

AUS DER ABTEILUNG  
FÜR UNFALLCHIRURGIE  
PROF. DR. MED. MICHAEL NERLICH  
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

VALIDIERUNG EINES ALGORITHMUS ZUR BEHANDLUNG VON  
FERSENBEINFRAKTUREN

Inaugural - Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Medizinischen Fakultät  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Anja Pannek

2010







AUS DER ABTEILUNG  
FÜR UNFALLCHIRURGIE  
PROF. DR. MED. MICHAEL NERLICH  
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

VALIDIERUNG EINES ALGORITHMUS ZUR BEHANDLUNG VON  
FERSENBEINFRAKTUREN

Inaugural - Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Medizinischen Fakultät  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Anja Pannek

2010



Dekan:	Prof. Dr. Bernhard Weber
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Bernd Kinner
2. Berichterstatter:	PD Dr. Andreas Schreyer
Tag der mündlichen Prüfung:	26.07.2010



## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Einleitung</b> .....	1
1.1 „Lover´s fracture- wie kommt die Calcaneusfraktur zu ihrem Namen?.....	1
1.2 Anatomie des Calcaneus.....	1
1.2.1 Funktion im Knochenverband des Fußes.....	1
1.2.2 Besonderheiten in der Knochenstruktur.....	3
1.3 Pathomechanismen der Fraktur und Klinik.....	4
1.3.1 Frakturlinien und Frakturtypen.....	4
1.3.2 Spezielle Frakturtypen.....	5
1.3.3 Diagnostik.....	6
1.3.4 Komplikationen.....	7
1.4 Behandlungsformen.....	8
1.4.1 Historischer Überblick.....	8
1.4.2 Konservative Behandlung.....	9
1.4.3 Operative Behandlung.....	10
1.4.4 Minimal-invasive Behandlung.....	14
1.4.5 Intraoperative Kontrolle.....	17
1.5 Fragestellung.....	21
<b>2 Patienten und Methoden</b> .....	23
2.1 Patientenauswahl und Gruppenbeschreibung.....	23
2.2 Studienbeschreibung.....	25
2.3 Methoden.....	26
2.3.1 Fragebogen.....	26
2.3.2 Radiologische Auswertung.....	30
2.3.3 Pedographien.....	35
2.4 Statistische Analyse.....	38
<b>3 Ergebnisse</b> .....	39
3.1 Parameter für die Entscheidung zu einer der Behandlungsweisen.....	39
3.1.1 Altersstruktur.....	39
3.1.2 Unfallmechanismus.....	39
3.1.3 Begleiterkrankungen.....	40

	Seite
3.1.4 Begleitverletzungen .....	41
3.1.5 Schweregrad .....	42
3.2 Repositionsergebnis .....	47
3.2.1 Zeitraum bis zur OP .....	47
3.2.2 OP-Dauer .....	47
3.2.3 Postoperative Komplikationen .....	48
3.2.4 Folge-Operationen .....	49
3.2.5 Radiologisches Repositionsergebnis .....	50
3.3 Ergebnisse der prospektiven Patientenuntersuchung .....	53
3.3.1 AOFAS Ankle-Hindfoot Scale .....	53
3.3.2 Zusätzliche Parameter .....	55
3.3.3 SF-36-Fragebogen .....	62
3.3.4 Pedographien .....	68
<b>4 Diskussion</b> .....	<b>69</b>
<b>5 Zusammenfassung</b> .....	<b>81</b>
<b>6 Anlagen</b> .....	<b>85</b>
6.1 Tabellen .....	85
6.2 Fragebogen .....	91
6.3 AOFAS Ankle-Hindfoot Scale .....	99
<b>7 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>100</b>

## 1 EINLEITUNG

### 1.1 „Lover’s fracture“- wie kommt die Calcaneusfraktur zu ihrem Namen?

Stolpert man bei der Recherche zum Thema Calcaneusfraktur des öfteren über den Namen „Lover’s fracture“, so stellt man sich die Frage, was ein Bruch des Fersenbeins mit einem Geliebten zu tun hat. Klarheit verschafft hierbei die Kenntnis des typischen Unfallmechanismus – das Fallen aus großer Höhe. Denn um der Entdeckung durch den Ehemann zu entkommen, wählte so mancher Geliebte nach dem Schäferstündchen den Weg durchs offene Fenster, ungeachtet des zu überwindenden Höhenunterschieds. Dass diese Bezeichnung nicht nur einen historischen Hintergrund hat, sondern auch noch heutzutage begründet ist, zeigt folgender Fall: so findet sich auch im Patientengut dieser Studie der Besucher eines Etablissements, der der Bezahlung durch einen Sprung aus dem zweiten Stock entfliehen wollte, und letztendlich mit einer beidseitigen Fersenbeinfraktur „bezahlte“. Calcaneusfrakturen entstehen typischerweise durch axiale Krafteinwirkung. Somit stellen Dezelerationstraumen, wie das Fallen aus großer Höhe oder Verkehrsunfälle, die häufigsten Ursachen dar. Im Allgemeinen sind Männer häufiger betroffen als Frauen [47,62].

Die operative Behandlung dieser meist komplizierten Fraktur stellt eine große Herausforderung für den Chirurgen dar und erfordert ein genaues anatomisches Wissen sowie dreidimensionale Vorstellungskraft wegen der Beteiligung des Calcaneus an mehreren Gelenken und des dünnen umgebenden Weichteilmantels.

### 1.2 Anatomie des Calcaneus

#### 1.2.1 Funktion im Knochenverband des Fußes

Generell unterteilt man das Fußskelett in Fußwurzel (Tarsus), Mittelfuß (Metatarsus) und Zehen (Digiti). Zu den Fußwurzelknochen zählen Talus, Calcaneus, Os naviculare, Os cuboideum und die drei Ossa cuneiforma. Talus und Calcaneus bilden den Rückfuß. Der Calcaneus ist der größte Fußwurzelknochen und macht einen Großteil des Längsgewölbes und der lateralen Fußreihe aus.

Der hintere Bereich des Fersenbeins besteht aus dem Tuber calcanei (siehe Abb.1:1), an dessen Tuberositas die Sehne des M. triceps surae (Achillessehne) ansetzt, der sowohl für die Plantarflexion als auch für die Supination im unteren Sprunggelenk verantwortlich ist. Am Übergang zur Unterfläche befinden sich zwei nach vorne gerichtete Fortsätze (Processus lateralis **(2)** und Processus medialis **(3)**),

## 1 EINLEITUNG

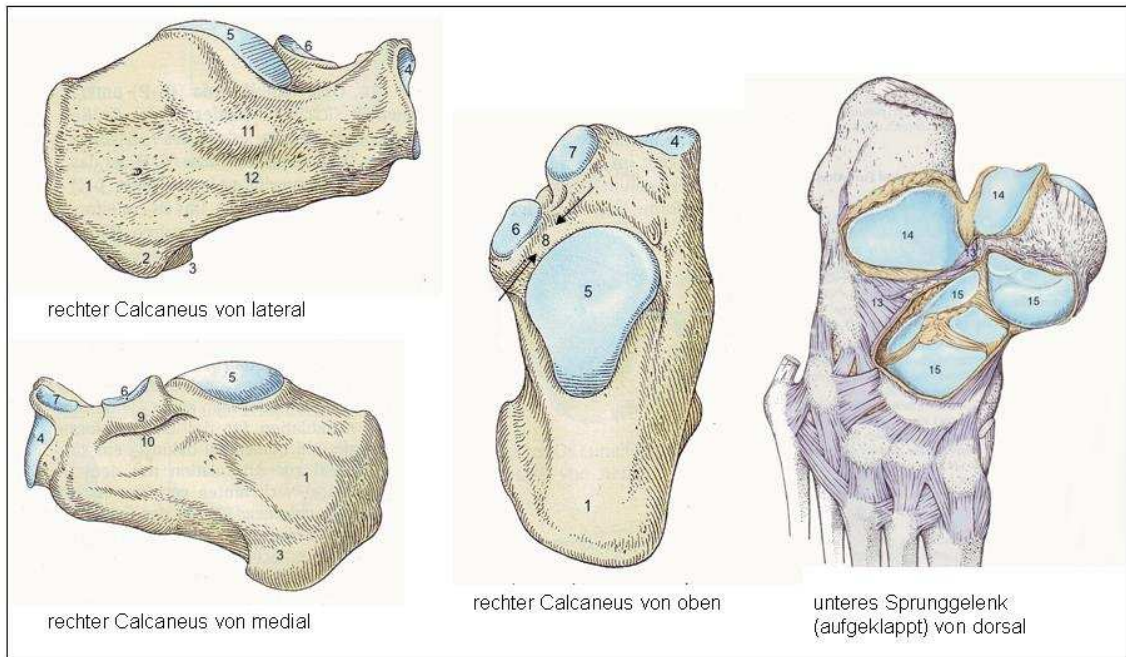
an denen die kurzen Fußmuskeln (M. abductor digiti minimi bzw. M. abductor hallucis) ansetzen und zusammen mit dem Bandapparat (Plantaraponeurose, Lig. plantare longum) die Längs- und Querwölbung aufrecht erhalten.

An der Vorderseite des Calcaneus befindet sich die Facies articularis cuboidea (4), eine bikonkave, sattelförmige Gelenkfläche, die den Calcaneus mit dem Cuboid verbindet und einen Teil der Chopart'schen Gelenklinie bildet.

Die obere Fläche des Calcaneus besteht aus drei Gelenkflächen, die mit dem Talus den subtalaren Gelenkkomplex bilden. Hierzu gehört zum einen die convex gebogene posteriore Facette (5), zum anderen die konkav gebogene mittlere (6) und die flache anteriore Facette (7), die zusammen mit der Facies articularis cuboidea des Processus anterior des Calcaneus bilden. Zwischen den beiden vorderen und der posterioren Facette liegt der Sulcus calcanei (8), der zusammen mit dem Sulcus tali den Sinus tarsi bildet. Darin befindet sich das straffe Ligamentum talocalcaneum interosseum (13), das den vorderen vom hinteren Anteil des unteren Sprunggelenks trennt. Die voneinander getrennten Gelenkflächen (Articulatio subtalaris (14) und Articulatio talocalcaneonavicularis (15)) wirken jedoch gemeinsam. Das untere Sprunggelenk ist ein Zapfengelenk (Articulatio trochoidea) und lässt somit Drehbewegungen zu. Der Gesamtumfang zwischen den Extremstellungen von maximaler Supination und Pronation (= Aufheben des medialen bzw. des lateralen Fußrandes unter gleichzeitigem Drehen) beträgt physiologischerweise ca. 60° und ist wichtig für die Stoßdämpfung während des Fersenaufsatzes und der Stabilität des Fußes beim Abstoßen.

An der medialen Fläche des Calcaneus wölbt sich das Sustentaculum tali (9) hervor, das den stabilsten Anteil des Knochens bildet. Von hier aus ziehen straffe Bänder zum Talus, Cuboid und zur Tibia. Unterhalb des Sustentaculums verläuft die Sehne des M. flexor hallucis longus (10), die durch ihre dynamische Spannung bei vielen Frakturformen die anatomische Beziehung des Sustentaculums zum Talus bewahrt.

Die laterale Fläche zeigt eine schwach vorgewölbte Knochenverstärkung, die Trochlea peronealis (11), unter der die Sehnen der M peronei longus et brevis (12) verlaufen und wie ein Bogen das Quergewölbe aufspannen [24,42,49].



**Abb.1:** Darstellungen des Calcaneus und des unteren Sprunggelenkes aus verschiedenen Perspektiven  
 Ziffern entsprechend der Bezeichnung in Klammern ( ) im Text; **Pfeil:** Verlauf des *Sulcus tali*; Gelenkflächen in blau dargestellt  
 (adaptiert nach: Platzer W. Taschenatlas der Anatomie, Band 1 Bewegungsapparat. 7. Auflage. New York: Georg Thieme Verlag Stuttgart; 1999: S. 217; 225)

### 1.2.2 Besonderheiten in der Knochenstruktur

Die Knochenstruktur des Calcaneus besteht aus einer spongiösen Binnenstruktur, die von gewölbe-ähnlichem Trabekelwerk durchzogen und von einer unterschiedlich dicken Kortikalisschicht umgeben ist.

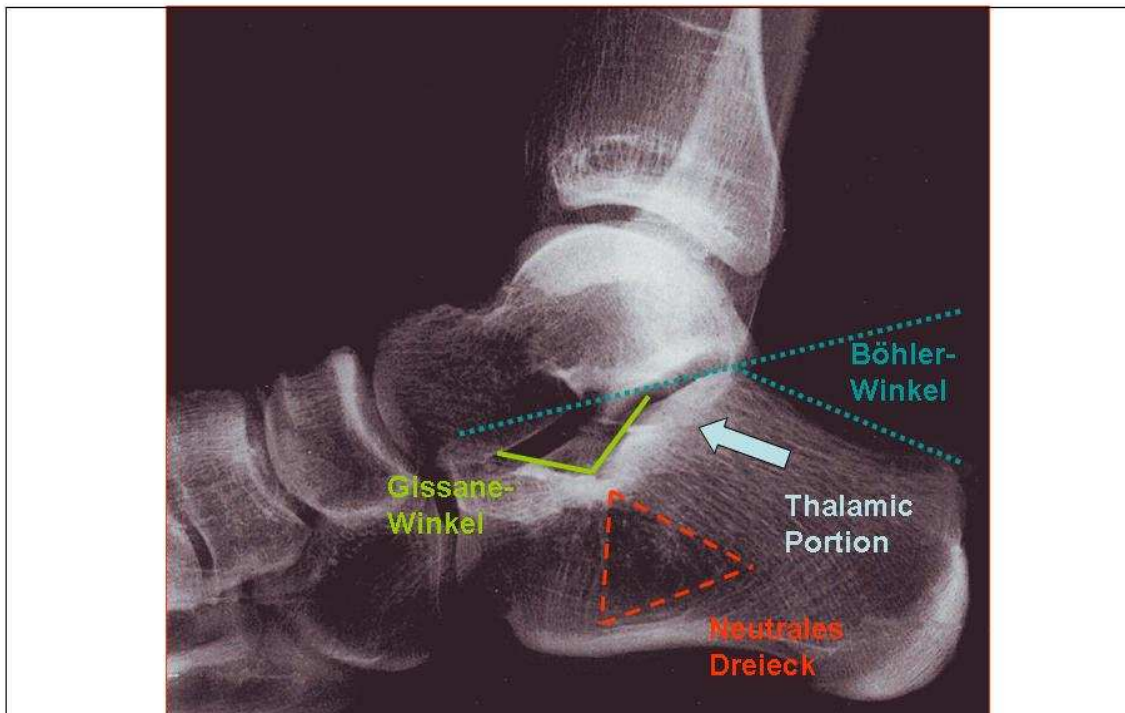
Diese trabekuläre Struktur zieht sich entsprechend der axialen Kompressionskräfte des gesamten Körpergewichtes und der Zugkräfte der Sehnen- und Faszienansätze durch den Calcaneus. Infolgedessen kommt es zu einer Verdichtung unterhalb der posterioren Facette des Subtalargelenks (thalamic portion) sowie einem nur spärlich mit Trabekelwerk durchzogenem Dreieck unterhalb der Verdichtungsline (neutrales Dreieck) (siehe Abb.2). Vor allem dieser Bereich ist besonders anfällig für Eintauchungen und führt zur typischen Kompressionsfraktur des Calcaneus [12].

Die Kortikalis bildet eine dicke Schicht entlang des Calcaneushalses und formt dadurch im lateralen Röntgenbild den Gissane-Winkel, der physiologischerweise zwischen 120-145° liegt [13]. Des Weiteren begrenzt die Kortikalis den sogenannten Tubergelenkwinkel zwischen der posterioren Gelenkfacette und dem Tuber calcanei (Böhler-Winkel, physiologisch zwischen 25-40°) (siehe Abb.2). Im Rahmen einer Kompressionsfraktur kann es dabei zu einer Abflachung, sogar bis zu einer

## 1 EINLEITUNG

Negativierung dieses Winkels kommen und die postoperative Wiederherstellung dient als Maß zur Beurteilung des Behandlungserfolges [6].

Aus einer besonders dünnen Schicht besteht die Kortikalis am lateralen Rand des Calcaneus. Dies führt bei axialer Krafteinwirkung häufig zu einer lateralen schaligen Aussprengung der Wand (lateral bulge) [62].



**Abb.2:** konventionelles Röntgenbild des Fußes, laterale Ansicht

(adaptiert nach: Köpf-Maier P. Wolf-Heideggers Atlas der Anatomie des Menschen, Band 1; 5. Auflage. Basel: Karger; 2000: S.210)

### 1.3 Pathomechanismen der Fraktur und Klinik

Die Variabilität des Frakturausmaßes bei Calcaneusfrakturen beruht nicht nur auf der Stärke und Richtung der einwirkenden Kraft, sondern wird auch durch die momentane Fußposition und Muskelspannung während des Aufpralls sowie dem Mineralgehalt des Knochens bestimmt.

#### 1.3.1 Frakturlinien und Frakturtypen

Die **primäre** Frakturlinie entsteht durch eine keilförmige Krafteinwirkung des Processus fibularis tali auf den Calcaneus bei axialer Eintauchung. Diese beruht auf den divergierenden Längsachsen von Talus und Calcaneus (ca. 30°) sowie der seitlich zueinander versetzten Vertikalachsen (die des Talus liegt medial des

## 1 EINLEITUNG

Calcaneus) [13]. Dabei wird das Sustentaculum tali vom restlichen Calcaneus abgeschert. Es entstehen zwei Hauptfragmente (siehe Abb.3): ein superomedialer (sustentaculumtragender) und ein posterolateraler Anteil. Abhängig von der Fußposition liegt die Frakturlinie mehr lateral und es entsteht ein großes supermediales Fragment (Fuß in Valgusstellung) oder die Frakturlinie verläuft mehr medial bis hin zu isolierten Absprengungen des Sustentaculums (Fuß in Varusstellung) [61].

Häufig kommt es zu einer Aussprengung der lateralen Wand (lateral bulge). Dies führt gerade in Fällen mit starker Abweichung des posterolateralen Fragmentes zu einer Einklemmung des Weichteilgewebes und der Peronealsehnen entlang der lateralen Fibulakante.

Wird die Energie des Aufpralls nicht vollständig durch die Entstehung der ersten Frakturlinie absorbiert, kommt es zu **sekundären** Frakturlinien. Hierbei unterscheidet man zwei Frakturtypen entsprechend der Einteilung nach Essex-Lopresti [13]:

Beim *Joint-Depression-Typ* verläuft die Frakturlinie vom hinteren Anteil des Subtalar-Gelenks weiter nach unterhalb der imprimierten posterioren Facette. Die Tuberositas ist dabei kaum betroffen.

Bei *Tongue-Typ-Frakturen* zieht sich die Frakturlinie in Längsrichtung bis in die Tuberositas und führt zu starken Deformitäten des Rückfußes bis hin zur Negativierung des Tubergelenkwinkels.

Unterschiedliche **tertiäre** Frakturlinien können sich nach anterior in Richtung des Calcaneo-Cuboid-Gelenkes ausbreiten und zu einer Stufe im der Gelenkfläche führen. Hierbei entsteht ein anterolaterales Fragment. Verläuft eine weitere Linie durch die mediale Facette, entsteht ein anteromediales Fragment [66].

Insgesamt kommt es somit zu maximal **fünf** Hauptfragmenten (vgl. Abb.3), an denen sich einige der heute gebräuchlichen Klassifikationssysteme orientieren [48, 63, 67].

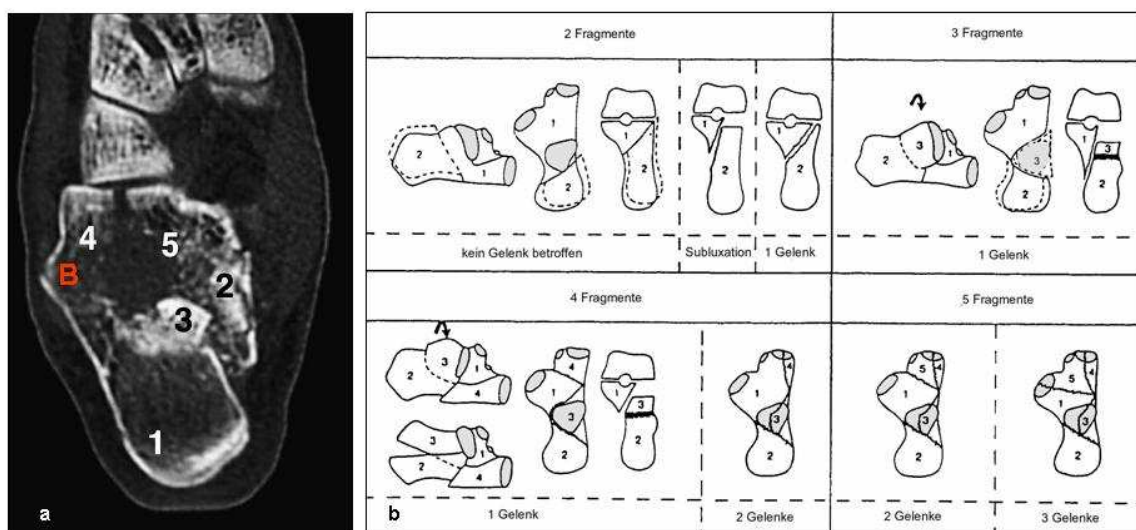
### 1.3.2 Spezielle Frakturtypen

Bei der so genannten Rabenschnabelfraktur (beak fracture) kommt es zu einem Abriss der Achillessehne im Bereich der Tuberositas, wobei häufig ein Knochenfragment an der Spitze abgesprengt wird. Dieser Frakturtyp erscheint überwiegend bei Kindern und wird verursacht durch eine reflexhafte Kontraktion des M. triceps surae beim Herabfallen.

## 1 EINLEITUNG

Abrisse des Ligamentum bifurcatum an der superomedialen Spitze des Processus anterior führen zusätzlich zu einer Instabilität des oberen und unteren Sprunggelenkes und treten häufig bei Supinationstraumen auf [65].

Eine isolierte Kompressionsfraktur des Processus anterior entsteht durch starke Abduktion des Vorfußes gegen den Mittelfuß, was zu einer Kompression der lateralen Fußreihe führt. Diese Verletzungen werden zu den Dislokationsfrakturen des Mittelfußgelenkes gerechnet, weil sie sich von dem typischen Frakturmechanismus der Calcaneusfrakturen unterscheiden [45].



**Abb.3:** a Lage der reproduzierbaren 5 Hauptfragmente im axialen CT: 1= Tuberositas (TU); 2= sustentaculumtragendes Fragment (SU); 3=posterolaterales Fragment (PF), häufig komprimiert und verdreht; 4= anterolaterales Fragment (PA, Processus anterior); 5= anteromediales Fragment (AF); B= lateral bulge (adaptiert nach: Rammelt S, Zwipp H. Calcaneus fractures: facts, controversies and recent developments. Injury 2004; 35: 447)

b CT-gestützte Frakturklassifikation nach Zwipp (12-Punkte-Frakterskala): Einteilung erfolgt nach Anzahl der Hauptfragmente (max. 5) und der betroffenen Gelenkflächen (max. 3) plus max. 4 Zusatzpunkte

(adaptiert nach: Zwipp H, Tscherner H, Thermann H, Weber T. Osteosynthesis of displaced intraarticular fractures of the calcaneus. Results in 123 cases. Clin Orthop 1993; 290: 78)

### 1.3.3 Diagnostik

Typischerweise finden sich bei Calcaneusfrakturen eine höhergradige Weichteilschwellung sowie ein Hämatom im Bereich des Rückfußes und des Sprunggelenkes. Häufig ist eine laterale Vorwölbung oder eine Valgusfehlstellung des Rückfußes zu erkennen. Palpatorisch zeigt sich eine Schmerzhaftigkeit im Bereich der Ferse. Ebenso kann der betroffene Fuß nicht schmerzfrei belastet und pro- oder supiniert werden.

## 1 EINLEITUNG

Die genaue klinische Diagnostik ist entscheidend für das weitere Management und spielt eine große Rolle bei polytraumatisierten Patienten oder Verletzungen mit geringem Aufpralltrauma. Denn gerade in diesen Fällen werden Frakturen des Calcaneus leicht übersehen oder fehldiagnostiziert [62].

Eine radiologische Beurteilung kann die Verdachtsdiagnose unterstützen. Zunächst werden konventionelle Röntgenaufnahmen in den drei Standardebenen (Calcaneus lateral, axial und Fuß dorsoplantar) durchgeführt. In der lateralen Ansicht ist eine Beurteilung des Böhler- und Gissane-Winkels, des Höhenverlustes und des Kompressionsgrades möglich. Die axialen Aufnahmen zeigen eine mögliche Rückfußverbreiterung und Varus/Valgusfehlstellung. In der dorsoplantaren Ansicht kann das Calcaneo-Cuboid-Gelenk beurteilt werden. Eine a.p.-Aufnahme des oberen Sprunggelenks dient der Erkennung einer möglichen Subluxation des Talus oder eines fibulocalcarearen Abutments („Anstoßen“).

Die Anfertigung einer Broden-Serie kann hilfreich sein für die Beurteilung des Schadens im Bereich des Subtalargelenkes. Dabei wird der Fuß in neutraler Flexions-/Extensionsstellung und 40° Rotation nach innen fixiert während die Röntgenröhre um 10°-40° kreist [8].

Diese Aufnahmen werden jedoch heutzutage häufig durch die Durchführung einer CT mit axialer und koronarer Schnittführung von 2 mm Dicke abgelöst, was äußerst wichtig ist für die präoperative Planung und Frakturklassifikation [48, 66].

### 1.3.4 Komplikationen

Besondere Aufmerksamkeit muss bei Calcaneusfrakturen dem umgebenden Weichteilmantel zuteil werden. So kann es innerhalb von wenigen Stunden zu Blasenbildungen kommen. Bei starker Fragmentierung und Deformierung des Calcaneus entstehen durch den Druck von innen Hautnekrosen im Bereich des Rückfußes. Bei der primären Graduierung des Weichteilschadens muss auch immer ein Kompartmentsyndrom ausgeschlossen werden. Mit Calcaneusfrakturen assoziiert ist dabei die relativ seltene isolierte Druckerhöhung im zentralen Kompartiment des M. quadratus plantae (mit N. plantaris lateralis) bei äußerlich normalem Erscheinungsbild des Fußes [38]. Aus diesem Grund sollte bei bestehendem Verdacht auf jeden Fall eine selektive Druckmessung erfolgen. Die Durchführung einer Dermatofasziotomie wird dabei ab einer Erhöhung über 25 mmHg empfohlen,

## 1 EINLEITUNG

da die tiefen Muskeln der Fußsohle sehr empfindlich auf ischämische Schädigung mit der Entwicklung von Krallenzehen reagieren [62].

### 1.4 Behandlungsformen

#### 1.4.1 Historischer Überblick

Die Behandlung von Calcaneusfrakturen wird bereits seit über 150 Jahren kontrovers diskutiert - und trotz der sich ständig verbessernden diagnostischen und operativen Möglichkeiten ist das Management dieser Verletzung immer noch Anlass für zahlreiche Diskussionsthemen.

Im 18. und 19. Jahrhundert bestand das Hauptziel der Frakturbehandlung noch im Vermeiden von lebensbedrohlichen Infektionen wie Gasbrand oder Tetanus. Aus diesem Grund wurde zu dieser Zeit häufig eine partielle oder totale Calcaneotomie durchgeführt, um das restliche Bein vor Infektion zu schützen. Genaue anatomische Beschreibungen und Zeichnungen des Frakturverlaufes wurden bereits 1856 von Malgaigne in seinem bedeutenden Atlas dargestellt [37].

Als Vorreiter im Bereich der operativen Rekonstruktion zeigten sich die Chirurgen der „Französischen Schule“ in den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts. Dislozierte intraartikuläre Frakturen wurden offen reponiert und mit Schrauben und Klammern fixiert [31]. Sogar eine Defektfüllung mit autologem Knochentransplantat wurde schon vorgenommen [30].

1934 entwickelte der deutsche Chirurg Westhues mithilfe eines perkutan in die Tuberositas eingebrachten Nagels ein Manöver zur Reposition der Hauptfragmente mit anschließender Ruhigstellung in einer Gipsschiene [58]. Diese Methode findet sich auch heutzutage sowohl bei der perkutanen (minimal-invasiven) Behandlungsform [20] als auch bei der offenen Repositionstechnik [66].

Böhler wechselte seine Behandlungsstrategien mehrere Male während seiner intensiven Beschäftigung mit Fersenbeinfrakturen. Von knöchernen Traktionsmaßnahmen und perkutaner Drahtfixation zur anatomischen Wiederherstellung des Calcaneus ging er über zu konservativen Methoden wie Gippschienung oder Klemmenapplikation. Ursächlich hierfür waren die hohen Infektionsraten bei offenen Operationen und die schlechte Qualität der Materialien [6,7].

## 1 EINLEITUNG

Insgesamt kam man im Verlauf der 60er und 70er Jahre von der operativen Behandlung ab und vertrat im Allgemeinen die Philosophie der konservativen Therapie, die zu diesem Zeitpunkt auch in Studien die besseren Ergebnisse erzielte [35].

Die mangelhafte Funktionalität nach konservativer Behandlung [25] sowie die Möglichkeit der CT-Diagnostik führten jedoch wiederum zu einem Aufleben der operativen Behandlungsstrategien zumal sich auch im Laufe der Jahre die hygienischen Standards und Materialien verbesserten [4,48,67]. Italienische und französische Chirurgen führten in den späten 70er- und frühen 80er-Jahren zum ersten Mal größer angelegte Studien einer operativen Behandlung im Sinne der offenen Reposition und Fixierung mit einer lateralen Plattenosteosynthese durch [29,32].

Auch heutzutage wird von den meisten Chirurgen das Verfahren der offenen Reposition und innerer Fixierung mit Platten und Schrauben (ORIF) bei dislozierten intraartikulären Frakturen bevorzugt.

### 1.4.2 konservative Behandlung

Das Ziel der konservativ-funktionellen Therapie ist die frühe Mobilisation des Patienten nach initial abschwellender Behandlung der Weichteile. Diese besteht in kurzfristiger Bettruhe, Kühlung und Hochlagerung des Beines sowie antiphlogistischer Therapie und Lymphdrainage für 3-4 Tage. Nach dieser Zeit kann bereits mit leichten aktiven Beübungen des Sprunggelenkes und Mobilisation unter Teilbelastung (ca. 20 kg) des betroffenen Beines begonnen werden. Nach 6-12 Wochen ist es möglich, abhängig von Knochenqualität und Fraktur-anatomie, die Vollbelastung zu erreichen. Ein speziell angefertigter Entlastungstiefel mit Abstützung am Tibiakopf macht eine Vollbelastung zum Teil schon nach 8-10 Tagen möglich.

Bei jungen Patienten mit absoluter Kontraindikation zur operativen Behandlung und starker Deformität des Rückfußes kann der Versuch der geschlossenen Reposition nach Omoto und Nakamura [40] unternommen werden. Dabei wird der Patient in Bauchlage mit rechtwinklig gebeugtem Knie gelegt und durch ruckartige Valgisierung und Varisierung des Rückfußes bei ständiger bilateraler Kompression versucht, die Fragmente zu lösen und zu reponieren. Im Anschluss wird unter permanentem Zug und bilateraler Kompression ein Unterschenkelgips in 45° Equinovarusstellung

angelegt und für 3-6 Wochen belassen. Voraussetzung für dieses Manöver ist die Unversehrtheit der interossären und fibulocalcanealen Bänder sowie eine Durchführung innerhalb von 3 Tagen nach Verletzung.

### 1.4.3 Operative Behandlung

Das Ziel der operativen Behandlung mit offener Reposition und Fixierung der Fragmente durch Platten und Schrauben liegt in der Wiederherstellung der äußeren Form des Fußes, der anatomischen Rekonstruktion von Gelenkflächen und einer stabilen Osteosynthese ohne Beeinträchtigung der Gelenke, um eine frühe Mobilisation zu erreichen.

Unterschiedliche Autoren favorisieren dabei verschiedene Zugangswege, wovon nachstehend die wichtigsten aufgezählt werden:

Beim **medialen Zugang** (modifizierter McReynolds) [64] erfolgt die Inzision auf halber Strecke zwischen der Spitze des medialen Malleolus und der Fußsohle ca. 8-10cm lang, entweder horizontal oder leicht S-förmig in Richtung Fußspitze (vgl. Abb.4a). Im weiteren Verlauf muss das neurovaskuläre Bündel (A. plantaris medialis und lateralis aus A. tibialis posterior, N. plantaris medialis und lateralis aus N. tibialis) sowie der M. abductor hallucis longus identifiziert und vorsichtig retrahiert werden. Die Sehne des M. flexor hallucis longus wird dagegen nur identifiziert, aber in ihrer Position belassen.

Über diesen Zugangsweg können das sustentaculumtragende Fragment und die mediale Facette vollständig eingesehen werden. Eine Reposition des posterolateralen (Tuberositas) Fragmentes ist indirekt über axialen Druck gegenüber dem Processus anterior möglich. Die Fixierung erfolgt zunächst über K-Drähte, dann mit einer kleinen Platte. Eine Kontrolle der Kongruität im Bereich der posterioren Facette sowie eine direkte Reposition der Hauptfragmente sind allerdings nicht möglich. Zudem besteht die Gefahr der Verletzung der Rr. calcanei des N. tibialis.

Der mediale Zugang eignet sich daher hauptsächlich für einfache extra-artikuläre Frakturen mit medialer Wandausprengung.

Der **Sustentaculumzugang** [64] ist ein verkleinerter medialer Zugang und verläuft ca. 3-5cm direkt horizontal über dem Sustentaculum, das sich ca. 2cm unterhalb und 1cm distal vom medialen Malleolus befindet (vgl. Abb.4b). Die im Bereich verlaufenden Sehnen des M. tibialis posterior, M. flexor digitorum longus und M.

## 1 EINLEITUNG

flexor hallucis longus müssen dabei zurückgehalten werden, das Gefäßnervenbündel muss allerdings nicht extra freipräpariert werden.

Nach Reposition des Sustentaculum gegen die mediale Gelenkfacette des Talus wird es mit zwei Kortikalisschrauben fixiert. Dieser Zugang schont das Gefäßnervenbündel und verringert die Sehnenirritation im Vergleich zum medialen Zugang.

Er eignet sich vor allem bei isolierten Sustentaculumfrakturen oder als Unterstützung des lateralen Zugangs (siehe unten) bei komplexen intra-artikulären Frakturen.



Beim **posterioren Zugang** (nach Gallie, ursprünglich zur subtalaren Arthrodese) [41] erfolgt die Inzision entlang des lateralen Randes der Achillessehne etwa 7,5cm lang von 2,5cm oberhalb und posterior des Malleolus lateralis distal Richtung Calcaneus (vgl. Abb.4c).

Unter Schonung des N. suralis (verläuft lateral der Inzision) wird die gesamte posteriore Facette freigelegt und die komprimierten Fragmente können unter freier

## 1 EINLEITUNG

Sicht auf die Gelenkfläche reponiert werden. Mit einer Kompressionszange kann die Calcaneusbreite durch Kompression der medialen und lateralen Wand verringert werden. Anschließend werden die Fragmente mit Spongiosaschrauben von dorsal an das Sustentaculum fixiert.

Mit diesem Zugang werden sowohl das mediale Gefäßnervenbündel als auch die Peronealsehnen lateral geschont. Eine Verletzung des N. suralis und der Achillessehne mit anschließender narbiger Abheilung ist jedoch möglich.

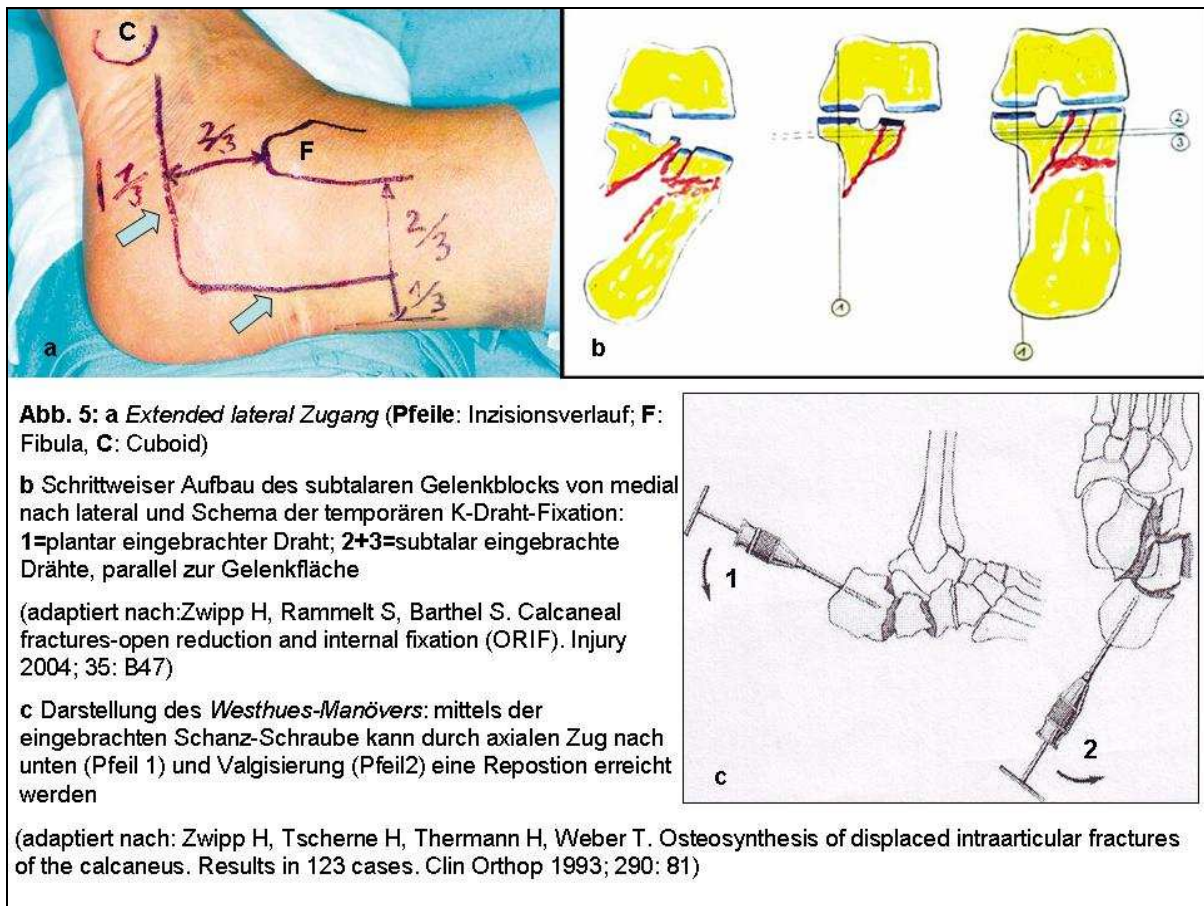
Der **extended lateral Zugang** (Seattle Zugang) [4,64,66] ist der Standardzugang für die häufig auftretenden dislozierten intra-artikulären Frakturen mit Beteiligung der posterioren Facette und/oder cuboidalen Gelenkfläche (B2 nach ICI). Die Lagerung des Patienten erfolgt entweder seitlich in Decubitus-Position auf die Seite des nicht verletzten Beines oder in Bauchlage auf einem röntgenstrahlen-durchlässigen OP-Tisch.

Die Inzision verläuft L-förmig zwischen dem Malleolus lateralis und der Fersenkante bis nach vorne zur Fußsohlenkante (vgl. Abb.5a). Um eine Verletzung des N. suralis und der A. calcanei lateralis zu vermeiden, erfolgt die Inzision nicht genau in der Mitte sondern mehr in Richtung Fußsohle bzw. Fersenkante im Verhältnis 2:1. Die Peronealsehnen werden in ihren Sehnenscheiden mobilisiert und vorsichtig mit Drainagen zurückgehalten um postoperative Adhäsionen zu vermeiden. Das Ligamentum fibulo-calcaneale wird vom Knochen entfernt und die weitere Präparation erfolgt epiperiostal. Das abgesprengte laterale Wandfragment wird tüflügelartig weggeklappt und evtl. mit einer Haltenaht gesichert.

Die Lösung der häufig impaktierten posterioren Facette gelingt durch die Mobilisation des tuberositären Hauptfragmentes (posterolaterales Fragment). Dabei wird eine Schanz-Schraube axial in das Tuber calcanei eingebracht und mit axialem Zug und Valgisation eine Reposition erreicht (Westhues-Manöver, vgl. Abb.5c). Dadurch wird auch die Sicht auf die Fragmente der posterioren Facette erleichtert. Ist das sustentaculumtragende Fragment in Relation zum Talus gekippt, muss es zunächst reponiert und mit einem von plantar eingebrachten Kirschner-Draht gegen den Talus fixiert werden (vgl. Abb.5b ①). Dann erfolgt der Aufbau der posterioren Gelenkfacette schrittweise von medial nach lateral, wobei die Fragmente mit 2 parallel zur subtalaren Gelenkfläche eingebrachten K-Drähten gegeneinander fixiert werden (vgl. Abb 5b ②+③). Anschließend wird die Tuberositas mit der Schanz-Schraube in korrekter Achsenausrichtung zum Gelenkblock reponiert und mit K-Drähten fixiert.

## 1 EINLEITUNG

Zur Mobilisation des anterolateralen Fragmentes (Processus anterior) müssen häufig der Fettkörper im Sinus tarsi entfernt und das Ligamentum talocalcaneale interosseum eingekerbt werden. Anschließend wird dann der gesamte Tuber-Gelenk-Block gegen das Processus-anterior-Fragment reponiert und mit 2 K-Drähten von der Tuberositas aus fixiert.

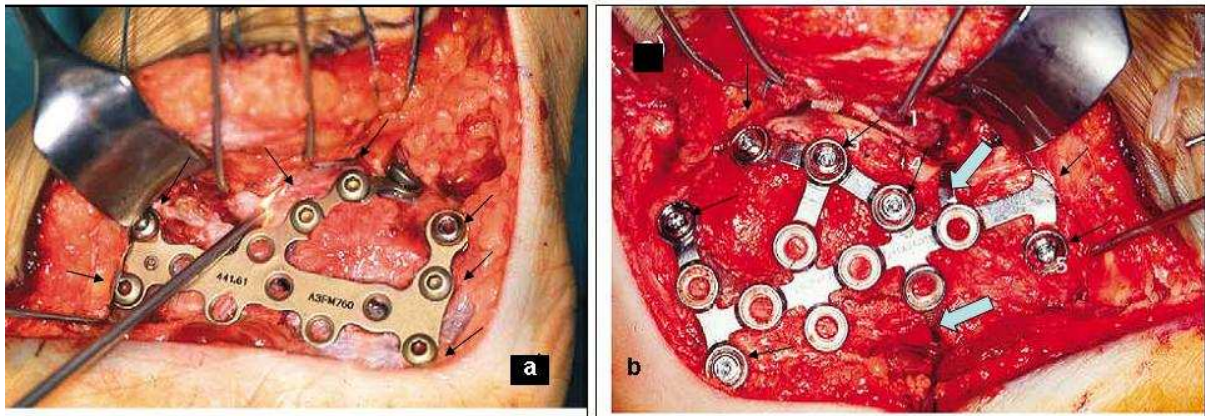


Nach der Reposition verbleiben häufig Knochendefekte im Bereich der subtalaren Stauchungszone, deren Unterfütterung mit autologer Spongiosa oder Knochenersatzstoffen kontrovers diskutiert wird. Mit der Verwendung von winkelstabilen Calcaneusplatten soll eine zusätzliche Defektfüllung prinzipiell entbehrlich sein [64]. Das weggeklappte Wandfragment wird abschließend zurückgeklappt und lässt sich exakt einpassen.

Über intraoperative Kontrollen durch Arthroskopie oder Röntgen (siehe unten) können Feinkorrekturen und Nachrepositionen bei verbliebenen Inkongruenzen gerade im schlecht einsehbaren medialen Anteil der posterioren Facette durchgeführt werden.

## 1 EINLEITUNG

Die endgültige Fixierung (Retention) erfolgt über eine anatomisch geformte laterale Kalkaneusplatte, die sowohl an der Tuberositas als auch im Subtalarbereich und am Processus anterior unterstützend wirkt. Die am häufigsten verwendeten Platten sind die AO-Platte nach Sanders [5,47], eine sehr flache (1mm) Titanplatte (vgl. Abb.6a), und die winkelstabile Kalkaneusplatte (Fa. Synthes) [64], die vor allem bei stark eingestauchten Frakturen und osteoporotischem Knochen herangezogen wird (vgl. Abb.6b). Die Platten werden im Allgemeinen mit 6 Kortikalisschrauben à 3,5mm Stärke an der lateralen Wand des Calcaneus befestigt: zwei subtalar in Richtung auf das Sustentaculum, zwei gelenknah im Processus anterior und zwei in das Tuber calcanei weit dorsal. Im Anschluss erfolgt nochmals eine Röntgenkontrolle in den 3 Standardebenen und die Haut wird schichtweise unter Zurücklassen einer Redon-Drainage verschlossen.



**Abb. 6:** Darstellung der verschiedenen Plattentypen im intraoperativen Situs

**a** AO-Platte nach Sanders, mit insgesamt 7 Schrauben fixiert (**Pfeile**)

**b** winkelstabile Kalkaneusplatte, mit insgesamt 7 Schrauben fixiert (**Pfeile**): die Metallplättchen (**Blockpfeile**) wurden eng zum Knochen hin gebogen, um den Processus anterior und ein mögliches plantares Fragment zu fixieren

(adaptiert nach: Zwipp H, Rammelt S, Barthel S. Calcaneal fractures-open reduction and internal fixation (ORIF). Injury 2004; 35: B48; B52)

### 1.4.4 Minimal-invasive Behandlung

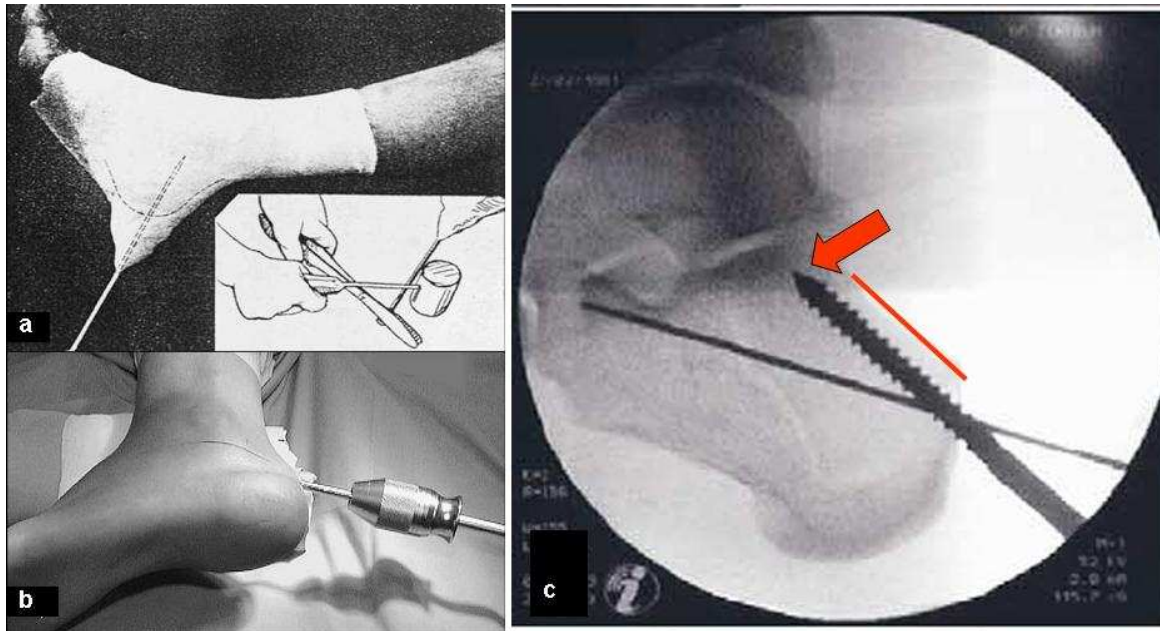
Perkutane Fixationstechniken werden vor allem herangezogen zur akuten Stabilisierung von dislozierten Frakturen, bei lokalen oder allgemeinen Kontraindikationen zur offenen operativen Versorgung, bei offenen Frakturen zur temporären Fixierung bis zur definitiven Versorgung und bei speziellen leichteren Frakturtypen (z.B. Sanders Typ II).

## 1 EINLEITUNG

Die geschlossene (indirekte) Reposition des tuberösen Hauptfragmentes (posterolaterales Fragment) kann entweder über knöcherner Traktion oder über eine perkutan in das Tuber calcanei eingebrachte Schanz-Schraube bzw. Stift erfolgen.

Die Möglichkeit der Traktion wurde bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts in verschiedenen Variationen angewendet. So wurde beispielsweise nach geschlossener Reposition (mit gepolsterten Hammerschlägen) Traktion durch einen hinter die Achillessehne eingeführten Stahlstift ausgeübt (Cotton und Henderson). Ebenso wurde ein Stift horizontal in das Tuberositas-Fragment eingebracht und die Fraktur über axialen Zug mithilfe eines speziell entwickelten Gestelles, in das das Bein eingepasst wurde, reponiert (Böhler) [7]. Forgon [16] entwickelte ein Dreipunktdistraktorsystem, bei dem Schanz-Schrauben von medial quer in den Talus, das tuberositäre Fragment und das Cuboid eingebracht werden, so dass eine Manipulation in alle drei Ebenen möglich ist.

Die geschlossene Reposition mit einem perkutan eingebrachten Stift wurde als Erstes von Westhues 1934 beschrieben [58]. Die Fixierung erfolgte damals noch mit einer Gipsschiene (vgl. Abb.7a). Diese Möglichkeit wurde im Verlauf vor allem bei den sogenannten Tongue-Type-Frakturen (Sanders Typ IIC) angewendet, bei denen die posteriore Facette im Ganzen disloziert ist (Gissane [21], Essex-Lopresti [13], Tornetta [56]). Später wurde diese Methode auch auf kompliziertere Frakturtypen (Sanders Typ IIA und B) mithilfe der intraoperativen Arthroskopie ausgeweitet (Gavlik et al. [20]). Dabei wird eine Schanz-Schraube (6,5mm Stärke) in das tuberöse Hauptfragment parallel zum oberen Cortex eingebracht und möglichst dicht im subtalaren Bezirk unter der posterioren Gelenkfacette platziert (vgl. Abb.7b-c). Durch Varus-Valgus-Stress werden die Fragmente zunächst gegeneinander mobilisiert und dann unter Bildwandlerkontrolle reponiert, um sowohl die Höhenminderung als auch die Varus-/Valgusfehlstellung auszugleichen. Mithilfe der intraoperativen Arthroskopie oder ISO-C-3D-Technik (siehe unten) können verbleibende Stufen direkt gesehen und korrigiert werden. Einzelne Fragmente der posterioren Facette können mit zusätzlich eingebrachten Kirschner-Drähten manipuliert werden.



**Abb. 7:** Darstellung der geschlossenen Reposition von Calcaneusfrakturen mithilfe des Westhues-Manövers  
**a** im Original beschrieben von Westhues 1935 mit Einbringen eines Stiftes und Fixierung im Gips  
**b** Anwendung heutzutage mittels einer Schanz-Schraube mit Haltegriff  
**c** intraoperative Durchleuchtung: Schanz-Schraube dicht unterhalb des subtalaren Bezirkes (**Pfeil**), **parallel** zum oberen Cortex; zusätzlich: eingebrachter K-Draht zur temporären Fixierung  
 (adaptiert nach: Rammelt S, Amlang M, Barthel S, Zwipp H. Minimally-invasive treatment of calcaneal fractures. Injury 2004; 35: B58;B59)

Die endgültige Fixierung der Fragmente erfolgte zunächst über Steinmann-Pins, die allerdings zu Wundkomplikationen und Schuhproblemen führten [56]. Heutzutage werden die einzelnen Fragmente hauptsächlich mit Kortikalisschrauben fixiert, die perkutan über Stichinzisionen unter Bildwandlerkontrolle eingebracht werden [20] (siehe Abb.8). Nach der perkutanen Schraubenosteosynthese sind eine passive und aktive Beübung des oberen und unteren Sprunggelenkes sowie isometrische und isotonische Übungen des Beines bereits am ersten postoperativen Tag möglich. Je nach Frakturtyp ist eine Teilbelastung des betroffenen Fußes für bis zu sechs Wochen angemessen. Eine Metallentfernung ist üblicherweise nur bei vorstehenden Schraubenköpfen notwendig.

Im Rahmen von Notfallversorgung bei offenen Frakturen mit schwerwiegendem Weichteilschaden wird initial aufgrund hoher Infektionsraten meist auf offene Reposition und Plattenosteosynthese verzichtet. Anstatt dessen wird häufig notfallmäßig perkutan mithilfe des Westhues-Manövers reponiert und die Fragmente werden temporär über zahlreich eingebrachte K-Drähte stabilisiert. Diese werden typischerweise fächerartig über die Tuberositas eingeführt. Eine zusätzliche

Stabilisierung des Subtalar- und Calcaneo-Cuboidgelenkes ist über einen Fixateur externe nötig. Nach Konsolidierung des Weichteilschadens können K-Drähte und Fixateur entfernt werden und im Anschluss eine endgültige Osteosynthese erfolgen [43].



#### 1.4.5 Intraoperative Kontrolle

Die geschlossene Reposition von intra-artikulären Calcaneusfrakturen birgt das Risiko einer mangelhaften Wiederherstellung der posterioren Facette, insbesondere bei komplizierteren Frakturtypen (Sanders Typ IIA, IIB, III). Aufgrund der irregulären Oberfläche ist eine Kontrolle der Kongruität im Subtalargelenk nach der Reposition äußerst wichtig, um mögliche Gelenkstufen nicht zu übersehen. Zudem muss sichergestellt werden, dass nach der Fixierung kein Osteosynthesematerial in den Gelenkspalt hineinragt (z.B. die Spitze einer Osteosyntheseschraube).

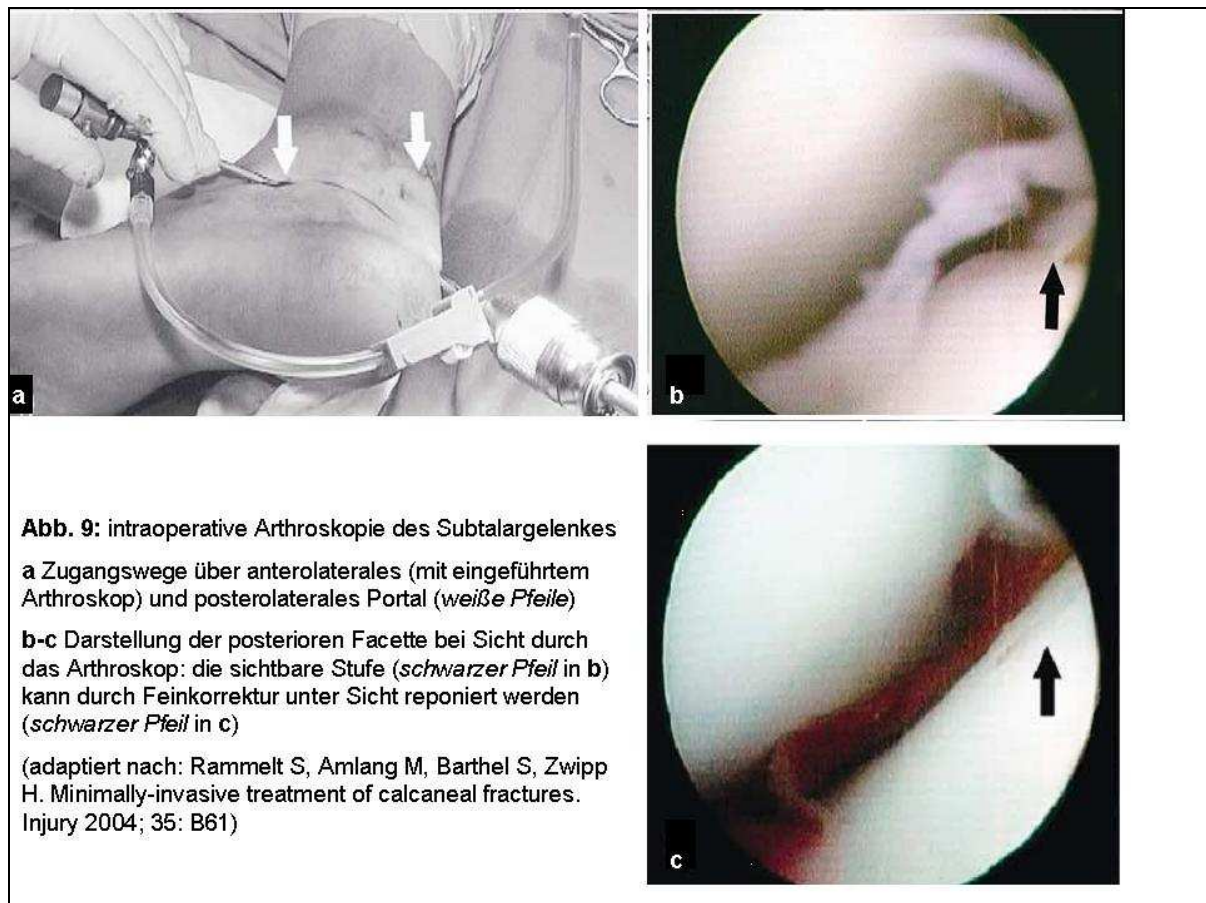
Die Anwendung intraoperativer konventioneller Röntgenaufnahmen oder des mobilen C-Bogen-Gerätes (Bildwandlerkontrolle) führt allerdings zu keiner verlässlichen Aussage trotz der subjektiv als gut empfundenen Bildqualität, da sie lediglich nur eine 2-dimensionale Darstellung der Gelenkflächen zulässt. Stufen oder Fehllagen von Implantaten können somit leicht überlagert und dadurch übersehen werden [14].

## 1 EINLEITUNG

Ein eindeutiger Nachweis ist bei diesen Methoden erst durch postoperative CT-Aufnahmen möglich, was einen Zweiteingriff mit allen Risiken nötig macht [60].

Die Einführung einer mobilen CT- Einheit zur intraoperativen Diagnostik erwies sich aufgrund des hohen logistischen Aufwandes und der Kostenintensität als unpraktikabel [60].

Eine weitere Möglichkeit zur direkten Beurteilung des Repositionsergebnisses ist die intraoperative Arthroskopie. Dabei wird ein schmales Arthroskop über ein posterolaterales oder anterolaterales Portal in den subtalaren Gelenkspalt eingeführt, um die posteriore Facette direkt einsehen zu können. Somit können lose Fragmente aus dem Gelenkspalt entfernt und kleine Gelenkstufen nachträglich unter Sicht korrigiert werden [20] (siehe Abb.9).

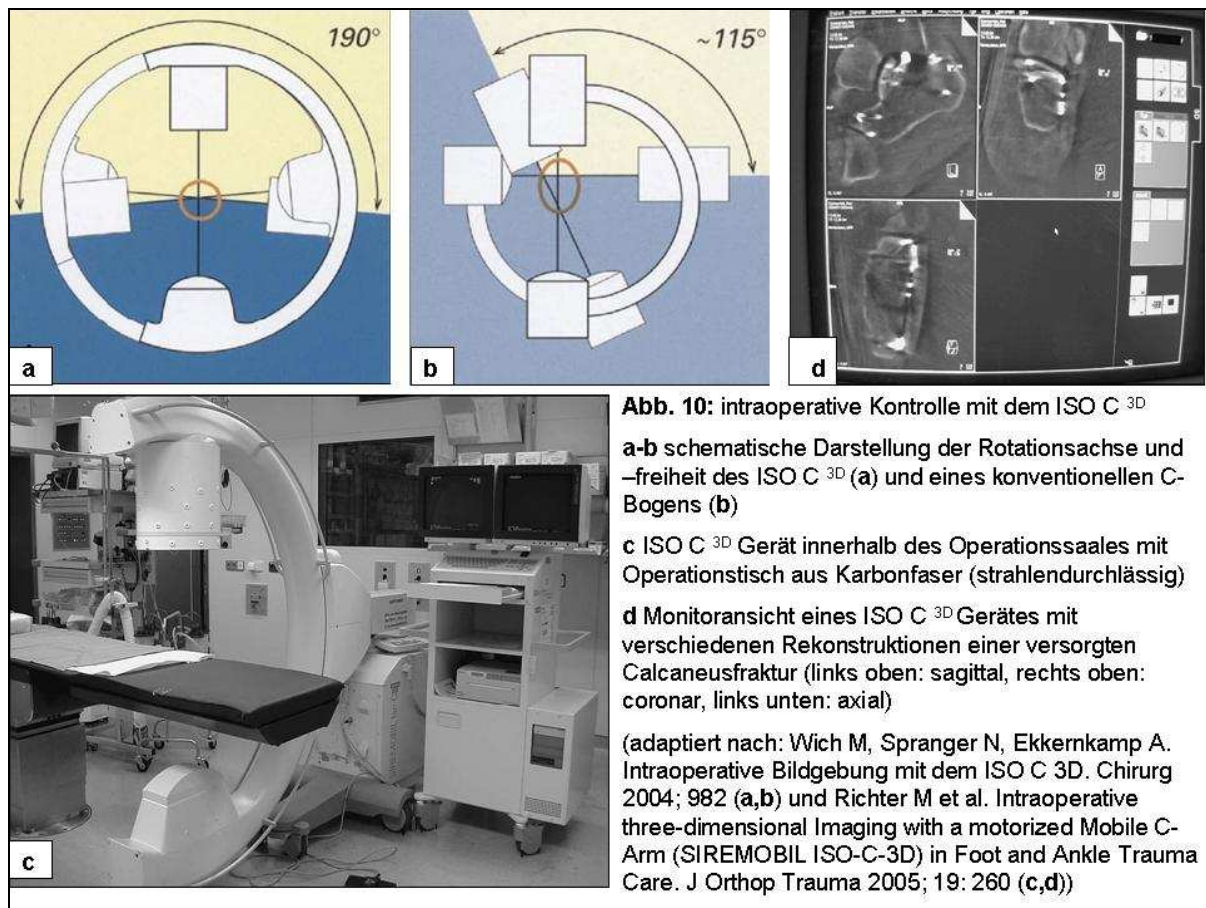


Als Alternative zur invasiven Arthroskopie steht seit einiger Zeit die Methode der intraoperativen 3D-Bildgebung mit einem mobilen isozentrischen C-Bogen (Siremobil Iso-C<sup>3D</sup>, Fa. Siemens, Erlangen) zur Verfügung (siehe Abb.10c). Der Vorteil gegenüber einem konventionellen C-Bogen liegt im isozentrischem Design,

## 1 EINLEITUNG

gekoppelt mit einer optional zuschaltbaren Motorsteuerung zur Orbitalbewegung und einem Bildrechner zur 3D-Rekonstruktion.

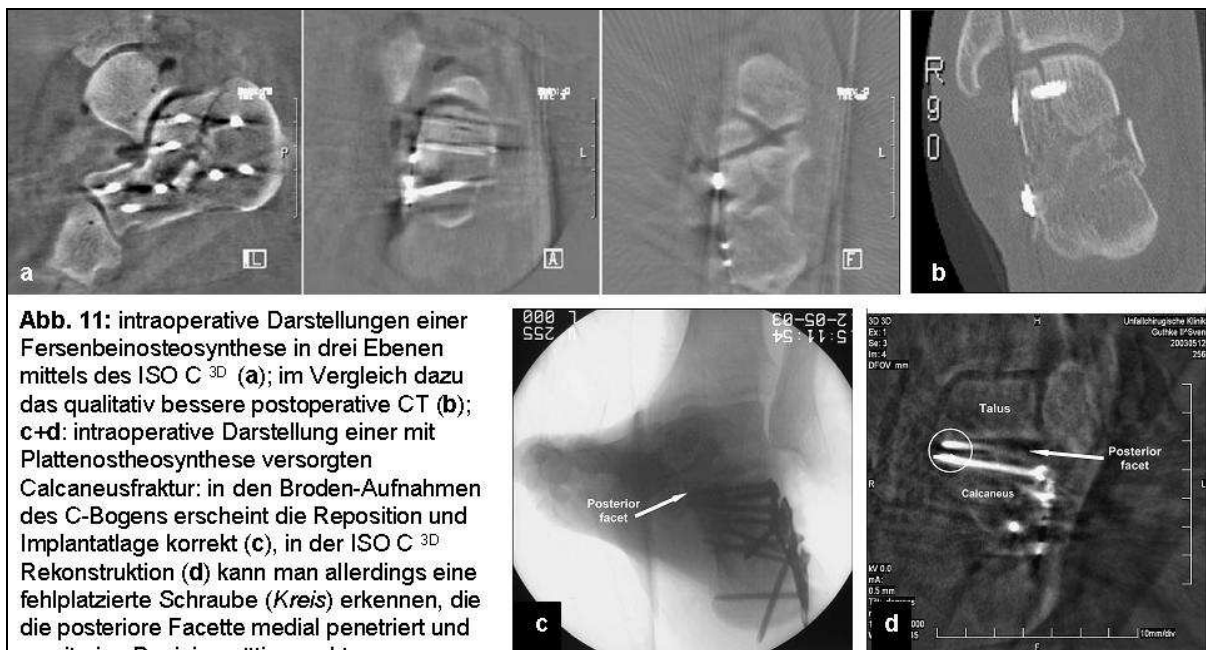
Die Kamera (Bildverstärkereinheit) ist symmetrisch zur Strahlenquelle auf einem halbkreisförmigen Metallarm montiert. Rotiert man den C-Bogen, so ist ein Isozentrum definiert, um das sich mit gleichem Abstand Strahlenquelle und Kamera drehen. Dadurch ist es möglich ein im Fokus befindliches Objekt während eines Umlaufes aus verschiedenen Winkeln abzubilden und somit einen dreidimensionalen Datenwürfel von ca. 12cm Kantenlänge im Isozentrum zu errechnen. Insgesamt ist eine Autorotation von 190° (beim C-Bogen nur ca. 115°) möglich, bei der in einem Zeitraum von ca. 2min. 50-100 Einzelschüsse ausgelöst werden (vgl. Abb.10a,b).



Die Abbildungen sind Hochkontrastdarstellungen, bei denen besonders gut starke Dichteunterschiede wie z.B. die Grenze zwischen Knochen und Weichteilen zur Darstellung kommen. Allerdings können dadurch größere Metallstrukturen zu starken Artefakten führen. Ebenso ist trabekulärer Knochen nur mit Einschränkungen sichtbar. Daher ist das Gerät besonders geeignet zur Darstellung kleinerer Gelenke (begrenzt Untersuchungs-volumen) mit geringem Weichteilmantel und eher

## 1 EINLEITUNG

geringer Menge an artefaktgebendem Material (Schrauben, Platten) sowie zur Beurteilung von Schraubenlagen bei stark gekrümmter Gelenkflächen. Die Darstellungen in koronarer und sagittaler Ebene zeigen sogar Vorteile gegenüber dem CT, da sie nicht auf Sekundärrekonstruktionen beruhen. Trotz der relativ schlechten Bildqualität (Streifenartefakte) scheint die Befundungsqualität jedoch mit der des CT gleichwertig zu sein, so dass die Fehllage von Osteosynthesematerial oder eine mögliche Stufenbildung intraoperativ besser erkannt werden kann als mit der konventionellen Durchleuchtung oder Röntgenaufnahmen [14,28,60] (siehe Abb.11).



**Abb. 11:** intraoperative Darstellungen einer Fersenbeinosteosynthese in drei Ebenen mittels des ISO C<sup>3D</sup> (a); im Vergleich dazu das qualitativ bessere postoperative CT (b); c+d: intraoperative Darstellung einer mit Plattenosteosynthese versorgten Calcaneusfraktur: in den Broden-Aufnahmen des C-Bogens erscheint die Reposition und Implantatlage korrekt (c), in der ISO C<sup>3D</sup> Rekonstruktion (d) kann man allerdings eine fehlplatzierte Schraube (Kreis) erkennen, die die posteriore Facette medial penetriert und somit eine Revision nötig macht.

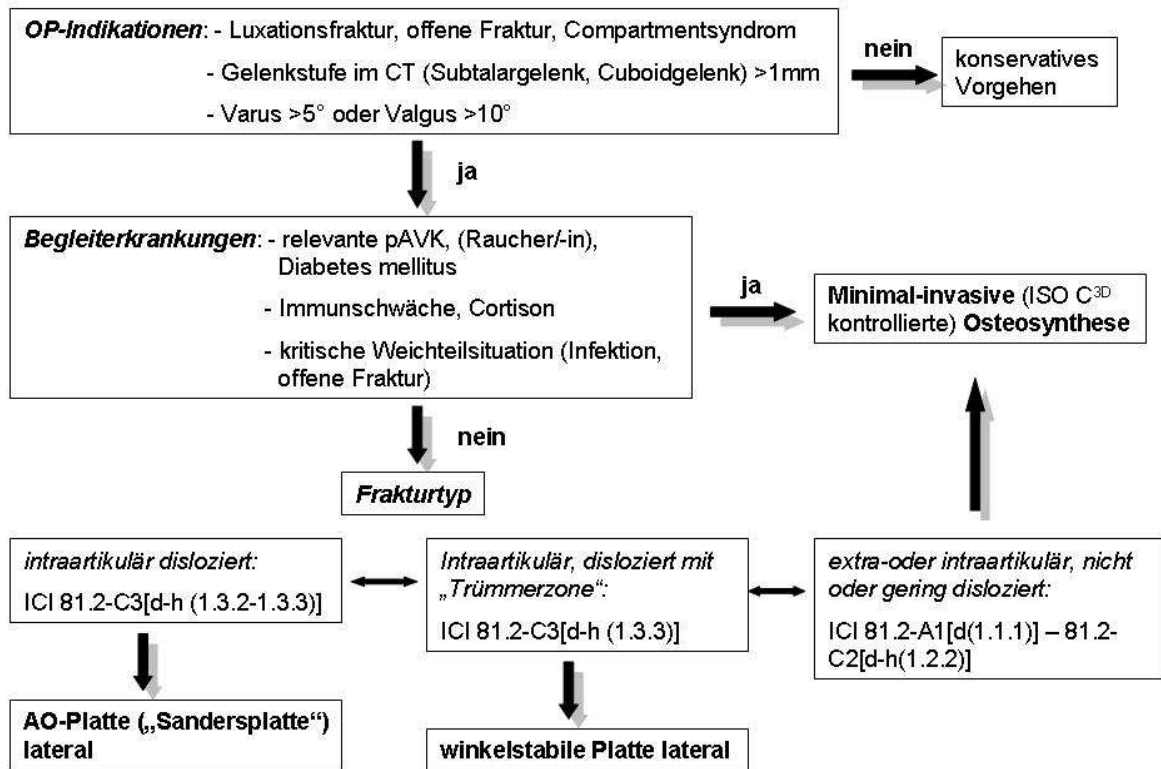
(adaptiert nach: Wich M, Spranger N, Ekkernkamp A. Intraoperative Bildgebung mit dem ISO C 3D. Chirurg 2004; 75: 984 (a,b) und Richter M et al. Intraoperative three-dimensional Imaging with a motorized Mobile C-Arm (SIREMOBIL ISO-C-3D) in Foot and Ankle Trauma Care. J Orthop Trauma 2005; 19: 265 (c,d))

### 1.5 Fragestellung

Letztendlich muss man allerdings bei jeder Verletzung des Calcaneus eine individuelle Entscheidung treffen, ob man operativ vorgeht, wann der beste Zeitpunkt zur Operation ist und welche Operationstechnik sich am besten eignet. Die meisten Autoren stimmen darin überein, dass stark dislozierte extra-artikuläre Frakturen mit intra-artikulärer Stufenbildung auf jeden Fall operativ versorgt werden sollten [4,48,66], solange keine lokalen oder systemischen Kontraindikationen gegen eine offene Operation vorliegen. Zu diesen gehören die neurovaskuläre Insuffizienz (z.B. bei starken Rauchern oder Patienten mit Diabetes mellitus), Immundefizienz, Patienten mit schweren systemischen Erkrankungen oder polytraumatisierte Patienten, die eine lange Operation nicht überstehen würden [62]. Im Rahmen der offenen Reposition und Plattenosteosynthese wird meist ein sehr gutes Ergebnis bezüglich der anatomischen Rekonstruktion erreicht, allerdings kommt es häufig zu Wundkomplikationen, da der Weichteilmantel gerade im lateralen Bereich des Fußes äußerst dünn und empfindlich ist. Die Rate von Wundrandnekrosen und Weichteilinfektionen ist relativ hoch [34,64,66]. Bei der rein konservativen Behandlung besteht diese Gefahr kaum, allerdings führt diese Methode gerade bei schwer dislozierten Frakturen zu starken funktionellen Beschwerden, da keine ausreichende anatomische Rekonstruktion erreicht werden kann [25]. Um die gefürchteten Wundkomplikationen zu verringern, aber dennoch eine gute Wiederherstellung der anatomischen Verhältnisse zu erzielen, kann die Möglichkeit der minimal-invasiven Therapie herangezogen werden. Gerade bei schwierigen Weichteilverhältnissen, wie sie zum Beispiel bei polytraumatisierten Patienten mit offenen Frakturen oder bei Patienten mit systemischen Erkrankungen (Diabetes mellitus, pAVK) bestehen, eignet sich die Methode bei einigen speziellen Frakturtypen (siehe oben), da nur minimale Hautschnitte durchgeführt werden müssen [43,56].

Im Folgenden soll nun überprüft werden, ob sich beim Vorgehen nach einem bestimmten Algorithmus zur Behandlung von Fersenbeinfrakturen Unterschiede im Outcome der Patienten zeigen. Folgender Algorithmus soll hierbei validiert werden:

Abb.12: Behandlungsalgorithmus bei Fersenbeinfrakturen



## 2 PATIENTEN UND METHODEN

### 2.1 Patientenauswahl und Gruppenbeschreibung

Insgesamt standen für das Studiendesign die Rohdaten von 224 Patienten mit Verletzungen des Calcaneus bzw. der Fußwurzel, die in den Jahren 1992 bis 2004 an der Uniklinik Regensburg behandelt wurden, zur Verfügung (elektronische Datenbank).

Eingeschlossen wurden Patienten mit einer Calcaneusfraktur, die operativ im Zeitraum vom 01.01.1996 bis 30.11.2004 an der Uniklinik Regensburg versorgt wurden. Auch beidseits betroffene Patienten und solche mit zusätzlichen Verletzungen bis hin zu Polytrauma-Patienten wurden einbezogen.

Ausschlusskriterien waren eine konservativ behandelte Calcaneusfraktur sowie das Fehlen einer Fraktur des Calcaneus im Rahmen des Studiums der Patientenakten.

An dieses aus 151 Personen bestehende Kollektiv wurde der Teil A des Fragebogens (siehe 2.3.1) mit Bitte um Antwort versendet. Von insgesamt 72 Patienten wurde dieser bis zum 31.10.2005 ausgefüllt zurückgeschickt (Rücksendung bis zum angegeben Datum und vollständige Ausfüllung als Einschlusskriterium), wodurch diese Patienten das endgültige Patientenkollektiv für die Studie darstellten (vgl. Abb.13). Von diesen 72 Patienten wurden retrospektiv die Akten (Archiv, Mikrofilm, SAP) mit den entsprechenden OP-Berichten sowie die vorhandenen Röntgenbilder (konventionell, CT, präoperativ, postoperativ) ausgewertet.

Dieses Patientenkollektiv wurde nun in zwei Gruppen unterteilt. Die eine Gruppe bestand aus Patienten, deren Calcaneusfraktur mit einem lateralen Zugang, offener Reposition und Plattenosteosynthese versorgt wurde, die Operation der zweiten Gruppe erfolgte durch minimal-invasive Chirurgie (geschlossene Reposition und Versorgung durch perkutane Schrauben oder Drähte). Die jeweiligen Gruppen lassen sich folgendermaßen charakterisieren:

Die Gruppe Plattenosteosynthese bestand aus 51 Patienten (Geschlechtsverteilung männlich / weiblich: 38 / 13) mit 60 Frakturen. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt des Studienbeginns (Oktober 2005) betrug 48,9 ( $\pm 12,36$ ) Jahre. Die jeweilige Seite der Calcaneusfraktur verteilte sich folgendermaßen: rechts = 19 Patienten, links = 23 Patienten, beidseits = 9 Patienten. Die Versorgung der

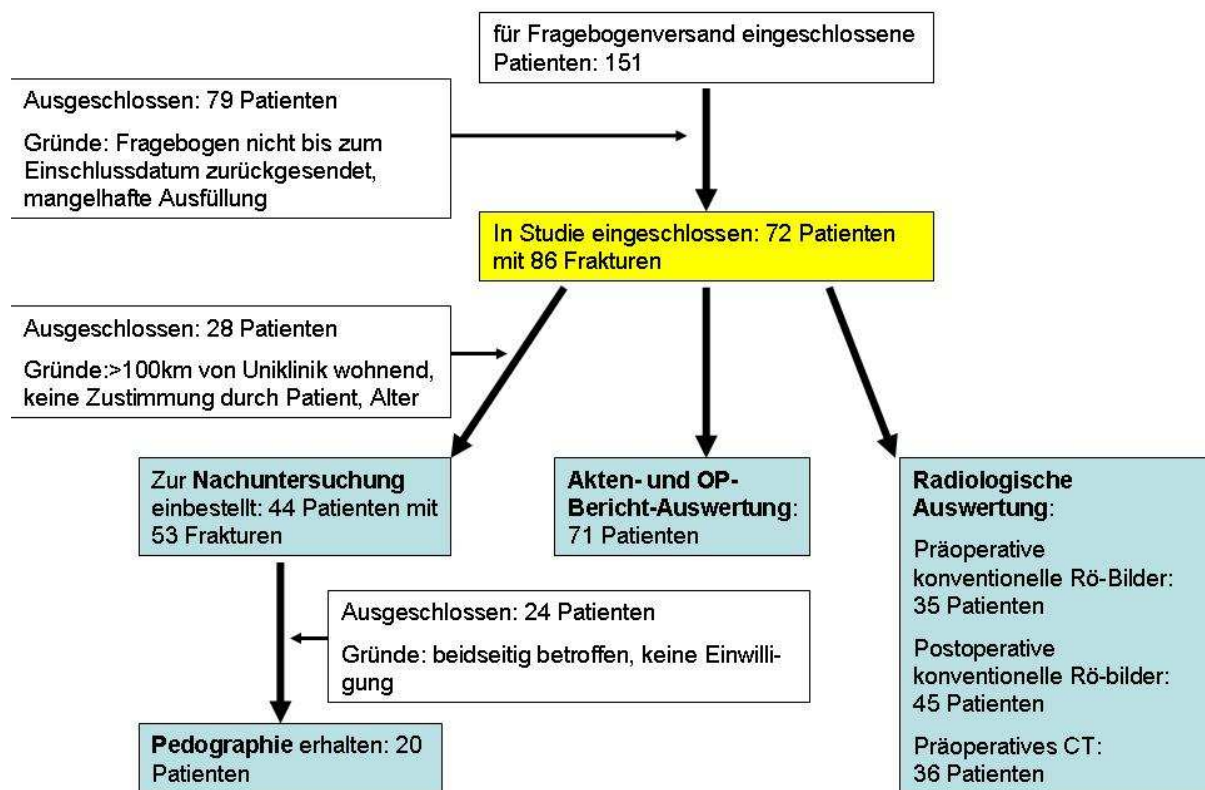
Patienten lag im Schnitt 54,7 Monate ( $\pm 27,41$ ) zurück, wobei der längste Zeitraum 119 Monate, der kürzeste 11 Monate betrug. Hierbei wurden 44 Patienten mit einer normalen Calcaneusplatte (darunter 8 Patienten mit beidseitiger Beteiligung), 5 Patienten wurden mit einer winkelstabilen Platte und 2 Patienten mit einer Y-Platte (wovon 1 Patient auf der anderen Seite eine normale Calcaneusplatte hat) versorgt. Bei einem Patienten wurde ein lateraler Zugang gewählt und eine offene Reposition durchgeführt, allerdings keine Platte verwendet.

Die Gruppe der minimal-invasiv behandelten Patienten setzte sich aus 21 Personen mit 26 Frakturen zusammen, darunter 17 Männer und 4 Frauen. Das Alter der Patienten betrug im Schnitt 46,9 Jahre ( $\pm 14,93$ ). Die Seitenverteilung zeigte sich mit rechts = 9, links = 7 und beidseits = 5 Patienten. Der durchschnittliche Zeitraum zwischen Operation und Studienbeginn lag bei 42,8 Monaten ( $\pm 24,46$ ). Hierbei lag die längste OP 101 Monate, die kürzeste 12 Monate zurück. Es wurden 5 der Patienten mit Spickdrähten (Kirschnerdrähten), 14 Patienten mit einer Schraubenosteosynthese versorgt. Bei drei Patienten wurde die Operation mit Hilfe des Iso C 3D durchgeführt.

Im weiteren Verlauf des prospektiven Teils der Studie wurde im Zeitraum von 02/2006 bis 05/2006 bei den Patienten eine Nachuntersuchung im Uniklinikum durchgeführt. Als Einschlusskriterien zählten Alter zwischen 18 und 70 Jahren, Wohnung nicht weiter als 100km vom Uniklinikum Regensburg entfernt, die schriftliche Zustimmung zur Nachuntersuchung im zurückgeschickten Fragebogen und Einhaltung des bisherigen Verhältnisses von Plattenosteosynthese- zu minimal-invasiv behandelten Patienten. Insgesamt konnte eine Nachuntersuchung bei N=44 erfolgen. In der Gruppe der Plattenosteosynthesepatienten (N=32) lag das durchschnittliche Alter bei 50,7 Jahren ( $\pm 13,13$ ) und das Verhältnis von männlichen zu weiblichen Patienten bei 22 (m) zu 10 (w). Bei den minimal-invasiv behandelten Patienten betrug das Alter im Schnitt 52,4 ( $\pm 12,57$ ) Jahre, unter den 12 Patienten befanden sich 11 Männer und 1 Frau. Im Rahmen der Nachuntersuchung wurde der Teil B des Fragebogens ausgefüllt (siehe 2.3.1).

Bei 20 Patienten wurde im Verlauf dieser Nachuntersuchung eine Pedographie (dynamische Ganganalyse) durchgeführt (siehe 2.3.3). Einschlusskriterien waren die

Einwilligung des Patienten sowie die Zusammenstellung einer randomisierten Auswahl bezüglich Alter, Schweregrad und Zeitpunkt des Unfalls. Ausgeschlossen wurden Patienten mit beidseitigen Calcaneusfrakturen. In der Gruppe der Plattenosteosynthesepatienten (N=13) lag das durchschnittliche Alter bei 52,4 ( $\pm 10,22$ ) Jahren (Geschlechtsverteilung: männlich/weiblich = 11/2). Bei den 7 minimal-invasiv behandelten Patienten (alle männlich) betrug das Alter im Schnitt 59,0 ( $\pm 9,76$ ) Jahre.



**Abb.13:** Flussdiagramm der Patientenzuteilung zur jeweiligen Studienpopulation mit entsprechenden Ausschlusskriterien

## 2.2 Studienbeschreibung

Das Studiendesign dieser Arbeit setzt sich zum einem aus einem retrospektiven und zum anderen aus einem prospektiven Anteil zusammen. Für den retrospektiven Teil der Studie wurden Daten aus archivierten Akten, OP-Berichten und Röntgenbildern des Zeitraumes von 1996 bis 2004 ausgewertet. Diese befanden sich einerseits auf Mikrofilm (Akten und OP-Berichte vor 1999) oder in der elektronischen Datenbank (Akten und OP-Berichte ab 1999, SAP-System). Für die Auswertung der Röntgenbilder standen vor 1999 entstandene konventionelle Röntgenaufnahmen und CT-Bilder im Archiv zur Verfügung, Bilder ab 2002 konnten mit dem PAX-System

(SIENET Magic View) eingesehen werden. Das radiologische Material von 1999 bis 2002 befand sich im elektronischen Archiv „offline“ und es war kein Zugriff möglich. Im Rahmen des prospektiven Teils der Studie wurde im Sommer 2005 der Teil A des Fußerhebungsbogens der Uniklinik Regensburg (siehe 2.3.1) an ein Kollektiv von 151 Patienten (Daten aus Archiv der Uniklinik) versendet. Der Studienbeginn wurde mit 10/2005 festgelegt und nur die Patienten, die bis dahin die Fragebögen zurückgesendet haben, in die Studie aufgenommen. Nach der Auswertung der Fragebögen wurde mit einem Teil der Patienten telefonisch ein Termin zur Nachuntersuchung an der Uniklinik Regensburg vereinbart. Die Nachuntersuchungen fanden im Zeitraum von 02/2006 bis 05/2006 in den ambulanten Untersuchungsräumen der Abteilung für Unfallchirurgie statt. Dabei wurde eine klinische Untersuchung des Fußes sowie eine genaue Anamnese durchgeführt (Eintragung in Fragebogen Teil B, siehe 2.3.1) und Fotografien der Füße von frontal, lateral, medial, dorsal und plantar gemacht. Die Durchführung der Pedographien erfolgte durch Fa. Reiß, Orthopädietechnik (siehe 2.3.3). Alle so gewonnenen Daten wurden mit den gebräuchlichen Softwareprogrammen (Microsoft Excel, SPSS) aufgelistet und ausgewertet.

### 2.3 Methoden

#### 2.3.1 Fragebogen

Zur Datenerhebung wurde der Fuß- und Sprunggelenks-Erhebungsbogen der Abteilung für Unfallchirurgie der Universität Regensburg verwendet. Dieser besteht zum einen aus dem SF-36 Fragebogen (Short Form 36) [11] zur Messung der subjektiven Lebensqualität, zum anderen aus der AOFAS Ankle-Hindfoot-Scale [51], einem Punktesystem zur postoperativen Beurteilung von Calcaneusfrakturen, das sowohl subjektive als auch objektive Parameter enthält. Zusätzlich wurden zu den beiden erprobten Scores noch einige weitere Parameter zur Beurteilung des postoperativen Ergebnisses hinzugezogen.

Der verwendete Fragebogen gliedert sich in zwei Abschnitte:

Teil A des Fragebogens (siehe Anlage, 6.2.1) wurde an das Patientenkollektiv mit der Bitte um Antwort versendet (N=72). Dieser besteht zum einen aus dem gesamten SF-36 Fragebogen (Teil A2), zum anderen aus dem subjektiven Teil des AOFAS-

Scores und Fragen zur allgemeinen Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis und Schmerzmittelbedarf (Teil A1).

Teil B des Fragebogens (siehe Anlage, 6.2.2) wurde erst bei der Nachuntersuchung der Patienten ausgefüllt. Erfasst wurden hierbei der objektive Teil des AOFAS-Scores (klinische Untersuchung, Beurteilung des Gangbilds durch Untersucher) sowie weitere Parameter, die im Rahmen dieser Arbeit berücksichtigt werden.

### 2.3.1.1 SF-36

Der SF-36 Fragebogen ist ein international anerkanntes Messinstrument zur subjektiven Bestimmung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität [3]. Insgesamt werden damit acht Dimensionen der Gesundheit erfasst:

1. körperliche (physikalische) Funktionsfähigkeit KÖFU
2. Rollenverhalten wegen körperlicher Funktionsbeeinträchtigung KÖRO
3. Schmerzen SCHM
4. allgemeiner Gesundheitszustand AGES
5. Vitalität und körperliche Energie VITA
6. soziale Funktionsfähigkeit SOFU
7. Rollenverhalten wegen seelischer Funktionsbeeinträchtigung EMRO
8. seelische (psychische) Funktionsfähigkeit PSYC

Zu jeder Dimension wird eine unterschiedliche Anzahl an Fragen (Items) gestellt (insgesamt 36) und jeder Antwort ein Punktwert eines bestimmten Wertebereichs zugeteilt (siehe Tab.1).

Zur Auswertung der Rohdaten werden die Items und Skalen so umberechnet, dass ein höherer Wert einem besseren Gesundheitszustand entspricht. Hierfür ist eine Umkodierung einiger Items notwendig:

Bei sieben der SF-36 Items muss eine Umpolung durchgeführt werden. Diese Items sind so formuliert, dass ein höherer Punktwert einem schlechteren Gesundheitszustand entspricht. Aus diesem Grund werden bei diesen Items die Punktwerte umgekehrt. Dies trifft zu für die Fragen 11b, 11d, 9a, 9e, 6, 9d und 9h.

Bei drei der SF-36 Items muss eine Rekalibrierung erfolgen. Für diese Fragen liegen empirische Forschungsergebnisse vor, die zeigen, dass zwischen dem Itemwert und dem der Skalenbildung zugrunde liegendem Gesundheitskonzept keine lineare Beziehung besteht. Aus diesem Grund werden die Intervalle zwischen den Punktwerten verändert, z.B. anstelle der Abstufung 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 gilt für das

Item 7 nach Umpolung und Rekalibrierung die Abstufung 6,0 - 5,4 - 4,2 - 3,1 - 2,2 - 1,0. Dies gilt für die Fragen 1, 7 und 8.

Skala (Dimension)	zugehörige Fragen (Items)	Wertebereich
körperliche Funktionsfähigkeit	3a+3b+3c+3d+3e+3f+3g+3h+3i+3j	1-3
körperliche Rollenfunktion	4a+4b+4c+4d	1-2
körperliche Schmerzen	7+8	1-6 bzw. 1-5
allgemeine Gesundheit	1+11a+11b+11c+11d	1-5
Vitalität	9a+9e+9g+9i	1-6
soziale Funktionsfähigkeit	6+10	1-5
emotionale Rollenfunktion	5a+5b+5c	1-2
psychisches Wohlbefinden	9b+9c+9d+9f+9h	1-6

**Tab.1:** Zuordnung der einzelnen Fragen des SF-36 zu den jeweiligen Dimensionen  
Der angekreuzten Antwortmöglichkeit wird jeweils ein Punktwert aus dem angegebenen Wertebereich zugeordnet

Da die Fragebögen von den Patienten alleine ausgefüllt wurden, kam es zu Fehlern bei der Beantwortung der Fragen und teilweise zu fehlenden Daten bei Nichtausfüllung einzelner Fragen. Mit dieser Problematik wurde folgendermaßen verfahren:

- wird eine Ja/Nein-Frage durch Schreiben der Worte „Ja/Nein“ beantwortet, wird die Antwort so kodiert, als hätte der Befragte „Ja“ oder „Nein“ angekreuzt
- markiert der Befragte zwei Antworten, die untereinander stehen, so wird nach Zufallsprinzip eine ausgewählt
- werden jedoch zwei Antworten gegeben, die nicht untereinander stehen oder mehr als zwei Antworten angekreuzt, wird diese Antwort als fehlend gezählt

Fehlen nun eine oder mehrere Items einer Skala, so wird nach einem Algorithmus ein Skalenwert geschätzt. Dies ist möglich, wenn mindestens die Hälfte der Items einer Skala beantwortet wurde, was bei dieser Befragung immer vorhanden war. Die Schätzung erfolgt durch die Berechnung des Mittelwertes der vorhandenen Items der

Skala. Für den oder die fehlenden Werte wird dann dieser errechnete Mittelwert eingesetzt und somit die Skalenwerte komplettiert.

Nach der Umkodierung und dem Ersetzen der fehlenden Werte werden die einzelnen Punktwerte der Items jeder Skala nun zu einem Skalenrohwert addiert. Dieser Wert ist die einfache algebraische Summe der Antworten auf die einzelnen Items.

Im letzten Schritt müssen nun die Skalenrohwerte in eine 0 bis 100 Skala transformiert werden. Dies ist nötig, da für jede Skala eine unterschiedliche Anzahl an Fragen und somit unterschiedlich hohe Skalenrohwerte erzielt werden (vgl. Tab.2). Die Transformation formt hierbei den niedrigst möglichen Rohwert in 0 und den höchst möglichen in 100 um. Werte zwischen den Extremwerten stellen den prozentualen Anteil am höchst möglichen Wert dar. Somit ist ein besserer Vergleich der einzelnen Skalen untereinander möglich. Die Formel für die Transformation lautet:

$$\text{Transformierte Skala} = \frac{\text{tatsächlicher Rohwert} - \text{niedrigst möglicher Rohwert}}{\text{mögliche Spannweite des Rohwertes}} \times 100$$

Skala (Dimension)	minimaler und maximaler Rohwert		mögliche Spannweite
<b>körperliche Funktionsfähigkeit</b>	10	30	20
<b>körperliche Rollenfunktion</b>	4	8	4
<b>körperliche Schmerzen</b>	2	12	10
<b>allgemeine Gesundheit</b>	5	25	20
<b>Vitalität</b>	4	24	20
<b>soziale Funktionsfähigkeit</b>	2	10	8
<b>emotionale Rollenfunktion</b>	3	6	3
<b>psychisches Wohlbefinden</b>	5	30	25

**Tab.2:** niedrigster und höchstmöglicher Rohwert sowie mögliche Spannweite zur Berechnung der transformierten Skala für die jeweilige Gesundheitsdimension

### 2.3.1.2 AOFAS Ankle-Hindfoot Scale

Die AOFAS Ankle-Hindfoot Scale stellt ein Messinstrument zur Beurteilung von konservativ und operativ behandelten Calcaneusfrakturen dar. Insgesamt kann ein Punktwert von 100 Punkten erreicht werden. Die Skala teilt sich in drei Teilbereiche auf (vgl. Anlagen 6.3). Betrachtet werden Schmerz (maximal erreichbare Punktzahl (MEP): 40), Funktionalität (MEP: 50) und Form (MEP: 10). Der Bereich Schmerz sowie ein Teil des Bereichs Funktionalität werden vom Patienten selbst beurteilt (Fragebogen Teil A1), die klinische Beurteilung zur Funktionalität und Form erfolgt durch den Untersucher. In jedem der drei Teilbereiche werden die erzielten Punktwerte bestimmt und zu einem Gesamtpunktwert addiert. In Anlehnung an die Auswertung nach Thordason [51] werden die Gesamtpunktwerte eingestuft nach Erzielung eines sehr guten (100-90 Punkte), guten (89-80 Punkte), mittelmäßigen (79-70 Punkte) und schlechten ( $\leq 69$  Punkte) Ergebnisses.

### 2.3.2 Radiologische Auswertung

Die Auswertung des radiologischen Materials ab 2002 erfolgte durch die Verwendung des SIENET Magic View-Systems der Firma Siemens. Des Weiteren wurden aus dem radiologischen Archiv Aufnahmen herangezogen, die vor 1999 gemacht wurden und dadurch nicht im elektronischen Datenarchiv zu finden sind. Ausgewertet wurden zum einen CT-Aufnahmen des Sprunggelenks, zum anderen konventionelle Röntgenbilder in verschiedenen Ebenen, sowohl prä- als auch postoperativ. Die genaue Auflistung, welche Aufnahme für die jeweilige Messung bzw. Frakturtypbestimmung herangezogen wurde, ist aus Tabelle 3 zu entnehmen. Von insgesamt 49 Patienten aus dem ursprünglichen Patientenkollektiv von 72 Patienten war es möglich, radiologisches Material zu erhalten und eine Auswertung durchzuführen. Hierbei wurde jede Fraktur einzeln betrachtet, d.h. bei Patienten mit beidseitiger Fraktur wurden für jede Seite die einzelnen Parameter bestimmt. Es konnten allerdings nicht für jeden dieser Patienten alle benötigten Aufnahmen gesammelt werden, so dass nicht immer eine vollständige radiologische Auswertung durchgeführt werden konnte (vgl. Tab.4).

Parameter	Typ	Ebene	Zeitpunkt
Böhler-Winkel	konventionell	mediolateral	prä/post
Gisanne-Winkel	konventionell	mediolateral	prä/post
Calcaneus-Höhe	konventionell	mediolateral	prä/post
Calcaneus-Länge	konventionell	mediolateral	prä/post
Calcaneus-Breite	konventionell	dorsoplantar	prä/post
Frakturtyp (Essex-Lopresti)	CT	sagittal	prä
Sanders-Klassifikation	CT	koronar	prä
ICI-und Zwipp-Klassifikation	CT	axial, koronar, sagittal	prä
Gelenkstufe subtalar	konventionell	Brodén	post

Tab.3: Auflistung der durchgeführten Messungen und Frakturtypbestimmungen anhand des radiologischen Materials und Angabe der jeweils verwendeten radiologischen Aufnahmen

Parameter		Böhler (prä+post)	Gisanne (prä+post)	Calcaneus- Höhe und Länge	Calcaneus- Breite	Essex-Lopresti	Sanders	ICI/Zwipp	Gelenkstufe
Auswertung möglich von n Frakturen	PO	28	29	29	15	44	25	30	41
	MI	12	12	12	7	12	12	12	13

Tab.4: Darstellung der verwendeten radiologischen Parameter und Anzahl des zur Auswertung vorhandenen radiologischen Materials, angegeben in der Frakturzahl, jeweils für Plattenosteosynthese (PO) und minimal-invasiv (MI)

### 2.3.2.1 Auswertung der konventionellen Röntgenbilder

Für die Bestimmung von Böhler-Winkel, Gisanne-Winkel, Calcaneus-Höhe, -Länge und -Breite wurden jeweils sowohl die prä- als auch die postoperativen konventionellen Aufnahmen herangezogen. Für die statistische Auswertung wurde dann jeweils die Differenz aus prä- und postoperativem Wert bestimmt, um ein Maß für die Qualität des Repositionsergebnisses zu erhalten. Die einzelnen Parameter wurden folgendermaßen bestimmt (vgl. Abb.14):

**Böhler-Winkel:** in der mediolateralen Aufnahme wird der sog. Tubergelenkwinkel aus zwei gezogenen Geraden bestimmt. Die eine stellt die Verbindung zwischen dem

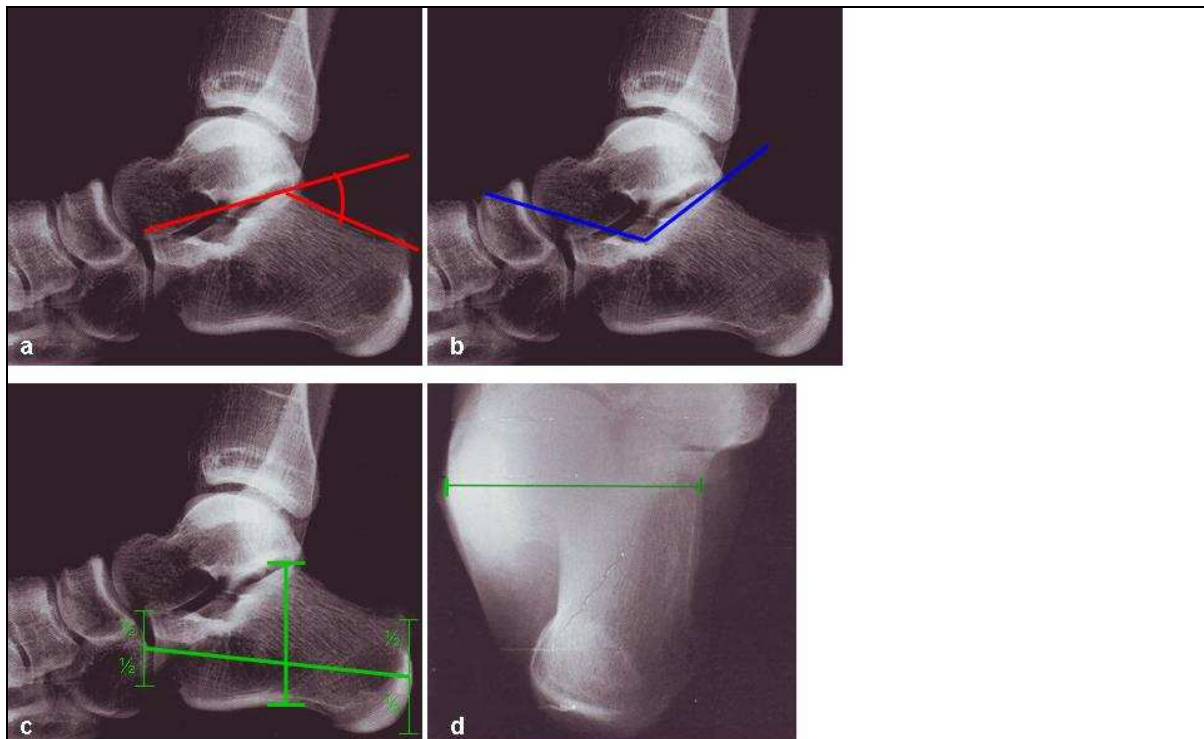
höchsten Punkt des Processus anterior und dem höchsten Punkt der posterioren Facette dar. Die zweite bildet eine Tangente entlang der oberen Fläche des Tuber calcanei. Physiologisch besteht ein Winkel von 20-40°, der sich je nach Kompression bis zu 0° abflachen oder sogar negativ werden kann.

Gissanne-Winkel: dieser Winkel entsteht durch die Kreuzung der Tangenten entlang der posterioren Facette und entlang der Oberkante des Processus anterior (mediolaterale Aufnahmen). Physiologisch liegt er zwischen 100 und 140°.

Calcaneus-Höhe: Lot vom höchsten Punkt der posterioren Facette zur Unterseite des Calcaneus in den mediolateralen Aufnahmen

Calcaneus-Länge: Verbindung zwischen der Mitte der Facies articularis anterior zur Mitte der posterioren Begrenzung des Tuber calcanei in den mediolateralen Aufnahmen

Calcaneus-Breite: Abstand zwischen medialer und lateraler Begrenzung des Calcaneus auf Höhe des Sustentaculum in den dorsoplantaren Aufnahmen



**Abb.14:** schematische Darstellung der in den konventionellen Röntgenbildern bestimmten Parametern (a Böhler-Winkel, b Gissanne-Winkel, c Calcaneushöhe und -länge (alles laterale Ansicht), d Calcaneusbreite (dorsoplantare Ansicht))

(adaptiert nach: Köpf-Maier P. Wolf-Heideggers Atlas der Anatomie des Menschen, Band 1; 5. Auflage. Basel: Karger; 2000: S.185 u. 210)

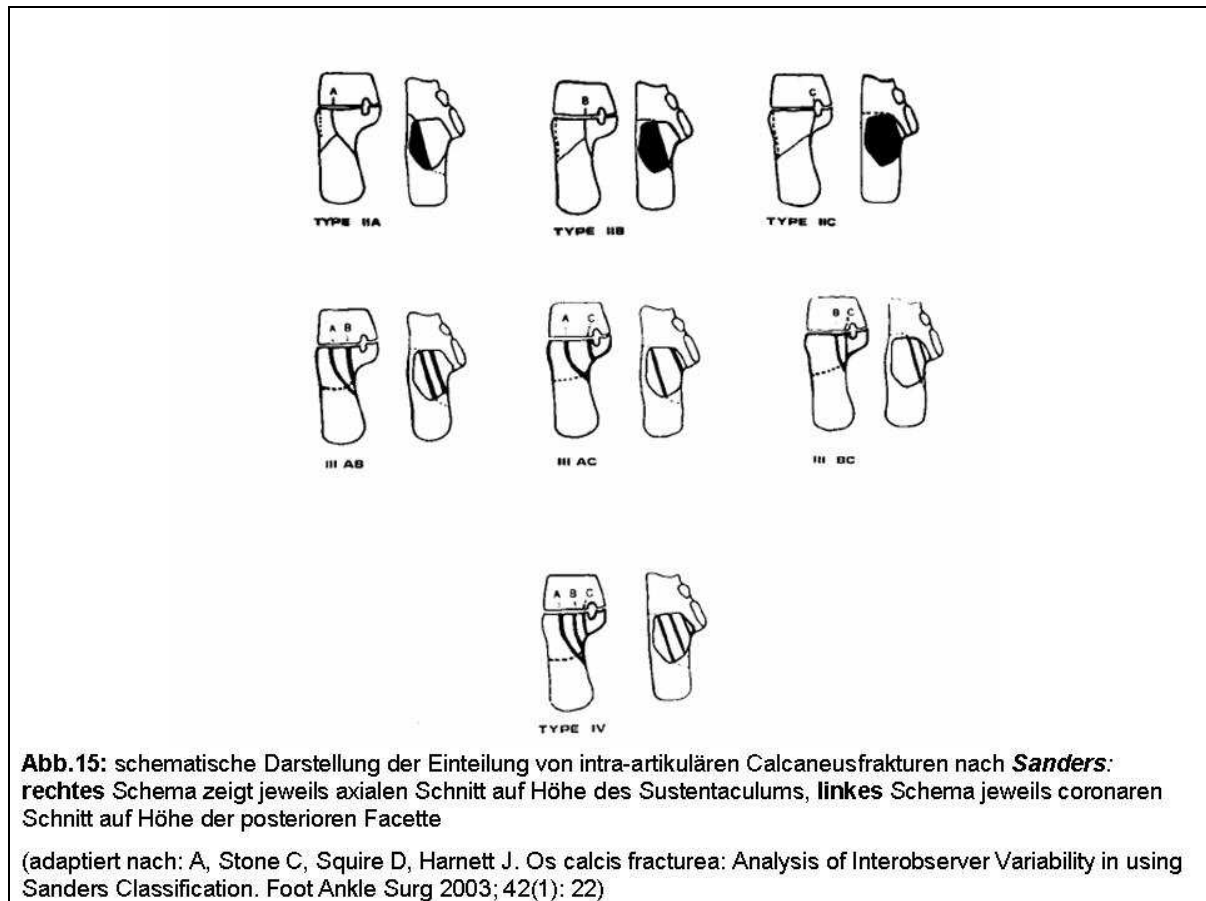
### 2.3.2.2 Auswertung der CT-Bilder und Klassifikation

Zur Einteilung der Patienten entsprechend der verschiedenen Klassifikationssysteme wurden die verfügbaren präoperativen CT-Aufnahmen herangezogen.

Die Auswertung nach **Essex-Lopresti** [13] in Joint-Depression- und Tongue-Type erfolgte anhand der sagittalen CT-Bilder bzw. konventionellen Röntgenbilder.

Das Klassifikationssystem nach **Sanders** [19] basiert auf den axialen und coronaren CT-Schnittbildern zur Beschreibung von intraartikulären Frakturen. Auf den axialen Bildern wird das Schnittbild aufgesucht, auf dem die posteriore Facette an ihrem breitesten Punkt, nämlich auf Höhe des Sustentaculum, zu sehen ist. Diese wird in drei Säulen gleicher Breite durch 2 sagittale Linien aufgeteilt. Eine dritte Linie trennt das Sustentaculum ab. Man unterscheidet demzufolge eine laterale, eine zentrale und eine mediale Säule sowie das Sustentaculum-Fragment. Die Linien werden von lateral nach medial mit den Buchstaben A-C bezeichnet und entsprechen den möglichen primären Frakturlinien. Insgesamt beschreibt dieses Klassifikationssystem vier Typen (vgl. Abb.15): Typ I steht für alle nicht dislozierten Frakturen, unabhängig von der Anzahl der Fragmente. Typ II steht für alle 2-Fragment-Frakturen und wird je nach Lage der primären Frakturlinie in drei Subtypen unterteilt (IIA, IIB, IIC). Typ III-Frakturen bestehen aus 3 Fragmenten bzw. 2 Frakturlinien und werden unterteilt nach den drei möglichen Subtypen IIIAB, IIIAC und IIIBC. Bei Typ IV-Frakturen handelt es sich um alle stark fragmentierten Frakturen mit mehr als 2 Frakturlinien.

Die 12-Punkte Frakturskala nach **Zwipp** (vgl. Einleitung, Abb. 3) [67] bezieht neben der Anzahl der Hauptfragmente (2-5 Punkte) und der beteiligten Gelenkfacetten (max. 3 Punkte) ebenso das Ausmaß des Weichteilschadens bei offenen und geschlossenen Frakturen (1-3 Punkte) mit ein. Ein Zusatzpunkt kommt bei regionalen Zusatzfrakturen sowie Trümmerfrakturen eines der Hauptfragmente hinzu.

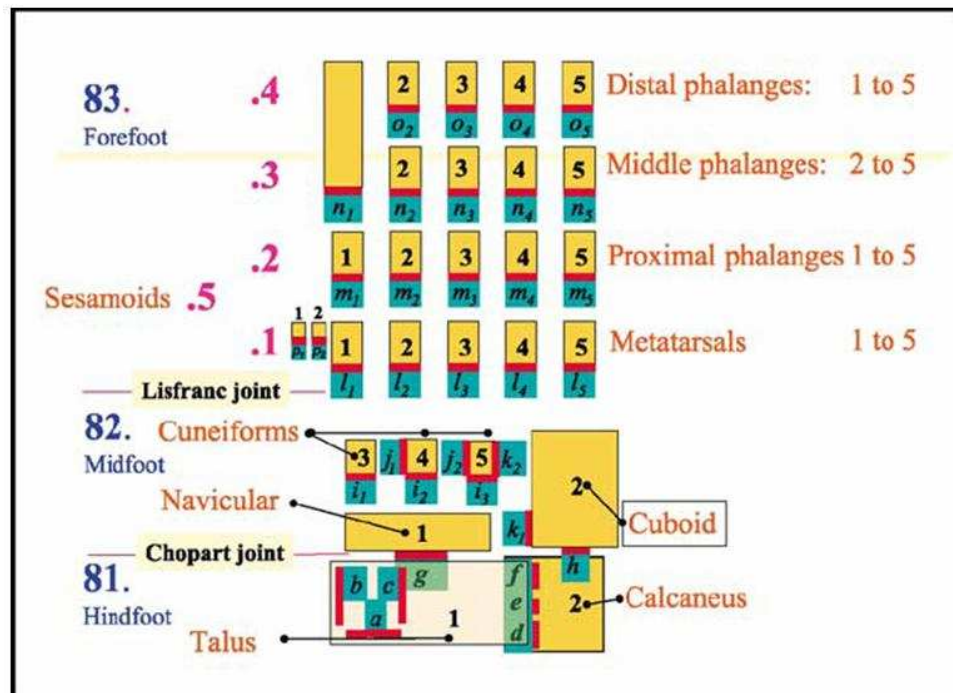


Die **ICI-Klassifikation** (Integral classification of injuries) beschreibt Frakturen und Dislokationen des gesamten Skeletts nach einem bestimmten Zahlen- und Buchstabencode [63]. Dabei wird im Fußbereich jedem Knochen eine bestimmte Zahl zugewiesen. Der Calcaneus hat dabei die Nummernfolge 81.2 (vgl. Abb.16). Für die genauere Beschreibung der Art der Verletzung stehen die Großbuchstaben A-D (A=extra-artikuläre Fraktur, B=intra-artikuläre Fraktur, C=dislozierte Fraktur, D=Dislokation ohne Fraktur) mit Anzahl der beteiligten Gelenke (1-3). Mit kleinen griechischen Buchstaben kann zusätzlich die Richtung der Dislokation angegeben werden. Des Weiteren erfolgt eine genaue Bestimmung der beteiligten Gelenkfacetten mit Kleinbuchstaben (vgl. Abb.16) und in Klammern dahinter, wie stark sie, bezogen auf drei Subgruppen, betroffen sind. Die Zahl der ersten Subgruppe beschreibt dabei das betroffene Gewebe (1= Knochen, 2= Knorpel, 3= Kapsel und Bänder), die zweite Zahl steht für die Ausprägung der Verletzung (z.B. 1= einfache Fraktur, 2=„wedge“, 3= multifragmentär bei Knochenbeteiligung) und die dritte für den Grad der Dislokation oder Instabilität (bei Bandverletzungen). So wird beispielsweise eine dislozierte intra-artikuläre Fraktur des Calcaneus mit Beteiligung

aller drei Facetten des Subtalargelenks und multifragmentärer Fraktur der posterioren Facette mit starker Dislokation bzw. einfache Fraktur der beiden anderen Facetten mit leichter Dislokation nach ICI beschrieben als:

81.2 – C3 [d(1.3.3), e-f(1.1.2)]

Sind bei einer Verletzung mehrere Knochen betroffen, so lassen sich die einzelnen codierten Frakturen über ein +-Zeichen miteinander verbinden.



**Abb.16:** Schematische Darstellung der Knochen und Gelenkflächen des Fußes entsprechend der **ICI-Klassifikation**: die **Zahlen** beschreiben dabei die jeweiligen Knochen der einzelnen Fußregionen (81=Rückfuß, 82=Mittelfuß, 83=Vorderfuß), die **Kleinbuchstaben** (a-o) stehen für die Gelenkflächen

(adaptiert nach: Zwipp H, Baumgart F, Cronier P, Jorda E, Klaue K, Sands A, Yung S. Integral classification of injuries (ICI) to the bones, joints and ligaments. Application to injuries to the foot. Injury 2004; 35: B4)

### 2.3.3 Pedographien

Im Rahmen der Nachuntersuchung erfolgte bei 20 einseitig betroffenen Patienten eine Analyse der plantaren Druckverteilung während des Gehens mit Hilfe einer dynamischen Baro-Pedographie (T&T medilogic®). Dieses System basiert auf der Verwendung von Schuheinlagen mit bis zu 200 Sensoren, die in die patienteneigenen Schuhe eingepasst werden. Über einen Funksensor, der am Patienten befestigt wird, werden die gemessenen Daten während des Gehens an ein spezielles Softwaresystem übermittelt und nach bestimmten Kriterien analysiert (vgl. Abb.17).



**Abb.17:** dynamische Baro-Pedographie: **a** Equipment mit unterschiedlich großen Schuheinlagen, **b** Einpassen der Einlagen in den Schuh des Patienten, **c** Funksender, **d** aktive Messung während des Gehens

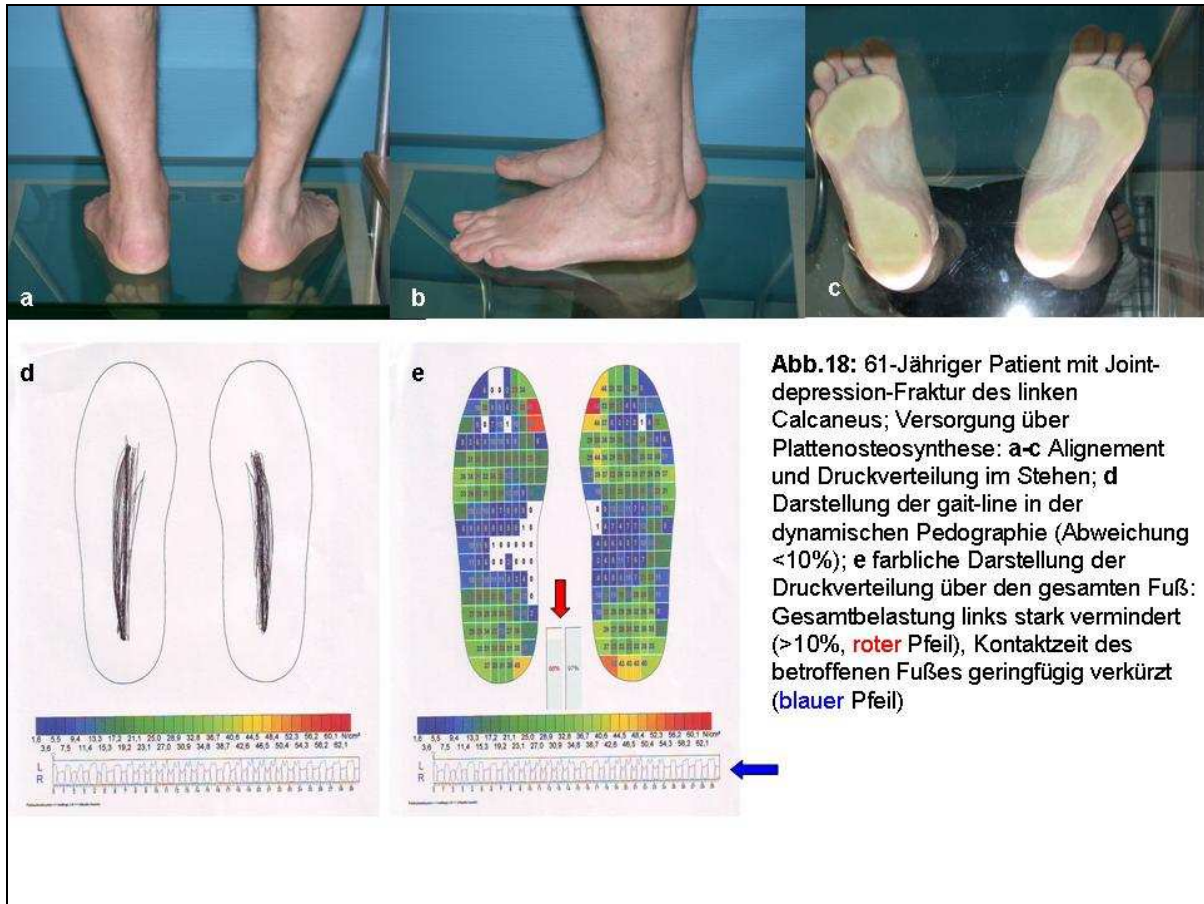
Die Ganglinie (gait line) entspricht der lateralen Abweichung vom Zentrum des Druckareals entlang des gesamten Schrittes (vgl. Abb.18). Die gait line des betroffenen Fußes wurde mit der des gesunden verglichen und die Abweichung entsprechend Tab.5 in einen Scorewert übertragen.

Die Kontaktzeit der Ferse mit dem Untergrund während eines Schrittes und die Gesamtbelastung des betroffenen Fußes beim Gehen wurde ebenfalls mit dem gesunden Fuß des Patienten verglichen und entsprechend Tab.5 in einen Scorewert übertragen.

Im Anschluss wurden die in den drei Bereichen erzielten Scorewerte eines Patienten zu einer Gesamtpunktzahl addiert. Entsprechend der Gesamtpunktzahl wurden die Patienten in vier Gruppen unterteilt:

- Gruppe 1= 12-11 Punkte
- Gruppe 2= 10-9 Punkte
- Gruppe 3= 8-7 Punkte
- Gruppe 4= <7 Punkte

## 2 PATIENTEN UND METHODEN



Parameter	Grad der Abweichung vom gesunden Fuß			
	kaum	geringfügig	mittel	stark
gait-line (mm)	<10%	10-30%	31-50%	>50%
contact time (sec.)	<10%	10-30%	31-50%	>50%
Gesamtbelastung des Fußes (%)	<3%	3-6%	7-10%	>10%
Scorewert	4	3	2	1

**Tab.5:** Darstellung der analysierten Parameter und ihre Aufteilung entsprechend des Grades der Abweichung vom gesunden Fuß mit dazugehörigem Scorewert

#### 2.4 Statistische Analyse

Die Darstellung der Daten erfolgt durch Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung.

Zur statistischen Auswertung wurde als Softwareprogramm SPSS 16.0 verwendet. Zur Beschreibung eines Zusammenhanges zwischen ordinalskalierten Parametern wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman herangezogen. Bei der Analyse von normalverteilten Stichproben wurde der Student's t-Test verwendet. Bei nicht normalverteilten Stichproben erfolgte die Analyse mit nichtparametrischen Testverfahren, wie dem Mann-Witney-U-Test oder dem Kruskal-Wallis-Test bei mehr als zwei zu untersuchenden Merkmalen. Zur Analyse von qualitativen Merkmalen wurde der Chi<sup>2</sup>-Unabhängigkeitstest verwendet.

Eine statistische Signifikanz wurde bei  $p < 0,05$  angenommen.

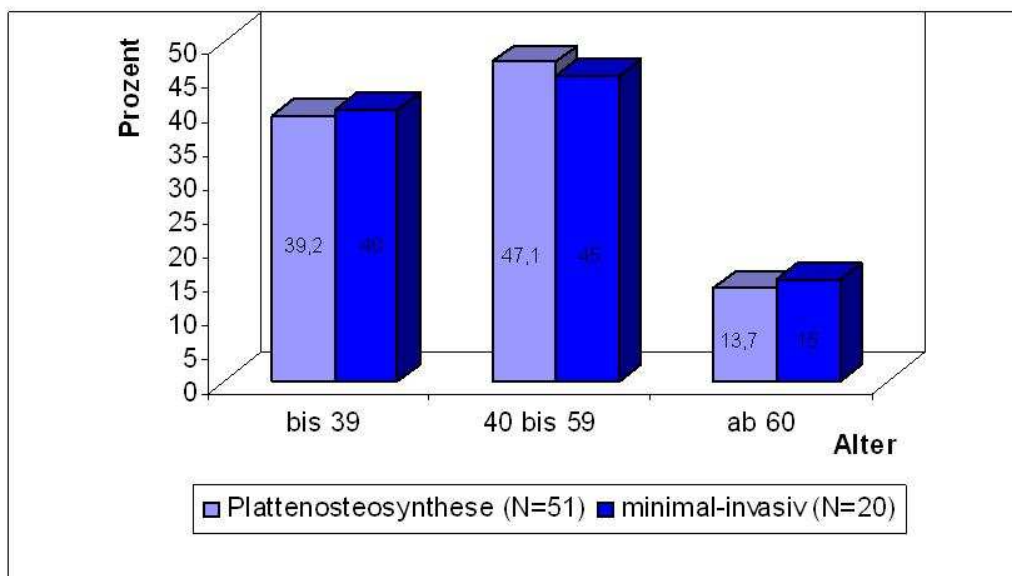
### 3 ERGEBNISSE

#### 3.1 Parameter für die Entscheidung zu einer der Behandlungsweisen

Im Folgenden wird nun untersucht, inwieweit sich die beiden Patientengruppen in Bezug auf bestimmte Parameter, die sich teilweise auch im Behandlungsalgorithmus wieder finden, unterscheiden.

##### 3.1.1 Altersstruktur

Zum Zeitpunkt des Unfalls lag das Alter der Patienten, die mit einer Plattenosteosynthese versorgt wurden (N=51), im Mittel bei 44,4 Jahren ( $\pm 12,45$ ). Bei den Patienten mit minimal-invasiver Behandlung (N=20) ergibt sich ein Mittelwert von 43,6 Jahren ( $\pm 15,10$ ). In der Gruppe der 40 bis 59-Jährigen ist der Anteil der Plattenosteosynthesepatienten gering erhöht (vgl. Abb.19). Im Bereich bis 39 Jahre und über 60 Jahre ist der Anteil der minimal-invasiv behandelten Patienten etwas höher. Statistisch ergibt sich diesbezüglich keine Signifikanz (Chi-Quadrat-Test:  $p=0,9$ ).



**Abb. 19:** Darstellung der Altersverteilung (Alter in Jahren) der einzelnen Gruppen zum Zeitpunkt des Unfalls

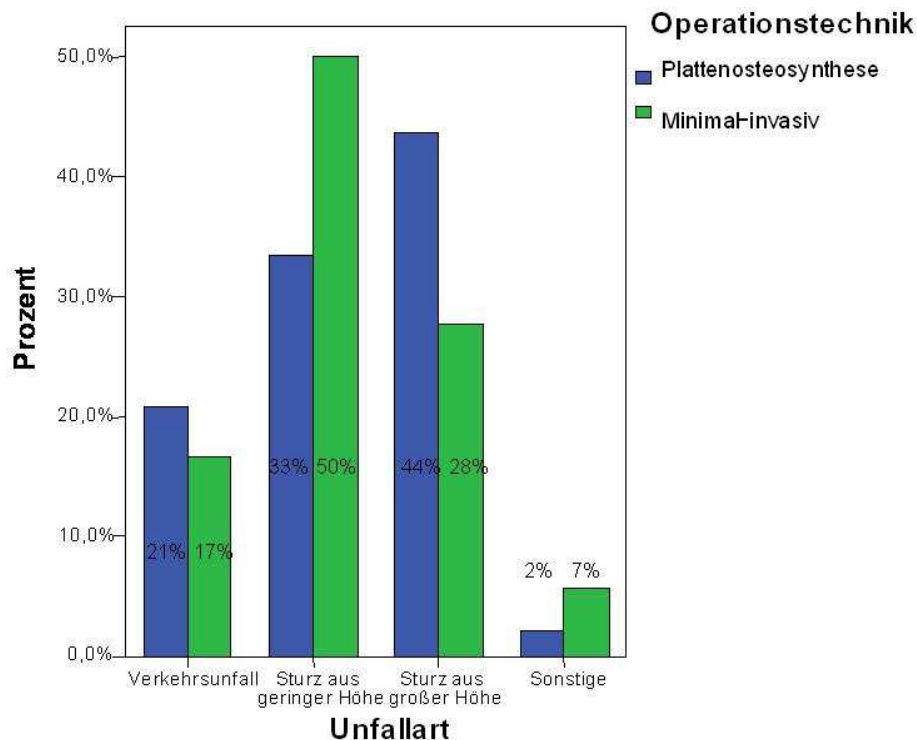
##### 3.1.2 Unfallmechanismus

Von insgesamt 66 Patienten war der Unfallhergang bekannt. Bei den Patienten, die später mit einer Plattenosteosynthese versorgt wurden (N=48), stellten Stürze aus großer Höhe (>3m) den Hauptanteil (44%) dar. Hierzu zählen Fensterstürze,

### 3 ERGEBNISSE

Gerüstunfälle, Dachstürze und Leiterstürze. Die Patienten, die minimal-invasiv behandelt wurden (N=18), waren hauptsächlich aus geringer Höhe (<3m) gestürzt (50%). Darunter fallen Leiterstürze, Treppenstürze und Sprünge von Mauern. Der Anteil an Verkehrsunfällen (PKW, Motorrad) ist in beiden Gruppen annähernd gleich mit 21% bei Plattenosteosynthesepatienten und 17% bei MI-Patienten (vgl. Abb.20). Die Zahl der Berufsunfälle lag bei den PO-Patienten bei 13 (27%), bei den MI-Patienten bei 3 (15%). Insgesamt ließ sich pro Patientengruppe je ein Suizidversuch verzeichnen.

Bei der statistischen Auswertung zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen Unfallhergang und Operationstechnik (Korrelation nach Spearman:  $p=0,199$ ).



**Abb.20:** Verteilung der Unfallarten bezogen auf die jeweilige Operationstechnik

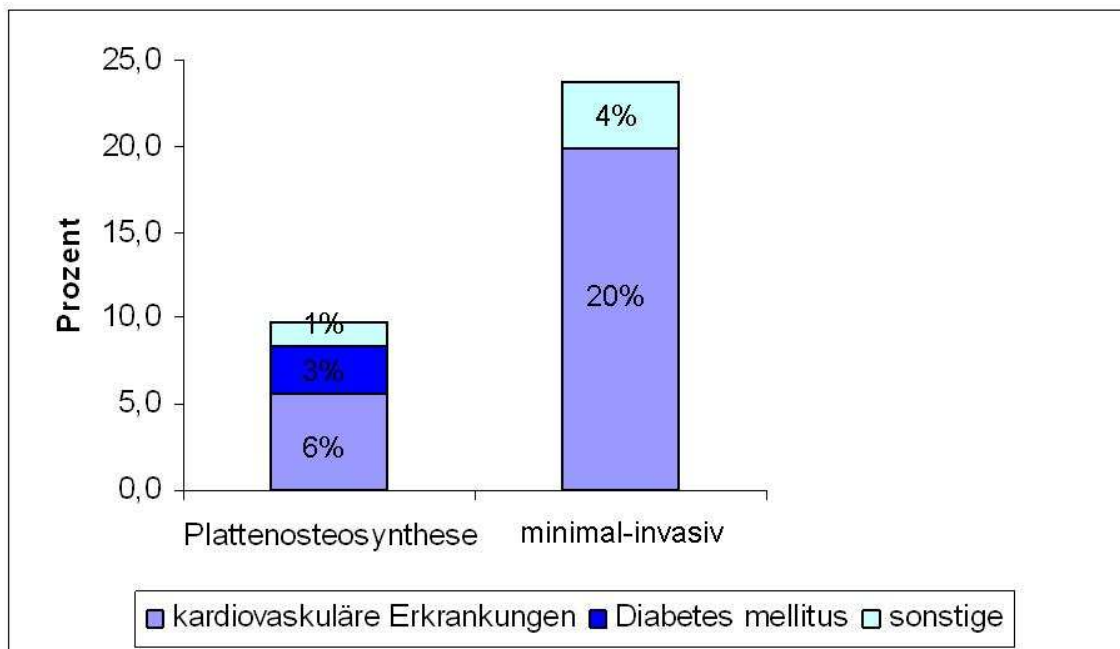
#### 3.1.3 Begleiterkrankungen

Insgesamt wiesen 10 von 72 Patienten des Gesamtkollektivs systemische Begleiterkrankungen auf. Es erfolgte eine Unterteilung in kardiovaskuläre Erkrankungen (pAVK, KHK, Z.n. Myokardinfarkt, Apoplex, arterielle Hypertonie), Diabetes mellitus und sonstige Erkrankungen (Z.n. Thrombose, Osteoporose). In der Gruppe der Plattenosteosynthesepatienten zeigten insgesamt 5 Patienten (10%)

### 3 ERGEBNISSE

Begleiterkrankungen, darunter 4 Personen mit einer kardiovaskuläre Erkrankung (alle mit arterieller Hypertonie), 2 Patienten mit Diabetes mellitus und 1 Person mit Osteoporose (Mehrfachnennungen bei Personen mit mehreren Erkrankungen). Bei den Patienten, die minimal-invasiv behandelt wurden, lag der Anteil der Begleiterkrankungen bei 24% (5 Personen). Alle Patienten wiesen eine kardiovaskuläre Erkrankung auf, darunter 2 eine pAVK bzw. schwere KHK (vgl. Abb.21).

Dass das Vorhandensein einer systemischen Begleiterkrankung in einem Zusammenhang mit der Wahl der Operationstechnik steht, zeigt auch die statistische Auswertung (Chi-Quadrat-Test:  $p=0,001$ ).



**Abb.21:** Darstellung des Anteils der Begleiterkrankungen innerhalb der jeweiligen Behandlungsgruppe (in Prozent); Summe ergibt Gesamtanteil an Begleiterkrankungen in der Gruppe

#### 3.1.4 Begleitverletzungen

Zusätzliche Verletzungen neben der Calcaneusfraktur wiesen insgesamt 34 (47%) von allen Patienten des Gesamtkollektivs (N=72) auf.

In den beiden Gruppen (PO, MI) ist der Anteil der Patienten, die zusätzlich zu ihrer Calcaneusfraktur noch eine weitere Verletzung aufwiesen, annähernd gleich (Plattenosteosynthese: 47%, Minimal-invasiv: 48%). Innerhalb der Untergruppen fällt auf, dass bei den minimal-invasiv behandelten Patienten der Anteil der einfachen

### 3 ERGEBNISSE

Fußtraumen im Vergleich zu dem der PO-Patienten größer ist (10% gegenüber 4%). Bei den Plattenosteosynthesen hingegen ist der Anteil der komplexeren Fußtraumen (Fußtrauma mit zusätzlich beeinträchtigender Verletzung + schweres Fußtrauma: PO = 37%, MI = 29%) höher. Der Anteil der Polytrauma-Patienten ist jedoch in der minimal-invasiv behandelten Gruppe wiederum größer (10% gegenüber 6%). Statistisch ergibt sich keine Signifikanz bezüglich des Zusammenhangs von Begleitverletzung und Behandlungsweise (Korrelation nach Pearson:  $p=1,000$ ).

	PLATTENOSTEOSYNTHESE		MINIMAL-INVASIV	
	Anzahl	Prozent (%)	Anzahl	Prozent (%)
<b>Gesamt</b>	51		21	
<b>Patienten mit Begleitverletzungen</b>	24	47,1	10	47,6
einfaches Fußtrauma	2	3,9	2	9,5
zusätzlich beeintr. Verletzung	10	19,6	3	14,3
schweres Fußtrauma	9	17,6	3	14,3
Polytrauma	3	5,9	2	9,5

**Tab.6:** Übersicht über die Art und Anzahl der Begleitverletzungen und deren Anteil an der Gesamtheit der Patienten

*einfaches Fußtrauma:* Calcaneusfraktur und eine zusätzliche Fraktur oder Luxation am selben Fuß

*zusätzlich beeinträchtigende Verletzung:* Verletzungen von Wirbelsäule, Hüfte, Ober-/Unterschenkel, Knie, Arm, die den Regenerationsprozess beeinflussen

*schweres Fußtrauma:* Calcaneusfraktur und mehr als eine zusätzliche Fraktur am selben Fuß oder beidseitig schwere Calcaneusfraktur

*Polytrauma:* gleichzeitig entstandene Verletzung mehrerer Körperregionen oder Organsysteme, wobei wenigstens eine Verletzung oder die Kombination mehrerer lebensbedrohlich ist

#### 3.1.5 Schweregrad

Die Beurteilung des Schweregrades der Calcaneusfraktur erfolgte nach vier gängigen Klassifikationssystemen (Einteilung nach Essex-Lopresti, Sanders, Zwipp und die ICI-Klassifikation) mittels des vorhandenen präoperativen Bildmaterials.

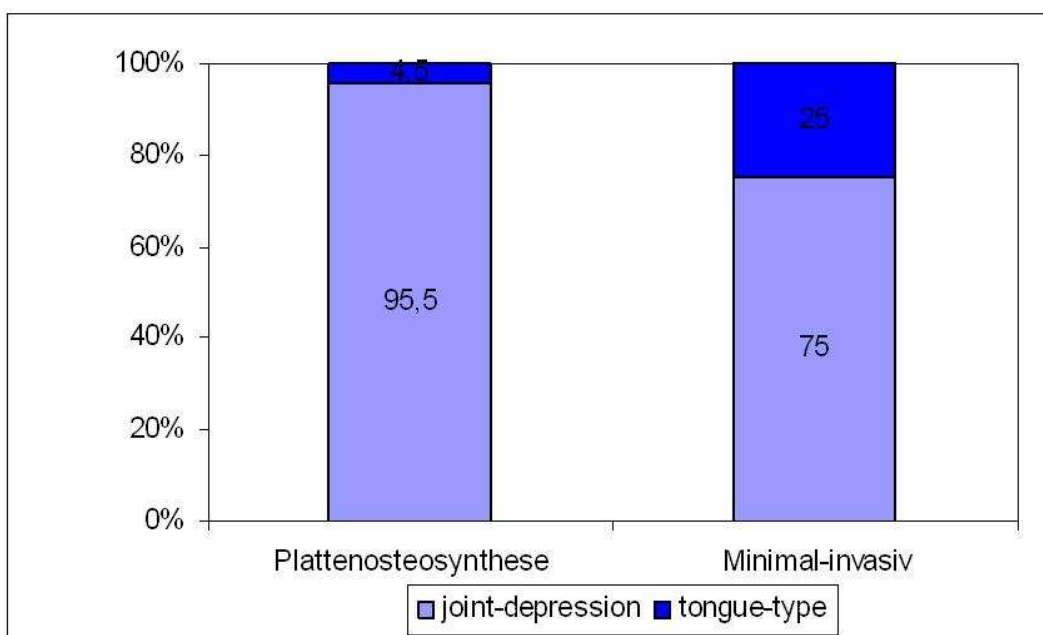
##### 3.1.5.1 Einteilung nach Essex-Lopresti

Insgesamt erfolgte bei 46 Patienten mit 56 Frakturen eine Auswertung nach Essex-Lopresti. Die einzelnen Gruppen teilten sich folgendermaßen auf:

Plattenosteosynthese: N=44, Minimal-invasiv: N=12

### 3 ERGEBNISSE

Betrachtet man nun die Frakturarten (tongue-type, joint-depression) in den jeweiligen Patientengruppen, so fällt auf, dass der Anteil der tongue-type-Frakturen bei den MI-Patienten sehr viel höher ist als bei den PO-Patienten (25% gegenüber 4,5%; vgl. Abb.22). Fast alle Patienten, die mit einer Plattenosteosynthese versorgt wurden, hatten eine Joint-depression-Fraktur (95,5%), wogegen es bei den minimal-invasiv behandelten Patienten 75% waren. Auch in der statistischen Auswertung besteht ein signifikanter Unterschied (Korrelation nach Spearman:  $p=0,028$ ) und somit eine Korrelation von Frakturtyp und darauffolgender Behandlung.



**Abb.22:** Anteil der unterschiedlichen Frakturtypen nach Essex-Lopresti innerhalb der jeweiligen Behandlungsgruppe (Angabe in Prozent)

#### 3.1.5.2 Klassifikation nach Sanders

Von insgesamt 32 Patienten mit 37 Frakturen war ausreichend Bildmaterial (coronare CT-Aufnahmen) vorhanden, um eine Klassifikation nach Sanders vornehmen zu können. Die Verteilung der Frakturen auf die beiden Untergruppen ergab:

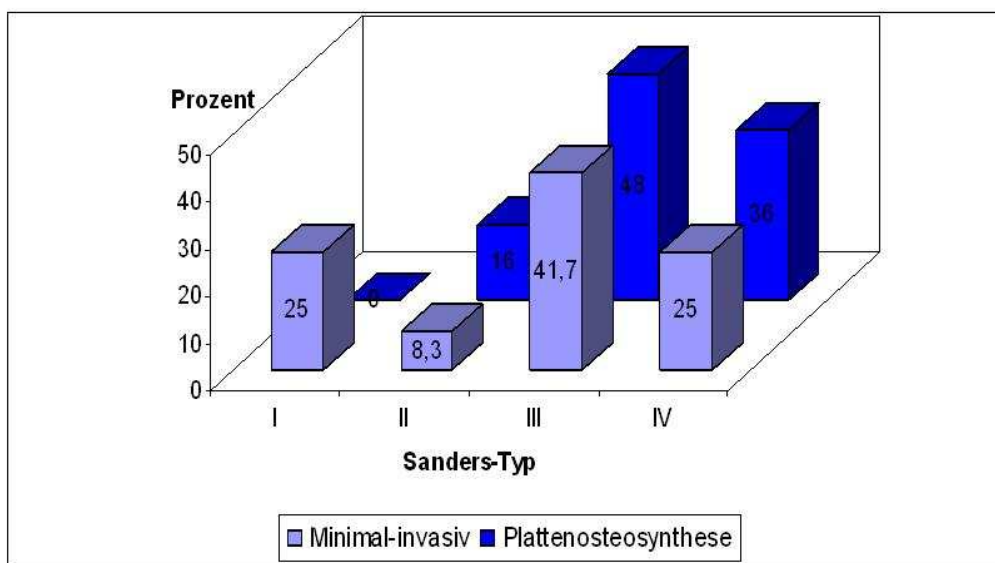
Plattenosteosynthese: N=25

Minimal-invasiv: N=12

Die Frakturen wurden entsprechend Abb.23 ausgewertet. Bei der Betrachtung des Verteilungsschemas fällt zunächst der hohe Anteil an Sanders Typ III Frakturen auf,

### 3 ERGEBNISSE

die sich zu gleichen Teilen auf die offene Versorgung mit Plattenosteosynthese und die minimal-invasive Behandlung verteilen (MI: 42%, PO: 48%). Ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist bei den Sanders Typ IV Frakturen zu verzeichnen. Während der Anteil an Typ IV Frakturen bei PO-Patienten bei 36% liegt, ist er bei MI-Patienten bei 25%. Der Anteil an leichteren Frakturen (Sanders Typ I-II) ist in der Gruppe der minimal-invasiv behandelten Patienten höher (33% gegenüber 16%). Statistisch ergibt sich diesbezüglich keine Signifikanz (Korrelation nach Spearman:  $p=0,208$ ).



**Abb. 23:** Verteilung der Frakturtypen nach Sanders (in Prozent) bezogen auf die jeweilige Operationstechnik

#### 3.1.5.3 Klassifikation nach Zwipp

Eine Auswertung der 12-Punkte-Frakturskala nach Zwipp war bei insgesamt 42 Frakturen möglich. Bei beidseits betroffenen Patienten wurde jede Seite einzeln betrachtet, so dass sich eine Verteilung von Plattenosteosynthese  $N=30$  und Minimal-invasiv  $N=12$  ergab.

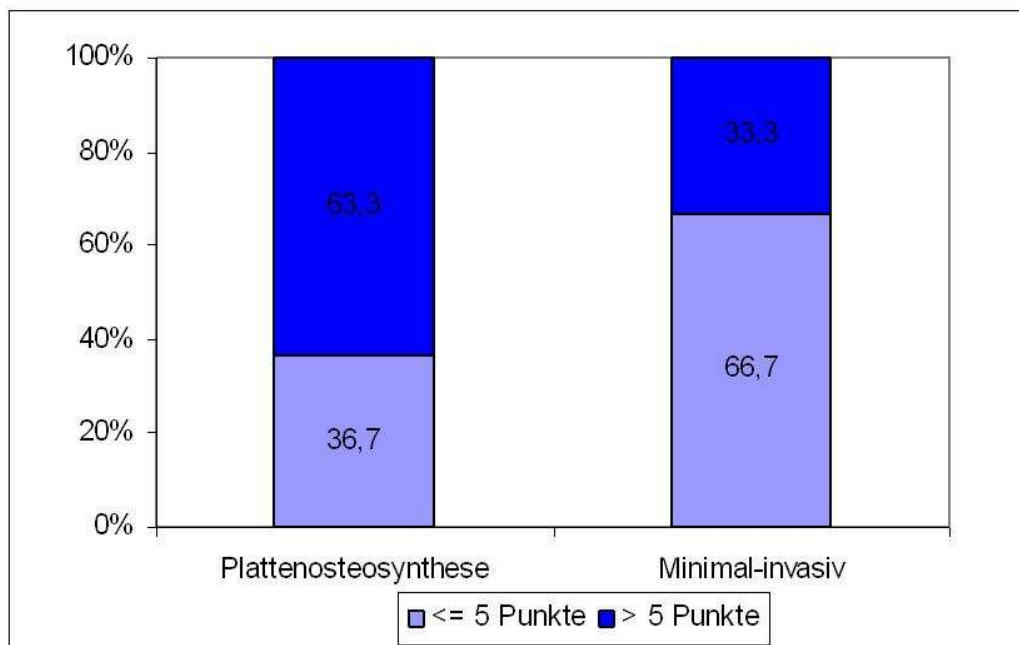
Die erzielten Punktwerte wurden dann in zwei Gruppen aufgeteilt:

- Punktwert  $\leq 5$  entspricht einfacheren Verletzungen mit geringerer Fragmentanzahl und Gelenkbeteiligung

### 3 ERGEBNISSE

- Punktwert > 5 entspricht schwereren Verletzungen mit größerer Fragmentanzahl und Gelenkbeteiligung

Anhand des Verteilungsschemas (siehe Abb.24) kann man erkennen, dass der Hauptanteil (63%) der Patienten, die mit einer Plattenosteosynthese versorgt wurden, eine komplexere Verletzung des Calcaneus hatte (Punktwert >5), wogegen die MI-Patienten hauptsächlich leichtere Frakturen aufwiesen (Punktwert ≤ 5 bei 67%). Statistisch ergibt sich ein deutlicher Trend hinsichtlich des Zusammenhangs von Frakturschwere nach Zwipp und darauffolgender Behandlungsweise (Korrelation nach Spearman:  $p=0,081$ ).



**Abb.24:** Darstellung der Verteilung der Punktwerte nach Zwipp (<=5 Punkte; >5 Punkte) innerhalb der jeweiligen Behandlungsgruppe

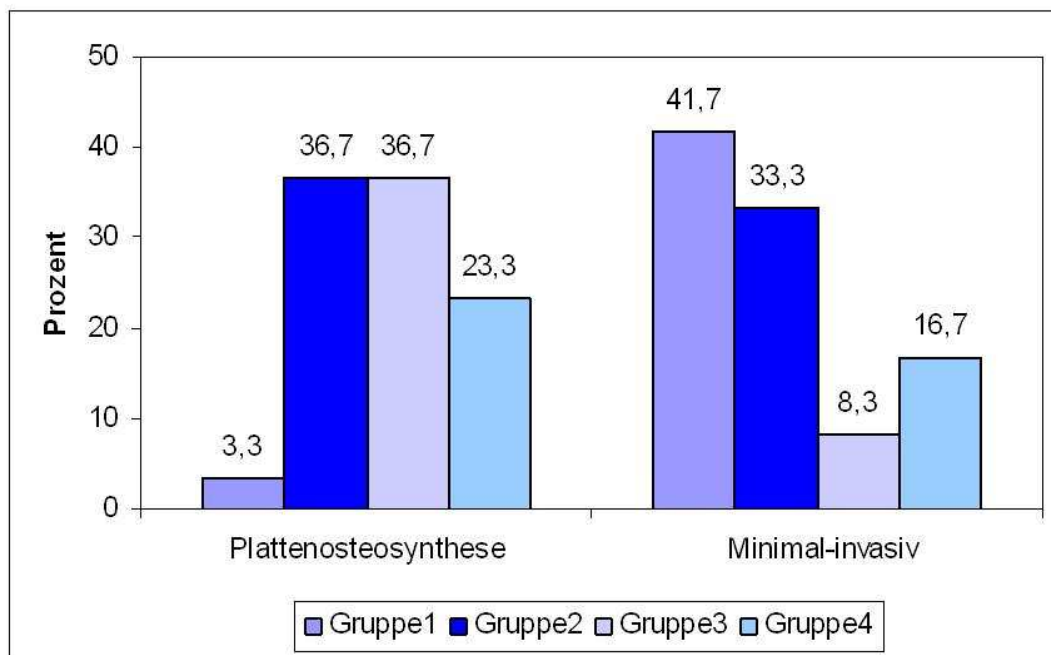
#### 3.1.5.4 ICI-Klassifikation

Bei der Einteilung nach den ICI-Kriterien wurden nur die Verletzungen des Calcaneus und der angrenzenden Gelenkflächen (einschließlich des Cuboids) mit einbezogen, zusätzliche Begleitverletzungen am Fuß wurden nicht mit klassifiziert. Bei den PO-Patienten konnten insgesamt N=30 Frakturen, bei den MI-Patienten N=12 Frakturen beurteilt werden.

### 3 ERGEBNISSE

Die einzeln entsprechend der Kriterien codierten Frakturmuster wurden dann zur besseren Übersicht in vier Untergruppen aufgeteilt (Einzelaufführung siehe Anlage 6.1 Tab.19):

- Gruppe 1: extra-artikuläre Frakturen oder intra-artikuläre Frakturen, die gering disloziert sind und höchstens zwei Gelenkflächen betreffen
- Gruppe 2: intra-artikuläre Frakturen, die stärker disloziert sind und höchstens zwei Gelenkflächen betreffen
- Gruppe 3: intra-artikuläre Frakturen, die stärker disloziert sind und mindestens drei Gelenkflächen betreffen
- Gruppe 4: intra-artikuläre Frakturen, die bezogen auf alle Gelenkflächen stark disloziert sind, einschließlich zusätzlicher Frakturen des Cuboids



**Abb.25:** Darstellung des Anteils (in Prozent) der einzelnen ICI-Gruppen (1-4) innerhalb der jeweiligen Behandlungsgruppe

Betrachtet man nun den prozentualen Anteil der einzelnen ICI-Gruppen für die jeweilige Behandlungsweise (siehe Abb.25), so fällt auf, dass bei den minimal-invasiv behandelten Patienten der Hauptanteil auf Gruppe 1 entfällt (42%), die für den geringsten Schweregrad steht. Bei den Plattenosteosynthese-Patienten befinden sich dagegen die wenigsten Patienten (3%) in dieser Gruppe. In den Gruppen 3 und 4 jedoch, die die komplexeren Frakturen aufweisen, liegen die PO-Patienten mit

### 3 ERGEBNISSE

zusammen 60% eindeutig über den MI-Patienten mit 25%. Lediglich in Gruppe 2 sind die Anteile bei beiden Behandlungsmethoden annähernd ähnlich (37% zu 33%). Statistisch zeigt sich eine signifikante Korrelation (Kruskal-Wallis:  $p=0,016$ ).

#### 3.2 Repositionsergebnis

Im folgenden Abschnitt wird aufgezeigt, wie gut das Repositionsergebnis bei den unterschiedlichen Operationstechniken gelingt. Hierbei werden sowohl die operativen Rahmenbedingungen als auch die postoperativen Folgen und der radiologische Repositionserfolg betrachtet.

##### 3.2.1 Zeitraum bis zur OP

Betrachtet man das Patientengut hinsichtlich des Zeitraumes vom Unfalltag bis zur ersten Operation, so fällt auf, dass in beiden Gruppen sowohl das Maximum (15 Tage) als auch das Minimum (0 Tage) gleich sind. Bezüglich der Mittelwerte und Quartilen lässt sich ein deutlicher Unterschied in der Wartezeit erkennen. Die Plattenosteosynthese-Patienten wurden im Durchschnitt nach 7,4 Tagen ( $\pm 3,95$ ) operiert, bei den minimal-invasiv behandelten Patienten lag die Wartezeit im Mittel bei 4,2 Tagen ( $\pm 4,59$ ) (vgl. Abb.26). Auch in der statistischen Auswertung ergibt sich eine eindeutige Signifikanz bezüglich der Korrelation von OP-Technik und Zeitraum bis zur OP (Korrelation nach Pearson:  $p = 0,006$ ).

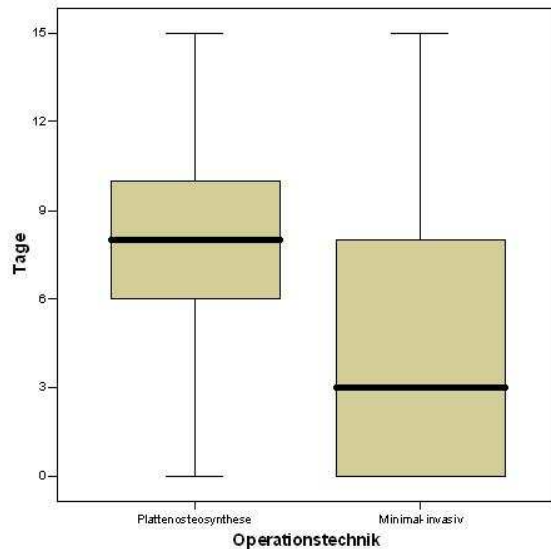
##### 3.2.2 OP-Dauer

Bei der Auswertung der OP-Dauer wurden nur diejenigen Operationen mit einbezogen, die sich auf die primäre Frakturversorgung beschränkten. Notwendige Folge-Operationen oder anderweitige Eingriffe, die nicht den Calcaneus betrafen, wurden ausgeschlossen. Somit war eine Auswertung von insgesamt  $N = 76$  Operationen (PO = 57, MI = 19) möglich.

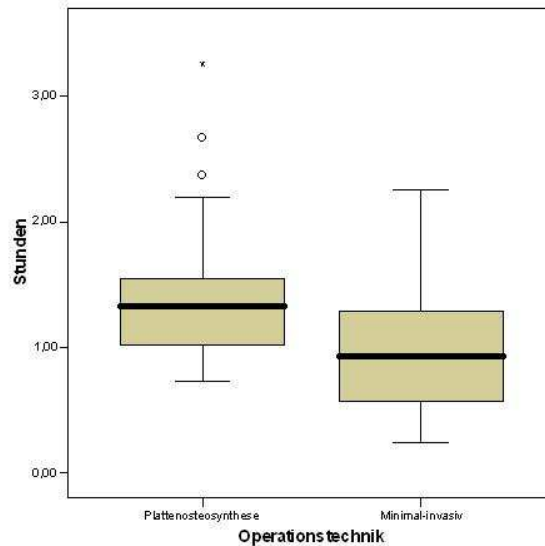
Die mittlere OP-Dauer betrug bei den minimal-invasiv behandelten Patienten im Schnitt 59min. ( $\pm 31$ ), bei den Plattenosteosynthese-Patienten lag sie durchschnittlich bei 81min. ( $\pm 28$ ) (siehe Abb.27). Die kürzeste OP mit 15min. findet sich in der Gruppe der MI-Patienten, die längste mit über 3h in der PO-Gruppe. Auch in der

### 3 ERGEBNISSE

statistischen Auswertung zeigt sich ein eindeutig signifikanter Zusammenhang von OP-Dauer und Operationstechnik (Korrelation nach Pearson:  $p = 0,006$ ).



**Abb.26:** Darstellung der Verteilung des Zeitraums von Unfalltag bis OP (in Tagen) innerhalb der jeweiligen Gruppe (Boxplot)



**Abb.27:** Verteilung der OP-Dauer (in Stunden) bezogen auf die jeweilige Behandlungsgruppe (Boxplot)

#### 3.2.3 Postoperative Komplikationen

Bei den Patienten, die mit einer Plattenosteosynthese versorgt wurden, traten häufiger Komplikationen auf als bei den Patienten mit minimal-invasiver Operation (39% gegenüber 24%). Betrachtet man die unterschiedlichen Komplikationsarten entsprechend Tab.7, so stehen bei der minimal-invasiven Technik eher Materialprobleme im Vordergrund (14%), bei der Plattenosteosynthese überwiegen die Wundheilungsstörungen (zusammen 27%). In beiden Gruppen kam es zu jeweils einer systemischen Komplikation, postoperative Kompartmentsyndrome und M.Sudeck sind nur in der Gruppe der Plattenosteosynthesepatienten zu finden.

	PLATTENOSTEOSYNTHESE		MINIMAL-INVASIV	
	Anzahl	Prozent (%)	Anzahl	Prozent (%)
<b>Patienten gesamt</b>	51		21	
<b>Patienten mit Komplikationen</b>	20	39,2	5	23,8
Materialprobleme	3	5,9	3	14,3
Kompartiment (post-OP)	2	3,9	0	0
Wundheilungsstörung				
leicht (Grad I)	8	15,7	1	4,8
mittel (Grad II)	2	3,9	1	4,8
schwer (Grad III)	4	7,8	1	4,8
system. Komplikationen	1	2,0	1	4,8
M.Sudeck	1	2,0	0	0

**Tab.7:** Übersicht über die Art und Anzahl der Komplikationen und deren Anteil an der Gesamtzahl der Patienten

*Materialprobleme:* Spickdrahtwanderung, Plattenbruch, Schraubenbruch

*leichte Wundheilungsstörung:* verlängerte Wundsekretion, Spannungsblasen, leichte Wundrandnekrose

*mittlere Wundheilungsstörung:* Wundnekrosen, verzögerte Heilungsdauer, leichte Infektion, Spülung

*schwere Wundheilungsstörung:* starke Infektion (MRSA), Debridement, Vakuumversiegelung, starke Nekrose, Hauttransplantation, Ulkus, stark verzögerte Heilung

*systemische Komplikationen:* Lungenembolie, Aspirationspneumonie, akutes Abdomen, hämorrhagischer Schock

### 3.2.4 Folge-Operationen

In beiden Gruppen, sowohl der Plattenosteosynthese-Gruppe als auch der minimal-invasiven, wurde bei annähernd gleich vielen Patienten eine Folge-Operation durchgeführt (55% der Patienten bzw. 57%, siehe Tab.8). Bei den minimal-invasiv behandelten Patienten entfällt der Großteil dabei auf Materialentfernungen (87%). Bei den Plattenosteosynthese-Patienten liegt der Anteil der Materialentfernungen bei 68%, der Prozentsatz der anderen Folge-Operationen (Wunddebridements, Athrolysen, Arthrodesen) ist in dieser Gruppe höher als in der MI-Gruppe.

	PLATTENOSTEOSYNTHESE		MINIMAL-INVASIV	
	Anzahl	Prozent (%)	Anzahl	Prozent (%)
<b>Patienten gesamt</b>	51		21	
<b>Patienten mit Folge-OPs</b>	28	54,9	13	57,1
<b>Folge-OPs gesamt</b>	34		15	
davon Materialentfernung	23	67,6	13	86,7
Abtragung/Arthrolyse	6	17,6	0	0
Wunddebridement/ Spalthaut	3	8,8	1	6,7

**Tab.8:** Übersicht über die Art und Anzahl der Folge-Operationen innerhalb der jeweiligen Gruppe und deren Anteil an der Gesamtzahl der Operationen

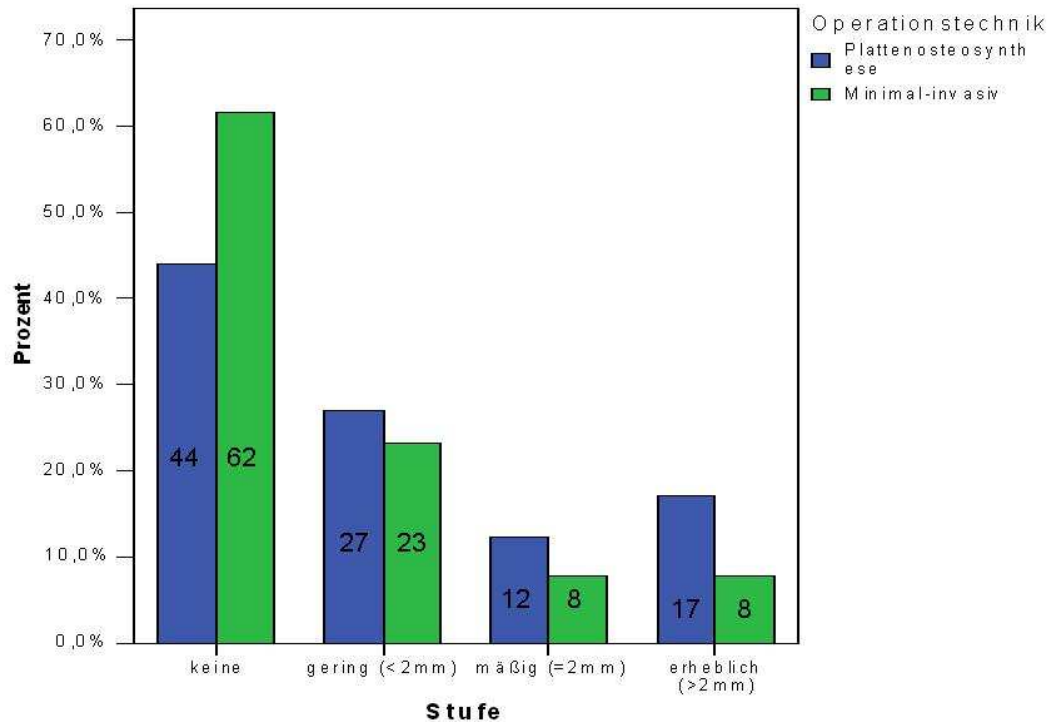
### 3.2.5 Radiologisches Repositionsergebnis

Bei der radiologischen Auswertung wurden zur Beurteilung des Repositionserfolges folgende Parameter herangezogen:

- verbleibende postoperative Stufe im Subtalargelenk
- Aufrichtung des Böhler-Winkels
- Veränderung des Gisanne-Winkels
- Veränderung von Calcaneushöhe, -länge, -breite

Zur Beurteilung einer verbleibenden Gelenkstufe im Subtalargelenk wurden die vorhandenen postoperativen konventionellen Röntgenaufnahmen (inklusive Broden-Aufnahmen) verwendet. Insgesamt war eine Auswertung von N = 54 Frakturen (PO: N = 41, MI: N = 13) möglich. Das Ausmaß der Stufenbildung wurde in vier Gruppen unterteilt (siehe Abb.28). Keine Stufe im Subtalargelenk war bei 62% der MI-Patienten bzw. 44% der PO-Patienten vorhanden. Eine erhebliche Stufenbildung weisen deutlich mehr Plattenosteosynthesepatienten als MI-Patienten auf (17% gegenüber 8%). Statistisch ergibt sich keine Signifikanz bezüglich des Zusammenhangs von Operationstechnik und verbleibender Stufe (Korrelation nach Pearson:  $p=0,245$ ).

### 3 ERGEBNISSE



**Abb.28:** prozentualer Anteil des Ausmaßes der verbleibenden Stufe im Subtalgelenk bezogen auf die jeweilige Behandlungsgruppe

Zur Beurteilung der Aufrichtung der Winkel und Veränderung von Höhe, Breite und Länge des Calcaneus wurden die postoperativen konventionellen Röntgenaufnahmen mit den präoperativen Bildern verglichen.

Eine Auswertung bezüglich des **Böhlerwinkels** war bei N=38 Frakturen (PO:27; MI:11) möglich. Eine durchschnittliche Aufrichtung des Böhlerwinkels war bei beiden Operationstechniken zu verzeichnen. Bei den Plattenosteosynthese-Patienten gelang dies im Durchschnitt um 9°, bei den minimal-invasiv versorgten Patienten lag der Mittelwert bei 1° (vgl. Abb.29).

Eine durchschnittliche Verkleinerung des **Gisane-Winkels** wurde ebenfalls in beiden Gruppen erreicht. Sie lag bei den PO-Patienten (N=27) im Mittel bei 8°, bei den MI-Patienten (N=11) bei 4° (vgl. Abb.29).

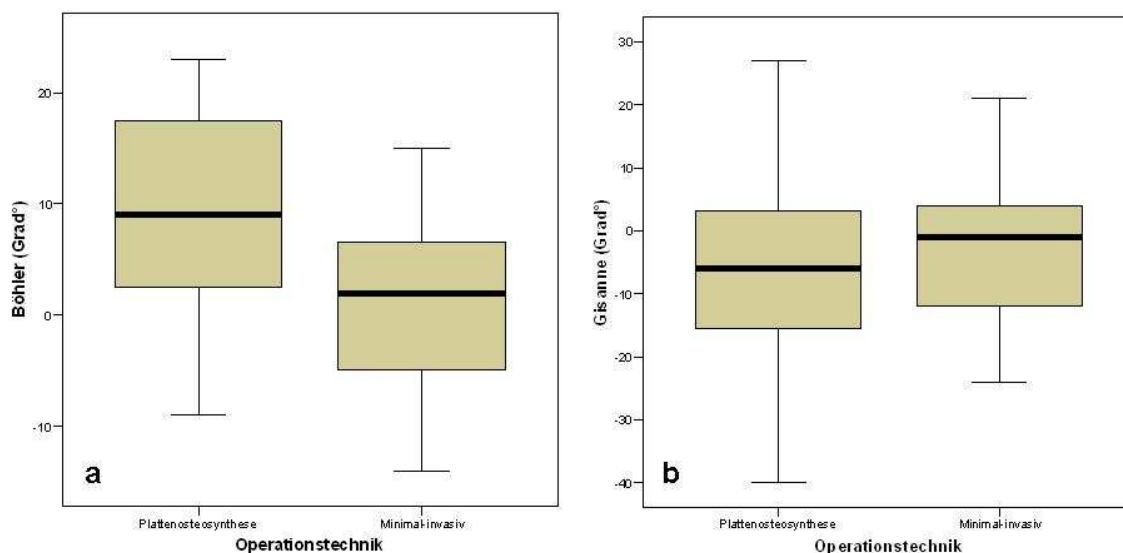
Eine Auswertung von **Calcaneushöhe und -länge** war bei N=41 Frakturen (PO:29; MI:12) möglich. In der Gruppe der Patienten mit offener Reposition gelang eine Aufrichtung der Calcaneushöhe und -länge jeweils im Schnitt um 3mm. In der MI-Gruppe kam es im Durchschnitt zu keiner Verbesserung (vgl. Abb.30).

### 3 ERGEBNISSE

Eine Verringerung der **Calcaneus-Breite** war bei beiden Operationstechniken zu verzeichnen. In der Gruppe der Plattenosteosynthesepatienten (N=15) lag diese bei durchschnittlich 5mm, bei den minimal-invasiv behandelten Patienten bei annähernd Null (vgl. Abb.30).

(Die Tabellen mit den genauen Mittelwerten, sowie Minimum, Maximum und Standardabweichung finden sich in der Anlage 6.1, Tab.20 und 21)

Bei der statistischen Auswertung lässt sich eine Signifikanz bezüglich des Zusammenhangs von Operationstechnik und Aufrichtung des Böhler-Winkels feststellen (Korrelation nach Pearson:  $p=0,014$ ), bei den anderen radiologischen Parametern zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang (Korrelation nach Pearson:  $p=0,078$  bis  $0,446$ ).

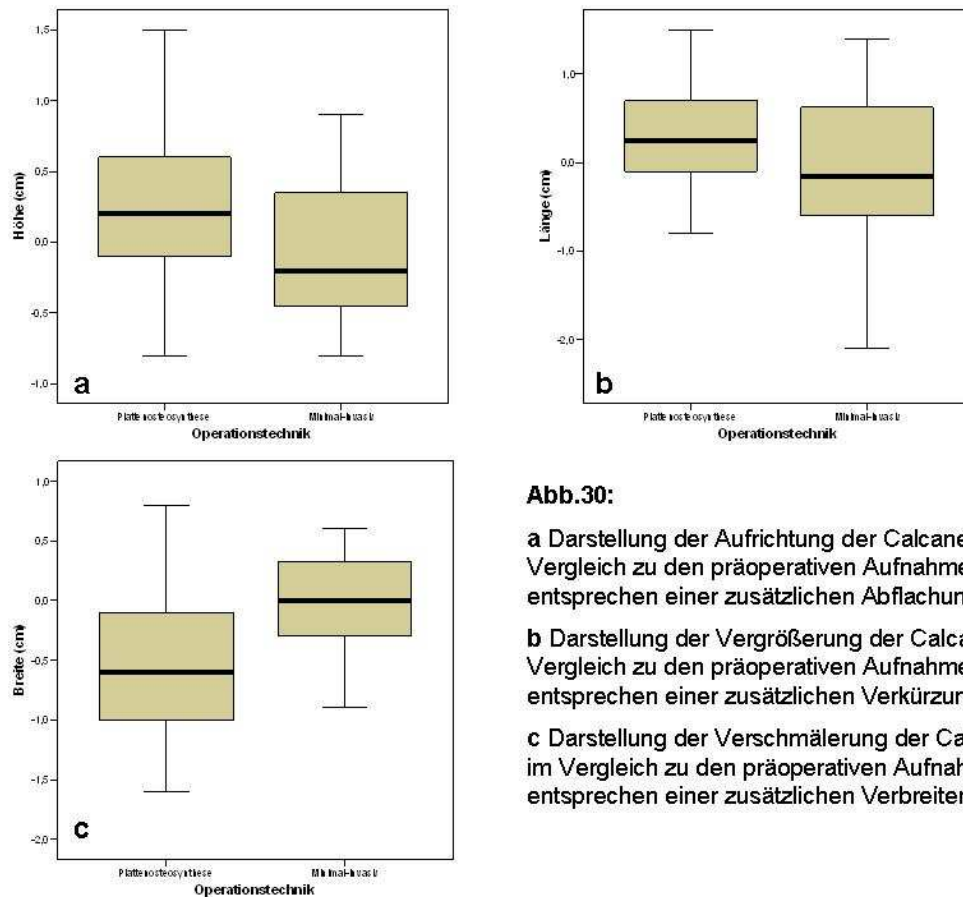


**Abb.29:**

**a** Darstellung der Aufrichtung des Böhler-Winkels (in Grad°) gemessen im Vergleich zum präoperativen Röntgenbild (negative Werte beschreiben eine weitere Abflachung im Vergleich zum präoperativen Status)

**b** Darstellung der Verkleinerung des Gisanne-Winkels (in Grad°) gemessen im Vergleich zum präoperativen Röntgenbild (negative Werte beschreiben die Verschmälerung im Vergleich zum präoperativen Status)

### 3 ERGEBNISSE



**Abb.30:**

**a** Darstellung der Aufrichtung der Calcaneushöhe (in cm) im Vergleich zu den präoperativen Aufnahmen (negative Werte entsprechen einer zusätzlichen Abflachung postoperativ)

**b** Darstellung der Vergrößerung der Calcaneuslänge (in cm) im Vergleich zu den präoperativen Aufnahmen (negative Werte entsprechen einer zusätzlichen Verkürzung postoperativ)

**c** Darstellung der Verschmälerung der Calcaneusbreite (in cm) im Vergleich zu den präoperativen Aufnahmen (positive Werte entsprechen einer zusätzlichen Verbreiterung postoperativ)

### 3.3 Ergebnisse der prospektiven Patientenuntersuchung

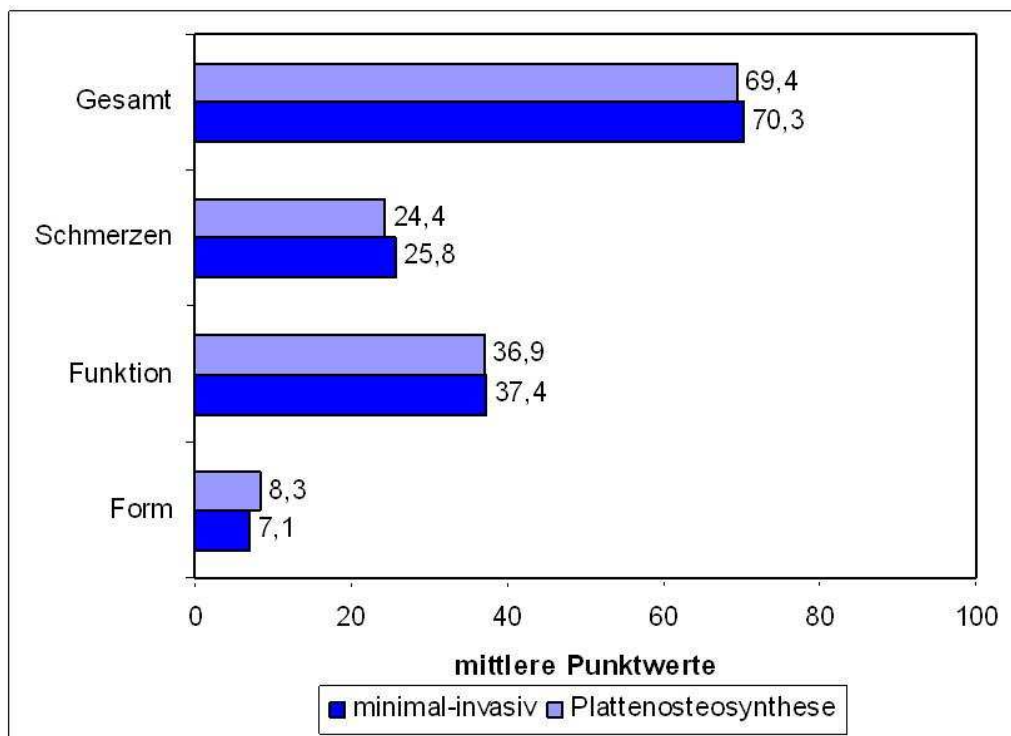
In diesem Abschnitt wird untersucht, inwiefern die Lebensqualität der Patienten und die Funktionalität des Fußes nach dem Trauma noch beeinträchtigt sind. Dabei werden sowohl die objektiven Daten (AOFAS-Score, zusätzliche Parameter) als auch die subjektive Einschätzung der Patienten (SF-36) und apparative Messungen (Pedographien) mit einbezogen.

#### 3.3.1 AOFAS Ankle-Hindfoot Scale

Eine objektive Beurteilung der bleibenden Beeinträchtigung bzw. erreichten Funktionalität anhand der Auswertung der AOFAS Ankle-Hindfoot Scale war bei insgesamt N = 44 Patienten möglich. Davon waren N = 12 minimal-invasiv, N = 32 mit einer Plattenosteosynthese behandelt worden.

### 3.3.1.1 AOFAS Score

Von den zu erreichenden 100 Punkten lag der Mittelwert bei den MI-Patienten bei  $70,3 \pm 14,77$ , bei den PO-Patienten bei  $69,4 \pm 15,51$ . Betrachtet man die einzelnen Teilbereiche des Scores (Schmerzen, Funktionalität und Fußform), so lassen sich keine relevanten Unterschiede feststellen (vgl. Abb. 31). Die exakte Angabe aller Mittelwerte der einzelnen Unterpunkte mit Standardabweichung finden sich in der Anlage 6.1 (Tab.22 und 23). Statistisch ergibt sich keine Signifikanz sowohl bezüglich des Gesamtpunktwerts als auch innerhalb der einzelnen Unterpunkte (Student`s t-Test: ausführliche Tabelle siehe Anlage 6.1, Tab.24).



**Abb.31:** Darstellung der Mittelwerte der AOFAS Scale gesamt und ihre Aufspaltung in die einzelnen Teilbereiche, bezogen auf die jeweilige Operationstechnik

### 3.3.1.2 Auswertung nach Thordason

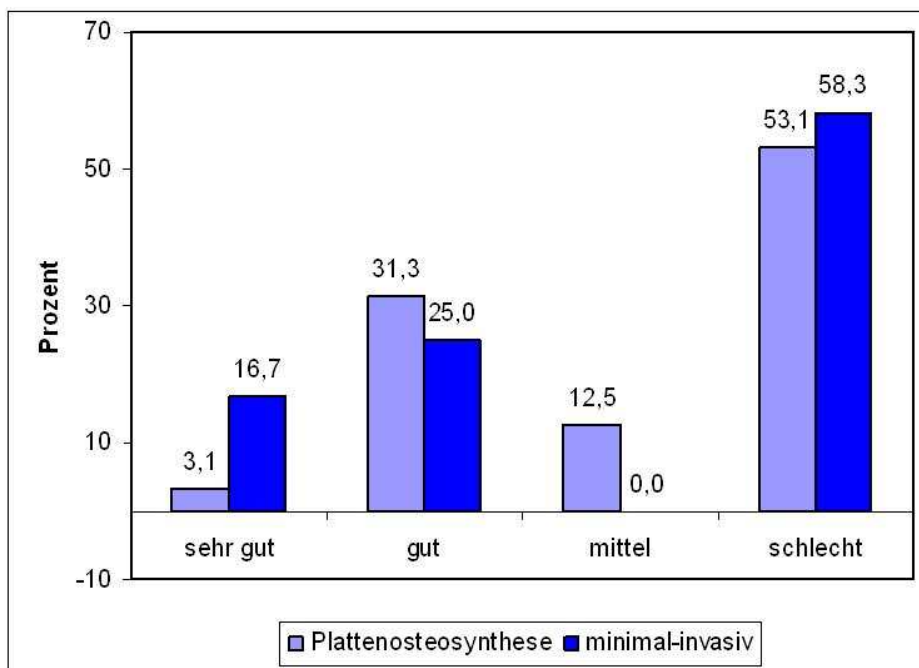
Die erzielten Punktwerte wurden zudem in Anlehnung an Thordason in sehr gute, gute, mittulgute und schlechte Ergebnisse eingeteilt. Tab.9 gibt die Einteilung im Einzelnen wieder. Die graphische Darstellung der prozentualen Verteilung findet sich in Abb.32.

Statistische Unterschiede zwischen den Gruppen ergeben sich nicht (Mann-Whitney U-Test:  $p=0,804$ ).

### 3 ERGEBNISSE

		PLATTENOSTEOSYNTHESE		MINIMAL-INVASIV	
Bewertungs- bereich	AOFAS- Punktwerte	Anzahl	Prozent (%)	Anzahl	Prozent (%)
		32	100,0	12	100,0
sehr gut	100-90	1	3,1	2	16,7
gut	89-80	10	31,3	3	25,0
mittel	79-70	4	12,5	0	0,0
schlecht	≤69	17	53,1	7	58,3

**Tab.9:** Auswertung nach Thordason: Verteilung der AOFAS-Punktwerte und Anzahl bzw. Anteil der beiden Patientengruppen am jeweiligen Bewertungsbereich



**Abb.32:** Auswertung nach Thordason: Anteil der beiden Patientengruppen am jeweiligen Bewertungsbereich (in Prozent)

#### 3.3.2 zusätzliche Parameter

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden zusätzlich zur Datenerhebung für die AOFAS Scale noch weitere Parameter zur Beurteilung des Outcome der Patienten herangezogen.

### 3 ERGEBNISSE

Diese bezogen sich zum einen auf postoperative Folgen (Narbenverhältnisse, Sensibilität und Schwellneigung), zum anderen auf Form (Schuheinschränkungen, Fersenbreite), Kraft (Wadenumfang, Einbeinzehenstand), wiedererlangte Arbeitsfähigkeit und Schmerzmittelbedarf.

#### 3.3.2.1 postoperative Folgen

Etwa die Hälfte der Patienten aus beiden Behandlungsgruppen wiesen keine Schwellneigung auf. Eine ausgeprägte Schwellneigung zeigte sich bei 3% der PO-Patienten und 8% der MI-Patienten. Ebenso fanden sich bei beiden Gruppen fast ausschließlich reizlose Narbenverhältnisse (PO: 88%; MI: 92%). Eine stärkere Sensibilitätsstörung wiesen 25% der MI-Patienten auf (PO:19%).

Hinsichtlich aller drei untersuchten Parameter (Narbenverhältnisse, Sensibilität, Schwellneigung) lassen sich kaum Unterschiede zwischen den beiden Patientengruppen erkennen (genaue Prozentzahlen siehe Tab.10-12).

Statistisch überprüft wurden der Grad der Schwellneigung und die Sensibilitätsstörung. In beiden Fällen waren die Ergebnisse nicht signifikant (Mann-Whitney U-Test: Schwellneigung:  $p=0,831$ ; Sensibilität:  $p=0,554$ ).

	PLATTENOSTEOSYN- THESE		MINIMAL-INVASIV	
	Anzahl	Prozent(%)	Anzahl	Prozent(%)
<b>Gesamt</b>	32		12	
<b>keine Schwellung</b>	15	46,9	6	50,0
<b>mild</b>	10	31,3	4	33,3
<b>mäßig</b>	6	18,8	1	8,3
<b>ausgeprägt</b>	1	3,1	1	8,3

**Tab.10:** Art der Schwellneigung und deren Anteil in der jeweiligen Patientengruppe

	PLATTENOSTEOSYN- THESE		MINIMAL-INVASIV	
	Anzahl	Prozent(%)	Anzahl	Prozent(%)
<b>Gesamt</b>	32		12	
<b>reizlos</b>	28	87,5	11	91,7
<b>Einziehung</b>	3	9,4	1	8,3
<b>wetterfühlilig</b>	3	9,4	0	0
<b>gerötet</b>	2	6,3	1	8,3

**Tab.11:** Art der Narbenverhältnisse und deren Anteil in der jeweiligen Patientengruppe

	PLATTENOSTEOSYN- THESE		MINIMAL-INVASIV	
	Anzahl	Prozent (%)	Anzahl	Prozent (%)
<b>Gesamt</b>	32		12	
<b>keine Störung</b>	16	50,0	5	41,7
<b>Taubheit über Narbe</b>	6	18,8	2	16,7
<b>Taubheit lateraler Fußrand</b>	4	12,5	2	16,7
<b>stärkere Sensibilitätsstörung</b>	6	18,8	3	25,0

**Tab.12:** Art der Sensibilitätsstörungen und deren Anteil in der jeweiligen Patientengruppe

### 3.3.2.2 Form

Zur Beurteilung der Fußform wurde sowohl der Unterschied in der Fersenbreite zwischen betroffener und nicht betroffener Seite gemessen, als auch nach Veränderungen im Bereich der Schuhe gefragt.

Die Fersenbreite des verletzten Fußes unterscheidet sich dabei in beiden untersuchten Gruppen nicht auffallend vom gesunden Fuß. Bei beiden Gruppen sind die Fersenbreiten überwiegend seitengleich (64% PO, 70% MI). Ein Unterschied  $\geq 2\text{cm}$  findet sich nur ein einziges Mal in der Gruppe der minimal-invasiv behandelten Patienten (vgl. Tab.13).

Bei den Patienten mit minimal-invasiver Behandlung tragen die Hälfte wieder dieselben Schuhe wie vor dem Unfall; bei den PO-Patienten sind es 34%. Hier benötigt der Großteil eine Einlagenversorgung (38%). Orthopädisches Schuhwerk müssen bei den MI-Patienten insgesamt 3 (25%), bei den PO-Patienten 6 (19%) Personen tragen (vgl. Tab 14).

Statistische Unterschiede zwischen den Gruppen ergeben sich bei beiden Parametern nicht (Fersenbreite: Mann-Whitney U-Test:  $p=0,816$ ; Schuheinschränkungen: Korrelation nach Pearson:  $p=0,706$ ).

### 3 ERGEBNISSE

	PLATTENOSTEO-SYNTHESE		MINIMAL-INVASIV	
	Anzahl	Prozent (%)	Anzahl	Prozent (%)
<b>Gesamt</b>	25		10	
<b>seitengleich</b>	16	64,0	7	70,0
<b>+ 1 cm</b>	9	36,0	2	20,0
<b>+ 2 cm</b>	0	0,0	1	10,0
<b>&gt; 2 cm</b>	0	0,0	0	0,0

**Tab.13:** Unterschiede in der Fersenbreite zwischen operiertem und gesundem Fuß (Differenz = operiert – gesund, z.B. +1cm bedeutet, der verletzte Fuß ist um 1cm breiter als der gesunde); beidseits betroffene Patienten wurden nicht in die Auswertung aufgenommen

	PLATTENOSTEO-SYNTHESE		MINIMAL-INVASIV	
	Anzahl	Prozent (%)	Anzahl	Prozent (%)
<b>Gesamt</b>	32	100,1	12	100,0
<b>gleiche Schuhe wie vor Unfall</b>	11	34,4	6	50,0
<b>Änderung der Schuhgröße</b>	3	9,4	0	0,0
<b>Einlagenversorgung</b>	12	37,5	3	25,0
<b>orthopädische Schuhe</b>	6	18,8	3	25,0

**Tab.14:** Art der Schuheinschränkungen und deren Anteil in der jeweiligen Patientengruppe

#### 3.3.2.3 Kraft

Um den Verlust der Muskelkraft im verletzten Fuß beurteilen zu können, wurden sowohl die Dauer des Einbeinzenstands als auch der Unterschied im Wadenumfang zwischen betroffenem und gesundem Fuß als Maß für den Muskulaturverlust bestimmt.

Der Einbeinzenstand konnte in beiden Gruppen von jeweils einer Person sicher und ohne Seitedifferenz durchgeführt werden. Bei einem Großteil gelang er angedeutet bzw. war überhaupt nicht möglich (PO: 59%, MI: 58%). Bei den MI-Patienten war er dabei prozentual häufiger nicht möglich als bei den PO-Patienten (vgl. Tab.15).

Eine Abnahme des Wadenumfangs am betroffenen Fuß im Sinne einer Verminderung der Muskelmasse war bei dem Großteil der Patienten vorhanden. Bei beiden Gruppen entfiel dabei der größte Anteil auf eine Umfangsabnahme von 1cm (PO: 44%, MI: 40%), mehr als 2cm Verlust hatten bei den PO-Patienten 2, bei den MI-Patienten 1 Person (vgl. Tab.16).

Die statistische Auswertung zeigt keine Signifikanz bezüglich dieser Parameter (Mann-Whitney U-Test: Einbeinzenstand:  $p=0,781$ ; Wadenumfang:  $p=0,786$ ).

	PLATTENOSTEO-SYNTHESE		MINIMAL-INVASIV	
	Anzahl	Prozent(%)	Anzahl	Prozent(%)
<b>Gesamt</b>	32		12	
<b>keine Seitendifferenz und sicher für 1 min.</b>	1	3,1	1	8,3
<b>unsicher für 10 sec.</b>	12	37,5	4	33,3
<b>angedeutet</b>	10	31,3	2	16,7
<b>nicht möglich</b>	9	28,1	5	41,7

**Tab.15:** Dauer des Einbeinzehensstands und dessen Anteil in der jeweiligen Patientengruppe

	PLATTENOSTEO-SYNTHESE		MINIMAL-INVASIV	
	Anzahl	Prozent (%)	Anzahl	Prozent (%)
<b>Gesamt</b>	25		10	
<b>seitengleich</b>	9	36,0	3	30,0
<b>-1 cm</b>	11	44,0	4	40,0
<b>-2 cm</b>	3	12,0	2	20,0
<b>&gt; 2 cm</b>	2	8,0	1	10,0

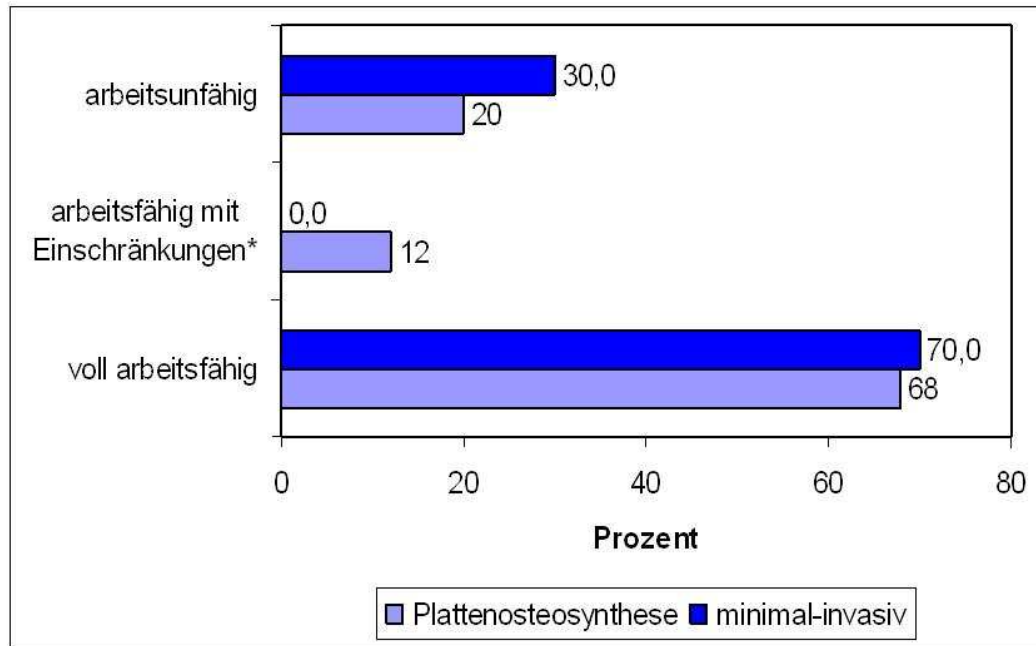
**Tab.16:** Unterschiede im Wadenumfang zwischen betroffenem und gesundem Fuß (Differenz = betroffen – gesund; z.B. –1cm entspricht einer Abnahme des Umfangs am betroffenen Fuß um 1cm gegenüber dem gesunden); beidseits betroffene Patienten wurden nicht in die Auswertung mit aufgenommen; die Messung erfolgte jeweils 15cm unterhalb des Kniegelenks

#### 3.3.2.4 Arbeitsfähigkeit

Die Patienten, die vor ihrem Unfall nicht berufstätig waren, wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt, so dass in der Gruppe der PO-Patienten N = 25, in der MI-Gruppe N = 10 Patienten übrig blieben.

In beiden Gruppen sind mehr als 2/3 der Patienten wieder voll arbeitsfähig und an ihren ursprünglichen Arbeitsplatz zurückgekehrt (PO: 68%, MI: 70%) (vgl. Abb. 33). Arbeitsunfähig dagegen sind drei der MI-Patienten (30%) und fünf der PO-Patienten (20%). Einschränkungen der Arbeitsfähigkeit (Teilzeit, Umschulung) finden sich nur bei Patienten, die eine Plattenosteosynthese erhalten haben.

### 3 ERGEBNISSE



**Abb.33:** prozentualer Anteil der Arbeitsfähigkeit innerhalb der jeweiligen Patientengruppe (\* beinhaltet: Einschränkungen am alten Arbeitsplatz, Teilzeit, Umschulung)

#### 3.3.2.5 Schmerzmittelbedarf

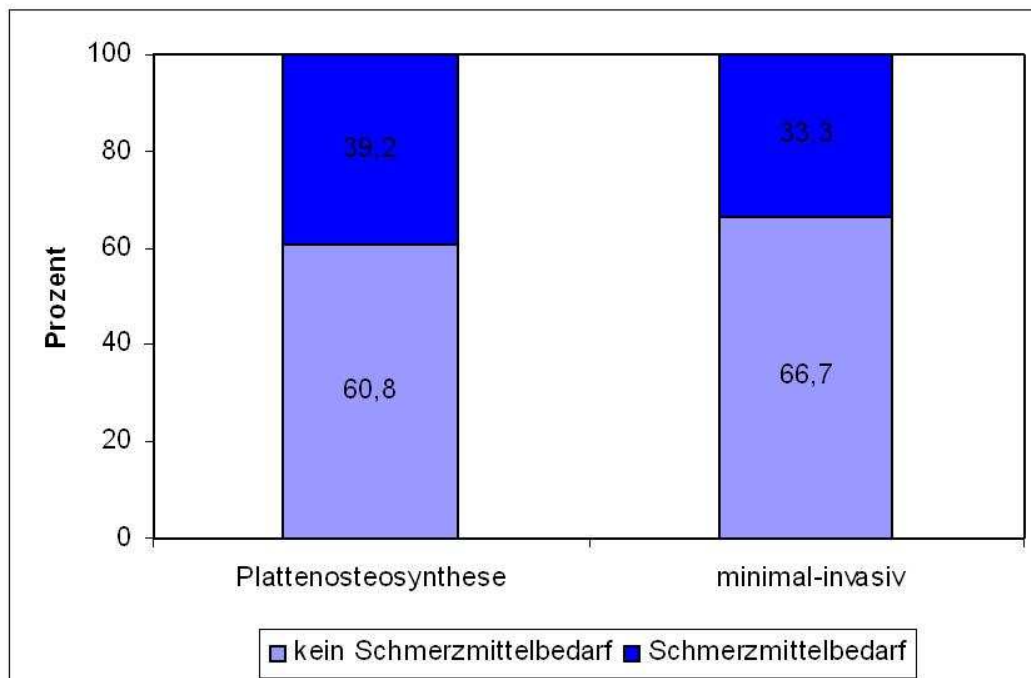
Insgesamt ist der Bedarf an Schmerzmitteln in beiden Gruppen eher gering, wenn dann wird stärker auf peripher wirksame Analgetika zurückgegriffen (vgl. Tab.17). Bei den PO-Patienten benötigen 78% keine zentralen und 65% keine peripheren Schmerzmittel. Bei den MI- Patienten verzichten 86% auf zentrale und 71% auf periphere Analgetika. Wenn Schmerzmittel eingenommen werden, ist der Bedarf zum Großteil nur gelegentlich. Der Anteil der Patienten, die regelmäßig Schmerzmittel einnehmen müssen liegt bei PO- Patienten bei 6% (zentral) bzw. 14% (peripher), bei MI-Patienten sind es 5% (zentral) bzw. 0% (peripher).

### 3 ERGEBNISSE

	zentral wirksame Schmerzmittel				peripher wirksame Schmerzmittel			
	Anzahl PO	Prozent (%)	Anzahl MI	Prozent (%)	Anzahl PO	Prozent (%)	Anzahl MI	Prozent (%)
<b>Gesamt</b>	51		21		51		21	
<b>kein Bedarf</b>	40	78,4	18	85,7	33	64,7	15	71,4
<b>gelegentlich</b>	8	15,7	2	9,5	11	21,6	6	28,6
<b>1mal pro Tag</b>	2	3,9	1	4,8	6	11,8	0	0,0
<b>mehrmals täglich</b>	1	2,0	0	0,0	1	2,0	0	0,0

**Tab.17:** Übersicht über die Häufigkeit des Schmerzmittelbedarfs in den jeweiligen Patientengruppen, zusätzliche Aufteilung in zentral und peripher wirksame Analgetika

Betrachtet man nun den Schmerzmittelbedarf unabhängig von der Wirksamkeit (zentral/peripher) und Häufigkeit der Einnahme, so stellt sich die Verteilung bezüglich der jeweiligen Operationstechnik folgendermaßen dar (vgl. Abb.34):



**Abb.34:** Darstellung des Schmerzmittelbedarfs (in Prozent) innerhalb der jeweiligen Gruppe

### 3 ERGEBNISSE

Somit haben ungefähr 2/3 der Patienten in beiden Gruppen gar keinen Bedarf an Schmerzmitteln (PO: 61%, MI: 67%). In der Gruppe der mit einer Plattenosteosynthese versorgten Patienten ist der Schmerzmittelgebrauch prozentual etwas höher als in der MI-Gruppe (39% zu 33%). Statistisch lässt sich kein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Schmerzmittelbedarfs in den beiden Gruppen feststellen (Chi-Quadrat-Test:  $p=0,34$ ).

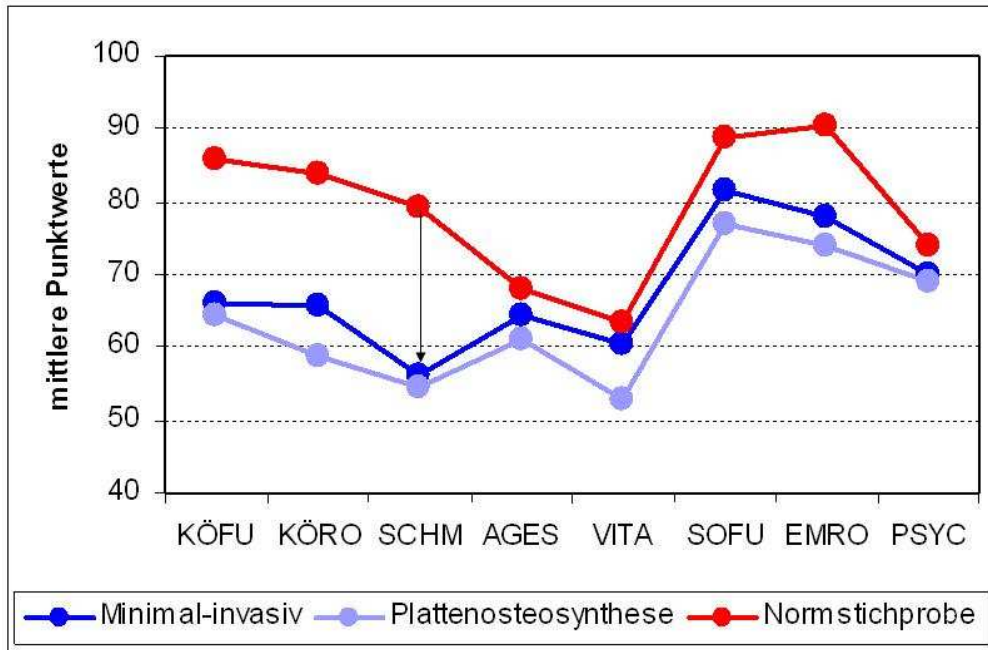
#### 3.3.3 SF-36-Fragebogen

Die Auswertung des SF-36-Fragebogens zur subjektiven Einschätzung der Lebensqualität konnte bei insgesamt  $N = 72$  Patienten durchgeführt werden. Auf die jeweiligen Operationstechniken verteilt ergibt sich ein Verhältnis von PO:MI = 51:21. Betrachtet man nun die Verteilung der erreichten mittleren Punktwerte in den einzelnen Untergruppen des SF-36 (siehe Abb.35), so lässt sich keine große Abweichung zwischen den beiden Operationstechniken erkennen (ausführliche deskriptive Statistik in Anlage 6.1, Tab.25). Insgesamt liegen die Werte der Patienten, die minimal-invasiv operiert wurden, in jedem Bereich des Fragebogens leicht über den PO-Patienten. Lediglich im Bereich KÖRO (Körperliche Rollenfunktion) und VITA (Vitalität) weichen die Werte stärker voneinander ab (6,8 bzw. 7,8 Punkte). Hinsichtlich der statistischen Auswertung ergeben sich keine signifikanten Unterschiede (Student`s t-Test, vgl. Tab.17).

	KÖFU	KÖRO	SCHM	AGES	VITA	SOFU	EMRO	PSYC
p-Werte	0,802	0,567	0,799	0,547	0,114	0,48	0,704	0,852

**Tab.18:** p-Werte der statistischen Auswertung von OP-Verfahren und der jeweiligen Untergruppe innerhalb des SF-36-Fragebogens (Student`s t-Test)

Vergleicht man die Werte des Patientenkollektivs mit denen der deutschen Normstichprobe (Tabelle der verwendeten Daten in Anlage 6.1, Tab.25), kann man lediglich in den Untergruppen, die körperliche Einschränkung und Schmerzen abfragen (KÖFU, KÖRO, SCHM), eine deutliche Abweichung von der Norm erkennen. Der größte Unterschied besteht im Bereich Schmerz; hier weichen die mittleren Punktwerte um 23,1 (MI) bzw. 24,7 (PO) von der Norm ab.



**Abb.35:** SF-36: erzielte Punktwerte innerhalb der jeweiligen Untergruppen des Fragebogens, unterteilt nach Operationstechnik; im Vergleich dazu die Werte der deutschen Normstichprobe (N=2886) (rot); Pfeil: größte Abweichung von der Normstichprobe im Bereich Schmerz

Die beiden Patientengruppen werden nun einzeln betrachtet und die Ergebnisse des SF-36 nach Altersverteilung, Unfallszeitpunkt und Schweregrad der Verletzung unterteilt.

Bezüglich der Altersverteilung fällt auf, dass in der Gruppe der minimal-invasiv behandelten Patienten die mittleren Punktwerte innerhalb der einzelnen Untergruppen (bis 39 Jahre, 40-59 Jahre, über 60 Jahre) nicht stark voneinander abweichen (vgl. Abb.36). Im Bereich KÖFU (körperliche Funktionsfähigkeit), SCHM (Schmerz) und SOFU (soziale Funktionsfähigkeit) liegen die Punktwerte der unter 39-Jährigen erkennbar oberhalb der anderen beiden Gruppen. Im Bereich KÖRO (körperliche Rollenfunktion), VITA (Vitalität) und PSYCH (seelische Funktionsfähigkeit) liegen dagegen die mittleren Punktwerte der Gruppe der über 60-Jährigen oberhalb der beiden anderen Gruppen. Eine statistische Signifikanz lässt sich in allen Untergruppen nicht nachweisen (Korrelation nach Pearson; komplette Statistik in Anlage 6.1, Tab.26). In der Gruppe der Plattenosteosynthese-Patienten liegen die Punktwerte der unter 39-Jährigen in fast allen Bereichen oberhalb der anderen Gruppen (außer im Bereich SOFU). Dabei ist der Unterschied zu der Gruppe der 40-59-Jährigen meist höher als der zu den über 60-Jährigen. Im Bereich SOFU, EMRO und PSYCH sind die Werte der unter 39-Jährigen fast identisch mit denen der über 60-Jährigen, die Kurve der Gruppe der 40-59-Jährigen liegt deutlich unterhalb (vgl.

3 ERGEBNISSE

Abb.37). Signifikante Unterschiede lassen sich in den Bereichen KÖFU, KÖRO und AGES verzeichnen (Korrelation nach Pearson, siehe Anlage 6.1, Tab.26).

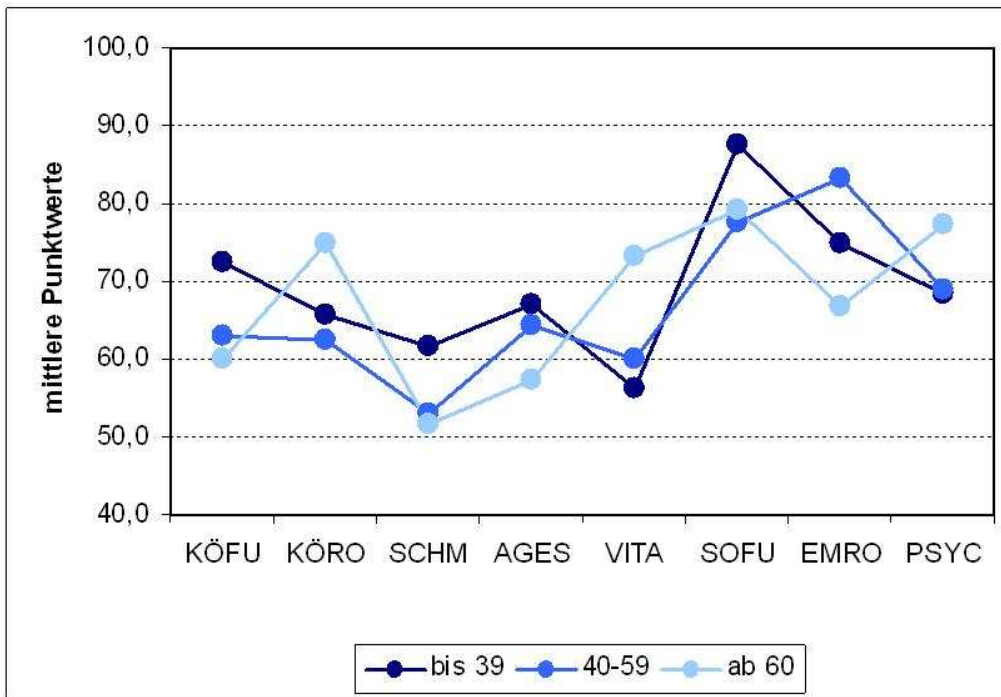


Abb.36: SF-36: Aufteilung der *minimal-invasiv* behandelten Patienten nach Alter (in Jahren); Darstellung der erzielten mittleren Punktwerte in den jeweiligen Untergruppen des SF-36

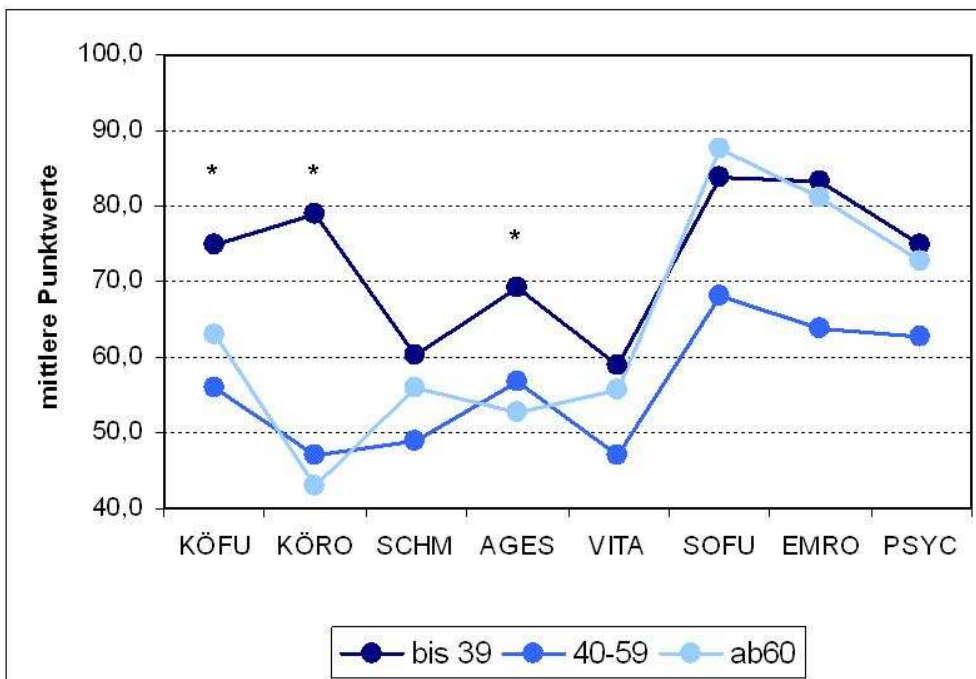
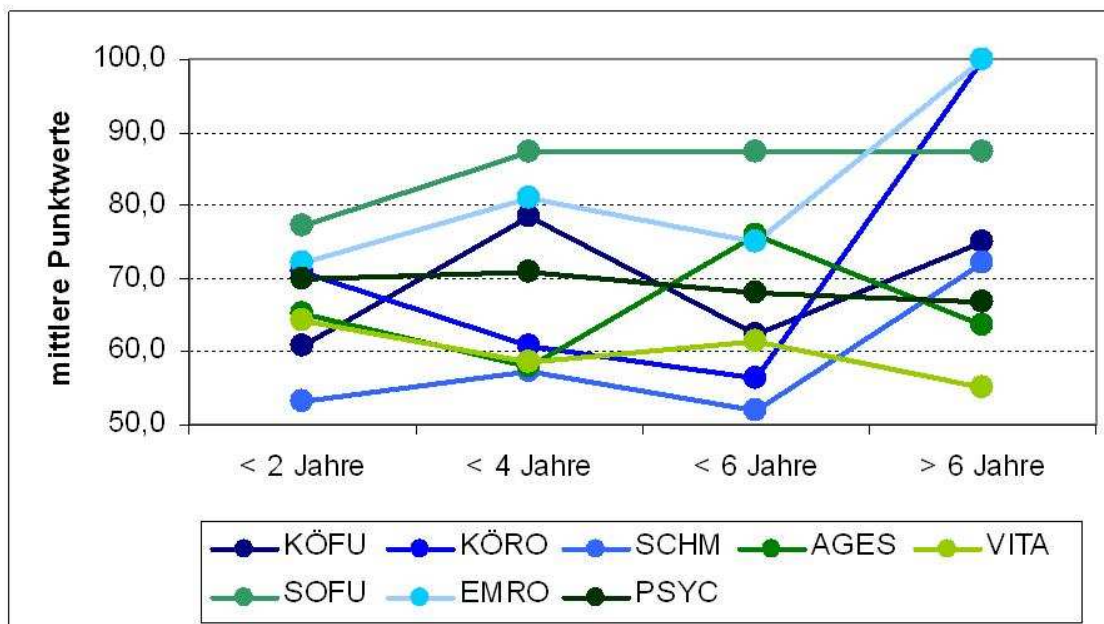


Abb.37: SF-36: Aufteilung der *Plattenosteosynthese*-Patienten nach Alter (in Jahren); Darstellung der erzielten mittleren Punktwerte in den jeweiligen Untergruppen des SF-36 (\* statistisch signifikanter Unterschied)

### 3 ERGEBNISSE

Betrachtet man die beiden Gruppen bezüglich des Zeitraums zum Unfallgeschehen, so lässt sich bei den minimal-invasiv behandelten Patienten der Trend erkennen, dass die Ergebnisse umso besser ausfallen, je länger das Ereignis zurückliegt (vgl. Abb.38). Nur im Bereich VITA und PSYCH fallen die Ergebnisse nach mehr als 6 Jahren schlechter aus als zu früheren Zeitpunkten. Im Bereich KÖRO und EMRO zeigt sich der Unterschied am deutlichsten: der mittlere Punktwert im Bereich KÖRO liegt bei einem Unfallzeitpunkt <2Jahre bei 70,8 Punkten, bei einem Zeitpunkt >6 Jahre bei 100 Punkten (Differenz= 29,2). Im Bereich EMRO zeigt sich bei diesen Zeitabständen eine Differenz von 27,8 Punkten.

Bei den Patienten, die eine Plattenosteosynthese erhalten haben, wird in fast allen Bereichen der höchste Punktwert nach 2-4 Jahren erreicht (Ausnahme: KÖFU). Im weiteren Verlauf sinkt der mittlere Punktwert in allen Gruppen ab und bleibt annähernd konstant (vgl. Abb.39). Eine statistische Signifikanz bezüglich Unfallzeitpunkt und erzieltm Punktwert zeigt sich in beiden Behandlungsgruppen nicht (Korrelation nach Pearson; siehe Anlage 6.1, Tab.27).



**Abb. 38:** SF:36: zeitlicher Verlauf (x-Achse) der mittleren Punktwerte innerhalb jeder Untergruppe des SF-36 bei den *minimal-invasiv* behandelten Patienten



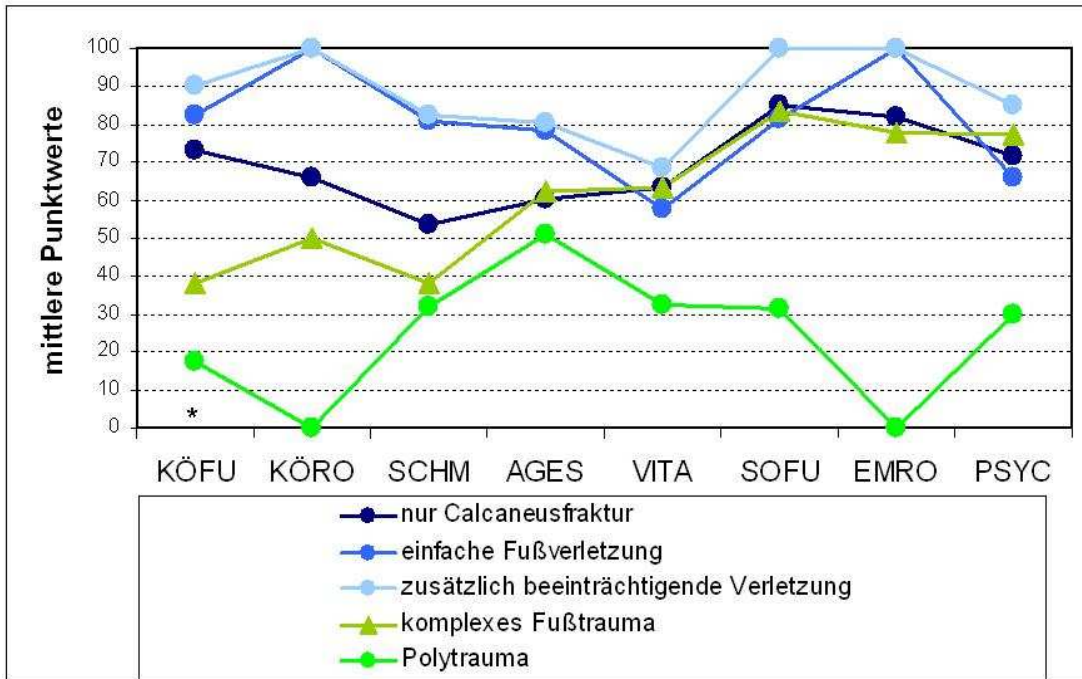
**Abb.39:** SF:36: zeitlicher Verlauf (x-Achse) der mittleren Punktwerte innerhalb jeder Untergruppe des SF-36 bei den *Plattenosteosynthese*-Patienten

Unterteilt man die einzelnen Patientengruppen hinsichtlich des Schweregrades ihrer Verletzungen (Einteilung siehe 3.1.4, Tab.6), so lassen sich vor allem bei den MI-Patienten Unterschiede hinsichtlich der Lebensqualität erkennen (vgl. Abb.40):

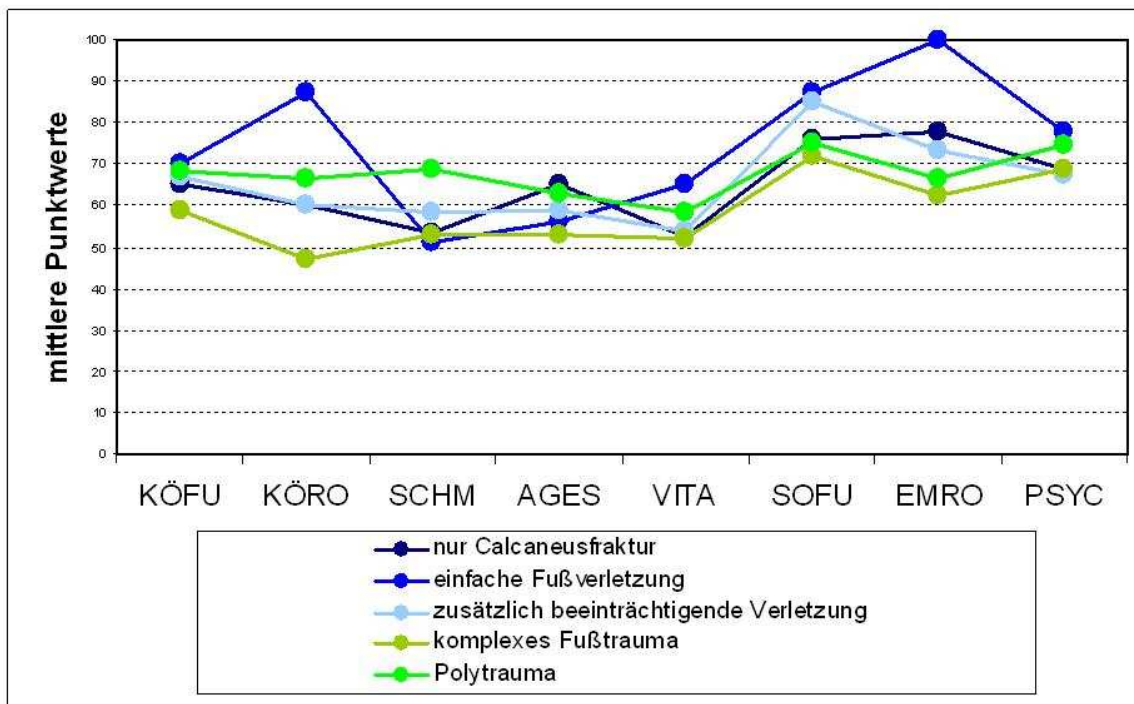
Die Punktwerte der Polytrauma-Patienten liegen in allen Bereichen deutlich unter denen der anderen Schweregrad-Gruppen. Im Bereich KÖRO und EMRO differieren sie maximal mit einem Unterschied von 100 Punkten (einfache Fußverletzung, zusätzlich beeinträchtigende Verletzung) zu 0 Punkten (Polytrauma). Die Kurven aller anderen Gruppen weisen in den meisten Bereichen nur geringe Unterschiede in den Punktwerten auf (z.B. AGES, VITA, SOFU, EMRO). Die statistische Auswertung zeigt einen signifikanten Unterschied im Bereich KÖRO (Korrelation nach Pearson:  $p=0,042$ ; übrige Werte siehe Anlagen 6.1, Tab.28).

Bei den Plattenosteosynthese-Patienten lassen sich diese deutlichen Unterschiede nicht erkennen (vgl. Abb.41). Alle fünf Kurven unterscheiden sich in ihren Punktwerten nur gering, die Polytrauma Patienten liegen eher im mittleren Bereich. Die stärksten Abweichungen finden sich in den Untergruppen KÖRO und EMRO (statistische Auswertung siehe Anlagen 6.1, Tab.28).

### 3 ERGEBNISSE



**Abb.40:** SF-36: Aufteilung der *minimal-invasiv* behandelten Patienten nach Schweregrad der Verletzung; Darstellung der jeweils erzielten Punktwerte in den Untergruppen des SF-36 (\* 2-seitig signifikanter Unterschied)

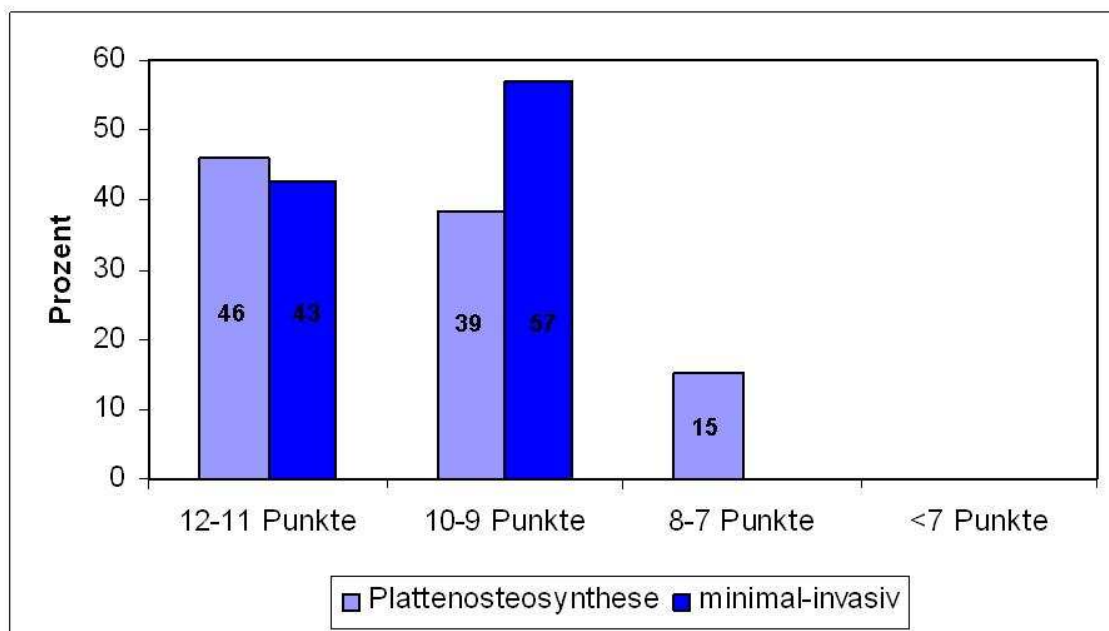


**Abb.41:** SF-36: Aufteilung der *Plattenosteosynthese*-Patienten nach Schweregrad der Verletzung; Darstellung der jeweils erzielten Punktwerte in den Untergruppen des SF-36

### 3.3.4 Pedographien

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurde bei 20 Patienten das Gangbild mit einer Pedographie erfasst. Ein Vergleich erfolgte jeweils zum gesunden Fuß. Es wurde die Abweichung der Gaitline, der Contact time und der Gesamtbelastung des betroffenen zum gesunden Fuß bestimmt.

Der Grad der Abweichung wurde dann in jeweils vier Gruppen (kaum, geringfügig, mittel, stark) unterteilt und mit Punkten von 4 (kaum) bis 1 (stark) bewertet (ausführliche Tabellen in Anlage 6.1, Tab.29-31). Aus der Summe der einzelnen Punktwerte wurde dann ein Score ermittelt und in vier Punktbereiche gegliedert (siehe Abb.42):



**Abb.42:** Einteilung der einzelnen Scorewerte in Untergruppen und deren prozentualer Anteil innerhalb der jeweiligen Patientengruppe

Von den insgesamt 20 Patienten (PO: N =13, MI: N = 7) lag keiner im Bereich <7 Punkte, bei zwei PO-Patienten (15%) war die Abweichung zum unverletzten Fuß relativ groß (8-7 Punkte). Der größte Anteil bei den mit einer Plattenosteosynthese behandelten Patienten (46%) liegt im Bereich von 12-11 Punkten, was für eine sehr kleine Abweichung von der gesunden Seite spricht. Bei den MI-Patienten entfällt der Großteil auf den Bereich 10-9 Punkte (57%). Statistisch ergeben sich keine Unterschiede bezüglich der Abweichung im Gangbild in den beiden Patientengruppen (Korrelation nach Pearson:  $p=0,0712$ ).

#### 4 DISKUSSION

Ziel dieser Arbeit war die Validierung eines Algorithmus zur Behandlung von Fersenbeinfrakturen, bezogen auf Entscheidungskriterien, Repositionsergebnis und Outcome der Patienten.

Bei der Betrachtung der Kriterien, die für die Entscheidung zu einer der Behandlungsweisen (Plattenosteosynthese oder minimal-invasive Behandlung) herangezogen werden können, zeigten sich bezüglich der Altersstruktur keine relevanten Unterschiede in den beiden Gruppen. Das durchschnittliche Alter in beiden Gruppen mit 44,4 Jahren (18 bis 68) bei den PO-Patienten und 43,6 Jahren (10 bis 71) bei den MI-Patienten ist vergleichbar mit den Angaben in der Literatur (PO: 37-44 Jahre [26,64,66]; MI: 38-44,3 Jahre [20,54,56]), was dafür spricht, dass die Entscheidung zu einer der Behandlungsweisen unabhängig vom Alter des Patienten getroffen werden sollte. Der höhere Anteil von minimal-invasiv behandelten Patienten in der Gruppe der über 60-Jährigen ist dadurch zu erklären, dass der Anteil der Patienten mit Begleiterkrankung mit dem Alter steigt und diese häufig eine Kontraindikation für die offenen Operationstechnik darstellen.

Patienten mit systemischen Begleiterkrankungen finden sich signifikant häufiger unter den minimal-invasiv behandelten Patienten als unter den Patienten mit offenen Operationsverfahren. Auch in der Literatur tendieren Autoren dazu, bei Patienten mit relevanten Begleiterkrankungen auf eine offene Operation zu verzichten, um die Gefahr des Auftretens von Wundheilungsstörungen aufgrund neurovaskulärer Insuffizienz (Diabetes mellitus, pAVK) zu vermindern [34,43,62].

Neben dem Vorhandensein von Begleiterkrankungen stellt auch der Schweregrad einer Verletzung ein wichtiges Entscheidungskriterium im Verlauf des Behandlungsalgorithmus dar. Im Rahmen der Studie wurden für das Abschätzen der Schwere der Verletzung zum einen der Unfallhergang und die Anzahl von Begleitverletzungen ausgewertet, zum anderen die Frakturen anhand ihrer präoperativen Röntgenbilder entsprechend einigen gängigen Klassifikationssystemen eingeteilt.

Hinsichtlich des Unfallmechanismus zeigt sich die Tendenz, dass Patienten mit leichteren Unfällen (Fallen aus weniger als 2m Höhe) und somit vermutlich weniger schwerwiegenden Frakturen stärker in der MI-Gruppe vertreten sind als in der PO-Gruppe. Dort wiederum ist der Anteil der Patienten mit schweren Begleitverletzungen

des Fußes (mehrere Frakturen am selben Fuß) höher als bei den minimal-invasiv behandelten Patienten. Somit zeigt sich, dass Patienten mit schwerwiegenden Verletzungen des Fußes eher mit einer offenen Reposition und Plattenosteosynthese, einfachere Fußtraumen dagegen häufiger mit minimal-invasiver Technik behandelt werden. Auch in der Literatur lässt sich diese Tendenz erkennen [20,43,56]. Andererseits ist der Anteil der Polytraumapatienten in der MI-Gruppe größer als in der PO-Gruppe (9,5% zu 5,9%). Dies liegt wahrscheinlich daran, dass bei so stark verletzten Patienten die Versorgung der lebensbedrohlichen Verletzungen an erster Stelle steht und versucht wird, die gesamte Operationszeit aufgrund der kritischen Situation möglichst kurz zu halten. In diesen Fällen eignet sich eine minimal-invasive Technik im Rahmen der Notfallversorgung besser [43].

Bei der Auswertung der Frakturen nach Essex-Lopresti zeigt sich in der Gruppe der MI-Patienten ein signifikant höherer Anteil an tongue-type-Frakturen (25%) als in der Gruppe der PO-Patienten (4,5%). Bei tongue-type-Frakturen zieht sich die Frakturlinie bis in die Tuberositas, die posteriore Facette allerdings ist meist nicht so stark deformiert wie bei joint-depression-Frakturen, so dass eine zufrieden stellende Reposition bei tongue-type-Frakturen auch durch perkutane Verfahren erreicht werden kann [Tornetta, 56]. Dieses Einteilungsschema eignet sich jedoch nicht zur Verwendung in einem Behandlungsalgorithmus, da die Begriffe relativ ungenau definiert sind und eine genaue Beschreibung des Frakturschemas (Frakturlinien, betroffene Gelenkflächen, Grad der Dislokation, etc.) nicht möglich ist.

Das Klassifikationssystem nach Sanders wird relativ häufig verwendet, um Entscheidungen für das weitere Vorgehen bei Fersenbeinfrakturen zu treffen. Furey et al. fand eine geringe Variabilität der Ergebnisse bei der Bewertung durch mehrere Personen und schloss dadurch auf eine Konstanz und Uniformität dieses Klassifikationssystems [19]. Im Rahmen dieser Studie ist der Anteil an Sanders I-II-Frakturen (leichtere Frakturen mit max. 2 Fragmenten auf Höhe der posterioren Facette) bei den minimal-invasiv behandelten Patienten deutlich höher als in der PO-Gruppe (33,3% zu 16%). Bei diesen Patienten überwiegen die komplizierteren Typ III-Frakturen mit Beteiligung des Sustentaculum (IIIAC und IIIBC) und die Typ IV-Frakturen (mehr als 3 Fragmente) (48% zu 25%). Der Anteil an Typ IIIAB-Frakturen ist in beiden Gruppen annähernd gleich hoch. Tornetta [56] erzielte gute bis exzellente Ergebnisse bei der Behandlung von 22 Patienten mit Sanders Typ IIC-Frakturen mit perkutaner Reposition und Fixierung mit Steinmann-Pins. Gavlik et al.

#### 4 DISKUSSION

[20] erweiterte die minimal-invasive Behandlung auf Sanders Typ IIA und B-Frakturen durch intraoperative Arthroskopie und erzielte ebenfalls gute bis exzellente Ergebnisse, vergleichbar mit denen von offen operierten Calcaneusfrakturen. Frakturen bis Sanders Typ II minimal-invasiv und Frakturen ab Sanders Typ III mit einer offenen Reposition und Fixierung durch Plattenosteosynthese zu versorgen scheint zu guten Ergebnissen zu führen und die Unterteilung zeigt sich somit als sinnvoll. Der Nachteil dieses Systems besteht jedoch in der Beschränkung auf lediglich einen Bereich des gesamten Calcaneus (Beteiligung der posterioren Facette auf Höhe des Sustentaculum) ohne Berücksichtigung des Frakturausmaßes des restlichen Knochens (mediale, anteriore Facette, Calcaneo-Cuboid-Gelenk, Dislokation).

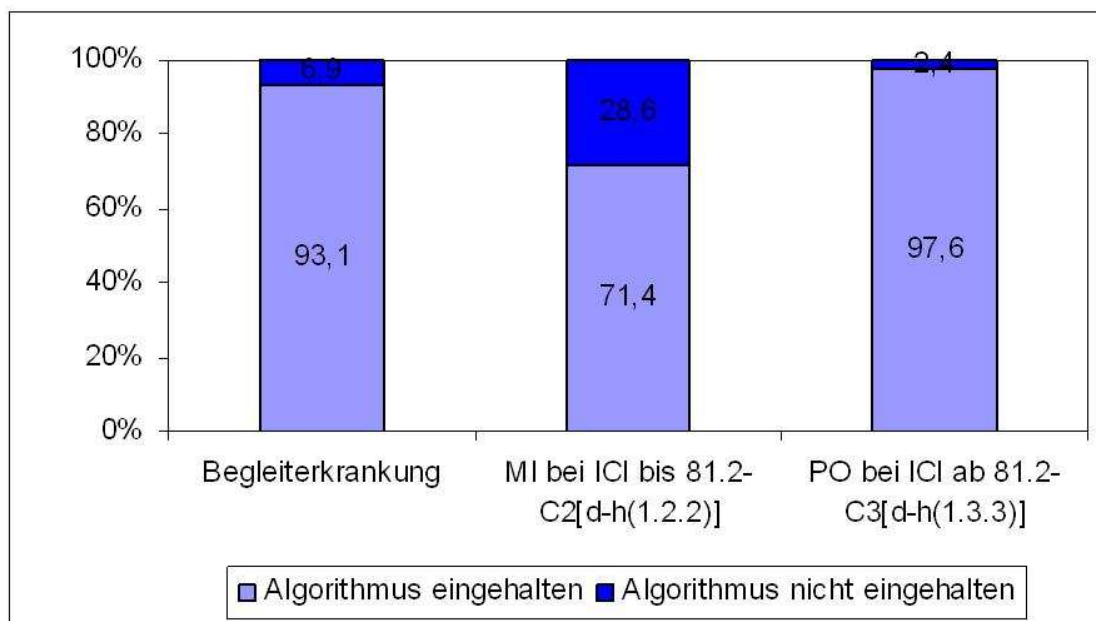
Zwipp et al. [67] entwickelte eine 12-Punkte-Frakturkala, bei der zusätzlich zur Frakturbeschreibung das Ausmaß des Weichteilschadens und zusätzliche Frakturen miteinbezogen werden. Die beiden letzteren Kriterien seien entscheidend für das Outcome der Patienten und stellen somit einen prognostischen Wert dar. 2/3 der minimal-invasiv behandelten Patienten erzielten einen Punktwert unter 5 Punkten, was einer leichteren Fraktur ähnlich Sanders Typ I-II entspricht. Signifikant geringer ist dieser Anteil bei den PO-Patienten (36,7%). Andermahr et al. [2] verglich in einer Studie das Sanders-Klassifikationssystem mit der Zwipp-Frakturkala und zeigte dabei eine stärkere Korrelation des Zwipp-Scores mit der Wahl des Behandlungsschemas. Andererseits stellt dieser Score lediglich eine Punktesumme dar und beschreibt nicht die genaue Lokalisation der Fraktur (Frakturlinien, betroffene Gelenkflächen), was eventuell für die Wahl der Behandlungstechnik im Rahmen eines Algorithmus entscheidend ist.

Mit der ICI-Klassifikation (integral classification of injuries) hingegen kann für jeden einzelnen Knochen des Skeletts die genaue Lokalisation ebenso wie die Schwere einer Fraktur präzise mit einem Code aus Buchstaben und Ziffern beschrieben werden [63]. Der Anteil an Frakturen aus der Gruppe 1 (entspricht Frakturen bis 81.2-C1[...]) ist in der Gruppe der minimal-invasiv behandelten Patienten signifikant höher als bei den PO-Patienten. Andererseits finden sich bei den PO-Patienten prozentual signifikant mehr Frakturen aus den Gruppen 3 und 4 (60,0% gegenüber 25%). Diesen Gruppen entsprechen die ICI-Kodierungen ab 81.2-C3[...], d.h. stark dislozierte Frakturen, die mindestens drei Gelenkflächen betreffen. Die Verwendung des ICI-Klassifikationssystems innerhalb eines Behandlungsalgorithmus scheint

#### 4 DISKUSSION

somit für die Therapieentscheidung ein geeignetes Kriterium darzustellen, da eine exakte Einteilung der jeweiligen Frakturen nach Ort **und** Schwere möglich ist. Ein Nachteil ist jedoch darin zu sehen, dass es sich um ein relativ kompliziertes Kodierungssystem handelt, das einiger Übung und genauer Kenntnisse in der Vorgehensweise bedarf.

Ein Vorgehen nach einem Behandlungsalgorithmus, bei dem die Begleiterkrankungen der Patienten ebenso wie die Frakturschwere und -lokalisierung entsprechend der Einteilung nach ICI berücksichtigt werden, erscheint für die Behandlung von Fersenbeinfrakturen sinnvoll. Inwieweit entsprechend der Versorgungsforschung dieser Algorithmus im Rahmen dieser Studie eingehalten wurde zeigt sich in Abbildung 43:



**Abb.43:** Darstellung der Einhaltung des Behandlungsalgorithmus (in Prozent) bezogen auf die jeweilige Beobachtungsgröße

6,9% der Patienten wurden trotz des Bestehens einer Begleiterkrankung mit einer offenen Reposition und darauf folgender Plattenosteosynthese versorgt. Bei einem Großteil dieser Patienten lag allerdings eine schwerwiegende Fraktur des Calcaneus vor, so dass man sich vermutlich trotz des Risikos „Begleiterkrankung“ für eine offene Reposition entschied, um ein ausreichend gutes Repositionsergebnis

#### 4 DISKUSSION

erreichen zu können. Lediglich eine Calcaneusfraktur (2,4%) wurde trotz der Schwere der Verletzung (mehr als drei Gelenkflächen betroffen, starke Dislokation) minimal-invasiv behandelt. Bei 28,6% der Calcaneusfrakturen wurde eine offene Reposition mit Plattenosteosynthese durchgeführt, obwohl entsprechend des Algorithmus eine minimal-invasive Behandlung möglich gewesen wäre. Die Gründe für die Abweichung vom Algorithmus liegen wahrscheinlich in der mangelnden Erfahrung der versorgenden Chirurgen mit der minimal-invasiven Technik, so dass das sichere Verfahren der Plattenosteosynthese gewählt wurde, um ein gutes Repositionsergebnis zu erzielen. Zudem wurde ein Teil dieser Operationen bereits zu Beginn des Erfassungszeitraums dieser Studie (1996) durchgeführt, zu dem die minimal-invasive Technik sich noch nicht so stark etabliert hatte. Insgesamt kann man jedoch von einer ausreichenden Einhaltung des Behandlungsalgorithmus ausgehen.

In einem weiteren Teil dieser Studie wurde untersucht, ob sich Unterschiede hinsichtlich des operativen Ergebnisses zwischen den jeweiligen Operationstechniken ergeben.

Der durchschnittliche Zeitraum bis zur Operation lag bei den minimal-invasiv behandelten Patienten mit 4,2 Tagen signifikant unter dem der PO-Patienten mit 7,4 Tagen. Der Grund für die längere Wartezeit der PO-Patienten liegt im ausgeprägten Weichteilschaden, bei dem eine sofortige Operation mit ausgedehnten Hautschnitten kontraindiziert ist. Da die minimal-invasive Technik große Gewebsverletzungen vermeidet, muss eine ausreichende Abschwellung nicht zwangsläufig abgewartet werden.

Hinsichtlich der Operationsdauer liegt das minimal-invasive Verfahren mit durchschnittlich 1h ebenfalls signifikant unterhalb der Plattenosteosynthese-Technik (80min.). Man muss jedoch berücksichtigen, dass sich in der PO-Gruppe vor allem Patienten mit komplexeren Frakturen des Calcaneus befanden und somit ein Vergleich aufgrund der unterschiedlichen Gruppenzusammensetzung schwer möglich ist.

Das Auftreten von postoperativen Komplikationen, insbesondere schweren Wundheilungsstörungen, ist ebenfalls ein wichtiger Faktor hinsichtlich des operativen Outcomes der Patienten. Der Grund hierfür liegt im extrem dünnen und empfindlichen Weichteilmantel im Bereich des Calcaneus, vor allem an der lateralen

Seite, der häufigste Zugangsweg für die offene Repositionstechnik. Im Rahmen dieser Studie wiesen insgesamt 27,4% der Plattenosteosynthese-Patienten eine Wundheilungsstörung auf, darunter hatten 7,8% eine schwere Wundheilungsstörung (tiefe Infektion, Ulkus, starke Nekrose). In der Gruppe der MI-Patienten dagegen waren deutlich weniger Patienten (14,3%) von einer Wundheilungsstörung betroffen. Auch in der Literatur lässt sich eine deutlich geringere Rate von Wundheilungsstörungen bei minimal-invasiv behandelten Patienten finden. Die Daten variieren von unter 1% bis 23%, wobei in den meisten Fällen nicht zwischen leichten (Wundrandnekrose, oberflächliche Wundkanalinfektion) und schweren Verläufen (tiefe Infektion) unterschieden wird [17,20,54,55]. Bei Patienten, die über einen lateralen Zugang mit einer Platte versorgt wurden, liegt die Rate von Wundheilungsstörungen bei 3-25% [15,33], bei bilateralem Vorgehen sogar bei 27% [53]. Bei Studien, die zwischen oberflächlichen Wundheilungsstörungen und tiefen Infektionen unterscheiden, finden sich für das Auftreten von Wundrandnekrosen Werte von 0,4-14% [1,4,22,66]. Die Rate für schwere Wundheilungsstörungen bei Patienten mit offener Reposition liegt bei 1,3-7% [4,22,44,66]. Einen Grund für die relativ hohe Rate an Wundheilungsstörungen im Rahmen dieser Studie könnte das kleine Patientenkollektiv darstellen. Jedoch lässt sich auch hier entsprechend der Literatur eindeutig der Trend erkennen, dass die minimal-invasive Technik insgesamt zu weniger Wundheilungsstörungen führt. Man muss allerdings berücksichtigen, dass in der Gruppe der PO-Patienten häufiger komplexere (v.a. offene, multifragmentäre) Frakturen vorliegen, die das Risiko einer Infektion erhöhen.

Materialprobleme und die damit verbundene Notwendigkeit von Materialentfernungen scheinen dagegen häufiger in der Gruppe der minimal-invasiv behandelten Patienten aufzutreten (MI: 14,3%; PO: 5,9%). Das vermehrte Auftreten von Wanderungen der K-Drähte findet sich auch in der Literatur (Tornetta [56], Buch [9]), was zu einem Wechsel hin zur Verwendung der perkutanen Schraubenosteosynthese führte.

Die Auswertung radiologischer Parameter zur Beurteilung des Repositionserfolges zeigte folgende Ergebnisse:

Eine verbleibende postoperative Stufe im Subtalargelenk im Sinne einer ungenügenden Reposition wiesen dabei insgesamt 56,1% der PO-Patienten auf. Bei den MI-Patienten war dagegen nur bei 38,5% eine meist geringgradige Stufenbildung zu erkennen. Dabei muss allerdings bedacht werden, dass in der Gruppe der MI-

#### 4 DISKUSSION

Patienten gemäß des Algorithmus weniger komplizierte Frakturtypen vorlagen, was eine Rekonstruktion des Subtalargelenks erleichtert. Bei der Auswertung der restlichen Repositionsparameter (Böhler-Winkel, Gisanne-Winkel, Calcaneushöhe, -länge und -breite) zeigen sich durchweg bessere Ergebnisse bei den Patienten mit Plattenosteosynthese, was insgesamt für eine bessere Rekonstruktion des Calcaneus mittels Plattenosteosynthese spricht. Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Operationstechniken lässt sich nur für die Rekonstruktion des Böhler-Winkels verzeichnen. In der Literatur wird dabei häufig ein Vergleich mit der nicht betroffenen Seite aufgeführt, um die Annäherung an den individuellen Ausgangswert zu bestimmen. In dieser Studie war dies aufgrund mangelnden radiologischen Materials nicht möglich. Hierbei werden meist eine Normalisierung der Parameter im Vergleich zur nicht betroffenen Seite beschrieben [20,48,54,57] und annähernd ähnlich gute Ergebnisse mit beiden Operationstechniken erzielt.

Im letzten Teil dieser Studie wurde das Patientenkollektiv hinsichtlich des postoperativen Outcomes im Rahmen einer prospektiven Querschnittsstudie analysiert. Die Auswertung des AOFAS-Scores diente der objektiven Messung der bleibenden Beeinträchtigung bzw. erreichten Funktionalität des Fußes. Zur Auswertung der subjektiven Einschätzung der Lebensqualität wurden die Ergebnisse des SF-36-Fragebogens herangezogen. Des Weiteren erfolgte eine Auswertung zusätzlicher Parameter, wie Erlangung der Arbeitsfähigkeit, Schmerzmittelbedarf etc., die nicht Bestandteil der verwendeten Messinstrumente sind aber dennoch für die Beschreibung des Outcomes wichtig erscheinen. Eine apparative Darstellung mit der Pedographie ging ebenfalls in die Beurteilung des postoperativen Outcomes der Patienten ein.

Bei der Auswertung des AOFAS-Scores wurden im Schnitt von den 100 zu erreichenden Punkten in der Gruppe der Plattenosteosynthese-Patienten 69,4 ( $\pm 15,51$ ) Punkte erreicht, in der Gruppe der minimal-invasiv behandelten Patienten 70,3 ( $\pm 14,77$ ) Punkte. Statistisch ergab sich somit kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Gesamtpunktzahl, wie auch in den einzelnen Unterpunkten (Schmerzen, Funktion, Form). Entsprechend der Einteilung nach Thordason befinden sich allerdings diese beiden mittleren Punktwerte im Bereich eines schlechten bis mittleren Ergebnisses. Ein gutes bis sehr gutes Ergebnis wurden nur in 34,4% (Plattenosteosynthese) bzw. 41,7% (minimal-invasiv) der Fälle erreicht. Gavlik et al.

[20] dagegen erzielte einen mittleren Punktwert von 93,7 (87-100) bei 10 Patienten mit intra-artikulären Sanders Typ II-Frakturen, die ein Jahr nach arthroskopisch-assistierter perkutaner Schraubenosteosynthese nachuntersucht wurden. Schepers et al. [50] erzielten bei 50 Patienten mit intra-artikulären Frakturen und minimal-invasiver Versorgung in einem Nachuntersuchungszeitraum von im Mittel 35 Monaten einen durchschnittlichen AOFAS-Score von 83 ( $\pm 15$ ). Schuh und Hausel [51] beschrieben bei 25 Patienten mit Plattenosteosynthese nach Sanders und Bèzes im 1-Jahres-Follow-up einen durchschnittlichen AOFAS-Wert von 76,5.

Die Vielzahl an unterschiedlichen Scores zur Beurteilung des Outcomes erschwert allerdings den Vergleich verschiedener Studien untereinander. Neben dem AOFAS-Score finden auch häufig der Maryland Foot Score, der Creighton-Nebraska Health Foundation Score, der Merle d'Auberginé-Score und der Zwipp  $\pm 200$  Score Verwendung, ebenso wie selbstentworfenen Scoresysteme, die einen objektiven Vergleich kaum zulassen. Zudem erfolgt teilweise auch eine unterschiedliche Einteilung der Punktwerte in „sehr gut“, „gut“, etc. So unterteilen Schuh und Hausel [51] den AOFAS-Score in „sehr gut“ für 100-90, „gut“ für 89-80, „mittel“ für 79-70 und „schlecht“ ab 69 Punkten. Schepers et al. [50] dagegen bestimmten ein „sehr gutes“ Ergebnis mit 100-90, ein „gutes“ mit 89-75, ein „mittleres“ mit 74-50 und ein „schlechtes“ Ergebnis erst mit unter 49 Punkten. Diese unterschiedliche Abstufung innerhalb eines Scoresystems bzw. auch zwischen den unterschiedlichen Scoresystemen erschwert einen objektiven Vergleich erheblich. Schepers et al. [50] sah markante Unterschiede bei der Verwendung unterschiedlicher Scoresysteme (Creighton-Nebraska, Maryland Foot Score, AOFAS) am gleichen Patientengut. So variierten die sehr guten bis guten Ergebnisse in einem Prozentrahmen von lediglich 42% (Creighton-Nebraska) bis 72% (AOFAS). Zudem ist keiner dieser Scores validiert, noch auf seine Reliabilität überprüft.

Betrachtet man die Ergebnisse unabhängig vom verwendeten Scoresystem, Nachuntersuchungszeitraum und Patientenkollektiv so erzielen Studien mit minimal-invasiven Operationstechniken (perkutaner Schraubenosteosynthese, Spickdrahtfixierung) in 42% bis 89% (eigenes Scoresystem) ein gutes bis sehr gutes Ergebnis [9,16,17,50,55]. Untersuchungen bei Patienten mit offener Reposition und Plattenosteosynthese erzielen ein gutes bis sehr gutes Ergebnis in 60% bis 88% [33,48,64,66]. Das unterdurchschnittliche Abschneiden im Rahmen dieser Studie, sowohl für die minimal-invasive Technik als auch für die Plattenosteosynthese

#### 4 DISKUSSION

(41,7% bzw. 34,4% gutes bis sehr gutes Ergebnis), lässt sich vermutlich durch die geringen Fallzahlen und die weite Spanne des Untersuchungszeitraumes (zwischen 11 Monate und 10 Jahre) erklären. Zudem wurde im Vergleich zu anderen Studien jeder Schweregrad der Verletzung (Sanders I bis IV) und Polytraumata, bei denen auch andere Bereiche des Fußes betroffen waren und eventuell zu Funktionseinschränkungen führten, mit eingeschlossen. Insgesamt lässt sich jedoch für den AOFAS-Score feststellen, dass es trotz des insgesamt schlechten Ergebnisses beim Vorgehen entsprechend des Behandlungsalgorithmus zu keinem signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Behandlungsformen im Outcome der Patienten kommt.

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden zudem noch weitere Parameter zur Beurteilung des Outcomes der Patienten bestimmt. Hinsichtlich der postoperativen Folgen (Narbenverhältnisse, Schwellneigung und Sensibilitätsstörungen) ließen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Behandlungsgruppen erkennen. Zur Beurteilung des Verlustes der Muskelkraft wurden die Dauer des Einbeinzehenstandes und die Abnahme des Wadenumfanges am betroffenen Fuß bestimmt. Hierbei ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Behandlungstechniken. Lediglich der Anteil der Patienten, bei denen der Einbeinzehenstand gar nicht möglich war, war in der Gruppe der MI-Patienten (41,7%) höher als bei den PO-Patienten (28,1%). Das Patientenkollektiv war allerdings bezüglich Alter und Fitnessgrad nicht randomisiert und es handelt sich hierbei um eine sehr kleine Gruppengröße (32 bzw. 12 Patienten), so dass die statistische Aussagekraft bezüglich dieser Parameter reduziert ist.

Veränderungen in der Form des Fußes wurden anhand der Fersenbreite und der Art der Schuheinschränkungen festgestellt. In beiden Gruppen finden sich dabei überwiegend seitengleiche Verhältnisse, bezogen auf die Fersenbreite (PO: 64,0%, MI: 70,0%). Die Hälfte der MI-Patienten trägt wieder dieselben Schuhe wie vor dem Unfall (50,0%) - bei den PO-Patienten sind es dagegen nur 34,4%. In dieser Gruppe benötigen die meisten (37,5%) Patienten eine Einlagenversorgung. Ein signifikanter Unterschied lässt sich jedoch nicht erkennen. In der Literatur zeigt sich ein insgesamt besseres Ergebnis für das Fehlen von Schuheinschränkungen. Das Tragen von normalem Schuhwerk wird hier mit Prozentzahlen von 67 bis 82% angegeben [57,50].

#### 4 DISKUSSION

Vollständig arbeitsfähig waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung in beiden Gruppen jeweils über 2/3 der Patienten (PO: 68,0%, MI 70,0%). Eine Arbeitsunfähigkeit bestand bei drei der MI-Patienten und fünf der PO-Patienten. Bei Schuh [51] und Funk [18] zeigten sich bei der Versorgung von Patienten mit Plattenosteosynthese ähnliche Ergebnisse mit 68% bzw. 69,6%. Stulik [54] und Schepers [50] erzielten bei Patienten mit minimaler-invasiver OP-Technik volle Arbeitsfähigkeit bei 73,9% bzw. 90%.

Der Bedarf an Schmerzmitteln ist in der Gruppe der PO-Patienten mit 39,2% etwas höher als in der Gruppe der MI-Patienten mit 33,3%. Ein signifikanter Unterschied lässt sich jedoch nicht feststellen. Wenn auf Schmerzmittel zurückgegriffen wird, dann eher nur gelegentlich und vor allem auf peripher wirksame Analgetika. Der Anteil an Patienten, die regelmäßig (ein bis mehrmals pro Tag) Schmerzmittel einnehmen müssen, liegt bei den PO-Patienten bei 19,7% und bei den MI-Patienten bei 4,8%. Man muss jedoch bedenken, dass in der Gruppe der PO-Patienten schwerwiegendere Frakturen vorliegen. Außerdem finden sich hier auch häufiger Polytraumapatienten und Patienten mit schweren Begleitverletzungen. So ist eine Schmerzmitteleinnahme nicht unbedingt auf das Fußtrauma zurückzuführen.

Zur Beurteilung der subjektiven Einschätzung der Lebensqualität fand eine Auswertung des vom Patienten selbst auszufüllenden SF-36-Fragebogens statt. Insgesamt ergeben sich dabei für die Patienten mit minimal-invasiver Operationstechnik in allen Untergruppen etwas bessere Werte als für die Gruppe der Plattenosteosynthese-Patienten. Ein signifikanter Unterschied lässt sich jedoch nicht erkennen. Im Vergleich mit der deutschen Normstichprobe zeigt sich in beiden Gruppen eine deutliche Abweichung in den Bereichen, die gerade die körperliche Einschränkung (KÖFU, KÖRO) und Schmerz (SCHM) abfragen. In den übrigen nähern sich die Werte der Normstichprobe an. Somit scheinen die meisten Patienten, unabhängig von der Operationstechnik, bezüglich ihrer psychischen Verfassung und sozialen Eingebundenheit keine größeren Einschränkungen im Vergleich zur Normstichprobe aufzuweisen.

Betrachtet man nun innerhalb der beiden Gruppen die Aufteilung, bezogen auf Altersstruktur, Nachuntersuchungszeitraum und Schweregrad der Verletzung, so lassen sich hier deutlichere Unterschiede in den Punktwerten erkennen als zwischen den beiden Behandlungstechniken. Die älteren Patienten (über 60 Jahre) sind in

#### 4 DISKUSSION

beiden Gruppen hinsichtlich ihrer körperlichen Funktionsfähigkeit und Schmerz stärker eingeschränkt als jüngere Patienten (unter 39 Jahre). Im sozialen Bereich und bezüglich Vitalität dagegen lässt sich kein eindeutiger Trend erkennen, was dafür spricht, dass die soziale Wiedereingliederung bei beiden Behandlungstechniken unabhängig vom Alter abläuft. Ebenso zeigt sich in beiden Behandlungsgruppen ein Trend zu höheren Punktwerten je länger das Unfallgeschehen zurückliegt. In der Gruppe der minimal-invasiv behandelten Patienten wird der höchste Punktwert für Schmerz und körperliche Rollenfunktion dabei nach mehr als sechs Jahren erreicht, bei den Plattenosteosynthese-Patienten nach 2-4 Jahren. Bei diesen Patienten sinkt der mittlere Punktwert im weiteren Verlauf ab oder bleibt annähernd konstant. Hinsichtlich der Unterteilung nach Schweregrad lassen sich bei den minimal-invasiv behandelten Patienten größere Unterschiede in den erzielten Punktwerten erkennen als bei den Plattenosteosynthese-Patienten. Während bei den MI-Patienten die Ergebnisse der Polytrauma-Patienten in deutlichem Abstand zu den anderen Untergruppen schlechter ausfallen, liegen die Punktwerte dieser Patienten in der PO-Gruppe sogar eher im mittleren Bereich. Insgesamt differieren die Punktwerte in beiden Gruppen vor allem im Bereich der körperlichen Rollenfunktion und dem Rollenverhalten wegen seelischer Funktionsbeeinträchtigung. Aus diesem Ergebnis kann man jedoch nicht darauf schließen, dass eine minimal-invasive Versorgung der Fersenbeinfraktur bei Polytraumapatienten zu schlechteren Ergebnissen führt als die mit einer Plattenosteosynthese. Denn die Lebensqualität bezieht sich nicht nur auf das Ergebnis dieser einen Fraktur sondern schließt gerade bei Polytraumapatienten alle Unfallfolgen mit ein.

Somit zeigt sich, dass die postoperative Lebensqualität der Patienten eher von Alter, Zeitpunkt des Unfalls und Schweregrad der Verletzung beeinflusst wird als von der angewendeten Operationstechnik. Wird also entsprechend des Algorithmus zur Behandlung von Fersenbeinfrakturen vorgegangen, zeigt sich hinsichtlich der subjektiven Lebensqualität kein Unterschied zwischen den einzelnen Behandlungsformen.

Ein Vergleich der Ergebnisse mit bisher veröffentlichten Publikationen, in denen Behandlungsergebnisse nach Fersenbeinfrakturen mit dem SF-36 bewertet wurden, ist allerdings kaum möglich, da meist keine Rohdaten oder nur ein über alle Skalen gemittelter Punktwert zur Verfügung stehen [10,23,36,39]. Westphal et al. [59]

#### 4 DISKUSSION

verglichen in einer Matched-pairs-Analyse 55 Patienten mit intra-artikulärer Calcaneusfraktur und Plattenosteosynthese mit der deutschen Normpopulation. Hierbei stellte er eine signifikante Beeinträchtigung der Lebensqualität in neun von zehn Skalen des SF-36 fest. In einer Korrelationsanalyse des SF-36 mit dem AOFAS-Score und dem Maryland-Foot-Score fanden sich lediglich in den Bereichen „Körperliche Funktion“ und „Schmerz“ hohe Übereinstimmungen. Die anderen Skalen korrelierten nur schwach. Somit zeigt sich, dass die gebräuchlichen Scores zur Ergebnisbewertung von Fersenbeinfrakturen zwar die Bereiche Schmerz und körperliche Funktion erfassen, aber nicht die übrigen Dimensionen, die dem Begriff Lebensqualität/Outcome zugeordnet werden können. Die Verwendung des SF-36 würde sich somit als Ergänzung zu den üblichen „objektiven“ Ergebnis-Scores eignen, zumal ein Vergleich durch das Vorliegen in vielen Sprachen und das Vorhandensein einer großen Normstichprobe (N=7000) gut möglich ist.

In der im Rahmen der Nachuntersuchung durchgeführten dynamischen Pedographie ließ sich kein signifikanter Unterschied im Gangbild der beiden Behandlungsgruppen feststellen. Eine sehr geringe Abweichung des Gangbildes vom nicht betroffenen Fuß zeigte sich bei 46,2% der Plattenosteosynthesepatienten bzw. 42,9% der minimal-invasiv behandelten Patienten. Eine sehr große Abweichung mit einem Score von <7 Punkten ließ sich in keiner der Gruppen nachweisen, was insgesamt für eine zufriedenstellende Rekonstruktion des Gangbildes mit beiden Operationstechniken spricht. Ergebnisse anderer Studien zeigen deutlichere Veränderungen nach dislozierten intra-artikulären Calcaneusfrakturen: eine Verlagerung der gait line nach lateral mit Begradigung, verstärkte Druckbelastung von Mittel- und Rückfuß, verringerte Belastung des Vorfußes sowie eine verstärkte Belastung des lateralen Fußrandes [27,46,52]. Kinner et al. [27] fanden eine signifikante Korrelation des Pedographie-Scores mit dem klinischen Outcome (Maryland Foot Score), woraus sich schließen ließe, dass die Pedographie ein verlässliches Instrument zur Messung des Outcomes darstellen könnte. Gerade zur Feststellung funktioneller Defizite (Gelenkbeweglichkeit, Abrollverhalten, Druckverteilung) eignet sich die Pedographie als Ergänzung zu den gebräuchlichen Outcome-Scores, bei denen diese Gesichtspunkte nicht miteinbezogen werden.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieser Arbeit war die Validierung eines Algorithmus zur Behandlungsstrategie von Fersenbeinfrakturen an einem Haus der Maximalversorgung (Universitätsklinikum Regensburg) mit Beurteilung der Entscheidungskriterien und Analyse des postoperativen Repositionsergebnisses sowie des postoperativen Outcomes der Patienten.

Hierzu wurden im Rahmen einer teils retrospektiven, teils prospektiven nicht-randomisierten Querschnittsstudie die relevanten Daten von insgesamt 72 Patienten, die operativ im Zeitraum vom 01.01.1996 bis 30.11.2004 am Uniklinikum Regensburg versorgt wurden, erhoben und statistisch ausgewertet. Der retrospektive Teil der Studie galt der Gewinnung grundlegender Informationen, wie Patientendaten, Operationstechnik und perioperativen Prozessdaten, der Auswertung radiologischer Befunde (Frakturklassifikation, postoperatives Repositionsergebnis) und aufgetretener Komplikationen. Im prospektiven Teil der Studie erfolgte im Rahmen einer Nachuntersuchung die Bewertung des postoperativen Outcomes der Patienten anhand des AOFAS-Scores, des SF-36-Fragebogens und der Durchführung einer dynamischen Pedographie.

Zur statistischen Auswertung wurde das Patientengut in zwei Gruppen unterteilt und miteinander verglichen: bei 51 Patienten wurde die Calcaneusfraktur mit einem lateralen Zugang, offener Reposition und Plattenosteosynthese (darunter 5 winkelstabile Platten und 2 Y-Platten) versorgt, 21 Patienten wurden minimal-invasiv mit geschlossener Reposition und perkutaner Schraubenosteosynthese bzw. Spickdrahtfixierung operiert (darunter 3 Patienten mithilfe des Iso-C<sup>3D</sup>).

Als geeignete Kriterien für die Wahl des jeweiligen Operationsverfahrens zeigten sich im Rahmen dieser Studie das Vorhandensein von systemischen Begleiterkrankungen sowie ein Vorgehen entsprechend des Schweregrades der Verletzung. Das Alter der Patienten scheint in der Entscheidung keine Rolle zu spielen, da sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Altersstruktur der beiden Gruppen ergeben. Patienten mit neurovaskulärer Insuffizienz (Diabetes, pAVK) könnten dagegen von der minimal-invasiven Chirurgie profitieren, da entsprechend einigen Studien im Gegensatz zur offenen Operation ein vermindertes Risiko für Wundheilungsstörungen besteht. In allen zur Beurteilung des

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Schweregrades herangezogenen Klassifikationssystemen (Essex-Lopresti, Sanders, Zwipp, ICI-Klassifikation) zeigte sich - zum Teil signifikant - die Tendenz, dass leichtere Verletzungen eher minimal-invasiv operiert wurden, komplexere Frakturen des Calcaneus dagegen mit offener Reposition und Plattenosteosynthese.

Zur Verwendung in einem Behandlungsalgorithmus scheint sich dabei besonders die ICI-Klassifikation (Integral classification of Injuries) zu eignen, da sie im Gegensatz zu den anderen Klassifikationssystemen mithilfe eines Buchstaben- und Zahlencodes eine exakte Einteilung der Fraktur nach Lokalisation und Schwere zulässt. Andererseits handelt es sich hierbei um ein relativ komplexes Kodierungssystem, das einiger Übung und genauer Kenntnisse in der Vorgehensweise bedarf.

Hinsichtlich der Versorgungsforschung lässt sich für das untersuchte Patientenkollektiv eine insgesamt zufriedenstellende Einhaltung des Algorithmus feststellen. Lediglich bei einigen leichteren Frakturen wurde trotz Eignung zur minimal-invasiven Methode das Verfahren der Plattenosteosynthese gewählt. Gründe hierfür liegen in der mangelnden Erfahrung des Chirurgen und geringen Etablierung der Technik zu Beginn der Studie (1996).

Hinsichtlich der perioperativen Prozesszeiten ergab sich in der Gruppe der minimal-invasiv behandelten Patienten eine deutlich geringere Liegedauer bis zur Operation sowie eine deutlich kürzere Operationsdauer im Vergleich zu den Plattenosteosynthesepatienten.

Trotz des Vorliegens komplizierterer Frakturen in der Gruppe der Plattenosteosynthesepatienten zeigte sich in der Auswertung der radiologischen Repositionsparameter (Böhler-Winkel, Gisanne-Winkel, Calcaneushöhe, -länge, -breite) eine insgesamt bessere Rekonstruktion des Calcaneus als mit der minimal-invasiven Technik.

An frühen postoperativen Komplikationen zeigten sich bei den minimal-invasiv behandelten Patienten deutlich weniger Wundheilungsstörungen als bei den Plattenosteosynthesepatienten. Allerdings kam es in dieser Gruppe vermehrt zu späten Komplikationen wie Materialproblemen und damit verbundenen Materialentfernungen.

Bei der Bewertung des funktionellen Outcomes mit dem AOFAS-Score ließ sich trotz eines insgesamt im Vergleich zur bestehenden Literatur unterdurchschnittlichen Ergebnisses kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen feststellen.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Auch die Untersuchung weiterer Parameter, wie Wiedererlangung der Arbeitsfähigkeit, Notwendigkeit orthopädischer Schuhversorgung und Schmerzmittelbedarf, zeigte keine deutlichen Unterschiede.

Die Ergebnisse des SF-36-Fragebogens fielen gerade in den Bereichen, die Schmerz und körperliche Funktionsfähigkeit abfragen, in beiden Gruppen im Vergleich zur deutschen Normstichprobe deutlich schlechter aus. Zwischen den beiden Gruppen ließen sich jedoch wiederum keine signifikanten Unterschiede im Outcome feststellen.

Im Rahmen der Auswertung der dynamischen Pedographien zeigte sich bei einer insgesamt zufrieden stellenden Rekonstruktion des Gangbildes ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Behandlungsgruppen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass beim Vorgehen entsprechend des entwickelten Behandlungsalgorithmus zur Versorgung von Fersenbeinfrakturen keine signifikanten Unterschiede im Outcome der jeweiligen Patientengruppen (minimal-invasive Behandlung, Plattenosteosynthese) bestehen. Im Rahmen dieser Studie wurde das Augenmerk dabei nicht nur auf das funktionelle Outcome (AOFAS) gelegt, sondern der Begriff Outcome/Lebensqualität durch die Ergebnisse des SF-36 und die Darstellung funktioneller Defizite mit der Auswertung der dynamischen Pedographie ergänzt. Die hier gewonnenen Erkenntnisse sollten allerdings in größer angelegten, eventuell prospektiven Untersuchungen genauer überprüft werden. Die Schwachstellen dieser Studie liegen vor allem in den relativ geringen Fallzahlen, die eine zuverlässige statistische Aussage erschweren, und in dem teils retrospektiven Studiendesign, wodurch es gerade im Bereich der radiologischen Datengewinnung zu starken Lücken kam.

Das Vorgehen nach einem gut strukturierten Algorithmus erleichtert - insbesondere im klinischen Alltag - die Entscheidungsfindung im Behandlungsablauf von akut zu versorgenden Patienten. Dennoch sollte bei jedem Patienten eine individuelle Entscheidung entsprechend der gegebenen Umstände, fachlichen Kenntnisse und apparativen Möglichkeiten getroffen werden.



6 ANLAGEN

6 ANLAGEN

6.1 Tabellen

Gruppe	Typ	Anzahl Plattenosteosynthese	Anzahl Minimal-Invasiv
1	81.2-A1[d(1.1.1.)]	0	1
	81.2-A1[d(1.2.2.)]	0	1
	81.2-B1[d(1.3.2)]	0	1
	81.2-B2[d(1.3.2), h(1.2.2)]	0	1
	81.2-C1[d(1.3.2)]	1	1
2	81.2-C2[d-e(1.3.2)]	1	1
	81.2-C2[d(1.2.2), h(1.1.1)]	1	0
	81.2-C2[d(1.3.2), h(1.2.2)]	2	2
	81.2-C2[d(1.3.2), h(1.3.2)]	2	0
	81.2-C2[d(1.3.3), h(1.1.1)]	1	0
	81.2-C2[d(1.3.3), h(1.2.2)]	4	0
	81.2-C2[e(1.3.2), h(1.1.1)]	0	1
3	81.2-C3[d-e(1.3.3), h(1.2.2)]	1	0
	81.2-C3[d-f(1.3.2), h(1.3.3)]	1	0
	81.2-C3[d-f(1.3.3), h(1.1.1)]	1	1
	81.2-C3[d-f(1.3.3), h(1.2.2)]	5	0
	81.2-C3[d-f(1.3.3), h(1.3.1)]	1	0
	81.2-C3[d-f(1.3.3), h(1.3.2)]	2	0
4	81.2-C3[d-h(1.3.3)]	6	2
	81.2-C3[d-h(1.3.3)], 82.2.-B1[h(1.1.1)]	1	0
Gesamt		30	12

**Tab.19:** Art und Anzahl der aufgetretenen ICI-Klassifikationen und ihre Zugehörigkeit zur jeweiligen ICI-Gruppe

Plattenosteosynthese	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Böhler (Grad)	27	-9	23	9,47	9,432
Gisanne (Grad)	27	-40	27	-7,86	16,571
Höhe (cm)	29	-,8	1,5	,258	,5373
Länge (cm)	29	-,8	1,5	,292	,5891
Breite (cm)	15	-1,6	,8	-,467	,7520

**Tab.20:** Deskriptive Statistik der radiologischen Parameter zur Beurteilung des Repositionserfolges bei den Plattenosteosynthese-Patienten (Einheiten jeweils in () hinter Parameter)

6 ANLAGEN

Minimal-invasiv	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Böhler (Grad)	11	-14	15	,91	8,689
Gisanne (Grad)	11	-24	21	-3,57	12,573
Höhe (cm)	12	-,8	,9	-,076	,5381
Länge (cm)	12	-2,1	1,4	-,162	1,0645
Breite (cm)	7	-,9	,6	-,034	,5281

**Tab.21:** Deskriptive Statistik der radiologischen Parameter zur Beurteilung des Repositionserfolges bei den *minimal-invasiv* behandelten Patienten (Einheiten jeweils in () hinter Parameter)

n=32	Mittelwert	Standardabweichung	Maximum	Minimum	max/min erreichbar
<b>Schmerzen</b>	24,4	8,27	40	0	40/0
<b>Funktion</b>	36,9	8,14	50	18	50/4
Aktivität	6,3	2,37	10	0	10/0
Gehstrecke	4,0	1,15	5	2	5/0
Unebenheiten	2,3	1,69	5	0	5/0
Gangbild	7,3	1,56	8	4	8/0
Bewegungsumfang OSG	6,8	2,11	8	4	8/0
Bewegungsumfang USG	2,8	2,59	6	0	6/0
Stabilität	7,5	1,32	8	4	8/4
<b>Form</b>	8,3	2,37	10	5	10/0
<b>Gesamt</b>	69,4	15,51	100	31	100/8

**Tab.22:** Deskriptive Statistik der Ergebnisse der AOFAS Ankle-Hindfoot Scale für jeden Bereich und deren Unterpunkte bei den *Plattenosteosynthese*-Patienten (Zahlen entsprechen Punktwerten)

6 ANLAGEN

n=12	Mittelwert	Standardabweichung	Maximum	Minimum	max/min erreichbar
<b>Schmerzen</b>	25,8	4,93	30	20	40/0
<b>Funktion</b>	37,4	9,42	50	20	50/4
Aktivität	5,8	3,13	10	0	10/0
Gehstrecke	3,5	1,89	5	0	5/0
Unebenheiten	2,8	1,46	5	0	5/0
Gangbild	6,3	3,04	8	0	8/0
Bewegungsumfang OSG	7,0	1,73	8	4	8/0
Bewegungsumfang USG	4,3	1,92	6	0	6/0
Stabilität	7,7	1,11	8	4	8/4
<b>Form</b>	7,1	3,8	10	0	10/0
<b>Gesamt</b>	70,3	14,77	90	50	100/8

**Tab.23:** Deskriptive Statistik der Ergebnisse der AOFAS Ankle-Hindfoot Scale für jeden Bereich und deren Unterpunkte bei den *minimal-invasiv* behandelten Patienten (Zahlen entsprechen Punktwerten)

	AOFAS gesamt	Schmerzen	Funktion	Form
<b>p-Werte</b>	0,858	0,578	0,863	0,229

**Tab.24:** p-Werte der statistischen Auswertung von Op-Verfahren und Punktwerten des AOFAS-Scores gesamt und innerhalb der jeweiligen Untergruppen (Student's t-Test)

		KÖFU	KÖRO	SCHM	AGES	VITA	SOFU	EMRO	PSYC
<b>minimal-invasiv (n=21)</b>	Mittelwert	66,2	65,6	56,0	64,3	60,5	81,5	77,8	69,9
	Median	70	100	62	67	65	100	100	76
	Standardabweichung	30,6	44,6	23,4	19,7	17,9	27,4	37,6	21,1
	Minimum	0	0	22	20	25	12,5	0	20
	Maximum	100	100	100	92	85	100	100	96
<b>Plattenosteosynthese (n=51)</b>	Mittelwert	64,3	58,8	54,4	61,0	52,7	77,0	73,9	68,9
	Median	70	75	51	62	50	75	100	76
	Standardabweichung	27,4	43,7	26,0	21,0	18,6	23,3	39,8	18,9
	Minimum	0	0	12	20	15	37,5	0	20
	Maximum	100	100	100	100	90	100	100	96
<b>Normstichprobe</b>	Mittelwert	85,7	83,7	79,1	68,1	63,3	88,8	90,3	73,9

**Tab.25:** Deskriptive Statistik der Ergebnisse des SF-36-Fragebogens, unterteilt nach jeweiliger Operationstechnik, im Vergleich dazu die Mittelwerte der deutschen Normstichprobe (Angabe in Punktwerten)

<b>Minimal-invasiv (n=20)</b>	KÖFU	SCHM	VITA	EMRO	KÖRO	AGES	SOFU	PSYC
Korrelation nach Pearson	-,047	-,187	,275	,016	,024	-,250	-,118	,061
Signifikanz (2-seitig)	,845	,429	,241	,947	,920	,287	,619	,797
<b>Plattenosteosynthese (n=51)</b>	KÖFU	KÖRO	SCHM	AGES	VITA	SOFU	EMRO	PSYC
Korrelation nach Pearson	-,277(*)	-,384(**)	-,137	-,350(*)	-,173	-,111	-,097	-,137
Signifikanz (2-seitig)	,049	,005	,339	,012	,225	,440	,496	,336

**Tab.26:** statistische Auswertung (Korrelation nach Pearson) des Zusammenhangs von Alter und erzielttem Punktwert in den jeweiligen Untergruppen des SF-36, getrennt nach Behandlungsgruppen (MI,PO); \* 2-seitig signifikant auf dem Niveau von 0,05, \*\* 2-seitig signifikant auf dem Niveau von 0,01

6 ANLAGEN

<b>Minimal-invasiv (n=20)</b>	KÖFU	SCHM	VITA	EMRO	KÖRO	AGES	SOFU	PSYC
Korrelation nach Pearson	,034	,169	-,150	,170	,158	,123	,062	-,119
Signifikanz (2-seitig)	,887	,476	,527	,474	,506	,604	,795	,619
<b>Plattenosteosynthese (n=51)</b>	KÖFU	KÖRO	SCHM	AGES	VITA	SOFU	EMRO	PSYC
Korrelation nach Pearson	,258	,183	,117	-,115	-,013	,039	-,019	-,004
Signifikanz (2-seitig)	,067	,198	,412	,423	,929	,786	,893	,978

**Tab.27:** statistische Auswertung (Korrelation nach Pearson) des Zusammenhangs von Unfallzeitpunkt (Monate) und erzieltm Punktwert in den jeweiligen Untergruppen des SF-36, getrennt nach Behandlungsgruppen (MI,PO); \* 2-seitig signifikant auf dem Niveau von 0,05, \*\* 2-seitig signifikant auf dem Niveau von 0,01

<b>Minimal-invasiv (n=21)</b>	KÖFU	SCHM	VITA	EMRO	KÖRO	AGES	SOFU	PSYC
Korrelation nach Pearson	-,447(*)	-,127	-,263	-,329	-,222	,056	-,291	-,223
Signifikanz (2-seitig)	,042	,583	,249	,146	,334	,811	,200	,331
<b>Plattenosteosynthese (n=51)</b>	KÖFU	KÖRO	SCHM	AGES	VITA	SOFU	EMRO	PSYC
Korrelation nach Pearson	-,043	-,061	,059	-,191	-,005	-,008	-,145	,000
Signifikanz (2-seitig)	,764	,673	,683	,179	,974	,958	,311	1,000

**Tab.28:** statistische Auswertung (Korrelation nach Pearson) des Zusammenhangs von Schweregrad und erzieltm Punktwert in den jeweiligen Untergruppen des SF-36, getrennt nach Behandlungsgruppen (MI,PO); \* 2-seitig signifikant auf dem Niveau von 0,05, \*\* 2-seitig signifikant auf dem Niveau von 0,01

6 ANLAGEN

	PLATTENOSTEOSYNTHESE		MINIMAL-INVASIV		SCOREWERT
	Anzahl	Prozent (%)	Anzahl	Prozent (%)	
<b>Gesamt</b>	13		7		
kaum (<10%)	8	61,5	3	42,9	4
geringfügig (10-30%)	5	38,5	4	57,1	3
mittel (31-50%)	0	0,0	0	0,0	2
stark (>50%)	0	0,0	0	0,0	1

**Tab.29:** Pedographien: Abweichung der *Gaitline* innerhalb der jeweiligen Behandlungsgruppe und entsprechender Scorewert (1-4) für den jeweiligen Abweichungsgrad

	PLATTENOSTEOSYNTHESE		MINIMAL-INVASIV		SCOREWERT
	Anzahl	Prozent (%)	Anzahl	Prozent (%)	
<b>Gesamt</b>	13		7		
kaum (<3%)	6	46,2	4	57,1	4
geringfügig (3-6%)	2	15,4	1	14,3	3
mittel (7-10%)	4	30,8	2	28,6	2
stark (>10%)	1	7,7	0	0,0	1

**Tab.30:** Pedographien: Abweichung der *Gesamtbelastung beim Gehen* innerhalb der jeweiligen Behandlungsgruppe und entsprechender Scorewert (1-4) für den jeweiligen Abweichungsgrad

	PLATTENOSTEOSYNTHESE		MINIMAL-INVASIV		SCOREWERT
	Anzahl	Prozent(%)	Anzahl	Prozent(%)	
<b>Gesamt</b>	13		7		
kaum (<10%)	9	69,2	3	42,9	4
geringfügig (10-30%)	4	30,8	0	0,0	3
mittel (31-50%)	0	0,0	1	14,3	2
stark (>50%)	0	0,0	0	0,0	1
ct länger als beim gesunden Fuß	0	0,0	3	42,9	4

**Tab.31:** Pedographien: Abweichung der *contact time* innerhalb der jeweiligen Behandlungsgruppe und entsprechender Scorewert (1-4) für den jeweiligen Abweichungsgrad

6.2 Fuß-und Sprunggelenkerhebungsbogen

6.2.1 Teil A

**A1 VERLAUF**

**Vom Patienten auszufüllen**

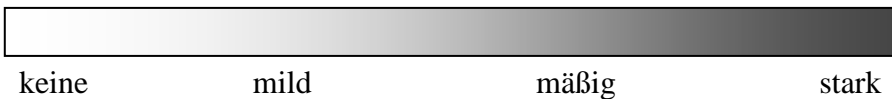
Datum:            \_\_\_-\_\_\_-\_\_\_\_\_

Erkrankte oder verletzte Seite             Rechts             Links

**Sind Sie mit dem bisherigen Behandlungsergebnis zufrieden?**

sehr gut     gut, mit kleinen Abstrichen             mäßig             schlecht (unzufrieden)

**Beurteilen Sie bitte die Schmerzen am betroffenen Fuß**



Wann und wie oft haben Sie Schmerzen

- keine (40)
- geringe, gelegentlich (30)
- mäßig, täglich (20)
- schwer, immer (0)

Nehmen Sie Schmerzmittel (Aspirin, Paracetamol, Diclo ) aufgrund der Beschwerden im Fuß

- nein     gelegentlich             1 mal pro Tag             mehrmals täglich

Nehmen Sie Schmerzmittel (Tramal, Valoron, Oxygesic) aufgrund der Beschwerden im Fuß

- nein     gelegentlich             1 mal pro Tag             mehrmals täglich

**Bitte Schätzen Sie die Aktivitätseinschränkung durch die betroffene Seite ein:**

- keine (10)
- keine Limitierung der tägliche Aktivität, aber Einschränkungen bei sportlichen und Freizeitaktivitäten, keine Unterstützung (7)
- Einschränkung der täglichen Aktivitäten, Gehstock (4)
- schwere Einschränkung der täglichen Aktivitäten, 2 Gehstützen (0)

**Bitte schätzen Sie Ihre maximale Gehstrecke ein, die Sie zurücklegen können:**

- >3000 m (5)
- 1000-3000 m (4)
- 200-1000 m (2)
- <200 m (0)

**Haben Sie Probleme auf unebenen Wegen zu Gehen?**

## 6 ANLAGEN

- keine Schwierigkeiten (5)
- Etwas Schwierigkeiten auf unebenem Wegen, Treppen und Leitern (3)
- Schwere Probleme auf unebenen Wegen, Treppen und Leitern (0)

## A2 FRAGEBOGEN ZUM GESUNDHEITZUSTAND

In diesem Fragebogen geht es um Ihre Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Der Bogen ermöglicht es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen.

Bitte beantworten Sie jede der folgenden Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Ausgezeichnet.....1  
 Sehr gut.....2  
 Gut.....3  
 Weniger gut .....4  
 Schlecht.....5

2. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Derzeit viel besser als vor einem Jahr.....1  
 Derzeit etwas besser als vor einem Jahr.....2  
 Etwa so wie vor einem Jahr.....3  
 Derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr.....4  
 Derzeit viel schlechter als vor einem Jahr.....5

3. Im Folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

TÄTIGKEITEN	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
a. anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	1	2	3
b. mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
c. Einkaufstasche heben oder tragen	1	2	3
d. mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3

6 ANLAGEN

e. einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
f. sich beugen, knien, bücken	1	2	3
g. mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
h. mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
i. eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3
j. sich baden oder anziehen	1	2	3

4. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

SCHWIERIGKEITEN	JA	NEIN
a. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
c. Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2
d. Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung (z.B. ich musste mich besonders anstrengen)	1	2

5. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

SCHWIERIGKEITEN	JA	NEIN
a. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
c. Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	1	2

6 ANLAGEN

6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelische Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Überhaupt nicht.....1
- Etwas..... 2
- Mäßig.....3
- Ziemlich.....4
- Sehr.....5

7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Ich hatte keine Schmerzen.....1
- Sehr leicht.....2
- Leicht.....3
- Mäßig.....4
- Stark.....5
- Sehr stark.....6

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Überhaupt nicht.....1
- Ein bißchen.....2
- Mäßig.....3
- Ziemlich.....4
- Sehr.....5

9. In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht). Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen...

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

BEFINDEN	Immer	Mei- stens	Ziemlich oft	Manch- mal	Selten	Nie
a. ...voller Schwung?	1	2	3	4	5	6
b. ...sehr nervös?	1	2	3	4	5	6
c. ...so niedergeschlagen, daß Sie nichts aufheitern konnte?	1	2	3	4	5	6
d. ...ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
e. ...voller Energie?	1	2	3	4	5	6

6 ANLAGEN

f. ...entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6
g. ...erschöpft?	1	2	3	4	5	6
h. ...glücklich?	1	2	3	4	5	6
i. ...müde?	1	2	3	4	5	6

10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Immer.....1
- Meistens.....2
- Manchmal.....3
- Selten.....4
- Nie.....5

11. Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

AUSSAGEN	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
a. Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden	1	2	3	4	5
b. Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	1	2	3	4	5
c. Ich erwarte, daß meine Gesundheit nachläßt	1	2	3	4	5
d. Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5

6.2.2 Teil B

**B In der Sprechstunde auszufüllen**

Untersucher: \_\_\_\_\_

Vorstellung: <input type="radio"/> Nachsorge <input type="radio"/> akute Schmerzen <input type="radio"/> sonstiges	<input type="radio"/> Erstbefund <input type="radio"/> 6 Wochen <input type="radio"/> 3 Monate <input type="radio"/> 6 Monate <input type="radio"/> 1 Jahr <input type="radio"/> _____	Erkrankte Seite <input type="radio"/> rechts <input type="radio"/> links	<input type="radio"/> Calcaneusfraktur <input type="radio"/> Achillessehnenruptur <input type="radio"/> OSG Arthrodeese <input type="radio"/> USG Arthrodeese <input type="radio"/> sonstiges
---	---	--	---

<p><b>Gangbild</b></p> <p><input type="radio"/> Normal, geringe Störung (8)</p> <p><input type="radio"/> auffällig, deutliche Störung (4)</p> <p><input type="radio"/> schwere Störung (0)</p>	<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>
--	---

**Bewegungsumfang**

Ex./Flex	Rückfuß
<input type="radio"/> normal, geringe Einschränkung (>30°) (8)	<input type="radio"/> normal, geringe Einschränkung (>3/4) (6)
<input type="radio"/> mäßige Einschränkung (15-30°) (4)	<input type="radio"/> mäßige Einschränkung (3)
<input type="radio"/> schwere Einschränkung (<15°) (0)	<input type="radio"/> schwere Einschränkung (<1/4) (0)

		LINKS	RECHTS
OSG	Extension		
	Flexion		
USG	Heben		
	Senken		

<p><b>Stabilität OSG und Rückfuß</b></p> <p><input type="radio"/> a.p. stabil (8)                      <input type="radio"/> lat. stabil</p> <p><input type="radio"/> a.p. instabil (4)                      <input type="radio"/> lat. instabil</p>		<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>
--	--	---

<p><b>Alignment</b></p> <p><input type="radio"/> gut, plantigrader Fuß, Sprunggelenk/Rückfuß gut konfiguriert (10)</p> <p><input type="radio"/> ausreichend, plantigrader Fuß, geringe Fehlstellung Rückfuß, keine Symptome (5)</p> <p><input type="radio"/> schlecht, kein plantigrader Fuß, schwere Fehlstellung, Symptome (0)</p>	<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>
--	---

<p>AOFAS SCORE</p>	<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>
--------------------	---

## 6 ANLAGEN

### Schwellungszustand

- |                       |                  |   |
|-----------------------|------------------|---|
| <input type="radio"/> | keine Schwellung | 0 |
| <input type="radio"/> | mild             | 1 |
| <input type="radio"/> | mäßig            | 2 |
| <input type="radio"/> | ausgeprägt       | 3 |

### Einbeinzehenstand

- |                       |  |   |
|-----------------------|--|---|
| <input type="radio"/> | Keine Seitendifferenz und sicher für 1 min | 0 |
| <input type="radio"/> | Unsicher für 10 sec                        | 1 |
| <input type="radio"/> | Angedeutet                                 | 2 |
| <input type="radio"/> | Nicht möglich                              | 3 |

### Wadenumfang 15 cm unterhalb des Kniegelenks

- |                       |              |   |
|-----------------------|--------------|---|
| <input type="radio"/> | seitengleich | 0 |
| <input type="radio"/> | -1 cm        | 1 |
| <input type="radio"/> | -2 cm        | 2 |
| <input type="radio"/> | >-2 cm       | 3 |

### Schuheinschränkungen

- |                       |                                   |   |
|-----------------------|-----------------------------------|---|
| <input type="radio"/> | gleiche Schuhe wie vor dem Unfall | 0 |
| <input type="radio"/> | Änderung der Schuhgröße           | 1 |
| <input type="radio"/> | Einlagenversorgung                | 2 |
| <input type="radio"/> | orthopädische Schuhe              | 3 |

### Arbeitsfähigkeit

- |                       |                                       |   |
|-----------------------|---------------------------------------|---|
| <input type="radio"/> | voll, selber Arbeitsplatz             | 0 |
| <input type="radio"/> | Einschränkungen am alten Arbeitsplatz | 1 |
| <input type="radio"/> | voll, Umschulung                      | 2 |
| <input type="radio"/> | Teilzeit, mit Einschränkungen         | 3 |
| <input type="radio"/> | Arbeitsunfähig                        | 4 |

Narbe:

- |                   |                       |              |   |
|-------------------|-----------------------|--------------|---|
| Fersenbeinbreite: | <input type="radio"/> | seitengleich | 0 |
|                   | <input type="radio"/> | + 1cm        | 1 |
|                   | <input type="radio"/> | +2 cm        | 2 |
|                   | <input type="radio"/> | > 2cm        | 3 |

Sensibilität:

Sonstiges:

## 6.3 AOFAS-Ankle-Hindfoot Scale

AOFAS Ankle-Hindfoot Scale (100 Punkte)		Punkte
<b>Schmerz (40 Punkte)</b>		
Keiner		40
Leicht, gelegentlich		30
Mäßig, täglich		20
Schwer, fast immer präsent		0
<b>Funktion (50 Punkte)</b>		
<b>Tägliche Einschränkungen, Notwendigkeit von Unterstützung</b>		
Keine Einschränkung, keine Unterstützung		10
Keine Einschränkung von täglichen Aktivitäten, Einschränkung von Freizeitaktivitäten, keine Unterstützung		7
Einschränkung von täglichen und Freizeitaktivitäten, Stock		4
Schwere Einschränkung von täglichen und Freizeitaktivitäten, Gehwagen, Krücken, Rollstuhl, Brace		0
<b>Maximale Gehstrecke (Häuserblocks)</b>		
>6		5
4-6		4
1-3		2
<1		0
<b>Gehen auf Oberflächen</b>		
Keine Schwierigkeiten auf allen Oberflächen		5
Etwas Probleme auf unebenen Flächen, Stufen, Leitern, Neigung		3
Starke Probleme auf unebenen Flächen, Stufen, Leitern, Neigung		0
<b>Gangbildstörungen</b>		
Keine, leichte		8
Auffällige		4
Starke		0
<b>Sagittale Bewegung (Flexion/Extension)</b>		
Normal oder leichte Einschränkung ( $\geq 30^\circ$ )		8
Mäßiggradige Einschränkung ( $15^\circ - 29^\circ$ )		4
Starke Einschränkung ( $< 15^\circ$ )		0
<b>Rückfußbeweglichkeit (Inversion plus Eversion)</b>		
Normal oder leichte Einschränkung (75-100% des Normalen)		6
Mäßiggradige Einschränkung (25-74% des Normalen)		3
Starke Einschränkung ( $< 25\%$ des Normalen)		0
<b>Sprunggelenk-Rückfußstabilität (a.-p., valgus-varus)</b>		
Stabil		8
Deutlich instabil		4
<b>Form, Alignment (10 Punkte)</b>		
Gut, „Sohlengänger-Fuß“, OSG-Rückfußachse gut		10
Mäßig „Sohlengänger-Fuß“, geringe Abweichung der OSG-Rückfußachse, keine Symptome		5
Schlecht, kein „Sohlengängerfuß“, schwere Achsabweichung, Symptome		0

7 LITERATURVERZEICHNIS

1. Abidi NA, Dhawan S, Gruen GS, Vogt MT, Conti SF. Woundhealing risk factors after open reduction and internal fixation of calcaneal fractures. *Foot Ankle Int* 1998; 19: 856-861
2. Andermahr J, Jesch AB, Helling HJ, Jubel A, Fischbach R, Rehm KE. CT mophometry for calcaneal fractures and comparison of the Zwipp and Sanders classifications. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2002; 140:339-46
3. Bellach BM, Ellert U, Radoschewski M. Der SF-36 im Bundes-Gesundheitssurvey. Erste Ergebnisse und neue Fragen. *Bundesgesundheitsbl* 2000; 43:210-216
4. Benirschke SK, Sangeorzan BJ. Extensive intraarticular fractures of the foot. Surgical management of calcaneal fractures. *Clin Orthop* 1993; 292: 128-134
5. Boak DH, Wichelhaus A, Mittermeier T, Hottmann R, Haas NP. Therapy of dislocated calcaneus joint fracture with the AO calcaneus plate. *Chirurg* 1998; 69: 1214-1223
6. Böhler L. Diagnosis, pathology, and treatment of fractures of the os calcis. *J Bone Joint Surg* 1931; 13: 75-89
7. Böhler L. Fersenbeinfrakturen. In: Böhler L, Herausgeber. *Die Technik der Knochenbruchbehandlung*. Wien: Maudrich; 1957: 2148-2217
8. Brodén B. Roentgen examination of the subtaloid joint in fractures of the calcaneus. *Acta Radiol* 1949; 31: 85-88
9. Buch J. Bohrdrahtosteosynthese des Fersenbeinbruches. *Akt Chir* 1980; 15: 285-296
10. Buckley R, Tough S, McCormack R, Pate G, Leighton R, Petrie D, Galpin R. Operative compared with nonoperative treatment of displaced inta-articular calcaneal fractures. *J Bone Joint Surg* 2002; 84-A: 1733-1744

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

11. Bullinger M, Kirchberger I. Der SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand: Handbuch für die deutschsprachige Fragebogenversion. Göttingen, Hogrefe 1997
12. Destot E. Traumatismes du pied et Rayons X. Malleoles, Astragale, Calcaneum, Avant-pied. Paris: Masson; 1911
13. Essex-Lopresti P. The mechanism, reduction technique, and results in fractures of the os calcis. Br J Surg 1952; 39: 395-419
14. Euler E, Wirth S, Linsenmaier U, Mutschler W, Pfeifer KJ, Hebecker A. Vergleichende Untersuchung zur Qualität der C-Bogen-basierten 3D-Bildgebung am Talus. Unfallchirurg 2001; 104: 839-864
15. Folk JW, Starr AJ, Early JS. Early wound complications of operative treatment of calcaneal fractures: analysis of 190 fractures. J Orthop Trauma 1999; 13:369-372
16. Forgon M. Closed reduction and percutaneous osteosynthesis: technique and results in 265 calcaneal fractures. In: Tscherne H, Schatzker J. Major fractures of the pilon, the talus and the calcaneus. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag 1992
17. Fröhlich P, Zakupszky Z, Csomor L. Experiences with closed screw placement in intra-articular fractures of the calcaneus. Surgical technique and outcome. Unfallchirurg 1999; 102 (5):359-364
18. Funk EM, Wiedemann M, Bickel R, Rüter A. Dislozierte intraartikuläre Kalkaneusfrakturen - Langzeituntersuchung nach offener Reposition und Osteosynthese. Unfallchirurg 1995; 98: 501-506
19. Furey A, Stone C, Squire D, Harnett J. Os calcis fracturea: Analysis of Interobserver Variability in using Sanders Classification. Foot Ankle Surg 2003; 42(1): 21-23

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

20. Gavlik JM, Rammelt S, Zwipp H. Percutaneous, arthroscopically assisted osteosynthesis of calcaneus fractures. Arch OrthopTrauma Surg 2002; 122: 424-428
21. Gissane W. News notes: Proceeding of the British Orthopedic Association. J Bone Joint Surg 1947; 29: 254-255
22. Harvey EJ, Grujic L, Early JS, Benirschke SK, Sangeorzan BJ. Morbidity associated with ORIF of intra-articular calcaneus fractures using a lateral approach. Foot Ankle Int 2001; 22:868-873
23. Hildebrand KA, Buckley RE, Mohtadi NG, Faris P. Functional outcome measures after displaced intra-articular calcaneal fractures. J Bone Joint Surg Br 1996; 78-B: 119-123
24. Inman VT. The joints of the ankle. Baltimore: Williams & Wilkins; 1976
25. James ET, Hunter GA. The dilemma of painful old os calcis fractures. Clin Orthop 1983; 177: 112-115
26. Kerr PS, Pape M, Jackson M, Atkins RM. Early experiences with the AO calcaneal fracture plate. Injury 1996; 27:39-41
27. Kinner BJ, Best R, Falk K, Thon KP. Is There a Reliable Outcome Measurement for Displaced Intra-artikular Calcaneal Fractures? J Trauma 2002; 53:1094-1102
28. Kotsianos D, Rock C, Euler E, Linsenmaier U, Brandl R, Mutschler W, Pfeifer KJ. 3D-Bildgebung an einem mobilen chirurgischen Bildverstärker (ISO-C-3D). Unfallchirurg 2001; 104: 834-838
29. Lanzetta A, Meani E. Operative indications in fractures of the calcaneus: problems of reduction and fixation. Ital J Orthop Traumatol 1978; 4: 31-35
30. Lenormant C, Wilmoth P, Lecoeur P. A propos du traitement sanglant des fractures du calcanéum. Bull Mem Soc Nat Chir 1928; 54: 1353-1355

31. Leriche MR. Osthéosynthèse primitive pour fracture par écrasement du calcanéum à sept fragments. Soc Chir de Lyon: Seànce du 2 de fevrier; 1922: 559-560
32. Letournel E. Open reduction and internal fixation of calcaneal fractures. In: Spiegel P, Herausgeber. Topics in orthopaedic surgery. Baltimore: Aspen; 1984: 173
33. Letournel E. Open treatment of acute calcaneal fractures. Clin Ortop 1993; 290: 60-67
34. Lim E, Leung JP. Complications of intraarticular calcaneal fractures. Clin Orthop 2001; 391: 7-16
35. Lindsay WRN, Dewar FP. Fractures of the os calcis. Am J Surg 1958; 95: 555-576
36. Loucks C, Buckley R. Bohler's angle: correlation with outcome in displaced intra-articular calcaneal fractures. J Orthop Trauma 1999; 13: 554-558
37. Malgaigne JF. Die Knochenbrüche und Verrenkungen. Stuttgart: Reiger; 1856
38. Manoli AD, Weber TG. Fasciotomy of the foot: an anatomical study with special reference to release of the calcaneal compartment. Foot Ankle 1990; 10: 267-275
39. Morin P, Buckley R, Stewart R, Vande GR. Oral analogue scale as an outcome measure after displaced intra-articular calcaneal fractures. Foot Ankle Int 1998; 19: 694-697
40. Omoto H, Nakamura K. Method for manual reduction of displaced intra-articular fracture of the calcaneus: technique, indications and limitations. Foot Ankle Int 2001; 22: 874-879

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

41. Park IH, Song KW, Shin S, Lee JY, Kim TG, Park RS. Displaced intra-articular fracture treated surgically with limited posterior incision. *Foot Ankle Int* 2000; 21: 195-205
42. Platzer W. Taschenatlas der Anatomie, Band 1 Bewegungsapparat. New York: Georg Thieme Verlag Stuttgart; 1999
43. Rammelt S, Amlang M, Barthel S, Zwipp H. Minimally-invasive treatment of calcaneal fractures. *Injury* 2004; 35: B55-B63
44. Rammelt S, Barthel S, Biewener A, Gavlik JM, Zwipp H. Calcaneus fractures. Open reduction and internal fixation. *Zbl Chir* 2003; 128:517-528
45. Rammelt S, Grass R, Schikore H, Zwipp H. Injuries of the Chopart joint. *Unfallchirurg* 2002; 105: 371-383
46. Rosenbaum D, Bauer G, Augat P, Claes L. Calcaneal fractures cause a lateral load shift in Chopart joint contact stress and plantar pressure pattern in vitro. *J Biomech* 1996; 29:1435-1443
47. Sanders R. Displaced intra-articular fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Am* 2000; 82: 225-250.
48. Sanders R, Fortin P, DiPasquale T, Walling A. Operative treatment in 120 displaced intra-articular calcaneal fractures. Results using a prognostic computed tomography scan classification. *Clin Orthop* 1993; 290: 87-95
49. Sarrafian SK. *Anatomy of the foot and ankle*. Philadelphia: Lippinkott; 1993
50. Schepers T, Schipper IB, Vogels LMM, Ginai AZ, Mulder PGH, Heetveld MJ, Patka P. Percutaneous treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures. *J Orthop Sci* 2007; 12:22-27

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

51. Schuh A, Hausel M. Die Schwierigkeiten in der Beurteilung von Nachuntersuchungsergebnissen bei plattenosteosynthetisch versorgter Calcaneusfraktur. Unfallchirurg 2000; 103: 295-300
52. Siegmeth A, Petje G, Mittlmeier T, Vecsei V. Gait analysis after intra-articular calcaneus fractures. Unfallchirurg 1996; 99: 52-58
53. Stephenson JR. Treatment of displaced intra-articular fractures of the calcaneus using medial and lateral approaches, internal fixation, and early motion. J Bone Joint Surg Am 1987; 69(1): 115-130
54. Stulik J, Stehlik J, Rysavy M, Wozniak A. Minimally-invasive treatment of intra-articular fractures of the calcaneum. J Bone Joint Surg 2006; 88-B: 1634-1641
55. Tornetta P 3<sup>rd</sup>. The Essex-Lopresti reduction for calcaneal fractures revisited. J Orthop Trauma 1998; 12 (7): 469-473
56. Tornetta P 3<sup>rd</sup>. Percutaneous treatment of calcaneal fractures. Clin. Orthop 2000; 375: 91-96
57. Walde TA, Sauer B, Degreif J, Walde HJ. Closed reduction and percutaneous Kirschner wire fixation for treatment of dislocated calcaneal fractures: surgical technique, complications, clinical and radiological results after 2-10 years. Arch Orthop Trauma Surg 2008; 128: 585-591
58. Westhues H. Eine neue Behandlungsmethode der Calcaneusfrakturen. Arch Orthop Unfallchir 1934; 35:121
59. Westphal T, Halm JP, Piatek S, Schubert S, Winckler S. Lebensqualität nach Calcaneusfrakturen. Unfallchirurg 2003; 106:313-318
60. Wich M, Spranger N, Ekkernkamp A. Intraoperative Bildgebung mit dem ISO C 3D. Chirurg 2004; 75: 982-987

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

61. Wülker N, Zwipp H. Fracture anatomy of the Calcaneus with axial loading. *Foot Ankle Surg* 1986;2:155-62
62. Zwipp H. *Chirurgie des Fußes*. New York: Springer Verlag; 1994.
63. Zwipp H, Baumgart F, Cronier P, Jorda E, Klaue K, Sands A, Yung S. Integral classification of injuries (ICI) to the bones, joints and ligaments. Application to injuries to the foot. *Injury* 2004; 35: B3-B9
64. Zwipp H, Rammelt S, Barthel S. Calcaneal fractures-open reduction and internal fixation (ORIF). *Injury* 2004; 35: B46-B54
65. Zwipp H, Rammelt S, Grass R. Ligamentous injuries to the ankle and subtalar joints. *Clin Podiatr Med Surg* 2002; 19: 195-229
66. Zwipp H, Tscherne H, Thermann H, Weber T. Osteosynthesis of displaced intraarticular fractures of the calcaneus. Results in 123 cases. *Clin Orthop* 1993; 290: 76-86
67. Zwipp H, Tscherne H, Wülker N, Grote R. Intra-articular fracture of the calcaneus. Classification. *Unfallchirurg* 1989; 92: 117-129

## Lebenslauf

### **Persönliche Daten**

Name Anja Pannek  
Geburtsdatum 05.03.1983  
Geburtsort Landshut  
Familienstand ledig  
Eltern Jürgen und Gudrun Pannek (geb. Schuster)

### **Schulbildung**

1989-1993 Grundschule St. Peter und Paul, Landshut  
1993-2002 Hans-Carossa-Gymnasium, Landshut  
Abschluss : Abitur

### **Hochschulausbildung**

2002-2008 Studium der Humanmedizin an der Universität  
Regensburg  
September 2004 Physikum  
Oktober/November 2008 Staatsexamen

### **Famulaturen**

07.03.-01.04.2005 Prof. Dr. Forsting, Institut für Diagnostische und Interventionelle  
Radiologie und Neuroradiologie, Universitätsklinikum Essen  
01.08.-04.09.2005 Prof. Dr. E. Sauer, Abteilung für Innere Medizin, Kreiskrankenhaus  
Landshut-Achdorf  
13.02.-14.03.2006 Dres. F. Rosner, S. Königbauer, M. Grimme und R. Spranger,  
Internistische Gemeinschaftspraxis, Landshut  
20.03.-03.04.2006 Dr. P. Schröter, Facharzt für Chirurgie, Unfallchirurgie und  
Sportmedizin, Fachärztliche Praxis, Landshut  
07.03.-21.03.2007 Prof. Dr. med. E. Pscheidl, Klinik für Anästhesiologie und  
Operative Intensivmedizin, Klinikum Landshut

### **Praktisches Jahr**

27.08.-16.12.2007 Prof. Dr. K. Taeger, Klinik für Anästhesiologie,  
Universitätsklinikum Regensburg  
17.12.07-10.02.08 Dr. S. Roayaie, Department of Surgical Oncology, Mount Sinai  
Hospital, New York  
11.02.-06.04.2008 Prof. Dr. R. Wirsching, Klinik für Chirurgie, Caritas Krankenhaus  
St. Josef, Regensburg  
07.04.-27.07.2008 Prof. Dr. J. Schölmerich, Klinik und Poliklinik für Innere Medizin I,  
Prof. Dr. G. Riegger, Klinik und Poliklinik für Innere Medizin II,  
Universitätsklinikum Regensburg

### **Arbeitsstelle**

Seit März 2009 Assistenzärztin Anästhesie, Krankenhaus Barmherzige Brüder,  
Regensburg

Regensburg, März 2010



## **Danksagung**

Mein besonderer Dank geht an meinen Doktorvater und Betreuer, Prof. Dr. Bernd Kinner. Durch seine Anleitung, Motivation und ständige Diskussionsbereitschaft auch nach Dienstschluss hat er wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Weiterhin möchte ich Herrn Prof. Dr. Michael Nerlich danken, der mir die Möglichkeit gegeben hat, meine Arbeit an seinem Lehrstuhl zu erstellen und die Kapazitäten seiner Abteilung zu nutzen.

Darüber hinaus möchte ich mich auch bei Frau Dr. Dr. Christina Roll, Frau Helga Lautenschlager, den Mitarbeitern der Firma Reiss sowie den zahlreichen, nicht namentlich erwähnten, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bedanken. Sie waren stets hilfsbereit, wenn es um die Lösung von Fragen und Problemen ging.

Mein ganz herzlicher Dank gilt jedoch meiner Familie und Michael. Nur ihre Unterstützung und Liebe haben es mir ermöglicht, diese Arbeit zu einem guten Abschluss zu führen.

