der Hallux valgus- und Hallux rigidus-Deformität vorgestellt. Ein besonderer Stellenwert wurde auf die Auswertung von Patientenzufriedenheit in Zusammenhang mit der Halluxkorrektur gelegt. Die zu diesem Zweck nachuntersuchten Operationen fanden vom zweiten Halbjahr 2007 bis Ende 2008 im Asklepios Klinikum Bad Abbach durch drei Hauptoperateure statt. Von 147 Patienten konnten 99 Patienten (67 %), mit einem durchschnittlichen Nachbeobachtungszeitraum von 21 Monaten, in der Klinik oder im häuslichen Umfeld nachuntersucht werden. An den 99 nachuntersuchten Patienten konnten 106 Operationen röntgenologisch und klinisch evaluiert werden.

In 79 von 106 Fällen wurden MTP-I-gelenkerhaltende Operationen durchgeführt, welche aus 27 Chevron-Osteotomien, 6 kombinierte Chevron-Akin-Operationen, 17 Scarf-Osteotomien, 8 basisnahe Umstellungsosteotomien und 21 Lapidus-Arthrodesen bestanden. Die verbleibenden 27 Operationen hatten MTP-I-gelenkresezierenden Charakter und gingen mit einem funktionellen Verlust des MTP-I-Gelenkes einher. Unter den 27 MTP-I-resezierenden Operationen befanden sich 14 Resektionsarthroplastiken am MTP-I und 13 MTP-I-Arthrodesen.

In der Literatur werden mehr als 150 Operationsverfahren zur Behandlung der Hallux valgus und Hallus rigidus-Deformität genannt<sup>[81,82]</sup>. Ein Bruchteil dieser Methoden ist derzeit im deutschsprachigen Raum etabliert und wurde im letzten Jahrzehnt durch Weiterentwicklungen des Osteosynthesematerials mit dem Einsatz multidirektional winkelstabiler Platten modifiziert<sup>[41,76]</sup>.

Therapieempfehlungen oder Schemata für die Wahl des Operationsverfahrens (Abb. 31) fanden sich selten in der Literatur. Die Fixierung des Begriffes „evidenz-basierte Leitlinien“ im Sozialgesetzbuch V erforderte intensivere Bestrebungen nach Handlungsempfehlungen mit nachgewiesener Wirksamkeit. Von der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und orthopädischen Chirurgie sowie der Deutschen Assoziation für Fuß und Sprunggelenk existierte eine S1-Leitlinie „Hallux valgus“ von 1998, welche 2009 und 2014 aktualisiert wurde (seitdem S2e-Leitlinie). Als Konsens einer Expertengruppe beruht diese auf der Basis von Studien mit vorwiegend niedrigem Evidenzlevel (III, IV, V) und nur vereinzelt auf Studien mit höherem Evidenzlevel.<sup>[60,82]</sup>



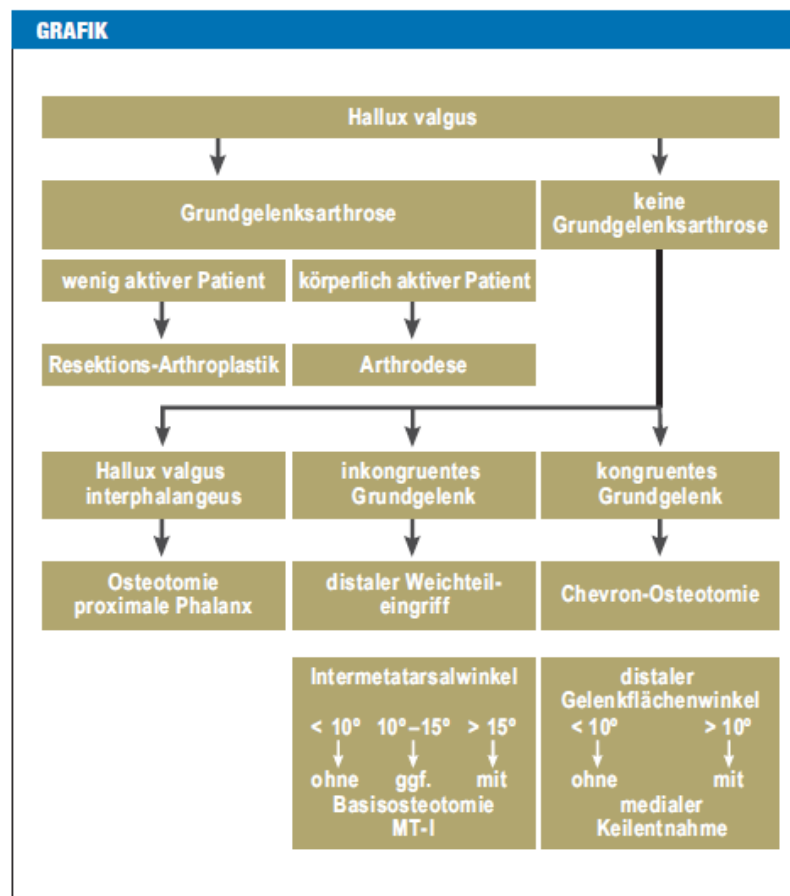


Abb. 31<sup>[b]</sup>: Therapiealgorithmus Hallux valgus und Hallux rigidus

Die Wahl des Operationsverfahrens im nachuntersuchten Patientenkollektiv erfolgte ähnlich dem oben dargestellten Algorithmus. Eine Randomisierung der Patienten in Operationsgruppen fand nicht statt, da die angewandten Verfahren unterschiedliche Indikationen aufwiesen und keine beliebig austauschbaren Operationstechniken darstellten.

In den Fällen ohne fortgeschrittene Arthrosezeichen im MTP-I erfolgte die weitere Auswahl anhand des HVA und IMA-I/II. Die Chevron-OT wurde bevorzugt bei leicht bis mittelschwerem HVA und zugleich IMA-I/II <15° eingesetzt, welche als Ausgangsbedingungen bei den meisten Patienten (51 %) vorlagen. Bei IMA-I/II >15° wurden proximaler gelegene Osteotomien (Scarf-OT, bnUOT, Lapidus-AD) angewandt. Bei ausreichender Breite des MTP-I-Köpfchens und guter Knochenqualität konnten Scarf-OT erfolgen. Bei stabilem TMT-I, IMA-I/II >15° und schmalen 1. Metatarsale waren basisnahe Umstellungsosteotomien möglich. Im Falle eines klinisch instabilen TMT-I-Gelenkes oder Arthrose im TMT-I war eine Lapidus-AD indiziert.

Bei fortgeschrittener Arthrose im MTP-I-Gelenk fanden gelenkresezierende Verfahren ihre Anwendung. Ältere, inaktivere Patienten mit schlechter Knochenqualität, begleitender rheumatoider Arthritis, Hallus valgus et rigidus oder ablehnender Haltung gegenüber einer MTP-I-AD wurden mittels RIAP behandelt. Aktive Patienten ohne Hallux valgus-Komponente wurden eher einer MTP-I-AD zugeführt. Darüber hinaus gingen Begleiterkrankungen, Voroperationen sowie die intraoperativen Gegebenheiten in die Wahl des Operationsverfahrens ein.

Während der Datensammlung erwies sich das retrospektive Design der Untersuchung, insbesondere im Hinblick auf die präoperativen klinischen Daten, als problematisch. Soweit vorhanden wurden diese rückblickend aus der ärztlichen Dokumentation erhoben. Die sich ergebenden Datenlücken wurden durch rückblickende Patientenbefragung geschlossen. Dieserart Daten unterliegen durch mögliche Erinnerungsfehler oder -verzerrung der sogenannten „Recall-Bias“. Das Patienteninterview wurde einem patientenseits alleinig auszufüllenden Fragebogen vorgezogen, um eine lückenlose präoperative Wertabschätzung sowie Plausibilität zu gewährleisten. Eine mögliche Beeinflussung durch den Interviewer („Interviewer-Bias“) wurde gegen unvollständige Daten abgewogen. Ergebnisverzerrungen durch die Nachuntersuchungsquote von 67 % aufgrund von Umzügen, anderen gesundheitlichen Problemen oder verweigerter Teilnahme insbesondere bei schlechten Ergebnissen („Selektions-Bias“) sind ebenfalls denkbar.

Als weitere Herausforderung gestaltete sich die Sammlung der röntgenologischen Daten. Von allen präoperativen Aufnahmen konnten 87 % der Röntgenfilme ausgemessen werden, 7 Wochen postoperativ waren dies nur noch 60 %. Aufgrund der Nachuntersuchungsquote sowie der Anzahl der beschaffbaren Röntgenbilder wäre die Anzahl der nachuntersuchten Operationen mit prä- und frühpostoperativen Bildern auf eine zu geringe Fallzahl gesunken. Nach Abwägen und unter Akzeptanz unterschiedlicher prä- wie frühpostoperativer Fallzahlen wurden alle Röntgenaufnahmen der nachuntersuchten Patienten in die Berechnungen eingeschlossen. Durch das zufällige Fehlen einiger frühpostoperativer Daten bleibt die Vergleichbarkeit zwischen den Untersuchungszeiträumen gewährleistet.

Im Falle der nachuntersuchten Chevron-Akin-OT und RIAP konnten nur 43 % bzw. 17 % der frühpostoperativen Röntgenaufnahmen vermessen werden. Unter Berücksichtigung der gleichzeitig bestehenden geringen Fallzahlen wären die Ergebnisse der Winkelberechnungen in diesen Fällen nicht aussagekräftig gewesen.

Bezüglich des Aufnahmemodus entsprachen nicht alle Röntgenaufnahmen dem Goldstandard der stehenden Belastungsaufnahme. Da der Aufnahmemodus ein signifikanter Einflussfaktor auf die Vorfußgeometrie darstellt, wurde von Fuhrmann et al.<sup>[27]</sup> nachgewiesen. Demzufolge projiziert sich der HVA am belasteten Fuß kleiner als am unbelasteten Fuß. Für den IMA-I/II wurde diesbezüglich ein reziprokes Verhalten unter Belastung nachgewiesen. In der vorliegenden Untersuchung fanden sich frühpostoperativ 26 % Liegendaufnahmen, welche eine potentielle Fehlerquelle, vor allem bei den frühpostoperativen Winkelmaßen, darstellt. Gleichwohl dieser möglichen Winkelabweichungen sind die Ergebnisse in ihrer Tendenz aussagerelevant und erhöhen die Stichprobe.

Die Anfertigung spätpostoperativer Röntgenbilder am beschwerdefreien Patienten wäre durch die Strahlenbelastung ethisch nicht vertretbar gewesen. Der Ersatzmethode mittels klinischer Winkelbestimmung war ein höheres Messfehlerpotential anhängig. Vergleichend mit den frühpostoperativ röntgenologisch bestimmten Winkeln hatte die klinische Winkelbestimmung zur NU keine signifikanten Abweichungen im Hallux valgus-Winkel ergeben und wäre damit für die langfristige klinische Evaluation des HVA geeignet. Für die Bestimmung des IMA-I/II ist die Messmethode nicht geeignet, da kleine Winkeländerungen durch diese Messmethode nicht erfasst werden können. Für eine exakte Aussage, ob klinisch bestimmte Winkel für die Einschätzung des Operationserfolges ausreichend sind, hätten die klinisch und röntgenologisch bestimmten Winkel zum selben Zeitpunkt bestimmt und verglichen werden müssen.

Für den Vergleich von präoperativen und postoperativen Winkelmaßen war eine definierte Messmethode notwendig. Exakte Beschreibungen der Winkelbestimmungsmethoden wurden in der Literatur teilweise nicht eindeutig angegeben, wodurch die Frage, ob manche Studien miteinander verglichen werden können, in vielen Fällen unklar bleibt.<sup>[17]</sup>

Die Bedingung einer einheitlichen Messmethode erforderte in dieser Untersuchung einen Kompromiss. Ursächlich waren die verschiedenen Ansatzpunkte der Operationstechniken, da keine zwei Punkte (proximal und distal der Osteotomie) zur Generierung einer Geraden existieren, an denen nicht mindestens eine Operation postoperativ Probleme bei der Festlegung eines der beiden Punkte hervorrief. In der Literatur wurden verschiedene Konstruktionsmöglichkeiten für die Erstellung der Längsachsen der Metatarsalia sowie der proximalen Phalangen beschrieben. Schneider et al.<sup>[66]</sup> untersuchten verschiedene Messmethoden an 20 präoperativen und 20 postoperativen Röntgenaufnahmen und stellten

deutliche Unterschiede zwischen den Messmethoden fest. Bei der Methode nach Venning et al.<sup>[71]</sup> lagen die durchschnittlichen HVA der präoperativen ( $30,5^\circ$  versus  $28,1^\circ$ ) als auch der postoperativen Aufnahmen ( $16,6^\circ$  versus  $8,7^\circ$ ) höher als bei der Methode nach Mitchell et al.<sup>[51]</sup>. Die mittleren präoperativen IMA-I/II unterschieden sich ähnlich ( $16,0^\circ$  nach Venning et al. und  $13,6^\circ$  nach Mitchell et al.). Am deutlichsten war der Unterschied zwischen den Messmethoden bei den postoperativen Aufnahmen. Danach lag der mittlere IMA-I/II nach Venning et al. bei  $16,0^\circ$  und nach Mitchell et al. bei  $5,6^\circ$ .

Basierend auf ihren Ergebnissen favorisierten Schneider et al.<sup>[66]</sup> die Methode nach Mitchell et al.<sup>[51]</sup>, bei der die Punkte zur Festlegung der Geraden proximal und distal der Osteotomie liegen. Auch in dieser Untersuchung wurden die Längsachsen der proximalen Phalangen und der ersten Metatarsalia nach diesem Prinzip bestimmt. Die Längsachse entsprach der *Gelenkflächenhalbierenden* des Knochens, welche sich durch die Verbindung der Streckenmittelpunkte zwischen den am weitesten medial und lateral gelegenen Gelenkflächenpunkten ergab. Die Vorteile dieser Methode lagen darin, dass die Verschiebung distaler Knochenfragmente in den postoperativen Achsenverhältnissen exakt abgebildet werden konnte und kein Osteotomiematerial die Festlegung der Gelenkflächenmittelpunkte störte. Einzige Ausnahme war die Lapidus-AD, bei der die Festlegung des proximalen Gelenkflächenmittelpunktes durch Resektion der proximalen Gelenkfläche schwierig war, insbesondere wenn die winkelstabile Platte die Abgrenzung der hilfsweise genutzten Arthrodesenflächen behinderte.

Demgegenüber hatte die Methode nach Mitchell et al.<sup>[51]</sup> ihre Vorteile bei den postoperativen Vermessungen der Chevron-, Scarf- und basisnahen Umstellungsgruppe, bei denen die Methode nach Venning et al.<sup>[71]</sup> mit Konstruktion einer *Schafthalbierenden* Probleme durch einliegendes Osteosynthesematerial bereitet hätte. Im Falle dieser Methode hätten postoperative Lateralisierungen der distalen Knochenfragmente in der Achsenkorrektur nicht abgebildet werden können, da die Punkte zur Konstruktion der Geraden schaftnaher als die Osteotomie gelegen hätte.

Im Gegenzug war die Methode nach Venning et al.<sup>[71]</sup> in dieser Untersuchung für die Festlegung der Längsachse des 2. Metatarsale besser geeignet. Die Begründung basiert auf der häufig angewendeten Weil-Osteotomie am 2. Metatarsale. Wäre anstatt der *Schafthalbierenden* die *Gelenkflächenhalbierende* konstruiert worden, so wäre die postoperative Längsachse des 2. MT durch die Verschiebung des 2. Metatarsaleköpfchens im Falle einer Weil-Osteotomie (Metatarsaleköpfchen-Osteotomie) verändert und somit der postoperativ gemessene Intermetatarsalwinkel-I/II verfälscht worden.

Als Bezugsgerade für die Bestimmung der tibialen Sesambeinposition wurde, abweichend zu Hardy und Clapham<sup>[33,34]</sup>, die *Gelenkflächenhalbierende* des 1. Metatarsale gewählt, um Übersichtlichkeit zu wahren und zufällige Fehler durch Verwechslung zweier Schaftachsen zu verhindern.

Neben den frühpostoperativen radiologischen Daten wurden die spätpostoperativen Ergebnisse von Anamnese, AOFAS Score und klinischer Winkelbestimmung dargestellt.

Das einleitend erwähnte Ziel des schmerzfreien Gehens konnte in 59 % der Fälle erreicht werden. Die Schmerzintensität konnte in allen Gruppen signifikant gesenkt werden ( $p \leq 0,01$ ), wobei keine signifikanten Unterschiede zwischen den Operationsgruppen präoperativ sowie 21 Monate postoperativ belegt werden konnten.

Das Gesamtergebnis der Operation wurde zum Nachuntersuchungszeitpunkt in 79 % der Fälle mit sehr zufrieden oder zufrieden bewertet. 82 % aller Patienten würden einer erneuten Operation z. B. am anderen Fuß zustimmen. Differenziert nach Operationsgruppen fiel eine etwas höhere Reoperationsbereitschaft in der Gruppe der Chevron-OT und der gelenk-resezierenden Verfahren ( $>86$  %) auf. Während die weiter proximal gelegenen Verfahren (Scarf-OT, bnUOT, Lapidus-AD) eine geringere Reoperationsbereitschaft (71-77 %) hervorriefen. Retrospektiv betrachtet, wäre es interessant gewesen, zu untersuchen, warum die Anwendung der gleichen Operationsmethode am Gegenfuß abgelehnt werden würde. Mit dem spätpostoperativen Schmerzniveau war dieser Unterschied nicht erklärbar, denn das war nicht signifikant unterschiedlich zwischen den Gruppen.

Wird die Gesamtzufriedenheit mit der Operation in Abhängigkeit des spätpostoperativen Schmerzniveaus betrachtet, so ergaben sich bei kompletter Schmerzfreiheit 92 % positiv (zufrieden und sehr zufrieden) urteilende Patienten. Selbst bei leichten Schmerzen (VAS 1-3) waren mehr als 80 % der Patienten zufrieden mit dem Gesamtergebnis der Operation.

Ein weiteres Maß für den Operationserfolg stellt die Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis der Halluxstellung dar. Die Ausrichtung der Großzehe wurde von 78 % der Operierten positiv beurteilt, darunter 38 % sehr zufriedene und 40 % zufriedene Patienten.

Die Lateralabweichung der Großzehe konnte in 81 % der Fälle verbessert werden, wobei in diese Prozentzahl auch die Fälle in der Grundgesamtheit beinhaltete, welche bereits präoperativ als gerade Großzehen ( $n=9$ , MTP-I-AD) beurteilt wurden. Der Anteil der als sehr schief beurteilten Großzehen konnte durch die Operation von 59 % präoperativ auf 8 % zur

Nachuntersuchung reduziert werden, die mäßig schief bewerten Großzehen sanken von 23 % auf 8 %.

Für die Beantwortung der Frage, wie viel Grad valgische Stellung vom Patienten als sehr schief, mäßig schief, leicht schief und gerade wahrgenommen werden, wurden den Beurteilungsalternativen die entsprechenden Hallux valgus-Winkel zugeordnet. Eine postoperativ sehr schief beurteilte Großzehe hatte einen mittleren HVA von  $36^\circ$ , welche nach Schweregradeinteilung<sup>[3,60]</sup> einem mittelschweren Hallux valgus entsprach. Eine mittlere Lateralabweichung des Hallux von  $27^\circ$  wurde als mäßig schief und  $18^\circ$  als leicht schief angesehen. Die gerade eingeschätzten Großzehen hatten im Durchschnitt einen HVA von  $12^\circ$ . Ob das Wissen um die Durchführung einer Operation einen Einfluss auf die Bewertung der Fehlstellung hat, kann nicht exakt beantwortet werden, da hierfür entweder präoperative klinische Daten oder spätpostoperativ röntgenologisch basierte Daten miteinander hätten verglichen werden müssen. Die Berechnungen mit den behelfsweise genutzten, präoperativen röntgenologischen Daten lieferten keinen statistisch signifikanten Unterschied in der Bewertung der präoperativen und postoperativen Fehlstellung.

Die Patientenzufriedenheit nahm mit größer werdendem HVA ab. Im nachuntersuchten Patientenkollektiv waren Patienten mit einem HVA zwischen  $2^\circ$  und  $9^\circ$  in jedem Fall zufrieden. Mit einem klinisch gemessenen HVA von  $20^\circ$  oder mehr waren nur 59 % der Patienten zufrieden.

Weitere Möglichkeiten den Operationserfolg zu objektivieren, stellten die Einschätzung der tibialen Sesambeinposition und der Kongruenz des MTP-I-Gelenkes dar. Die tibiale Sesambeinposition konnte in allen MTP-I-gelenkerhaltenden Operationsgruppen verbessert werden. In der Chevron-Gruppe lag die mediane TSP präoperativ bei 4, in den anderen Gruppen median bei 5. Dies spiegelt die Tatsache wieder, dass Patienten mit niedrigerem IMA-I/II eher einer Chevron-OT zugeführt wurden. Frühpostoperativ wurden mediane TSP zwischen 1 und 3 erreicht.

Hinsichtlich der Gelenkkongruenz des MTP-I konnten die Operationen ebenfalls Verbesserungen bewirken. Der Prozentsatz der subluxierten Gelenke in den gelenkerhaltenden Operationsgruppen konnte von 66 % auf 11 % reduziert werden. Postoperativ hatten die Gelenkflächen des MTP-I folglich größere Kontaktflächen, so dass die wirkenden Kräfte gleichmäßiger auf die Grundphalanx übertragen werden konnten.

Ob für die Beurteilung des mittelfristigen Operationserfolges klinisch bestimmte Winkel ausreichend sind, konnte nicht exakt eruiert werden. Formal hätten hierfür spätpostoperative Röntgenbilder angefertigt und mit zum gleichen Zeitpunkt erhobenen klinischen Winkeln verglichen werden müssen.

Statistisch signifikante Unterschiede zwischen frühpostoperativ radiologisch und spätpostoperativ klinisch ermittelten HVA wurden nicht festgestellt, was unter Berücksichtigung der Grenzen der klinischen Messmethode zumindest nicht gegen eine klinische Winkelbestimmung sprach. Das HVA-Korrekturpotential wurde mittels klinisch bestimmter Winkel berechnet, da postoperativ mehr klinische als frühpostoperativ radiologische HVA-Daten zur Verfügung standen.

Das HVA-Korrekturpotential der Chevrongruppe betrug im Mittel  $9,7^\circ$  und konnte nicht mit dem der anderen Osteotomien verglichen werden, da präoperativ ein signifikant niedrigeres HVA-Ausgangsniveau als bei den weiter proximal durchgeführten Osteotomien vorlag. Im nachuntersuchten Patientenkollektiv zeigte sich zwischen Scarf- ( $11,4^\circ$ ), bnUOT- ( $15,3^\circ$ ) und Lapidusgruppe ( $18,6^\circ$ ) ein tendenziell ansteigendes mittleres Korrekturpotential je weiter proximal korrigiert wurde, auch wenn, vermutlich aufgrund der Fallzahlen, kein Signifikanzniveau ( $p=0,23$ ) erreicht wurde.

Im Falle der IMA-I/II scheint die klinische Messmethode ungeeignet um  $3,2^\circ$  (Chevron-OT) bis  $4,5^\circ$  (Scarf-OT) IMA-I/II-Korrekturen abzubilden. Den IMA-I/II betreffend unterschieden sich frühpostoperative röntgenologisch bestimmte IMA-I/II signifikant von den klinisch gemessenen IMA-I/II. Mögliche Ursachen wären der hohe Anteil an Liegendaufnahmen frühpostoperativ, eine progrediente Spreizfußentwicklung über die Zeit der Nachbeobachtung oder Ungenauigkeiten aufgrund der klinischen Messmethode. Basierend auf prä- und frühpostoperativen IMA-I/II gab es keine signifikanten Unterschiede bezüglich des IMA-Korrekturpotentials zwischen Chevron-, Scarf- und Lapidusgruppe.

Vergleichende prospektive und randomisierte Studien innerhalb der gelenkerhaltenden oder den gelenkresezierenden Operationsgruppen existieren nur wenige. Der weitaus größere Teil der Studien zur Behandlung des Hallux valgus und Hallux rigidus ist, wie diese Untersuchung, retrospektiv. Die Vergleichbarkeit untereinander ist durch Modifikationen der Operationstechniken, unterschiedliches Follow up, divergentes Osteosynthesematerial, differente oder nicht beschriebene Messmethoden generell eingeschränkt.

Unter sieben prospektiven Studien, welche auch als Vergleich für das untersuchte Patientenkollektiv dienten, befanden sich vier randomisierte kontrollierte (RCT) Studien.

Faber et al.<sup>[24]</sup> verglichen 51 Lapidus-AD mit distalem Weichteilrelease mit 50 distalen (retrokapitalen) MT-I-Osteotomien unabhängig von bestehender klinischer Hypermobilität im TMT-I. Nach Follow up von 24 Monaten konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich Schmerzen, AOFAS Score, HVA und IMA-I/II nachgewiesen werden. Aus technischen Gründen, der begrenzten Verschieblichkeit des distalen Köpfchenfragmentes, empfahlen sie Fehlstellungen mit IMA-I/II  $>15^\circ$  mittels proximaler Osteotomien zu korrigieren.

Die RCT von Deenik et al.<sup>[19]</sup> verglich 70 Chevron-OT mit 66 Scarf-OT, angewandt bei leicht bis mittelschwerem Hallux valgus, und ergab ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede in AOFAS Score, HVA und IMA-I/II zwischen den Osteotomien.

Park et al.<sup>[56]</sup> stellten 2013 Ergebnisse einer vergleichenden RCT von 54 distalen und 56 proximalen Chevron-OT vor. Zwischen beiden Gruppen konnten nach 39 Monaten Follow up keine signifikanten Unterschiede in AOFAS Score, HVA, IMA-I/II, DMAA und TSP nachgewiesen werden.

Saro et al.<sup>[65]</sup> stellten Ergebnisse einer RCT von 100 Osteotomien randomisiert in Chevron-OT und subkapitalen transversalen OT am MT-I vor. Beide Verfahren waren geeignet signifikante Verbesserungen von HVA und IMA-I/II bei guten klinischen Ergebnissen zu erzielen. Bei den verbleibenden drei prospektiven Studien von Hofstätter et al.<sup>[36]</sup> (Chevron-OT), Paczesny et al.<sup>[55]</sup> (Scarf-OT, bnUOT), und Choi et al.<sup>[11]</sup> (Scarf-OT) erfolgten keine Randomisierungen.

Die in der orthopädischen Klinik Bad Abbach am häufigsten durchgeführte Operation war die Chevron-Osteotomie. Dabei handelt es sich um die Operationsgruppe, für welche die besten evidenzbasierten Daten in der Hallux valgus-Chirurgie existieren<sup>[19,36,55,65]</sup>. Bei den nachuntersuchten Chevron-OT (n=27) konnte der AOFAS Score am 1. Strahl von 47 auf 88 Punkte verbessert werden und lag im selben Niveau wie in anderen Chevron-Studien (vgl. Tab. 12). Vergleichbar mit den anderen Chevron-OT konnte im ausgewerteten Patientenkollektiv der HVA von  $28,1^\circ$  auf  $19,9^\circ$  frühpostoperativ und  $18,3^\circ$  spätpostoperativ gesenkt werden, im Falle des IMA-I/II von  $9,6^\circ$  auf frühpostoperativ  $6,8^\circ$ . Allein in der Chevrongruppe konnte der DMAA signifikant gesenkt werden, was ebenfalls durch Park et al.<sup>[55]</sup> nachgewiesen wurde.



Studien	Anzahl der Osteotomien (Follow up)	AOFAS Score (Pkt.)	HVA	IMA-I/II	Besonderheiten
Saro et al. <sup>[65]</sup> RCT, 2007	46 (4,7 Jahre)	42 → 85	30° → 21°	14° → 10°	-
Deenik et al. <sup>[19]</sup> RCT, 2008	70 (2,6 Jahre)	46 → 86	31° → 17°	13° → 9°	-
Park et al. <sup>[55]</sup> RCT, 2013	54 (39 Monate)	57 → 93	40° → 13°	18° → 8°	DMAA signifikant reduziert (11°→4°)
Hofstätter et al. <sup>[36]</sup> prospektiv, 2013	86 (3,3 Jahre)	55 → 90	32° → 5°	14° → 6°	92 % sehr zufrieden und zufrieden
Oh et al. <sup>[52]</sup> retrospektiv, 2008	77 (52 Monate)	- → 93	34° → 11°	14° → 8°	95 % sehr zufrieden und zufrieden
nachuntersuchte Chevron-OT	27 (21 Monate)	47 → 88	28° → 18°	10° → 7°	postoperativer IMA-I/II nach 7 Wochen

Tab. 12: Studienergebnisse nach Chevron-OT

Für einen Ergebnisvergleich der alleinigen Chevron- mit den kombinierten Chevron-Akin-Operationen und eine Ermittlung des Korrekturpotentials einer zusätzlichen Akin-OT wurden zu wenige Doppelosteotomien (n=6) im gewählten Operationszeitraum durchgeführt. Die vergleichbar höheren postoperativen Schmerzwerte (VAS 4) oder der präoperativ hohe mediane AOFAS Score (72 Punkte) sind am ehesten durch eine Negativselektion bei geringer Fallzahl zu erklären. Durch Nachuntersuchungen weiterer Chevron-Akin-Doppelosteotomien aus 2009 steigerten Lechler et al.<sup>[44]</sup> die Fallzahl auf n=26 und verglichen sie mit 26 alleinigen Chevron-OT in einer Matched-pair-Analyse. In der Gruppe der Chevron-Akin-Doppel-Osteotomien konnten signifikant niedrigere HVA und HVIP als bei den alleinigen Chevron-OT nachgewiesen werden. Die Ergebnisse des postoperativen AOFAS Score oder den IMA-I/II konnten durch zusätzlich durchgeführte Akin-Osteotomien jedoch nicht signifikant verbessert werden.

Die Metaanalyse von Smith et al.<sup>[67]</sup> versuchte anhand von RCT's, prospektiven und retrospektiven Kohorten-Studien sowie Fall-Kontroll-Studien das Korrekturpotential von Chevron-OT und Scarf-OT zu vergleichen. Das IMA-Korrekturpotential der Scarf-OT (6,2°, n=300) war signifikant höher als das der Chevron-OT (5,3°, n=1028), aufgrund der niedrigen Evidenz wurde jedoch keine Handlungsempfehlung festgelegt. Im untersuchten Patientenkollektiv lag das mittlere Korrekturpotential beider Verfahren (Chevron-OT: 9,7°, Scarf-OT: 11,4°) etwas höher, unterschied sich jedoch nicht signifikant voneinander. Vopat et al.<sup>[73]</sup> lieferten in ihrer 2013 publizierten Studie an 70 Chevron- und Scarf-

Operationen das gleiche Ergebnis: keine signifikanten Unterschiede im HVA-Korrekturpotential zwischen Chevron-OT und Scarf-OT.

Studien	Anzahl der Osteotomien (Follow up)	AOFAS Score (Pkt.)	HVA	IMA-I/II	Besonderheiten
Deenik et al. <sup>[19]</sup> RCT, 2008	66 (2,6 Jahre)	47 → 88	30° → 19°	13° → 9°	-
Paczesny et al. <sup>[55]</sup> prospektiv, 2009	20 (45 Monate)	44 → 79	35° → 26°	12° → 8°	-
Bock et al. <sup>[5]</sup> retrospektiv, 2010	45 (42 Monate)	56 → 90	30° → 8°	13° → 4°	ausschließlich Rezidiveingriffe
Adam et al. <sup>[1]</sup> retrospektiv, 2011	34 (26 Monate)	62 → 90	35° → 15°	16° → 7°	-
Farrar et al. <sup>[25]</sup> retrospektiv, 2012	39 (39 Monate)	- → 94	35° → 16°	16° → 9°	93% sehr zufrieden oder zufrieden
Choi et al. <sup>[11]</sup> prospektiv, 2013	53 (24 Monate)	52 → 88	29° → 11°	14° → 6°	VAS 5,8 → 1,1
nachuntersuchte Scarf-OT	17 (21 Monate)	49 → 88	35° → 23°	13° → 10°	postoperativer IMA-I/II nach 7 Wochen

Tab. 13: Studienergebnisse nach Scarf-OT

Die nachuntersuchten Scarf-OT (n=17) betrachtend, konnte der AOFAS Score von 49 auf 88 Punkte, der HVA von 35° auf 26° frühpostoperativ und 23° spätpostoperativ und der IMA-I/II von 13° präoperativ auf 10° frühpostoperativ korrigiert werden. Vergleichend zu Tab. 13 lagen die Ergebnisse der 17 nachuntersuchten Scarf-OT trotz niedrigerer Fallzahl gleich auf mit denen anderer Scarf-Studien<sup>[1,5,11,19,25,55]</sup>.

Die Scarf-OT im Vergleich mit dem nächst proximaler gelegenen Verfahren der bnUOT wurde durch Paczesny et al.<sup>[55]</sup> in einer prospektiven Studie bestehend aus 20 Scarf- und 20 basisnahen Umstellungsosteotomien (Closing wedge) untersucht. Nach einem Follow up von 45 Monaten konnte ein signifikant höheres HVA-Korrekturpotential nach basisnaher Umstellungsosteotomie (14,1° vs. 9,1°, p=0,01) belegt werden, während AOFAS Score und IMA-I/II keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen aufwiesen. Das HVA-Korrekturpotential der nachuntersuchten bnUOT (15,3°) war ähnlich dem anderer Studien, unterschied sich aber nicht signifikant von dem HVA-Korrekturpotential der nachuntersuchten Scarf-OT (11,4°, p=0,23).

Studien	Anzahl der Osteotomien (Follow up)	AOFAS Score (Pkt.)	HVA	IMA-I/II	Besonderheiten
Zembusch et al. <sup>[83]</sup> retrospektiv, 2000	37 (18 Jahre)	- → 91	38° → 19°	16° → 6°	Closing-Wedge-OT
Paczesny et al. <sup>[55]</sup> prospektiv, 2009	20 (45 Monate)	41 → 73	33° → 19°	11° → 6°	Schraubenfixation
Vitek et al. <sup>[74]</sup> prospektiv, 2008	6 (5 Monate)	47 → 91	37° → 11°	15° → 9°	winkelstabile Platten und distaler Weichteileingriff
Walther et al. <sup>[77]</sup> retrospektiv, 2008	35 (6 Monate)	56 → 88	-	- → 7°	winkelstabile Platten, Spongiosainterponat
Walpert <sup>[76]</sup> 2008	59 (18 Monate)	- → 88	-	- → 6°	Closing- und Opening-Wedge-OT
Thomas <sup>[69]</sup> 2009	95 (9 Monate)	49 → 82	38° → 11°	15° → 6°	winkelstabile OS, zusätzl. Akin- und prox. OT
nachuntersuchte bnUOT	8 (21 Monate)	33 → 86	35° → 17°	12° → 2°	postoperativer IMA-I/II nach 7 Wochen

Tab. 14: Studienergebnisse nach bnUOT

Wenngleich bei kleiner Fallzahl (n=8) konnten in der Gruppe der bnUOT bezüglich AOFAS Score, HVA und IMA signifikante Operationsergebnisse erzielt werden. Der mediane AOFAS Score verbesserte sich von 33 auf 86 Punkte, der HVA konnte von 34,5° auf 11,4° frühpostoperativ und 17,1° spätpostoperativ verringert werden und der IMA-I/II von 12,2° präoperativ auf 1,9° frühpostoperativ korrigiert werden. Diese Ergebnisse lagen, mit Ausnahme des frühpostoperativen IMA-I/II, auf gleichem Niveau mit denen anderer bnUOT-Studien<sup>[55,69,74,76,77,83]</sup>. Die Abweichung des 7 Wochen postoperativen IMA-I/II der nachuntersuchten OT war durch zwei IMA-Überkorrekturen bei niedriger Fallzahl zu erklären. Die Literatursuche bezüglich bnOUT konnte nur zwei prospektiv, randomisierte Studien identifizieren. Easley et al.<sup>[22]</sup> wiesen nach 24 Monaten keine signifikanten IMA-Korrekturunterschiede zwischen basisnahen bogenförmigen und V-förmigen Osteotomien nach. Lee et al.<sup>[45]</sup> stellten eine prospektive, randomisierte Studie von insgesamt 85 proximalen OT mit distalem Weichteileingriff vor und fanden keine signifikanten Unterschiede zwischen Operationsgruppen mit axialer versus transversaler Kirschner-Drahtfixation. In den untersuchten Fällen erfolgte die Osteosynthese in 2 Fällen mit Kirschnerdraht und in 6 Fällen mit winkelstabiler Platte. Der Effekt höherer Primärstabilität bei Einsatz winkelstabiler Plattensysteme wurde durch Landsman et al.<sup>[42]</sup> mittels einer biomechanischen Studie an Verstorbene nachgewiesen.

Vergleichende Untersuchungen von basisnahen Umstellungsosteotomien mit Lapidus-AD waren in der Literatur nicht zu finden, insbesondere weil die Lapidus-AD unter anderen

Voraussetzungen, der Instabilität im TMT-I, indiziert ist. Faber et al.<sup>[24]</sup> publizierten dennoch eine RCT von 51 Lapidus-AD und 50 distalen MT-I-Osteotomien, wobei die Füße unabhängig von klinischer Hypermobilität randomisiert wurden. Nach 24 Monaten Follow up konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich AOFAS Score, medianem Schmerzscore, HVA und IMA-I/II festgestellt werden.

Studien	Anzahl der Osteotomien (Follow up)	AOFAS Score (Pkt.)	HVA	IMA-I/II	Besonderheiten
Faber et al. <sup>[24]</sup> RCT, 2004	51 (24 Monate)	58 → 87	33° → 13°	13° → 6°	-
Coetsee et al. <sup>[12]</sup> prospektiv, 2004	105 (3,7 Jahre)	52 → 87	37° → 16°	18° → 8°	-
Orthner et al. <sup>[54]</sup> prospektiv, 2009	83 (17 Monate)	46 → 88	31° → 12°	14° → 6°	winkelstabile Platte mit Zugschraube
Olms et al. <sup>[53]</sup> retrospektiv, 2009	144 (36 Monate)	- → 82	38° → 19°	17° → 9°	winkelstabilisiertes Osteosynthesematerial
Popelka et al. <sup>[58]</sup> prospektiv, 2012	143 (6 Monate)	49 → 88	-	24° → 11°	alle mit symptomatischer rheumatoider Arthritis
Ellington et al. <sup>[23]</sup> retrospektiv, 2011	23 (32 Monate)	- → 83	36° → 15°	14° → 8°	alle Rezidiveingriffe
nachuntersuchte Lapidus-AD	21 (21 Monate)	35 → 85	39° → 20°	12° → 8°	postoperativer IMA-I/II nach 7 Wochen

Tab. 15: Studienergebnisse nach Lapidus-AD

In der Gruppe der Lapidus-AD (n=21) konnte der mediane AOFAS Score von 35 auf 85 Punkte gesteigert werden. Der HVA wurde von 39,2° präoperativ auf 21,7° frühpostoperativ und 20,3° spätpostoperativ verringert. Der mittlere IMA-I/II lag präoperativ bei 11,8° und konnte auf 7,6° frühpostoperativ gesenkt werden. Die Ergebnisse der 21 nachuntersuchten Lapidus-AD entsprechen denen anderer, prospektiver und retrospektiver Lapidusstudien<sup>[12,23,24,53,54,58]</sup>. Im Vergleich zu den Scarf- und bnUOT-Studien wiesen die Lapidusstudien aufgrund ihrer Fallzahlen und ihres prospektiven Studiendesigns höhere Evidenzlevel auf. Das HVA-Korrekturpotential der nachuntersuchten Lapidusgruppe lag bei 18,6° und unterschied sich nicht signifikant von dem der Scarf- und basisnahen Umstellungsgruppe. Andere retrospektive Lapidusstudien<sup>[61,64]</sup> mit höherer Fallzahl wiesen ein HVA-Korrekturpotential zwischen 8° und 12,4° nach. Vergleichbar positive Operationsergebnisse nach Lapidus-AD konnten bei Patienten mit symptomatischer rheumatoider Arthritis erzielt werden<sup>[58]</sup>. Darüber hinaus wurde die Lapidus-Arthrodeese als

effektive Therapieoption bei Rezidiv-Hallux valgus dargestellt<sup>[23]</sup>, wobei ähnlich gute Ergebnisse wie im Falle eines Primäreingriffes erreicht wurden.

Hatte sich präoperativ im Großzehengrundgelenk eine fortgeschrittene Arthrose manifestiert, kamen resezierende Operationsverfahren am MTP-I-Gelenk zur Anwendung. In unserem Kollektiv hatten drei Viertel aller Patienten, welche einer MTP-I-AD oder einer RIAP zugeführt wurden, erheblich verschmälerte oder aufgehobene Gelenkspalten am MTP-I. Das übrige Viertel zeigte neben Osteophyten mindestens mäßige Gelenkspaltverschmälerungen (Arthrosegrad 3). Zu dem waren die Patienten der RIAP-Gruppe im Mittel 5 Jahre älter als die Patienten der MTP-I-AD-Gruppe (59,9 vs. 65,7 Jahre).

Bezüglich der subjektiven Einschätzung des Operationsergebnisses zeigten die nachuntersuchten MTP-I-AD tendenziell bessere Ergebnisse als die Resektionsarthroplastiken. Beispielsweise beurteilten 92 % der Patienten nach MTP-I-AD den Gesamterfolg der Operation positiv, während dies nur bei 79 % der RIAP-Patienten der Fall war. Signifikante Unterschiede hinsichtlich der präoperativen oder postoperativen Schmerzintensität konnten zwischen den gelenkresezierenden Verfahren nicht festgestellt werden.

Frühere Untersuchungen vor Einführung des AOFAS Score berichteten über subjektive Zufriedenheitswerte zwischen 80 % und 90 % nach MTP-I-AD<sup>[31,63]</sup>. In der vorgestellten Gruppe der MTP-I-AD (n=13) lag die Gesamtzufriedenheit sowie die Zufriedenheit mit der Stellung der Großzehe bei 92 %. Aktuelle Studien (Fuhrmann et al., Sung et al. und Waldecker)<sup>[28,68,75]</sup> an Hallux valgus- und Hallux rigidus-Patienten zeigten das Potential der MTP-I-AD anhand signifikanter Schmerzreduktion (7,5→0,5 Punkte), AOFAS Score-Verbesserung (43→82 bzw. 26→81 Punkte) und HVA-Korrektur (32°→13°) auf. Die nachuntersuchte Gruppe der MTP-I-AD erzielte vergleichbare Ergebnisse: eine mittlere Schmerzreduktion von 7,9 auf 1,0 Punkte und eine Verbesserung des AOFAS Score von 40 auf 85 Punkte.

Gleichermaßen signifikant stieg der AOFAS Score in der Gruppe der RIAP (n=14), von 47 auf 85 Punkte, an. In der RIAP-Gruppe waren 79 % mit dem Gesamtergebnis und 86 % mit der Stellung der Großzehe zufrieden oder sehr zufrieden. 86 % der Patienten würden noch einmal eine RIAP an ihrem Fuß durchführen lassen. Diese Ergebnisse decken sich mit Langzeitergebnissen (76 % Gesamtzufriedenheit, AOFAS Score zur NU 80 Punkte) anderer

Studien (Flamme et al. und Zembusch et al.)<sup>[26,83]</sup> nach Keller-Brandes-Operation. Im Gegensatz zu Flamme et al. und Putti et al.<sup>[26,59]</sup> unterschied sich in der postoperative HVA im nachuntersuchten RIAP-Kollektiv postoperativ nicht signifikant vom präoperativen HVA. Die Fallzahl (n=14) könnte hierfür ursächlich sein. Der IMA-I/II blieb, analog zu anderen Studien<sup>[26,83]</sup>, durch die Resektionsarthroplastik unbeeinflusst.

Vergleichende klinische Studien von MTP-I-AD und RIAP sind rar in der Literatur und von niedrigem Evidenzlevel. Im nachuntersuchten Kollektiv konnte bezüglich des AOFAS Scores kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden gelenkresezierenden Verfahren eruiert werden. Ein Vergleich der HVA beider Operationsgruppen war nicht sinnvoll, da präoperativ signifikant höhere HVA in der RIAP-Gruppe und somit unterschiedliche Ausgangsbedingungen vorlagen.

Rosenbaum et al.<sup>[62]</sup> untersuchten retrospektiv 58 Füße von Patienten mit rheumatoider Arthritis, welche entweder mittels MTP-I-AD oder RIAP operiert worden waren. Anders als bei den nachuntersuchten Patienten, stellten die Autoren niedrigere Zufriedenheitsraten in der Arthrodesengruppe fest. Signifikante Unterschiede im postoperativen HVA zwischen den Gruppen stellten sich nicht heraus. Kim et al.<sup>[39]</sup> stellten einen Review retrospektiver Studien nach MTP-I-AD oder RIAP vor und konnten, wie in den nachuntersuchten Operationsgruppen, keine signifikanten Unterschiede im postoperativen AOFAS Score zwischen beiden Gruppen nachweisen.

Willauschus et al.<sup>[79]</sup> stellten die MTP-I-AD als geeignetes Verfahren im Rezidiveingriff dar. In ihrer Studie erreichten 14 Patienten, welche mittels RIAP voroperiert worden waren, durch den Rezidiveingriff mittels MTP-I-AD, einen mittleren AOFAS Score von 73 Punkten. Grimes et al.<sup>[30]</sup> publizierten 2006 vergleichbare Ergebnisse nach MTP-I-AD als Rezidiveingriff (n=33, AOFAS 73 zur NU, Zufriedenheit 72 %, VAS 7→3) und empfahlen die Arthrodesese des MTP-I generell als geeignete Revisionsmethode nach fehlgeschlagener Hallux valgus-Chirurgie (proximalen und distalen Osteotomien, TMT-I-AD, RIAP). Die ebenfalls 2006 publizierte, prospektive Studie von Vienne et al.<sup>[72]</sup> brachte ein vergleichbares Ergebnis der MTP-I-AD nach fehlgeschlagener Keller-Brandes-Operation (n=28, 2 Jahre postoperativ, AOFAS 44→85 Punkte) hervor. Die MTP-I-AD wurde gegenüber der RIAP als das verlässlichere Verfahren mit höherer Patientenzufriedenheit, postoperativ geringeren Schmerzen und besserer Funktion propagiert.

Auch für die Anwendung der MTP-I-AD am rheumatoiden Vorfuß konnten gute Ergebnisse von Bolland et al.<sup>[6]</sup> belegt werden. Sie analysierten retrospektiv Daten von 27 MTP-I-AD

26 Monate postoperativ und konnten in 88 % der Operationen gute oder sehr gute Patientenwertungen, Verbesserungen der Schmerzsituation, Funktion und Schuhwahl sowie einen mittleren AOFAS Score von 72 Punkten zur Nachuntersuchung ermitteln.

Basierend auf den vorgestellten Ergebnissen nach operativer Hallux valgus-Korrektur kann die Hypothese formuliert werden, dass alle nachuntersuchten gelenkerhaltenden wie nicht gelenkerhaltenden Verfahren unter Berücksichtigung der Ausgangsverhältnisse und bei richtiger Indikationsstellung geeignet sind, um die Hallux valgus und Hallux rigidus-Deformität bei guter Patientenzufriedenheit zu korrigieren. Für einen Vergleich zweier Operationsmethoden müssten randomisierte Operationsgruppen prospektiv evaluiert werden. Dieser Studienansatz ist insofern problematisch, da es sich nicht um beliebig austauschbare Verfahren handelt. Beispielsweise ist eine Chevron-OT bei vorliegender Instabilität im TMT-I-Gelenk nicht indiziert. Gleichwohl sind für die Beantwortung spezieller fußchirurgischer Fragestellungen oder die Erstellung und Überarbeitung von Leitlinien weitere Untersuchungen, bestenfalls prospektiv, randomisiert und mit höheren Fallzahlen, notwendig.

## **5. Zusammenfassung**

Im Fokus der Arbeit standen Patientenzufriedenheit, radiologische sowie mittelfristige klinische Ergebnisse nach operativer Hallux valgus- und Hallus rigidus-Korrektur. Hierfür wurden 106 Nachuntersuchungen an 99 Patienten durchgeführt und 234 Röntgenbilder ausgemessen. Die betrachteten 106 Operationen setzten sich aus 79 MTP-I-gelenkerhaltenden und 27 MTP-I-gelenkresezierenden Operationsverfahren zusammen. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum betrug 21 Monate. Bestandteile der Nachuntersuchung waren Anamnese, Bestimmung des AOFAS Score und klinische Winkelmessung.

Mit dem Wissen um das perioperative Procedere und das Ergebnis der Operation würden sich 82 % der Patienten wieder für eine Operation entscheiden. 79 % der Patienten waren mit dem Gesamtergebnis der Operation zufrieden oder sehr zufrieden. Die Schmerzintensität, objektiviert mittels visueller Analogskala, konnte in allen Operationsgruppen signifikant gesenkt werden. Patienten mit leichten Schmerzen zur Nachuntersuchung (VAS 1-3) waren in über 80 % der Fälle mit dem Gesamtergebnis der Operation zufrieden. Das kosmetische Ergebnis wurde von 78 % der Patienten positiv bewertet. Der mittlere HVA aller „gerade“ bewerteten Großzehen betrug 12°. Bei einer Valgusstellung des Hallux von durchschnittlich 19° wurde mit „leicht schief“, bei 27° mit „mäßig schief“ und 35° mit „sehr schief“ gewertet. Das Wissen um eine durchgeführte Operation hatte keinen Einfluss auf die Bewertung der Fehlstellung.

Der AOFAS Score aller nachuntersuchten Operationen konnte von median 47 Punkte präoperativ auf median 85 Punkte zur Nachuntersuchung gesteigert werden. Präoperativ versus 21 Monate postoperativ konnte der AOFAS Score am 1. Strahl in allen Gruppen signifikant ( $p \leq 0,01$ ) verbessert werden. Zwischen den MTP-I-gelenkerhaltenden Operationsgruppen gab es postoperativ keine signifikanten Unterschiede im AOFAS Score ( $p > 0,21$ ). Bei den MTP-I-resezierenden Verfahren konnte postoperativ ebenfalls kein signifikanter Unterschied ( $p = 0,40$ ) festgestellt werden.

Für die Bestimmung der radiologischen Ergebnisse, präoperativ sowie 7 Wochen postoperativ, wurde die Methode nach Mitchell et al.<sup>[51]</sup> angewandt. Der HVA konnte in allen Operationsgruppen signifikant verbessert werden. In der Chevrongruppe lag der HVA präoperativ wie postoperativ signifikant niedriger als in den anderen MTP-I-gelenkerhaltenden Gruppen. Zwischen der Scarf- und der Lapidusgruppe konnten prä-



wie postoperativ keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Sehr gute HVA-Ergebnisse waren in der basisnahen Umstellungsgruppe mit signifikant niedrigeren HVA als in Chevron-, Scarf- oder Lapidusgruppe zu verzeichnen.

Der IMA-I/II konnte in allen MTP-I-gelenkerhaltenden Operationsgruppen statistisch signifikant gesenkt werden. Trotz präoperativ signifikant höheren IMA-I/II in der Lapidusgruppe konnte frühpostoperativ das gleiche IMA-Niveau erreicht werden wie in der Chevrongruppe, was in der Scarfgruppe nicht gelang. Die basisnahen Umstellungen zeigten auch bei Betrachtung der IMA-I/II sehr gute Ergebnisse.

Zwischen den MTP-I-gelenkerhaltenden Verfahren war eine Tendenz zu einem höheren Korrekturpotential, je weiter proximal die Operation durchgeführt wurde, feststellbar. Das Signifikanzniveau wurde jedoch weder für das HVA- noch das IMA-I/II-Korrekturpotential erreicht.

Welchen Erfolg die Operation aus Patientensicht hat, ist letzten Endes auch eine Frage der Wahrnehmung. Nach objektivierbaren Größen waren alle Operationsverfahren erfolgreich und stellen, indikationsgerecht eingesetzt, zuverlässige und wirksame Operationsverfahren dar.

## **6. Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Hallux valgus mit pronatorischer Komponente (links) .....	1
Abb. 2: Hallux rigidus (rechts).....	1
Abb. 3 <sup>[a]</sup> : Pathogenese des Hallux valgus .....	3
Abb. 4: Osteotomieführung in medialer Ansicht .....	9
Abb. 5: Osteotomieführung in dorsaler Ansicht .....	10
Abb. 6: Dokumentationsbogen.....	21
Abb. 7 <sup>[40]</sup> : AOFAS Score 1. Strahl.....	23
Abb.8: Gelenkmittelpunkte (links) und klinische Winkelmaße (rechts).....	24
Abb. 9: Winkelmesser für die klinische Winkelbestimmung .....	25
Abb. 10: HVA .....	28
Abb. 11: IMA-I/II.....	29
Abb. 12: DMAA.....	30
Abb. 13: HVIP.....	31
Abb. 14: Kongruenz des 1. Metatarsophalangealgelenkes .....	32
Abb. 15: Tibiale Sesambeinposition (TSP).....	33
Abb. 16: Alters- und Geschlechtsverteilung .....	36
Abb. 17: Schmerzverhältnisse präoperativ im Vergleich zur NU.....	39
Abb. 18: Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis .....	42
Abb. 19: Zufriedenheit mit der Stellung der Großzehe.....	43
Abb. 20: Stellung der Großzehe vor und nach Chevron-OT.....	45
Abb. 21: Stellung der Großzehe vor und nach Scarf-OT .....	45
Abb. 22: Stellung der Großzehe vor und nach bnUOT.....	45
Abb. 23: Stellung der Großzehe vor und nach modifizierter Lapidus-AD .....	46
Abb. 24: Stellung der Großzehe vor und nach MTP-I-AD .....	46
Abb. 25: Stellung der Großzehe vor und nach RIAP am 1. Strahl .....	46
Abb. 26: Kongruenz des MTP-I-Gelenkes prä- und frühpostoperativ .....	57
Abb. 27: TSP präoperativ und frühpostoperativ .....	59
Abb. 28: Bewertung der Halluxstellung in Abhängigkeit von gestaffelten HVA .....	63
Abb. 29: Bewertung der Halluxstellung ab einem HVA oder größer.....	64
Abb. 30: Zufriedenheit in Abhängigkeit von den postoperativen Schmerzen (NU).....	66
Abb. 31 <sup>[b]</sup> : Therapiealgorithmus Hallux valgus und Hallux rigidus .....	69

## **7. Tabellenverzeichnis**

Tab. 1 <sup>[3,60]</sup> : Schweregradeinteilung des Hallux valgus.....	5
Tab. 2: Gruppenübersicht eingeschlossener Patienten .....	17
Tab. 3: Übersicht begleitender Operationstechniken .....	19
Tab. 4: Relative Häufigkeiten ausgemessener Röntgenbilder .....	27
Tab. 5: Röntgenologische Einteilung der Arthrosegrade .....	34
Tab. 6: Anzahl nachuntersuchter Operationen und Patienten .....	35
Tab. 7: Subjektive Beurteilung der Achsabweichung .....	47
Tab. 8: Ergebnisse des AOFAS Score .....	49
Tab. 9: Mittlerer Hallux valgus-Winkel der nachuntersuchten Patienten .....	52
Tab. 10: Mittlerer Intermetatarsal-Winkel-I/II der nachuntersuchten Patienten.....	54
Tab. 11: Klinisch gemessene mittlere Hallux valgus- und Fußinnenrandwinkel .....	61
Tab. 12: Studienergebnisse nach Chevron-OT .....	77
Tab. 13: Studienergebnisse nach Scarf-OT.....	78
Tab. 14: Studienergebnisse nach bnUOT.....	79
Tab. 15: Studienergebnisse nach Lapidus-AD.....	80

## **8. Literaturverzeichnis**

- [1] Adam SP, Choung SC, Gu Y, O'Malley MJ: Outcomes after scarf osteotomy for treatment of adult hallux valgus deformity. Clin Orthop Relat Res. 2011; 469(3): 854-59.
- [2] Akin OF: The treatment of hallux valgus: a new operative procedure and its results. Med Sentinel 1925; 33: 678-79.
- [3] Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. S2e-Leitlinie: Hallux valgus. Version vom April 2014. Zugriff am 02.05.2015. URL:[http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/033-018l\\_S2e\\_Hallux\\_Valgus\\_2014-04\\_01.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/033-018l_S2e_Hallux_Valgus_2014-04_01.pdf)
- [4] Austin DW, Leventeen EO: A new osteotomy for hallux valgus: a horizontally directed "V" displacement osteotomy of the metatarsal head for hallux valgus and primus varus. Clin Orthop 1981; 157: 25-30.
- [5] Bock P, Lanz U, Kröner A, Grabmeier G, Engel A: The Scarf osteotomy: a salvage procedure for recurrent hallux valgus in selected cases. Clin Orthop Relat Res. 2010; 468(8): 2177-87.
- [6] Bolland BJ, Sauvé PS, Taylor GR: Rheumatoid forefoot reconstruction: first metatarsophalangeal joint fusion combined with Weil's metatarsal osteotomies of the lesser rays. J Foot Ankle Surg. 2008; 47(2): 80-88.
- [7] Brandes M: Zur operativen Therapie des Hallux valgus. Zentralbl Chir 1929; 39: 2434-40.
- [8] Broca P: Des difformités de la partie antérieure du pied produite par faction de la chaussure. Bull Soc Anat 1852; 27: 60-67.
- [9] Brosius F: SPSS: Professionelle Statistik unter Windows. Mitp 1998; 1.Auflage: 739-75.
- [10] Budiman-Mak E, Conrad KJ, Roach KE: The Foot Function Index: a measure of foot pain and disability. J Clin Epidemiol 1991; 44: 561-70.
- [11] Choi JH, Zide JR, Coleman SC, Brodsky JW: Prospective study of the treatment of adult primary hallux valgus with scarf osteotomy and soft tissue realignment. Foot Ankle Int. 2013; 34(5): 684-90.
- [12] Coetzee JC, Wickum D: The Lapidus procedure: a prospective cohort outcome study. Foot Ankle Int 2004; 25: 526-31.
- [13] Collins SL, Moore RA, McQuay H: The visual analogue pain intensity scale: what is moderate pain in millimetres. Pain 1997; 72: 95-97.
- [14] Corless JR: A modification of the Mitchell procedure. J Bone Joint Surg 1976; 55-B: 138.

- [15] Coughlin MJ: Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint with mini-fragment plate fixation. *Orthopaedics* 1990; 13: 1037-44.
- [16] Coughlin MJ, Jones CP: Hallux valgus: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int* 2007; 28: 759-77.
- [17] Coughlin MJ, Saltzman CL, Nunley JA: Angular measurements in the evaluation of Hallux valgus deformities: A report of the ad hoc committee of the American Orthopaedic Foot & Ankle Society on angular measurement. *Foot Ankle Int* 2002; 23: 68-74.
- [18] Coughlin MJ, Shurnas PS: Hallux rigidus: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int* 2003; 24(10): 731-43.
- [19] Deenik A, van Mameren H, de Visser E, de Waal Malefijt M, Draijer F, de Bie R: Equivalent correction in scarf and chevron osteotomy in moderate and severe hallux valgus: a randomized controlled trial. *Foot Ankle Int.* 2008; 29(12): 1209-15.
- [20] Dereymaeker G: Scarf osteotomy for correction of hallux valgus: surgical technique and results as compared to distal chevron osteotomy. *Foot Ankle Clin* 2000; 5: 513-24.
- [21] Dereymaeker G: Surgical treatment of hallux rigidus. *Orthopäde* 2005; 34(8): 742-7.
- [22] Easley ME, Kiebzak GM, Davis WH, Anderson RB: Prospective, randomized comparison of proximal crescentic and proximal chevron osteotomies for correction of hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int.* 1996; 17(6): 307-16.
- [23] Ellington JK, Myerson MS, Coetzee JC, Stone RM: The use of the Lapidus procedure for recurrent hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2011; 32(7): 674-80.
- [24] Faber FWM, Mulder PG, Verhaar JA: Role of first ray hypermobility in the outcome of the Hohmann and the Lapidus procedure: a prospective, randomized trial involving one hundred and one feet. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86: 486-95.
- [25] Farrar NG, Duncan N, Ahmed N, Rajan RA: Scarf osteotomy in the management of symptomatic adolescent hallux valgus. *J Child Orthop.* 2012; 6(2): 153-57.
- [26] Flamme CH, Wülker N, Kuckerts K, Rühmann O: Long-term outcome of arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1998; 136(3): 250-54.
- [27] Fuhrmann RA, Layher F, Wetzel WD: Der Einfluss der Fußbelastung auf die röntgenologische Projektion klinisch relevanter Winkelverhältnisse am Vorfuß. *FussSprungg* 2003; 1: 104-9.
- [28] Fuhrmann RA, Pillukat T: Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint. *Oper Orthop Traumatol.* 2012; 24(6): 513-26.
- [29] Fuhrmann RA, Roth A, Benbrocks RA: Metatarsalgie: Differentialdiagnose und Therapie. *Orthopäde* 2005; 34: 767-75.

- [30] Grimes JS, Coughlin MJ: First metatarsophalangeal joint arthrodesis as a treatment for failed hallux valgus surgery. *Foot Ankle Int.* 2006; 27(11): 887-93.
- [31] Groulier P, Curvale G, Piclet-Legre B, Kelberine F: Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1994; 80(5): 436-44.
- [32] Haines RW, Mc Dougall A: The anatomy of hallux valgus *J Bone Joint Surg* 1954; 36: 272-93.
- [33] Hardy R, Clapham, J: Hallux valgus: Predisposing anatomical causes. *Lancet* 1952; 1: 1180-83.
- [34] Hardy R, Clapham J: Observations on hallux valgus. *J Bone Joint Surg* 1951; 33-B: 376-91.
- [35] Henning EM, Milani TL: Die Dreipunktunterstützung des Fußes. Eine Druckverteilungsanalyse bei statischer und dynamische Belastung. *Z Orthop.* 1993; 131(3): 279-84.
- [36] Hofstaetter SG, Schuh R, Trieb K, Trnka HJ: Modified chevron osteotomy with lateral release and screw fixation for treatment of severe hallux deformity. *Z Orthop Unfall.* 2012; 150(6): 594-600.
- [37] Keller W: Further observations on the surgical treatment of hallux valgus and bunions. *N Y Med J* 1912; 95: 696.
- [38] Kellgren JH, Lawrence JS: Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1957; 16: 494–502.
- [39] Kim PJ, Hatch D, Didomenico LA, Lee MS, Kaczander B, Count G, Kravette M: A multicenter retrospective review of outcomes for arthrodesis, hemi-metallic joint implant, and resectional arthroplasty in the surgical treatment of end-stage hallux rigidus. *J Foot Ankle Surg.* 2012; 51(1): 50-56.
- [40] Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M: Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux and lesser toes. *Foot Ankle Int* 1994; 15: 349-52.
- [41] Köck FX, Handel M, Grifka J: Osteosynthesen mit multidirektional winkelstabilen Platten in der Vorfußchirurgie. *FussSprungg* 2008; 6: 274.
- [42] Landsman AS, Vogler HW: An assessment of oblique base wedge osteotomy stability in the first metatarsal using different modes of internal fixation. *J Foot Surg.* 1992; 31: 211-18.
- [43] Lapidus P: Dorsal bunion: it's mechanics and operative correction. *J Bone Joint Surg* 1940; 22: 627-37.

- [44] Lechler P, Feldmann C, Köck FX, Schaumburger J, Grifka J, Handel M: Clinical outcome after Chevron-Akin double osteotomy versus isolated Chevron procedure: a prospective matched group analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 2012; 132: 9–13.
- [45] Lee KB, Seo CY, Hur CI, Moon ES, Lee JJ: Outcome of proximal chevron osteotomy for hallux valgus with and without transverse Kirschner wire fixation. *Foot Ankle Int.* 2008; 29(11): 1101-6.
- [46] Loison M: Note sur le traitement chirurgical du hallux valgus d'après l'étude radiographique de la deformation. *Bull Soc Chir Paris* 1901; 27: 528-31.
- [47] Mann RA, Coughlin MJ: Hallux valgus: etiology, anatomy, treatment and surgical considerations. *Clin Orthop Relat Res.* 1981; 157: 31-41.
- [48] Mann RA, Coughlin MJ, DuVries HL: Hallux rigidus: a review of the literature and a method of treatment. *Clin Orthop* 1979; 142: 57-63.
- [49] Mann RA, Rudicel S, Graves SC: Repair of hallux valgus with a distal soft-tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy. A long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 1992; 74(1): 124-29.
- [50] Meyer M: Eine neue Modifikation der Hallux valgus-Operation. *Zbl Chir* 1926; 53: 3265-68.
- [51] Mitchell CLO, Fleming JL, Allen R, Glenney C, Sanford GA: Osteotomy-bunionectomy for hallux valgus. *J Bone Joint Surg* 1958; 40: 41-60.
- [52] Oh IS, Choi SW, Kim MK, Lee SY, Lee JS: Clinical and radiological results after modified distal metatarsal osteotomy for hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2008; 29(5): 473-7.
- [53] Olms K, Braemer A, Randt T, Radigk S, Schulz AP: The Lapidus Arthrodesis for the correction of the Hallux valgus deformity. *FussSprungg* 2009; 7: 164-72.
- [54] Orthner E, Hofstätter SG: Lapidusfusion with an unidirectional plate with locking screws and immediate full weight bearing – a prospective study. *FussSprungg* 2009; 7: 178-85.
- [55] Paczesny L, Kruczyński J, Adamski R: Scarf versus proximal closing wedge osteotomy in hallux valgus treatment. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2009; 129(10): 1347-52.
- [56] Park HW, Lee KB, Chung JY, Kim MS: Comparison of outcomes between proximal and distal chevron osteotomy, both with supplementary lateral soft-tissue release, for severe hallux valgus deformity: A prospective randomised controlled trial. *Bone Joint J.* 2013; 95(4): 510-16.
- [57] Piggott H: The natural history of hallux valgus in adolescence and elderly adult life. *J Bone Joint Surg* 1960; 42-B: 749-60.
- [58] Popelka S, Hromádka R, Vavřík P, Barták V, Popelka S Jr, Sosna A: Hypermobility of the first metatarsal bone in patients with rheumatoid arthritis treated by Lapidus procedure. *BMC Musculoskelet Disord.* 2012; 13: 148.

- [59] Putti AB, Pande S, Adam RF, Abboud RJ: Keller's arthroplasty in adults with hallux valgus and hallux rigidus. *Foot Ankle Surg.* 2012; 18(1): 34-8.
- [60] Richter M: Aktualisierte Leitlinien Fuß und Sprunggelenk. S1-Leitlinie Hallux valgus. *Fuss Sprung* 2010; 8: 268-87.
- [61] Rink-Brune O: Lapidus arthrodesis for management of hallux valgus - a retrospective review of 106 cases. *J Foot Ankle Surg* 2004; 43: 290-295.
- [62] Rosenbaum D, Timte B, Schmiegel A, Miehle RK, Hilker A: First ray resection arthroplasty versus arthrodesis in the treatment of the rheumatoid foot. *Foot Ankle Int.* 2011; 32(6): 589-94.
- [63] Salis-Soglio G, Gebler-Rothlaender B: Die Arthrodesse des Großzehengrundgelenkes. *Z Orthop* 1986; 124: 288-92.
- [64] Sangeorzan BJ, Hansen ST Jr.: Modified Lapidus procedure for hallux valgus. *Foot Ankle* 1989; 9: 262-266.
- [65] Saro C, Andrén B, Wildemyr Z, Felländer-Tsai L: Outcome after distal metatarsal osteotomy for hallux valgus: a prospective randomized controlled trial of two methods. *Foot Ankle Int.* 2007; 28(7): 778-87.
- [66] Schneider W, Knahr K: Metatarsophalangeal and Intermetatarsal Angle: Different values and interpretation of postoperative results dependent on the technique of measurement. *Foot Ankle Int* 1998; 19: 532-36.
- [67] Smith SE, Landorf KB, Butterworth PA, Menz HB: Scarf versus chevron osteotomy for the correction of 1-2 intermetatarsal angle in hallux valgus: a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Surg.* 2012; 51(4): 437-44.
- [68] Sung W, Kluesner AJ, Irrgang J, Burns P, Wukich DK: Radiographic outcomes following primary arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint in hallux abductovalgus deformity. *J Foot Ankle Surg.* 2010; 49(5): 446-51.
- [69] Thomas M: The proximal lateral displacement osteotomy with locking plate fixation for the correction of moderate to severe hallux valgus deformity. *FussSprungg* 2009; 7: 14-21.
- [70] Trnka HJ, Hofstätter S: Die modifizierte Lapidus-Arthrodesse. *Orthopäde* 2005; 34: 735-41.
- [71] Venning P, Hardy RH: Sources of error in the production and measurement of standard radiographs of the foot. *Br J Radiol* 1951; 24: 18-26.
- [72] Vienne P, Sukthankar A, Favre P, Werner CM, Baumer A, Zingg PO: Metatarsophalangeal joint arthrodesis after failed Keller-Brandes procedure. *Foot Ankle Int.* 2006; 27(11): 894-901.



- [73] Vopat BG, Lareau CR, Johnson J, Reinert SE, Digiovanni CW: Comparative Study of Scarf and Extended Chevron Osteotomies for Correction of Hallux Valgus. *Foot Ankle Spec.* 2013; 6(6): 409-16.
- [74] Vitek M, Hlozek T: An intramedullary locking plate for the correction of a moderate and severe hallux valgus deformity: first experiences with 20 patients. *FussSprungg* 2008; 6: 214-21.
- [75] Waldecker U: Interpositional arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint. *Z Orthop Unfall.* 2013; 151(5): 507-12.
- [76] Walpert J: Zur winkelstabilen Plattenosteosynthese proximaler Metatarsale-I-Osteotomien. *FussSprungg* 2008; 6: 260-61.
- [77] Walther M, Menzinger F, Dreyer F, Mayer B: The proximal open wedge osteotomy with an interlocking plate for the correction of moderate to severe hallux valgus. *FussSprungg* 2008; 6: 19-25.
- [78] Weil LS: Scarf Osteotomy for correction of hallux valgus. Historical perspective, surgical technique and results. *Foot Ankle Clin* 2000; 5: 559-80.
- [79] Willauschus W, Beck T, Dobmeier G, Schneider M: Interpositionsarthrodese des Großzehengrundgelenkes, *FussSprungg* 2008; 6: 276-77.
- [80] Wülker N: Hallux rigidus. *Orthopäde* 1997; 26: 731-40.
- [81] Wülker N: Hallux valgus – Hallux rigidus. Stuttgart. Enke Verlag 1997:13-32; 101.
- [82] Wülker N, Mittag F: The treatment of hallux valgus. *Dtsch Arztebl Int* 2012; 109: 857-68.
- [83] Zembusch A, Trnka HJ, Ritschl P: Correction of Hallux valgus: metatarsal osteotomy versus excision arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2000; 376: 183-94.

## **9. Abbildungsnachweise**

- [a] Schünke M: Prometheus: Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Stuttgart. Georg Thieme Verlag 2004; 1. Auflage: 417.
- [b] Wülker N, Mittag F: The treatment of hallux valgus. Dtsch Arztebl Int 2012; 109: 862.

## **Danksagung**

Meinen herzlichen Dank an Herrn Prof. Dr. med. M. Handel für die Überlassung des Themas und die beständige Betreuung während der Bearbeitung der Thematik. Herrn Dr. med. P. Lechler danke ich für die produktive Zusammenarbeit und erfolgreiche Publikation.

Außerdem danke ich allen Patienten für Ihre Bereitschaft an der Nachuntersuchung teilzunehmen.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir ein sorgloses Studium ermöglicht haben sowie meinem Partner, der mir den nötigen Rückhalt während der Fertigstellung der Doktorarbeit gab.

Darüber hinaus bin ich erfreut, dass Teile dieser Arbeit in folgender Publikation veröffentlicht wurden:

*Lechler P, Feldmann C, Köck F, Schaumburger J, Grifka J, Handel M: Clinical outcome after Chevron-Akin double osteotomy versus isolated Chevron procedure: a prospective matched group analysis. Arch Orthop Trauma Surg 132: 9-13*



# **Erklärung zum Promotionsverfahren**

gemäß § 3 Abs. 3 und 4 der Promotionsordnung der Fakultät für Medizin der Universität Regensburg

Name, Vorname: Feldmann, Christine

geb. am: 09.01.1987

in: Meiningen

Ich erkläre,

- dass ich den Doktorgrad der Medizin nicht schon an einer Hochschule der Bundesrepublik Deutschland erworben habe
- dass ich die vorliegende Arbeit nicht an anderer Stelle zur Erlangung des medizinischen Doktorgrades eingereicht habe
- dass ich die medizinische Doktorprüfung nicht schon an einer Hochschule der Bundesrepublik Deutschland endgültig nicht bestanden habe

Außerdem erkläre ich,

- dass mir keine Tatsachen bekannt sind, die mich zur Führung eines akademischen Grades im Sinne des Gesetzes über die Führung akademischer Grade unwürdig erscheinen lassen
- dass ich die Dissertation selbständig verfasst und dass ich direkt oder indirekt übernommene Daten und Konzepte aus anderen Quellen unter Angabe der Quelle gekennzeichnet habe
- dass ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder anderen Personen) in Anspruch genommen habe, insbesondere niemand von mir unmittelbare oder mittelbare geldwerte Leistungen für Arbeit erhalten hat, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Arbeit steht

---

(Ort, Datum)

---

(Unterschrift)



