

Aus der Orthopädischen Klinik König-Ludwig-Haus  
Lehrstuhl der Orthopädie  
der Universität Würzburg  
Direktor: Prof. Dr. M. Rudert

**Ergebnisse der operativen Therapie der kontrakten Krallenzehendeformität der  
Kleinzehen mittels PIP-Arthrodeese**

Inaugural - Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
vorgelegt von  
Nicole Steinert  
aus Kaufbeuren

Würzburg, Mai 2011

Referent: Prof. Dr. med. Dr. med. habil. Markus Walther

Korreferent: Prof. Dr. med. Maximilian Rudert

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 23. April 2012

Die Promovendin ist Ärztin

# Inhaltsverzeichnis

1. DAS KRANKHEITSBILD DER KLEINZEHENDEFORMITÄTEN.....	5
1.1. Definition.....	5
1.1.1. Definition der Hammerzehe .....	5
1.1.2. Definition des „Mallet toe“.....	6
1.1.3. Definition der Krallenzehe .....	7
1.2. Ätiologie, Pathogenese und historische Entwicklung der Kleinzehendeformitäten.....	8
1.2.1. Ätiologie .....	8
1.2.1.1. Tragen von modischem Schuhwerk .....	8
1.2.1.2. Muskuläre und anatomische Faktoren .....	9
1.2.1.3. Neurologische Systemerkrankungen, Autoimmunkrankheiten und andere Systemerkrankungen sowie seltene Ursachen .....	10
1.2.2. Pathogenese .....	11
1.2.3. Historische Entwicklung der IP-Arthrodese.....	13
1.3. Therapie der Kleinzehendeformitäten .....	15
1.3.1. Konservative Therapie.....	15
1.3.2. Operative Therapie .....	17
1.3.2.1. Resektions-Interpositions-Arthroplastik nach Hohmann .....	17
1.3.2.1.1. Operationsindikation .....	18
1.3.2.1.2. Operationstechnik.....	18
1.3.2.1.3. Nachbehandlung .....	19
1.3.2.2. PIP-Arthrodese .....	19
1.3.2.2.1. Operationstechnik.....	22
1.3.2.2.2. Nachbehandlung .....	22
1.3.2.3. Nut- und Federarthrodese („Peg-in-Hole“ Technik) .....	22
1.3.2.3.1. Operationsindikation .....	23
1.3.2.3.2. Operationstechnik.....	23
1.3.2.3.3. Nachbehandlung .....	24
1.3.2.4. Grenzen und Kontraindikationen der operativen Therapie .....	25
1.3.2.5. Komplikationen der operativen Therapie .....	25

1.3.2.6. Die Therapie der flexiblen Hammerzehe.....	26
1.3.2.7. Die Therapie der kontrakten Hammerzehe.....	27
1.3.2.8. Die Therapie bei Luxation bzw. Subluxation im MTP- Gelenk.....	27
1.3.2.9. Alternative Operationsmethoden.....	28
1.4. Fragestellung .....	28
<b>2. MATERIAL UND METHODIK .....</b>	<b>29</b>
2.1. Patientenkollektiv .....	29
2.1.1. Gesamtkollektiv.....	29
2.2.2. Geschlechterverhältnis und Altersverteilung .....	29
2.1.3. Seitenvergleich .....	30
2.2. Untersuchungsbögen .....	30
2.3. Klinische Untersuchung .....	31
2.4. Röntgenuntersuchung .....	32
2.4.1. Röntgentechniken und radiologische Befunde.....	32
2.4.2. Metatarsalindex .....	32
2.4.3. Knöcherner Konsolidierung der Arthrodeese.....	34
2.5. Kitaoka Score .....	34
<b>3. ERGEBNISSE.....</b>	<b>36</b>
3.1. Klinische Untersuchung .....	36
3.1.1. Perioperativer Erhebungsbogen.....	36
3.1.1.1. Operationsverfahren .....	36
3.1.1.2. Zusätzlich durchgeführte Eingriffe.....	36
3.1.1.3. Anzahl der operierten Zehen .....	37
3.1.1.4. Zusätzliche Eingriffe an der Großzehe.....	37
3.1.1.5. Zusätzliche Eingriffe an der Kleinzehe .....	38
3.1.1.6. Nachbehandlung .....	39
3.1.1.7. Gipsdauer in Tagen.....	39
3.1.1.8. Vorfußentlastungsschuh in Tagen .....	40
3.1.1.9. Postoperative Komplikationen .....	41
3.1.2. Anamnesebogen .....	41
3.1.2.1. Begleiterkrankungen.....	41
3.1.2.2. Familienanamnese .....	41

3.1.3. Nachuntersuchungsbogen .....	42
3.1.3.1. Rückfuß .....	42
3.1.3.2. Fußstellung .....	42
3.1.3.3. Rezidivoperation.....	43
3.1.3.4. Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk.....	43
3.1.3.5. Metatarsalgie .....	44
3.1.3.6. Narbenveränderungen.....	44
3.1.3.7. Plantare Beschwiellung .....	44
3.1.4. Kitaoka Score .....	44
3.1.4.1. Subjektive Parameter.....	45
3.1.4.1.1. Schmerz .....	45
3.1.4.1.2. Aktivitätseinschränkung .....	45
3.1.4.1.3. Schuhwerk .....	46
3.1.4.2. Objektive Parameter .....	47
3.1.4.2.1. MTP Gelenkbewegung.....	47
3.1.4.2.2. IP Gelenkbewegung.....	47
3.1.4.2.3. MTP-IP Stabilität.....	47
3.1.4.2.4. Schwielen in Verbindung mit der Großzehe MTP-IP .....	47
3.1.4.2.5. Ausrichtung der Großzehe.....	47
3.1.4.3. Gesamtauswertung .....	48
3.2. Radiologische Untersuchung.....	49
3.2.1. Metatarsalindex .....	49
3.2.2. Union und Non Union .....	50
4. DISKUSSION .....	51
5. ZUSAMMENFASSUNG.....	64
6. ANHANG .....	66
7. LITERATUR.....	73
8. DANKSAGUNG.....	78
9. CURRICULUM VITAE .....	79

## 1. DAS KRANKHEITSBILD DER KLEINZEHENDEFORMITÄTEN

Krallen-, Hammer- oder Malletzehen sind die häufigsten Kleinzehendeformitäten. Sie können flexibel oder kontrakt vorkommen und treten meist im Rahmen einer Spreizfußdeformität mit konsekutivem Hallux valgus auf. Isolierte Fehlstellungen sind hingegen selten und basieren meist auf angeborenen oder posttraumatischen Erkrankungen.

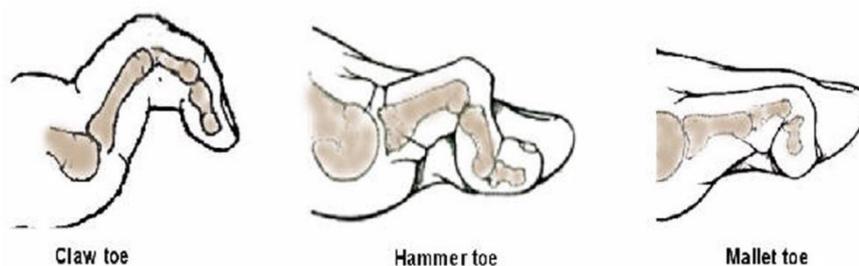


Abb. 1: Schematische Darstellung der unterschiedlichen Kleinzehendeformitäten (digital bearbeitetes Bild, Vorbild aus der Homepage der Orthopedic Surgical Consultants, P. A., [www.osc-mn.com](http://www.osc-mn.com))

### 1.1. Definition

Einige Autoren benutzen den Begriff „Krallenzehe“ synonym zum Begriff „Hammerzehe“. Dennoch gibt es einige Unterschiede im Bezug auf Definition, Ätiologie, Pathogenese und Therapiemöglichkeiten.

#### 1.1.1. Definition der Hammerzehe

**A. Cracchiolo (1993)** beschreibt die Hammerzehe als eine Flexionsdeformität des proximalen Interphalangealgelenkes (PIP). Neben einem schmerzhaften Clavus über dem PIP-Gelenk ist die Hammerzehe oft mit einem plantaren Kallus unter dem betroffenen Metatarsalköpfchen assoziiert (**Cracchiolo 1993, Alvine 1980**). Die Zehenkuppe hat noch Kontakt mit dem Boden, so dass auch dort häufig Clavi entstehen. In schweren Fällen kann aus dem Kallus eine Ulzeration entstehen. Nageldeformitäten können ebenso als Komplikation auftreten (**Alvine 1980**).

Das distale Interphalangealgelenk (DIP) kann sich in Neutral-/Flexions- oder Extensionsstellung befinden. Die Fehlstellung ist aber oft weniger stark ausgeprägt als am proximalen Interphalangealgelenk.

Das Metatarsophalangealgelenk (MTP) befindet sich sehr oft in einer Hyperextension (Coughlin 2002, Caterini 2004), kann sich aber auch in einer Neutralstellung befinden. Es sollte zwischen einer flexiblen und einer kontrakten Hammerzehe unterschieden werden (Brahms 1991, Coughlin 1991). Eine flexible Hammerzehe erkennt man daran, dass die Deformität bei dem „Push-up Test“ durch Druck auf das betroffene Metatarsalköpfchen ausgeglichen werden kann (Knecht 1974). Bringt man das MTP-Gelenk in eine Plantarflexion und die Flexionsdeformität korrigiert sich dabei, dann spricht man von einer flexiblen Deformität (Coughlin 1991). Bringt man anschließend das MTP-Gelenk in eine Dorsalflexion, so entsteht an der betroffenen Zehe wieder eine Hammerzehen deformität. Bei einer fixierten Hammerzehe kann weder die Flexion im Fußgelenk noch der manuelle Druck die kontrakte Hammerzehe korrigieren. Aus einer flexiblen Hammerzehe kann bei länger bestehendem Spitzfuß eine kontrakte Hammerzehe resultieren (Schlefman 1983).

Die Hammerzehe ist am häufigsten an der längsten, meist der zweiten Zehe, zu sehen. Die übrigen Kleinzehen können aber im gleichen Sinne verändert sein (Coughlin 1984).

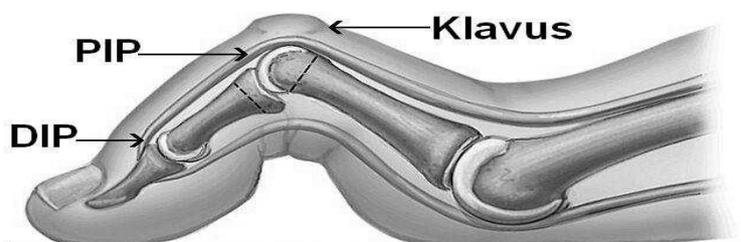


Abb. 2: Schematische Darstellung einer Hammerzehe  
 (digital bearbeitetes Bild, Vorbild aus der Homepage der Illinois Podiatric Medical Association, [www.ipma.net](http://www.ipma.net))

### 1.1.2. Definition des „Mallet toe“

Der „Mallet toe“ wird vorwiegend in der englischen Literatur verwendet, erstmalig von **Lake (1939)** in der orthopädischen Literatur. Beim „Mallet toe“ befindet sich das distale Interphalangealgelenk in Plantarflexionsstellung und kann im Bezug auf das mittlere Glied sowohl in medialer als auch in lateraler Richtung abweichen. Bei dieser Deformität kann auch das PIP-Gelenk leicht flektiert sein. Das MTP-Gelenk ist

wesentlich seltener betroffen (**Coughlin 1987, 1995**). Oft sind die Beschwerden vor allem an der zweiten, dritten und vierten Zehenspitze durch den ständigen Bodenkontakt zu sehen. Ebenso ist die betroffene Zehe meist länger als die angrenzende, so dass dies einen Risikofaktor für die Entstehung eines „Mallet toe“ darstellt. Eine Hammerzehe tritt neun Mal häufiger als ein „Mallet toe“ auf (**Coughlin 1995**). **Brahms (1991)** stellt im Gegensatz zu **Coughlin** fest, dass der „Mallet toe“ häufig auf eine Zehe begrenzt ist. Die zweite und dritte Zehe seien die am häufigsten betroffenen. Zusammen mit dem „Mallet toe“ treten auch Nageldeformitäten und ein schmerzhafter Clavus über dem DIP-Gelenk auf (**Brahms 1991**).

### **1.1.3. Definition der Krallenzehe**

Die Krallen- oder Klauenzehen werden als eine fortschreitende Fehlentwicklung der Hammerzehen mit zusätzlicher Fehlstellung im Grundgelenk angesehen und sind wahrscheinlich das Ergebnis einer generalisierten Fußdeformität. Sie sind klassischerweise als Dorsalflexionsdeformität des MTP-Gelenkes in Assoziation mit einer Hammerzehe definiert (**Mann und Coughlin 1991**). Liegt zusätzlich ein Hallux valgus vor, so kommt oftmals eine Flexion im Interphalangealgelenk hinzu. Auch hier gibt es infolge von muskulärer Imbalance zwischen intrinsischen und extrinsischen Muskelgruppen flexible und kontrakte Deformitäten (**Coughlin 2002**). Sobald am Metatarsophalangealgelenk eine Subluxation oder Luxation der Grundphalanx nach dorsal besteht, handelt es sich definitionsgemäß um eine Krallenzehe. **Harmonson (1996)** ist der Meinung, dass Krallenzehen sowohl mit einer Plantarflexion im PIP-Gelenk als auch im DIP-Gelenk vergesellschaftet sind. Probleme und Clavi können auch durch Druck der Zehen gegeneinander in den Zehenzwischenräumen entstehen (**Knecht 1974**). Eine Krallenzehe besteht häufig im Bereich der Kleinzehen beider Füße, kann aber auch an der Großzehe anzutreffen sein (**Coughlin 1984, Young 1938**). Die Krallenzehe ist gekennzeichnet durch eine Clavusbildung über dem Mittel- und Endgelenk. In extremen Fällen berührt die Zehenkuppe den Boden nicht mehr und es kommt dadurch zu Überbelastung der Metatarsalköpfchen. Die Folge sind körperliche Beschwerden im Sinne von Metatarsalgie und Schmerzen durch Atrophie des plantaren Fettpolsters (**Mann und Coughlin 1991**).

Häufig findet man Kleinzehendeformitäten, die sich nicht eindeutig einer der oben genannten Deformitäten zuordnen lassen. In diesen Fällen empfiehlt es sich anhand klinischer Kriterien zu unterscheiden, ob es sich um eine flexible oder bereits kontrakte Fehlstellung handelt. Diese Einteilung ist besonders wichtig, da sie die Wahl der geeigneten Operationsmethode erleichtert (**Coughlin 2002**).

## **1.2. Ätiologie, Pathogenese und historische Entwicklung der Kleinzehendeformitäten**

### **1.2.1. Ätiologie**

In der Literatur werden zahlreiche Theorien und unterschiedliche Ursachen für die Entstehung von Kleinzehendeformitäten beschrieben.

#### **1.2.1.1. Tragen von modischem Schuhwerk**

Ätiologisch mit die wichtigste Rolle bei der Entstehung der Kleinzehendeformitäten spielt das Tragen von beengendem modischem Schuhwerk. So schätzt man, dass ca. 43 Millionen Menschen jährlich Fußbeschwerden haben und ein Drittel davon wahrscheinlich medizinische Hilfe in Anspruch nehmen wird (**Coughlin 1995**).

**Camper** machte im Jahre **1871** die Aussage: „Schuhe dienen zu nichts anderem, als die Zehen zu deformieren und die Füße mit Hühneraugen zu versehen“. Doch zu dieser Zeit war man sich noch nicht bewusst, welches Ausmaß das Tragen von beengendem Schuhwerk wirklich auf die Entstehung von Kleinzehendeformitäten hat.

Die Deformitäten kommen nach **Coughlin (1984)** insbesondere in Schuh tragenden Gesellschaften vor, dort besonders bei Frauen zwischen dem 5. und 6. Lebensjahrzehnt (**Coughlin 2000**). Ebenso steigt die Inzidenz dieser Deformitäten mit zunehmendem Durchschnittsalter (**Coughlin 1991**). Ungünstig sind Schuhe mit hohen Absätzen, da sie den Vorfuß im Zehenbereich einengen und so wesentlich zur Deformität und zur unphysiologischen Belastung des Fußes beitragen (**Fuhrmann 1998**). Durch den Druck gegen die Schuhspitze wird die Zehe im distalen Interphalangealgelenk in die Plantarflexion gezwungen und führt so zusätzlich zu Beschwerden (**Coughlin 1984**). **Schlefman (1983)** stellt fest, dass die daraus resultierenden Clavi zur subjektiven Schmerzentstehung beitragen können. Es scheint, dass das Vorkommen ab dem Alter von 30 Jahren linear ansteigt.

Männer hingegen weisen ein deutlich geringeres Vorkommen von Problemen dieser Art auf (**Coughlin 1995**). Außerdem gab es Studien im Kongo, in Westafrika und Neuguinea die zeigen konnten, dass es dort bei Frauen und Männern die keine Schuhe trugen, keine signifikante Tendenz zur Entwicklung von Kleinzehendeformitäten gab. Männerschuhe sind dem Umfang des Fußes besser angepasst und entsprechen genauer der Schuhgröße. Frauenschuhe sind grundsätzlich kleiner geschnitten als der Fuß selbst.

#### **1.2.1.2. Muskuläre und anatomische Faktoren**

Das heutige Schuhwerk kann jedoch nicht alleine für die Entstehung der Zehenfehlbildungen verantwortlich gemacht werden. Häufige Ursachen für die Entstehung von Kleinzehendeformitäten sind, wie beim Hallux valgus, Veränderungen der Fußform, wie Knickplatt-, Hohl- oder Spreizfuß (**Baumgartner 2001**). **Monson (1986)** kam zu dem Ergebnis, dass die neuromuskulären Ursachen der Kleinzehendeformitäten häufig im Zusammenhang mit einer Hohlfußdeformität stehen. Nach **Mann (1987)** ist der Pes cavus häufig idiopathisch entstanden.

Die intrinsische Muskelkraft geht verloren und es folgt ein Ungleichgewicht zwischen intrinsischer und extrinsischer Muskulatur. Dadurch kann die Interossei- und Lumbricalmuskulatur die proximale Phalanx nicht mehr stabilisieren und die lange Flexorsehne gewinnt Überhand, so dass schließlich eine Krallenzehendeformität resultiert.

Viele Arbeiten bezogen sich auf Lähmungen oder Schwächen der intrinsischen Beugemuskulatur (**DuVries 1973, Kelikian 1965**). Auch **Saxl (1935)** sah den Grund einer Insuffizienz der Interossei-/ und Lumbricalmuskulatur in der fehlenden Kraft der Beugesehne auf das MTP-Gelenk.

**Coughlin und Mann (1987)** beschrieben zudem einige anatomische Faktoren als Ursache von Kleinzehendeformitäten. Zum Beispiel führt eine unförmige mittlere Phalanx dazu, dass die distale Phalanx nach medial oder lateral abweicht und ein „Mallet toe“ resultiert. Ein langer zweiter Strahl kann ebenfalls zu einer Hammerzehe beitragen. Ist die vierte Zehe zu lang, drängt sich diese unter die dritte Zehe und verursacht somit Beschwerden.

Vorfußveränderungen können sekundär auch von einem entstehenden Hallux valgus ausgehen (**Pisani 1993, Coughlin 2002, 1987, Schlefman 1983**). Dieser zwingt meist

durch Druck die zweite und dritte Zehe im MTP-Gelenk in eine Fehlstellung, so dass Subluxationen oder Luxationen resultieren können.

**Taylor (1951)** konnte zeigen, dass Lähmungen der intrinsischen Beugemuskulatur nicht generell als Ursache von Zehenfehlbildungen angesehen werden können, da diese Muskulatur auf Stimulation normal reagierte und auch die Gewebebiopsie ohne Befund blieb.

**Hohmann (1998)** beschrieb bei Kindern ein Abweichen vor allem der zweiten Zehe nach dorsal. Eine Kontraktur im eigentlichen Sinne besteht in diesem Alter aber noch nicht, doch kann sich über Jahre eine kontrakte Hammerzehe entwickeln. Er behauptet, dass die Fehlstellung bei Säuglingen also erblich ist und familiär gehäuft angetroffen werden kann. Andere Studien haben gezeigt, dass Hammerzehen bei Kindern eher selten auftreten und somit die Fehlstellung überwiegend erworben wird (**Higgs 1931, Brahms 1991**). Ursächlich für die Entstehung ist eine überlange Zehe sowie zu kleine Socken oder Schuhe.

#### **1.2.1.3. Neurologische Systemerkrankungen, Autoimmunkrankheiten und andere Systemerkrankungen sowie seltene Ursachen**

Manchmal können Krallenzehen nach einem Kompartmentsyndrom, bei Poliomyelitis, Friedreich-Ataxie, Charcot-Marie-Tooth Krankheit, infantiler Zerebralparese, bei Multipler Sklerose oder nach einem Trauma entstehen (**Coughlin 2003**). Auch die Wilson Krankheit oder ein spinaler Tumor können zu solch einer Deformität führen (**Schnepp 1933**). Kleinzehefehlstellungen können aber auch bei der Psoriasisarthritis, dem Systemischen Lupus erythematodes und bei rheumatischen Vorfußdeformitäten, wie zum Beispiel bei der chronischen Polyarthritis vorkommen (**Mann, Coughlin 1987**). Oftmals entstehen infolge der rheumatoiden Arthritis postentzündliche Deformitäten, die schwere klinische und anatomische Veränderungen mit sich bringen. Eine generalisierte Bindegewebsschwäche im Rahmen eines Marfansyndroms sowie eine Hyperelastizität bei dem Ehlers-Danlos-Syndrom sind ebenfalls zu nennen. Neurologische Systemerkrankungen, die sich am Fuß als Hohlfuß manifestieren, gehen meist mit Krallenzehendeformitäten einher (**Pisani 1993**). Seltene Ursache kann zum Beispiel ein Kompartmentsyndrom sein, das zu einem Ungleichgewicht zwischen extrinsischer und intrinsischer Muskulatur führt.

Im Jahre **1983** berichtet **Schleffman** ebenso von Lähmungen und einer schlechten Funktion der intrinsischen Muskulatur, die durch eine Spina bifida entstanden waren.

Als seltene, aber häufig nicht erkannte Ursache nennt **Baumgartner (2001)** den Diabetes mellitus. Als Folge der langsam fortschreitenden Neuropathie fallen die kleinen Fußmuskeln aus. Nicht selten kommt es aufgrund der Angio- und Neuropathie zu Druck- und Scheuerstellen.

**Mann und Coughlin (1987)** konnten zeigen, dass kongenitale Anomalien, wie zum Beispiel eine Syndaktylie, ein verändertes Wachstum zur Folge haben und dadurch die Entstehung von Kleinzehendeformitäten begünstigen können.

**Fuhrmann (2004)** und **Coughlin (2000, 2002)** beschreiben das Entstehen von posttraumatischen Kleinzehendeformitäten als Folge von Frakturen, wiederholten Weichteilverletzungen und Zehenamputationen.

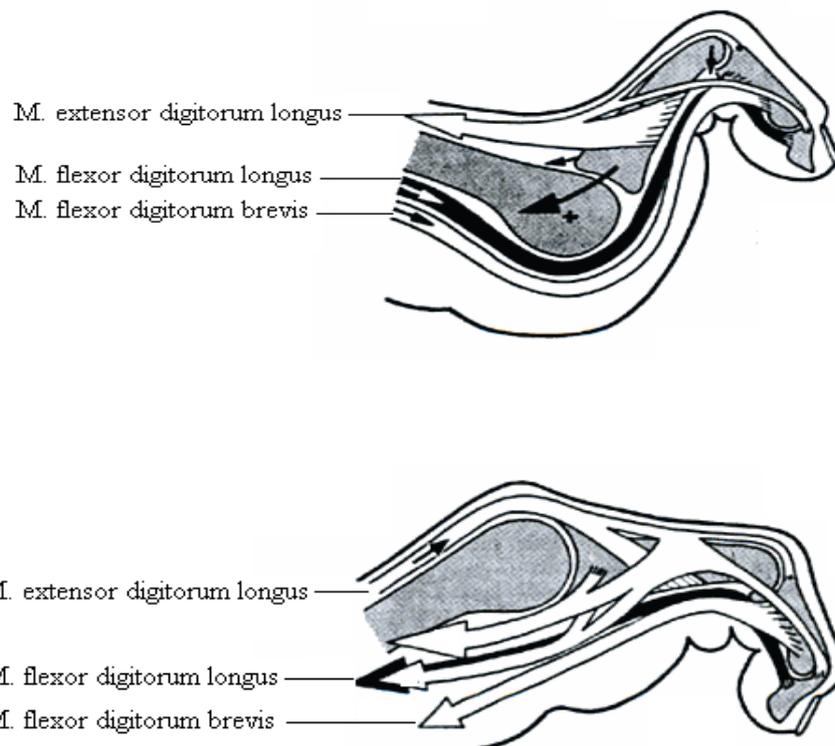
Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass die Entwicklung der Kleinzehendeformitäten von verschiedenen Faktoren, wie dem Tragen von engem Schuhwerk, dem weiblichem Geschlecht, der familiären Disposition, den anatomischen Gegebenheiten und vielen weiteren äußeren Einflüssen abhängt. Sie treten auch assoziiert mit neuromuskulären Erkrankungen auf. Eher selten ist nur eine Ursache für die Entstehung der Deformitäten verantwortlich.

### **1.2.2. Pathogenese**

Die Kleinzehen sind funktionell betrachtet wichtig für das Ausbalancieren des Fußes. Eine dynamische Funktion kommt den Zehen am Ende eines Gangzyklus in der Abstoßungsphase zu. Zum anderen dienen die Kleinzehen dazu, das Gewicht auf die Metatarsaleköpfchen zu übertragen. Im Stand geben sie dem Fuß eine gewisse Stabilität (**Knecht 1974**). Durch das Krankheitsbild der Kleinzehendeformitäten kann die Funktion des Fußes nachhaltig beeinflusst werden. Wichtige pathogenetische Faktoren sind die biomechanischen und mechanischen Kräfte, die während der Belastung auf den betroffenen Fuß wirken. Um die Grundlagen der Therapie von Zehendeformitäten zu verstehen, müssen die Anatomie und die Biomechanik der Zehen verstanden werden (**Coughlin 1984**).

Die Sehne des Musculus flexor digitorum longus inseriert an der distalen Phalanx und bewirkt eine Beugung am distalen Interphalangealgelenk. Die Sehne des Musculus flexor digitorum brevis führt über seine Insertion an der Basis der mittleren Phalanx zu einer Beugung im proximalen Interphalangealgelenk. Da keine der beiden Flexorsehnen an der Basis der proximalen Phalanx inseriert, ist der Flexoreneinfluss auf die proximale Phalanx und damit auf die Beugung im Metatarsophalangealgelenk sehr gering (**Coughlin 1984, 1991**). Der Unterschied zwischen den beiden Flexoren liegt darin, dass sie zwar ähnliche Funktionen haben, aber zu unterschiedlichen Zeiten im Gangzyklus wirksam werden (**Knecht 1974**). Die Aufgabe der Interossei- und Lumbricalmuskulatur ist es, die proximale Phalanx im MTP-Gelenk nach plantar zu beugen und das PIP-Gelenk zu stabilisieren (**Schlefman 1983**). Obwohl die Sehne des Musculus extensor digitorum longus an der proximalen Phalanx (Dorsalaponeurose) inseriert und diese dadurch nach dorsal flektiert, hat sie keine wirklich ausübende Kraft auf das proximale und distale IP-Gelenk.

Schuhe mit hohen Absätzen zwingen das MTP-Gelenk nun in eine übersteckte Position, wodurch das proximale Interphalangealgelenk dauerhaft diesen hyperextendierenden Kräften ausgesetzt ist (**Scheck 1977**). Sowohl die Plantaraponeurose als auch die Gelenkkapsel, welche die zwei wichtigsten Faktoren für die Stabilität im MTP-Gelenk darstellen, werden mit der Zeit überdehnt und unbrauchbar. Die Position der proximalen Phalanx zum MTP-Gelenk unterliegt der antagonistischen Aktion von Extensoren und intrinsischen Flexoren. Beim Vorliegen einer geschwächten intrinsischen Muskulatur können die Flexoren überwiegen und zu einem bedeutenden Ungleichgewicht führen. Die hyperextendierte proximale Phalanx und das gebeugte mittlere und distale Interphalangealgelenk schaffen schließlich das Bild einer Hammerzehe (**Coughlin 1984, 1991**). Die anfangs noch flexible Gelenkkontraktur geht im Lauf der Zeit in eine feste Gelenkkontraktur über. Zuletzt verschiebt sich das Vorfußfettpolster nach distal, die Metatarsalköpfchen sind weniger gut abgepolstert und es kommt über längere Zeit zu einer Metatarsalgie. Sowohl plantare Keratosen über dem PIP-Gelenk als auch arthrotische Veränderungen der betroffenen Gelenke können folgen (**Herrsche 1991**).



*Abb. 3: Pathogenese der Hammerzehen*

*(digital bearbeitetes Bild, Vorbild aus Funktionelle Anatomie der Gelenke, Schematisierte und kommentierte Zeichnungen zur menschlichen Biomechanik; Ibrahim A. Kapandji, 4.unveränderte Auflage 2006, Georg Thieme Verlag )*

Zusammenfassend kann man sagen, dass mehrere Mechanismen zur Ausbildung von Kleinzehendeformitäten führen. Die hyperextendierte Position der proximalen Phalanx kann engem Schuhwerk (Coughlin 1986, DuVries 1973, Kelikan 1965), einer muskulären Imbalance (Schnepf 1937, Scheck 1977) oder der Ineffektivität der intrinsischen Flexoren (Kelikian 1965, Taylor 1951) zugeschrieben werden.

### **1.2.3. Historische Entwicklung der IP-Arthrodesese**

**1910** beschrieb **Soule** die erste „End-zu-End“ Arthrodesese des proximalen Interphalangealgelenkes. Diese wurde nur durch die intrinsische und extrinsische Muskulatur stabilisiert. Er verschaffte sich von plantar einen Zugang zu dem Gelenk und resezierte die Basis der Mittelphalanx und das Köpfchen der proximalen Phalanx.

Die Arthrodesse wurde mit einer Gipsschiene sechs Wochen ruhig gestellt (**Monson 1986**). Sir Robert Jones entwickelte 1917 einen dorsalen Zugang zum Gelenk, was Vorteile im Bezug auf die Gelenkstabilität brachte (**Edwards 2002**). Im Jahre 1927 vertrat Lambrinudi die Meinung, dass alle Zehen einer Krallenzehendeformität in beiden Interphalangealgelenken versteift werden sollten. Der Vorteil dieser Technik zu anderen Operationsmethoden sei, dass dabei durch zusätzliche Weichteileingriffe wie Sehnentransfer und Kapsulotomie die Muskelstabilität wiederhergestellt werden könne. Nachdem **Higgs (1931)** und dann **Young (1938)** eine feste Arthrodesse ähnlich der in der Folge noch darzustellenden „Peg-in-Hole“ Technik propagierten, verbesserte **Taylor (1940)** mit einer „End-zu-End“ Arthrodesse die Stabilität des PIP-Gelenkes durch das Einbringen von Kirschnerdrähten, so dass der Patient bereits nach drei Tagen mobilisiert werden konnte. Die Kirschnerdrähte wurden nach drei Wochen wieder entfernt. In gleicher Art und Weise verwendeten **Selig (1941)** und O´Donoghue einen Kirschnerdraht, nur mit dem Unterschied, dass sie diesen für insgesamt sechs bzw. zwölf Wochen beließen. **Alvine (1980)** beschrieb eine „Peg-and-Dowel“ Technik, welche analog zu der heutigen „Peg-in-Hole“ Technik zu sehen ist. Allerdings verwendete er keine zusätzliche Extensortentomie oder dorsale Kapsulotomie. Auch auf eine interne Fixation wurde aufgrund der Infektionsgefahr verzichtet. Dafür verwendete er zur Stabilisation einen passenden Verband, welcher um die Basis der proximalen Phalanx und um die mittlere Phalanx angelegt wurde. Die Vorteile dieser Technik liegen im Erhalt der Zehenlänge, der oben genannten niedrigen Infektionsrate und einer hohen Fusionsrate von 97%. **Schlefman** stabilisierte dann die Arthrodesse im Jahre **1983** mit einer modifizierten „Peg-in-Hole“ Technik unter Verwendung von Kirschnerdrähten. Die Fusionsrate lag hier bei 100%. **Bernbach (1985)** beschrieb zur Therapie von Krallenzehen zwei Jahre später eine „Box joint arthrodesis“ des PIP-Gelenkes. Hierbei wurde eine interne Schraubenbefestigung gewählt. **Reece (1987)** führte eine interphalangeale Fusion mit Hilfe eines Kirschnerdrahtes durch, musste jedoch feststellen, dass gehäuft Pininfektionen auftraten. Ein 26 Gauge Monofilamentdraht zur Fixation der „End-zu-End“ Arthrodesse wurde von **Ohm (1990)** verwendet. **Patton (1990)** beschrieb den Gebrauch von resorbierbaren Pins zur Fixation. Nachteilig ist jedoch der hohe Preis des Pins. Zudem kann er nicht durch Röntgen lokalisiert werden. **Coughlin** führte **1995** eine Arthrodesse des DIP-Gelenkes

mittels Kirschnerdraht bei einem „Mallet toe“ durch. Von 67 Zehen waren 52 DIP-Gelenke erfolgreich fusioniert, die Patientenzufriedenheit war mit 89% hoch. Wenige Komplikationen wie Taubheit, Gelenkinstabilität oder eine schlechte Ausrichtung der Zehe traten auf. Zuletzt führte **Lehmann (1995)** eine “Peg-in-Hole“ Technik an symptomatischen Hammerzehen durch. Probleme wurden hinsichtlich einer Zehenabweichung und eines inkompletten Schmerzurückganges gesehen.

### **1.3. Therapie der Kleinzehendeformitäten**

#### **1.3.1. Konservative Therapie**

Ob eine Zehendeformität operiert oder konservativ behandelt wird, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Nicht jeder Patient, der an einer Zehendeformität leidet, kann bzw. möchte operiert werden. Nach der klinischen und röntgenologischen Untersuchung sollte Klarheit darüber bestehen, ob bei dem untersuchten Patienten überhaupt eine Operationsindikation besteht, und wenn ja, welche chirurgische Technik am besten geeignet ist.

Da die Schmerzen häufig durch das Tragen beengenden Schuhwerkes bedingt sind, ist es nach **Michel (2003)** wichtig, den äußeren Druck auf den Vorfuß zu nehmen. Eine geräumige tiefe Schuhbox mit weitem Vorfußbereich und ein bequemer Schuh aus weichem Leder mit flachem Absatz sind für **Coughlin (2002)** bedeutende Präventivmaßnahmen und schaffen Platz für eine gute Polsterung. Es werden verschiedene Materialien wie Lammwolle, Schlauchgaze, Schaumgummipolster, Silikonkissen und Zehenkappen verwendet, um den Druck zu reduzieren und die Schmerzen zu lindern.

Die konservative Therapie besteht auch darin, das Fußquergewölbe zu unterstützen und die Metatarsalköpfchen zu entlasten (**Fuhrmann 1998**). Ein Zehenpolster unter der betroffenen Zehe erhöht den Strahl und erleichtert so die Beschwerden. Eine retrokapitale Abstützung vermindert den plantaren Druck auf die Metatarsalköpfchen.

Ist das MTP-Gelenk subluxiert, so kann eine einfache Schlingenvorrichtung helfen die Zehe in der richtigen Position zu halten (**Mann und Coughlin 1991**). Ist die Subluxation mit einer Metatarsalgie verbunden, so wird das Metatarsalköpfchen mit einem weichen Material abgepolstert. Ebenso kann bei einer Metatarsalgie durch individuell angefertigte, entlastende Einlagen bereits eine Besserung der

Beschwerdesymptomatik erzielt werden. Die in den gepolsterten Vorfußbereich eingearbeitete Mittelfußpelotte hilft den Druck unter den Metatarsalköpfchen gleichmäßig zu verteilen. Empfohlen werden Schuhzurichtungen wie zum Beispiel eine Schmetterlingsrolle, welche die Mittelfußköpfchen entlasten.

Ebenfalls beschrieben wird auch eine Korrekturorthese in Silikontechnik, die zu einer Druckentlastung führen soll (**Türk 2001**). **Coughlin (1984)** selbst hält tägliches Stretching der Zehen für sinnvoll, da so die Zehen beweglich gehalten werden.

Ein Clavus kann durch entsprechende Filzringe vor äußerem Druck geschützt werden. Symptomatische Clavi können vorsichtig abgetragen oder mit salizylsäurehaltigem Pflaster aufgeweicht werden. Eine weitere adjuvante Therapie besteht in der Einnahme von nichtsteroidalen Antirheumatika.

**Trepman (1995)** und **Mizel (1997)** konnten beim Vorliegen einer Synovitis auch Erfolge mit intraartikulären Steroidinjektionen nachweisen, die allerdings von **Reis (1989)** aufgrund von Dislokationen des PIP-Gelenkes nach der Injektion kritisch betrachtet wurden.

Besondere Beachtung sollte man Patienten mit diabetischem Fuß schenken, da diese Patienten meistens weniger subjektive Beschwerden aufweisen. Es können sich Ulzerationen über den Knochen und Gelenken entwickeln und diese Patienten müssen besonders angehalten werden, ihre Füße in regelmäßigen Abständen zu kontrollieren. Die konservative Therapie ist bei Durchblutungsstörungen der Füße von großer Bedeutung, da eine Operation in der Regel kontraindiziert ist.

Auch präventive Maßnahmen können helfen. Zum Beispiel kann man die Patienten über die Ursache von Zehendeformitäten, insbesondere das Tragen von zu engem Schuhwerk, aufklären (**Coughlin 1995**).

Persistieren die Schmerzen und verschlimmert sich trotz aller konservativer Maßnahmen die Deformität, so sollte eine chirurgische Intervention erwogen werden. Das operative Vorgehen muss allerdings die Besonderheiten der jeweiligen Grunderkrankung berücksichtigen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass eine fortgeschrittene Zehendeformität durch konservative Maßnahmen nicht kurativ therapiert werden kann. Die Beschwerden können jedoch gelindert werden.

### **1.3.2. Operative Therapie**

Die Indikation zur operativen Therapie hängt von verschiedenen Parametern ab (**Brahms 1991**). Es kommt sowohl auf den Grad der Deformität als auch auf das Patientenalter an. Es muss unterschieden werden, ob die Deformität noch flexibel oder bereits kontrakt ist. Zudem sollte der Fuß als Ganzes betrachtet und festgelegt werden, ob es sich lediglich um eine einzelne Fehlstellung handelt oder ob die Deformität Folge einer anderen Vorfußdeformität ist.

Die Indikation zur Operation wird dann gestellt, wenn die konservative Therapie nicht erfolgreich war oder eine fixierte Hammerzehe, welche Schmerzen bereitet, vorliegt (**Coughlin 1991**). Eventuell müssen gleichzeitig eine straffe Flexorsehne oder ein zusätzlich bestehender Hallux valgus mittherapiert werden. Man kann Weichteileingriffe und knöcherne Eingriffe am Fußskelett unterscheiden. Es wurden sehr viele verschiedene chirurgische Techniken von unterschiedlichen Autoren beschrieben. Eine Resektion des distalen Teiles der proximalen Phalanx mit oder ohne Weichteilrelease (**Brahms 1982, Coughlin 1986, DuVries 1973**), eine Resektion der Basis der proximalen Phalanx (Operation nach Gocht) (**Brahms 1982**), ein Flexorsehnentransfer (**Taylor 1951**) und viele weitere.

In dem Patientenkollektiv von **Coughlin (2000)** war ursächlicher Grund zur Operationsentscheidung in 78% der Schmerz und in 49% die Kallusbildung. Die meisten Patienten (94%) wollten sich aufgrund von Problemen beim Tragen des Schuhwerkes, wie zum Beispiel Kallusbildung über dem PIP-Gelenk, operieren lassen (**O'Kane 2005**). Andere Gründe für die Entscheidung zur Operation waren Metatarsalgie, Hühneraugen, cross-over Zehen und Osteoarthritis.

#### **1.3.2.1. Resektions-Interpositions-Arthroplastik nach Hohmann**

Diese Technik kann dann eingesetzt werden, wenn nach der Operation die Beweglichkeit der Zehe erhalten bleiben soll (**Monson 1986**). Als Vorteil der Resektionsarthroplastik wird die wesentlich kürzere Behandlungszeit gesehen. Der Hauptnachteil dieses Verfahrens besteht in der hohen Rezidivgefahr, da die deformierenden Kräfte nicht wirklich beseitigt werden. Dieses Verfahren stellt eine Alternative zur „Peg-in-Hole“ Technik dar (**Wolke 1999**).



Abb. 4a und 4b: Krallenzehe prä- und postoperativ, an der zweiten bis vierten Zehe wurde eine PIP-Arthrodesis durchgeführt, die 5. Zehe wurde mobilisiert. Basis-Osteotomie, Osteotomie nach Reverdin- Green kombiniert mit AKIN- Osteotomie am 1. Strahl.

(digital bearbeitetes Bild, Universität König-Ludwig-Haus Würzburg)

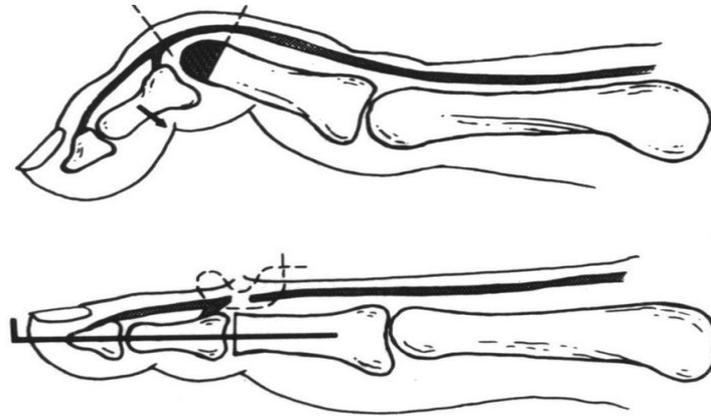
#### 1.3.2.1.1. Operationsindikation

Nach Versagen der konservativen Therapie ist dieses Operationsverfahren bei der schmerzhaften kontrakten Hammer- und Krallenzehe indiziert.

#### 1.3.2.1.2. Operationstechnik

Nach einem dorsalen Hautschnitt über dem proximalen Interphalangealgelenk der betroffenen Zehe und dem Entfernen eventuell bestehender Clavi, wird die Strecksehne quer gespalten. Anschließend werden die Seitenbänder, um das Grundgliedköpfchen gut darzustellen, abgelöst. Das distale Ende der proximalen Phalanx wird durch eine 90° Beugung im PIP-Gelenk nach dorsal luxiert. Durch die Resektion der betroffenen distalen Gelenkfläche des Grundgliedes wird die Beugekontraktur des proximalen Interphalangealgelenkes korrigiert und die Zehe wird wieder ausgerichtet. Zum Einbringen des Kirschnerdrahtes werden zunächst das Mittel- und Endglied aufgefädelt und dann später der Kirschnerdraht retrograd in die Grundphalanx gebohrt. Anschließend wird der Streckapparat rekonstruiert. Es kann dabei eine Raffung der Strecksehne durch die Verkürzung der Knochenstrecke notwendig werden. Nach dem

spannungsfreien Wundverschluß mit Einzelknopfnähten wird ein steriler Verband angelegt. Zur Kontrolle der Lage des Kirschnerdrahtes wird intraoperativ eine Röntgenaufnahme angefertigt.



*Abb. 5: Schematische Darstellung der Resektions-Interpositions-Arthroplastik nach Hohmann*

*(digital bearbeitetes Bild, Vorbild aus der Homepage des St. Augustinus Krankenhaus Düren, [www. Marien-hospital-dueren.de](http://www.Marien-hospital-dueren.de))*

#### **1.3.2.1.3. Nachbehandlung**

Der Patient wird nach der Operation im Vorfußentlastungsschuh mobilisiert. Die Metallentfernung erfolgt nach zwei bis drei Wochen. Anschließend darf der Patient den Fuß voll belasten. Nach vollständigem Abschwellen des Fußes kann eine individuell angefertigte Schuheinlage mit Metatarsalbügel und Schmetterlingsrolle verordnet werden. Bei Bedarf kann nochmals eine Röntgenaufnahme angefertigt werden.

#### **1.3.2.2. PIP-Arthrodesse**

Die Arthrodesse des Interphalangealgelenkes hat in den letzten Jahren an Beliebtheit zugenommen und wird nun immer häufiger eingesetzt um Hammer- und Krallenzehen zu operieren (**Lehmann 1995**). Ziel der Methode ist, die Stabilität innerhalb der Zehe zu verbessern, um sich den belastenden Kräften zu widersetzen. Ist das proximale Interphalangealgelenk erst einmal versteift, kann der Musculus flexor digitorum longus das MTP-Gelenk stabilisieren (**Wolke 1999**). Ineffektive intrinsische Muskulatur kann so ausgeglichen werden. Als bedeutende Vorteile im Gegensatz zu den anderen

Operationstechniken sieht **Lehmann (1995)** sowohl den wachsenden Einfluss der langen Flexorsehne auf das MTP-Gelenk als auch ein geringeres Rezidivrisiko. **Ohm (1990)** sieht einen großen Vorteil darin, dass die Zehe nur um einen kleinen Anteil gekürzt werden muss.

Die PIP-Arthrodese wird bei besonders stark ausgeprägten Krallenzehendeformitäten eingesetzt (**Monson 1986**). Bei einem kontrakten oder subluxierten MTP-Gelenk wird die Arthrodese gegebenenfalls durch eine Kapsulotomie, eine Strecksehnenverlängerung, eine Tenotomie oder ein Release des MTP-Gelenkes ergänzt. **Young** konnte bereits **1938** nachweisen, dass zur Behandlung von Krallen- und Hammerzehen die Kombination eines Sehnentransfers mit einer Arthrodese des proximalen Interphalangealgelenkes zufriedenstellende Ergebnisse ergab.

Alternativ wird von **Giovinco** im Jahre **1996** eine „End-zu-End“ Arthrodese mit absorbierbarem Stift und Nahtfixation beschrieben. **Caterini (2004)** stabilisiert die Arthrodese des proximalen Interphalangealgelenkes erfolgreich mit einer intramedullären Titanschraube.

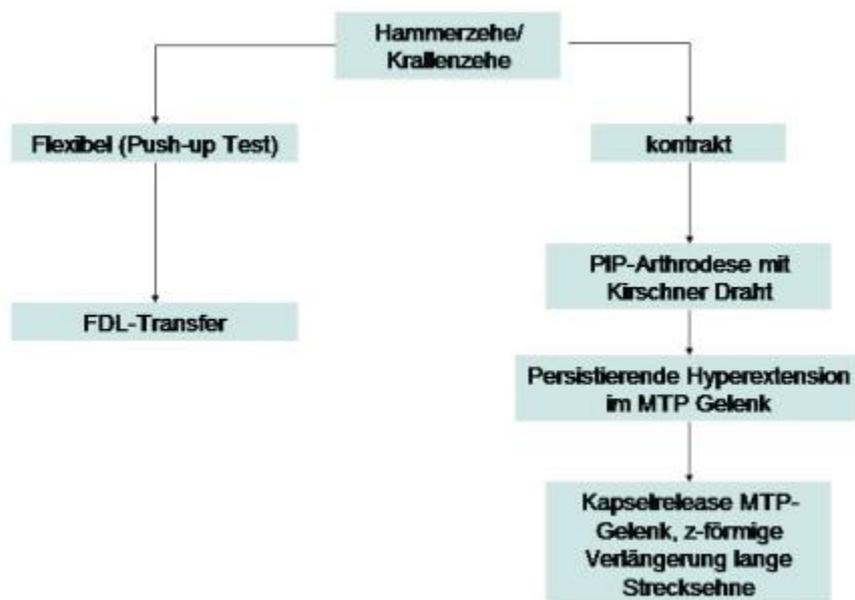


Abb. 6: Behandlungsstrategie Hammerzehe

(digital bearbeitetes Bild, Vorbild aus *Moderne Fußchirurgie, Vorfussdeformitäten-aktuelle Trends in der Orthopädie*, B. Philipps, M. Kaufmann, S. Berger, [www.ortholine.de](http://www.ortholine.de))



*Abb. 7a: Hammerzehen D2-4  
präoperativ ap*



*Abb. 7b.: Hammerzehen D2-4  
postoperativ ap*



*Abb. 8a: Hammerzehen D2-4 präoperativ seitlich*



*Abb. 8b: Hammerzehen D2-4 postoperativ seitlich*



*Abb. 9: Hammerzehe postoperativ nach PIP-Arthrodesis D2 ap  
(digital bearbeitetes Bild, Universität König-Ludwig-Haus Würzburg)*

#### **1.3.2.2.1. Operationstechnik**

Nach einem Hautschnitt wird der Streckapparat quer gespalten. Die Kollateralbänder werden abgelöst und die Gelenkflächen der proximalen und mittleren Phalanx werden freigelegt und reseziert. Das Mittel- und Endglied wird dann retrograd aufgefädelt, danach der Draht in das Grundglied eingebracht. Am Ende wird der Streckapparat vernäht und die Wunde verschlossen.

#### **1.3.2.2.2. Nachbehandlung**

Der Kirschnerdraht verbleibt bei regelmäßigem Verbandwechsel sechs Wochen. Für sechs Wochen wird ebenfalls ein Vorfußentlastungsschuh oder Verbandsschuh getragen.

#### **1.3.2.2.3. Nut- und Federarthrodese („Peg-in-Hole“ Technik)**

Eine weitere Form der PIP-Arthrodesis ist die „Peg-in-Hole“ Arthrodesis. Diese Methode schafft die wohl besten Voraussetzungen für eine vollkommene Arthrodesis, obwohl die Zehe im Vergleich zu anderen Methoden am stärksten gekürzt wird (**Gerbert 1986**). Von Vorteil ist im Gegensatz zur „End-zu-End“ Arthrodesis sowohl eine hohe knöcherne Konsolidierungsrate durch die Kontaktflächen der Knochen als auch eine

verbesserte Stabilität durch die Zapfentechnik (**Monson 1986**). Diese Technik begünstigt eine schnellere Heilung und führt seltener zu Pseudarthrosen als die „End-zu-End“ Technik (**Schlefman 1983, Lehman 1995**). Sie bevorzugen diese Technik, da sie eine höhere Rate an Fusionen und somit an Patientenzufriedenheit verspricht. Die „Peg-in-Hole“ Arthrodesse ist jedoch technisch aufwendiger durchzuführen und braucht intraoperativ mehr Zeit als die „End-zu-End“ Arthrodesse. Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens liegt in der langen Nachbehandlungszeit mit dem Vorfußentlastungsschuh. Eine Arthrodesse der vierten und fünften Zehe sollte individuell abgewogen werden, da Komplikationen durch direkten Kontakt mit dem Schuhwerk auftreten können.

#### **1.3.2.3.1. Operationsindikation**

**Schlefman (1983)** verwendet diese Operationstechnik bei der Krallenzehendeformität der zweiten Zehe in Verbindung mit einem unkorrigierten Hallux valgus oder Hallux valgus interphalangeus. Als Operationsindikation sind die isolierte kontrakte Krallenzehendeformität am zweiten bis vierten Strahl und die rheumatische Krallenzehendeformität zu sehen (**Wolke 1999**). Bei Rezidiven nach Resektionsarthroplastik und bei einem schmerzhaften Clavus über dem proximalen Interphalangealgelenk lässt sich die Nut- und Federarthrodesse ebenfalls einsetzen. Hingegen verwendet **Gerbert (1986)** diese Technik am liebsten nur beim Vorliegen einer überlangen zweiten oder dritten Zehe.

#### **1.3.2.3.2. Operationstechnik**

Es erfolgt ein dorsomedialer Hautschnitt über dem PIP-Gelenk bis zum MTP-Gelenk. Die Streckaponeurose wird dargestellt und die Strecksehne anschließend Z-förmig durchtrennt. Nachdem Kapsel und Kollateralbänder gelöst wurden, bringt man das PIP-Gelenk in eine starke Flexionsstellung, damit die mediale und laterale Kondyle der Grundphalanx reseziert werden können. Im Anschluss an die Resektion der plantaren Kondyle wird in einer dünnen Schicht das Köpfchen der Grundphalanx abgetragen. Es ist darauf zu achten, dass hierbei die dorsale Kortikalis zur Stabilitätssicherung erhalten bleibt. Als nächster Schritt wird der Knochenkanal im Mittelglied erweitert. Zur Vermeidung von postoperativen Komplikationen wie zum Beispiel einer Fehlstellung mit Dorsalextension der Mittel- und Endphalanx, sollte die Kortikalis nicht nach plantar

durchbrochen werden. Nachdem das distale Ende der Grundphalanx stiftförmig zugerichtet wurde, führt man es in rotierenden Bewegungen in den erweiterten Knochenkanal ein. Besteht ein kontraktives degeneratives MTP-Gelenk so werden zusätzlich die Gelenkkapsel und die Seitenbänder gelöst. Dann wird der Kirschnerdraht durch die mittlere Phalanx bis zur Zehenspitze gebohrt. Anschließend wird der Draht nun bei ineinandergesteckten Resektionsflächen bis in das Metatarsalköpfchen vorgebohrt, um so die kontrakte Zehe in einer bestimmten Ausrichtung zu fixieren. Die Strecksehne wird genäht und falls nötig verlängert. Nach intraoperativer Lagekontrolle des Drahtes wird der Draht gekürzt und um 90 Grad umgebogen und die Wunde verschlossen. **Schlefman (1983)**, **Wolke (1999)** und **Monson (1986)** beschreiben leichte Modifikationen der oben genannten Operationstechnik.

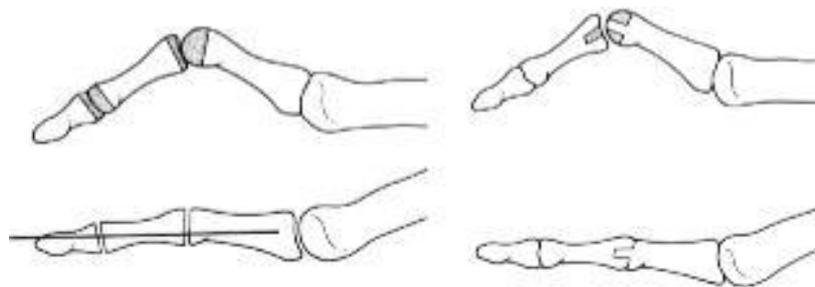


Abb. 10: „Peg-in-hole“ Arthrodesis mit Kirschnerdrahtfixation  
(digital bearbeitetes Bild, Vorbild aus Trauma und Berufskrankheit 2005, Arthrodesen im Fußbereich, K. Olms 2004)

#### 1.3.2.3.3. Nachbehandlung

**Monson (1986)** verwendete einen Verband und eine Gipsschiene, in der die Zehe in leichter Plantarflexion liegt, um Kontrakturen aufgrund von Narbenbildung und Fibrosierung vorzubeugen. Durchdringt der Kirschnerdraht zusätzlich das MTP-Gelenk, so sollte dieses, um Komplikationen zu umgehen, mit einem Vorfußentlastungsschuh und einem Filzpad unter dem dazugehörigen Metatarsalköpfchen ruhig gestellt werden. Bei den Nachuntersuchungen sollte jedes Mal besonders auf die Lage des Drahtes und auf Hautnekrosen bzw. -infektionen geachtet werden (**Monson 1986**). Nach ungefähr vier bis sechs Wochen kann nach einer Röntgenkontrollaufnahme zur Bestätigung fester knöcherner Konsolidierung der Kirschnerdraht ohne Lokalanästhesie mit rotierenden

Bewegungen entfernt werden. Der Patient darf in einem bequemen Schuh rasch zur Vollbelastung übergehen.

#### **1.3.2.4. Grenzen und Kontraindikationen der operativen Therapie**

Von einer alleinigen Operation nach Hohmann sollte abgesehen werden, wenn die Zehe im Grundgelenk luxiert ist oder wenn eine kontrakte Dorsalextension im Metatarsophalangealgelenk besteht. **Wolke (1999)** und **Young (1938)** vertreten die Meinung, dass eine PIP-Arthrodeese am fünften Strahl gut überdacht werden sollte, da es anschließend, besonders bei einem modischem Damenschuh zu Problemen kommen kann. Auch eine Arthrodeese der vierten Zehe sollte aus gleichem Grund individuell abgewogen werden (**Schlefman 1983**).

Eine Kontraindikation für eine Vorfußkorrektur stellt eine periphere arterielle Verschlusskrankheit dar. Hieraus würden eine Minderperfusion und dadurch vermehrt Wundheilungsstörungen resultieren. Erkrankungen wie der Diabetes mellitus stellen keine absolute Kontraindikation dar, die Indikation sollte aber aufgrund der Mikroangiopathie sorgfältig abgewogen werden. Eine weitere Kontraindikation stellt eine Zehenfehlstellung nach Resektionsarthroplastik mit großem Knochenverlust dar. Auch ein infizierter Clavus kann Anlass sein, von einer operativen Korrektur abzusehen.

#### **1.3.2.5. Komplikationen der operativen Therapie**

Postoperative Komplikationen sind meist das Ergebnis einer schlechten chirurgischen Operationstechnik oder einer ungeeigneten postoperativen Nachsorge. **Monson (1986)** berichtet, dass viele Komplikationen vom eingebrachten Kirschnerdraht ausgehen. Die häufigste Komplikation der „Peg-in-Hole“ Arthrodeese ist ein frakturierter Zapfen (**Schlefman 1983**). Ebenfalls kann der Draht durch vorzeitige Mobilisierung des Vorfußes brechen bzw. sich lockern oder der Stichkanal kann sich entzünden, so dass der Draht eventuell vorzeitig entfernt werden muss. In seltenen Fällen kann der Draht die dünne Knochenrinde der mittleren Phalanx plantar durchstoßen, so dass eine schlechte Ausrichtung der Zehe resultiert. Nachteilig wirkt sich eine fixierte Hyperextension im betroffenen Gelenk aus, da es dadurch plantar zu schmerzvollen Schwielen kommen kann (**Edwards 2002**). Dies kann man verhindern, indem nach

Einbringen des Kirschnerdrahtes die Zehe durch Biegen in die richtige Position gebracht wird. Häufige Komplikationen der Kirschnerdrahtosteosynthese stellen postoperative Infektionen, Nervenverletzungen, Sensibilitätsstörungen, ausgedehnte Schwellungen und eine verminderte Durchblutung der Zehe dar. **Reece (1987)** beschreibt, dass alle Infektionen, die mit Schwellung, Rötung und Schmerzen einhergehen, antibiotisch abgedeckt werden sollten. Auch eine tägliche Säuberung des sichtbaren Teils des Kirschnerdrahtes senkt die Infektionsgefahr postoperativ. Kürzt man eine überlange zweite Zehe zu stark, so führt es bei mangelnder Durchblutung der Zehe durch eine unsaubere Operationstechnik zu einem Ödem. Ebenso sind länger anhaltende Schwellungen nach zu rascher Mobilisation zu beobachten (**Wolke 1999**). Häufig beschreibt **Monson (1986)** auch eine übermäßige Narbenbildung und Fibrosierung und die daraus resultierende Bewegungseinschränkung im MTP-Gelenk. Wird der Knochen nicht vollständig durchbaut, kann eine Pseudarthrose resultieren. Verletzungen der Gefäßnervenbahnen können postoperativ zu einer avaskulären Nekrose führen.

#### **1.3.2.6. Die Therapie der flexiblen Hammerzehe**

Eine flexible Hammerzehe liegt nur dann vor, wenn das PIP-Gelenk im Stand passiv komplett korrigiert werden kann. Patienten mit einer milden Deformität entwickeln in der Regel keine Krallenzehe, da in diesem Fall das MTP-Gelenk nicht betroffen ist (**Coughlin 2002**). Nur selten sind im Gegensatz zur kontrakten Hammerzehe operative Eingriffe nötig (**Cracchiolo 1993**). Wenn operiert wird, ist oftmals ein alleiniger Weichteileingriff bei einer asymptomatischen Hammerzehe ausreichend um den Patienten zufrieden zu stellen (**Knecht 1974, Coughlin 1987**). Da die Ursache einer flexiblen Hammerzehe meist in einer Kontraktur der langen Beugesehne liegt, empfehlen **Coughlin (2002)** und **Edwards (2002)** bei leichter Deformität eine Strecksehnenverlängerung, eventuell ergänzend ein Release der MTP-Gelenkkapsel. Bei stärkerer Fehlstellung kann ein Beugesehnentransfer nützlich sein.

**Girdlestone (1947)** und **Parrish (1973)** sind der Meinung, dass bei einem gesunden MTP-Gelenk gelenkerhaltend operiert werden sollte. Ein Transfer des M. flexor digitorum longus und des M. flexor digitorum brevis verbessern die Stabilität des MTP-Gelenkes und stellen die Stabilität der intrinsischen Muskulatur wieder her. Auch

**Lapidus** beschreibt im Jahre **1939** eine Operation mit einer dorsalen Kapsulotomie im MTP- und beiden IP-Gelenken, in Verbindung mit einer plantaren Kapsulotomie der IP-Gelenke zur Korrektur der flexiblen Hammerzehe. **Knecht (1974)** reseziert bei Deformität des PIP-Gelenkes bzw. flexibler oder milder Deformität im MTP-Gelenk am liebsten das proximale Köpfchen. Eine Stabilisierung der geschwächten intrinsischen Muskulatur kann allerdings auf diese Art nicht erreicht werden. Deshalb wird diese Operationsmethode oftmals durch einen Transfer der langen Beugesehne und eine dorsale Kapsulotomie des MTP-Gelenkes ergänzt.

Sowohl die flexible als auch die kontrakte Krallenzehe der zweiten bis vierten Zehe operiert **Alvine (1980)** mit der „Peg-and-Dowel“ Fusion des PIP-Gelenkes. Die fünfte Zehe kann aufgrund einer schmalen Knochenarchitektur nicht auf diesem Wege operiert werden. Auch bei einem schwer kontrakten MTP-Gelenk sollte eine andere Operationsmethode gewählt werden.

#### **1.3.2.7. Die Therapie der kontrakten Hammerzehe**

Ist die Hammerzehe erst einmal fixiert, so kann nur noch ein knöcherner Eingriff die Beschwerden lindern. **Coughlin (2002)** und **Edwards (2002)** bevorzugen bei der kontrakten Hammerzehe die Arthrodesse des proximalen Interphalangealgelenkes. Eine andere Möglichkeit eine kontrakte schmerzhaft Hammerzehe zu therapieren, ist die Kondylenresektion an Grund- und Mittelphalanx, die eventuell mit einem Weichteileingriff kombiniert wird. Bei der Operation nach Hohmann wird die Grundphalanx am distalen Ende partiell reseziert (**Imhoff 2004**). **Conklin (1994)** entfernt teilweise die basale proximale Phalanx, während **McConnell (1975)** eine Diaphysektomie bevorzugt.

#### **1.3.2.8. Die Therapie bei Luxation bzw. Subluxation im MTP- Gelenk**

Ist die kontrakte Hammerzehe mit einer milden Dorsalflexion im MTP-Gelenk verbunden, so wird bei **Coughlin (2002)** eine Strecksehnenverlängerung durch ein Release des MTP-Gelenkes oder einen Beugesehnentransfer ergänzt. **Mann und Coughlin (1991)** kombinieren die Extensortenotomie mit einer dorsalen Kapsulotomie. Ein Kirschnerdraht durch das MTP-Gelenk kann die PIP-Arthrodesse zusätzlich stabilisieren. Ist die Fehlstellung im MTP-Gelenk so schwer, dass das Gelenk dabei

luxiert, kommen knöcherne Eingriffe wie z.B. eine Operation nach Weil zur Anwendung.

#### **1.3.2.9. Alternative Operationsmethoden**

Verkürzungsosteotomien des Metatarsale sind ebenso zur Therapie von Kleinzehendeformitäten geeignet. **Reikeras (1983)**, **Mann und Coughlin (1993)** beschreiben als Alternativmethode bei scharf umschriebener Metatarsalgie die plantare Kondylektomie. Als schnelle und leicht durchführbare Alternative zur Verbesserung jeder Art von Hammerzehen empfiehlt **McConnell (1975)** eine Diaphysektomie ohne Einführung eines Kirschnerdrahtes, so dass postoperativ keine rigide Zehe entsteht und sowohl die Funktion der Zehe als auch das äußere Erscheinungsbild kaum beeinträchtigt werden. Im Gegensatz zu anderen Techniken weist diese Methode eine geringere postoperative Morbidität auf. **Giovinco (1996)** erreicht mit absorbierbaren Pins im Markkanal der proximalen Phalanx eine „End-zu-End“ Arthrodesse der Kleinzehen. **Lapidus (1939)** konnte mit einer dorsalen Keilresektion des proximalen Interphalangealgelenkes die Fehlstellung erfolgreich korrigieren.

#### **1.4. Fragestellung**

In der vorliegenden Studie werden unsere Ergebnisse der operativen Therapie der kontrakten Krallenzehendeformität der Kleinzehen mittels PIP-Arthrodesse dargestellt und mit anderen operativen Methoden aus der Literatur verglichen.

## 2. MATERIAL UND METHODIK

### 2.1. Patientenkollektiv

#### 2.1.1. Gesamtkollektiv

Im Zeitraum vom Januar 2000 bis zum November 2002 wurden an der Orthopädischen Klinik der Universität Würzburg, König-Ludwig-Haus, 77 Patienten mit Kleinzehendeformitäten mittels PIP-Arthrodeese therapiert. Ausgeschlossen wurden von der Studie Patienten, die an rheumatischen Gelenkerkrankungen, wie zum Beispiel der chronischen Polyarthrititis leiden.

56 Patienten (67 Füße, 89 Zehen) wurden klinisch und röntgenologisch nachuntersucht. 21 Patienten konnten für eine Nachuntersuchung nicht gewonnen werden. Davon lehnten 17 Patienten aus persönlichen Gründen die Untersuchung ab, 2 Patienten waren unbekannt verzogen und 2 Patienten waren bereits verstorben.

Der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum lag bei 36 Monaten (9 bis 84 Monate).

#### 2.1.2. Geschlechterverhältnis und Altersverteilung

Von den 56 nachuntersuchten Patienten waren 50 (89,3%) weiblichen und 6 (10,7%) männlichen Geschlechts. Somit überwiegt der Anteil der weiblichen Patienten um ungefähr das 8,3 fache.

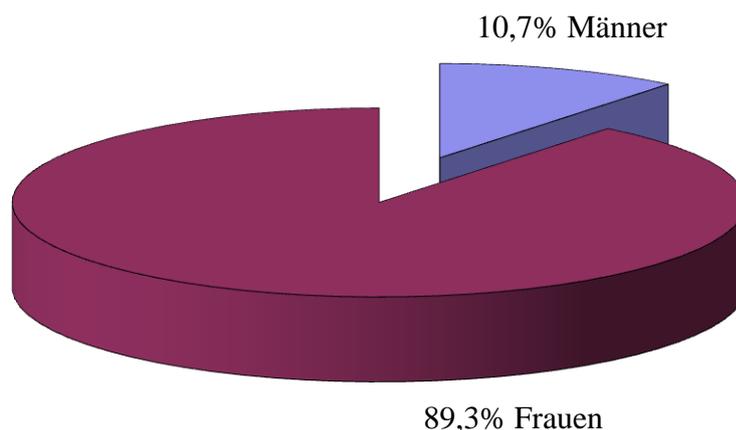


Abb. 11: Geschlechterverhältnis

Das Durchschnittsalter der Patienten betrug zum Zeitpunkt des Eingriffes 56,4 Jahre. Die Frauen waren im Durchschnitt 56,3 Jahre und die Männer 57,4 Jahre alt. Der jüngste Patient war 31 Jahre, der älteste 80 Jahre alt.

Die Altersstruktur gliedert sich wie folgt zum Zeitpunkt der Operation:

4 Patienten waren jünger als 40 Jahre, 13 Patienten waren zwischen 41 und 50 Jahren, 31 Patienten zwischen 51 und 60 Jahren und 13 Patienten zwischen 61 und 70 Jahren alt. Nur 6 Patienten waren älter als 70 Jahre.

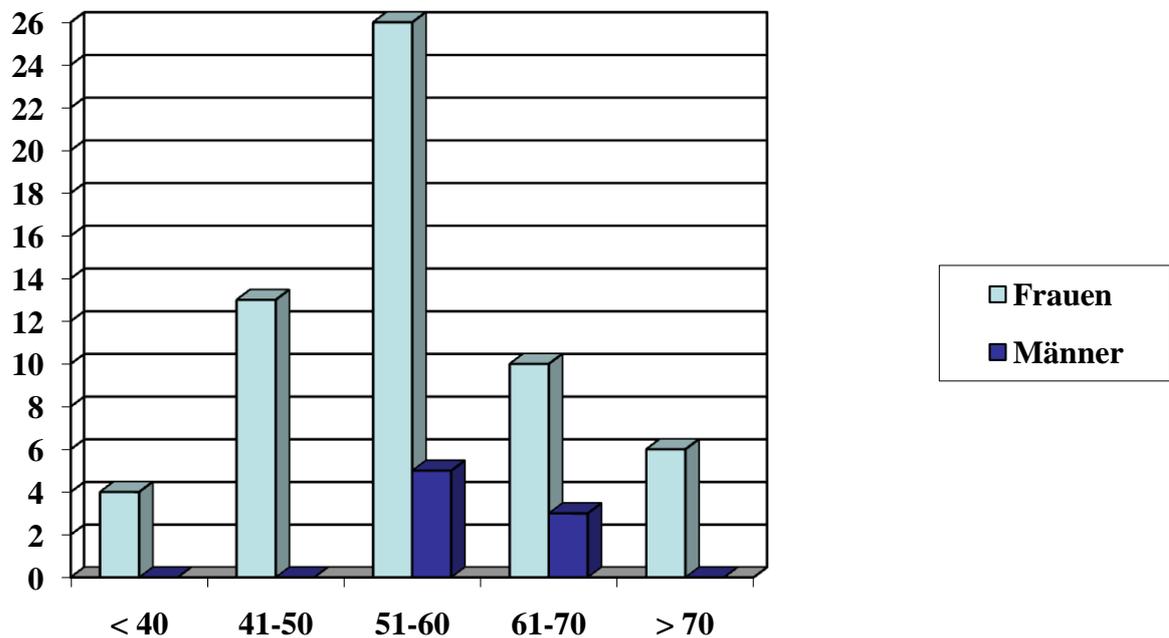


Abb. 12: Altersstruktur

### 2.1.3. Seitenvergleich

10 Patienten wurden an beiden Füßen, 1 Patient am gleichen Fuß zu unterschiedlichen Zeitpunkten operiert.

Von den 67 operierten Füßen waren der rechte Fuß 32 Mal (47,8%) und der linke Fuß 35 Mal (52,2%) betroffen.

### 2.2. Untersuchungsbögen

Um ein umfassendes Bild über die Deformität, die Beschwerden des Patienten, den Verlauf der Erkrankung nach der Operation und die Lebensqualität des jeweiligen Betroffenen zu bekommen, wurde mittels standardisierter Fragebögen nachuntersucht.

In einem „perioperativen Erhebungsbogen“ wurden das Patientenalter bei Operation, Geschlecht, Operationsdatum, betroffener Vorfuß und Zehe(n), Operationsverfahren, zusätzliche Eingriffe an Groß- und Kleinzehe(n), Nachbehandlung und Komplikationen nach dem Eingriff erfasst. Bei der Nachuntersuchung selbst, wurden in einem „Anamnesebogen“ Geschlecht, Erstvorstellung im König-Ludwig-Haus, Alter bei Nachuntersuchung, Begleiterkrankungen und Familienanamnese des Patienten erhoben. Diese Fragebögen wurden durch den AOFAS-Vorfußscore Fragebogen, welcher sowohl subjektive als auch objektive Anteile enthält, ergänzt (**Kitaoka 1994**).

### **2.3. Klinische Untersuchung**

Zuerst wurden Rumpf, Beine und Füße vergleichend im Stand beurteilt. Hier wurde auf mögliche Skoliosehaltungen mit Beckenschiefstand, bestehende Beinlängendifferenzen, Hüft- oder Kniegelenkerkrankungen sowie auch auf Muskelatrophien, Weichteilschwellungen oder Narben geachtet. Beim Barfußgehen wurde die natürliche Abrollbewegung des Fußes beobachtet. Anschließend wurden die Fußform wie Spreiz-, Senk-, oder Knickfuß sowie auch die Breite des Vorfußes, Fußrücken, Weichteilmantel, Rückfuß und die Fuß- und Zehenstellung beurteilt. Am Fuß wurde auf trophische Hautveränderungen, Narben, Druckstellen, Schwellungen und Beschwielung, Clavi und eventuell bestehende Infektionszeichen geachtet. Bei allen Patienten wurde die Sensibilität überprüft.

Die Bewegungsausmaße der Gelenke wurden in der folgenden Funktionsprüfung ermittelt und in Graden festgehalten. Im Stand wurde eine 0-5° Valgusstellung des Rückfußes im Vergleich zur Längsachse der Tibia als physiologisch eingestuft. Fehlstellungen der Fersenbeinachse wurden als Pes planovalgus bzw. Rückfußvarus festgehalten.

Die Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk wurde anschließend am liegenden Patienten mit gestrecktem und gebeugtem Knie untersucht. Ausgemessen und in Graden festgehalten wurde die Beweglichkeit des betroffenen MTP- und IP-Gelenkes in Dorsalextension und Plantarflexion.

Beim Push-Up-Test wurde untersucht, ob eine Hyperextension im MTP-Gelenk und eine gleichzeitig bestehende Hyperflexion im PIP-Gelenk passiv noch auszugleichen waren.

Zuletzt wurde durch Palpation der Mittelfußköpfchen eine Metatarsalgie ausgeschlossen.

## **2.4. Röntgenuntersuchung**

### **2.4.1. Röntgentechniken und radiologische Befunde**

Die Röntgendiagnostik dient neben der Diagnosesicherung dem Ausschluss von knöchernen Veränderungen. Durch die Röntgenaufnahmen wird die Auswahl des geeigneten Operationsverfahrens erleichtert. Hierbei können vor allem Subluxationen und Dislokationen der Gelenke gut erfasst werden. Insbesondere auf der seitlichen Aufnahme sind Zehenfehlstellungen gut zu erkennen, auch wenn Überlagerungen der benachbarten Zehen die Beurteilung erschweren. Im dorsoplantaren Strahlengang kann man die Stellung der MTP-Gelenke hinsichtlich einer Subluxation oder einer vollständigen Luxation gut beurteilen. Die Interphalangealgelenke sind jedoch weniger gut einsehbar. Wichtig ist es, die Füße im Stehen zu röntgen, da nur unter Belastung der natürliche Funktionszustand des Fußes wiedergegeben werden kann.

Im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung wurden Röntgenbilder des betroffenen Vorfußes im anteriorposterioren und seitlichem Strahlengang im Stehen unter Belastung angefertigt. Diese Vorfußaufnahmen wurden ebenso wie die prä- und postoperativ angefertigten Röntgenaufnahmen verglichen und anschließend befundet.

### **2.4.2. Metatarsalindex**

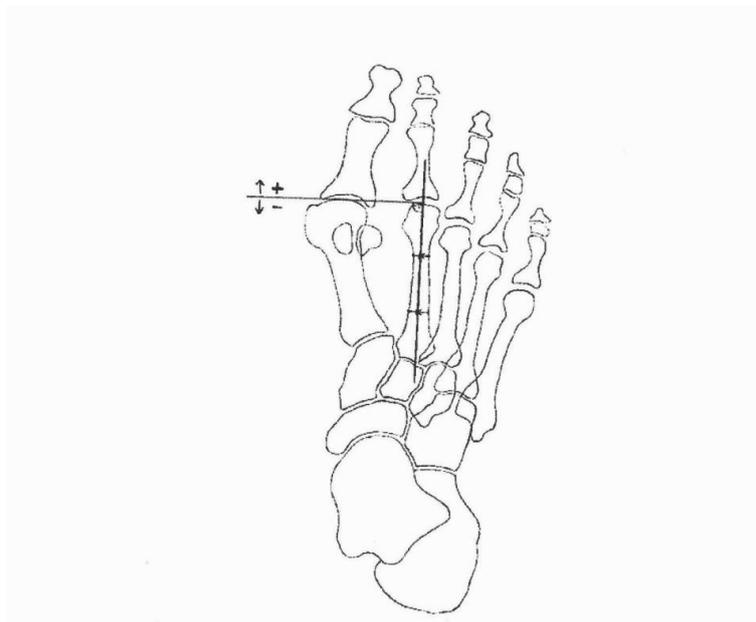
Der Metatarsalindex wird auf der dorsoplantaren Belastungsaufnahme durch das Längenverhältnis von erstem und zweitem Metatarsale bestimmt. Ebenso wird die Stellung der Metatarsalköpfchen zueinander beurteilt. Nach **Eulert (1986)**, **Nilsonne (1930)** und **Steinböck (1993)** können verschiedene Meßmethoden zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Der individuelle Index ergibt sich aus der Lage des ersten zum zweiten Metatarsalköpfchen. Liegen beide auf gleicher Höhe, bezeichnen **Lelièvre (1971)**, **Nilsonne (1930)** und **Viladot (1979)** dies als „Index-Plus-Minus-Variante“. Liegt das zweite Metatarsalköpfchen weiter distal wird dies „Index-Plus-Variante“ genannt. Eine „Index-Minus-Variante“ liegt dann vor, wenn das zweite Metatarsalköpfchen weiter

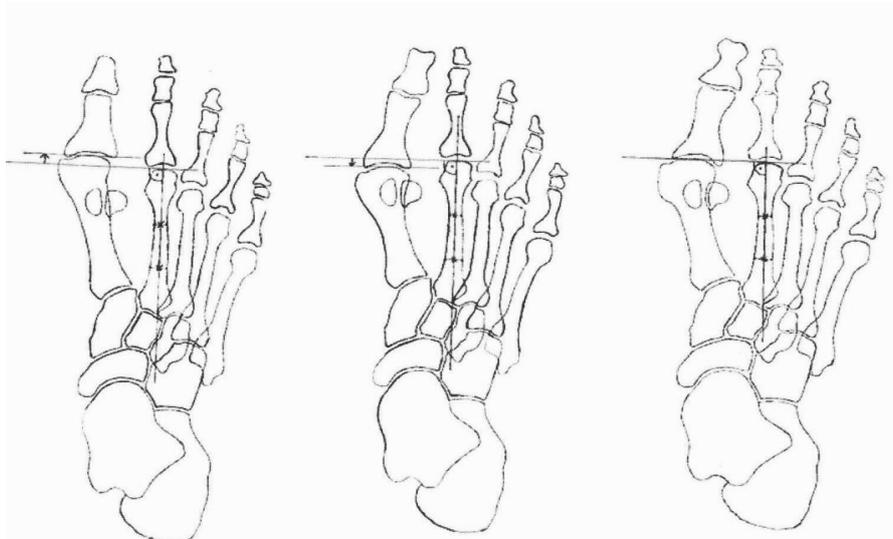
proximal als das zweite liegt. Das Os metatarsale I ist dann kürzer als das Os metatarsale II.

Da diese Methode nur ungefähr das Längenverhältnis des ersten Metatarsale zu den anderen bestimmt, versuchten es weitere Autoren wie zum Beispiel Nilsonne 1930 (**Eulert 1986**) mit genaueren Meßmethoden. Hier kann mittels einer Linie senkrecht zum zweiten Metatarsale der Metatarsalindex berechnet werden.

Als eine alternative Bestimmungsmethode kann eine parabelförmige Verbindungslinie zwischen den distalen Enden der Metatarsalköpfchen gezogen werden und so der Metatarsalindex bestimmt werden (**Wanivenhaus 1988**). Bei der Bewertung des Metatarsalindex ist zu beachten, dass die Länge der Metatarsalia von deren Plantarneigung abhängt. Der Metatarsalindex hat nach **Eulert und Mau (1986)** auch bei einem Hallux valgus eine große Bedeutung, da eine „Plus-Minus-Variante“ nach einer Operation an der Großzehe besonders günstig ist. **Nilsonne (1930)** konnte nachweisen, dass die Mehrheit der „normalen Füße“ eine „Index-Minus-Variante“ aufweisen, bei einem Hallux valgus et rigidus aber vermehrt „Index-Plus-Varianten“ vorkommen.



*Abb. 13: Metatarsalindex nach Nilsonne (1930)*



*“Index-Plus-Variante” “Index-Minus-Variante” “Index-Plus-Minus-Variante”*

*Abb. 14.: Metatarsalindex nach Nilsson (1930)*

### **2.4.3. Knöcherne Konsolidierung der Arthrodes**

Bei der Nachuntersuchung wurde der knöcherne Durchbau der Arthrodes im Röntgenbild bewertet. „Union“ bezeichnet eine Arthrodes die komplett knöchern konsolidiert ist. Unter „Non Union“ versteht man eine Arthrodes ohne vollständigen knöchernen Durchbau, womit dann eine straffe Pseudarthrose vorliegt.

### **2.5. Kitaoka Score**

**Kitaoka** veröffentlichte im Jahre **1994** einen Bewertungsbogen, den „Lesser Toe Metatarsophalangeal-Interphalangeal Scale“, der sowohl subjektive als auch objektive Gesichtspunkte enthält um Schmerz, Funktion und Ausrichtung der Zehe zu beschreiben. Dieser wurde von der „American Orthopaedic Foot and Ankle Society“ entwickelt. Er ist so beschaffen, dass Röntgenaufnahmen nicht in die Bewertung mit eingehen. Er ist streng klinisch orientiert und kann leicht ohne Hilfsmittel erstellt werden. Mit diesem Bewertungsbogen können verschiedene Behandlungsmethoden bei dem gleichen Krankheitsbild miteinander verglichen werden. Wenn man den Score vor einer bestimmten Behandlung einsetzt, kann man anschließend in verschiedenen Intervallen den Behandlungserfolg bewerten.

Ein Patient erreicht die maximale Punktzahl von insgesamt 100 Punkten, wenn er postoperativ völlig schmerzfrei und in seinen täglichen Freizeitaktivitäten sowie in der

Wahl seines Schuhwerkes nicht eingeschränkt ist. Die IP- und MTP-Gelenke sollten volle Beweglichkeit und Stabilität besitzen und die Großzehe sollte gut ausgerichtet sein.

Die **Auswertung** richtet sich nach folgender Einteilung:

Exzellent	<b>91- 100 Punkte</b>
Gut	<b>71- 90 Punkte</b>
Befriedigend	<b>61- 70 Punkte</b>
Schlecht	<b>&lt; 61 Punkte</b>

*Anhang 1: „Lesser toe Metatarsophalageal-Interphalangeal Scale“ (Kitaoka 1994)*

### 3. ERGEBNISSE

#### 3.1. Klinische Untersuchung

In der Folge werden die Ergebnisse des „Perioperativen Erhebungsbogens“, des „Anamnesebogens“, des „Nachuntersuchungsbogens“ sowie des Kitaoka Scores zusammenfassend aufgeführt (siehe auch Punkte 2.2. und 2.5.).

##### 3.1.1. Perioperativer Erhebungsbogen

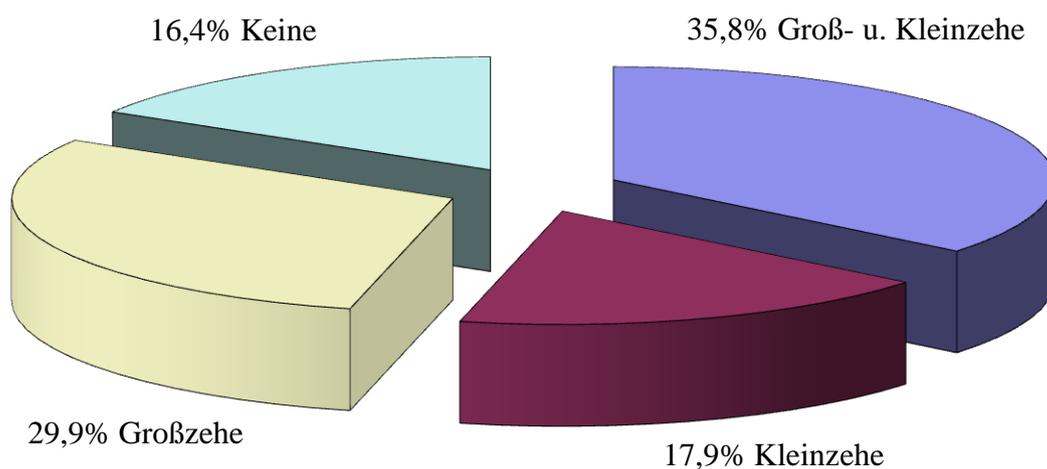
*Anhang 2: Perioperativer Erhebungsbogen*

###### 3.1.1.1. Operationsverfahren

Insgesamt wurden 89 Zehen an 67 Füßen operativ mittels einer PIP-Arthrodese behandelt.

###### 3.1.1.2. Zusätzlich durchgeführte Eingriffe

24 der Patienten (35,8%) wurden sowohl an der Kleinzehe als auch an der Großzehe gleichzeitig operiert. Die Großzehe wurde in 20 Fällen (29,9%) zusätzlich noch am gleichen Tag mit korrigiert. Ergänzende Eingriffe an der Kleinzehe wurden in 17,9% (n=12) nötig. In 16,4% (n=11) konnte auf zusätzlich durchgeführte Eingriffe verzichtet werden.



*Abb. 15: Zusätzlich durchgeführte Eingriffe*

### 3.1.1.3. Anzahl der operierten Zehen

Am häufigsten wurde mit 62,9% (n=56) die zweite Zehe operiert. Die dritte Zehe wurde in 18,0% (n=16) operativ angegangen. Weitaus weniger Eingriffe wurden an der vierten Zehe mit 12,4% (n=11) und an der fünften Zehe mit 6,7% (n=6) durchgeführt.

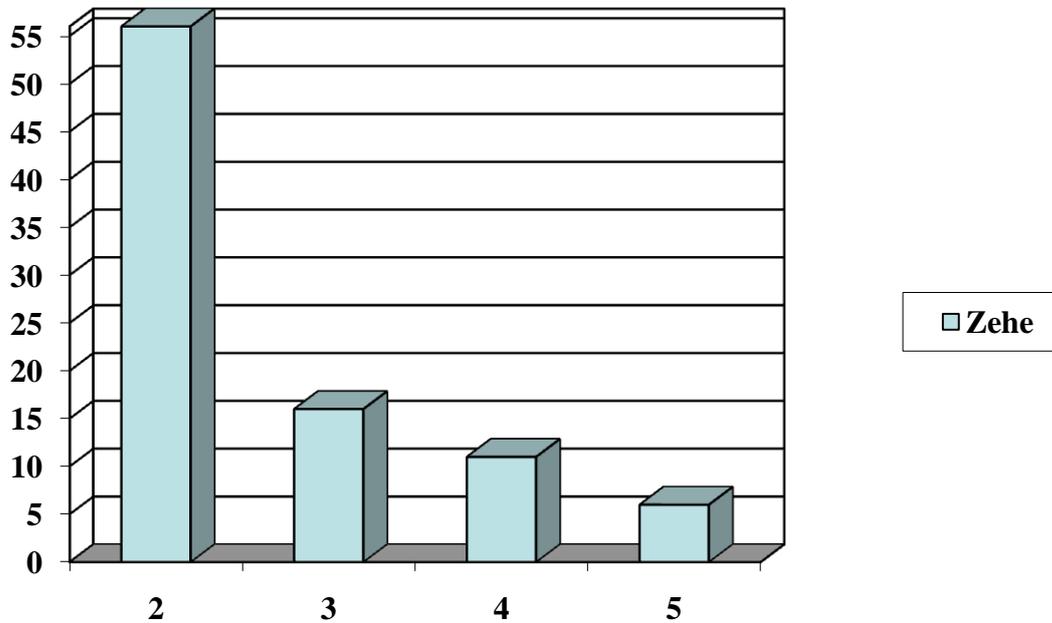


Abb. 16: Anzahl der operierten Zehen

### 3.1.1.4. Zusätzliche Eingriffe an der Großzehe

Oftmals wurde die Kleinzehe nicht alleine operiert. Meistens wurden auch noch Fehlstellungen an der Großzehe in der gleichen Sitzung operiert. Bei 34,2% der Patienten (n=23) wurde keine Operation an der Großzehe durchgeführt.

Nachfolgende Tabelle zeigt auf, welche Eingriffe an der Großzehe am häufigsten durchgeführt wurden.

Operationsmethode an der Großzehe	n	%
Keine zusätzlichen Operationen an der Großzehe	23	34,3
Chevron	21	31,3
Arthrodesese	8	11,9
Scarf	7	10,5
Chevron und Exostosenabtragung	4	6,0

Korrekturosteotomie Reverdin	1	1,5
Emmertplastik medial und Korrekturosteotomie Reverdin	1	1,5
Akin mit Verkürzung und Chevron	1	1,5
Exostosenabtragung	1	1,5

Abb. 17: Zusätzliche Eingriffe an der Großzehe

### 3.1.1.5. Zusätzliche Eingriffe an der Kleinzehe

Neben der Arthrodesse wurden oftmals noch weitere Eingriffe an den Kleinzehen durchgeführt. Nachfolgende Tabelle zeigt zusätzliche Eingriffe, die an den Kleinzehen durchgeführt wurden, auf.

Operationsmethode an der Kleinzehe	n	%
Keine zusätzlichen Operationen an der Kleinzehe	31	46,3
Weil, Verkürzungsosteotomie	19	28,4
Chevron am fünftem Strahl	2	3,0
Weichteileingriff, Kapselrelease, dorsale Arthrolyse am ZGG	2	3,0
Streckzehenverlängerung	2	3,0
Weil, Verkürzungsosteotomie und Strecksehnenverlängerung	2	3,0
Exostosenabtragung und Weil, Verkürzungsosteotomie	1	1,5
Remodeling	1	1,5
Sehnentransfer und Weil, Verkürzungsosteotomie	1	1,5
Gocht und Weil, Verkürzungsosteotomie	1	1,5
Emmertplastik medial/ lateral	1	1,5
Exherese des interdigitalen Nervs	1	1,5
Arthrodesse DIP	1	1,5
Exostosenabtragung und Weichteileingriff	1	1,5
Weil, Verkürzungsosteotomie und Streckzehenverlängerung und Kapselrelease, dorsale Arthrolyse ZGG	1	1,5

Abb. 18: Zusätzliche Eingriffe an der Kleinzehe

### 3.1.1.6. Nachbehandlung

Von den 67 operierten Füßen wurden 57 Füße (85,1%) postoperativ mit einer Gipsschale und einem Vorfußentlastungsschuh versorgt. Bei 9 Patienten (13,4%) wurde keine Gipsschale angefertigt, sie wurden aber mit einem Vorfußentlastungsschuh nach Hause entlassen. Bei nur einem Patienten (1,5%) wurde lediglich eine Gipsschale postoperativ angefertigt, der Patient erhielt keinen Vorfußentlastungsschuh.

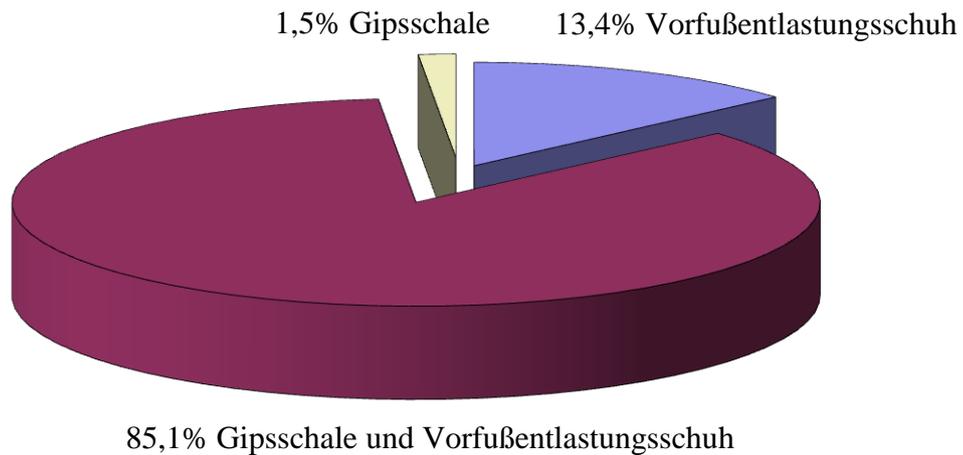


Abb. 19: Nachbehandlung

### 3.1.1.7. Gipsdauer in Tagen

Bei 9 Patienten (13,4%) konnte die Gipsdauer nicht mehr nachvollzogen werden. Die längste Tragedauer betrug 42 Tage, die kürzeste betrug 7 Tage. Im Durchschnitt wurde die Gipsschale 13 Tage getragen. Die genaueren Werte sind in nachfolgender Graphik aufgeführt.

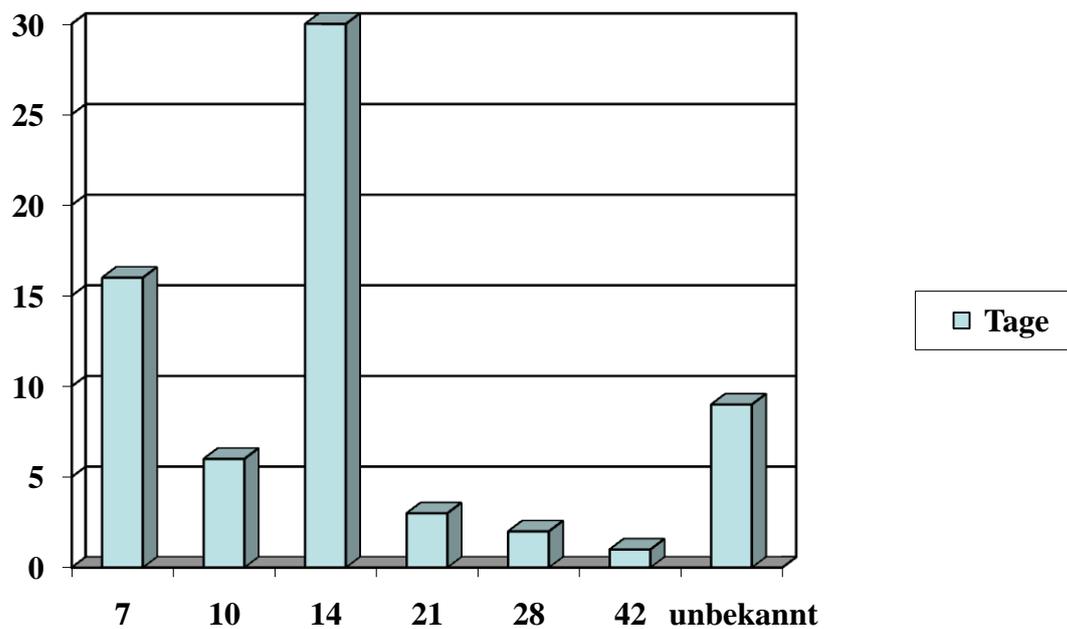


Abb. 20: Gipsdauer in Tagen

### 3.1.1.8. Vorfußentlastungsschuh in Tagen

Im Durchschnitt wurde der Vorfußentlastungsschuh 42,5 Tage von den Patienten getragen. 1 Patient trug seinen Schuh mit 77 Tagen am längsten, 5 Patienten trugen den Schuh mit 28 Tagen am kürzesten.

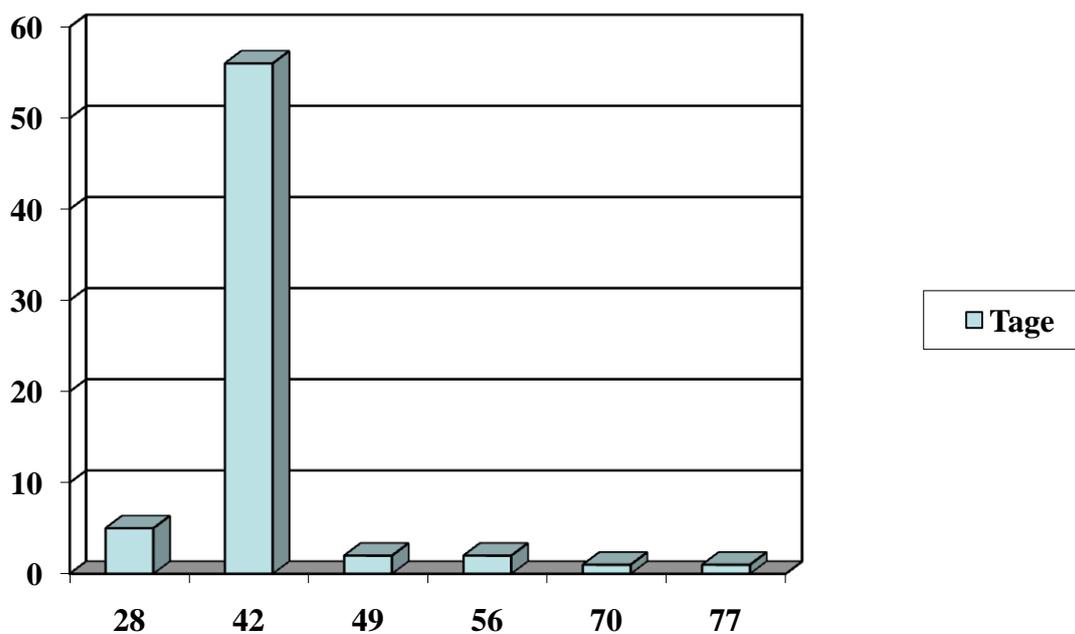


Abb. 21: Vorfußentlastungsschuh in Tagen

### 3.1.1.9. Postoperative Komplikationen

Postoperative Komplikationen wie Infekte oder Wundheilungsstörungen waren sehr selten. Nur bei einem Patienten (1,5%) wurde postoperativ eine Wundinfektion festgestellt. Bei 2 Patienten (3,0%) traten Wundheilungsstörungen nach der Vorfußoperation auf. In 64 (95,5%) der vorliegenden Fälle konnten keine Komplikationen beobachtet werden.

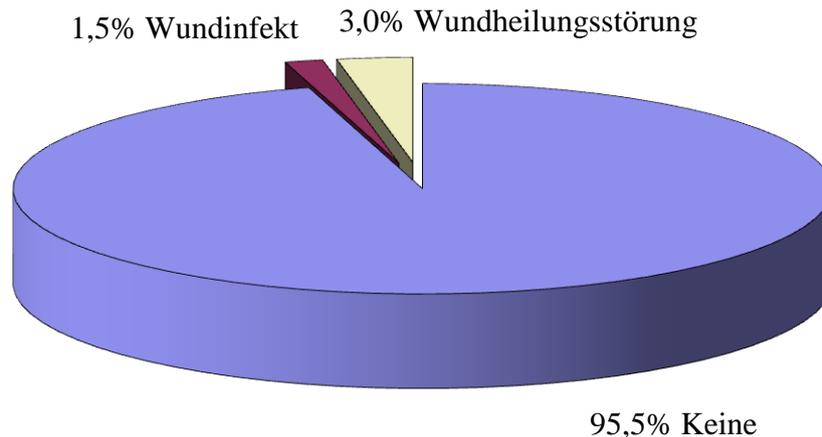


Abb. 22: Postoperative Komplikationen

### 3.1.2. Anamnesebogen

Anhang 3: Anamnesebogen

#### 3.1.2.1. Begleiterkrankungen

In 58 Fällen (86,6%) konnte keine Begleiterkrankung bei den jeweiligen Patienten festgestellt werden. Je 2 Patienten (3,0%) litten an Diabetes mellitus und Myasthenia gravis. Begleiterkrankungen wie eine Fibromyalgie, Schlaganfall, Spastische Parese, Morbus Parkinson, ein frisches Trauma traten jeweils einmal (1,5%) bei den übrigen 5 Patienten auf.

#### 3.1.2.2. Familienanamnese

Bei 22 Patienten (33,3%) fand sich in der Familienanamnese eine Vorfußdeformität. Auch der Diabetes mellitus kam mit 7 Fällen (10,6%) familiär gehäuft vor. Diese beiden Krankheitsbilder wurden bei 5 Patienten (7,6%) gemeinsam gefunden. In 1 Fall (1,5%)

trat in der Familienanamnese eine chronische Polyarthrit auf. In 32 Fällen (48,5%) war die Familienanamnese bezüglich einer Vorfußdeformität leer.

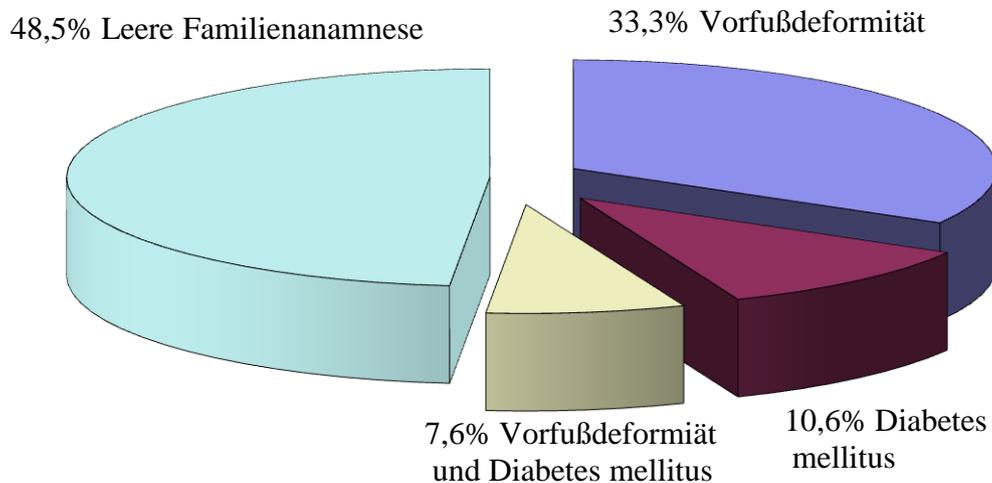


Abb. 23: Familienanamnese

### 3.1.3. Nachuntersuchungsbogen

Anhang 4: Nachuntersuchungsbogen

#### 3.1.3.1. Rückfuß

71,6 % (n=48) der Patienten zeigten eine normale Rückfußstellung, während sich bei 19 Patienten (28,4%) der Rückfuß in einer Valgusstellung befand. Eine Varusstellung des Rückfußes wurde bei keinem Patienten festgestellt.

#### 3.1.3.2. Fußstellung

Am häufigsten vertreten war bei 58 Patienten (86,6%) ein für Vorfußdeformitäten typischer Spreizfuß. Eine normale Fußstellung war in 7 Fällen (10,4%) feststellbar, während 2 Patienten (3,0%) des Kollektivs einen Plattfuß aufwiesen.

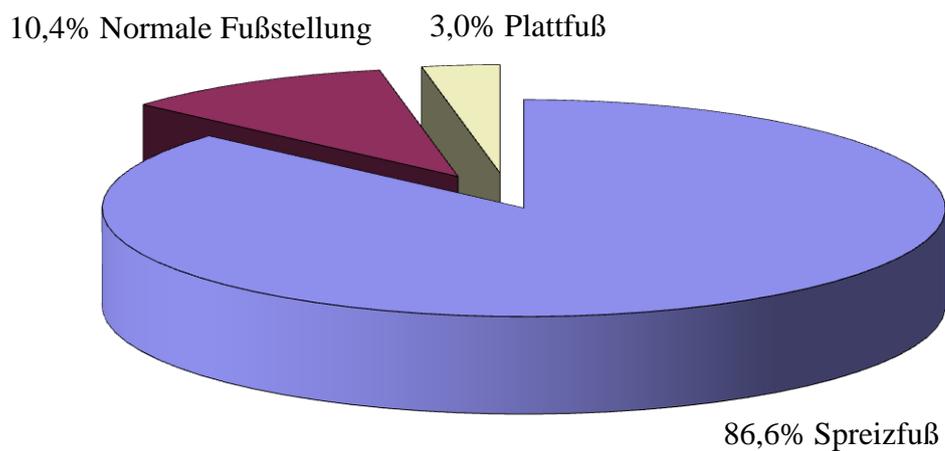


Abb. 24: Fußstellung

### 3.1.3.3. Rezidivoperation

Von 89 operierten Zehen war bei 3 (3,4%) eine Reoperation an der zuvor betroffenen Zehe erforderlich. In 3 Fällen war eine erneute operative Therapie einer Zehe notwendig. Es erfolgte eine Operation nach Hohmann, eine Operation nach Weil und eine PIP-Arthrodese. Die Rezidivoperation war aufgrund von Schmerzen und Aktivitätseinschränkung sowie Metatarsalgie indiziert.

### 3.1.3.4. Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk

Der Bewegungsumfang im oberen Sprunggelenk wurde in Graden festgehalten und ist aus nachfolgender Tabelle zu entnehmen.

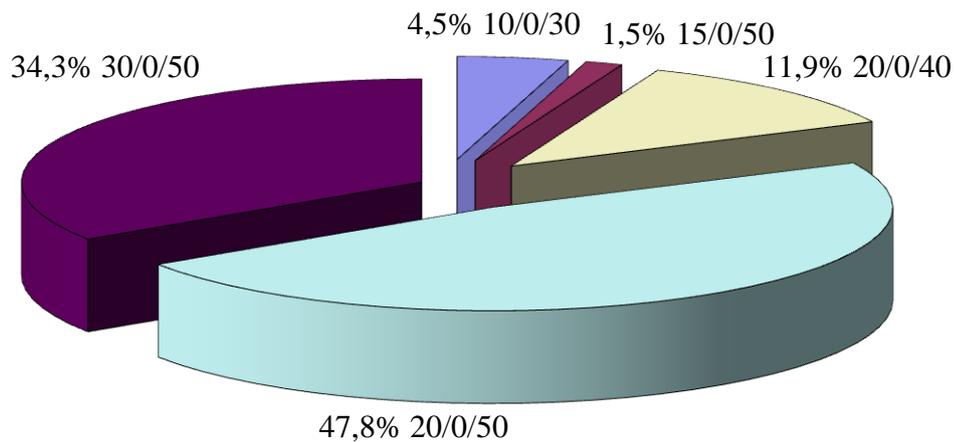


Abb. 25: Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk

### 3.1.3.5. Metatarsalgie

Bei 88,1% (n=59) der Patienten konnte keine Metatarsalgie festgestellt werden. 8 Patienten (11,9%) klagten über Schmerzen im Bereich der Metatarsalköpfchen.

### 3.1.3.6. Narbenveränderungen

Der überwiegende Teil der Patienten (97,0%, n=65) wies postoperativ reizlose Narbenverhältnisse auf. Lediglich 2 (3,0%) Patienten hatten Narbenkontrakturen, jedoch ohne die Notwendigkeit einer Reoperation.

### 3.1.3.7. Plantare Beschwiellung

In 31 Fällen (46,3%) konnte postoperativ eine vermehrte plantare Beschwiellung unter den Mittelfußköpfchen zwei bis vier beobachtet werden. 36 Patienten (53,7%) zeigten eine normale Beschwiellung.

### 3.1.4. Kitaoka Score

Wie bereits in Punkt 2.6. erwähnt, beinhaltet der Score sowohl subjektive als auch objektive Parameter, die die postoperativen Beschwerden des Patienten und den klinischen Zustand nach der Operation erfassen sollen. Radiologische Verfahren werden in diesen Score nicht mit einbezogen.

Anhang 1: „Lesser toe Metatarsophalangeal-Interphalangeal Scale“ (Kitaoka 1994)

### 3.1.4.1. Subjektive Parameter

Hier werden die subjektiven Angaben wie „Schmerz“, „Aktivitätseinschränkung“ und „Schuhwerk“ von den nachuntersuchten Patienten selbstständig postoperativ bewertet.

#### 3.1.4.1.1. Schmerz

Einer der wohl wichtigsten Parameter ist die subjektive Schmerzempfindung. So gab die Mehrheit der Patienten (37 Patienten, 55,2%) an, keine Beschwerden mehr zu haben. 21 Patienten (31,3%) klagten bei der Nachuntersuchung über gelegentlich leichten Schmerz, weitere 6 Patienten (9,0%) beschrieben einen geringen Schmerz, der allerdings täglich bestand. Die 3 verbleibenden Patienten (4,5%) berichteten über einen starken, meist immer vorhandenen Schmerz.

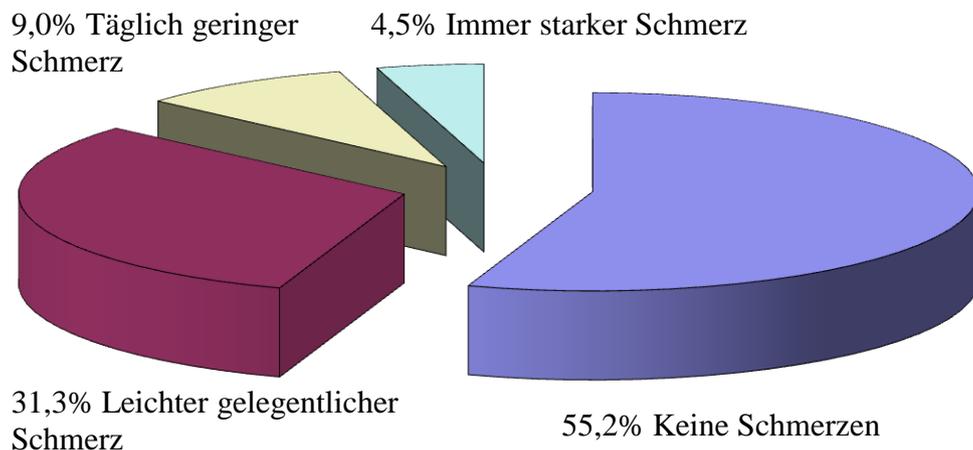


Abb. 26: Schmerz

#### 3.1.4.1.2. Aktivitätseinschränkung

Von 67 nachuntersuchten Patienten wiesen 39 (58,2%) keine Aktivitätseinschränkung im täglichen Leben auf. 23 Patienten (34,3%) stellten eine Einschränkung in den Freizeitaktivitäten, jedoch nicht in den täglichen oder beruflichen Aktivitäten fest.

3 Patienten (4,5%) klagten über allgemeine Einschränkungen in fast allen Bereichen. Bei 2 Patienten wurden komplexe Fußkorrekturen durchgeführt, einer hatte ein akutes Trauma.

Bei 1 Patient (3,0%), welcher an beiden Füßen operiert wurde, konnten schwere Einschränkungen sowohl im beruflichen Alltag als auch in der Freizeit vermerkt

werden. Er war postoperativ an einer Myasthenia gravis erkrankt, hatte bei zusätzlicher Polyneuropathie starke Schmerzen beim Auftreten und war somit stark in seinen Freizeitaktivitäten eingeschränkt.

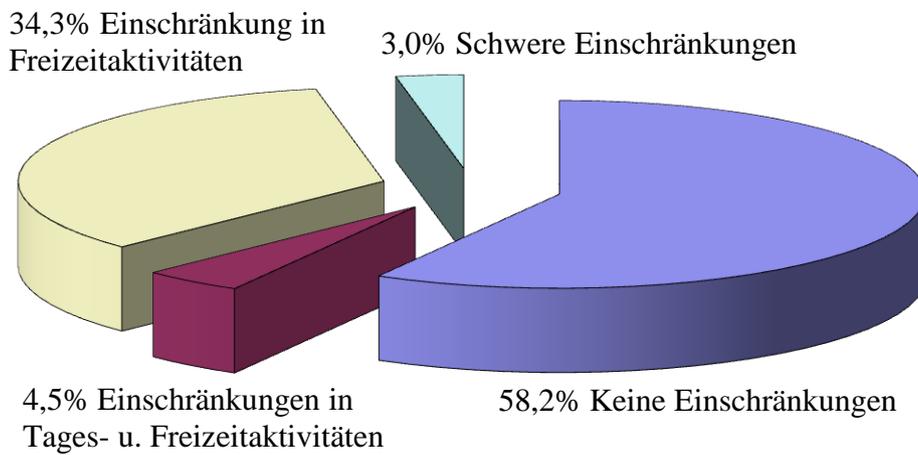


Abb. 27: Aktivitätseinschränkung

### 3.1.4.1.3. Schuhwerk

21 Patienten (31,3%) konnten postoperativ uneingeschränkt konventionelles Schuhwerk ohne Einlagen tragen. Bevorzugt getragen wurden von 43 Patienten (64,2%) bequeme Schuhe mit Einlegesohlen. Lediglich in 3 Fällen (4,5%) musste spezielles orthopädisches Schuhwerk angefertigt werden. In 2 Fällen war die Ursache eine komplexe Fußdeformität, in einem Fall eine neurogene Fußdeformität.

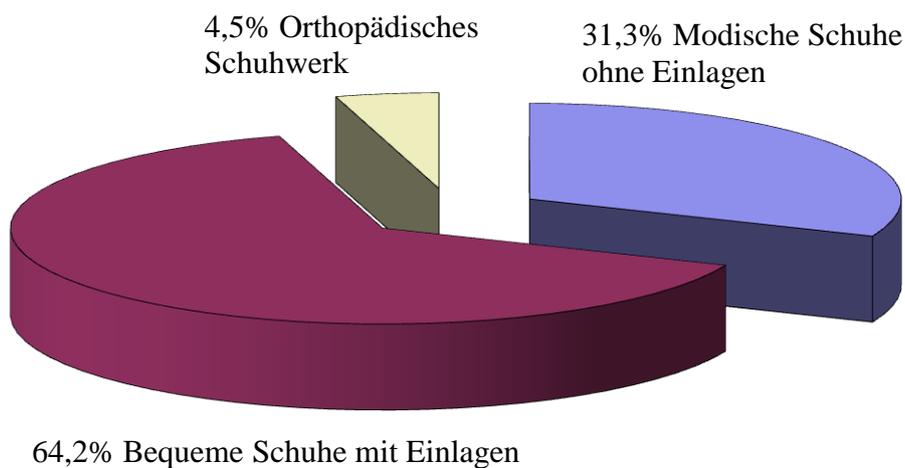


Abb. 28: Schuhwerk

### **3.1.4.2. Objektive Parameter**

Die objektiven Parameter hinsichtlich der MTP- und IP-Gelenkbewegung, der MTP-IP Stabilität, einer Schwiele in Verbindung mit der Großzehe und deren Ausrichtung wurden im Rahmen der Nachuntersuchung erhoben.

#### **3.1.4.2.1. MTP Gelenkbewegung**

Bei 85 Zehen (95,5%) war bei der Nachuntersuchung ein normaler Bewegungsumfang von  $\geq 75$  Grad feststellbar. Bei 4 Zehen (4,5%) ließ sich eine mäßige Bewegungseinschränkung von 30-75 Grad nachweisen. Eine starke Einschränkung von  $< 30$  Grad wurde in keinem Fall gemessen.

#### **3.1.4.2.2. IP Gelenkbewegung**

Die Mehrheit der Gelenke (87 Zehen, 97,8%) hatte nach korrekter Ausführung der Arthrodese keinen Bewegungsumfang mehr. Nur 2 Zehen (2,2%) waren im PIP-Gelenk uneingeschränkt bewegbar. Davon wurde in einem Fall die Arthrodese in einem zweiten Eingriff aufgelöst, im anderen Fall lockerte eine Fraktur der Zehe die Arthrodese.

#### **3.1.4.2.3. MTP-IP Stabilität**

Bei der Untersuchung der postoperativen Stabilität ließen sich bei keinem Patienten instabile oder dislokationsfähige Befunde nachweisen.

#### **3.1.4.2.4. Schwiele in Verbindung mit der Großzehe MTP-IP**

98,9% (n=88) wiesen keine Schwiele bzw. eine asymptotische Schwiele auf, die keine Beschwerden auslöste. In nur 1,1% der Fälle (n=1) machte eine symptomatische Schwiele Beschwerden.

#### **3.1.4.2.5. Ausrichtung der Großzehe**

Eine gut ausgerichtete Großzehe konnte bei der klinischen Untersuchung in 89,6% der Fälle (n=60) festgestellt werden. In 10,4% (n=7) der nachuntersuchten Füße zeigte sich eine geringgradige asymptotische Großzehenfehlstellung. Eine schlechte Ausrichtung der Großzehe mit offensichtlicher symptomatischer Fehlstellung trat in keinem Fall auf.

### 3.1.4.3. Gesamtauswertung

Der Bewertungsbogen wurde nach **Kitaoka (1994)** ausgewertet und ist in Punkt 2.5. näher beschrieben.

Der Kitaoka Score ergab eine durchschnittliche Gesamtpunktzahl von 82,2 Punkten, so dass das Ergebnis als „gut“ einzustufen ist.

Die geringste Punktzahl erhielt ein Patient mit 39 Punkten („schlechtes“ Ergebnis). Der Patient wurde an der Großzehe sowie an mehreren Kleinzehen gleichzeitig operiert. Dadurch war er in den Freizeitaktivitäten stark eingeschränkt, hatte täglich starke Schmerzen und musste Einlagen tragen. Die höchste erreichte Punktzahl wurde mit 95 Punkten als „exzellentes“ Ergebnis gewertet.

26 Mal (38,8%) konnte nach diesem Bewertungsschema ein Score von über 90 Punkten (exzellentes Ergebnis) erreicht werden. Ein gutes Ergebnis wurde in 44,8% der 30 Fälle erreicht (71-90 Punkte).

Ein befriedigendes Ergebnis mit 11,9% erzielten 8 Patienten (61-70 Punkte). Gründe für dieses Ergebnis waren vermehrte Schmerzen, Einschränkungen im alltäglichen Leben sowie das Tragen von Einlagen. In 3 Fällen lag mit unter 61 Punkten (4,5%) ein von uns schlecht bewertetes Ergebnis vor. Die starke Einschränkung im täglichen Leben, tägliche Schmerzen, die verringerte Gelenkbeweglichkeit sowie das Tragen von orthopädischem Schuhwerk waren ursächlich für dieses schlechte Ergebnis. Man muss hinzufügen, dass der zuvor bereits erwähnte Patient mit Myasthenia gravis und Polyneuropathie mit 2 operierten Füßen zu dem schlechten Ergebnis beitrug.

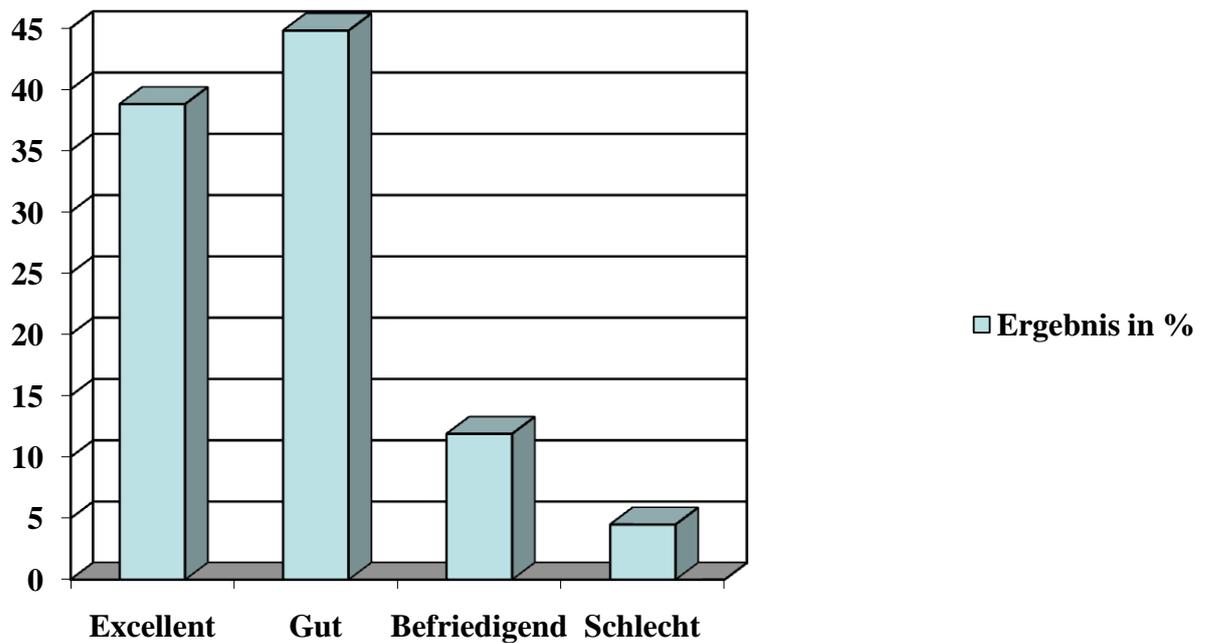


Abb. 29: Gesamtauswertung Kitaoka Score

### 3.2. Radiologische Untersuchung

Im Rahmen dieser Studie wurde der Metatarsalindex anhand der postoperativ angefertigten Röntgenaufnahmen bestimmt. Außerdem wurde auf den knöchernen Durchbau der Arthrodeese geachtet. Die genaue Auflistung der Röntgenparameter und die Beschreibung der Röntgentechnik findet sich unter 5.2.

#### 3.2.1. Metatarsalindex

Radiologisch konnte bei 40 Füßen (59,7 %) eine „Index-Minus-Variante“ am operierten Vorfuß festgestellt werden. Bei 26 Füßen (38,8%) fand sich eine „Index-Plus-Minus-Variante“. Eine „Index-Plus-Variante“ wurde bei keinem der Patienten gefunden. Bei einer Patientin (1,5%) konnte aufgrund einer Schwangerschaft postoperativ kein Röntgenbild angefertigt werden.

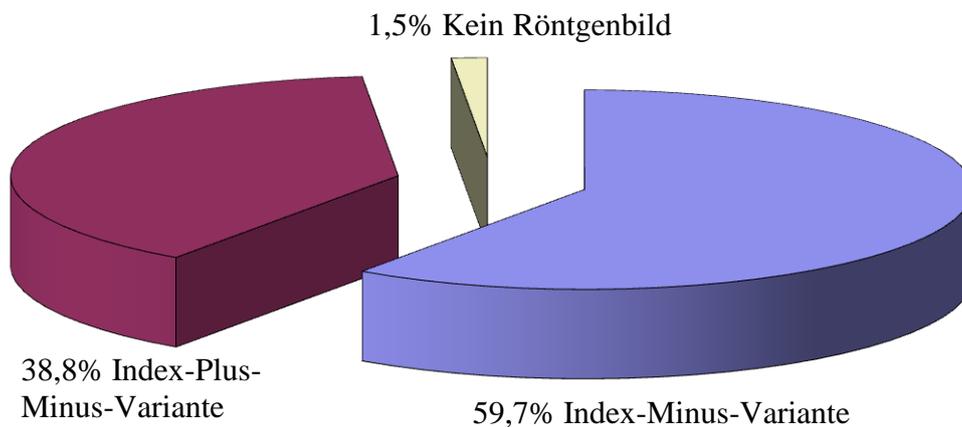


Abb. 30: Metatarsalindex

### 3.2.2. Union und Non Union

Von allen nachuntersuchten Zehen waren 6 Arthrodesen (9,0%) nicht knöchern konsolidiert, 4 davon wiesen Pseudarthrosen auf. Eine Zehe (1,5%) war postoperativ traumatisch frakturiert, so dass sich die Arthrodesis lockerte. Bei einem anderen Patienten wurde aufgrund vermehrter Schmerzen eine Revisionsoperation nach Hohmann (1,5%) durchgeführt und die bereits feste Arthrodesis wieder aufgelöst.

Ein Fuß (1,5%) wurde aufgrund einer Schwangerschaft nicht geröntgt. Die PIP-Arthrodesis war jedoch klinisch fest konsolidiert. Somit waren 61 Arthrodesen (91,0%) (Hohmann und PIP-Arthrodesis) knöchern fest durchbaut.

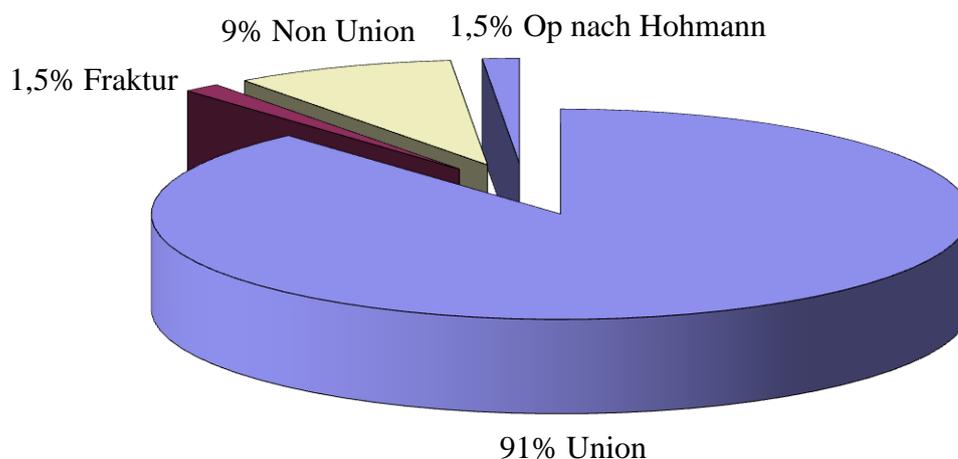


Abb. 31: Union und Non Union

#### 4. DISKUSSION

Kleinzehendeformitäten sind an der unteren Extremität häufig zu beobachten. Eine Vielzahl von Operationsmethoden wurde entwickelt, um diese Deformitäten zu beheben. Bevor man die Zehenfehlstellungen behandelt, sollte man sich über die Ätiopathogenese der Kleinzehendeformitäten klar werden.

Zahlreiche Autoren befassen sich mit der Ätiopathogenese der Kleinzehendeformitäten, wobei die Ergebnisse bis zum heutigen Tag viele Gemeinsamkeiten aufweisen. Die bislang bekannten Ergebnisse unterstützen die Annahme, dass das Tragen modernen Schuhwerks die Entstehung von Kleinzehendeformitäten entscheidend begünstigt (**Coughlin 1985, 2000**). Als weitere Faktoren werden Veränderungen der Fußform, Diabetes mellitus (**Baumgartner 2001**), Lähmungen oder Schwäche der intrinsischen Muskulatur (**DuVries 1973, Kelikian 1965**), neurologische Systemerkrankungen, Autoimmunerkrankungen (**Mann, Coughlin 1987, Schepp 1933, Pisani 1993**) oder posttraumatische Deformitäten (**Fuhrmann 2004, Coughlin 2000, 2002**) genannt. Kongenitale Hammerzehen sind eher selten (**Higgs 1931**). Oftmals sind mehrere Ursachen gleichzeitig für die Entstehung der Deformität verantwortlich.

Die Bevorzugung des weiblichen Geschlechts bei Kleinzehendeformitäten ist bereits in vielen Studien zuvor beschrieben worden. Der Anteil der betroffenen Frauen lag dabei abhängig vom Autor zwischen 73,6% (**Reece 1987**) und 88,2% (**Lehmann 1995**). In einer Studie von **Coughlin (1995, 2000)** wurden 87% der Vorfußoperationen bei Frauen durchgeführt. Meistens waren es Hallux valgus- (94%) oder Hammerzehenoperationen (81%). Die Geschlechterdifferenz war signifikant. Bei den Männern wurden lediglich zwischen 11,8% (**Lehmann 1995**) und 26,4 % (**Reece 1987**) mit PIP-Arthrodesen versorgt (**Lamm 2001, Coughlin 1995, 2000, Cameron 1982**).

In unserem Patientenkollektiv waren 89,3% der Patienten weiblichen und 10,7% männlichen Geschlechts. Somit überwog der Frauenanteil um das 8,3 fache. Dies korreliert gut mit den oben genannten Studien.

Hammerzehendeformitäten treten bei Frauen vor allem in der fünften bis sechsten (Coughlin 2000) bzw. vierten bis siebten Lebensdekade (Caterini 2004, Cameron 1982), also im höheren Lebensalter (Alvine 1980, Newmann 1979) auf. Bei den Männern hingegen ist die Inzidenz unabhängig vom Alter konstant niedrig und scheint nicht linear mit dem Alter anzusteigen. In einer Studie von Baig (1996) waren 50% der Patienten über 60 Jahre alt. Das Durchschnittsalter der Frauen lag ebenfalls höher (67 Jahre) als bei den Männern (43 Jahre).

In unserem Patientenkollektiv betrug das Durchschnittsalter bei Frauen und Männern zum Zeitpunkt des Eingriffes 56,4 Jahre. Die Frauen waren im Durchschnitt 56,3 Jahre alt. Die Männer waren mit durchschnittlich 57,4 Jahren älter als die Frauen, was im Widerspruch zu den Ergebnissen von Baig (1996) steht. Die meisten Patienten gehörten zu der Altersgruppe zwischen 51 und 60 Jahren. Somit korrelieren unsere Ergebnisse gut mit den Ergebnissen der oben genannten Studien.

Coughlin (2000) beschrieb, wie auch andere Autoren (Caterini 2004, Lamm 2001, Lehmann 1995, Reece 1987, Schlefman 1983, Cameron 1982, Sorto 1974, Young 1938, Schnepf 1937), dass eine Hammerzehe am häufigsten an der zweiten Zehe bei Frauen im mittleren Alter auftritt. Die PIP-Arthrodeese wurde in Coughlins Studie in 35% an der zweiten Zehe, in 21% an der dritten und in 20% an der fünften Zehe durchgeführt. Am zweithäufigsten wird in der Literatur das Auftreten einer Hammerzehe an der dritten Zehe beschrieben (Caterini 2004, Coughlin 2000, Lehmann 1995, Ohm 1990).

In unserem Patientenkollektiv wurde am häufigsten mit 62,9% ebenfalls die zweite Zehe operiert, so dass das Ergebnis gut mit den zuvor genannten Studien übereinstimmt. Der dritte Strahl wurde in 18,0% operativ angegangen. Weitaus weniger Eingriffe wurden an der vierten Zehe mit 12,4% und an der fünften Zehe mit 6,7% durchgeführt.

Die Therapie der Kleinzehendeformitäten sollte in den Anfangsstadien zunächst konservativ erfolgen. Dabei können ein bequemes Schuhwerk mit niedrigen Absätzen, Einlagen, Polster sowie Bandagierungen zum Einsatz kommen. Ein besonderes Augenmerk gilt den Patienten mit Durchblutungsstörungen oder Diabetes mellitus. Vor

allem in diesen Fällen sollte die Indikation zur Operation erst nach Ausschöpfen sämtlicher konservativer Maßnahmen gestellt werden.

Die Technik der operativen Korrektur kann aus einer Vielzahl beschriebener Operationstechniken gewählt werden. **Newman** stellte **1979** fest, dass im Erwachsenenalter die proximale Phalangektomie, mit 80% die erfolgreichste Operation war. Von 63 Patienten (136 chirurgische Interventionen) erbrachte diese Operationsmethode im Vergleich zum Flexor-/Extensortransfer und der PIP-Arthrodese die größte Schmerzlinderung und wird aufgrund dessen als die Operationsmethode der Wahl bezeichnet. Die Arthrodese des proximalen Interphalangealgelenkes mit der „Peg-and-Socket“ Technik war die zweit erfolgreichste Operation mit 60%.

Der Vorteil einer „Peg-and-Dowel“ (Nagel und Dübel) Technik ist, dass die Länge der Zehe erhalten wird und das Tragen normalen Schuhwerks möglich ist. Gut ist die Vermeidung von Pins und damit das Vermeiden von Pininfektionen sowie eine hohe Fusionsrate von 97% (73 von 75 operierten Zehen, 27 Patienten). Ein Nachteil dieser Technik ist, dass die vierte Zehe aufgrund der schmalen Knochenstruktur schwierig zu operieren ist. Eine entstehende instabile Pseudarthrose ist in der Regel asymptomatisch und erfordert deshalb keine weitere Revision (**Alvine 1980**).

Auch die Arthrodese des Interphalangealgelenkes hat in den letzten Jahren an Beliebtheit zugenommen und wird nun immer häufiger eingesetzt um Hammer- und Krallenzehen zu therapieren (**Lehmann 1995**). Diese Methode schafft wohl die besten Voraussetzungen für eine vollkommene Arthrodese, obwohl die Zehe im Vergleich zu anderen Methoden am stärksten gekürzt wird (**Gerbert 1986**). Von Vorteil ist bei der Zapfentechnik im Gegensatz zur „End-zu-End“ Arthrodese sowohl eine hohe knöcherne Konsolidierungsrate durch die Kontaktflächen der Knochen als auch eine verbesserte Stabilität (**Monson 1986**). Diese Technik begünstigt eine schnellere Heilung und zeigt weniger Pseudoarthrosen als die „End-zu-End“ Technik (**Schlefman 1983**). **Lehmann (1995)** bevorzugt diese Technik, da sie eine höhere Rate an Fusionen und Patientenzufriedenheit verspricht. Die „Peg-in-Hole“ Arthrodese ist jedoch technisch aufwendiger durchzuführen und benötigt intraoperativ mehr Zeit als die „End-zu-End“ Arthrodese. Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens liegt in der langen Nachbehandlungszeit mit dem Vorfußentlastungsschuh.

**Edwards (2002)** berichtet bei der Durchführung einer Arthrodesse des proximalen Interphalangealgelenkes über meist gute Korrekturergebnisse. Als Komplikation der Operationsmethode wird eine fibrinöse Gelenkversteifung angegeben, welche allerdings in den meisten Fällen gut von dem Patienten toleriert wurde. Ein schlechtes kosmetisches Ergebnis sowie eine subjektiv schlechte Kontrolle über die Zehen wurden auch festgestellt. Bei muskulärer Imbalance oder anderen vorbestehenden Deformitäten kann diese Operationstechnik scheitern. Die Patienten äußern dann persistierende Metatarsalgien oder Zehendeformitäten trotz erfolgreicher Arthrodesse.

Befürworter der „Peg-in-Hole“ Methode empfehlen die Verwendung eines Kirschnerdrahtes, um die Nut besser in der richtigen Position zu halten und eine Fraktur zu verhindern. Bei der „Peg-in-Hole“ Technik wird die Zehe stärker gekürzt, so dass weniger Druck auf das Weichteilgewebe resultiert.

**Ohm** verwendete im Jahre **1990** bei 25 Patienten mit 62 Zehen eine interne Fixation bei der digitalen „End-zu-End“ Arthrodesse. Alle Patienten waren hinsichtlich des postoperativen Schmerzurückganges sehr zufrieden und hatten eine solide Fusion. Die Operationstechnik ist leicht durchzuführen und zeigt wenige Komplikationen. Der Vorteil einer Arthrodesse gegenüber der erfolgreichen proximalen Phalangektomie (**Newman 1979**) ist, dass ein Wiederauftreten der Deformität vermindert und die Wiederherstellung bzw. der Erhalt der Ausrichtung des MTP-Gelenkes verbessert wird. Mit einer internen Fixation bei der „End-zu-End“ Arthrodesse werden Komplikation wie „Pin-tract“ Infektionen sowie intraartikuläre Frakturen vermieden. Eine geringere Kürzung der Zehe wird allerdings mit einer "End-zu-End" Arthrodesse erreicht. Dies ist besonders dann wünschenswert, wenn vorher bereits eine Operation durchgeführt wurde. In einer anderen Studie von **Lamm (2001)** wurde bei 85 Patienten mit 177 Zehen die „End-zu-End“ Arthrodesse ebenfalls der „Peg-in-Hole“ Arthrodesse gegenüber gestellt. Die Komplikationsrate bei der „End-zu- End“ Arthrodesse lag mit 27% deutlich höher als bei der „Peg-in-Hole“ Technik (17%). Die Komplikationen beinhalteten Pseudarthrosen, Revisionsoperationen, Infektionen und Schmerzen. Allerdings war der Unterschied zwischen den beiden Gruppen klinisch nicht signifikant.

Als Verfahren der Wahl zur Therapie der kontrakten Hammerzehe hat sich im deutschsprachigen Raum unter anderem die Resektions-Interpositions-Arthroplastik nach Hohmann durchgesetzt. Diese Technik wird bei einer schmerzhaften kontrakten Hammerzehe (**Coughlin 1987**) dann eingesetzt, wenn nach der Operation die Beweglichkeit der Zehe erhalten bleiben soll (**Monson 1986**). Dieses Verfahren stellt eine Alternative zur „Peg-in-Hole“ Technik dar (**Wolke 1999**). Ein Vorteil der Resektionsarthroplastik ist die wesentlich kürzere Behandlungszeit, da die Metallentfernung bereits nach zwei bis drei Wochen erfolgt und der Patient anschließend den Fuß voll belasten kann. Der Hauptnachteil dieses Verfahrens besteht in der hohen Rezidivgefahr, da deformierende Kräfte nicht wirklich beseitigt werden.

In der vorliegenden Studie wurde postoperativ eine durchschnittliche Gesamtpunktzahl von 82,2 Punkten erreicht. Dieses Ergebnis kann nach dem „Kitaoka Score“ als „gut“ eingestuft werden. Dieses Ergebnis wurde von 44,8% der Patienten erreicht. 38,8% der Patienten erreichten ein exzellentes Ergebnis bei einer Punktzahl zwischen 91 und 100 Punkten. Ein befriedigendes Ergebnis wurde bei 11,9%, ein schlechtes bei 4,5% der Patienten gesehen. Ursächlich für ein befriedigendes bzw. schlechtes Ergebnis waren in den meisten Fällen eine Schmerzpersistenz, Aktivitätseinschränkungen oder eine schlechte Ausrichtung der Zehe.

Vergleichbar gut waren mit 83 Punkten Gesamtdurchschnitt im AOFAS Score die Ergebnisse bei 63 Patienten (118 Zehen) nach Resektionsarthroplastik des PIP-Gelenkes (**Coughlin 2000**). Es kam in 92% zu einem vollständigen Schmerzurückgang, egal ob es zu einer echten Fusion oder einer bindegewebigen Fusion gekommen war. Die subjektive Patientenzufriedenheit lag bei 84%. 10% der Patienten waren mit Einschränkungen zufrieden und 6% waren unzufrieden. 8% der Patienten klagten noch über Schmerzen bei der Nachuntersuchung.

Im Vergleich dazu erreichte **Caterini (2004)** in seinem Patientenkollektiv mit 24 Patienten (37 Füße, 51 Zehen) eine durchschnittliche Gesamtpunktzahl von 86,54 im AOFAS Score. Hier wurde die PIP-Arthrodesese mit einer intramedullären Markschraube befestigt. 19 Patienten gaben postoperativ keine Schmerzen mehr an, 5 milde Schmerzen und 7 waren in Freizeitaktivitäten eingeschränkt.

**O’Kane** verwendete **2005** bei 75 Patienten mit 100 Zehen nach Excisionsarthroplastik den AOFAS Score ebenfalls zur prä- und postoperativen Evaluation. Die Gesamtpunktzahl stieg von präoperativ 46 Punkten auf 95 Punkte postoperativ, so dass eine hohe Zufriedenheit erreicht werden konnte. Es gab keine schweren Komplikationen. Nur in 2 Fällen musste eine erneute Revision durchgeführt werden. In 7 Fällen waren die Patienten mit dem postoperativen Ergebnis unzufrieden. Ursächlich war in den meisten Fällen ein „Floating toe“ oder ein schlechtes kosmetisches Ergebnis.

60% der 52 Patienten von **Conklin (1994)** mit 86 Zehen zeigten nach basaler Hemiphalangektomie einen kompletten Schmerzurückgang. In keinem Fall klagten bei **Ohm (1990)** die 25 nachuntersuchten Patienten (62 Zehen) über persistierende Schmerzen nach interner Fixation der digitalen „End-zu-End“ Arthrodese.

Postoperativ hatten von unserem nachuntersuchten Kollektiv 55,2% der Patienten keine Schmerzen mehr. Gelegentlich Schmerzen empfanden noch 31,3%. 9% klagten noch über tägliche Schmerzen und 4,5% über starke Schmerzen.

Von unseren 67 nachuntersuchten Patienten wiesen 39 (58,2%) keine Aktivitätseinschränkung im täglichen Leben auf. Lediglich 23 Patienten (34,3%) stellten eine Einschränkung in den Freizeitaktivitäten, jedoch nicht der täglichen oder beruflichen Aktivitäten fest. 3 Patienten (4,5%) klagten über allgemeine Einschränkungen in fast allen Bereichen. Ursächlich waren insbesondere Schmerzen. Bei einem Patienten erbrachte ein frisches Trauma die Aktivitätseinschränkung. Bei 2 Patienten (3,0%) wurden schwere Einschränkungen sowohl im beruflichen Alltag als auch in der Freizeit beklagt. Ein Patient, welcher an beiden Füßen operiert wurde, war an einer Myasthenia gravis erkrankt und hatte bei zusätzlicher Polyneuropathie starke Schmerzen beim Auftreten und war somit stark in seinen Freizeitaktivitäten eingeschränkt.

Eine schlechte Ausrichtung der Zehe sowie eine „Mallet toe“ Deformität stellten zusammen mit einer postoperativen Gefühlsstörung in **Coughlins** Studie aus dem Jahr **2000** (63 Patienten mit 118 Zehen) nach Resektionsarthroplastik des PIP-Gelenkes die Hauptursache für ein schlechtes Resultat dar. In dieser Studie entwickelten 13% der

Patienten eine Hyperextensionsdeformität des PIP-Gelenkes. 2 von 24 nachuntersuchten Patienten zeigten nach Stabilisierung mit einer intramedullären Titanschraube eine Instabilität im MTP-Gelenk (**Caterini 2004**). In dem Patientenkollektiv von **Ohm (1990)** kam es bei 19,5% (25 Patienten) bei 12 von 62 „End-zu-End“ Arthrodesen zu einem mangelnden Halt der Zehe mit gleichzeitig begrenzter Beweglichkeit des MTP-Gelenkes. **Lehmann (1995)** beschrieb bei 4% (11 von 78 Fällen) der Patienten eine transversale Abweichung des PIP-Gelenkes. In 7 Fällen kam es zu einer Hyperextension. 7 Patienten hatten auch einen beschränkten Bewegungsumfang im MTP-Gelenk, und waren deshalb unzufrieden. Die Komplikationsrate bei **O'Kane (2005)** war bei komplexer Hammerzehendeformität höher als bei einfacher Deformität. In 18 Fällen kam es als häufigste Komplikation zu einem „floating toe“, welcher allerdings von **Coughlin (2000)** und **Lehmann (1995)** nicht als Komplikation gewertet wurde. Ursächlich ist hierfür eine Beschädigung oder Instabilität des MTP-Gelenkes. Patienten mit einer komplexen Hammerzehendeformität präoperativ haben postoperativ ein höheres Risiko einen „floating toe“ zu entwickeln. Die Zufriedenheit nahm bei Vorliegen eines „floating toe“ ab, da ein schlechtes kosmetisches Ergebnis resultierte.

Ein Problem, welches von vielen Autoren wie **Reece (1987)**, **Coughlin (2000)**, **Lamm (2001)** beschrieben wurde, ist das hohe Risiko einer Infektion bei der klassischen Arthrodesse des proximalen Interphalangealgelenkes mittels Kirschnerdrähten. **Reece (1987)** berichtete von einer Infektionsrate von 18% bei 156 Arthrodesen, die mit Kirschnerdrähten fixiert wurden. Die meisten dieser Infektionen waren „Pin-tract“ Infektionen oder resultierten aus mangelnder Hygiene (**Alvine 1980**, **Ohm 1990**). Die Infektionen wurden mit Antibiotika und Pinpflege behandelt. Die Infektionsrate stieg exponentiell mit der Verweildauer des Kirschnerdrahtes in der Zehe an. In den ersten zwei Wochen betrug die Infektionsrate 2% und zwischen der achten und zehnten Woche 40%. Von einer Infektionsrate von 18% berichtete **Coughlin (2000)** bei 63 Patienten (118 Zehen) nach Resektionsarthroplastik des PIP-Gelenkes, wenn der Kirschnerdraht länger als sechs Wochen belassen wurde. Zwei Patienten entwickelten postoperativ Durchblutungsstörungen, so dass der Kirschnerdraht entfernt werden musste. **Caterini (2004)** hatte in seinem Patientenkollektiv mit 24 Patienten (51 Zehen) nach PIP-Arthrodesse und intramedullärer Schraubenfixation eine Spätinfektion, so dass die

Schraube entfernt werden musste und eine schlechte Ausrichtung der Zehe resultierte. **Lehmann** berichtete im Jahre **1995** bei 76 Patienten mit 100 Zehen nach PIP-Arthrodese über eine Infektionsrate von 2% in seiner Studie. **Baig** fand im Jahre **1996** bei 19 Patienten mit 42 Zehen in seiner Studie in 7% eine Infektion nach einer PIP-Arthrodese mit Kirschnerdrahtfixation. Im Gegensatz hierzu trat bei **Alvine (1980)** keine Infektionen bei der „Peg-and-Dowel“ Technik auf. Weitere Probleme bei Kirschnerdrahtfixation waren Frakturen, überempfindliche Zehenspitzen und Funktionseinschränkungen von Zehen (**Edwards 2002**). Ein Bruch des Kirschnerdrahtes ist ebenfalls von mehreren Autoren beschrieben worden (**Alvine 1980, Ohm 1990, Schlefman 1983**).

In dem von uns untersuchten Patientenkollektiv lag die durchschnittliche postoperative Komplikationsrate bei 4,5%. Zu den Komplikationen zählte bei einem Patienten (1,5%) eine postoperative Wundinfektion und 2 Patienten (3%) klagten über eine Wundheilungsstörung nach der Vorfußoperation. Bei 95,5% der Patienten konnten keine Komplikationen beobachtet werden. „Pin-tract“ Infektionen wurden nicht beobachtet. Die Kirschnerdrähte wurden in unserem Kollektiv sechs Wochen belassen.

Postoperative (**Mann und Coughlin 1991, Lehmann 1995**) und prolongierte Schwellungen (**Mann 1987, Ohm 1990, Edwards 2002**) wurden von vielen Autoren beschrieben. In **Lehmans (1995)** Patientenkollektiv mit 76 Patienten und 100 Zehen nach PIP-Arthrodese traten in 12% postoperativ Schwellungen auf. In 42% kam es bei 19 nachuntersuchten Patienten (42 Zehen) nach PIP-Arthrodese und Kirschnerdrahtfixation zu chronischen Schwellungen (**Baig 1996**).

Komplikationen in **Edwards (2002)** Studie nach PIP-Arthrodese waren neben vermehrten Schwellungen, Steif- oder Taubheit eine Devaskularisation der Zehe sowie Infektionen, besonders dann, wenn ein Kirschnerdraht benutzt wurde. **Coughlin** beschrieb im Jahre **2000** in 7 Fällen (63 Patienten, 118 Zehen) nach Resektionsarthroplastik eine postoperative Gefühlsstörung der Zehe. Er stellte im Gegensatz zu **Ohm (1990)** keine chronischen und prolongierten Schwellungen postoperativ fest. **Ohm (1990)** berichtete in seinem Patientenkollektiv mit 25 Patienten

und 62 „End-zu-End“ Arthrodesen in 21,9% der Fälle über bleibende Gefühlsstörungen der Zehen.

In einer Studie von **Schlefman (1983)** nach „Peg-in-Hole“ Arthrodesese traten bei 43 Patienten (125 Zehen) in 16% Plantarkeratosen und Metatarsalgien auf. In 12,3% resultierte bei **Cameron (1982)** nach proximaler Phalangektomie oder Fusion des PIP-Gelenkes bei 706 Patienten und mit 1003 Zehen ein plantarer Kallus. Hier war mit 32,7% das zweite Metatarsalköpfchen am häufigsten betroffen. Im Kollektiv von **Caterini** aus dem Jahre **2004** klagten 5 von 24 Patienten nach PIP-Arthrodesese über eine symptomatische Clavusbildung unter dem zweiten und dritten Metatarsalköpfchen, wobei diese Patienten allerdings alle gleichzeitig eine Hallux valgus Korrekturoperation hatten.

Wir konnten in unserer Studie bei 31 Füßen (46,3%) eine vermehrte plantare Beschwiellung unter den Mittelfußköpfchen zwei bis vier feststellen. 36 Patienten (53,7%) hatten eine normale Beschwiellung.

**Coughlin (2000)** berichtete bei 63 nachuntersuchten Patienten (118 Zehen) nach Resektionsarthroplastik über die Notwendigkeit einer Rezidivoperation in 6% der Fälle. Bei **Baig (1996)** musste nach PIP-Arthrodesese mit Kirschnerdrahtfixation bei 16% seiner Patienten aufgrund einer Instabilität oder Deformität des DIP-Gelenkes eine erneute Operation durchgeführt werden.

Die Rate an Rezidivoperationen bei **Cameron (1982)** für das proximale Interphalangealgelenk bei 706 nachuntersuchten Patienten mit 1003 Zehen lag bei 17,8% in 3,5 Jahren. Es gab zwei Hauptgründe für die Revision. Einer war die wiederkehrende Deformität, da die Fusion nicht erhalten werden konnte, dass heißt eine Pseudarthrose resultierte. Der andere Grund war eine „cock-up“ Deformität (Hyperextension der Zehe) im Metatarsophalangealgelenk. Zieht man nur die zweite Zehe in Betracht, so betrug die Revisionsrate 23,7%. **Cameron (1982)** rät von der Interphalangealgelenksfusion ab. Stattdessen empfiehlt sie eine proximale Phalangektomie.

**Lehmann (1995)** führte bei 76 Patienten (100 Zehen) die PIP-Arthrodesese mit Hilfe der „Peg-and-Socket“ Technik durch. Im Vergleich mit der konventionellen „Flat-cut“

Methode soll die „Peg-and-Socket“ Technik die Inzidenz postoperativer Deformitäten senken. Die neue Technik zeigte bei 2 von 76 Fällen ein Wiederauftreten der Deformität. Ursächlich war in einem Fall eine Infektion, in dem anderen Fall ein Trauma.

In unserem Patientenkollektiv war bei 95,6 % keine Reoperation der zuvor betroffenen Zehe erforderlich. Das korreliert somit gut mit der Revisionsrate von **Coughlin (2000)** von 6%. In 3 Fällen musste nochmals an der gleichen Zehe operiert werden (3,4%). Davon wurde ein Eingriff nach Hohmann, ein Eingriff nach Weil und eine PIP-Arthrodesis vorgenommen.

Bei **Lehmann (1995)** waren bei 78 nachuntersuchten Patienten (100 Zehen) nach einer Arthrodesis des proximalen Interphalangealgelenkes 48% der Patienten uneingeschränkt mit dem Ergebnis zufrieden und würden die Operation jederzeit ohne Bedenken wiederholen. 37% waren mit Einschränkungen zufrieden, würden die Operation aber trotzdem erneut durchführen lassen. Insgesamt lag die Patientenzufriedenheit bei 85%. Gründe für die Unzufriedenheit waren ein inkompletter Schmerzrückgang (44%), eine Zehenabweichung (29%), eine postoperative Schuhrestriktion (24%), eine eingeschränkte Schuhpassform (21%), ein zu straffer Zeh (15%) und Schwellungen (12%). In weiteren 12% der Fälle berührte die Zehe nicht den Boden, 9% der Patienten klagten über eine Kraftlosigkeit der betroffenen Zehe. 32% der Patienten gaben andere Gründe für die eingeschränkte Zufriedenheit an.

Der Vergleich zwischen zufriedenen und unzufriedenen Patienten zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich des Zeitpunktes der Nachuntersuchung, der betroffenen Seite, des Geschlechts, der präoperativen Symptome oder der Anzahl der operierten Zehen. Die Art der präoperativen Symptome beeinflusst nicht den Grad der Zufriedenheit postoperativ (**Lehmann 1995**). Es fand sich jedoch ein signifikanter Unterschied in Abhängigkeit vom Alter. Das Durchschnittsalter zufriedener Patienten lag bei 58,8 Jahren, das der unzufriedenen bei 67,1 Jahren.

**Conklin** verwendete im Jahre **1994** bei 52 Patienten (86 Zehen) die basale Hemiphalangektomie. 29% der Patienten würden diese Operation nicht erneut durchführen lassen, da sie mit dem Operationsergebnis unzufrieden waren. Besonders Patienten mit transverser Abweichung, Metatarsalgie und Hammerzehen mit

Subluxation bzw. Dislokation waren unzufriedener als Patienten mit einer Synovitis des Metatarsophalangealgelenkes oder Patienten mit einer rheumatischen Vorfußkrankung. Von den unzufriedenen Patienten hatten 70% Probleme mit einer persistierenden Flexionsdeformität des PIP-Gelenkes oder Schmerzen unter dem Metatarsalköpfchen. Bei 2 Patienten wurde später bei persistierender Hammerzehendeformität eine Fusion des PIP-Gelenkes durchgeführt.

**Baig (1996)** fand bei 19 nachuntersuchten Patienten nach PIP-Arthrodese mit Kirschnerdrahtfixation heraus, dass die Patientenzufriedenheit nicht von der Fusionsrate abhängt. Gründe für Unzufriedenheit waren eine Beugung des distalen Interphalangealgelenkes sowie Instabilität. Die Patientenzufriedenheit lag bei 79%.

Die Patientenzufriedenheit im Patientenkollektiv von **Alvine (1980)** betrug nach einer „Peg-and-Dowel“ Fusion des PIP-Gelenkes 87%. Der Schmerz ging postoperativ deutlich zurück und es war wieder möglich normales Schuhwerk zu tragen. Von 75 Operationen resultierte an nur 2 Zehen eine Pseudarthrose der vierten Zehe.

Die Rate an erfolgreichen Arthrodesen des proximalen Interphalangealgelenkes mittels „Peg-in-Hole“ Technik variiert je nach Autor zwischen 64% und 100%. Relativ hohe Arthrodeseraten erreichten **Schlefman (1983)** mit 100%, **Alvine (1980)** mit 97%, **Lehmann (1995)** mit 95% und **Baig (1996)** mit 83%. Trotz dieser hohen Fusionsrate lag die Zufriedenheit der Patienten nur zwischen 80% und 87% (**Lehmann 1995, Alvine 1980, Newman 1979**). In 17,8% bis 23,7% musste aufgrund einer Pseudarthrose bzw. einer sekundären Zehendeformität ein erneuter chirurgischer Eingriff durchgeführt werden.

In einer Studie von **Schlefman (1983)** kam es nach einer „Peg-in-Hole“ Arthrodese in keinem Fall zu einer Pseudarthrose. Die Arthrodesen waren in 100% alle knöchern durchbaut. Ebenso ein gutes Ergebnis mit einer Fusionsrate von 81% nach Resektionsarthroplastik mit intramedullärer Kirschnerdrahtfixation erzielte **Coughlin (2000)**. Von den Patienten die eine knöcherne Fusion erreichten, waren 88% mit dem Ergebnis zufrieden. 6% waren eingeschränkt zufrieden und 5% waren unzufrieden. Die Patienten, die lediglich eine bindegewebige feste Pseudarthrose erreichten, waren postoperativ in 87% zufrieden, 4% waren mit Einschränkungen zufrieden und 4% unzufrieden. So gab es keinen statistischen Unterschied bezüglich der Zufriedenheit

zwischen einem Patienten mit einer knöchernen und einer bindegewebigen Fusion. Der Autor hob hervor, dass nicht die Fusion das Ziel der Operation darstellt, sondern vor allem eine gut ausgerichtete Zehe. Es besteht grundsätzlich die Möglichkeit den Kirschnerdraht für längere Zeit zu belassen, was eine höhere Fusionsrate ergibt. Dies wird mit einer steigenden Rate an Pinfrakturen und „pin-tract“-Infektionen erkauft.

**Alvine (1980)** stellte fest, dass bei Verwendung der „Peg-in-Hole“ Technik an der vierten Zehe häufig Pseudarthrosen resultierten. Allerdings wies die Literatur bezüglich der „Peg-in-Hole“ Technik höhere Raten an erfolgreichen Fusionen im Vergleich zur „End-zu-End“ Arthrodese auf. In **Lehmans** Studie von **1995** betrug die röntgenologische Fusion bei 76 untersuchten Patienten nach Durchführung einer PIP-Arthrodese 95%. Bei 3 Patienten frakturierte der Stift postoperativ. Allerdings kam es in 2 Fällen trotzdem zu einer erfolgreichen Fusion. Bei **Baig (1996)** kam es bei 42 mittels PIP-Arthrodese operierten Zehen (19 Patienten) in einem Fall zu einer Pseudarthrose. Hier wurde der Kirschnerdraht nach acht Tagen entfernt. Nach **Lamm (2001)** hat die „End-zu-End“ Arthrodese im Gegensatz zur „Peg-in-Hole“ Technik eine erfolgreichere Rate an Fusionen. In seiner Studie wies die „Peg-in-Hole“ Arthrodese eine Fusion von 83% auf. **Patton (1990)** und **Ohm (1990)** fanden eine Fusionsrate von 100% für die „End-zu-End“ Arthrodese. Alle waren knöchern durchbaut und in keinem Fall kam es zu einer Pseudarthrose. **Lamm (2001)** hingegen konnte mit dieser Technik bei 85 Patienten mit 177 Zehen nur eine Fusionsrate von 73% erzielen. Bei einer Studie von **Caterini (2004)**, in welcher die Arthrodese des PIP-Gelenkes mit einer intramedullären Schraube stabilisiert wurde, kam es in 6% zu einer Pseudarthrose. Genauer gesagt, waren von 51 operierten Zehen (24 Patienten) 48 Arthrodesen fest. Drei zeigten röntgenologisch eine Pseudarthrose.

Die Literatur berichtet über Erfolge mit der Arthrodese oder fibrinöser Union (**Kelikian 1965, Newmann 1979, Ohm 1990, Schnepf 1937, Selig 1941**) obwohl **Higgs (1931)** behauptet, dass eine fibrinöse Union zur wiederkehrender Deformität und Schmerzen führt. Dies konnte in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden.

Bei unserem Patientenkollektiv nach Arthrodese des PIP-Gelenkes lag die durchschnittliche Fusionsrate bei 91,0%. 6 Arthrodesen (9%) waren nicht knöchern konsolidiert. Davon waren 4 Pseudarthrosen. Eine Arthrodese lockerte sich aufgrund

eines Traumas und eine andere Arthrodesse musste aufgrund von persistierendem Schmerz mit einer Revisionsoperation nach Hohmann aufgelöst werden.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Kleinzehendeformitäten sind die am häufigsten anzutreffende Deformität des Vorfußes. Sie sind insbesondere bei Frauen im mittleren Lebensalter zu finden. Dabei werden flexible von bereits kontrakten Fehlstellungen unterschieden. Pathogenetisch tragen mehrere Mechanismen zur Ausbildung von Kleinzehendeformitäten bei. Bei Vorliegen einer geschwächten intrinsischen Muskulatur kommt es zu einem Überwiegen der Flexoren, so dass eine Hyperextension der proximalen Phalanx und eine Beugung des mittleren und distalen Interphalangealgelenkes schließlich zu einer Krallenzeh führen.

Zur Therapie der kontrakten Krallenzeh wurde in dem von uns untersuchten Kollektiv die Arthrodesse des PIP-Gelenkes mit begleitender Sehnenverlängerung und/oder Sehnentransfer eingesetzt. Ziel der vorliegenden Studie war es die Ergebnisse der operativen Therapie der kontrakten Krallenzehendeformität der Kleinzehen mittels PIP-Arthrodesse zu evaluieren. Die Nachuntersuchung erfolgte klinisch und radiologisch mittels eines standardisierten Protokolls.

Im Zeitraum von 2000 bis 2002 wurden an der Orthopädischen Klinik Würzburg, König-Ludwig-Haus, 77 Patienten mittels PIP-Arthrodesse operiert. Davon wurden 56 Patienten (67 Füße, 89 Zehen) mit vollständiger Krankheitsgeschichte klinisch und radiologisch nachuntersucht. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Operation betrug 56,4 Jahre. Der Frauenanteil überwog mit 89,3% deutlich. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum betrug 36 Monate.

Die Patienten wurden klinisch unter Verwendung des AOFAS- Scores nachuntersucht. Von 100 möglichen Punkten wurde im Durchschnitt ein „gutes“ Ergebnis mit 82,2 Punkten erreicht. In 83,6% der Fälle wurden exzellente und gute Ergebnisse erreicht, wobei die Patienten selbst in 86,5% der Fälle schmerzfrei bzw. überwiegend schmerzfrei waren.

Die Fusionsrate der PIP-Arthrodesse lag bei 91%. Von allen nachuntersuchten Zehen waren 6 Arthrodesen nicht knöchern konsolidiert, 4 davon wiesen Pseudarthrosen auf. Eine Rezidivoperation wurde in 3,4% der Fälle nötig. Jeweils einmal mussten eine

Operation nach Hohmann, eine Operation nach Weil und eine PIP-Arthrodesse durchgeführt werden. Die Rezidivoperationen waren aufgrund von Schmerzen und Aktivitätseinschränkung sowie Metatarsalgie indiziert.

Röntgenologisch konnte in der Mehrheit der Füße mit 59,7% eine „Index-Minus-Variante“ dokumentiert werden. Bei 95,5% der Patienten traten keine postoperativen Komplikationen auf. Lediglich bei 4,5% der Patienten wurden Wundheilungsstörungen bzw. Infekte verzeichnet. Pininfektionen oder Pinfrakturen traten nicht auf. 11,9% der untersuchten Patienten klagten über Metatarsalgien und 46,3% wiesen eine plantare Beschwiellung auf.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Arthrodesse des proximalen Interphalangealgelenkes zur Korrektur einer symptomatischen Kleinzehendeformität sehr gut geeignet ist. Die Vorteile liegen vor allem in einer guten Konsolidierungsrate, einer geringen Anzahl an Pseudarthrosen, einer niedrigen Komplikationsrate, einer schnellen Heilung sowie einer hohen Patientenzufriedenheit. Eine sichere knöcherne Durchbauung der Arthrodesse trat bei den nachuntersuchten Patienten dieser Studie wie auch bereits in der Literatur beschrieben zu 91% ein. Wenn die Arthrodesen nicht knöchern fusionieren muss es jedoch nicht zwangsläufig zu Symptomen kommen.

Nachteilig sind die relativ lange Nachbehandlungszeit postoperativ sowie eine stärkere Kürzung der Zehe im Vergleich zu anderen Operationsmethoden.

## 6. ANHANG

Anhang 1: „Lesser toe Metatarsophalangeal-Interphalangeal Scale“ (*Kitaoka 1994*)

(Maximal erreichbare Gesamtpunktzahl: **100 Punkte**)

### **Schmerz: 40 Punkte**

Keiner	<b>40 Punkte</b>
Leicht, gelegentlich	<b>30 Punkte</b>
Gering, täglich	<b>20 Punkte</b>
Stark, meistens immer vorhanden	<b>0 Punkte</b>

### **Funktion: 45 Punkte**

#### **Aktivitätseinschränkung:**

Keine Einschränkung	<b>10 Punkte</b>
Keine Einschränkung in täglichen Aktivitäten, sowie in der Arbeitsverpflichtung; Einschränkung in Freizeitaktivitäten	<b>7 Punkte</b>
Einschränkungen in Tages- und Freizeitaktivitäten	<b>4 Punkte</b>
Schwere Einschränkungen in Tages- und Freizeitaktivitäten	<b>0 Punkte</b>

#### **Schuhwerk:**

Modische, konventionelle Schuhe, keine Einlage nötig	<b>10 Punkte</b>
Bequeme Schuhe, Schuheinlage	<b>5 Punkte</b>
Orthopädisches Schuhwerk	<b>0 Punkte</b>

#### **MTP Gelenkbewegung (Dorsalflexion plus Plantarflexion):**

Normal oder keine Einschränkung (75° und mehr)	<b>10 Punkte</b>
Mäßige Einschränkung (30°- 75°)	<b>5 Punkte</b>
Starke Einschränkung (weniger als 30°)	<b>0 Punkte</b>

#### **IP Gelenkbewegung (Plantarflexion):**

Keine Einschränkung	<b>5 Punkte</b>
Starke Einschränkung (weniger als 10°)	<b>0 Punkte</b>

**MTP-IP Stabilität (alle Richtungen):**

Stabil	5 Punkte
Sicherlich instabil oder in der Lage auszurenken	0 Punkte

**Schwiele in Verbindung mit der Großzehe MTP-IP:**

Keine Schwiele oder asymptomatische Schwiele	5 Punkte
Schwiele, symptomatisch	0 Punkte

**Ausrichtung/ Fehlstellung: 15 Punkte**

Gut, Großzehe gut ausgerichtet	15 Punkte
Ganz ordentlich, einige Grade der Großzehenfehlstellung sichtbar, keine Symptome	8 Punkte
Schlecht, offensichtliche symptomatische Fehlstellung	0 Punkte

Anhang 2: Perioperativer Erhebungsbogen

**Perioperativer Erhebungsbogen**

**Alter bei Operation:**

\_\_\_\_\_

**Operationsdatum:**

\_\_\_\_\_

**Betroffener Vorfuß:**

rechts

links

**Betroffene Zehe(n):**

2

3

4

5

**Operationsverfahren:**

Hohmann

Arthrodesse PIP

**Zusätzliche Eingriffe in gleicher Sitzung:**

Großzehe:

Chevron

Arthrodesse

Sonstige \_\_\_\_\_

Kleinzehe:

2

3

4

5

Weil

Sehnentransfer

Sonstige \_\_\_\_\_

**Nachbehandlung:**

Gips

Wochen: \_\_\_\_\_

Vorfußentlastungsschuh

Wochen: \_\_\_\_\_

**Komplikationen:**

- Keine
- Infekt
- Nekrose
- Thrombose
- Neurologische Ausfälle
- Revisionen

Welche ? \_\_\_\_\_

Anhang 3: Anamnesebogen

**Anamnesebogen**

Vorname Nachname des Patienten

Geburtsdatum

Straße

Wohnort

Telefon

**Geschlecht:**

weiblich

männlich

**Erstvorstellung KLH:**

\_\_\_\_\_

**Alter bei Nachuntersuchung:**

\_\_\_\_\_

**Begleiterkrankungen:**

Keine

Chronische Polyarthritis

ja

nein

Diabetes mellitus

ja

nein

**Familienanamnese:**

Keine

Vorfußdeformität

ja

nein

Chronische Polyarthritis

ja

nein

Diabetes mellitus

ja

nein

**Nachuntersuchungsbogen**

**Nachuntersuchungszeit:**

\_\_\_\_\_ Monate

**Rückfuß:**

- Varus
- Valgus
- Normal

**Fußstellung:**

- Plattfuß
- Spitzfuß
- Spreizfuß
- Normal
- Sonstige

**Rezidivoperation:**

ja

nein

Wie viele ?

\_\_\_\_\_

Welche ?

\_\_\_\_\_

**Beweglichkeit:**

OSG

E/F

\_\_\_\_\_

**Metatarsalgie:**

ja

nein

**Narbenveränderungen:**

ja

nein



## 7. LITERATUR

1. **Alvine F.G., Garvin K.L. (1980):** Peg and dowel fusion of the proximal interphalangeal joint, *Foot & Ankle*, 1(2): 90-4
2. **Baig A.U., Geary N.P.J. (1996):** Fusion rate and patient satisfaction in proximal interphalangeal joint fusion of the minor toes using Kirschner wire fixation, *The Foot*, 6: 120-121
3. **Baumgartner R., Türk K. (2001):** Hammer- und Krallenzehen, In Baumgartner R., Stinus H. (Hersg.): *Die Orthopädiotechnische Versorgung des Fußes*
4. **Bernbach E. H., Bernbach M. R. (1985):** A box joint arthrodesis for the proximal interphalangeal joint in claw toe deformity, *JAPMA*, 75:11
5. **Brahms M. (1991):** The small toes, In *Disorder of the Foot and Ankle Philadelphia*, Chapter 40: 1187-1194
6. **Cameron H.U., Fedorkow D.M. (1982):** Revision rates in forefoot surgery, *Foot & Ankle*, 3(1): 47-9
7. **Caterini R., Farsetti P. (2004):** Arthrodesis of the toe joints with an intramedullary cannulated screw for correction of hammertoe deformity, *Foot and Ankle International*, 25(4): 256-61
8. **Chang J.T. (2005):** Arthrodesis, (Hersg.): *Foot & Ankle*, 44-47
9. **Conklin M.J., Smith R.W. (1994):** Treatment of the atypical lesser toe deformity with the basal hemiphalangectomy, *Foot and Ankle International*, 15: 585-594
10. **Coughlin M.J. (1984):** Mallet toes, hammer toes, claw toes, and corns. Causes and treatment of lesser-toe deformities, *Postgraduate Medicine*, 75(5): 191-8
11. **Coughlin M.J. (1987):** Lesser toes deformities, *Instructional Course Lectures*, 36: 137-59
12. **Coughlin M.J. (1995):** Womens' shoe wear and foot disorders, *WJM*, Vol. 163 (6)
13. **Coughlin M.J. (1995):** Operative repair of the mallet toe deformity, *Foot and Ankle International*, 16(3): 109-16
14. **Coughlin M.J., Thompson F.M. (1995):** The high price of high-fashion footwear, *Instructional Course Lectures*, 44: 371-7
15. **Coughlin M.J., Dorris J., Polk E. (2000):** Operative repair of the fixed hammertoe deformity, *Foot and Ankle International*, Vol. 21, No. 2: 94-104

- 16. Coughlin M.D. (2002):** Lesser toe abnormalities, Instructional Course Lectures, The Journal of Bone and Joint Surgery (American), Vol 84: 1446-1469
- 17. Cracchiolo A.(1993):** Hammerzehen und Krallenzehen: Pathologie und Behandlung, In Wirth C.J., Ferdini R., Wülker N. (Hersg.): Vorfußdeformitäten, Springer, Berlin, Heidelberg, New York: 135-143
- 18. DuVries H.L. (1973):** Acquired nontraumatic deformities of the foot, In: Inman V.T. (Hersg.): Du Vries Surgery of the foot, St. Louis, Mosby, C.V.: 204
- 19. Edwards W.H.B., Beischer A.D. (2002):** Interphalangeal joint arthrodesis of the lesser toes, Foot and Ankle Clinics N Am, 7: 43-48
- 20. Ely L. (1926):** Hammer toe, Surgical Clinics of North America, 6: 433-435
- 21. Eulert J., Mau H. (1986):** Der Hallux valgus: klinisches und röntgenologisches Bild, In: Hallux valgus (Hersg.): Blauth, W. Springer Verlag: Berlin Heidelberg, 45-52
- 22. Fuhrmann R.A. (1998):** Kleinzehendeformitäten: Kondylenresektion an Grund- und Mittelphalanx, In Wülker N., Stephens M., Cracchiolo A. (Hersg.): Operationsatlas Fuß- und Sprunggelenk, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
- 23. Fuhrmann R.A. (2004):** Hammerzehen tut weh- diese und andere Zehendeformitäten, Therapeutische Umschau; Band 61, Heft 7, 417-420
- 24. Gerbert J. (1986):** Digital arthrodesis, Clinics in Podiatric Medicine and Surgery, 3 (1): 77-93
- 25. Giovinco J.D. (1996):** End-to-end Arthrodesis with absorbable pin and suture fixation, Clinics in Podiatric Medicine and Surgery, Vol.13 (2): 251-254
- 26. Harmonson J.K., Harkless L.B. (1996):** Operative procedures for the correction of hammertoe, claw toe, and mallet toe: a literat review, Clinics in Podiatric Medicine and Surgery, Vol. 13 (2): 211-20
- 27. Herrsche, Klaue K. (1991):** Die Behandlungsmöglichkeiten von Kleinzehenfehlstellungen und ihre Indikation, Therapeutische Umschau, Band 48, Heft 12: 849-852
- 28. Herstik I., Pelletier J., Kanat I. (1990):** Pin tract infections, Journal of the American Podiatry Medical Association, 80(3): 135-44
- 29. Higgs S.L. (1931):** Hammer-toe, Post- Graduate Medical Journal, 131: 473-475
- 30. Hohmann (1948):** Hammerzehen, Krallenzehen, Varuszehen, (Hers.): Fuß und Bein
- 31. Imhoff A.B., Zollinger-Kies H. (2004):** Hammerzehe und Krallenzehen, (Hersg.):

Fußchirurgie: 112-114

- 32. Kilikian H. (1965):** Hallux valgus, Allied deformities of the forefoot metatarsalgia, Philadelphia, Saunders Co, W.B.: 292-304
- 33. Kirschner S., Walther M. (2003):** Reliabilität-, Validitäts- und Responsivitätsprüfung des Funktionsfragebogen Bewegungsapparat (SMFA-D) bei Patienten mit Coxarthrose und totalendoprothetischem Gelenkersatz des Hüftgelenkes, Z. Rheumatol 62: 548-554
- 34. Kitaoka H.B. (1994):** Clinical Rating System for the Ankle-Hindfoot, Midfoot, Hallux and Lesser Toes, Foot and Ankle International, Vol. 15, No. 7: 349-53
- 35. Knecht J.G. (1974):** Pathomechanical deformities of the lesser toes, Journal of the American Podiatry Association, Vol. 64, No. 12: 941-54
- 36. Lamm B. M., Ribeiro C. E. (2001):** Lesser proximal interphalangeal joint arthrodesis, a retrospective analysis of the peg-in-hole and end-to-end procedures, Journal of the American Podiatric Medical Association, 91: 331-336
- 37. Lapidus P.W. (1939):** Operation for correction of hammer-toe, The Journal of Bone and Joint Surgery, Vol. 21, No. 4, 977-82
- 38. Lehmann D.E., Smith R.W. (1995):** Treatment of symptomatic hammertoe with a proximal interphalangeal joint arthrodesis, Foot and Ankle International, 16(9): 535-41
- 39. Mann R. A., Coughlin M. J. (1991):** Lesser toe deformities, In Disorder of Foot and Ankle Philadelphia, Chapter 41, 1205-1216
- 40. McConnell B.E. (1975):** Hammertoe surgery: Waist resection of the proximal phalanx, a more simplified procedure, Southern Medical Journal, Vol. 68, No.5: 595-598
- 41. McConnell, B. (1979):** Correction of hammertoe deformity. A 10-year review of subperiostal waist resection of the proximal phalanx, Orthopedic Review, 8: 65-59
- 42. Michel J., Coughlin M.D. (2003):** Lesser toe abnormalities, Instructional Course Lectures, Vol 52: 421-444
- 43. Mizel M.S., Michelson, J.D. (1997):** Nonsurgical treatment of monarticular nontraumatic synovitis of the second metatarsophalangeal joint, Foot and Ankle International, 18: 424-426
- 44. Monson D.K., Buell T.R., Scurran B.L. (1986):** Lesser digital arthrodesis, Clinics in Podiatric Medicine and Surgery, Vol. 3 (2): 347-56

- 45. Myerson M.S., Shereff M.J. (1989):** The Pathological anatomy of claw and hammer toes, *The Journal of Bone Joint Surgery*, Vol. 71A (1): 45-49
- 46. Newmann R., Fitton J. (1979):** An evaluation of operative procedures in the treatment of hammer toe, *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 50: 709-12
- 47. Nilsson H. (1930):** Hallux rigidus and its treatment, *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 1: 295-303
- 48. Ohm O.W., McDonell M., Vetter W.A. (1990):** Digital arthrodesis: An alternate method for correction of hammer toe deformity, *The Journal of Foot Surgery*, Vol. 29, No. 3: 207-11
- 49. O`Kane C., Kilmartin T. (2005):** Review of proximal interphalangeal joint excisional arthroplasty of second hammer toe deformity in 100 cases, *Foot and Ankle International*, Vol. 26, No. 4: 320-5
- 50. Patton G. W. (1990):** Adsorbable pin: A new method of fixation for digital arthrodesis, *JFS*, 29:2
- 51. Pisani G. (1993):** Pathogenese der Kleinzehendeformitäten, In Wirth, C.J., Ferdini R., Wülker, N.: *Hersg. In: Vorfußdeformitäten*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York: 130-133
- 52. Rabl C.R.H., Nyga W. (1994):** Hammer- und Krallenzehen, *Hersg., In: Orthopädie des Fußes*, 117-121
- 53. Reece A.T., Stone M.H., Young A.B. (1987):** Toe fusion using Kirschner wire, A study of the postoperative infection rate and related problems, *Journal of the Royal College of Surgeons of Edinburgh*, 32:158-9
- 54. Reis N.D. (1989):** Metatarsophalangeal joint dislocation after local steroid injection, *Journal of Bone and Joint Surgery Br.*, 71:864
- 55. Roposch A. (2005):** Gesundheitszustand und Lebensqualität, Möglichkeiten der Bewertung von Behandlungsergebnissen, *Orthopäde*, 34: 357-381, Springer Medizin Verlag 2005
- 56. Saxl A. (1935):** Hammer-toe and transverse flat-foot, *Z. Orthopaedic Surgery*, 63: 154-160
- 57. Scheck M.D. (1977):** Etiologie of acquired hammertoe deformity, *Clinical Orthopaedics*, 123: 63-9

- 58. Schlefman B.S., Fenton C.F., Mc Glamry E.E. (1983):** Peg in hole arthrodesis, Journal of the American Podiatry Association, Vol. 73, No. 4: 187-195
- 59. Schnepf K. H. (1937):** Hammer toe and claw foot, American Journal of Surgery, 36: 351-359
- 60. Selig S., M.D. (1941):** Hammer-toe: A new procedure for its correction, Surgery, gynecology and obstetrics, 72: 101-105
- 61. Sim-Fook L., Hodgson A. R. (1958):** A comparison of foot forms among the non-shoe and shoe-wearing Chinese population, Journal of Bone and Joint Surgery, 40A: 1058-1062
- 62. Sorto L. A. (1974):** Surgical correction of hammertoes, A 5 year postoperative study, Journal of the American Podiatry Association, 64: 930-34
- 63. Soule R.E., A.B., M.D. (1910):** Operation for the correction (cure) of hammertoe, New York medical journal and medical record, 91: 649-650
- 64. Taylor R.G., Sheffield (1940):** An operative procedure for the Treatment of the hammer-toe and claw-toe, Journal of Bone and Joint Surgery, Vol. 22: No.3, 608-609
- 65. Taylor R.G. (1951):** The treatment of claw toes by multiple transfer of flexor into extensor tendons, Journal of Bone and Joint Surgery 33B: 539
- 66. Trepman E., Yeo S.L. (1995):** Nonoperative treatment of metatarsophalangeal joint synovitis, Foot and Ankle International, 16: 771-777
- 67. Wolke B., Sparmann M. (1999):** Die Arthrodesese des proximalen Interphalangealgelenkes in der Feder-Nut- (Peg-in-hole) Technik, Operative Orthopädie und Traumatologie, 11: 319-27 (Heft 4)
- 68. Wollmerstedt N., Kirschner S. (2003):** Entwicklung und Evaluierung der Kurzversion des Funktionsfragebogens Bewegungsapparat XSMFA- D, Z. Orthop, 141: 718-724
- 69. Young C.S., M.D. (1938):** An operation for the correction of hammer-toe and claw-toe, Journal of Bone and Joint Surgery, Vol. 20: No. 3, 715-719

## **8. DANKSAGUNG**

Besonders möchte ich Herrn Dr. med. Volker Ettl sowohl für die wertvollen Ratschläge und die fortwährende Motivation und Unterstützung als auch die hervorragende fachliche, freundliche und engagierte Betreuung danken. Auch danke ich dir Volker für deine persönlich lustigen und aufmunternden Telefonate, die ich wirklich vermissen werde.

Mein herzlicher Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. med. Markus Walther für die Überlassung des Themas und die freundliche Hilfe und Unterstützung bei der Fertigstellung dieser Arbeit.

Ich danke den Patienten dieser Studie, die sich bereitwillig den Nachuntersuchungen unterzogen haben.

Ein großes Dankeschön an meine Familie für ihre liebevolle Unterstützung, ihre Geduld und ihr Verständnis. Dafür, dass sie mir das Studium der Humanmedizin ermöglichte, und mir immer mit Rat und Tat zu Seite stand.

Anschließend möchte ich mich bei allen bedanken, die sich durch die persönliche Unterstützung und das unablässige Nachfragen am Zustandekommen dieser Arbeit verdient gemacht haben. Meinen „Würzburger Mädels“ danke ich für die tolle Studienzeit, welche ich nie vergessen werde. Meiner besten Freundin Pepe möchte ich für ihre offenen Worte sowie ihre immer währende moralische Unterstützung in meinem ganzen Leben danken.

Herrn Professor Dr. med. Maximilian Rudert danke ich für die freundliche Übernahme des Korreferates. Ebenso bedanke ich mich bei Herrn Professor Dr. med. Werner Kenn für die Abnahme der mündlichen Prüfung.