

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

Lebensqualität nach komplexer Fußverletzung

Inaugural - Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Stefanie Tietz

2013



Dekan: Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert

1. Berichterstatter: Prof. Dr. B. Kinner

2. Berichterstatter: Prof. Dr. L. Prantl

Tag der mündlichen Prüfung: 26.07.2013

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1 Einleitung</b>	1
<b>2 Fragestellungen</b>	3
<b>3 Grundlagen</b>	
3.1 Einführung in die funktionelle Anatomie des Fußes	5
3.1.1 Das obere Sprunggelenk	8
3.1.2 Das untere Sprunggelenk	9
3.1.3 Die Gelenke des Mittelfußes	9
3.1.3.1 Das Chopart-Gelenk	9
3.1.3.2 Das Lisfranc-Gelenk	10
3.1.4 Die Metatarsale-Knochen	10
3.1.5 Die Zehen	10
3.2 Einführung in den menschlichen Gang	11
3.3 Fußdeformitäten	12
3.4 Einführungen in die Verletzungen in Bezug auf komplexe Fußverletzungen und ihre operative Versorgung	15
3.4.1 Knöcherne Verletzungen	18
3.4.1.1 Verletzungen des distalen Unterschenkels	18
3.4.1.2 Frakturen des Pilon tibiale	19
3.4.1.3 Verletzungen des oberen Sprunggelenks	20
3.4.1.4 Verletzungen des Talus	22
3.4.1.5 Verletzungen des Calcaneus	24
3.4.1.6 Verletzungen der Chopart-Gelenklinie	26
3.4.1.7 Verletzungen der Lisfranc-Gelenklinie	28
3.4.1.8 Verletzungen der Metatarsale-Knochen	30
3.4.1.9 Zehenverletzungen	32
3.4.2 Weichteilverletzungen	33
3.4.3 Kompartmentsyndrome	35
3.4.4 Amputationen	39
<b>4 Material und Methoden</b>	
4.1 Studiendesign	42
4.2 Patienten und Datengewinnung	42
4.2.1 Komplexe Fußverletzungen im Rahmen von Polytraumata	43
4.2.2 Komplikationen	44

## Inhaltsverzeichnis

4.2.2 Kompartmentsyndrome im Rahmen von komplexen Fußverletzungen	44
4.3 Fragebogen	45
4.3.1 Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis	45
4.3.2 Fragen nach dem Analgetikabedarf	45
4.3.3 Visuelle Analogskala Fuß und Sprunggelenk nach Richter	46
4.3.4 SF-12 Lebensqualitätfragebogen	47
4.3.5 Fragebogen zu Beruf und Freizeit	48
4.4 Nachuntersuchung	49
4.4.1 Klinische Nachuntersuchung	49
4.4.2 AOFAS-Score	51
4.4.3 FOA-Score nach Thordarson	52
4.4.4 CFSS-Score nach Kerr	52
4.4.5 Patienten mit Prothesenversorgung	52
4.5 Konventionelle Röntgenuntersuchung	53
4.5.1 Ermittelte Winkel und Achsen	53
4.5.2 Arthrosen	56
4.5.3 Weitere Auswertungen	56
4.5.4 Score zur Röntgenauswertung	57
4.6 Dynamische Pedographie	58
4.6.1 Belastungen einzelner Fußregionen	59
4.6.2 Ganglinien	60
4.6.3 Zyklogramme	62
4.6.4 Kontaktzeiten	63
4.6.5 Pedographie-Score	64
4.7 Orthopädische Schuhversorgung	66
4.7.1 Beurteilung der Einlagen und Orthopädischen Schuhe im Rahmen der Nachuntersuchung	66
4.7.2 Fragebogen zur Orthopädischen Schuhversorgung	66
4.8 Statistik	67
<b>5 Ergebnisse</b>	
5.1 Patienten	68
5.1.1 Verletzungen im Rahmen von Polytraumata	69
5.1.2 Komplikationen	70
5.1.3 Kompartmentsyndrome	71

## Inhaltsverzeichnis

5.1.4 Korrektur Eingriffe	71
5.1.5 Amputationen	72
5.2 Fragebogen	73
5.2.1 Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis	73
5.2.2 Analgetikabedarf	73
5.2.3 Visuelle Analogskala Fuß und Sprunggelenk nach Richter	73
5.2.3.1 Unterschiede der VAS in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation	75
5.2.3.2 Unterschiede der VAS in Abhängigkeit vom Weichteilschaden	77
5.2.4 SF-12 Lebensqualitätfragebogen	78
5.2.4.1 SF-12 in Abhängigkeit von Frakturlokalisation	80
5.2.4.2 SF-12 in Abhängigkeit von dem Weichteilschaden	81
5.2.4.2 Korrelationen des SF-12 Gesundheitsfragebogens mit der visuellen Analogskala	82
5.2.5 Fragebogen zu Beruf und Sport	83
5.3 Klinische Nachuntersuchung	84
5.3.1 Klinische Nachuntersuchungen	84
5.3.1.1 Durchblutung, Motorik und Sensibilität	84
5.3.1.2 Fußfehlstellungen	84
5.3.1.2.1 Fußfehlstellungen in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation	85
5.3.1.2.2 Fußfehlstellungen in Abhängigkeit von Vorliegen eines Kompartment-Syndroms	86
5.3.1.3 Weitere Nachuntersuchungsergebnisse	87
5.3.2 AOFAS-Score	88
5.3.2.1 AOFAS-Score Rückfuß und Sprunggelenk	89
5.3.2.2 AOFAS-Score Mittelfuß	90
5.3.2.3 AOFAS-Score Großzehe	91
5.3.2.4 AOFAS Zehen	92
5.3.2.5 AOFAS-Scores in Bezug auf die Frakturlokalisationen	94
5.3.2.6 Vergleich der AOFAS-Scores mit dem SF-12 Lebensqualitätfragebogen und der visuellen Analogskala nach Richter	95
5.3.3 FOA-Score nach Thordarson	96
5.3.4 CFSS-Score nach Kerr	97
5.3.5 Korrelation des Zwipp-Scores mit der visuellen Analogskala nach Richter, dem SF-12 Fragebogen zum Gesundheitszustand und den Nachuntersuchungsscores	98

## Inhaltsverzeichnis

5.3.6 Vergleich der subjektiven Lebensqualität bei den Patienten in Bezug auf die Frakturschwere und den Weichteilschaden	99
5.3.7 Vergleich der subjektiven Lebensqualität von Patienten, die sich die komplexe Fußverletzung im Rahmen eines Polytraumas zugezogen und Patienten mit keinen oder geringen Begleitverletzungen	102
5.3.8 Vergleiche der subjektiven Lebensqualität von Patienten mit aufgetretenem Kompartmentsyndrom und mit Patienten, bei denen kein Kompartmentsyndrom aufgetreten war	103
5.3.9 Vergleiche von subjektiven Outcome-Parametern von Patienten mit Fußerhalt gegenüber den Patienten mit primärer oder sekundärer Amputation	104
5.4. Konventionelle Röntgenuntersuchung	105
5.4.1 Ermittelte Winkel und Achsen	105
5.4.1.1 Ermittelte Winkel und Achsen in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation	105
5.4.2 Arthrosen	107
5.4.2.1 Vergleich der Arthrosen mit den Frakturlokalisationen	108
5.4.2.2 Korrelation der Arthrosen mit den Frakturlokalisationen	110
5.4.3 Weitere Auswertungen	111
5.4.4 Unterschiede der Lebensqualität-Parameter in Bezug auf die Arthrosetärke	112
5.4.5 Score zur Röntgen-Auswertung	113
5.4.5 Vergleich des Scores zur Röntgenauswertung mit den Scores der AOFAS, SF 12 Summenskalen und visuellen Analogskalen nach Richter	114
5.5 Dynamische Pedographie	115
5.5.1 Belastungen einzelner Fußregionen	115
5.5.1.1 Belastungen einzelner Fußregionen in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation	116
5.5.1.2 Vergleich der Drücke und Impuls in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen in den jeweiligen Fußregionen	117
5.5.1.3 Belastungen einzelner Fußregionen in Abhängigkeit von radiologisch festgestellten Veränderungen am Fußskelett	118
5.5.2 Ganglinien	119
5.5.2.1 Abweichungen der Ganglinien in Bezug auf die Frakturlokalisationen	120
5.5.2.2 Vergleich der Abweichungen der Ganglinien in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen	121
5.5.2.3 Abweichungen der Ganglinien in Bezug auf radiologisch festgestellte Veränderungen am Fußskelett	121

## Inhaltsverzeichnis

5.5.3 Zyklogramme	122
5.5.3.1 Abweichung des Zyklogramms vom Mittelpunkt in Bezug auf die Frakturlokalisationen	122
5.5.3.2 Vergleich der Abweichungen der Zyklogramme in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen	123
5.5.3.3 Abweichung des Zyklogramms vom Mittelpunkt in Bezug auf radiologisch festgestellte Veränderungen am Fußskelett	124
5.5.4 Kontaktzeiten	124
5.5.4.1 Abweichung der Kontaktzeiten in Abhängigkeit von den Frakturlokalisationen	125
5.5.4.2 Abweichung der Kontaktzeiten in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen	125
5.5.4.3 Abweichung der Kontaktzeiten in Abhängigkeit der Arthrosen	126
5.5.5 Pedographie-Score	127
5.5.7 Vergleich des Pedographie-Scores mit den Scores der AOFAS, SF 12 Summenskalen und visuellen Analogskalen nach Richter	128
5.6. Orthopädische Schuhversorgung	129
5.6.1 Beurteilung der Einlagen und Orthopädischen Schuhe im Rahmen der Nachuntersuchung	129
5.6.2 Fragebogen zur Orthopädischen Schuhversorgung	130
<b>6 Diskussion</b>	
6.1 Studiendesign und Patienten	132
6.2 Verletzungen und ihre Ursachen	134
6.2.1 Knöcherne Verletzungen	134
6.2.2 Verletzungen im Rahmen von Polytraumata	135
6.2.3 Verletzungen der Weichteile	136
6.2.4 Komplikationen	137
6.2.5 Kompartmentsyndrome	139
6.2.6 Korrektur Eingriffe	140
6.2.7 Amputationen	141
6.3 Subjektives Behandlungsergebnis	142
6.3.1 Visuelle Analogskala	142
6.3.2 SF-12 Gesundheitsfragebogen	144
6.3.3 Beruf und Freizeit	146
6.4 Funktionelles Behandlungsergebnis	148
6.4.1 Nachuntersuchungsergebnisse	148



## Inhaltsverzeichnis

6.4.1.1 Fußfehlstellungen	149
6.4.1.2 Fußfehlstellungen in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation	150
6.4.1.3 Fußfehlstellungen nach Kompartmentsyndromen	151
6.4.2 AOFAS-, FOA- und CFSS-Scores	152
6.4.2.1 AOFAS-Score	152
6.4.2.2 FOA- und CFSS-Score	155
6.5 Lebensqualität in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere, dem Vorliegen von Polytraumata, dem Auftreten von Kompartmentsyndromen sowie nach Amputationen	157
6.5.1 Lebensqualität nach Polytraumata	157
6.5.2 Lebensqualität nach Kompartmentsyndromen	158
6.5.3 Lebensqualität nach Amputationen	159
6.6 Röntgenauswertung	161
6.6.1 Röntgenologisch festgestellte Fehlstellungen	162
6.6.2 Arthrosen	162
6.6.3 Lebensqualität in Abhängigkeit von Arthrosen	164
6.7 Pedographiewertung	166
6.7.1 Abhängigkeit der Maximalbelastungszonen von der Frakturlokalisation	167
6.7.2 Gangveränderungen in Abhängigkeit vom Verletzungsmuster	168
6.8 Orthopädische Hilfsmittel	172
<b>7 Zusammenfassung</b>	175
<b>8 Literaturverzeichnis</b>	178
<b>9 Abbildungsverzeichnis</b>	193
<b>10 Tabellenverzeichnis</b>	199
<b>11 Anhang</b>	
11.1 Tabellenanlagen	208
11.1.1 Ergebnisse der Visuellen Analogskala nach Richter	208
11.1.2 Ergebnisse des SF-12 Lebensqualität-Fragebogens	210
11.1.3 Fußfehlstellungen in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation	212
11.1.4 Röntgen-Auswertung	214
11.1.4.1 Röntgenologisch bestimmt Winkel und Achsen	214
11.1.5 Arthrosen	215
11.1.6 Baropodographie	216
11.1.6.1 Durchschnittliche Stärken der Seitenabweichungen	216

## Inhaltsverzeichnis

11.1.6.2 Durchschnittliche Seitenabweichungen in Abhängigkeit von der Fraktur-Lokalisation	217
11.1.6.3 Durchschnittliche Seitenabweichungen in Abhängigkeit vom Vorliegen von Arthrosen	218
11.1.6.4 Abweichungen der Ganglinien, Zyklogramme und Kontaktzeiten	221
11.1.6.4.1 In Abhängigkeit von Frakturen	221
11.1.6.4.2 Abweichungen in Abhängigkeit von der Arthrosetärke	222
11.2 Anschreiben	224
11.3 Fragebogen	225

## Abkürzungsverzeichnis

AO	-	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
AOFAS	-	American Orthopaedic Foot and Ankle Society
a.p.	-	anterior-posterior (bei Röntgenaufnahmen verwendet)
bzw.	-	beziehungsweise
CFSS	-	Calcaneal Fractures Scoring System
CT	-	Computertomographie
FOA	-	Functional Outcome Assessment Score
GZG	-	Großzehengrundgelenk
IQR	-	Interquartilsbereich (Interquartilsratio)
ISS	-	Injury Severity Score
MCS	-	psychische Summenskala des SF-12
MRT	-	Magnetresonanztomographie
MT	-	Os metatarsale
OSG	-	Oberes Sprunggelenk
PCS	-	körperliche Summenskala des SF-12
PTS	-	Polytrauma-Schlüssel
SD	-	Standardabweichung
SF-12	-	Short-Form-12 Gesundheitsfragebogen
USG	-	Unteres Sprunggelenk
US	-	Unterschenkel
VAS	-	Visuelle Analogskala nach Richter
z.B.	-	zum Beispiel
ZG	-	Zehengelenke
Z.n.	-	Zustand nach

## 1 Einleitung

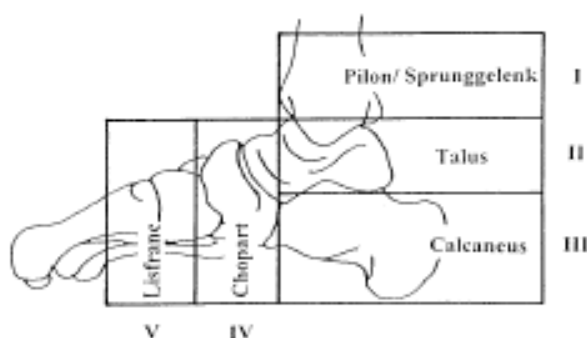
„Ein schöner Fuß ist eine große Gabe der Natur. Diese Anmut ist unverwüstlich.“ Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), Die Wahlverwandtschaften I, 11.

Der Fuß verhilft dem Menschen zur Gehfähigkeit, Arbeitsfähigkeit sowie Sportfähigkeit. Der Mensch möchte bei jeder Tätigkeit „normales“ Schuhwerk tragen können und der Fuß soll natürlich aussehen. Nach Verletzungen des Fußes besteht der Anspruch wieder schmerzfrei gehen zu können. Daher müssen operative Prinzipien nach Fußverletzungen danach ausgerichtet sein, die Funktionalität des Fußes wiederherzustellen (Zwipp 1994).

Ein häufiges Verletzungsmuster im Rahmen von Polytraumata oder Stürzen aus großer Höhe (Zwipp 1997) sowie nach Bary-Traumata mit direkter lokaler Krafteinwirkung (Boack 2007) sind komplexe Fußverletzungen. Diese schwerwiegenden Verletzungen werden oftmals beim polytraumatisierten und/oder bewusstlosen Patienten aufgrund augenscheinlicherer oder lebensbedrohlicher („life before limb“) Verletzungen im Rahmen der klinischen Untersuchung übersehen oder unterschätzt (Rammelt 2005).

Bisher gibt es wenige Klassifikationen dieser Verletzungen, die ihre Schwere bewerten und die Entscheidung zwischen Wiederherstellung oder Amputation erleichtern (Rammelt 2005).

Um die entsprechend notwendigen Therapieentscheidungen zur Wiederherstellung der anatomischen Strukturen nach komplexen Fußverletzungen treffen zu können, führte Zwipp eine Klassifikation ein. 1997 wurde das 5-Punkte-System zur Klassifikation komplexer Fußverletzungen vorgestellt.



	Punkte
a Luxation/Fraktur Ebene I-V	1-5
b Offene/geschlossene Luxation/ Fraktur (1.-3.°) Überrolltrauma/subtotale Amputation (4.°)	1-4
c Kombination von a + b: Minimum	5

Abb. 1 (links): Dargestellt ist die Einteilung des Fußes in die Bereiche Pilon/Sprunggelenk, Talus, Calcaneus, Chopart und Lisfranc zur Errechnung des Zipp-Scores. Abb. 2 (rechts): Dargestellt ist die Punktwertverteilung nach Verteilung der Frakturen sowie Weichteilverletzung. Unterschieden wird zudem zwischen Vorliegen eines Überrolltraumas und einer subtotalen Amputation. Es dient der Berechnung des Zipp-Scores (Zwipp 1997).

## Einleitung

Wie in Abbildung 1 dargestellt wird der Fuß in die 5 Bereiche Pilon/Sprunggelenk, Talus, Calcaneus, Chopart- und Lisfranc-Gelenk eingeteilt. Man vergibt entsprechend dem Vorliegen von Frakturen in den jeweiligen Bereichen einen Punkt. Damit können für die Frakturen maximal 5 Punkte vergeben werden. Unterschieden wird zwischen offenen und geschlossenen Verletzungen (Abb. 2). Der Weichteilschaden wird mit maximal möglichen 4 Punkten dazu addiert. Ein komplexes Fußtrauma liegt laut Zwipp ab 5 Punkten vor (Zwipp 1997).

Durch die komplexe Anatomie und die hohe Beanspruchung des Fußes sowie der verhältnismäßig häufigen Gelenkbeteiligungen bei Fußverletzungen ist die operative Versorgung schwierig. Es ergeben sich oft als Folge posttraumatische arthrotische und/oder pseudoarthrotische Zustände (Zwipp 1994; Partenheimer 2009). Ein weiteres Problem stellt die teilweise dünne Weichteildeckung am Fuß dar (Heppert 2001; Partenheimer 2009). Daher ist eine frühzeitige Weichteildeckung erforderlich (Zwipp 1997). Akute Kompartmentsyndrome stellen nach der tiefen Beinvenenthrombose die zweithäufigsten Frakturkomplikationen dar (Jäger 2008). Sie können Fehlstellungen wie Bewegungseinschränkungen der Zehen, Fehlstellungen und Sensibilitätsstörungen des Fußes bedingen (Swoboda 1991; Zwipp 2008). Rekonstruktive Spätversorgungen führen oft zu einem unbefriedigenden Ergebnis und mindern die Lebensqualität (Zwipp 1997; Giannoudis 2002).

Im Rahmen der prospektiven Querschnittsstudie „Lebensqualität nach komplexen Fußverletzungen“ wurde das funktionelle und subjektive Behandlungsergebnis untersucht. Ziel war es, die Lebensqualität in Bezug auf Beruf und Freizeit der Patienten sowie die Behandlungsergebnisse aus klinischer, röntgenologischer und baropodographischer Sicht nach komplexen Fußverletzungen zu evaluieren.

## **Fragestellung**

**1) Welche Verletzungsmuster traten häufig im Rahmen komplexer Fußverletzungen auf?**

Welche Verletzungen traten häufiger im Rahmen eines Polytraumas auf?

Wie hoch ist die Komplikationsrate? Welche Korrektureingriffe waren notwendig?

Bei welchen Verletzungen trat häufiger ein Kompartmentsyndrom auf?

Wie viele Amputationen waren primäre und im Verlauf notwendig?

**2) Wie ist das subjektive Behandlungsergebnis?**

Wie zufrieden sind die Patienten mit dem Behandlungsergebnis?

Gibt es einen Zusammenhang zwischen den ermittelten VAS-Scores und der Verletzungsschwere?

Gibt es einen Zusammenhang zwischen den ermittelten SF12-Scores und der Verletzungsschwere?

Inwieweit fühlen sich die Patienten in Beruf und Freizeit eingeschränkt?

**3) Wie ist das funktionelle Behandlungsergebnis?**

Wie lassen sich die Ergebnisse der Nachuntersuchungen beurteilen?

Haben sich Fußfehlstellungen entwickelt?

Welche Fußfehlstellungen ließen sich bei Patienten, bei denen ein Kompartmentsyndrom auftrat, beobachten? Traten diese im Vergleich zu den Patienten ohne Kompartmentsyndrom häufiger auf?

**4) Wie lassen sich die Ergebnisse der AOFAS und FOA und CFSS beurteilen?**

Gibt es Korrelationen zwischen den ermittelten AOFAS-Scores und der Verletzungsschwere?

Lässt sich dem Zwipp-Score eine prognostische Aussagekraft zuordnen?

**5) Wie ist die Lebensqualität nach Polytraumata, Kompartmentsyndromen und Amputationen?**

Korreliert die Anzahl der Frakturen mit einem schlechteren Behandlungsergebnis?

Korreliert der Grad des Weichteilschadens mit einem schlechteren Ergebnis?

## Fragestellung

Wie unterscheidet sich die Lebensqualität bei Patienten, die die komplexe Fußverletzung im Rahmen eines Polytraumas entwickelt, von den Patienten mit keinen oder geringen Begleitverletzungen?

Wie unterscheidet sich die Lebensqualität bei den Patienten, die ein Kompartmentsyndrom entwickelten von denen ohne Kompartmentsyndrom?

Wie geht es den Patienten, bei denen Amputationen notwendig gewesen sind? Wie stark unterscheidet sich ihr Outcome von dem der Patienten mit Fußerhalt?

**6)** Lassen sich die Beeinträchtigungen der Patienten röntgenologisch nachvollziehen?

Wie sind die röntgenologisch bestimmten Behandlungsergebnisse?

Sind Veränderungen des Fußskeletts, im Sinne von Fußfehlstellungen, vorhanden? Lässt sich ein Bezug zu den Verletzungen herstellen?

Nach welchen Verletzungen traten Arthrosen auf und wo waren diese lokalisiert?

Wie stark bestimmen die Frakturfolgen wie zum Beispiel Arthrosen das Behandlungsergebnis?

**7)** Lassen sich die Beeinträchtigungen der Patienten pedographisch nachvollziehen?

Gibt es einen Zusammenhang zwischen den pedographisch bestimmten Maximalbelastungsbereichen und den Frakturlokalisationen?

Lassen sich über die Pedographien Gangveränderungen feststellen und validieren?

Welche Aussagekraft lässt sich dem Pedographie-Score zuordnen?

**8)** Wie gut ist die Versorgung mit orthopädischen Hilfsmitteln der Patienten?

Wie viele der nachuntersuchten Patienten sind auf ein orthopädisches Hilfsmittel angewiesen?

Bei wie vielen gab es Verbesserungsmöglichkeiten?

Wo liegen die Probleme der Versorgung mit orthopädischen Hilfsmitteln?

### 3 Grundlagen

#### 3.1 Einführung in die funktionelle Anatomie des Fußes

Der Fuß besteht aus 26 Knochen, welche durch Muskeln und Bänder geführt werden. Das Zusammenspiel der Gelenke, Knochen, Bänder, Sehnen und Muskeln ist entscheidend für die Funktion des Fußes (Kristen 2007). Anatomisch gesehen stellt der Fuß ein Stützelement dar (Appell 2008). Er wurde durch die Evolution dem aufrechten, menschlichen Gang angepasst (Niethard 2005) und trägt das ganze Gewicht des Körpers (Zwipp 1994). Die durchschnittliche Belastung des Fußes liegt bei 100000 Schritten je Tag. Besonders hohen Belastungen wird der Fuß durch Sport ausgesetzt (Kristen 2007).

Man unterscheidet drei funktionelle Abschnitte am Fuß (Zwipp 1994; Schünke 2005):

- 1) **Rückfuß** (gebildet aus Calcaneus und Talus)
- 2) **Mittelfuß** (gebildet aus dem Os cuboideum, dem Os naviculare, den Ossa cuneiforma und den Ossa metatarsi)
- 3) **Vorfuß** (gebildet aus den Grund-, Mittel- und Endphalangen).

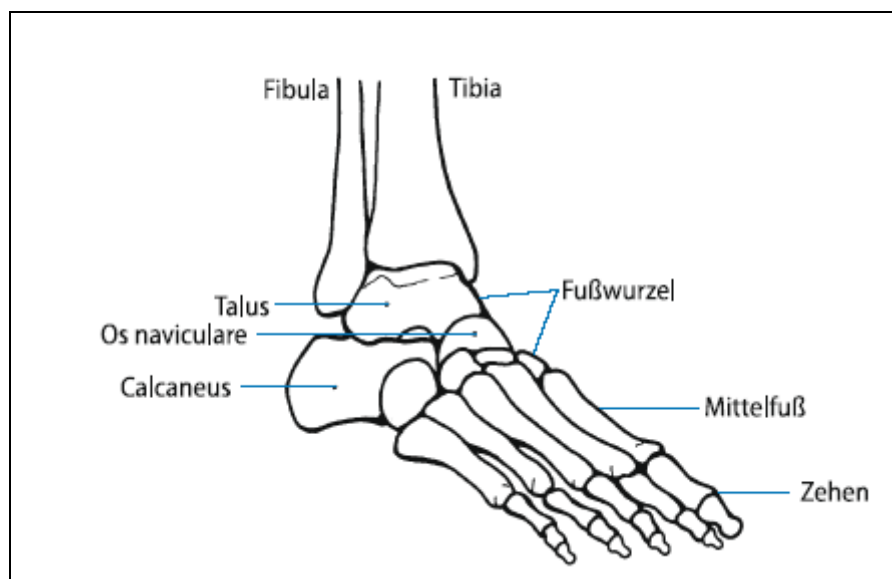


Abb. 3: Dargestellt ist der knöcherne Aufbau des Fußes. Quelle: (Appell 2008).

Der zweireihige Aufbau der Fußwurzelknochen ist im Gegensatz zur Hand nicht deutlich erkennbar. Die proximale Knochenreihe bilden der Talus und der Calcaneus. Das Os naviculare stellt den Übergang zur distalen Knochenreihe, welche durch die Ossa cuneiforme und das Os cuboideum gebildet wird, dar (Appell 2008).



Der detaillierte Aufbau des Fußskeletts ist nachfolgend dargestellt:

## Fußskelett

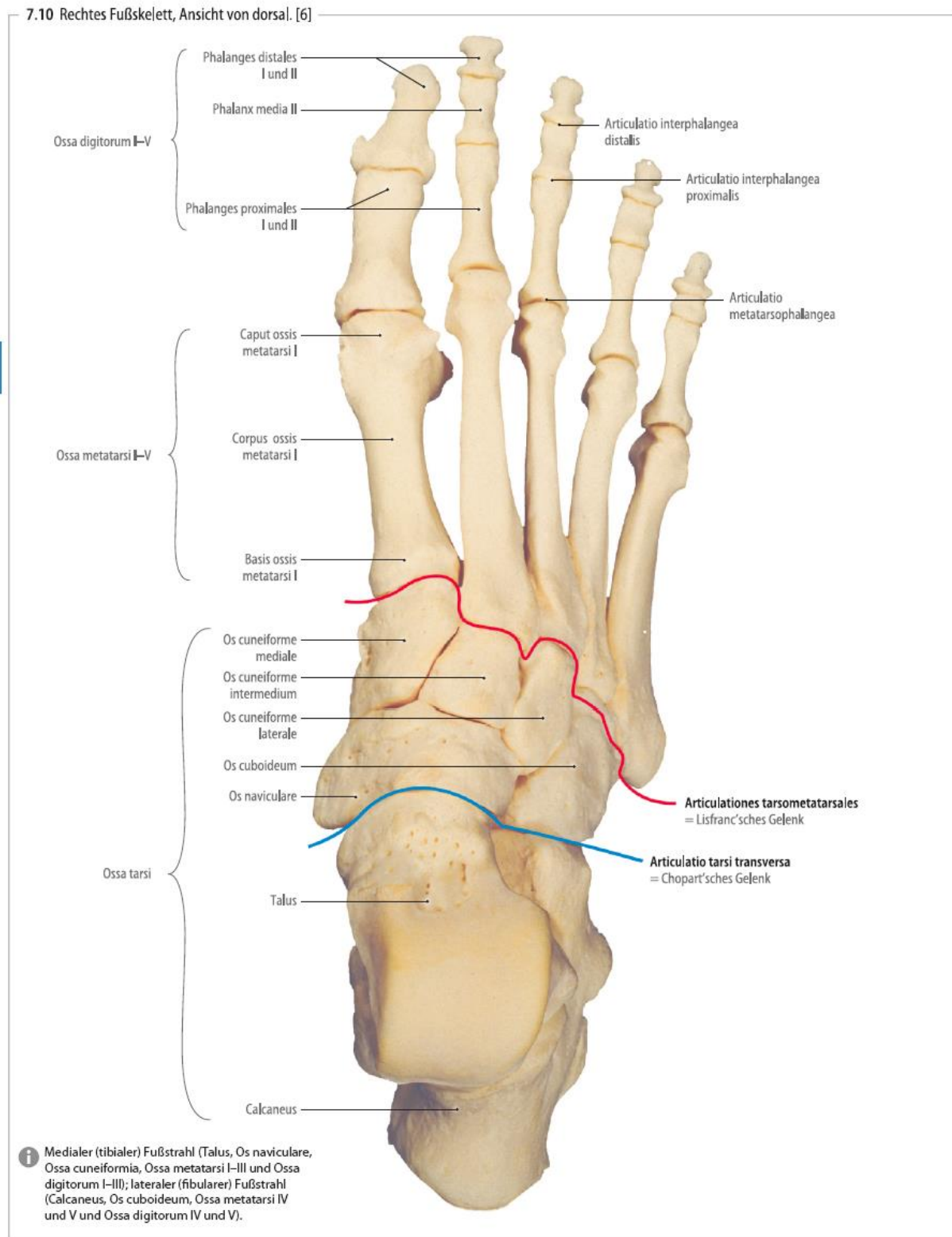


Abb. 4: Dargestellt ist ein rechtes Fußskelett, Ansicht von dorsal. Markiert sind die Lisfranc- und Chopart-Gelenklinie. Quelle: (Tillmann 2010).

## Grundlagen

Besonders am Aufbau des Fußes ist die Gewölbekonstruktion. Das Quergewölbe wird im Vorfuß zwischen dem 1. und 5. Strahl gebildet. Es ermöglicht ein Ausbalancieren in der Frontalebene, unterstützt wird es dabei muskulär durch den M. tibialis posterior und den M. peroneus longus. Das Ausbalancieren ist in der Abstoßungsphase beim Gang und beim Einbeinstand besonders wichtig (Zwipp 1994).

Das Längsgewölbe erstreckt sich zwischen Vor- und Rückfuß. Die passiven Verspannungsstrukturen des Längsgewölbes werden durch das Pfannenband (Lig. Calcaneonaviculare plantare), das Lig. plantare longum und die Plantaraponeurose gebildet (Schünke 2005). Im Wesentlichen spielen das untere Sprunggelenk und das Chopart-Gelenk bei der Anpassung des Fußes auf Bodenunebenheiten und bei der Abfederung von Stößen während des Gehens zusammen (Zwipp 1994).

Abbildung 5 zeigt die Unterstützungsflächen von Längs- und Quergewölbe. Der physiologische Fußabdruck ist grau unterlegt (Appell 2008):

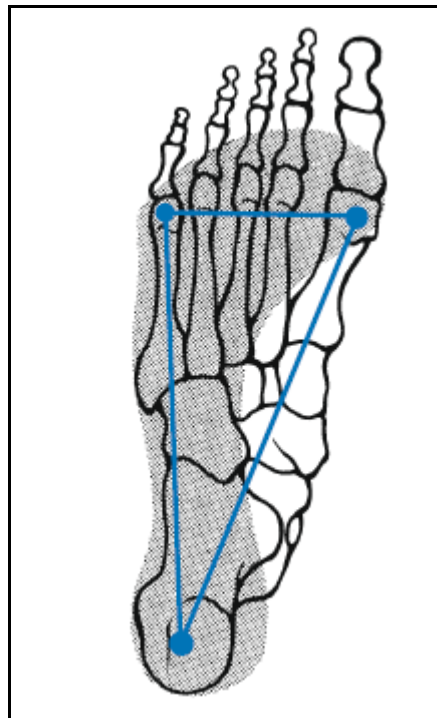


Abb. 5: Die Abbildung zeigt die Unterstützungsflächen des Längs- und Quergewölbes am Fuß. Dargestellt ist ein rechtes Fußskelett von ventral. Der physiologische Fußabdruck ist grau unterlegt. Quelle: (Appell 2008).

## Grundlagen

Die Fußgelenke bilden eine Funktionseinheit und ermöglichen eine limitierte Mobilität in allen Bewegungsrichtungen. Durch Verletzungen oder Arthrosen können Bewegungseinschränkungen auftreten. Betreffen diese das obere Sprunggelenk oder die Zehen, so ist die Abrollbewegung des Fußes beim Gehen beeinträchtigt. Einschränkungen des unteren Sprunggelenks oder des Mittelfußes (Chopart- und Lisfranc-Gelenk) führen zu Beeinträchtigungen beim Gehen auf unebenem Grund (Niethard 2005).

Am unbelasteten Fuß sind die Bewegungen im oberen und unteren Sprunggelenk sowie im Chopart- und Lisfranc-Gelenk kaum voneinander trennbar (Zwipp 1994).

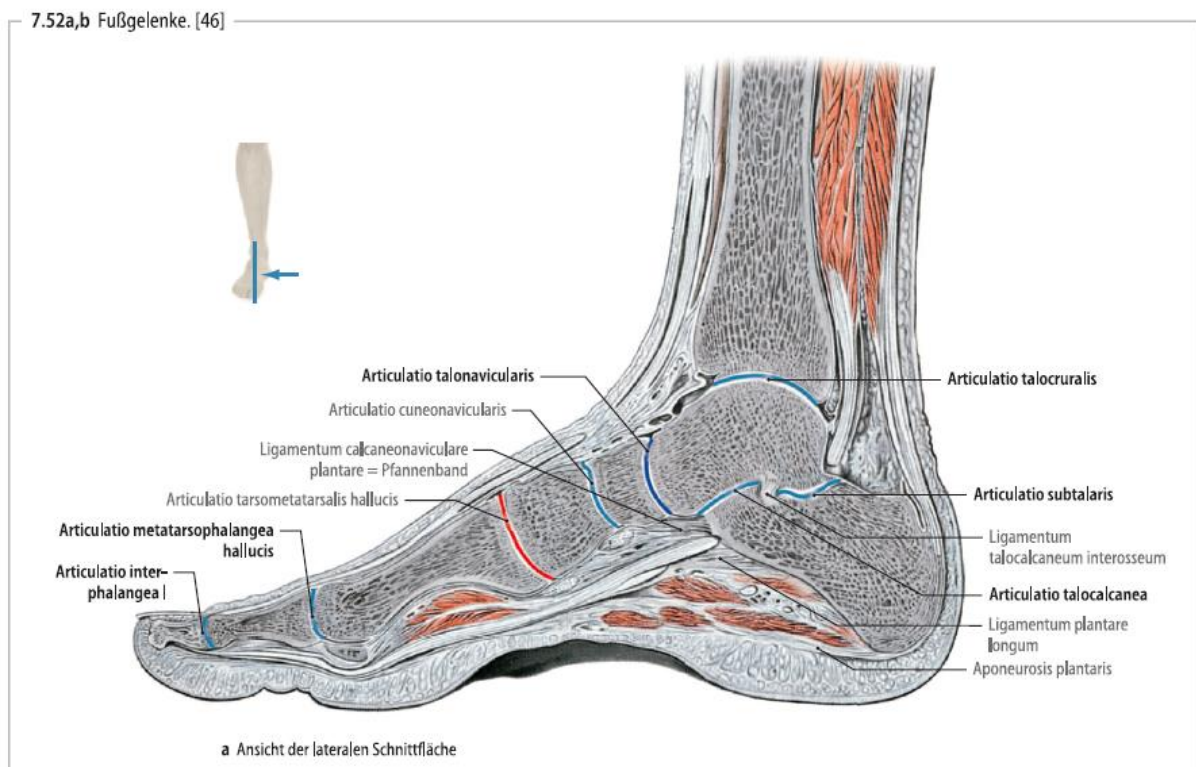


Abb. 6: Dargestellt sind die Gelenkflächen im Längsschnitt des Fußes. Quelle: (Tillmann 2010).

### 3.1.1 Das obere Sprunggelenk

Das obere Sprunggelenk ermöglicht die Extension und Flexion des Fußes (Zwipp 1994). Es wird durch die Tibia, die Fibula und den Talus gebildet. Die distalen Enden der Tibia und der Fibula bilden die sogenannte Malleolengabel, die den Talus einschließt. Dabei umgreift die distale Tibia zusätzlich den muskel- und sehnensansatzfreien Talus und führt ihn damit knöchern. Der Schluss der Malleolengabel wird durch die Syndesmose, eine kapsulär-ligamentäre Struktur, gewährleistet (Rammelt 2008; Rüter 2008).

Die Syndesmose stellt eine elastische Verbindung zwischen Tibia und Fibula dar. Bei der Dorsalextension des Fußes weicht sie auseinander und es kommt zu einer Rotation und Aszension der Tibia (Rüter 2008).

Das obere Sprunggelenk ist entscheidend für die aufrechte Körperhaltung des Menschen (Schünke 2005).

### **3.1.2 Das untere Sprunggelenk**

Das untere Sprunggelenk ermöglicht die Inversion und Eversion des Fußes (Zwipp 1994). Es wird durch den Talus, den Calcaneus und das Os naviculare gebildet. Man unterscheidet eine hintere (Subtalargelenk) und eine vordere Gelenkkammer (Talocalcaneonavicular-Gelenk). Durch das Lig. Talocalcaneum interosseum werden beide Kammern voneinander getrennt (Schünke 2005).

### **3.1.3 Die Gelenke des Mittelfußes**

Durch das Chopart- und Lisfranc-Gelenk ist die Pro- und Supination des Fußes möglich (Schünke 2005). Es bestehen Amphiarthrosen zwischen den distalen Fußwurzelknochenreihen und den Mittelfußknochen. Aufgrund der straffen Bandsicherung sind diese zwar elastisch, lassen aber kaum Bewegungen zu (Appell 2008).

#### **3.1.3.1 Das Chopart-Gelenk**

Das Chopart-Gelenk besteht aus dem Calcaneocuboidalgelenk und dem Talonaviculargelenk. Ersteres ist bei der Hälfte der Calcaneusfrakturen mitbetroffen. Es hat eine starke kapsuloligamentäre Führung, deshalb müssen extreme Kräfte auf den Fuß wirken um eine Luxation hervorzurufen (Zwipp 1994). Eine Verletzung des Calcaneocuboidalgelenks kann eine Verkürzung der lateralen Fußsäule zur Folge haben und zum Stabilitätsverlust des Fußes in der Abstoßungsphase des Ganges führen (Rüter 2008).

Das Talonaviculargelenk spielt die wichtigste Rolle für die Komplexbewegungen von Mittel- und Vorfuß. Die Einbettung des Talus an die konkave Gelenkfläche des Os naviculare wird durch das Lig. calcaneonaviculare verstärkt. Es ergibt sich daraus eine funktionelle Einheit, die man als „Acetabulum pedis“ bezeichnet (Rüter 2008).

### 3.1.3.2 Das Lisfranc-Gelenk

Das Lisfranc-Gelenk stellt eine Einheit zwischen den tarsalen und metatarsalen Knochen dar (Zwipp 1994). Es wird durch die Ossa cuneiforma, das Os cuboideum und durch die fünf Mittelfußknochen gebildet. Der zweite Strahl wird durch das Lig. lisfranc, das zum Os cuneiforme mediale läuft, zwischen den Ossa cuneiforma mediale und laterale stabilisiert (Rüter 2008). Dieser ist am stärksten mechanisch verklammert (Zwipp 1994). Die Basen der Mittelfußknochen II bis IV werden ebenfalls durch kräftige Bänder stabilisiert. Zwischen den Basen der 1. und 2. Mittelfußknochen befindet sich kein Band (Peicha 2002; Rüter 2008).

### 3.1.4 Die Metatarsale-Knochen

Die Metatarsale-Knochen stellen die Verbindung zwischen dem Tarsus und den Zehen dar. Es handelt sich dabei um 5 längliche Röhrenknochen, die miteinander ligamentär verbunden sind. Die distal verdickten Enden bilden jeweils die Metatarsaleköpfchen und bilden die metatarsophalangealen Gelenke (Beck 2008).

Der Metatarsale-1-Knochen ist durchgehend größer und kräftiger als die anderen Metatarsale-Knochen und setzt die torbogenförmige Verspannung des Metatarsus fort. Über ihn wird ungefähr ein Drittel des Körpergewichts abgefangen (Rüter 2008).

### 3.1.5 Die Zehen

Im Großzehengrundgelenk sind aktiv Extension und Flexion, in den Zehengelenken sind aktiv nur Flexionsbewegungen möglich (Schünke 2005). Die Zehenknochen bestehen aus den proximalen, medialen und distalen Phalangen, die durch die Articulationes interphalangeales pedis verbunden sind. Die Zehengrundgelenke werden durch die Mittelfußknochen und die proximalen Phalangen gebildet. Eine Besonderheit stellt die Großzehe dar, sie besteht nur aus der Grund- und der Endphalanx. Außerdem besitzt die Großzehe am Grundgelenk ein mediales und ein laterales Sesambein (Moll 2006). Gut verheilte Zehenfrakturen sind für das Gehen von Bedeutung, besonders die Großzehe spielt beim Abstoßvorgang eine große Rolle (Zwipp 1994).

### 3.2 Einführung in den menschlichen Gang

Beim Gehen ist die Dynamik des Fußes entscheidend. Mittlmeier (2005) bezeichnet den Gang als Produkt der bipedalen Fortbewegung des Menschen. Durch die in der Evolution erfolgte Aufrichtung verkleinerte sich die Fläche zum Abstützen, damit wurde die Balancefähigkeit des Fußes wichtiger.

Der Abrollvorgang des Fußes läuft folgendermaßen ab (Niethard 2005):

- 1) Aufsetzen der Ferse in leichter Varusstellung
- 2) Abrollen des Fußes über den Außenrand
- 3) Pronation des Fußes, Belastung Metatarsale-I-Köpfchen
- 4) Abstoßen der Zehen.

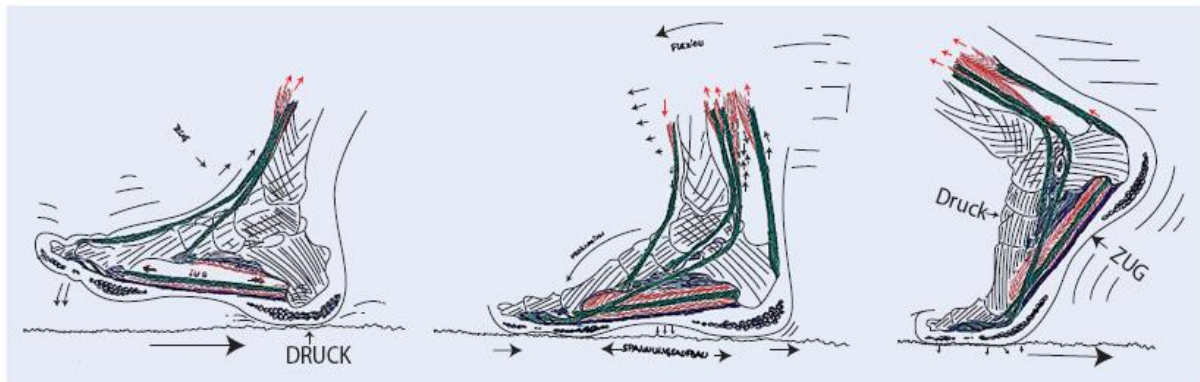


Abb. 7: Dargestellt ist der Abrollvorgang des Fußes während des Gehens. Quelle: (Kristen 2007).

Jedes Bein dient abwechselnd als Standbein oder Spielbein. Die Standphase macht 60% des Gangzyklus aus und umfasst den Zeitraum zwischen Aufsetzen der Ferse und Abstoßen der Zehen (Schünke 2005). Beim Gehen spielt die Muskulatur eine entscheidende Rolle. Beim Fersenauftritt sorgt der M. tibialis anterior für eine Tibiarotation nach innen. Dadurch wird verhindert, dass der Fuß platt auf dem Boden aufkommt. Es kommt zu einer Verspannung der Gewölbe um die Last abzufedern (Brunner 1996). Das Abstoßen der Zehen vom Boden wird durch den M. triceps surae und die Plantarflexoren ermöglicht (Zwipp 1994).

Durch Alterungsprozesse und hohe Belastungen beim Gehen sowie beim Laufen oder beim Sport verändert sich der Fuß. Es kommt zur Verbreiterung des Fußes, zur Abflachung des Fußgewölbes, zur Reduzierung der Fettpolster an belasteten Regionen, zu Bewegungseinschränkungen der Gelenke und zum Nachlassen von Feinkoordination und Gleichgewichtsgefühlen. Einerseits sind solche Veränderungen physiologisch, andererseits können sie für Schmerzen und Funktionsverlust verantwortlich sein (Kristen 2007).

Gelenkbrüche, Bandverletzungen, Fußdeformitäten und eventuell notwendig gewordene Arthrodesen nehmen Einfluss auf den menschlichen Gang (Zwipp 1994).

### 3.3 Fußdeformitäten

Die wesentliche Gestaltung des Fußskeletts wird durch die Muskelfunktion der dort ansetzenden Unterschenkel- und Fußmuskulatur bestimmt. Die Fußmuskulatur hat dort ebenfalls ihren Ursprung. Am stärksten wird das Fußskelett während des Wachstums durch die zunehmende Stärke der Muskulatur beeinflusst (Niethard 2005).

Fallen einzelne oder mehrere Muskeln beispielsweise aufgrund von Lähmungen aus, können zum Teil ausgeprägte Fußdeformitäten unabhängig von angeborenen Deformitäten entstehen. Ein Beispiel stellt der Hängefuß (Fallfuß) dar. Dabei kann der Fuß aufgrund einer Lähmung der Extensoren des Fußes nicht aktiv gehoben werden (Niethard 2005).

Außerdem unterscheidet man bei posttraumatischen Fußdeformitäten zwischen (Zwipp 1994; Niethard 2005):

#### Spitzfuß (Pes equinus)

Beim Spitzfuß wird ein plantigrades Aufsetzen des Fußes durch den Fersenhochstand verhindert. Funktionell-anatomisch entspricht es einer Beugekontraktur im oberen Sprunggelenk. Am häufigsten tritt diese Deformität bei der Zentralparese auf. Außerdem kann ein Spitzfuß nach Verbänden am Fuß über längere Zeit oder lange Nicht-Belastung des Fußes entstehen (Zwipp 1994; Niethard 2005). Ausschlaggebend ist hierbei die Verkürzung der Achillessehne (Niethard 2005) und das Übergewicht der Plantarflexoren (Zwipp 1994). Ein Spitzfuß kann beispielsweise nach einem Kompartmentsyndrom auftreten. Operativ empfiehlt sich eine Achillessehnenverlängerung (Zwipp 1994).

#### Hackenfuß (Pes calcaneus)

Durch Ausfall der Wadenmuskulatur, beispielsweise durch Schädigung des N. tibialis oder Achillessehnendurchtrennung, kann es zu einer Steilstellung der Ferse kommen (Niethard 2005).

#### Sichelfuß (Pes adductus)

Beim Sichelfuß kommt es zu einer vermehrten Adduktion des Mittelfußes und der Zehen. Die Ausprägung kann konstitutionell bedingt sein. Außerdem kann ein Sichelfuß als Restdeformität nach Klumpfußoperationen verbleiben (Niethard 2005).

### Hohlfuß (Pes cavus)

Bei Verstärkung des Fußlängsgewölbes kommt es zum Hohlfuß (Niethard 2005). Pathophysiologisch führt ein abgeschwächter M. triceps surae zu einer verminderten Fähigkeit die Ferse vom Boden abzuheben. Dem entgegenwirkend arbeiten die Musculi flexor digitorum longus, flexor hallucis longus, tibialis posterior, peroneus longus und peroneus brevis verstärkt. Folglich kommt es zu einer verstärkten Zehenkontraktion und Plantarflexion im oberen Sprunggelenk (Zwipp 1994).

Ursachen dafür können Lähmungen der Fußbinnenmuskulatur sowie neurologische Systemerkrankungen wie eine Muskelatrophie sein (Niethard 2005). Ein Hohlfuß kann sich weiterhin nach Traumen mit Kompartmentsyndrom des Fußes, Infektionen und bei Fibromatosis plantaris (Morbus Ledderhose) auftreten (Zwipp 1994).

### Knickfuß (Pes valgus), Senkfuß/Plattfuß (Pes planus)

Von einem Knickfuß spricht man bei einer valgischen Stellung des Rückfußes. Von einem Senkfuß/Plattfuß spricht man, wenn das Längsgewölbe abgesenkt ist. Beide Fußdeformitäten treten oft kombiniert auf, man spricht in dem Fall von einem Pes plano-valgus. Die Ursache ist die Statik. Durch Insuffizienz des aktiven und passiven Halteapparates des Fußes beim Gehen oder Stehen kommt es zu diesen Fehlstellungen (Niethard 2005). Posttraumatisch kann der Knick-Plattfuß nach Frakturen, Luxationen oder der Sehnenruptur der M. tibialis-posterior-Sehen auftreten. Weiterhin ist eine entzündliche Ursache zum Beispiel bei metabolischen Krankheiten (Charcot-Fuß oder Diabetes mellitus) möglich (Zwipp 1994).

### Klumpfuß (Pes equinovarus, excavatus et adductus)

Bei dieser komplexen Fußdeformität liegen Spitzfuß, Supinationsstellung des Calcaneus, Hohlfuß und Sichelfuß vor. Der Klumpfuß kann idiopathisch oder sekundär auftreten. Die sekundäre Form kann zum Beispiel durch Lähmung der Nervenwurzeln L3 oder L4 entstehen. Entscheidend für die Ausprägung eines sekundären Klumpfußes ist der M. tibialis posterior (Niethard 2005).

Weiterhin kann sekundär ein Klumpfuß zum Beispiel nach Kompartmentsyndrom auftreten. Korrigierbar ist diese Fehlstellung durch eine Triple-Arthrodeese im unteren Sprunggelenk (Zwipp 1994).



### Spreizfuß (Pes transverso-planus)

Durch Absenkung des Fußquergewölbes aufgrund von endogenen Faktoren, Übergewicht oder unzureichendem Schuhwerk kann sich ein Spreizfuß entwickeln, es handelt sich dabei um degenerative Fußveränderungen (Kristen 2007). Meist als Folge durch das Auftreten oder als Begleiterscheinung eines Spreizfußes oder Knick-Platt-Fußes entsteht ein Hallux valgus. Dabei kommt es zu einer lateralen Abweichung der Großzehe bei varischer Stellung des Os metatarsale I (Zwipp 1994; Niethard 2005).

### Hammer- und Krallenzehen

Beide Fehlstellungen treten häufig begleitend zum Hallux valgus bzw. Spreiz- und Hohlfuß auf. Bei der Hammerzehe ist das Grundgelenk gestreckt und das Endgelenk gebeugt. Bei der Krallenzehe bestehen gebeugte Mittel- und Endgelenke, das Grundgelenk ist überstreckt (Niethard 2005). Diese Fehlstellungen treten gehäuft nach Kompartmentsyndromen oder durch traumatische Nervenlähmungen auf (Zwipp 1994).

Orthopädische Hilfsmittel wie Schuhzurichtungen und Einlagen werden bei Erwachsenen zur Abstützung oder bei schmerzhaft vermehrter Druckbelastung als Entlastung verordnet (Rabenseiftner 1981). Beispielsweise ist eine Abstützung des Längs- und Quergewölbes bei einem Knick-Platt-Fuß erforderlich (Zwipp 1994). Thordarson (2000) und Mirzashashi (2012) beschrieben die konservative Therapie des Hallux valgus mit einer Nachtlagerungsschiene.

Die operative Therapie umfasst Gelenkversteifungen wie zum Beispiel die häufig durchgeführte Triple-Arthrodesse (Hintermann 2001; Olms 2005). Dabei wird durch Keilentnahme an den Gelenkflächen des Talus, Calcaneus, Cuboid sowie Naviculare und Rotation des Vorfußes die Fußdeformität korrigiert.

Beim Spitz- und Hohl-Fuß kann eine standardisierte Resektionsosteotomie in Höhe des Rück- und Mittelfußes beispielsweise die Fußdeformität beseitigen. Außerdem ist eine Verlängerung der Achillessehne und der Sehne des M. tibialis posterior sowie Durchtrennung der Sehnen der Mm. flexor hallucis longus und flexor digitorum longus mit dorsaler Kapsulotomie des oberen Sprunggelenks möglich. Die Indikation zu diesem Eingriff ist eine Spitzfußstellung bis zu 20° und ein Rückfußvarus bis 5° (Dávid 1997). Zur Stellungskorrektur eines Hallux valgus kann laut Zwipp (1994) und Niethard (2005) eine Osteotomie des Os metatarsale I vorgenommen werden.

### 3.4 Einführungen in Fußverletzungen und ihre operative Versorgung

Das Ziel der Rekonstruktion nach komplexem Fußtrauma ist die Wiederherstellung eines plantigraden Fußes mit einer entsprechend guten Weichteildeckung, einer intakten Sohle und einem ausreichendem Bewegungsumfang (Zwipp 1994). Schlechte funktionelle Ergebnisse werden vor allem bei polytraumatisierten Patienten beobachtet (Brenner 2001).

Beim polytraumatisierten und/oder bewusstlosen Patienten werden Fußverletzungen oft aufgrund augenscheinlicherer oder lebensbedrohlicher („life before limb“) Verletzungen in der klinischen Untersuchung übersehen (Rammelt 2005). Im Rahmen der Schockraumphase und Stabilisierung des Patienten ist die Festlegung einer prioritätenorientierten (operativen) Behandlungsstrategie unter Berücksichtigung des Verletzungsmusters und des Patientenzustandes entscheidend für den weiteren Verlauf (Haas 2007). Die Indikation zur Röntgendiagnostik wird aufgrund von klinischem Verdacht gestellt. Beim Polytrauma-CT können geschlossene Fußverletzungen leicht entgehen, da die Extremitäten nicht komplett abgebildet werden (Rammelt 2005). Die klinische Untersuchung gibt weiterhin nicht immer auf Frakturen hindeutende Befunde (Pehle 2006). 50% der übersehenen Verletzungen betreffen den Fuß (Ochman 2011). Dies kann zur inadäquaten Versorgung des Fußes führen. Die Wiederherstellung eines vollfunktionsfähigen Fußes darf allerdings nicht vernachlässigt werden, da die Spätfolgen nach Fußverletzungen die Invaliditätsraten bestimmen. Deswegen sind wiederholte klinische Funktionsprüfungen und das Achten auf pathognomische Frakturzeichen wichtig. Können über die Röntgenbilder Frakturen nicht sicher ausgeschlossen werden, so sollte großzügig die Indikation zur Computertomographie gestellt werden (Rammelt 2005). Die posttraumatischen Fußschäden nach Polytrauma bedingen die Dauerschäden (Metak 1994) und hohe Invaliditätsraten (Zwipp 1994; Zwipp 1997; Rammelt 2005).

Üblich ist die Beurteilung des Gesamtsverletzungsbildes anhand des „Mangled Extremity Severity Scores (MESS)“ und des „NISSA-Scores“. Der MESS beurteilt den Weichteilschaden nach der Verletzungsart, der Ischämie, dem Vorliegen eines Schocks und dem Alter des Patienten. Der NISSA-Score erhielt seinen Namen über die Anfangsbuchstaben der betrachteten Kriterien des Weichteilschadens. Er steht für: Nervenverletzung, Ischämie, Weichteilverletzung, Skelettverletzung, Schock und Alter des Patienten (McNamara 1994).

Weiterhin wird die „Hannover Fracture Scale“ zur Beurteilung der Verletzungsschwere verwendet. Dabei werden der Frakturtyp und gegebenenfalls der Knochenverlust, die Weichteile, die Durchblutung, die Nerven, die Kontamination sowie die Begleitverletzungen beurteilt. Falls der Weichteilscore größer 2 ist, wird die vergangene Zeit bis zum Operationsbeginn mit einbezogen (Seekamp 2001).

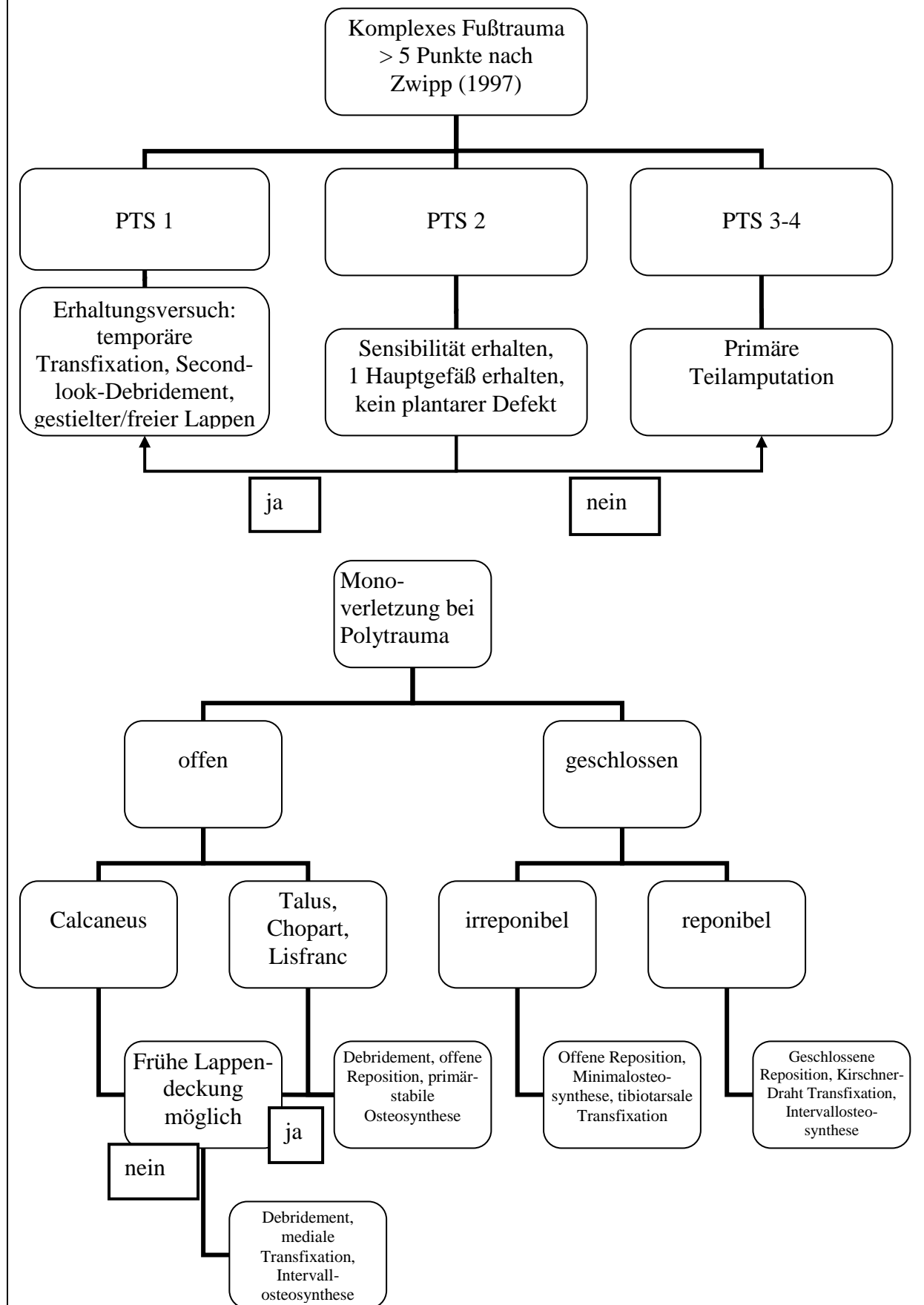
Zur Einteilung von Frakturen hat die Arbeitsgruppe für Osteosynthese (AO) einen Algorithmus entwickelt. Im ersten Schritt wird die Kodierung für den Knochen und das Segment festgelegt, danach die Fraktur typisiert und im dritten Schritt eine Einteilung nach Schweregrad und Prognose vorgenommen (Rüter 2008).

Die notfallmäßige Versorgung von Fußverletzungen erfolgt auch beim polytraumatisierten Patienten bei Vorliegen von offenen Verletzungen, Gefäß- und Nervenverletzungen, einem Kompartmentsyndrom des Fußes sowie bei geschlossenen Frakturen mit einem erheblichen Fragmentdruck auf die Weichteile, zum Beispiel bei Lisfranc- und Chopart-Luxationen (Ochman 2011). Weiterhin besteht die Gefahr der avaskulären Knochennekrose bei Luxationen des Talus und Calcaneus sowie auch geringergradig des Os naviculare (Rammelt 2005; Haas 2007). Bei allen schweren Verletzungen des Fußes sind die „Second-look-“ und die „Third-look-Operationen“ für das Vorgehen entscheidend. Die Second-look-Operation erfolgt innerhalb von 12 bis 48 Stunden. Hierbei wird ein radikales Debridement durchgeführt. Außerdem wird die Entscheidung zur Teilamputation oder zur sehr frühen freien Lappenplastik getroffen. Die Entscheidung wird in der Third-look-Operation umgesetzt, welche nach 48 bis 72 Stunden erfolgt (Zwipp 1997).

Um lange Operationszeiten mit Auskühlungsgefahr beispielsweise schwer verletzter Patienten zu vermeiden, sollte man eine geschlossene Reposition und eine temporäre, minimal-invasive Stabilisierung mittels Kirschner-Drähten oder Fixateur externe anstreben (Pfeil 2000). Die Zugangswahl sollte sich nach der sekundären, definitiven operativen Frakturversorgung richten (Rammelt 2005).

Ein Algorithmus zum Vorgehen bei Patienten mit komplexen Fußtraumata und/ oder polytraumatisierten Patienten, wurde von Randt und Zwipp (1998) entwickelt (Abb. 8). Das Schema zeigt einerseits das Vorgehen bei Vorliegen einer komplexen Fußverletzung in Abhängigkeit der Schwere der Begleitverletzungen. Andererseits ist das Vorgehen bei Monoverletzungen des Fußes beim Polytraumatisierten dargestellt. Zu Grunde gelegt wurde die Hannover Polytrauma Scale (Zwipp 1994). Der Standard zur Beurteilung von Schwerstverletzten ist der ISS - der Injury Severity Score (Baker 1974).

Abb. 8: Algorithmus der Notfallbehandlung schwerer Fußverletzungen beim Polytrauma nach Randt und Zwipp (1998). PTS= Hannover Polytrauma Schlüssel.



### **3.4.1 Knöcherne Verletzungen**

#### **3.4.1.1 Verletzungen des distalen Unterschenkels**

Solche Verletzungen entstehen durch axiale Stauchung von Fuß und Unterschenkel beispielsweise bei Stürzen aus großer Höhe oder Auffahrunfällen (Streicher 2008). Schwerste Zerstörungen des distalen Unterschenkels treten zum Beispiel nach Quetschungen durch Überrolltraumen auf (Rüter 2008).

Hinweise für die Fraktur sind Schmerz, Schwellung und Gehunfähigkeit. Bei der klinischen Untersuchung sollte der Weichteilschaden, der Schwellungszustand sowie die periphere Gefäß- und Nervenversorgung betrachtet werden (Streicher 2008). Man unterscheidet zwischen Rotations- und Kompressionsbrüchen des distalen Unterschenkels. Rotationsbrüche entstehen meist bei Freizeitaktivitäten wie dem Skifahren und werden den Malleolarfrakturen zugeordnet (Hahn 2002). Kompressionsbrüche entstehen häufig durch Hochrasanztraumen, man spricht von Pilon tibiale-Frakturen (Hahn 2002). Bis zu ein Viertel der Unterschenkelfrakturen sind offene Frakturen, dies ist auf die geringe Weichteilüberdeckung zurückzuführen (Streicher 2008).

Die notwendige Bildgebung umfasst Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen, zur Beurteilung der Gelenkflächen ist gegebenenfalls ein CT oder MRT empfehlenswert. Die Einteilung der Frakturen erfolgt anhand der AO-Klassifikation (Rüter 2008; Streicher 2008).

Bei Verdacht auf Gefäßverletzungen ist eine Doppler-Sonographie sinnvoll. Knorpelverletzungen am Talus lassen sich intraoperativ gut beurteilen (Rüter 2008; Streicher 2008).

Grobe Fehlstellungen sollten auch bei Schwerverletzten zügig reponiert werden. Zur vorübergehenden Stabilisierung eignet sich entweder eine Extension oder besser ein Fixateur externe mit Ausdehnung auf das Os metatarsale I. Die Reposition sollte nur soweit erfolgen, wie es der Weichteilschaden zulässt ohne dass Mikrozirkulationsstörungen entstehen (Rüter 2008; Streicher 2008).

Eine konservative Therapie ist bei nicht-dislozierten Stückfrakturen oder exakt reponierten supramalleolären Frakturen möglich. Es erfolgt die Ruhigstellung im Unterschenkelgips für 7 bis 8 Wochen, nach ca. 4 Wochen kann auf einen Geh-Gips gewechselt werden (Rüter 2008). Bei der operativen Gelenkrekonstruktion erfolgt die Osteosynthese der Fibula mittels einer kurzen Platte. Danach wird die Tibiagelenkfläche eventuell mit Spongiosaunterfütterung der knöchernen Defekte wiederhergestellt (Rüter 2008; Streicher 2008).

Die Osteosynthese der Tibia erfolgt mittels kanülierter Schrauben und einer distalen Tibiaplatte oder Pilonplatte, in der Regel mittels eines winkelstabilen Implantats. Falls die Übungsstabilität operativ nicht erreicht werden kann, kann die Anlage eines Hybridfixateurs erfolgen (Rüter 2008; Streicher 2008).

Komplikationen nach der Versorgung von Frakturen im Bereich des distalen Unterschenkels können Weichteilinfektionen und -nekrosen sowie Fehlstellungen sein. Bei Auftreten einer Arthrose im oberen Sprunggelenk können Folgeeingriffe und gegebenenfalls eine Versteifung notwendig werden (Rüter 2008; Zwipp 1994).

### **3.4.1.2 Frakturen des Pilon tibiale**

Ungefähr 7% aller Tibiafrakturen sind Pilon tibiale-Frakturen (Streicher 2008). Kompressionsbrüche der distalen Tibia entstehen durch Hochrasanztraumen und werden den Pilon tibiale-Frakturen zugeordnet (Hahn 2002; Endres 2003). Weiterhin kann es im Rahmen von Luxationsfrakturen des oberen Sprunggelenks zu Pilonstückfrakturen kommen (Streicher 2008).

Die Diagnostik von Frakturen des Pilon tibiale erfolgt über die Standard-Röntgen-Aufnahmen des oberen Sprunggelenks: anterior-posterior, posterior-anterior mit 15° Innenrotation sowie seitlich. Die Standard-Röntgen-Diagnostik muss durch eine Computertomographie ergänzt werden (Hahn 2002; Streicher 2008). Bei Verdacht auf Gefäßverletzungen ist eine Doppler-Sonographie, gegebenenfalls eine Angiographie notwendig (Hahn 2002; Streicher 2008; Dresing 2012).

Es gibt eine Klassifikation der Pilon tibiale-Frakturen nach Ruedi und Allgöwer (Ruedi 1969). Dabei wird zwischen einem einfachen Spaltbruch (Typ I), einem Bruch durch die Gelenkfläche mit Dislokation aber ohne Zertrümmerung (Typ II) sowie einem intraartikulärem Bruch mit erheblicher Gelenkzertrümmerung (Typ III) unterschieden. Heute erfolgt die Einteilung nach Kriterien der AO (Hahn 2002; Streicher 2008).

Bei dislozierten Gelenkfragmenten, Gelenkinstabilität, intolerablen Achsabweichungen und offenen Frakturen besteht die Indikation zur Operation. Über die Schnittebenen der Computertomographie kann die detaillierte Operationsplanung erfolgen (Hahn 2002; Dresing 2012).

Initial erfolgt die Stabilisierung über einen Fixateur externe sowie die offene Reposition (Endres 2003). Die klassischen Schritte der Osteosynthese nach Pilon tibiale-Frakturen umfassen die Osteosynthese der Fibula sowie die Wiederherstellung der Tibiagelenkfläche.

In einem zweiten Schritt erfolgt die Spongiosaunterfütterung von Defekten und die endgültige Osteosynthese der Tibia (Hahn 2002).

Konservativ erfolgt die Reposition der Fraktur in Allgemein- oder Lokalanästhesie, danach die Retention im gespaltenen Oberschenkelgipsverband (Hahn 2002). Die Ausbehandlung erfolgt über eine Orthese.

Im Rahmen der Nachbehandlung erfolgt eine krankengymnastische Beübung mit gegebenenfalls manueller Lymphdrainage (Hahn 2002).

Häufige Komplikationen sind oberflächliche bis hin zu tiefen Weichteilnekrosen und Infektionen (Hahn 2002; Endres 2003). Weiterhin besteht ein erhöhtes Risiko posttraumatischer Arthrosen.

### **3.4.1.3 Verletzungen des oberen Sprunggelenks**

Als Folge von Subluxationen/Luxationen der Talusrolle aus der Knöchelgabel können Malleolarfrakturen entstehen (Rüter 2008). Eine häufige Verletzungsursache sind Fehltritte oder Stürze. Bei stark dislozierten Luxationen sollte sofort eine notfallmäßige, geschlossene Reposition und anschließende Ruhigstellung erfolgen (Zwipp 1994). Sprunggelenksfrakturen sind die häufigsten Frakturen des menschlichen Skeletts (Rammelt 2008; Hoffmann 2011; Rammelt 2011).

Nach Lauge-Hausen werden entsprechend ihrer Entstehung vier Frakturformen unterschieden: Supinations-Eversions-Verletzungen, Supinations-Abduktions-Verletzungen, Pronations-Eversions-Verletzungen und Pronations-Abduktions-Verletzungen (Zwipp 1994; Rammelt 2008; Rüter 2008; Rammelt 2011).

Klinische Symptome bei Frakturen des oberen Sprunggelenks sind Schmerzen, Schwellungen, Hämatome und Deformitäten des Fußes. Bei der klinischen Untersuchung sollten die Palpation des proximalen tibio-fibularen Gelenks, des Verlaufs der Fibula mit seitlicher Kompression gegenüber der Tibia und die Untersuchung der vorderen Syndesmose erfolgen. (Rammelt 2008; Rüter 2008). Zur Diagnosestellung sind Röntgenaufnahmen des oberen Sprunggelenks in anterior-posterior und seitlich sowie Schrägaufnahmen zur Beurteilung knöcherner Bandausrisse sinnvoll (Braunschweig 2003). Im Zweifelsfall ist ein CT oder MRT beider Sprunggelenke erforderlich um subtile Fehlstellungen sowie Bandläsionen zu erkennen (Braunschweig 2003; Rammelt 2008). Nach dem Verlauf der Frakturlinie unterscheidet man verschiedene Frakturtypen nach Weber (Weber 1966).

Die Typ Weber A-Fraktur befindet sich auf Höhe des Außenknöchels oder distal des Gelenkspalts, die Syndesmose ist nicht mitbeteiligt. Die Weber B-Fraktur befindet sich auf Höhe der Syndesmose mit fakultativer Verletzung derselben und die Weber C-Fraktur befindet sich proximal der Syndesmose mit Verletzung derselben (Rammelt 2008; Rüter 2008).

Die AO-Klassifikation ergänzt die Danis-Weber-Klassifikation um zwei hierarchisch geordnete Untergruppen A1 und B1 (Rammelt 2008; Rüter 2008). Die Frakturklassifikation ist im klinischen Alltag wesentlich einfacher zu gebrauchen (Rammelt 2011).

Eine konservative Therapie ist bei nicht-dislozierten Frakturen, gelungener Reposition der Malleolengabel und anzunehmender Stabilität der Reposition während der Ausheilung möglich. Nach Röntgenkontrolle der Reposition wird eine supinationshemmende Orthese angelegt. Diese sollte 4-6 Wochen getragen werden (Zwipp 1994; Rammelt 2008).

Die operative Therapie sollte innerhalb der ersten 6-8 Stunden nach dem Trauma, solange nur Hämatom und noch kein Ödem oder Spannungsblasen bestehen, durchgeführt werden. Ansonsten kann eine Operation erst nach 4-6 Tagen erfolgen. Intraoperativ werden Band- und Knorpelverletzungen beurteilt (Rüter 2008). Die Operationsindikation besteht bei Lateralversatz bzw. Verkürzung der Fibula um mehr als 2mm (Rammelt 2008; Rammelt 2011). Nach Reposition können zur Osteosynthese je nach Fraktur Schrauben, Drittelrohrplatten und Zuggurtungsosteosynthesen verwendet werden. Das operative Ergebnis insbesondere die Syndesmosenstabilität wird mit dem Bildwandler kontrolliert. Knöcherne Syndesmosenaustrisse sollten refixiert werden (Rüter 2008; Rammelt 2008).

Bei erhöhter Infektionsgefährdung kann die Versorgung zweizeitig mit einem temporären tibioimetatarsalen Fixateur externe erfolgen (Rammelt 2008).

Postoperativ erfolgt die Ruhigstellung im Unterschenkel-Spaltgips für ca. eine Woche, danach kann eine Teilbelastung mit 15kg für 6 Wochen erfolgen. Ungefähr nach einem Jahr kann man prinzipiell das eingebrachte Osteosynthesematerial entfernen (Zwipp 1994; Rammelt 2008).

Komplikationen nach Frakturen des oberen Sprunggelenks können Pseudarthrosen und Fehlstellungen sein. Bei 10-20% der Patienten treten nach akuten Bandverletzungen chronische Instabilitäten auf (Rüter 2008).

Eine posttraumatische Arthrose kann nach nicht exakter Reposition oder Retention besonders des Volkmann-Dreiecks auftreten (Zwipp 1994). Weiterhin können Wundrandnekrosen, Pseudarthrosen und eine chronische Syndesmoseninsuffizienz auftreten (Rammelt 2008).



### 3.4.1.4 Verletzungen des Talus

Verletzungen des Talus sind selten. Die häufigsten Ursachen für zentrale Talusfrakturen (Taluskopf, -hals und -körper) sind der Sturz aus großer Höhe und Verkehrsunfälle mit Intrusion des Fahrgastraumes (Zwipp 1994; Thordarson 2011).

Dagegen werden periphere Talusfrakturen häufig in Folge von Sportverletzungen und auch bei Luxationsverletzungen im Sinne von Abscherfrakturen. In 50% der Fälle ist der Talushals frakturiert. Häufig sind zusätzlich Frakturen des Malleolus medialis zu beobachten (Brunner 1996; Boack 2004; Thordarson 2011).

Eine Besonderheit am Talus ist die Durchblutungssituation. Die Versorgung erfolgt aus der A. tibialis posterior (A. canalis tarsi und der A. sinus tarsi) und aus der A. tibialis anterior (A. sinus tarsi). Die Durchblutung des Talushalses erfolgt auch über dorsale Äste der A. dorsalis pedis (Brunner 1996; Boack 2004). Auch beim polytraumatisierten Patienten ist es zwingend erforderlich nach Stabilisierung der Vitalfunktionen bei Verdacht auf eine Talusfraktur eine umfassende Diagnostik durchzuführen. Dies kann über eine Röntgenuntersuchung des OSG in zwei Ebenen sowie des Fußes dorsoplantar erfolgen (Thordarson 2011). Inzwischen ist die anschließende CT-Untersuchung bei Vorliegen einer Talusfraktur obligat (Brunner 1996; Zwipp 1997; Boack 2004; Partenheimer 2009).

Es gibt verschiedene Klassifikationen von Talusfrakturen. In der Klassifikation nach Marti und Weber werden alle Talusfrakturen erfasst (Marti 1971), die Korpusfrakturen werden nach Sneppen (1977) sowie die Halsfrakturen nach Hawkins (1970) eingeteilt. Bei letzterer wird die Dislokation im unteren und/oder oberen Sprunggelenk beurteilt. Bei Talusluxationen sind sehr häufig die Ligamente mitverletzt. Man unterscheidet drei Luxationsformen: Luxatio pedis cum talo (Luxation im OSG), Luxatio pedis subtalo (Luxation im USG und Talonavikulargelenk) und die Luxatio tali totalis mit/ohne Extrusion (Boack 2004). Osteochondrale Abscherverletzungen werden nach Berndt und Harty eingeteilt (Berndt 1959). Die Indikation zur notfallmäßigen Behandlung von Talusfrakturen besteht bei offenen Frakturen, einer bestehenden Luxation bzw. Extrusion, bei weichteilkompromittierender Fehlstellung oder beim Kompartmentsyndrom. Der Weichteilschaden und der Grad der Dislokation sind entscheidend für das weitere Vorgehen. Mit dem Grad der Dislokation steigt das Risiko für Durchblutungsstörungen und damit für die Entstehung einer Talusnekrose (Zwipp 1994; Brunner 1996; Thordarson 2011). Bei schwerverletzten Patienten sollten daher zuerst die Entlastung der Weichteile sowie die schonende Reposition bei Luxation in Allgemeinanästhesie und Muskelrelaxation erfolgen (Boack 2004).

Die Anlage eines gelenkübergreifenden Fixateur externe ist möglich (Brunner 1996). Nach Debridement und Transfixation mit einem Fixateur externe kann ein primärer Wundverschluss mit Kunsthaut erfolgen (Zwipp 1997; Boack 2004).

Eine operative Reposition und Osteosynthese ist bei allen dislozierten Talusfrakturen sowie großen peripheren Frakturen notwendig (Brunner 1996). Der Zugangsweg richtet sich nach Art der Verletzung und nach den Begleitverletzungen bzw. nach dem Vorliegen eines zu spaltenden Kompartmentsyndroms. Das operative Ziel ist die Einstellung eines plantigraden Fußes mit Reorientierung der Facettenposition. Bei Taluskopffrakturen sollten bei transtalaren Chopart-Luxationen temporär über Kirschner-Drähte eine calcaneocuboidale und eine talonaviculare Transfixation erfolgen. Periphere Frakturen sollten durch eine Kompressionsosteotomie versorgt werden, um die Pseudarthrose zu verhindern. Ebenfalls werden frische osteochondrale Abscherfragmente refixiert. Bei Knorpelzerstörung sollten diese allerdings entfernt werden (Boack 2004). In Abhängigkeit von den Begleitverletzungen sollte bei nicht wiederherstellbaren Kongruenzen im oberen oder unteren Sprunggelenk die frühe postprimäre Arthrodeese des jeweiligen Gelenks in Betracht gezogen werden. Damit soll die posttraumatisch relativ sichere Arthroese abgefangen und die Möglichkeit der Revaskularisation des Talus verbessert werden (Zwipp 1997; Thordarson 2011).

Bei einer Talusextrusion kann nach Versorgung der Weichteile entweder ein homologer Talusersatz oder eine primäre pantalare Arthrodeese erfolgen (Boack 2004).

Konservativ können nur reine Fissuren im Bereich des Taluskorpus und Taluskopfes behandelt werden. Es sollte eine Immobilisierung im Cast-Stiefel mit Bodenkontakt für mindestens 6 Wochen erfolgen (Boack 2004).

Ab dem 3.-5. postoperativen Tag sollte eine frühfunktionelle krankengymnastische Nachbehandlung erfolgen. Nach Abswellen kann die Mobilisierung mit 15kg Teilbelastung für 6 Wochen bei peripheren Talusfrakturen und für 8-12 Wochen bei zentralen Talusfrakturen erfolgen. Bei ligamentären Begleitverletzungen sollte eine Ruhigstellung in einer Orthese für 6 Wochen erfolgen (Boack 2004). Bei beidseitigen Verletzungen wird mit Rollstuhlmobilisierung begonnen und entsprechend der Heilung des Weichteilschadens werden Entlastungsorthesen angelegt (Roll 2006).

Zur postoperativen Kontrolle sind die gleichen Standardröntgenaufnahmen wie präoperativ sinnvoll. Zur Stellungskontrolle und Kontrolle der Implantate ist ein CT (Boack 2004), gegebenenfalls auch ein MRT empfehlenswert (Thordarson 2011). Ab der 6. postoperativen Woche kann die subchondrale Demineralisierung (Hawkins Zeichen) als Vitalitätszeichen gesehen werden, eine Talusnekrose ist nicht zu erwarten (Boack 2004; Thordarson 2011).

Eine Implantatentfernung ist nicht empfehlenswert. Bei auftretenden Beschwerden sollte eine genaue klinische und radiologische Abklärung erfolgen (Boack 2004).

Die reine Implantatentfernung verändert bestehende Beschwerden in der Regel nicht (Boack 2004). Nach Talusfrakturen können Varus-Adductus-Fehlstellungen, Pseudarthrosen und Arthrosen sowie Osteonekrosen auftreten (Zwipp 1994; Boack 2004; Thordarson 2011).

### **3.4.1.4 Verletzungen des Calcaneus**

Der am häufigsten frakturierte tarsale Knochen des Fußskeletts ist das Fersenbein (Rammelt 2003). Die Inzidenz liegt bei 1-2% aller Frakturen. Die häufigsten Ursachen sind Stürze aus großer Höhe, Verkehrsunfälle und Sportunfälle. Der klassische intraartikuläre Bruch entsteht nach Essex-Lopresti durch eine axiale Stauchung, die Fraktur beginnt im Winkel von Gissane. Beim Jugendlichen entstehen beim Sturz aus großer Höhe typischerweise extraartikuläre Calcaneusfrakturen, da der Knochen noch elastisch verformbar ist (Zwipp 1994; Rammelt 2003; Zwipp 2005; Clare 2011). Das Fersenbein weist eine komplexe Anatomie auf und hat eine wichtige biomechanische Funktion (Brunner 1996; Rammelt 2003). Daher nimmt es eine Sonderstellung unter den Fußknochen ein (Rammelt 2003).

Neben der Klinik sind Röntgenaufnahmen des Calcaneus in lateral, axial und des Fußes von dorsoplantar diagnosesichernd. Ergänzend können Aufnahmen des oberen Sprunggelenks in anterior-posterior und Brodén-Aufnahmen notwendig sein (Zwipp 1994; Rammelt 2003; Zwipp 2005; Clare 2011). Ein klassisches Röntgenkriterium ist die Abflachung des Böhler-Winkels (Brunner 1996). Die Hauptklassifikation von Calcaneusfrakturen sowie die Operationsplanung erfolgt Computertomographie-basiert (Rammelt 2003). Klassisch ist die Einteilung nach Essex-Lopresti in „tongue-type“- und „joint-depression-type“-Frakturen (Essex-Lopresti 1952).

Außerdem gibt es die ältere X-Fragment-Y-Gelenk- Einteilung (Zwipp 1989; Zwipp 1994) sowie die Klassifikation nach Sanders (Sanders 1992). Bei letzterer werden alle nicht-dislozierten Frakturen dem Typ I zugeordnet. Für die Einteilung in Typ II müssen eine, für Typ III zwei und für Typ IV drei oder mehr Frakturlinien in der posterioren Facette vorliegen (Zwipp 2005).

Die AO-Klassifikation unterscheidet den extraartikulären (Typ A) vom intraartikulären Typ (Typ B) sowie von den Luxationsfrakturen (Typ C) (Zwipp 1994; Zwipp 2005).

Eine konservative Therapie ist bei unverschobenen, extraartikulären Frakturen mit Ausnahme von 2-Teile-Scher-Frakturen und isolierten Sustentaculum-Frakturen möglich. Es erfolgt eine Ruhigstellung in einer Entlastungsschlinge.

Danach ist die Vollbelastung möglich (Zwipp 1994; Zwipp 2005). Nach konservativer Therapie treten erhöht Früharthrosen auf (Zwipp 1989; Clare 2011).

Die Indikation zur Operation besteht bei allen intraartikulären Frakturen mit Gelenkverwerfung sowie bei extraartikulären Frakturen mit deutlicher Höhen- oder Längenminderung (Zwipp 1988, Clare 2011). Die Operation erfolgt meist am 08.- bis 10. Tag nach dem Trauma, da solche Frakturen mit starken Schwellungen einhergehen (Zwipp 1988; Kinner 2002). Weiterhin gehen kritische Weichteilverletzungen mit einem hohen Infektionsrisiko einher (Rammelt 2003). Insgesamt sollte innerhalb der ersten drei Wochen die Operation erfolgen (Clare 2011). Nach initialer Reposition kann ein Dreipunkt-Fixateur angelegt werden (Zwipp 2005). Der operative Zugang richtet sich nach der Frakturpathologie (Zwipp 1989). Es erfolgt die offene Reposition und die Osteosynthese mit dem Ziel des Wiederaufbaus des Calcaneus und der Wiederherstellung aller Gelenkkongruenzen. Das Fersenbein ist technisch schwierig aufzurichten. Ein grundlegendes Problem stellt die spongiöse Struktur des Knochens dar, es die Gefahr einer nachfolgenden Sinterung besteht (Zwipp 1988; Zwipp 1994; Rammelt 2003; Clare 2011).

Aufgrund der schwierigen Weichteilverhältnisse über dem Calcaneus sowie der Osteomyelitisgefahr (Clare 2011) müssen größere Weichteilschäden mit einem lokalen oder freien Lappen gedeckt werden (Levin 1993). Zur Nachbehandlung werden eine krankengymnastische Beübung und eine Teilbelastung mit 15kg für 6-12 Wochen empfohlen. Die Arbeits- und Sportfähigkeit wird meist erst nach 4-5 Monaten erreicht (Zwipp 1988; Zwipp 1994).

Nach operativer Therapie können ein postoperatives Hämatom, Weichteil- und Knocheninfektionen, Calcaneusnekrosen und Pseudarthrosen auftreten (Levin 1993; Clare 2011). Weiterhin kann es zu hohen posttraumatischen Arthroseraten, Rückfußverplumpungen, Varus- und/oder Valgusfehlstellungen, Anschlußarthrosen im OSG und dynamischen Defiziten kommen (Zwipp 1994; Clare 2011).

### 3.4.1.5 Verletzungen der Chopart-Gelenklinie

Isolierte Verletzungen der Chopart-Gelenklinie sind selten, die genaue Inzidenz fehlt (Rammelt 2002). 49% entstehen im Rahmen von Verkehrsunfällen mit Polytrauma und 42% bei Stürzen aus größerer Höhe (Zwipp 1994), sie werden damit durch Hochrasanztraumen bedingt (Ochman 2011). Sie treten am häufigsten bei mehrfachverletzten Patienten auf (Kotter 1997).

Am ehesten können Verletzungen der Chopart-Gelenklinie bei Begleitfrakturen des Naviculare, Talus, Metatarsus oder Calcaneus beobachtet werden (Zwipp 1994). Oft handelt es sich um mit Bandausrissen kombinierte Verletzungen (Suren 1989). Bei Luxationsfrakturen wird die 2-Säulen-Statik des Fußes durch Verkürzung der medialen oder lateralen Fußsäule beeinträchtigt (Randt 1998; Arand 2012).

Ebenso wie die Lisfranc-Frakturen gehören die Frakturen der Chopart-Gelenklinie zu den am häufigsten übersehenen Frakturen (Kotter 1997; Rammelt 2002; Mittlmeier 2011; Ochman 2011) und haben oft ein Kompartmentsyndrom zur Folge (Randt 1998; Ochman 2011).

Klinisch kann man eine Verdrehung oder Verkürzung im Vorfuß sowie eine Abflachung des Fußgewölbes beobachten (Suren 1989). Weiterhin können ziehende Schmerzen, Schwellung, Ödem und Ekchymosen auftreten. Das Auftreten einer plantaren Ekchymose ist pathognomonisch für eine Ruptur der Sehnenansätze des M. tibialis posterior und damit ein klinischer Hinweis für eine Chopart-Fraktur (Rammelt 2002).

In der klinischen Untersuchung werden die aktive Vorfußsupination und -pronation sowie die Stabilität bei passiver Ab- und Adduktion überprüft (Rammelt 2002).

Die Diagnose wird über konventionelle Röntgenaufnahmen gesichert. Es werden dabei eine dorso-plantare, eine exakt seitliche und eine in 45° schräge Aufnahme des Fußes angefertigt (Zwipp 1994). In der seitlichen Aufnahme sollte man besonders auf die s-förmige Cyma-Linie achten. Außerdem können dorsoplantare Aufnahmen mit 30° Kippung hilfreich sein. Zur Beurteilung der Gelenkflächen eine zusätzliche Computertomographie obligat (Randt 1998; Ochman 2011).

Es gibt eine Klassifikation der Chopart-Luxationsfrakturen nach Zwipp (Zwipp 1994; Rammelt 2002; Ochman 2011). Dabei werden 6 Formen unterschieden (Abb. 9).

- 1) transligamentär
- 2) transcalcaneal
- 3) transcuboidal
- 4) transnavicular
- 5) transtalar
- 6) Kombinationen aus 2-5

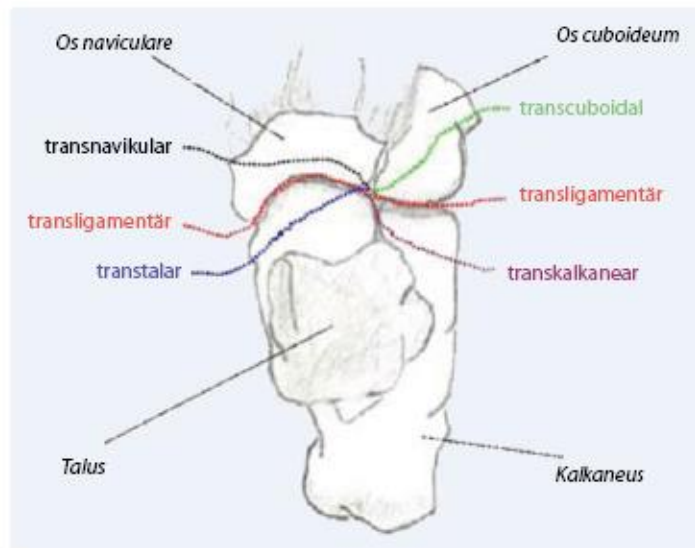


Abb. 9: Klassifikation der Chopart-Frakturen. Quelle:  
(Langenhan 2009)

Konservativ kann bei allen nicht-dislozierten Verletzungen sowie bei Subluxationen der lateralen Fußsäule mit marginalem Ausriss eines der calcaneocuboidalen Bänder behandelt werden. Diese tarsalen Distorsionen sollten initial ruhig gestellt werden. Danach für 5 Wochen mit einer Orthese therapiert werden. Ein knöcherner Ausriss der Tibialis-posterior-Sehne sollte operativ refixiert werden um einen posttraumatischen Pes planus zu vermeiden (Rammelt 2002). Selten können Luxationen in Lokalanästhesie geschlossen reponiert werden. Falls dies exakt gelungen ist, sollt eine Ruhigstellung im Unterschenkelgehgips/ Walk für 6 Wochen erfolgen (Rammelt 2002).

Operativ erfolgt die Reposition, die Wiederherstellung aller Achsen und Längen sowie der Gelenkkongruenz (Suren 1989; Rammelt 2002; Ochman 2011). Eine notfallmäßige Versorgung innerhalb von 6 Stunden muss bei allen Frakturen und Luxationen mit Fehlstellungen, bei Vorliegen eines mindestens zweitgradigen Weichteilschadens oder bei offenen Frakturen erfolgen. Die Zugangsart richtet sich nach der Frakturklassifikation. Bei Instabilitäten erfolgt nach der Osteosynthese der Frakturen eine Transfixation des Gelenks mit Kirschner-Drähten über 6 Wochen (Rammelt 2002; Ochman 2011). Postoperativ ist eine Teilbelastung mit 15kg im Unterschenkelgehgips/ Walk für 6 Wochen möglich. Außerdem empfiehlt sich eine physiotherapeutische Beübung mit Lymphdrainage (Rammelt 2002). Im Rahmen der physiotherapeutischen Beübung sollte eine Gangschulung erfolgen (Zwipp 1994).

### 3.4.1.6 Verletzungen der Lisfranc-Gelenklinie

Die Inzidenz von Lisfranc-Frakturen ist mit 0,02-0,9% aller Frakturen gering. Durch die kräftigen Bandstrukturen können Lisfranc- sowie auch Chopart-Frakturen nur bei Hochrasanztraumen entstehen (Myerson 1999; Rammelt 2002; Ochman 2011; Coulibaly 2012). In einem Drittel der Fälle handelt es sich um Kombinationsverletzungen der Lisfranc- und Chopart-Linie (Zwipp 1994). Verletzungen des Lisfranc-Gelenks sind häufig mit Kompartmentsyndromen assoziiert (Coulibaly 2012).

Mit Zunahme der Anzahl an Hochrasanztraumen nehmen solche Verletzungen aber zu (Vuori 1993; Randt 1998; Rajapakse 2006). Die Verletzungen entstehen durch axiale Kompression, häufiger durch Drehung oder direkte Quetschungen (Rüter 2008).

Die klinische Diagnosestellung kann schwierig sein (Myerson 1999). Meist treten starke Schwellungen auf, die keinen Hinweis auf Deformitäten zulassen (Rüter 2008). Komplette Luxationen bzw. Luxationsfrakturen lassen sich dagegen leicht klinisch und röntgenologisch diagnostizieren (Suren 1989). Dabei sind neben den Standardaufnahmen des Vorfußes röntgenologische Schrägaufnahmen und die Magnetresonanz- oder Computertomographie von Bedeutung (Zwipp 1994; Peicha 2002; Rajapakse 2006; Rüter 2008; Ochman 2011). Stress-Aufnahmen geben Aufschluss über das Vorliegen von Instabilitäten (Myerson 1999).

Man unterscheidet isolierte Luxationen von homolateralen und divergierenden Luxationen (Abb. 10). Bei homolateralen Verletzungen luxieren alle 5 Mittelfußknochen in die gleiche Richtung. In der Regel luxieren sie nach lateral oder medial sowie dorsal (Randt 1998; Thordarson 2000; Rüter 2008). Plantare Lisfranc-Luxationen sind extrem selten (Kinner 2007).

Ein konservatives Vorgehen ist bei Frakturen, die unter Bildwandlerkontrolle reponierbar sind und keine Reluxationstendenz zeigen, indiziert (Randt 1998). Dislozierte Luxationsfrakturen werden operativ behandelt. Bei starker Weichteilschwellung kann zuvor ein konservativer Repositionsversuch unternommen werden (Rüter 2008).

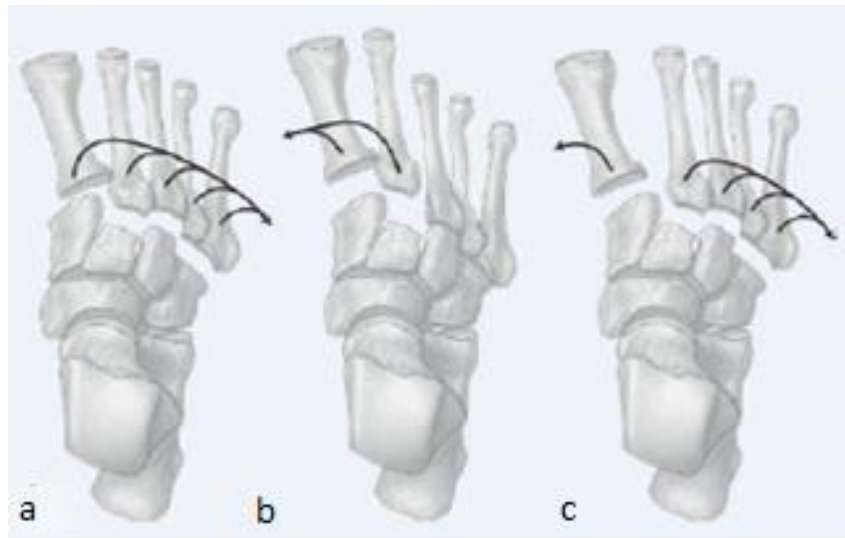


Abb. 10: Dargestellt sind die typischen Lisfranc-Luxationsformen. a) homolateral, b) isoliert, c) divergierend.

Quelle: (Ochman 2011).

Man beginnt die offene Reposition immer am zweiten Strahl, da dieser nachher zur Orientierung für die Rekonstruktion und Einpassung der anderen Strahls dient. Häufig ist das Os metatarsale 2 suprabasal bis ins Gelenk frakturiert (Randt 1998; Ochman 2011).

Die anatomische Wiederherstellung und Stabilisierung erfolgt mittels Schrauben und Platten (Myerson 1999; Kinner 2007; Ochman 2011).

Zur Nachbehandlung erfolgt die Ruhigstellung in einer Unterschenkelgipsschiene bis zur Abschwellung, danach im Gipsschuh oder Orthese mit Teilbelastung von 15kg (Rüter 2008).

Die Komplikationsrate nach Fußwurzelfrakturen ist aufgrund der komplexen Anatomie relativ hoch (Randt 1998). Es können Ödem- und Spannungsblasenbildung, ein Kompartmentsyndrom sowie Weichteilnekrosen in der Frühphase auftreten (Suren 1989).

In der Spätphase kann es zur Repositionsbehinderung durch Kapselschrumpfung oder Knochen-, Sehnen- oder Weichteilinterposition kommen. Außerdem kann es zu Fußdeformitäten, einem CRPS, Veränderungen des Fußgewölbes und Belastungsschmerzen kommen (Suren 1989). Gefäßschäden bedingen Knochennekrosen, die Deformitäten zur Folge haben können (Randt 1998; Ochman 2011). Bei schmerzhaften Fehlstellungen mit Funktionseinschränkungen, welche keine Besserung auf eine konservative Behandlung zeigen, kann eine Korrekturarthrodese erforderlich werden (Rammelt 2006; Ochman 2011).



### 3.4.1.7 Verletzungen der Metatarsale-Knochen

Metatarsale-Frakturen gehören zu den häufigsten knöchernen Verletzungen des Fußskeletts (Beck 2008). Meistens entstehen solche Verletzungen durch Quetschungen von dorsal aufgrund schwerer herabfallender Lasten (Rüter 2008). Sie treten auch im Rahmen von Komplextraumen oder Lisfranc-Luxationen bei Hochrasanztraumen auf (Zwipp 1994; Thordarson 2000).

Die Diagnose kann oft über die Klinik durch Palpation und Prüfung der Stabilität gestellt werden. In der Bildgebung sind Aufnahmen des Fußes in anterior-posterior 45° seitlich und exakt seitlich nötig. Zur Beurteilung posttraumatischer Fehlstellungen werden Belastungsaufnahmen des Fußes in 3 Ebenen gefordert. Bei dem Verdacht auf Stressfrakturen weisen das SPECT-CT und auch die Magnetresonanztomographie eine hohe Sensitivität auf (Thordarson 2000; Beck 2008).

Man unterscheidet bei den Frakturen der Metatarsale-Knochen zwischen basisnahen, Schaft- und subkapitalen sowie kapitalen Frakturen (Abb. 11). Eine Besonderheit stellt der 5. Mittelfußknochen dar. Hier unterscheidet man am proximalen Drittel die Abrissfraktur der Basis (Avulsionsfraktur), die Jones-Fraktur des Metaphysen-Diaphysen-Übergangs und die proximale Stressfraktur der Übergangsregion (Partenheimer 2009). Häufig sind basisnahe und gelenkübergreifende Frakturen mit Lisfranc-Frakturen assoziiert (Beck 2008). Die Jones-Fraktur tritt häufig als Ermüdungsfraktur bei chronischer Überlastung auf (Zwipp 1994).

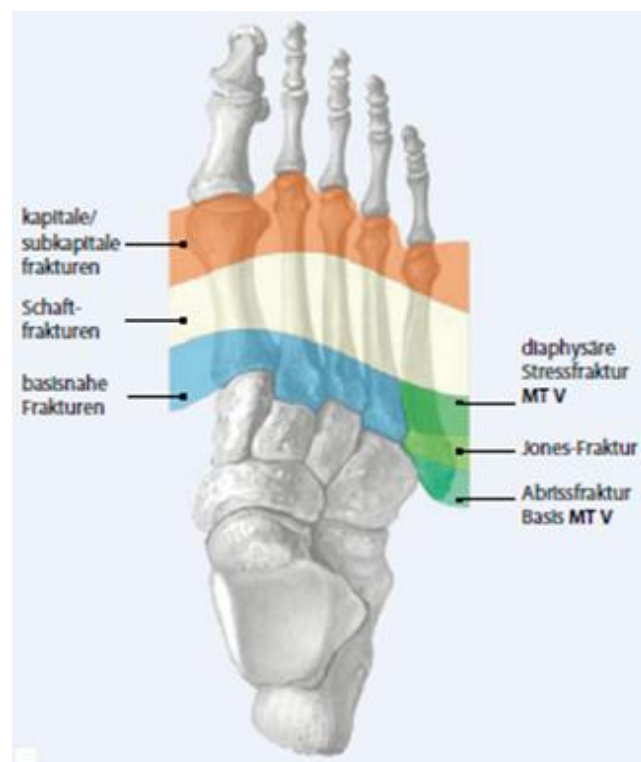


Abb. 11: Frakturen der Metatarsale-Knochen.  
Quelle: (Beck 2008).

Die Therapie aller nicht dislozierten Frakturen inklusive der Stressfrakturen erfolgt zunächst konservativ. Zur Therapieentscheidung zieht man eine eventuelle Verkürzung des Strahls, die Gelenkflächenbeteiligung, den Abkippungsgrad der Fraktur und das Patientenalter ein. Die Ruhigstellung nicht dislozierter Schaftfrakturen erfolgt initial im Unterschenkelgips. Nach Abschwellung der Weichteile wird im „Lopresti-Slipper“ oder einer Orthese/ einem Walk für insgesamt 6 Wochen und bei initialer Teilbelastung mit 15kg für 3 Wochen behandelt (Zwipp 1994; Beck 2008).

Osteosynthetisch versorgt werden müssen dislozierte Frakturen der proximalen und distalen Gelenkflächen, Fehlstellung des 1. und 5. Metatarsale-Knochens in der Frontal- sowie Transversalebene und alle geringen Fehlstellungen in der Sagittalebene. Generell gilt es ab 3-4mm Fehlstellung und 10° Achsabweichung operativ zu rekonstruieren (Beck 2008).

Einfache Frakturen des Os metatarsale 1 werden osteosynthetisch mit dem entsprechenden System versorgt (Rüter 2008). Bei Abrissfrakturen der Metatarsale-5-Basis ist die Osteosynthese mit einer Doppelgewinde-Schraube das Standardverfahren. Eine Alternative bei großen Avulsionsfrakturen ist die Schraubenosteosynthese. Die Versorgung einer dislozierten Jones-Fraktur erfolgt mittels intramedullärer Schraubenosteosynthese oder auch Miniplattenosteosynthese. Subkapitale Frakturen werden über eine antegrade intramedulläre Kirschner-Draht-Stabilisierung versorgt. Bei kapitalen Frakturen gibt es neben der offenen Reposition die Möglichkeit der geschlossenen Reposition über Ligamentotaxis und einen Fixateur externe. Dislozierte Trümmer- oder Mehrfragment-Schaftfrakturen sowie dislozierte Serienfrakturen werden offen reponiert und osteosynthetisch versorgt. Bei zusätzlichem Vorliegen von Lisfranc-Luxationen ist eine temporäre transmetatarsale Arthrodesse zur ligamentären Heilung nach der knöchernen Rekonstruktion erforderlich (Beck 2008). Komplikationen nach Metatarsale-Frakturen können unter anderem Pseudarthrosen, die Folgen übersehener Kompartmentsyndrome sowie plantare Druckulcera infolge von Fußdeformitäten und Metatarsalgien sein (Zwipp 1994, Rammelt 2005, Beck 2008).

### 3.4.1.8 Zehenverletzungen

Die Großzehen haben größere Phalangen und eine größere funktionelle Bedeutung als die anderen Zehen. Häufig werden sie durch Quetschverletzungen oder axiale Anpralltraumen verletzt (Thordarson 2000; Rammelt 2005; Wolansky 2006). Die Bildgebung erfolgt über die Röntgendarstellung des Vorfußes in zwei Ebenen (Wolansky 2006). Die Indikation zur Osteosynthese am Großzehengrundgelenk sollte man großzügiger als bei Verletzung der kleinen Zehen stellen. Unter der konservativen Therapie kann es hier zur Plantarabweichung des distalen Fragments kommen, weil die Kraft der Beugemuskulatur stärker als die der Strecker ist. Dies hat Überlastungsprobleme, Schmerzen und Hyperkeratosen unter dem Großzehenendglied sowie über dem sich dorsal vorwölbenden proximalen Fragment zur Folge. Dislozierte Großzehenverletzungen werden nach Reposition mittels Kirschner-Drähten und anschließender Ruhigstellung für 6 Wochen therapiert. Verschobene Frakturen der Gelenkflächen der Großzehe sollten ebenfalls reponiert und osteosynthetisch behandelt werden (Rüter 2008). Meistens reicht eine perkutane Spickdrahtfixation (Zwipp 1994). Nicht-dislozierte Frakturen können über 3-4 Wochen durch Ruhigstellung behandelt werden (Thordarson 2000).

Verletzungen der Zehen 2-5 sind selten (Thordarson 2000). Luxationsfrakturen können meist in Leitungsanästhesie geschlossen reponiert werden und danach konservativ entsprechend dem Nachbehandlungsschema für Luxationen therapiert werden (Rüter 2008). Eine Reposition sollte zügig erfolgen. Nur bei Tendenz zur Reluxation sollte eine temporäre Spickdrahtfixation über 3 Wochen erfolgen. Die kleinen Zehen können nach Reposition durch Ruhigstellung über einen Dachziegelverband (Wolansky 2006) oder durch Fixierung mit Pflaster am Nachbarzeh für 2-3 Wochen therapiert werden (Zwipp 1994).

Zwischen dem medialen und lateralen Sesambein verläuft die Flexor-hallucis-Sehne. Miteinander sind sie durch ein Ligament verbunden (Thordarson 2000). Luxierte oder frakturierte Sesambeine an der Großzehe können ein Zeichen für schwere Verletzungen sein und auf eine Luxation oder Subluxation im Großzehengrundgelenk hinweisen (Zwipp 1994). Am häufigsten werden sie im Rahmen von Quetschverletzungen verletzt, meistens ist das mediale Sesambein betroffen (Thordarson 2000).

Frakturen des Nagelkranzes sind funktionell ohne Bedeutung, da der Nagel eine Schienung ersetzt. Gegebenenfalls auftretende subunguale Hämatome können starke Schmerzen verursachen. Sie sollten durch Trepanation des Nagels entlastet werden (Rüter 2008).

### 3.4.2 Weichteilverletzungen

Häufig führen scharfkantige Verletzungen zu isolierten, und begrenzten Weichteilschäden am Fuß. Bei frühem Erkennen und Behandeln solcher Verletzungen lassen sich gute Ergebnisse erzielen (Heppert 2001). Viele der Patienten mit Verletzungen der Weichteile erlitten allerdings Hochrasanztrauma oder eine Quetschverletzung (Schwabe 2010; Strohm 2010; Wülker 2011). Dabei finden sich neben den knöchernen Verletzungen und schweren Hautverletzungen auch Sehnendurchtrennungen. Bei polytraumatisierten Patienten werden solche Verletzungen leicht übersehen oder unterschätzt. Besonders bedeutsam sind hierbei Decollementverletzungen ohne primäre Wunde und Kompartmentsyndrome (Heppert 2001). Zur Einteilung von Weichteilverletzungen gibt es zwei gängige Klassifikationen, nach Tscherne und Oestern (Tscherne 1982) sowie nach Gustilo und Anderson (Gustilo 1976; Gustilo 1984). Am häufigsten wird die Klassifikation nach Tscherne und Oestern bei den augenscheinlicheren offenen Frakturen angewandt (Abb. 12).

Abb. 12: Klassifikation nach Tscherne und Oestern für offene Frakturen (Tscherne 1982)

- |            |   |
|------------|---|
| - Grad I   | Durchspießung der Haut, kaum Kontamination, einfache Fraktur,   |
| - Grad II  | Durchtrennung der Haut, umschriebene Haut- und Weichteilkontusion,  |
| - Grad III | Ausgedehnte Weichteildestruktion, häufig Gefäß- und Nervenverletzung, starke Wundkontamination, ausgedehnte Knochenzertrümmerung, |
| - Grad IV  | Subtotale oder totale Amputation  |

Das allgemeine Procedere bei Weichteilverletzungen wird in der Literatur ausführlich beschrieben. Wichtig ist die genaue Inspektion der Wunde um den Gewebeschaden und ggf. -verlust sowie den Zustand der Sehnen, Nerven, Gefäße, Knochen und Gelenke beurteilen zu können. Im Zweifelsfall sollte die Diagnostik durch eine Angiographie oder ein CT ergänzt werden (Schwabe 2010). Es sollte ein Wundabstrich und danach ein chirurgisches Debridement möglichst in Lokalanästhesie folgen (Myerson 1999). Das Ziel bei der Versorgung offener Frakturen liegt darin die Infektionsrate gering zu halten und die Zahl der Revisionsoperationen zu reduzieren (Brenner 2001). Das Debridement sollte alle 48-72 Stunden wiederholt werden (Tintle 2010). Durch die klinische Untersuchung lassen sich isolierte Sehnenverletzungen nachweisen, aber nur selten ist dies bei komplexeren Fußverletzungen der Fall.

Deswegen sollte man bei passender Anamnese immer auch an Sehnenverletzungen denken. Hinsichtlich des Weichteilschadens bringt die Bildgebung kaum richtungsweisende Aussagen. Sensibilitätsausfälle weisen auf Nervenschäden und auf das Vorliegen eines Kompartmentsyndroms hin. Bedeutend bei komplexen Fußverletzungen ist die intraoperative Untersuchung auf Schäden der Sehnen, Nerven und Gefäße (Heppert 2001).

Indikationen zur konservativen Therapie des Weichteilschadens sind kleine, nicht tiefe Weichteilverletzungen sowie Quetschungen. Bei letzteren wartet man die Demarkation ab, wenn sich keine Fraktur oder Osteosynthesematerial unter der Nekrose befinden. Kontraindikationen zur konservativen Therapie sind begleitende Luxationsfrakturen, Druckerhöhung in den Muskellogen und Verletzungen wichtiger Beuge- sowie Strecksehnen (Heppert 2001).

Aufgrund der Gefahr von Knocheninfektionen bedürfen offene Frakturen immer einer Notfallbehandlung (Rüter 2008). Es handelt sich meist um ein mehrstufiges Vorgehen, das Ilizarov-Verfahren. Dabei erfolgt ein Segmenttransport sowie die Kallus- und/oder Weichteildistraktion, danach ein lokaler und/oder freier Gewebetransfer einschließlich gegebenenfalls vaskularisierter Knochentransplantation, Lappendeckungen, autologe Spongiosaplastiken sowie Nerven-/Sehnentransplantation (Endres 2003; Schwabe 2010). Prinzipiell kann man die meisten Stellen am Fuß mit Spalthaut decken, außer an Prädispositionsstellen wie dem Fersenbereich, der Achillessehne und dem Knöchel. Die Deckung dieser Regionen sollte über lokale, gefäßgestielte Verschiebelappen, zum Beispiel des I. Interdigitalraumes oder der A. dorsalis pedis erfolgen. Falls dies nicht durchführbar ist, ist eine Deckung über freien Gewebetransfer anzustreben (Zwipp 1994; Zwipp 1997; Heppert 2001). Die Deckung der Fußsohle mittels einer Lappenplastik führt in der Regel zu einem funktionell schlechten Ergebnis (Heppert 2001). Die frühe Defektdeckung sollte innerhalb der ersten 3-5 Tage nach dem Trauma erfolgen (Boack 2007). Zwischen den einzelnen Operationen hat sich die Vakuum-Therapie durchgesetzt (Tintle 2010).

Ein CRPS (=complex regional pain syndrome) kann nach schweren Weichteiltraumen auftreten. Es handelt sich dabei um eine Symptombeschreibung. Die Patienten haben einen starken und diffusen Spontanschmerz. Außerdem kann es zu Schwellung, Temperaturunterschieden zur Gegenseite und Hypo- oder Hyperhidrosis kommen. Verringerung des Bewegungsumfanges und der Stärke sowie Veränderungen der Haut und Nägel können ebenfalls auftreten (Pedowitz 1999). Ein CRPS kommt differentialdiagnostisch bei unklaren Gelenkschmerzen in Frage (Rehart 2008).

### 3.4.3 Kompartmentsyndrome

Das akute Kompartmentsyndrom stellt nach der tiefen Beinvenenthrombose die zweithäufigste Komplikation bei Fußverletzungen dar (Jäger 2008). Sie treten am Fuß bei Hochrasanztraumen des Talus sowie bei Lisfranc-Luxationsfrakturen gehäuft auf (Zwipp 1994; Rammelt 2005; Frink 2010). Des Weiteren werden sie bei isolierten Calcaneusfrakturen beobachtet (Andermahr 2001; Jäger 2008; Frink 2010). Außerdem treten sie oft nach schweren Quetschverletzungen des Fußes auf. Häufig gehen Kompartmentsyndrome des Fußes und des Unterschenkels miteinander einher (Echtermeyer 1991). Jede Fraktur kann unabhängig davon, ob sie offen oder geschlossen ist, ein Kompartmentsyndrom auslösen (Wood 2009).

Ein Kompartmentsyndrom zeichnet sich durch eine Druckerhöhung aufgrund von Blutung oder Ödem in einer oder mehreren Muskellogen aus (Frink 2010). Der Verdacht auf ein Kompartmentsyndrom besteht bei starker Schwellung, Sensibilitätsstörungen sowie starken anhaltenden und lageunabhängigen Schmerzen (Swoboda 1991; Rüter 2008; Wood 2009).

Am Fuß wird die Entstehung eines Kompartmentsyndroms durch den „matratzenartigen“ Aufbau der Planta pedis mit kräftiger Septierung und dazwischengeschalteter Muskulatur und die reduzierte arterielle Durchblutung des peripher im Blutkreislauf gelegenen Fußes und die dadurch verringerte Toleranz gegenüber Druckerhöhung begünstigt (Rüter 2008; Frink 2010). Der Unterschenkel und der Fuß haben zudem einen dünnen Weichteilmantel und weisen eine eingeschränkte knöcherne Durchblutung auf (Echtermeyer 1991).

Die Pathophysiologie des Kompartmentsyndroms ist vielschichtig und von einigen Faktoren wie der Perfusion, der Ischämie, der Ausbildung freier Radikale, der Komplementaktivierung, der Leukozyteninfiltration und der Lymphsystemfunktion abhängig (Jäger 2008).

Meist verursachen die Frakturen am Fuß eine starke Schwellung des Fußrückens, welche den Verdacht auf ein Kompartmentsyndrom zulässt. Dagegen sind Schwellungen an der Fußsohle meist nicht so eindrucksvoll und verharmlosen die Situation. Kompartmentsyndrome am Fuß treten nicht selten ohne knöcherne Fußverletzungen bei zum Beispiel Unterschenkelfrakturen auf (Rüter 2008).

Man unterscheidet am Fuß 4 Kompartimente (Abb. 13). Das mediale Kompartiment enthält die Mm. Flexor hallucis brevis et abductor hallucis, das laterale die Mm. Flexor et abductor digiti minimi. Im zentralen Kompartiment finden sich die Mm. adductor hallucis, quadratus plantae et flexor digitorum brevis und die Sehnen der Mm. flexor digitorum longus et flexor hallucis longus (Echtermeyer 1991; Swoboda 1991; Zwipp 1994; Jäger 2008).

## Grundlagen

Das interossale Kompartiment liegt am weitesten dorsal und enthält die Mm. interossei (Echtermeyer 1991; Swoboda 1991; Zwipp 1994; Jäger 2008).

Die Kompartimente des Fußes sind in nachfolgender Skizze dargestellt:

- mediales Kompartiment (A)
- laterales Kompartiment (B)
- zentrales Kompartiment (C)
- interossales Kompartiment (D)

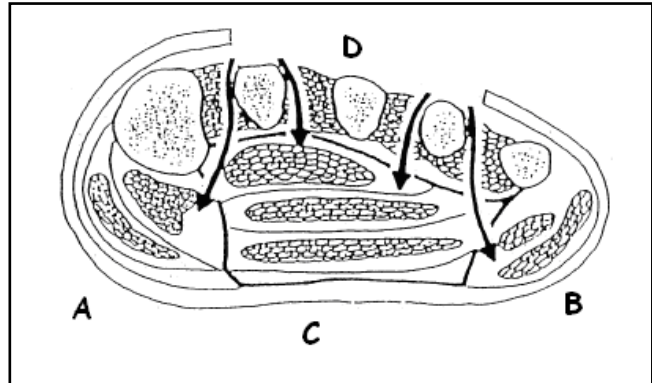


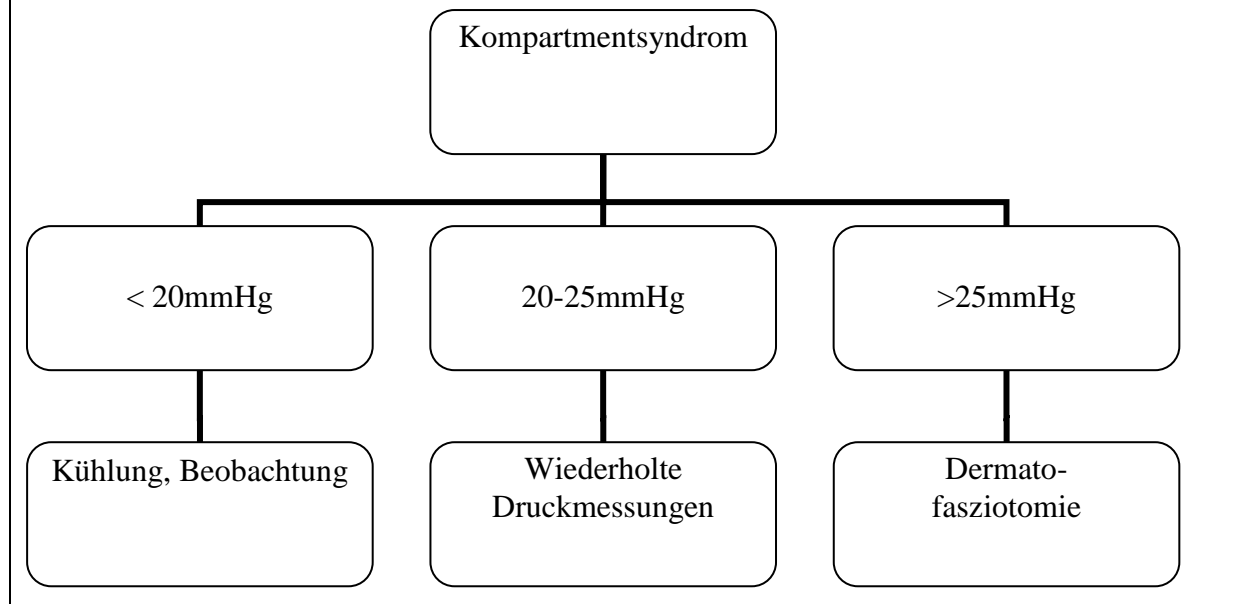
Abb. 13: Darstellung der Kompartimente des Fußes. Quelle: (Zwipp 1997)

Die Diagnostik eines Kompartmentsyndroms am Unterschenkel ist einfacher als am Fuß, weil es im Vergleich relativ große Muskellogen sind und der bewusstseinsklare Patient typische Schmerzen angibt. Die kleinen Muskellogen des Fußes lassen sich schwer beurteilen. Ödeme und Hämatome kommen meist am Fußrücken zur Darstellung. Deswegen ist am Fuß die Gewebedruckmessung die wichtigste Methode zur Diagnosesicherung.

Bei großen Muskellogen wie am Unterschenkel spricht man ab 40mmHg von einem Kompartmentsyndrom, am Fuß wird dies schon ab 30mmHg angenommen (Echtermeyer 1991). In manchen Kliniken werden Kompartmentsyndrome des Fußes ab 25mmHg gespalten (Randt 1998). Dies ist bei Komplexverletzungen des Fußes und bei polytraumatisierten Patienten sinnvoll, da es am Fuß schneller zu Blasenbildung kommen kann. Außerdem ist die Toleranz der kurzen Fußmuskeln sowie der Endaufzweigungen der Nerven und Gefäße am Fuß geringer als am Unterschenkel (Zwipp 1997; Rammelt 2005).

Randt und Zwipp (1998) entwickelten einen Algorithmus zum Vorgehen bei dem Verdacht auf ein Kompartmentsyndrom des Fußes (Abb. 14). Bei Drücken unter 20mmHg empfehlen sie die Kühlung und Beobachtung. Bei Kompartimentdrücken zwischen 20 und 25mmHg sollten wiederholte Druckmessungen durchgeführt werden. Ab einem Druck von 25mmHg sollte die Dermatomfasziotomie angestrebt werden (Zwipp 1997; Wirth 2002).

Abb. 14: Algorithmus zum Vorgehen bei drohendem Kompartmentsyndrom, nach Randt und Zwipp (1998):



Die operative Entlastung eines Kompartmentsyndroms erfolgt über die Dermatofasziotomie. Dabei gibt es am Fuß 3 Möglichkeiten. Am häufigsten wird die dorsale Dermatofasziotomie durchgeführt. Dabei wird die Fascia dorsalis pedis einschließlich der Retinacula extensorum superius et inferius gespalten (Abb. 15). Dadurch können alle Muskellogen und die Haut entlastet werden. Bei kombinierten Unterschenkel- und Fußkompartmentsyndromen wird die laterale Fasziotomie des Unterschenkels über den Außenknöchel auf den Fußrücken erweitert (Swoboda 1991; Zwipp 1997; Frink 2010).

Die Kompartmentspaltung wird immer ohne Blutsperre durchgeführt, damit es zu keiner weiteren Schädigung der Muskulatur oder Volumenzunahme nach Öffnen der Blutsperre kommen kann. Primär wird die Wunde mit Kunsthaut geschützt (Echtermeyer 1991).

Sobald die Schwellung zurückgegangen ist kann der sekundäre Wundverschluss erfolgen (Swoboda 1991). Die Wunde kann in der Regel nach 8-10 Tagen in mehreren Schritten adaptiert werden, noch nicht verschließbare Stellen werden wieder mit Kunsthaut (Wechsel alle 48 Stunden) geschützt (Zwipp 1997). Gegebenenfalls ist eine Spalthautdeckung erforderlich (Swoboda 1991).

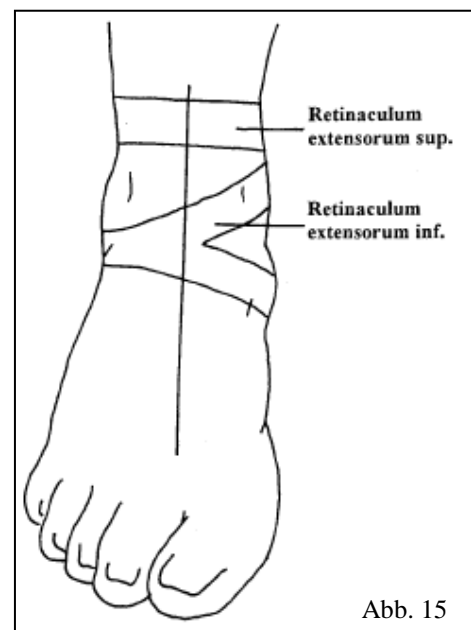


Abb. 15

Abb. 15: Darstellung des Verlaufs der Retinaculi extensorum superiores et. inferiores. Quelle: (Zwipp 1997).



Das akute Kompartmentsyndrom der unteren Extremität sollte man schnell chirurgisch behandeln. Bei Nicht-Behandlung kann es zu Spannungsblasen und Drucknekrosen der Haut (Swoboda 1991), aber auch zu irreparablen Muskel- und Nervenschädigungen kommen (Giannoudis 2002). Spätfolgen manifester und auch sog. schleichender Kompartmentsyndrome sind Par- und Dysästhesien sowie die Ausbildung von Krallenzehen und/oder einem Hohlfuß. Außerdem können Kontrakturen in den Zehengrundgelenken mit Beeinträchtigung der Abrollbewegungen entstehen (Zwipp 1994; Heppert 2001; Rüter 2008; Zwipp 2008; Frink 2010). Bewegungseinschränkungen und Fehlstellungen der Zehen und/oder Sensibilitätsstörungen am Fuß nach einem Trauma mit Kompartmentsyndrom beschrieben auch (Tscherne 1986; Swoboda 1991; Andermahr 2001; Wood 2009).

Zwipp entwickelte eine Klassifikation der Folgen eines Kompartmentsyndroms am Fuß und am Sprunggelenk (Abb. 16). Dabei ordnete er bekannte Folgen den Typen I bis V zu. Typ I beinhaltet Kontrakturen der Kleinzehen, Typ V schließt komplexe Veränderungen am Fuß im Sinne der Entwicklung eines Pes equinovarus ein (Zwipp 2008).

Abb. 16: Klassifikation der Folgen an Fuß und Sprunggelenk nach Kompartment-/Postischämiesyndrom (Zwipp 2008):

Typ I	Kleinzehenkontraktur	a) Hammerzehen b) Krallenzehen
Typ II	Großzehenkontraktur	a) funktioneller Hallux flexus b) kontrakter Hallux flexus
Typ III	Kleinzehen- und Großzehenkontraktur	a) kontrakter Hallux flexus + Hammer-/ Krallenzehen (D2-5) b) kontrakter Hallux flexus et abductus + Hammer-/ Krallenzehen (D2-5)
Typ IV	Pes equinus	a) kontrakter Pes equines, kein Nervenschaden b) Ausfall des M. tibialis ant., M. extensor hallucis/digitorum longus und/oder Ausfall des M. peroneus communis c) zusätzliche Nekrose der Mm. peronei und Ausfall des M. peroneus communis
Typ V	Pes equinovarus	a) + Defekt N. peroneus communis (motorisch/sensibel) b) + Defekt N. tibialis (motorisch/sensibel) c) + kombinierter Defekt N. peroneus communis + N. tibialis + asensibel Fußsohle

### 3.4.4 Amputationen

Auch wenn die operativen Rekonstruktionsmöglichkeiten bei Fußverletzungen, insbesondere bei komplexen Fußverletzungen, einen hohen Fortschritt gemacht haben, sollte der Fußerhalt nicht erzwungen werden. Es gilt der Grundsatz „life before limb“ (Rammelt 2005). Bei Mehrfachverletzten oder sogar Polytrauma-Patienten sind oftmals Rekonstruktionen am Fuß aufgrund anderer lebensbedrohlicher Verletzungen nicht möglich. Die Amputationsentscheidung wird in der „Third-look“-Operation getroffen (Zwipp 1997).

Die einzigen klaren Indikationen für die Amputation am Fuß sind die Durchtrennung des N. tibialis oder ein irreparabler Gefäßschaden, der eine Ischämie des Fußes verursacht. Es gibt mehrere Scores zur Beurteilung der Notwendigkeit einer Amputation. Grundsätzlich sollte der Erhalt des Fußes so lange wie möglich versucht werden, ohne dass die Gesundheit des Patienten beeinträchtigt wird (Tintle 2010). Allerdings sind manche Wunden durch eine primäre Amputation besser versorgt (Myerson 1999).

Eine Amputation wird in pneumatischer Blutsperre durchgeführt, damit intraoperativ die Vitalität beurteilt werden kann. Neben dem nekrotischen Gewebe sollte auch minderperfundiertes Gewebe entfernt werden. Bei Exartikulationen sollte die subchondrale Knochenschicht geschont werden (Probst 1989).

#### Unterschenkelamputationen

Für die Zukunft entscheidend ist der Erhalt des Kniegelenks nach Amputation an der unteren Extremität. Grundsätzlich sollte man beim Absetzen des Knochens immer mit der Fibula beginnen. Der Stumpf sollte von Anfang an konisch oder zylindrisch sein (Baumgartner 2011).

Bei der Prothesenversorgung gilt: Die Stümpfe im Rückfußbereich sind endbelastbar und können mit einer Schaftprothese und integriertem Schuh versorgt werden (Taeger 2000). Stümpfe im Bereich der Lisfranc-Gelenklinie und der Metatarsale-Knochen werden über orthopädische Schuhe gestützt (Baumgartner 2011). Bei Amputationen der Großzehe empfiehlt sich der Einsatz einer Abrollhilfe (Taeger 2000).

#### Mittelfußamputationen

Der Standard ist entweder die köpfchennahe oder die basisnahe Absetzung im spongiösen Bereich. Ausschlaggebend für die Wahl der Amputationshöhe ist der Weichteilschaden. Zur Lappenbildung dient die plantare Haut (Probst 1989; Zwipp 1997; Baumgartner 2011).

### Chopart-Amputationen

Eine Exartikulation führt nicht zu einem gebrauchsfähigen Stumpf. Der Standard ist die Bildung eines Pirogoff-Fußes. Dabei wird zusätzlich der Talus reseziert und Arthrodeese von Tibiabasis und Calcaneus gebildet.

Durch die Modifikation von le Fort kann die Beinlänge erhalten werden (Probst 1989; Zwipp 1997). Weiterhin ist ein Erhalt des Rückfußes sowie einer Restbeweglichkeit im oberen und unteren Sprunggelenk möglich (Rammelt 2011). Zur Bildung eines Syme-Fußes erfolgt die Osteotomie der Malleolen und die Resektion von Talus und Calcaneus unter Erhaltung des plantaren Weichteilmantels (Taeger 2000).

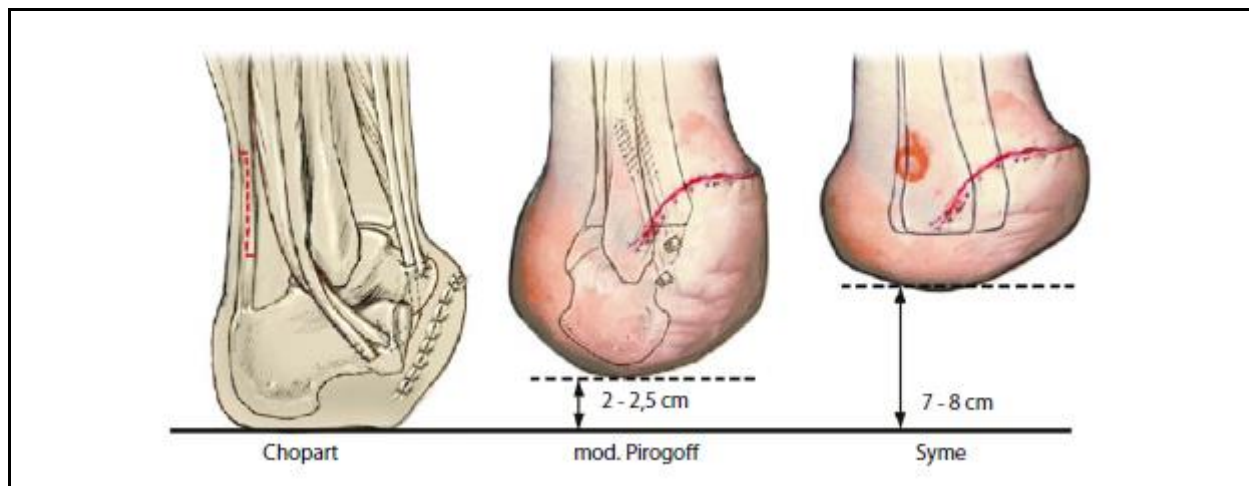


Abb. 17: Dargestellt ist das Aussehen eines Pirogoff- sowie Syme-Stumpfes und der daraus resultierenden Beinverkürzung. Quelle: (Rammelt 2011).

In den Vordergrund ist neben der Absetzung in den Gelenklinien die funktionelle und gewebeerhaltende, intraossäre Absetzung gerückt. Die Knochendurchtrennung sollte im spongiösen Bereich erfolgen (Probst 1989).

### Lisfranc-Amputationen

Es erfolgt eine Exartikulation in der Lisfranc-Gelenklinie. Durch deren verwinkelten Verlauf sind transossäre Resektionen erforderlich. Um eine Spitzfußkontraktur zu vermeiden, werden die Extensoren in leichter Dorsalextension durch die Cuneiformia und das Cuboid gezogen (Probst 1989; Zwipp 1997).

Folgend sind die gängigen Amputationslinien dargestellt:

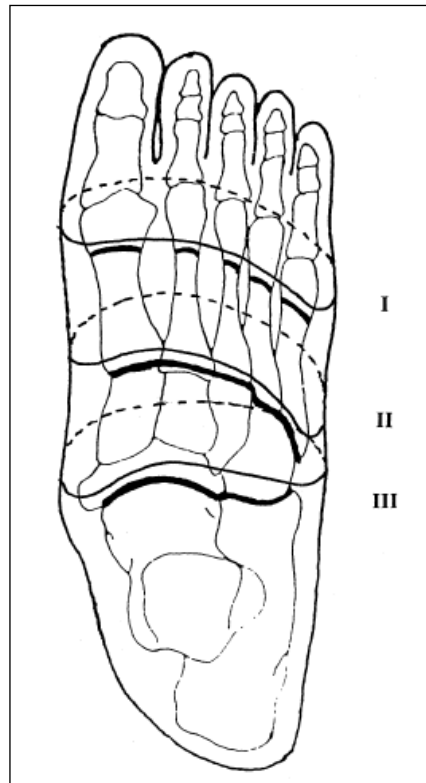


Abb. 18: Darstellung der gängigen Amputationslinien im Bereich der Metatarsale-Knochen (I), der Lisfranc- (II) und Chopart-Gelenklinie (III). Quelle: (Zwipp 1997)

### Zehenamputationen

Der Standard ist die vollständige Exartikulation (Baumgartner 2011) um die bei einer Teilresektion mögliche Dorsaldistorsion oder Durchspießung zu vermeiden. Bei Amputationen der Großzehe werden die beiden Sesambeine erhalten, da sie einen Teil der Auftrittsfläche bilden. Zur Weichteildeckung erfolgt eine plantare Lappenbildung der Haut (Probst 1989; Zwipp 1997).

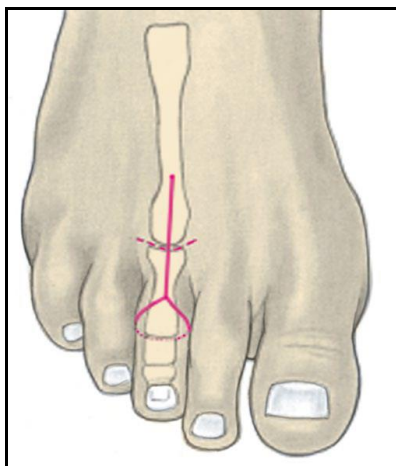


Abb. 19:  
Dargestellt ist die einfache  
Exartikulation einer Kleinzehe. Quelle:  
(Baumgartner 2011).

## 4 Material und Methoden

### 4.1 Studiendesign

Bei der Studie „Lebensqualität nach komplexer Fußverletzung“ handelt sich um eine nicht-randomisierte, größtenteils prospektive Querschnittsstudie, die am Universitätsklinikum Regensburg durchgeführt wurde. Eine Kontrollgruppe zum Patientenkollektiv war nicht vorhanden.

### 4.2 Patienten und Datengewinnung

Zwischen 2001 und 2007 wurden 74 Patienten mit komplexer Fußverletzung (d.h.  $\geq 5$  Punkte nach Zwipp) in dem Universitätsklinikum Regensburg behandelt. Die Datengewinnung erfolgte über die Programme Idoc und SAP.

Die Ein- und Ausschlusskriterien für die Studie wurden wie folgend (Tab. 1) festgelegt:

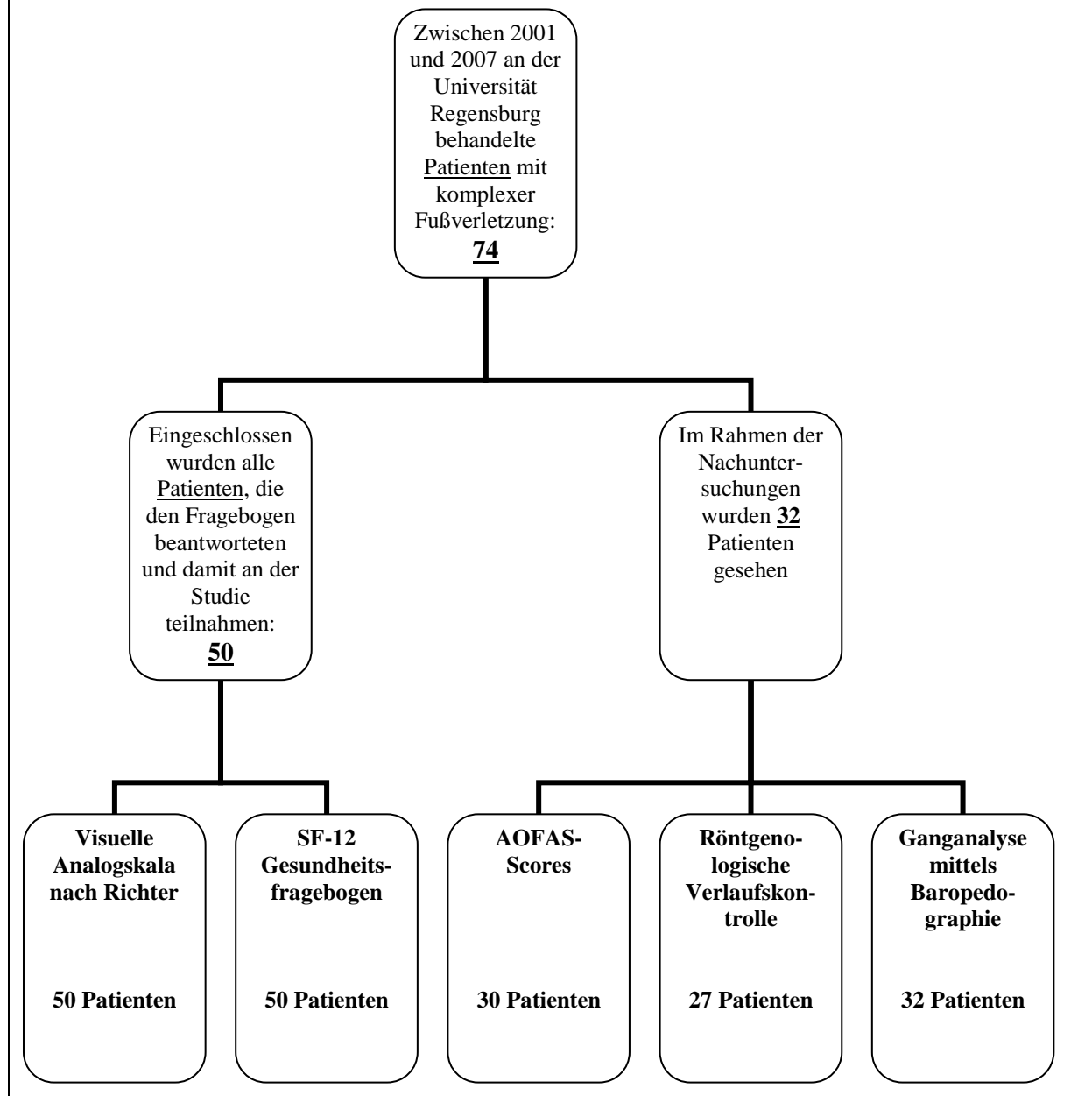
Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
- komplexe Fußverletzung mit Zwipp-Score $\geq 5$	- Tod
- Zustimmung der Patienten zur Teilnahme an der Studie	- Wohnortwechsel
- Alter >18 Jahre	- Entfernung Wohnort von mehr als 100km von Regensburg

Tab. 1: Dargestellt sind die Ein- und Ausschlusskriterien der Studie „Outcome nach komplexer Fußverletzung“.

Es wurden Informationen, neben dem Alter und dem Geschlecht, über den Verletzungshergang (Sturz, Polytrauma nach Verkehrsunfall), die Frakturen und den jeweiligen Grad der Weichteilverletzung gewonnen. Weiterhin wurden Informationen über die notwendigen Operationen in Anzahl und Technik heraus gearbeitet.

Anhand der gewonnenen Daten wurden die jeweiligen Zwipp-Scores retrospektiv aus der Anzahl der Frakturen und dem Weichteilschaden ermittelt. Zu beachten ist hierbei, dass ein Kompartmentsyndrom einem Weichteilschaden von 3 Grad entspricht. Eingeschlossen wurden Patienten mit einem Zwipp-Score größer oder gleich fünf (Zwipp 1997).

Abb. 20: Das Organigramm zeigt die Aufteilung der Studienpopulation der Studie „Lebensqualität nach komplexer Fußverletzung“:



#### 4.2.1 Komplexe Fußverletzungen im Rahmen von Polytraumata

Weiterhin wurden die Patientendaten bezüglich des Vorliegens eines Polytraumas untersucht und gegebenenfalls anhand der Verletzungsmuster nachbestimmt, ob ein Polytrauma vorlag. Einerseits wurde dazu der „Injury Severity Score“ berechnet (Baker 1974). Dieser ist definiert als Summe aus den Quadraten der höchsten Grade der „Abbreviated Injury Scale“. Die AIS teilt die Verletzungen entsprechend der Schwere in Grade ein. Leichten Verletzungen werden geringe Punktzahlen zugeordnet und schweren Verletzungen hohe Punktzahlen (Safety 1971). Ab einem Injury Severity Score von 16 spricht man von einem Polytrauma.

Andererseits wurden die Patienten mit Hilfe des Polytrauma-Schlüssels (Hannover) in Gruppen eingeteilt (Zwipp 1994). Dabei werden altersabhängig Punkte für bestimmte Verletzungen an Schädel, Thorax, Abdomen, Becken und Wirbelsäule oder Extremitäten vergeben. Je nach Schwere vergibt man pro Verletzung unterschiedlich hohe Punktzahlen. Entsprechend der Summen werden die Patienten in folgende Gruppen eingeteilt.

### Gruppen nach PTS:

- Gruppe I:  $\leq 11$  Punkte,
- Gruppe II: 12-30 Punkte,
- Gruppe III: 31-49 Punkte sowie
- Gruppe IV: 50 Punkte.

Bei Vorliegen der Gruppe 2 spricht man von einem mittelschweren Polytrauma, bei den Gruppen 3 und 4 nach dem PTS von einem schweren Polytraumata.

### **4.2.2 Komplikationen**

Aus den Patientenunterlagen wurden die aufgetretenen Komplikationen sowie eventuell notwendig gewordenen Korrekturingriffe heraus gesucht. Des Weiteren wurden die primär und sekundär notwendig gewordenen Amputationen ermittelt.

### **4.2.3 Kompartmentsyndrome im Rahmen von Fußverletzungen**

Das akute Kompartmentsyndrom stellt nach der tiefen Beinvenenthrombose die zweithäufigste Komplikation bei Fußverletzungen dar (Jäger 2008). Ob sich ein Kompartmentsyndrom entwickelte hatte, wurde ausschließlich anhand der Dokumentation bei Aufnahme und im Akutverlauf herausgefiltert. Von Relevanz waren alle Kompartmentsyndrome im Bereich des Fußes und Unterschenkels, da sich dadurch immer ein Schaden des Fußes entwickeln kann (Rüter 2008; Zwipp 2008).

### **4.3 Fragebogen**

Mittels eines standardisierten Fragebogens und Begleitschreibens (siehe Anhang) zur Erläuterung der Studie wurde im April 2008 eine Befragung der Patienten durchgeführt.

Der Fragebogen beinhaltete:

- Zufriedenheit des Patienten mit dem Behandlungsergebnis
- Fragen nach dem Analgetikabedarf
- Visuelle Analogskala (VAS) Fuß und Sprunggelenk nach Richter
- Short Form 12-Lebensqualität-Fragebogen
- Fragebogen zu Beruf und Sport
- Theoretischer Fragenteil zum AOFAS-Score.

#### **4.3.1 Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis**

Die Patienten wurden gefragt inwieweit sie mit ihrem Behandlungsergebnis zufrieden waren. Es wurden folgende Auswahlmöglichkeiten zur Beantwortung gestellt:

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

#### **4.3.2 Fragen nach dem Analgetikabedarf**

Es wurde nach der Einnahme von Nichtopioid-Analgetika (Aspirin, Paracetamol, Diclofenac) und Opioid-Analgetika (Tramal, Valoron, Oxygesic) gefragt. Als Auswahlmöglichkeiten standen zur Verfügung:

- nein
- gelegentlich
- 1 mal pro Tag
- mehrmals täglich.



### 4.3.3 Visuelle Analogskala Fuß und Sprunggelenk nach Richter

In der Notfallmedizin nutzt man seit langem visuelle Analogskalen zur Beurteilung des Schmerzes (Kelly 2001; Mohan 2010) oder auch zur Beurteilung postoperativer Schmerzen (Fadaizadeh 2009) angewandt. Die visuelle Analogskala ist ein gebräuchliches Mittel um Behandlungsergebnisse in Fußstudien darzustellen (Landorf 2010). Weiterhin dient die visuelle Analogskala zur Einschätzung subjektiver Wahrnehmungen der Patienten (Wewers 1990).

Die Visuelle Analogskala Fuß und Sprunggelenk wurde 2004 von Richter als Bewertungshilfe für das klinische Outcome nach Fuß- und Sprunggelenksverletzungen entwickelt (Zech 2004; Richter 2006). Sie fragt Schmerz und Einschränkungen der Patienten durch die Fußverletzungen mit 20 Fragen ab. Mittels einer, auf 10cm genormte, Linie soll der Patient seinen subjektiven Schmerzeindruck oder die Einschränkungen durch die Verletzungen mittels Setzen eines Kreuzes beurteilen. Mit Hilfe eines Messgitters mit Millimeterskalierung lassen sich die entsprechenden Längen in die Zahlenwerte umformulieren und in den Score übertragen. Für jede Frage ist maximal ein Wert von 100 Punkten möglich.

Die Auswertung erfolgt unter drei Gesichtspunkten:

- 4 Fragen zum Schmerz

- 11 Fragen zur Funktion

- 5 Fragen zu Sonstigem.

Es wird das Schmerzverhalten in Ruhe und Belastung sowie die Schmerzstärke erfragt. Zur Beurteilung der Funktion werden die Patienten nach Einschränkungen beim Stehen, Gehen und Laufen gefragt. Außerdem sollen die Patienten Aussagen zu Einschränkungen in Beruf, beim Reisen, bei Aktivitäten des täglichen Lebens, beim Autofahren und Treppensteigen machen. Der Unterpunkt „Sonstiges“ beinhaltet Fragen nach eventueller Schwäche des verletzten Fußes, nach Fußschwielen und Gefühlsstörungen. In einer Frage wird das Schuhwerk behandelt.

Der endgültige Punktwert für die visuelle Analogskala errechnet sich aus dem Durchschnittswert der Unterpunkte Schmerz, Funktion oder Sonstiges, aber es lässt sich auch für alle Fragen zusammen ein Gesamtdurchschnittswert ermitteln (Richter 2006).

#### 4.3.4 SF12- Lebensqualitätfragebogen

Der Short-Form (SF)-36 Health Survey dient der Erfassung der gesundheitsbezogenen subjektiven Lebensqualität (Bullinger 2000). Er besteht aus 36 einfach formulierten geschlossenen Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten und eignet sich für Personen ab 14 Jahren. Die Fragen lassen sich in 8 Subskalen einordnen (Abb. 21).

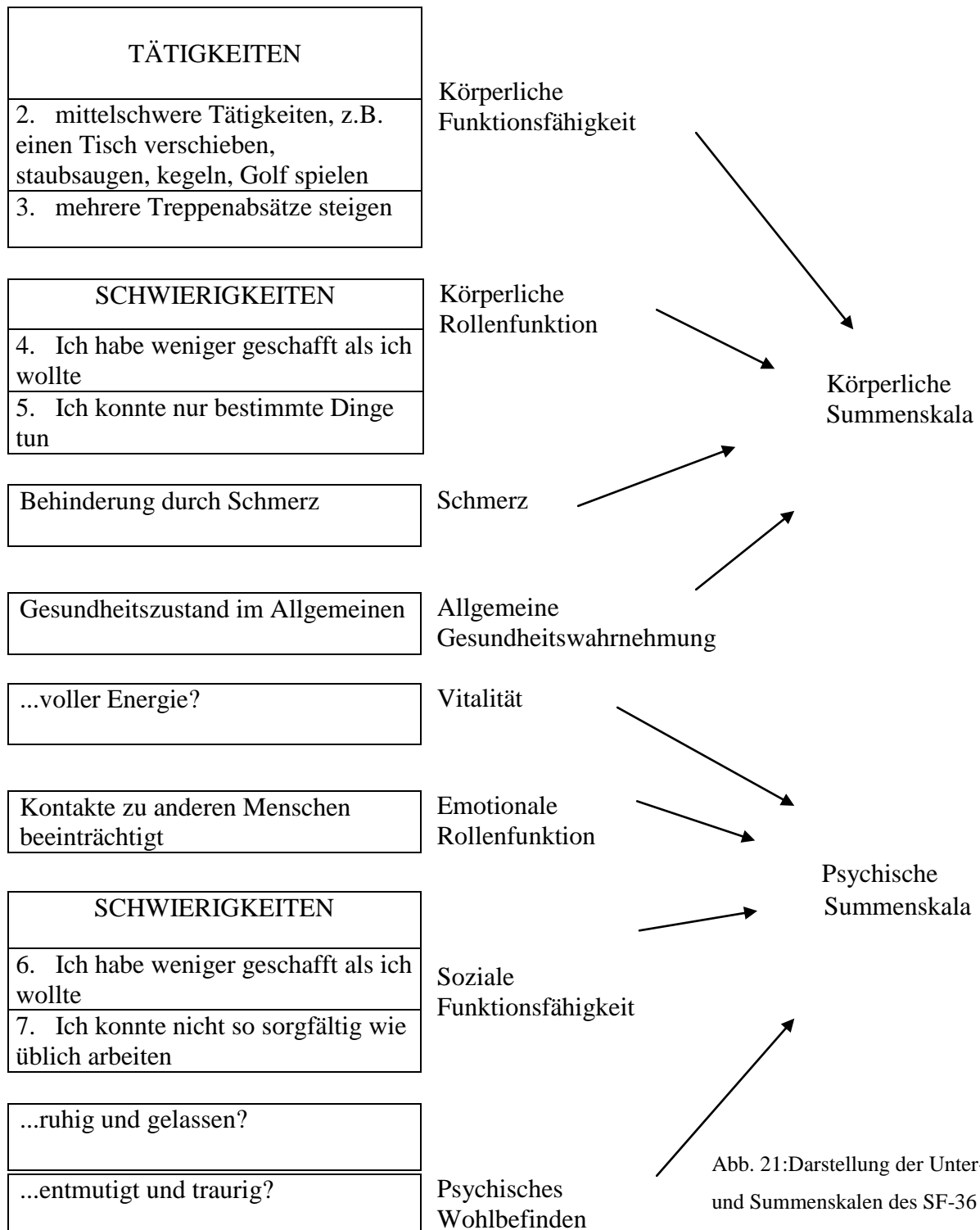


Abb. 21: Darstellung der Unter- und Summenskalen des SF-36 nach (Bullinger 1998).

Die körperliche Funktionsfähigkeit, die körperliche Rollenfunktion, der Schmerz und die allgemeine Gesundheitswahrnehmung gehen in die körperliche Summenskala ein. Dagegen gehen die Vitalität, die soziale Funktionsfähigkeit, die emotionale Rollenfunktion und das psychische Wohlbefinden in die psychische Summenskala ein. Die Werte der körperlichen und psychischen Summenskalen lassen sich mit den ermittelten Werten der deutschen Normpopulation bzw. von untersuchten Normstichproben vergleichen (Kirchberger 1998).

Damit ist der SF-36 ein international anerkanntes Verfahren zur Erfassung der subjektiven Gesundheit (Morfeld 2005).

Der SF-12 ist die 12-Items umfassende Kurzversion des SF-36 und ermöglicht eine deutlich schnellere Beantwortung der Fragen. Trotz der Kürze des Fragebogens lassen sich alle 8 Subskalen ermitteln, sowie die körperliche und psychische Summenskala zu ermitteln (Hurst 1998).

Aufgrund der sehr komplexen und damit leicht zu Fehlern führenden Anleitung zur Selbstausswertung, wurde auf den kostenfreien Scoring-Service auf [www.sf-36.org](http://www.sf-36.org) zurückgegriffen und so der körperliche und psychische Summenwert ermittelt.

### 4.3.5 Fragebogen zu Beruf und Sport

Mit diesem Fragebogenteil wurden die Einschränkungen und Veränderungen der Patienten in Beruf und Sport untersucht.

Es wurde nach dem erlernten Beruf und ob der Patient diese Tätigkeit vor dem Unfall ausgeführt hat, gefragt. Außerdem wollten wir wissen, wann die Patienten nach dem Unfall wieder arbeitsfähig waren und ob ein Wechsel der Tätigkeit innerhalb der Arbeitsstelle notwendig war.

Zum Ausüben von Sport wurden folgende Fragen gestellt:

- Haben Sie vor ihrer Verletzung Sport gemacht?
- Können Sie derzeit Sport treiben?

Zu beiden Fragen sollten die Patienten bei der Beantwortung mit „Ja“ im Freitext die jeweiligen Sportarten angeben. Mit diesen Fragen soll dargestellt werden, ob ein Unterschied im Sportverhalten bzw. in der Ausübung verschiedener Sportarten erkennbar ist.

Die letzte Frage bezog sich auf die Veränderung der Freizeit. Es wurde erfragt, ob die Patienten in ihren Aktivitäten eingeschränkt sind und wenn ja, welche Aktivitäten eingeschränkt sind.

### 4.4 Nachuntersuchung

Die Nachuntersuchung wurde mit Hilfe eines Nachuntersuchungsbogens zur einheitlichen Dokumentation standardisiert durchgeführt, angelehnt an den Nachuntersuchungsbogen des Maryland Foot Scores (Sanders 2006). Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden konventionelle Röntgenuntersuchungen sowie dynamische Pedographien durchgeführt.

Als validierte Outcome-Scores nach Fußverletzungen, vor allem nach Calcaneusfrakturen, wurden die AOFAS sowie der FOA- und CFSS-Score erhoben. Exemplarisch wurde dieses Vorgehen durch Schuh (2000) angewandt.

Bei jedem Score beträgt der maximal erreichbare Gesamtpunktwert 100 Punkte. Die Einteilung zu den Kriterien "sehr gut", "gut", "mittelmäßig" und "schlecht" erfolgte angelehnt an (Thordarson 1996; Schuh 2000). Tabelle 2 zeigte die gewählte Klassifikation.

Kriterium	Prozentsatz (in %)	Punktwert
Sehr gut	$\geq 90$	90-100
Gut	$\geq 80$	80-89
Mittelmäßig	$\geq 70$	70-79
Schlecht	$< 70$	0-69

Tab. 2: Einteilung der Punktwerte der AOFAS, des FOA und CFSS in die Kriterien „sehr gut“, „gut“, „mittelmäßig“ und „schlecht“ nach (Schuh 2000).

#### 4.4.1 Klinische Nachuntersuchungen

Die Nachuntersuchung erfolgte in der Untergliederung Inspektion, Palpation und Bewegung.

a) Inspektion: Betrachtet wurde das Gangbild sowie der Zehen- und Fersengang. Des Weiteren wurden Gehhilfen wie Rollstuhl, Rollator, 2 Unterarmgehstützen oder Stock/ 1 Unterarmgehstütze dokumentiert. Außerdem wurden Wundheilung, Schwellungszustand, Beschwellung, Narbenverhältnisse, Weichteildeckung und Deformitäten beurteilt.

Bei der Weichteildeckung wurde unterschieden, ob die Patienten keine Deckung benötigten oder eine Deckung mittels Mesh-Graft, lokaler/ gestielter Lappenplastik oder freier Lappenplastik bekamen. Es wurde beurteilt inwieweit die Deckungen eingeheilt sind.

## Material-Methoden

Mithilfe eines Spiegeltisches wurden im Stand das Fußgewölbe und Fußdeformitäten beurteilt.

Unterschieden wurden folgende Fehlstellungen:

- Rückfuß:      - Pes valgus  
                     - Pes varus  
                     - Pes equinus  
                     - Pes calcaneus
  
- Vorfuß/Mittelfuß:    - Pes planus  
                                 - Pes adductus  
                                 - Pes abductus
  
- Zehen:            - Hallux valgus  
                         - Krallenzehen  
                         - Hammerzehen



Abb. 22: Auf diesem Bild sieht man eine Patientin mit Z.n. komplexer Fußverletzungen auf dem rechtem Bein auf dem Spiegeltisch stehend. Auf diese Weise kann man das Fußgewölbe beurteilen.

b) Palpation: Zu Beginn der Nachuntersuchung wurde bei jedem Patienten die Durchblutung, Motorik und Sensibilität (DMS) ermittelt. Anschließend wurden die Füße und Unterschenkel auf das Vorhandensein von Druckschmerz und tastbaren Osteophyten untersucht sowie die Umfänge der Waden (15cm unterhalb des Kniegelenks), des kleinsten Umfang des Unterschenkels, der Knöchelregion, des Mittelfuß und des Vorfuß gemessen.

c) Bewegung: Es wurden die Extension und Flexion im oberen Sprunggelenk, im Großzehengrundgelenk und in den Zehengrundgelenken, sowie das Heben und Senken im Bereich des Unteren Sprunggelenks im Seitenvergleich untersucht. Zudem wurden die Patienten auf Instabilitäten im Bereich des oberen Sprunggelenks (Talusvorschub, laterale Aufklappbarkeit), des unteren Sprunggelenks (laterale Aufklappbarkeit), der Chopart- und Lisfranc-Gelenklinien sowie der Metatarsalia 1-5 untersucht.

### 4.4.2 AOFAS-Score

Es gibt insgesamt vier Scores für den Fuß und das Sprunggelenk (Kitaoka 1994):

AOFAS Sprunggelenk und Rückfuß

AOFAS Mittelfuß

AOFAS Großzehe metatarsophalangeal-interphalangeal

AOFAS Zehen 2-5 Metatarsophalangeal-Interphalangeal.

Jeder Score untergliedert sich in Schmerz, Funktion, Form und Alignment. Der Schmerz wird in jedem gleichermaßen nach Häufigkeit und Stärke abgefragt. Zur Beurteilung der Funktion werden Fragen nach täglichen Einschränkungen, der Gehstrecke, Gehen auf unebenen Wegen und Gangbildstörungen gestellt. Die Fragen nach der Funktion richten sich nach der betroffenen Fußregion, deswegen unterscheiden sich da die Scores für Sprunggelenk und Rückfuß, Mittelfuß und Zehen deutlich. Zur Beurteilung von Schmerz und Funktion sollen die Fragen durch den Patienten beantwortet werden. Die Fragen zu Form und Alignment der jeweiligen Fußregion werden durch den Nachuntersucher beantwortet.

Außer dem AOFAS-Score für den Rückfuß und das Sprunggelenk erfragen die Scores für Mittelfuß und Zehen zusätzlich das Schuhwerk. Diese Frage wird durch den Patienten beantwortet. Jedem AOFAS-Score können maximal 100 Punkte zugeordnet werden. Um die Ergebnisse überschaubarer darzustellen, wurden die Punktwerte den Kriterien "sehr gut", "gut", "mittelmäßig" und "schlecht" zugeordnet, angelehnt an Thordarson (1996) und Schuh (2000).

### 4.4.3 FOA-Score nach Thordarson

Der „Functional Outcome Assessment Score“ (FOA) nach Thordarson beinhaltet Fragen nach dem Schmerz in Ruhe und bei Tätigkeiten. Außerdem wird nach Veränderungen bei der Arbeit gefragt. Hierbei muss der Patient angeben, ob er die gleiche Tätigkeit wie vorher ausführt, die Arbeit modifizieren, den Arbeitsplatz wechseln musste oder arbeitsunfähig war. Funktionelle Einschränkungen beim Gehen sowie der Gebrauch von Gehhilfen werden ebenfalls erfragt. Beim Gehen wird die Stärke der Einschränkung erfragt. Bei den Gehhilfen wird zwischen einem Stock, der gelegentlich oder dauernd verwendet wird, zwei Stöcken und Krücken unterschieden (Thordarson 1996).

### 4.4.4 CFSS-Score nach Kerr

Das „Calcaneal Fractures Scoring System“ (CFSS) nach Kerr fragt wie die AOFAS-Scores und der FOA-Score nach dem Schmerz. Weiterhin wird hier nach der Häufigkeit und Tätigkeitsassoziationen wie das Gehen auf ebenen oder auf unebenen Wegen erfragt. Patienten, die immer Schmerzen haben, werden nach der Stärke gefragt. Außerdem wird nach den Einschränkungen der täglichen Aktivitäten gefragt.

Der FOA-Score beinhaltet ebenfalls Fragen nach dem Schuhwerk sowie der Gehstrecke und nach der Arbeit. Zusätzlich beschäftigt sich eine Frage mit dem Sportverhalten der Patienten (Kerr 1996).

### 4.4.5 Patienten mit Prothesenversorgung

Es wurden 2 Patienten mit Prothesen nachuntersucht. Für diese wurde zusätzlich der „AmpuPro“-Scorewert bestimmt (Middeldorf 2001). Dieser erfragt den Schmerz in Bezug auf die Stärke, der Beeinträchtigung des täglichen Lebens und der Notwendigkeit von Schmerzmitteln. Es werden Aktivitäten des täglichen Lebens wie zum Beispiel Treppen steigen, Schuhe und Socken anziehen, Mobilität, Hinken, die Einschränkungen bei Körperpflege und Toilettengang, die Benutzung der öffentlichen Verkehrsmittel, das Mahlzeiten herrichten und das Aufstehen von Stuhl und Bett erfragt.

Ein weiterer Teil des Fragebogens beschäftigt sich mit dem Prothesengebrauch der Patienten. Es wird die tägliche Tragedauer, die Gehstrecke mit der Prothese, die notwendige Hilfe bei Prothesenanlage und der Gebrauch von Gehhilfen erfragt.

Maximal möglich sind für diesen Score 120 Punkte.

#### 4.5 Konventionelle Röntgenuntersuchung

Je nach ärztlich geprüfter Indikation wurden im Rahmen der Nachuntersuchungen Röntgenaufnahmen angefertigt. Es lagen von 27 Patienten in Abhängigkeit der Frakturlokalisationen Aufnahmen vor. Dabei handelte es sich um folgende Röntgenprojektionen: OSG anterior-posterior, OSG seitlich, Fuß dorsoplantar, Fuß seitlich, Fuß schräg, Saltzmann- und Bróden-Aufnahmen (Meschan 1970; Kauffmann 2011). Zur Entwicklung eines Auswertungsschemas wurde sich an Kinner (2002) orientiert.

##### 4.5.1 Ermittelte Winkel und Achsen

Aus den Röntgenbildern wurden folgende Werte bestimmt:

- mediale Fußsäule (A)
- laterale Fußsäule (B)
- Großzehengrundgelenksvalgität (C).

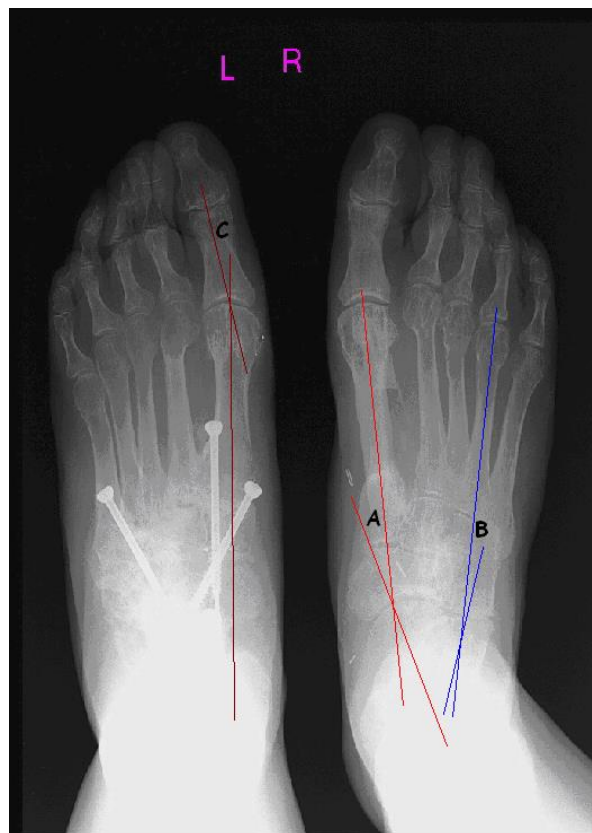


Abb. 23: Es handelt sich um eine anterior-posterior Aufnahme des Fußes im Stehen. Dargestellt sind am rechten Fuß die mediale (A) und laterale Fußsäule (B) sowie am linken Fuß die Großzehenvalgität (C).



## Material-Methoden

Außerdem wurden wie dargestellt gemessen:

- Talo-Metatarsale Achse (D)
- Böhler-Winkel (E)
- Gisanne-Winkel (F)
- Talus-Höhe (G)
- Talocalcaneärer Winkel (H)
- Fußgewölbe-Winkel (I)

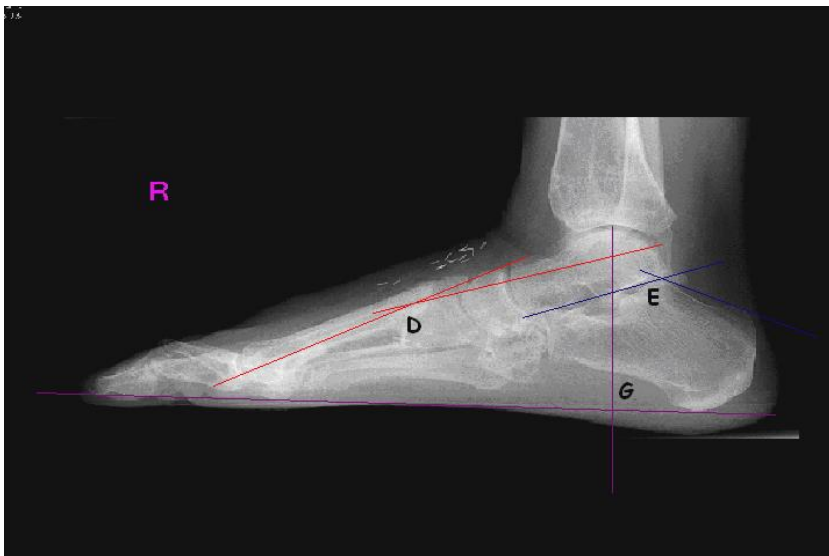


Abb. 24: Es handelt sich um eine seitliche Aufnahme des Fußes im Stehen. Markiert sind die Talo-Metatarsale-Achse (D), der Böhler-Winkel (E) und der Gisanne-Winkel (F).

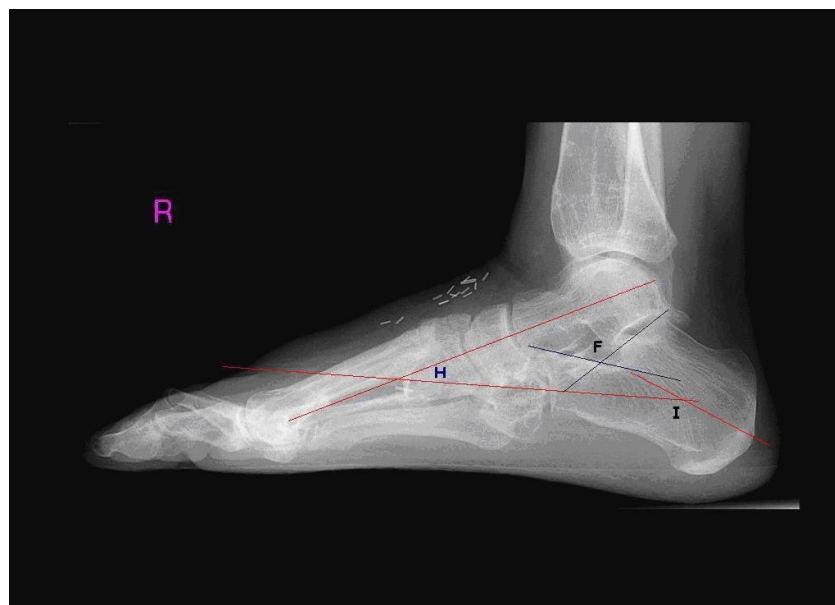


Abb. 25: Es handelt sich um eine seitliche Aufnahme des Fußes im Stehen. Markiert sind die Talus-Höhe (G), der talocalcaneare Winkel (H) und der Fußgewölbe-Winkel (I).

## Material-Methoden

Der Fußgewölbe-Winkel, der talocalcaneare Winkel (Normwert 40°) sowie die Talo-Metatarsale Achse (Normwert 0°) geben Auskunft darüber, ob das Fußgewölbe intakt ist (Davies 2003; Engelhardt 2010).

Die mediale Fußsäule beinhaltet das Talonavikulargelenk und trägt zur Motilität der Fußwurzel bei. Sie ist elastischer als die laterale Fußsäule, welche aus Calcaneus und Os cuboideum gebildet wird und zur Stabilität beiträgt (Wirth 2002).

Es wurden folgende Normwerte zu Grunde gelegt (Tab. 3):

	<b>Normwert</b>
<b>Fußgewölbe-Winkel</b>	130-140°
<b>Talocalcaneärer Winkel</b>	30-45°
<b>Mediale Fußsäule</b>	0-10°
<b>Laterale Fußsäule</b>	0-5°
<b>Großzehenvalgität</b>	5-15°
<b>Talo-Metatarsale-Achse</b>	0-10°

Tab. 3: Dargestellt sind die Normwerte der radiologisch bestimmten Winkel und Achsen des Fußes.

Unterschieden wurde, ob die bestimmten Werte im Rahmen der Normwerte waren beziehungsweise größer oder kleiner waren. Definiert wurden die Normwerte bei einzeln angegebenen Zahlenwerten  $\pm 5^\circ$ .

Bei Patienten mit Calcaneusfrakturen wurden der Böhler- und der Gissane-Winkel zusätzlich bestimmt. Ersterer gibt Auskunft über die Rückfußstatik und sollte zwischen 20 und 40° liegen. Bei schweren Calcaneusfrakturen kann der Winkel negative Werte oder Werte um Null annehmen. Der Gissane-Winkel gibt Auskunft über das Verhältnis von Fersenbeinhals- und Subtalarebene und sollte zwischen 120 und 145° liegen (Andermahr 2010).

Außerdem wurde bei Patienten Calcaneus- und/oder Talusfrakturen die Talushöhe (in Pixeln) bestimmt.

#### 4.5.2 Arthrosen

Ferner wurden die Arthrosegrade in Anlehnung an Menz (2008) bestimmt (Tab. 4).

<b>Gelenkspalt</b>	<b>Degenerative Erscheinungen</b>	<b>Grad</b>
Normal	keine	0
Normal (keine Verringerung)	Subchondrale Sklerosierung, Osteophyten und/oder zystische Veränderungen	1
Verringerung	Subchondrale Sklerosierung, Osteophyten und/oder zystische Veränderungen	2
Kompletter Verlust		3

Tab. 4: Diese Tabelle zeigt die Einteilung der Arthrosegrade nach (Menz 2008).

Bei dem Grad 0 liegen keine radiologischen Anzeichen für eine Arthrose vor. Grad 3 bezeichnet die Versteifung eines Gelenkes durch die Arthrose.

#### 4.5.3 Weitere Auswertungen

Des Weiteren erfolgte die Beurteilung des noch vorhandenen Osteosynthesematerials. Dabei wurde darauf geachtet, ob es sich gelockert hat oder gebrochen ist. Materiallockerungen sind radiologisch erkennbar durch Aufhellungen mit Randsklerosierung.

Weiterhin wurden die Röntgenbilder eventuell noch vorhandenen Frakturen und Fehlstellungen untersucht. Als Fehlstellungen wurden unter Anderem verschobene Gelenklinien oder Krallenzehen bezeichnet (Braunschweig 2003).

Außerdem wurde die Knochenstruktur beurteilt. Hier wurde auf Hinweise auf osteopenische Veränderungen geachtet. Ob es sich dabei um eine Osteopenie oder um eine Osteoporose handelt, kann nicht sicher festgestellt werden, da hierzu Untersuchungen wie eine Knochendichtemessung notwendig wären (Vogel 2005).

#### 4.5.4 Score zur Röntgen-Auswertung

Damit die Auswertung der Röntgenbilder vergleichbar wird, wurde ein Score entwickelt (Abb. 26), der die Arthrosen und die Abweichung der Winkel, die das Fußgewölbe bzw. die Fußsäulen widerspiegeln, berücksichtigt sowie noch vorhandene Frakturen und verbliebenes Osteosynthesematerial einbezieht.

**Abb. 26: Kriterien zur Bestimmung des Röntgen-Scores:**

1) Arthrosen:	- durchschnittlich Grad 0	3 Punkte
	- durchschnittlich Grad 1	2 Punkte
	- durchschnittlich Grad 2	1 Punkt
	- durchschnittlich Grad 3	0 Punkte
2) Material:	- kein Material mehr vorhanden	1 Punkt
	- Material noch vorhanden	0 Punkte
3) Frakturen:	- keine Frakturen mehr vorhanden	1 Punkt
	- noch Frakturen vorhanden	0 Punkte
4) Abweichung der radiologisch bestimmten Winkel von der Norm:		
	- Fußgewölbe-Winkel: - ja	1 Punkt
	- nein	0 Punkte
	- Talo-Calcanearer Winkel: - ja	1 Punkt
	- nein	0 Punkte
	- Talo-Metatarsale-Winkel: - ja	1 Punkt
	- nein	0 Punkte
	- laterale Fußsäule: - ja	1 Punkt
	- nein	0 Punkte
	- mediale Fußsäule: - ja	1 Punkt
	- nein	0 Punkte
		-----
		10 Punkte

Die Einteilung der Punktwerte zu den Gruppen I-IV erfolgte anhand einer prozentualen Abstufung wie sie auch bei Schulnoten angewandt wird (Tab. 5). Zu Gruppe I werden Patienten mit besseren röntgenologischen Ergebnissen zugeordnet.

**Tab. 5: Bewertung des Röntgen-Scores:**

Gruppe	Prozentwert	Punktwert
<b>I</b>	≥ 90%	9-10
<b>II</b>	≥ 80%	8
<b>III</b>	≥ 70%	7
<b>IV</b>	≤ 60%	≤ 6

#### 4.6 Dynamische Baropedographie

Um die Nachuntersuchung besser objektivieren zu können, wurde mit dynamischen Pedographien gearbeitet. Mit einem medilogic® Fußdruckmesssystem der Firma T&T medilogic Medizintechnik GmbH wurden Ganganalysen mit Unterstützung eines erfahrenen Orthopädietechnikers der Firma Reiss aus Regensburg durchgeführt.

Das System besteht aus einem Empfänger, einem Sender und Einlegesohlen mit Drucksensoren für die Schuhe entsprechend der jeweiligen Schuhgröße des Patienten. Die Einlegesohlen enthalten bis zu 200 Sensoren. Die Messung kann mit oder ohne Einlagen erfolgen. Ohne Einlagen erhält man die wahren Belastungssituationen am Fuß, mit den Einlagen lässt sich die Güte der Versorgung überprüfen.

Die Messungen am Fuß des Patienten über die Sohlen werden kabellos über Funk an den Computer übermittelt. Das Computerprogramm ermöglicht die Auswertung der Ganganalyse in Bezug auf Maximaldrücke, Durchschnittsbelastungen, Impulse und zeigt den Verlauf von Ganglinie und Zyklogramm an. Somit bietet es die Möglichkeit zur verbesserten Diagnostik und Qualitätskontrolle von Einlagen oder orthopädischen Schuhen ([www.medilogic.de](http://www.medilogic.de)).

Im Rahmen der Nachuntersuchungen wurden bei 32 Patienten baropedographische Messungen durchgeführt. Es wurden keine Patienten nachuntersucht, die einen Kleinhirnschaden hatten, der das Gangbild hätte verändern können.



Abb. 27: Dargestellt sind die Einlegesohlen sowie die Sensoren und die Software-CD für die Auswertung am Laptop. Quelle: [www.medilogic.de](http://www.medilogic.de).

### 4.6.1 Belastungen einzelner Fußregionen

Die Sensoren der Einlegesohlen spiegeln die Belastungsverhältnisse der einzelnen Felder wider. Die Zuordnung der Druckfelder sowie Impulsfelder zu den jeweiligen Fußregionen erfolgte über Schablonen mit einem an die Fußgröße angepassten Fußskelett (Abb. 28 und 29).

Abb. 28: Dargestellt ist eine Schablone für den linken Fuß, sie dient der Zuordnung der Druck- und Impulsfelder im Rahmen der Pedographie-Auswertung.

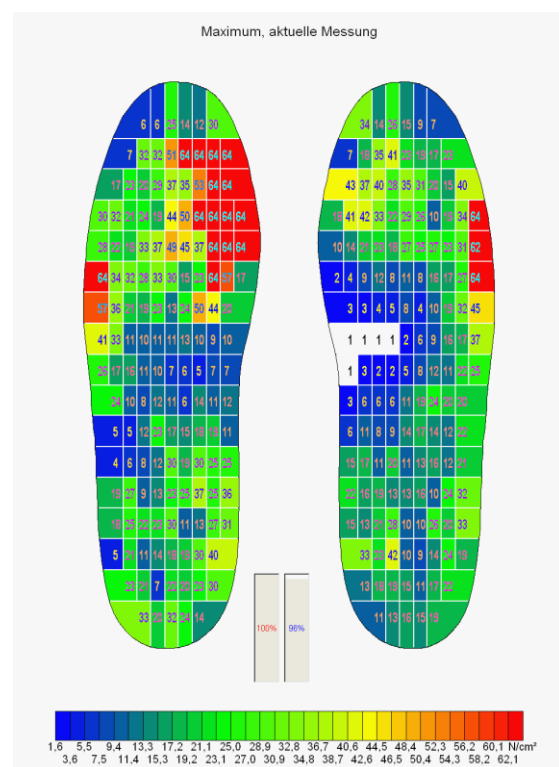


Abb. 29: Man sieht einen Ausdruck der Maximaldruckdarstellung der Medilogic-Software.

Damit konnten für die Bereiche Hallux, Zehen, Metatarsale I, II/III, IV und V, Mittelfuß und Ferse die Summe der Maximaldrücke, Durchschnittsdrücke und Impulse ermittelt werden und die Seitendifferenzen berechnet werden.

Definitionsgemäß ist der Druck ein Ausdruck für eine Kraft, die auf eine bestimmte Fläche wirkt. Ein Impuls drückt das Produkt von Masse und Geschwindigkeit aus. Es wurden die durchschnittliche Abweichungen der Maximaldrücke, Durchschnittsdrücke und Impulse bei allen Patienten untersucht sowie die Abhängigkeit dieser Abweichungen von der Frakturlokalisation bzw. der radiologisch festgestellten Veränderungen am Fußskelett.

Die Seitenabweichungen (angegeben in %) wurden den Kriterien „kaum“, „geringfügig“, „mittel“ und „stark“ zugeordnet. Die Einteilung erfolgte anhand der Mediane der Studienpopulation, die weitere Abstufung anhand der 25. und 75. Perzentile (Tab. 6,7 und 8).

**Tab. 6: Bewertung der Seitenabweichungen der Maximaldrücke (N/cm<sup>2</sup>)**

Seitendifferenz	Seitenabweichung in %
<b>Kaum</b>	$\leq 8$
<b>Geringfügig</b>	$\leq 20$
<b>Mittel</b>	$\leq 38$
<b>Stark</b>	$> 38$

**Tab. 7: Bewertung der Seitenabweichung der Durchschnittsdrücke (N/cm<sup>2</sup>)**

Seitendifferenz	Seitenabweichung in %
<b>Kaum</b>	$\leq 9$
<b>Geringfügig</b>	$\leq 21$
<b>Mittel</b>	$\leq 41$
<b>Stark</b>	$> 41$

**Tab. 8: Bewertung der Seitenabweichung der Impulse (kg · m/s)**

Seitendifferenz	Seitenabweichung in %
<b>Kaum</b>	$\leq 11$
<b>Geringfügig</b>	$\leq 28$
<b>Mittel</b>	$\leq 48$
<b>Stark</b>	$> 48$

### 4.6.2 Ganglinien

Die Ganglinien spiegeln den Abrollprozess des Fußes wider und zeigen Unregelmäßigkeiten im Gang auf. Dargestellt wird jeder Abrollvorgang des Fußes, daraus ergeben sich Bündel der Ganglinien. Die Software von medilogic® errechnet den durchschnittlichen Verlauf der Ganglinien.

Veränderungen des Ganges können durch Versteifungen von Gelenken oder Instabilitäten begründet sein. Besonders beeinflussen Verletzungen der Sprunggelenke den Gang (Becker 1997).

## Material-Methoden

Die Ganglinien wurden in Bezug auf die Länge und das Verhältnis zum Gesamtfuß betrachtet. Die Regelmäßigkeit und eventuelle Medialisierungen oder Lateralisierungen wurden im Seitenvergleich beurteilt.

Es wurden die Abweichungen der Ganglinien von der gesunden Gegenseite betrachtet und wie unten dargestellt eingeteilt.

**Tab. 9: Bewertung der Seitenabweichung der Ganglinien**

Seitendifferenz	Seitenabweichung in %
<b>Kaum</b>	$\leq 2$
<b>Geringfügig</b>	$\leq 6$
<b>Mittel</b>	$\leq 12$
<b>Stark</b>	$> 12$

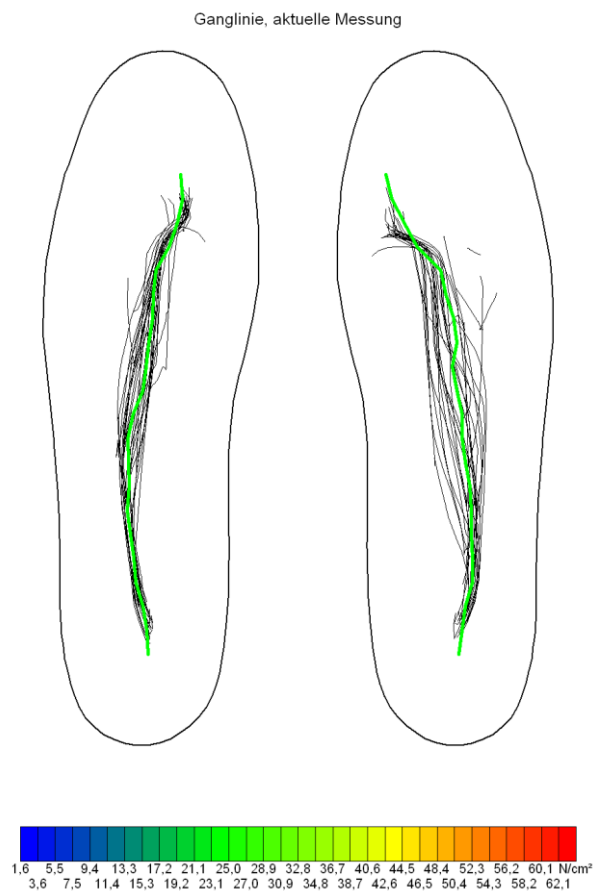


Abb. 30: Dargestellt ist ein Pedographie-Ausdruck mit den Ganglinien-Bündeln und der vom medilogic-Programm bestimmten durchschnittlichen Ganglinie. Quelle: medilogic.



### 4.6.3 Zycklogramme

Das Zycklogramm stellt den Verlauf des Druckschwerpunktes während des Laufens dar und spiegelt die Regelmäßigkeit des Ganges wider. Es wurde auch auf die Symmetrie der charakteristischen Schmetterlingsform untersucht. Außerdem wurden der Mittelpunkt und die Abweichung vom optimalen Mittelpunkt ermittelt. Ziel sollte es sein das Ausmaß der Schonung des verletzten Fußes zu bestimmen. Es wäre zu erwarten, dass der Mittelpunkt des Zycklogramms zum gesunden Fuß verschoben ist.

**Tab. 10: Bewertung der Seitenabweichung der Zycklogramme**

Seitendifferenz	Abweichung vom Mittelpunkt in %
<b>Kaum</b>	$\leq 3$
<b>Geringfügig</b>	$\leq 7$
<b>Mittel</b>	$\leq 16$
<b>Stark</b>	$> 16$

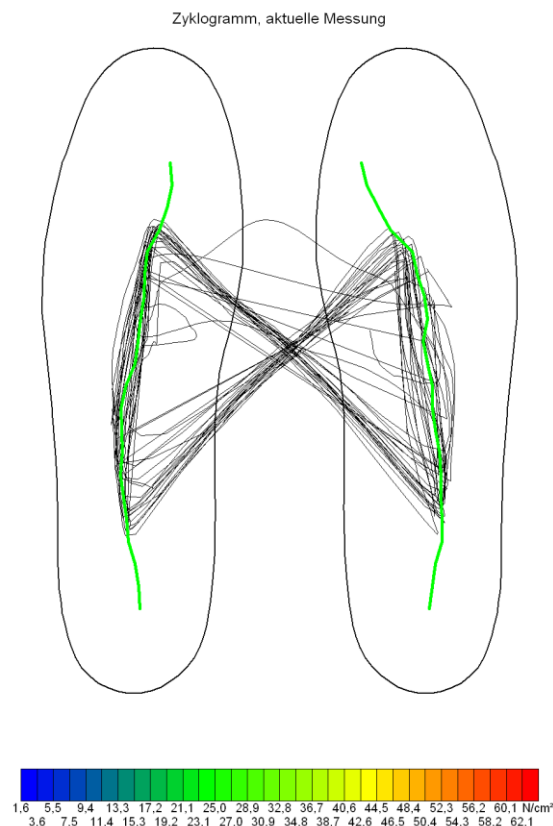


Abb. 31: Dargestellt ist ein Zycklogramm mit hellgrün gekennzeichnete Ganglinie. Quelle: medilogic.

### 4.6.4 Kontaktzeiten

Die Kontaktzeiten wurden ebenfalls mit Hilfe der Software von medilogic® bestimmt. Unterschieden wurden hier die Kontaktzeiten für den Vorfuß, den Rückfuß sowie den gesamten Fuß. Zu erwarten sind verlängerte Kontaktzeiten am gesunden Fuß sowie verkürzte Kontaktzeiten der von den Verletzungen betroffenen Fußregionen.

In den Diagrammen sind die Kontaktzeiten des rechten und des linken Fußes dargestellt, sowie die Kontaktzeiten der Vorfüße und Rückfüße. Die Software von medilogic® stellt eine Zeitskala dar anhand der man genau ablesen kann, wie viele Millisekunden ein Fuß bzw. nur der Vorfuß oder Rückfuß belastet wird.

Die Abbildungen 32 und 33 zeigen zwei Zeitdiagramme, die den Verlauf des Ganges veranschaulichen. Abbildung 32 zeigt die Kontaktzeiten des rechten und linken Fußes, Abbildung 33 zeigt zudem die Kontaktzeiten der Vor- und Rückfüße.

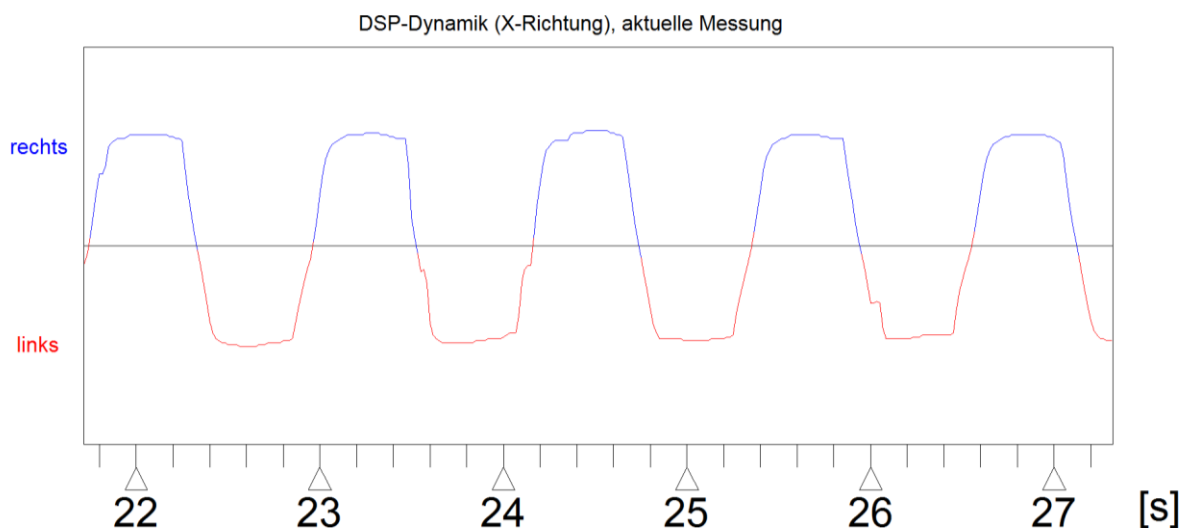


Abb. 32: Dargestellt ist ein Zeitdiagramm über die Dauer der Belastung des jeweiligen Fußes.

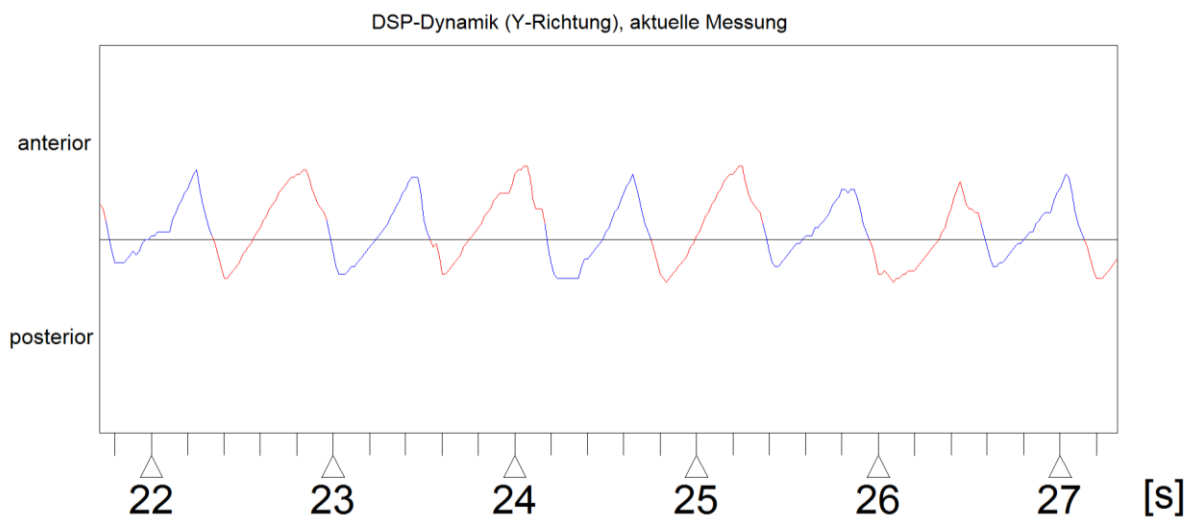


Abb. 33: Dargestellt ist ein Zeitdiagramm, das die Dauer der Belastung des Vorfußes und des Rückfußes anzeigt.

Die Seitenabweichungen der Kontaktzeiten wurden wie folgend, in Tabelle 11 dargestellt, eingeteilt:

**Tab. 11: Bewertung der Abweichung der Kontaktzeiten**

Seitendifferenz	Seitenabweichung in %
<b>Kaum</b>	$\leq 4$
<b>Geringfügig</b>	$\leq 8$
<b>Mittel</b>	$\leq 13$
<b>Stark</b>	$> 13$

**Tab. 12: Bewertung der Abweichung der Kontaktzeiten für den Vor- und den Rückfuß**

Seitendifferenz	Seitenabweichung in % Vorfuß	Seitenabweichung in % Rückfuß
<b>Kaum</b>	$\leq 16$	$\leq 7$
<b>Geringfügig</b>	$\leq 27$	$\leq 20$
<b>Mittel</b>	$\leq 51$	$\leq 29$
<b>Stark</b>	$> 51$	$> 29$

#### 4.6.5 Pedographie-Score

Über die Berechnung der jeweiligen Seitenabweichungen sowie die daraus resultierende Zuordnung nach den Kriterien „kaum“, „geringfügig“, „mittel“ und „stark“ Abweichung der Drücke, Impulse sowie Ganglinien und Zyklogramme ist die Berechnung des Pedographie-Scores möglich (Tab. 13).

**Tab. 13: Berechnung der Punkte des Pedographie-Scores**

Seitenabweichung in %	Punkte für den Pedographie-Score
Kaum	4
Geringfügig	3
Mittel	2
Stark	1

Angelehnt an den Aktivitätsindex von Siegmeth et al. wurde der Score zur leichter vergleichbaren Auswertung der Baropodographie entwickelt (Siegmeth 1996).

**Abb. 34: Kriterien zur Bestimmung des Pedographie-Scores, angelehnt an (Siegmeth 1996):**

Abweichung der Kontaktzeit Vorfuß:	...	Punkte
Abweichung der Kontaktzeit Rückfuß:	...	Punkte
Abweichung Ganglinie:	...	Punkte
Abweichung Zyklogramm-Mittelpunkt:	...	Punkte
Abweichung Maximaldruck: Großzehe	...	Punkte
Zehen	...	Punkte
Metatarsale 1	...	Punkte
Metatarsale 2/3	...	Punkte
Metatarsale 4	...	Punkte
Metatarsale 5	...	Punkte
Mittelfuß:	...	Punkte
Ferse:	...	Punkte
Abweichung Impuls: Großzehe	...	Punkte
Zehen	...	Punkte
Metatarsale 1	...	Punkte
Metatarsale 2/3	...	Punkte
Metatarsale 4	...	Punkte
Metatarsale 5	...	Punkte
Mittelfuß:	...	Punkte
Ferse:	...	Punkte
/80 Punkte		

Zur Beurteilung der Scorewerte erfolgte nach den Kriterien "keine", "kleine", "mäßige" und "große" Seitenabweichungen (Tab. 14). Grundlage für diese Einteilung stellt die prozentuale Abstufung wie sie auch bei Schulnoten angewandt wird, dar.

**Tab. 14: Bewertung der Punktzahlen des Pedographie-Scores**

Abweichung	Prozentwert	Punktwert
<b>Keine</b>	$\geq 90$	72-80
<b>Kleine</b>	$\geq 75$	60-71
<b>Mäßige</b>	$\geq 60$	48-59
<b>Große</b>	$\leq 59$	$\leq 47$

## 4.7 Orthopädische Schuhversorgung

### 4.7.1 Beurteilung der Einlagen und Orthopädischen Schuhe im Rahmen der Nachuntersuchung

Durch die Schwere der Verletzungen und folgenden Beeinträchtigungen der Patienten benötigen einige Einlagen oder auch orthopädische Schuhe. Diese wurden von dem bei der Nachuntersuchung anwesenden erfahrenen Orthopädietechniker beurteilt.

Unterschieden wurde hierbei den Einlagen zwischen stützend oder bettend und der Notwendigkeit eines Pronations- oder Supinationskeil. Bei den orthopädischen Schuhen wurden zwischen hochschaftigen Modellen und Halbschuhen unterschieden.

### 4.7.2 Fragebogen zur Orthopädischen Schuhversorgung

Im Rahmen der Nachuntersuchungen wurde mit Hilfe der Pedographien festgestellt, dass die orthopädischen Hilfsmittel teilweise verbesserungswürdig sind. Außerdem wurden sie bis dahin von den Patienten häufig unzureichend oft getragen werden. Daher wurden die Patienten mit Hilfe eines Kurzfragebogens (Abb. 35) im Oktober 2010 befragt, inwieweit Änderungen ihren Einlagen bzw. orthopädischen Schuhe vorgenommen wurden und ob, sie diese inzwischen häufiger tragen. Ausgeschlossen wurden zwei Patienten, die im Verlauf Unterschenkel bzw. Oberschenkel amputiert wurden.

Der Fragebogen enthielt die in Abbildung 35 aufgeführten Fragen.

#### Abb. 35: Fragebogen zur orthopädischen Schuhversorgung:

Haben Sie nach der Nachuntersuchung im Universitätsklinikum Regensburg ihre Orthopädischen Hilfsmittel wie empfohlen ändern lassen?

- a) ja
- b) nein
- c) eine Veränderung wurde nicht empfohlen

Wenn ja, merken sie einen Unterschied in Bezug auf ihren Gang und Beschwerden während des Gehens?

- a) ja
- b) nein
- c) keine Aussage möglich

Gab es Probleme bei der Anfertigung neuer orthopädischer Hilfsmittel?

- a) ja, folgende
- b) nein

Wie häufig tragen Sie ihre Einlagen/ orthopädischen Schuhe?

- a) immer
- b) meistens
- c) manchmal
- d) selten
- e) nie

Tragen Sie ihre orthopädischen Hilfsmittel häufiger als vor der Nachuntersuchung?

- a) ja
- b) nein
- c) keine Aussage möglich

Wie zufrieden sind Sie mit ihren Einlagen/ Schuhen?

- a) sehr gut
- c) gut, mit kleinen Abstrichen
- d) mäßig
- e) schlecht (unzufrieden)

44 % der nachuntersuchten Patienten schickten den Fragebogen zurück. Die geringe Resonanz lässt sich über die längere Zeit zwischen den Nachuntersuchungen und dem Fragebogen erklären.

#### 4.8 Statistik

Zur Datenpflege und statistischen Auswertung wurden die Programme SPSS 16.0 und PASW 17.0 verwendet.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte als Mediane mit Interquartilsabstand bei der Verwendung der Scores der visuellen Analogskala, der AOFAS-Scores sowie CFSS- und FOA-Scores. Die Mittelwerte mit Standardabweichung finden Anwendung bei der Klassifikation der Fußverletzungen über den Zwipp-Score und der Beschreibung von Zahlenwerten wie den Einzelwerten der visuellen Analogskala, den ermittelten Winkelgraden in der Röntgenauswertung und den Seitenabweichungen der Pedographien. Weiterhin verwendet man Mittelwerte bei der Bestimmung der Lebensqualität über den SF-12 sowie den Röntgen- und Pedographie-Scores.

Folgende statistische, nicht-parametrische Testverfahren wurden zur Signifikanztestung verwendet: Korrelationen nach Pearson, der Man Whitney-U-Test, der Wilcoxon-Test sowie der Kruskal-Wallis-Test. Das Signifikanzniveau liegt bei  $p < 0,05$ .

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Patienten

Die Einschlusskriterien zur Studie erfüllten 50 Patienten. Das durchschnittliche Alter betrug 45 Jahre (18-81 Jahre). Es lies sich kein Altersgipfel feststellen, bei dem gehäuft komplexe Fußverletzungen auftraten. Das Verhältnis von Frauen zu Männern lag bei 1:4. Bei 41% der Patienten war das rechte Bein betroffen, bei 45% das linke. Beide Beine waren bei 12% der Studienteilnehmer verletzt.

Am häufigsten zogen sich die Patienten ihre Verletzungen im Rahmen von Verkehrsunfällen zu. Jeweils 20% erlitten komplexe Fußverletzungen bei PKW-Unfällen sowie bei Motorradunfällen. Bei Stürzen aus größeren Höhen verletzten sich 16% der Patienten. Komplexe Fußverletzungen nach Unfällen mit Rasenmähern, Hexelmaschinen oder Kettenförderanlagen traten bei 12% der Fälle auf. 8% der Patienten verletzten sich durch Überrolltraumata.

Die Frakturen verteilten sich folgendermaßen auf den Fuß (Abb. 36):

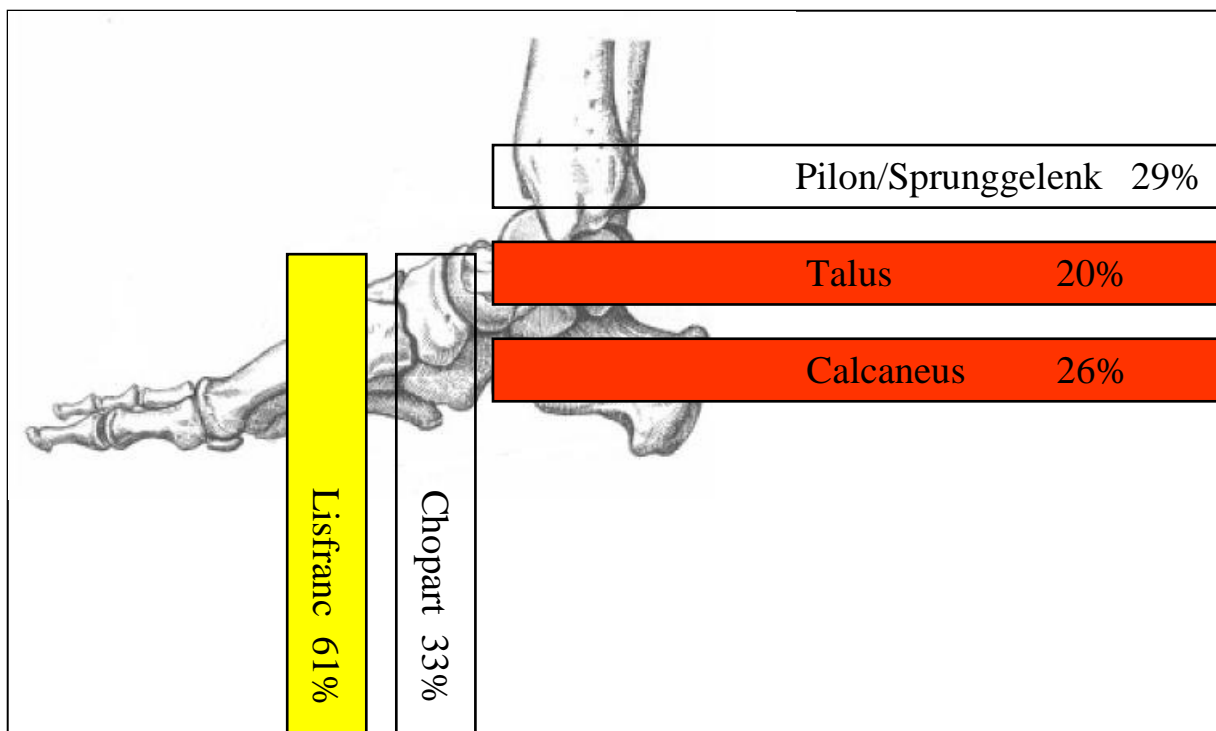


Abb. 36: Die Abbildung zeigt die Häufigkeitsverteilung der im Rahmen der komplexen Fußverletzung aufgetretenen Frakturen am Fuß.

Bei 39% der Patienten mit Lisfranc-Frakturen traten auch Chopart-Frakturen auf. Weiterhin bestanden bei 18% der Patienten Frakturen im Bereich der Zehen sowie bei 24% Frakturen am distalen Unterschenkel.

## Ergebnisse

Im Mittel erlitten die Patienten 3 Frakturen durch das jeweilige Trauma und hatten einen durchschnittlichen Weichteilschaden von 3 Grad. Im Median waren 4 Operationen (1-19 Operationen) pro Patient notwendig.

Der Zwipp-Score wurde retrospektiv bestimmt. Es ergab sich folgende Verteilung der Scorewerte nach Zwipp (Tab. 15):

	<b>Zwipp Score=5</b>	<b>Zwipp Score=6</b>	<b>Zwipp Score=7</b>
<b>Häufigkeit</b>	81,1%	13,5%	5,4%

Tab. 15: Die Tabelle zeigt die Häufigkeitsverteilung des Zwipp-Scores unter den 50 eingeschlossenen Patienten.

Der Score nach Zwipp korreliert auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  mit der Anzahl der Frakturen sowie auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  mit dem Weichteilschaden (Tab 16). Dieses Ergebnis zeigt die Abhängigkeit des Zwipp-Scores von beiden Faktoren auf.

<b>Korrelation nach Pearson</b>	<b>Anzahl Frakturen</b>	<b>Grad Weichteilschaden</b>	<b>Zwipp-Score</b>
<b>Anzahl Frakturen</b>	1	0,129 p=0,274	0,254* p=0,029
<b>Grad Weichteilschaden</b>	0,129 p=0,274	1	0,506** p=0
<b>Zwipp-Score</b>	0,254* p=0,029	0,506** p=0	1

Tab. 16: Die Tabelle zeigt das Ergebnis der Korrelation nach Pearson zwischen dem Zwipp-Score, der Anzahl der Frakturen und dem Grad des Weichteilschadens mit dem Korrelationskoeffizienten und der Signifikanz (p).

\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

### 5.1.1 Verletzungen im Rahmen von Polytraumata

45% der Studienteilnehmer waren polytraumatisiert ( $ISS \geq 16$ ). Neben dem ISS wurde der Hannover Polytrauma-Schlüssel bestimmt. 43% der Patienten ließen sich der Gruppe I nach dem Polytrauma-Schlüssel sowie 49% der Patienten der Gruppe II zuordnen. 8% wurden der Gruppe III zugeordnet. Gruppe IV konnte kein Patient der Studie zugeordnet werden.



## Ergebnisse

Nachfolgend sind die durch den Polytrauma-Schlüssel verteilten Häufigkeiten der Verletzungsschweren dargestellt (Abb. 37):

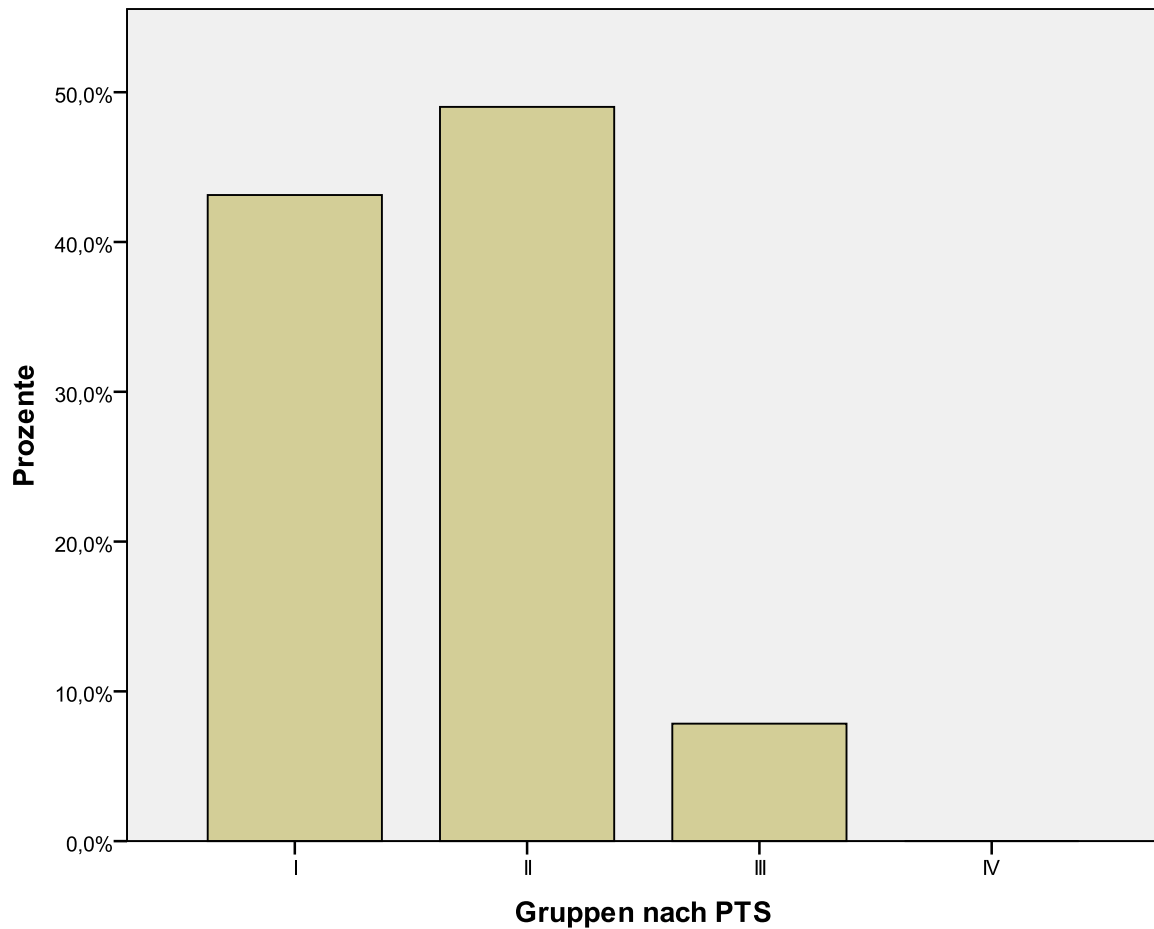


Abb. 37: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung der Verletzungsschweren bei polytraumatisierten Studienteilnehmern. Die Gruppe I schließt die leichteren Verletzungen ein, bei Vorliegen der Gruppen II- IV spricht man von einem Polytrauma. PTS=Polytrauma-Schlüssel.

Beim Polytrauma traten am häufigsten Frakturen im Bereich der Metatarsale-Knochen sowie der Lisfranc- und Chopart-Gelenklinien auf. Durchschnittlich wurde ein Weichteilschaden von Grad 3 dokumentiert.

### 5.1.2 Komplikationen

Komplikationen gab es bei 25% der Patienten. Am häufigsten traten Wundnekrosen auf. Acht Patienten waren davon betroffen. Des Weiteren traten Stumpfinfektionen und eine Calcaneus-eine Fußwurzel- sowie eine Os naviculare-Osteomyelitis auf.

Bei 5 Patienten wurde eine sekundäre Amputation im Verlauf notwendig.

## Ergebnisse

Die Anzahl der Komplikationen sind folgend aufgeführt (Tab. 17):

	<b>Wund- infektion</b>	<b>Wund- nekrose</b>	<b>Stumpf- infektion</b>	<b>Osteomyelitis</b>	<b>Sekundäre Amputation</b>
<b>Anzahl</b>	6	8	2	3	5

Tab. 17: In der Tabelle aufgeführt sind die Anzahlen der aufgetretenen Komplikationen nach komplexen Fußverletzungen.

Die Komplikationen zeigten im Rahmen der Korrelation nach Pearson einen signifikanten Zusammenhang mit dem Grad des Weichteilschadens ( $p=0,008$ ). Komplikationen traten nur bei Patienten mit Weichteilschäden von 3 oder 4 Grad auf. Die Stärke des Weichteilschadens zeigte weiterhin einen signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten von Kompartmentsyndromen ( $p=0,024$ ).

Die Anzahl der Frakturen zeigte keinen Zusammenhang mit dem Auftreten von Komplikationen ( $p=0,749$ ).

### 5.1.3 Kompartmentsyndrome

Ein Kompartmentsyndrom entwickelten 35% der Patienten. Ein Kompartmentsyndrom trat am häufigsten bei Frakturen im Bereich der Metatarsale-Knochen, des Calcaneus sowie der Lisfranc- und Chopart-Gelenklinie auf. Zehenfrakturen treten signifikant häufiger ohne begleitendes Kompartmentsyndrom auf ( $p=0,007$ , Mann-Whitney-U-Test). Bei einer Signifikanz von  $p=0,053$  zeigt sich ein Trend zur Annahme, dass Lisfranc- und Metatarsale-Frakturen häufiger mit einem Kompartmentsyndrom einhergehen.

### 5.1.4 Korrekturingriffe

Im Verlauf waren knöcherne Korrekturingriffe bzw. Gelenkeingriffe notwendig. Bei 6 Patienten mussten Korrekturarthrodesen durchgeführt werden. Weiterhin waren bei 2 Patienten Gelenkrevisionen bzw. Gelenktoiletten notwendig. Und 2 Umstellungsosteotomien sowie eine Kortikotomie mussten durchgeführt werden (Tab. 18).

	<b>Korrektur- arthrodesen</b>	<b>Gelenkrevision/ Gelenktoilette</b>	<b>Umstellungs- osteotomien</b>	<b>Kortikotomien</b>
<b>Häufigkeit</b>	6	2	2	1

Tab. 18: In der Tabelle aufgeführt sind die Anzahlen der im Verlauf notwendig gewordenen Korrekturingriffe nach Primärversorgung der komplexen Fußverletzungen.

56% der Patienten benötigten keine Weichteildeckung. Unterschieden wurde hierbei zwischen der Deckung mit Spalthaut, Vollhaut und Deckung mittels freier oder gestielter Lappenplastiken (Tab. 19).

	<b>keine</b>	<b>Spalthaut</b>	<b>Vollhaut</b>	<b>Freier oder gestielter Lappen</b>
<b>Anzahl</b>	28	11	3	8 (freie: 5)

Tab. 19: In der Tabelle aufgeführt sind die Anzahlen der notwendig gewordenen Weichteildeckungen nach komplexen Fußverletzungen, unterschieden wird hierbei zwischen Spalthaut-, Vollhaut- und Lappenplastiken.

### 5.1.5 Amputationen

Nach komplexer Fußverletzung konnten bei 39 von 50 Patienten die Füße erhalten werden. Bei 6 Patienten war eine primäre Amputation notwendig, 5 mussten sekundär amputiert werden. Die primären Amputationen erfolgten entweder am Fuß oder am oberen Sprunggelenk. Die sekundären Amputationen erfolgten außer am Fuß auch am Unterschenkel (Tab. 20).

<b>Fußerhalt</b>	<b>Primäre Amputation</b>		<b>Sekundäre Amputation</b>		
39 Patienten	6 Patienten		5 Patienten		
	Fuß	OSG	Fuß	US	OS
	4	2	3	1	1

Tab. 20: In der Tabelle sind aufgeführt die Anzahlen der Fußerhaltungen und der Amputationen, in Unterscheidung zwischen primärer und sekundärer Amputation, nach komplexen Fußverletzungen.

## 5.2 Fragebogen

### 5.2.1 Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis

Über den Fragebogen wurden die Patienten befragt inwieweit sie mit dem Behandlungsergebnis nach komplexen Fußverletzungen zufrieden waren. Der Großteil der in die Studie eingeschlossenen Patienten war mit dem Behandlungsergebnis „gut“ oder „sehr gut“ zufrieden (Tab. 21).

	<b>Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis</b>
<b>Sehr gut</b>	29,4%
<b>Gut, mit kleinen Abstrichen</b>	37,3%
<b>Mäßig</b>	15,7%
<b>Schlecht (unzufrieden)</b>	3,9%
<b>Keine Angabe</b>	13,7%

Tab. 21: Die Tabelle zeigt die Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis nach komplexen Fußverletzungen.

### 5.2.2 Analgetikabedarf

Weiterhin wurden die Patienten nach ihrem Bedarf an Schmerzmittel aufgrund der Folgezustände nach ihrer Fußverletzungen befragt. Dabei zeigte sich, dass Nichtopioid-Analgetika wie zum Beispiel Aspirin, Paracetamol und Diclofenac von 26% der Patienten gelegentlich, von 6% einmal täglich und von 10% mehrmals täglich eingenommen werden. Dem Gegenüber nahmen 20% der Patienten gelegentlich, 2% einmal täglich und 4% mehrmals täglich Opioid-Analgetika ein.

### 5.2.3 Visuelle Analogskala Fuß und Sprunggelenk nach Richter

Im Rahmen des Fragebogens wurden die Patienten gebeten auf der Visuellen Analogskala für Fuß und Sprunggelenk nach Richter ihre Einschränkungen nach komplexen Fußverletzungen zu bewerten. Der 10cm langen Skala lassen sich die Punktwerte von 0 bis 100 zuordnen, dabei stellen höhere Werte bessere Ergebnisse dar.

## Ergebnisse

Die visuelle Analogskala fragt Schmerz und die subjektive Funktionseinschränkung durch Fußverletzungen ab. Die durchschnittlichen Antworten sowie die Standardabweichungen zu den Einzelfragen der Visuellen Analogskala sind im Anhang in Tabelle 73 aufgeführt. Auffallend hohe Punktwerte wurde bei den Fragen nach Schwielenbildung am Fuß ( $70,54 \pm 32,21$ ), Einschränkungen beim Autofahren ( $71,33 \pm 31,58$ ), Einschränkungen in den Aktivitäten des täglichen Lebens ( $76,96 \pm 24,84$ ) und Einschränkungen beim Reisen ( $70,44 \pm 30,30$ ) vergeben. Das spricht für geringe Einschränkungen in diesen Bereichen sowie für eine geringe Schwielenbildung an den Füßen.

Deutlich erniedrigte Punktwerte zeigten sich bei den Fragen nach den Einschränkungen des Laufens ( $21,23 \pm 27,84$ ) sowie beim Stehen auf einem Bein ( $31,61 \pm 34,52$ ). Weiterhin haben viele Patienten Probleme die passenden Schuhe zu finden ( $39,63 \pm 38,08$ ) und sind bei dem Gehen auf unebenen Wegen eingeschränkt ( $39,70 \pm 30,16$ ).

Die 20 Fragen der Visuellen Analogskala werden vier Hauptskalen zugeordnet. Im Median ließen sich den Antworten der Patienten auf den visuellen Analogskalen für Schmerz 51,00 (IQR=42,90) Punkte, auf den VAS für Funktion bei 43,25 (IQR=38,15) Punkte, auf den VAS für Sonstiges bei 49,95 (IQR=36,25) Punkte und auf den VAS Gesamt bei 48,50 (IQR=37,63) Punkte zuordnen (Tab. 22).

	<b>VAS Schmerz</b>	<b>VAS Funktion</b>	<b>VAS Sonstiges</b>	<b>VAS Gesamt</b>
<b>Median</b>	51,00	43,25	49,95	48,50
<b>IQR</b>	42,90	38,15	36,25	37,63

Tab. 22: Dargestellt sind die im Median angekreuzten Punktwerte der Patienten mit den Interquartilsbereich (IQR) nach komplexer Fußverletzungen der Unterskalen der Visuellen Analogskala nach Richter.

Es wurde der statistische Zusammenhang der Unterscores der visuellen Analogskala mittels der Korrelation nach Spearman getestet. Die Werte für Schmerz, Funktion und Sonstiges auf der Visuellen Analogskala nach Richter zeigten auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  einen signifikanten Zusammenhang mit dem Gesamtscorewert sowie untereinander (Tab. 23).

Korrelation nach Pearson	VAS Schmerz	VAS Funktion	VAS Sonstiges	VAS Gesamt
VAS Schmerz	1	0,762** p=0	0,640** p=0	0,871** p=0
VAS Funktion	0,762** p=0	1	0,689** p=0	0,954** p=0
VAS Sonstiges	0,640** p=0	0,689** p=0	1	0,835** p=0
VAS Gesamt	0,871** p=0	0,954** p=0	0,835** p=0	1

Tab. 23: Dargestellt sind die Korrelationskoeffizienten nach Pearson um den Zusammenhang zwischen den Unterscores der visuellen Analogskala nach Richter mit dem Gesamtscore darzustellen.

\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

### 5.2.3.1 Unterschiede der VAS in Abhängigkeit von Frakturlokalisation

Es wurde untersucht inwieweit sich die Punktwerte auf der Visuellen Analogskala in Abhängigkeit von der Lokalisation der im Rahmen komplexer Fußverletzungen zugezogener Frakturen unterscheiden.

Im Median wurden die geringsten Werte für die VAS Schmerz von Patienten mit Talus-Frakturen angegeben. In der Gesamt-Skala und der VAS Funktion wurden die geringsten Werte bei Frakturen des distalen Unterschenkels angegeben. Die Mediane für die Visuelle Analogskala Sonstiges lagen bei Zehenfrakturen am niedrigsten. In die VAS Sonstiges gehen Veränderungen des Gangbildes, Fußschwielen, Steifigkeitsgefühl im Bereich des Fußes, Probleme passendes Schuhwerk zu finden und Sensibilitätsstörungen ein. Niedrige Mediane sprechen für eine stärkere Beeinträchtigung aufgrund der Verletzung.

Am wenigstens beeinträchtigt scheinen die Patienten bei Frakturen im Bereich des oberen Sprunggelenks zu sein. Hier wurden im Median die höchsten Werte in der VAS Schmerz, Sonstiges und der Gesamt-Skala erreicht. In der Funktion waren die Patienten am wenigsten bei Zehenfrakturen beeinträchtigt.

In Tabelle 24 sind die Mediane für die Unterscores der visuellen Analogskala in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation dargestellt.

<b>Frakturen</b>	<b>VAS Schmerz</b>	<b>VAS Funktion</b>	<b>VAS Sonstiges</b>	<b>VAS Gesamt</b>
<b>Zehen</b>	67,30 (IQR=56,15)	53,10 (IQR=18,25)	29,40 (IQR=36,55)	51,00 (IQR=28,95)
<b>MT/Lisfranc-Gelenk</b>	67,30 (IQR=40,90)	45,80 (IQR=44,30)	60,40 (IQR=31,20)	53,10 (IQR=37,40)
<b>Chopart-Gelenk</b>	46,50 (IQR=36,92)	41,75 (IQR=53,38)	41,50 (IQR=50,25)	44,15 (IQR=49,95)
<b>Calcaneus</b>	43,00 (IQR=32,00)	42,40 (IQR=26,95)	40,80 (IQR=33,00)	41,90 (IQR=26,55)
<b>Talus</b>	40,65 (IQR=27,38)	39,35 (IQR=29,08)	47,30 (IQR=64,15)	42,80 (IQR=26,92)
<b>OSG</b>	67,80 (IQR=44,00)	45,80 (IQR=39,20)	65,00 (IQR=30,50)	53,60 (IQR=29,80)
<b>Distaler Unterschenkel</b>	42,75 (IQR=33,85)	33,10 (IQR=28,20)	48,80 (IQR=24,95)	39,20 (IQR=22,55)

Tab. 24: Dargestellt sind die Mediane und Interquartilsbereiche der zugeordneten Punktwerte auf der Visuellen Analogskala (VAS) nach Richter in Abhängigkeit von der Lokalisation der Frakturen.

Berechnet wurde der statistische Zusammenhang über den Korrelationskoeffizient nach Pearson. Es zeigte sich ein Zusammenhang zwischen dem Vorliegen von Frakturen des distalen Unterschenkels und der Ergebnisse der Visuellen Analogskala (Tab. 25).

<b>Korrelation nach Pearson</b>	<b>VAS Schmerz</b>	<b>VAS Funktion</b>	<b>VAS Sonstiges</b>	<b>VAS Gesamt</b>
<b>Distaler Unterschenkel</b>	0,198 p=0,168	0,349* p=0,013	0,165 p=0,253	0,305* p=0,031

Tab. 25: Die Tabelle zeigt die Korrelation nach Pearson mit dem Korrelationskoeffizienten sowie dem p-Wert (statistische Signifikanz) zur Darstellung eines Zusammenhangs zwischen den Frakturlokalisationen und der Visuellen Analogskala nach Richter.

Die Funktion und der Gesamtscore der Visuellen Analogskala unterscheiden sich signifikant schlechter bei Vorliegen von Frakturen im Bereich des distalen Unterschenkels. Bei Frakturen der anderen Fußbereiche zeigte sich kein deutlicher Zusammenhang (p-Werte zwischen 0,177 und 0,972).

### 5.2.3.2 Unterschiede der VAS in Abhängigkeit von der Stärke des Weichteilschadens

Weiterhin wurde untersucht, ob es eine Abhängigkeit der Punktwerte der Visuellen Analogskala im Zusammenhang mit dem Grad des Weichteilschadens gibt. Es zeigten sich bei Weichteilschäden vierten Grades höhere Medianwerte der Unterskalen der visuellen Analogskala als beispielsweise bei Weichteilschäden dritten Grades (Tab. 26).

<b>Weichteilschaden in Grad</b>	<b>VAS Schmerz</b>	<b>VAS Funktion</b>	<b>VAS Sonstiges</b>	<b>VAS Gesamt</b>
<b>Grad 0</b>	50,00	28,20	25,00	31,80
<b>Grad 1</b>	67,80	34,60	65,00	50,50
<b>Grad 2</b>	25,80	18,70	47,00	27,10
<b>Grad 3</b>	46,90 (IQR=50,43)	43,25 (IQR=42,95)	54,20 (IQR=32,08)	48,65 (IQR=41,18)
<b>Grad 4</b>	67,30 (IQR=49,33)	56,35 (IQR=27,00)	44,70 (IQR=40,80)	51,00 (IQR=40,55)

Tab. 26: Dargestellt sind die Punktwerte der Visuellen Analogskala (VAS) nach Richter in Abhängigkeit vom Grad des Weichteilschadens. Es handelt sich dabei um die Mediane mit Angabe der entsprechenden Interquartilsabstände (IQR).

Mittels der Korrelation nach Pearson ließ sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Punktwerten auf der Visuellen Analogskala und dem Grad des Weichteilschadens nachweisen (Tab. 27).

<b>Korrelation nach Pearson</b>	<b>VAS Schmerz</b>	<b>VAS Funktion</b>	<b>VAS Sonstiges</b>	<b>VAS Gesamt</b>
<b>Grad</b>	0,111	0,224	0,068	0,169
<b>Weichteil- schaden</b>	p=0,441	p=0,118	p=0,637	p=0,242

Tab. 27: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson mit dem Korrelationskoeffizient und dem p-Wert (statistische Signifikanz) zur Testung eines statistischen Zusammenhangs zwischen der Visuellen Analogskala (VAS) nach Richter und dem Weichteilschaden.



### 5.2.4 SF12-Lebensqualitätfragebogen

Aus den Fragen zum SF-12, Fragebogen zum Gesundheitszustand, wird deutlich, dass die Folgen der komplexen Fußverletzung unterschiedliche Auswirkung auf das Leben der Patienten haben. Die durchschnittlichen Antworten der Patienten sind im Anhang in den Tabellen 74 bis 85 aufgeführt.

51% der befragten Patienten mit erlittener komplexer Fußverletzung schätzten ihren Gesundheitszustand als „gut“ ein (Abb. 38).

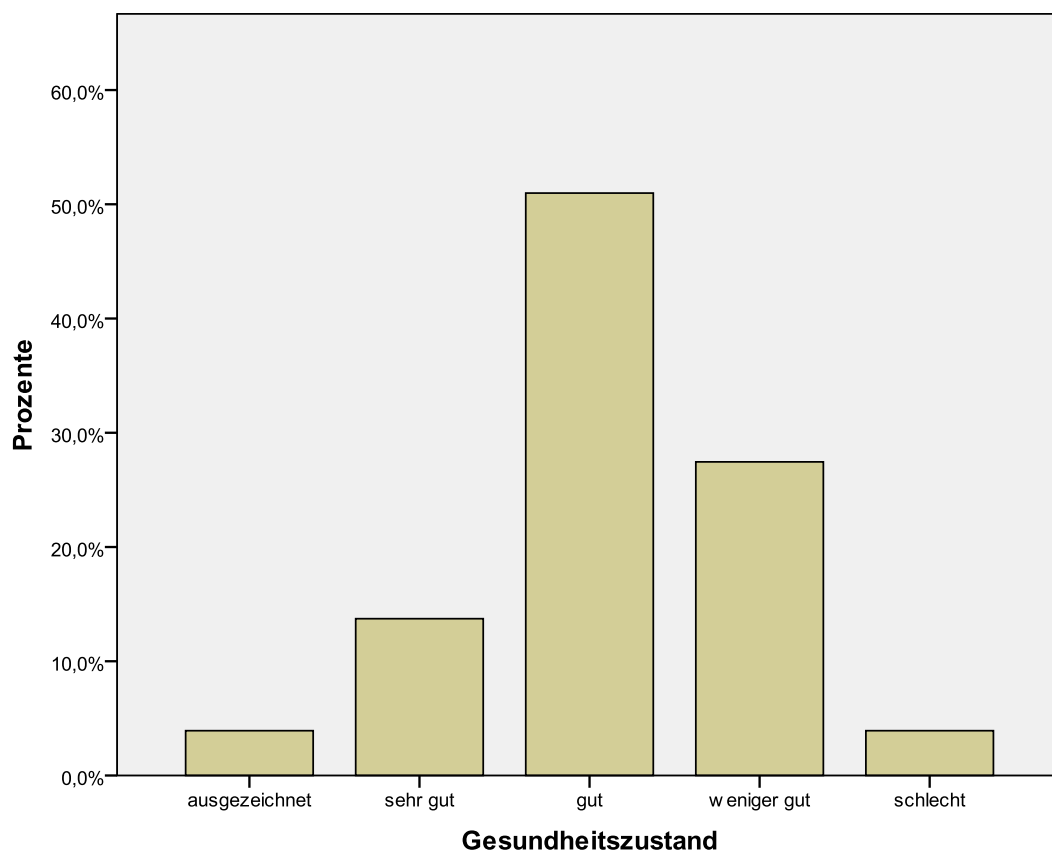


Abb. 38: Das Balkendiagramm zeigt die Selbsteinschätzung des Gesundheitszustandes der Patienten mit komplexer Fußverletzung im Rahmen des SF-12 Gesundheitsfragebogens. 51% der Patienten schätzten ihren Gesundheitszustand als „gut“ ein.

Trotz des subjektiv guten Gesundheitszustandes zeigten sich Einschränkungen durch den Schmerz und bei mittelschweren Tätigkeiten durch die Fußverletzung. Der Großteil der Patienten ist bei der Ausführung von mittelschweren Tätigkeiten (47% der Patienten) und dem Steigen von mehreren Treppenabsätzen (64%) etwas eingeschränkt. Weiterhin haben 72% der Studienpatienten körperlich weniger geschafft als sie wollten.

## Ergebnisse

Einschränkungen durch seelische Belastung nach den Fußverletzungen treten teilweise auf, 54% der Patienten schaffen dadurch weniger als sie wollen. Bei Fragen nach dem Gemütszustand (Fragen nach Gelassen-Sein, Energie und Traurigkeit) sowie nach der Beeinträchtigung sozialer Kontakte zeigte sich kein deutlicher Häufigkeitsgipfel.

Einschränkungen durch die Schmerzen treten unterschiedlich stark auf. 28% der Patienten fühlten sich „ein bisschen“, 26% „mäßig“ und 22% „ziemlich eingeschränkt“.

Die ermittelten Werte aus dem Lebensqualitätfragebogen SF-12 lagen deutlich unter den Normwerten, daraus lässt sich eine geringere psychische und physische Lebensqualität der Patienten mit einer erlittenen „komplexen Fußverletzung“ im Vergleich zur Normalbevölkerung schlussfolgern (Tab. 28).

Die Normwerte der Normbevölkerung für die Physische Summenskala (PCS) und die Psychische Summenskala (MCS) wurden aus dem Buch „SF 36, Fragebogen zum Gesundheitszustand“ gewonnen (Bullinger 1998).

	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standard-abweichung</b>
<b>PCS</b>	16,00	57,20	38,20	10,63
<b>PCS Norm</b>	39,84	54,04	49,62	3,51
<b>MCS</b>	19,00	65,20	46,51	12,77
<b>MCS Norm</b>	51,71	53,35	52,32	0,54

Tab. 28: Die Tabelle zeigt die Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Minimal- und Maximalwerte der SF-12 Summenskalen im Vergleich zur Normalpopulation. PCS = körperliche Summenskala, MCS = psychische Summenskala.

**Die Mittelwerte der Patienten mit komplexer Fußverletzung auf der physischen Summenskala lassen sich mit denen von Patienten mit Angina pectoris (PCS=38,59) vergleichen. Die auf der psychischen Summenskala erreichten Mittelwerte liegen in der Nähe von denen von Herzinsuffizienz-Patienten (MCS=47,78).**

### 5.2.4.1 SF-12 in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation

Es wurde die Abhängigkeit der SF-12 Summenskalen von der Frakturlokalisation untersucht (Tab. 29). In der körperlichen Summenskala wurden die höchsten Mittelwerte bei Vorliegen von Zehenfrakturen und die niedrigsten Mittelwerte bei Frakturen des distalen Unterschenkels erreicht. Die höchsten Mittelwerte bei Calcaneus-Frakturen und die niedrigsten bei Zehenfrakturen erreicht. Niedrige Mittelwerte lassen sich mit einem schlechteren subjektiven Behandlungsergebnis in Zusammenhang sehen, höhere Mittelwerte mit einem besseren Ergebnis.

<b>Frakturen</b>	<b>PCS</b>	<b>MCS</b>
<b>Zehen</b>	41,99 ( $\pm$ 7,47)	42,26 ( $\pm$ 13,94)
<b>MT/Lisfranc</b>	38,68 ( $\pm$ 12,30)	46,62 ( $\pm$ 12,72)
<b>Chopart-Gelenk</b>	40,09 ( $\pm$ 10,80)	48,10 ( $\pm$ 12,56)
<b>Calcaneus</b>	35,02 ( $\pm$ 6,65)	49,46 ( $\pm$ 11,31)
<b>Talus</b>	32,78 ( $\pm$ 6,66)	49,13 ( $\pm$ 12,47)
<b>OSG</b>	39,01 ( $\pm$ 11,22)	49,12 ( $\pm$ 11,90)
<b>Distaler US</b>	30,40 ( $\pm$ 8,92)	43,68 ( $\pm$ 12,31)

Tab. 29: Dargestellt sind die durchschnittlichen Punktwerte ( $\pm$  Standardabweichung) der körperlichen (PCS) und psychischen (MCS) Summenskalen des SF-12 in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation.

Mittels des Korrelationskoeffizienten nach Pearson wurde getestet, ob ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Frakturlokalisation und den Summenskalen des SF-12 Lebensqualität-Fragebogens besteht.

Bei Vorliegen von Frakturen im Bereich des distalen Unterschenkels zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten der körperlichen Summenskala des SF-12 (Tab. 30).

<b>Korrelation nach Pearson</b>	<b>PCS</b>	<b>MCS</b>
<b>Distaler Unterschenkel</b>	0,416** p=0,003	0,126 p=0,384

Tab. 30: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson zur Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen der körperlichen Summenskala des SF-12 (PCS) und der Frakturen am distalen Unterschenkel. p = statistische Signifikanz. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

#### 5.2.4.2 SF-12 in Abhängigkeit von der Stärke des Weichteilschadens

Es wurde die Abhängigkeit der SF-12 Summenskalen von der Stärke des Weichteilschadens untersucht (Tab. 31). Hier zeigten sich insgesamt höhere Durchschnittswerte der körperlichen Summenskala (PCS) bei zunehmendem Weichteilschaden. Die höchsten Durchschnittswerte der psychischen Summenskala zeigten sich bei Weichteilverletzungen ersten und zweiten Grades.

<b>Grad Weichteilschaden</b>	<b>PCS</b>	<b>MCS</b>
<b>Grad 0</b>	26,30	30,30
<b>Grad 1</b>	35,20	50,50
<b>Grad 2</b>	35,17 ( $\pm$ 6,40)	52,43 ( $\pm$ 13,30)
<b>Grad 3</b>	37,79 ( $\pm$ 12,65)	46,21 ( $\pm$ 12,58)
<b>Grad 4</b>	41,01 ( $\pm$ 6,26)	46,46 ( $\pm$ 14,26)

Tab. 31: Dargestellt sind die durchschnittlichen Punktwerte ( $\pm$  Standardabweichung) der körperlichen (PCS) und psychischen (MCS) Summenskalen des SF-12 in Abhängigkeit vom Weichteilschaden.

Mittels der Korrelation nach Pearson wurde untersucht, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Weichteilschaden und den Summenskalen des SF-12 besteht. Dieser ließ sich nicht nachweisen (Tab. 32).

<b>Korrelation nach Pearson</b>	<b>PCS</b>	<b>MCS</b>
<b>Grad Weichteilschaden</b>	0,224 p=0,118	0,046 p=0,752

Tab. 32: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson mit dem Korrelationskoeffizienten zum Nachweis eines statistisch signifikanten Zusammenhangs zwischen der körperlichen (PCS) sowie psychischen (MCS) Summenskala des SF-12 und dem Weichteilschaden. p=statistische Signifikanz.

#### 5.2.4.2 Korrelationen des SF-12 Gesundheitsfragebogens mit den Werten der visuellen Analogskala

Mittels der Korrelation nach Pearson wurde getestet, ob ein Zusammenhang zwischen dem SF-12 und den visuellen Analogskalen besteht (Tab. 33). Die körperliche Summenskala zeigt einen signifikanten Zusammenhang mit allen vier visuellen Analogskalen ( $p < 0,01$ ). Dagegen zeigt sich für die psychische Summenskala auf dem Niveau von  $p < 0,05$  mit der VAS Funktion und der Gesamtskala sowie auf dem Niveau von  $p < 0,01$  mit der VAS Sonstiges ein statistisch signifikanter Zusammenhang.

Korrelation nach Pearson	PCS	MCS	VAS Schmerz	VAS Funktion	VAS Sonstiges	VAS Gesamt
PCS	1	0,087 p=0,548	0,653** p=0	0,778** p=0	0,450** p=0,001	0,735** p=0
MCS	0,087 p=0,548	1	0,223 p=0,124	0,310* p=0,030	0,458** p=0,001	0,363* p=0,010

Tab. 33: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson mit dem Korrelationskoeffizienten zur Testung des statistischen Zusammenhangs zwischen den Summenskalen des SF-12 und der Visuellen Analogskala.

p= statistische Signifikanz.

\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

### 5.2.5 Fragebogen zu Beruf und Sport

53% der Patienten waren vor dem Unfall in ihrem erlernten Beruf tätig. Nach dem jeweiligen Trauma waren 47% zum Zeitpunkt der Befragung wieder arbeitsfähig und davon 49% an ihrem alten Arbeitsplatz tätig. 18% der wieder arbeitsfähigen Personen mussten innerhalb ihrer Arbeitsstelle ihre Tätigkeit wechseln.

77% der befragten Patienten haben vor der Verletzung Sport getrieben, 41% konnten nach Ausheilung wieder sportlichen Aktivitäten nachgehen. In den Freizeitaktivitäten waren insgesamt 71% nach der Verletzung eingeschränkt, v.a. in sportlichen Freizeitaktivitäten.

Die Sportarten, die vor bzw. nach der Verletzung ausgeführt wurden bzw. werden konnten, die Anzahlen verteilen sich wie in Tabelle 34 dargestellt.

Sportart	Vor der Verletzung	Nach der Verletzung
<b>Fahrradfahren</b>	17	11
<b>Fußball</b>	9	-
<b>Walking</b>	1	2
<b>Laufen/Joggen</b>	12	2
<b>Turnen</b>	2	-
<b>Schwimmen</b>	5	6
<b>Wandern/Bergwandern</b>	6	2
<b>Fitnessstraining</b>	1	1
<b>Schlittschuh laufen</b>	1	
<b>Inline skaten</b>	1	1
<b>Tennis</b>	4	-
<b>Badminton</b>	1	-
<b>Squash</b>	1	-
<b>Reiten</b>	1	1
<b>Motocross</b>	1	-
<b>Ski alpin</b>	5	-
<b>Langlauf</b>	2	-
<b>Snowboard</b>	1	-
<b>Pilates</b>	1	1
<b>Aerobic</b>	1	1
<b>Tanzen</b>	1	-
<b>Kampfsport</b>	1	-
<b>Kein Sport</b>	11	27

Tab. 34: Dargestellt ist die Anzahl der Patienten, die bestimmte Sportarten vor und nach der komplexen Fußverletzung ausführten.

Die Patienten machen deutlich weniger Sport als vor der Verletzung. Einige können überhaupt keinen Sport mehr betreiben. Hauptsächlich werden nur noch „gelenkfreundliche“ Sportarten wie Radfahren oder Schwimmen ausgeführt.

### **5.3 Klinische Nachuntersuchung**

#### **5.3.1 Klinische Nachuntersuchungen**

Die klinische Nachuntersuchung erfolgte im Durchschnitt 4 (1-7) Jahre nach dem Trauma. Insgesamt wurden 32 Patienten nachuntersucht. Das durchschnittliche Alter betrug 42,9 Jahre (18-70 Jahre). Das Verhältnis männlich zu weiblich betrug 1,33. Es war 15mal die rechte Seite betroffen und 17mal die linke.

81% der Patienten brauchten keine Gehhilfe, 19% benötigen zwei Unterarmgehstützen.

##### **5.3.1.1 Durchblutung, Motorik und Sensibilität**

Bei 27% der nachuntersuchten Patienten zeigte sich eine normale Durchblutung, Motorik und Sensibilität. Bei 3% war die Durchblutung, bei 7% die Motorik und bei 27% die Sensibilität eingeschränkt. Die Motorik und die Sensibilität waren bei 17% und die Gesamt-DMS bei 20% der nachuntersuchten Patienten eingeschränkt.

##### **5.3.1.2 Fußfehlstellungen**

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurde beurteilt, ob sich Fehlstellungen als Folge der komplexen Fußverletzung entwickelt hatten. Bei den Patienten wurden häufig Fußfehlstellungen beobachtet.

Eine häufige Fehlstellung der Zehen war der Hallux valgus, es waren insgesamt 53% der Patienten betroffen. Des Weiteren zeigten sich Krallenzehen bei 27% der Patienten und Hammerzehen bei 3%. Ein Normalbefund im Bereich der Zehen ließ sich bei einem Drittel der nachuntersuchten Patienten beobachten.

Als häufige Fehlstellungen im Bereich des Mittelfuß und des Vorfußes waren der Pes transverso-planus (Senkfuß, 23%) sowie der Pes planus et transverso-planus (Senk-Spreizfuß, bei 43% der Patienten) zu beobachten. Ein Normalbefund ließ sich bei 7% der Patienten beobachten.

Als Fehlstellung im Bereich des Rückfußes wurde bei 43% der Patienten ein Pes valgus beobachtet. Bei 50% der nachuntersuchten Patienten zeigte sich ein Normalbefund.

### 5.3.1.2.1 Fußfehlstellungen in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation

Die detaillierte Häufigkeitsverteilung der Fußfehlstellungen in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation ist im Anhang 2 in den Tabellen 86 bis 94 dargestellt. Es zeigte sich, dass der Pes planus und der Pes transverso-planus sowie die Kombination beider häufige Fehlstellungen nach komplexen Fußtraumata sind.

Nach Zehenverletzungen zeigte sich bei 67% der nachuntersuchten Patienten ein Hallux valgus, bei 33% lag ein Normalbefund vor.

Nach Verletzungen der Metatarsale-Knochen und der Lisfranc-Gelenklinie wurde auf Fehlstellungen an den Zehen und im Bereich des Vor- sowie Mittelfußes geachtet. Im Bereich der Zehen zeigte sich bei 37% der Patienten ein Hallux valgus und bei 26% ein Normalbefund. Im Bereich des Rückfußes bestand bei 21% ein Pes transverso-planus sowie bei 42% ein Pes planus et transverso-planus.

Nach Verletzungen der Chopart-Gelenklinie im Rahmen des komplexen Fußtraumas traten bei 39% der Patienten ein Pes transverso-planus sowie bei weiteren 39% ein Pes planus et transverso-planus auf.

Lagen Verletzungen des Calcaneus vor, wurden der Vor- und Mittelfuß sowie der Rückfuß zur Beurteilung eventueller Fehlstellungen betrachtet.

Es zeigten sich bei 33% ein Pes planus sowie bei 44% der Patienten eine Pes planus et transverso-planus.

Bei 67% der nachuntersuchten Patienten ließ sich ein Pes valgus beobachten.

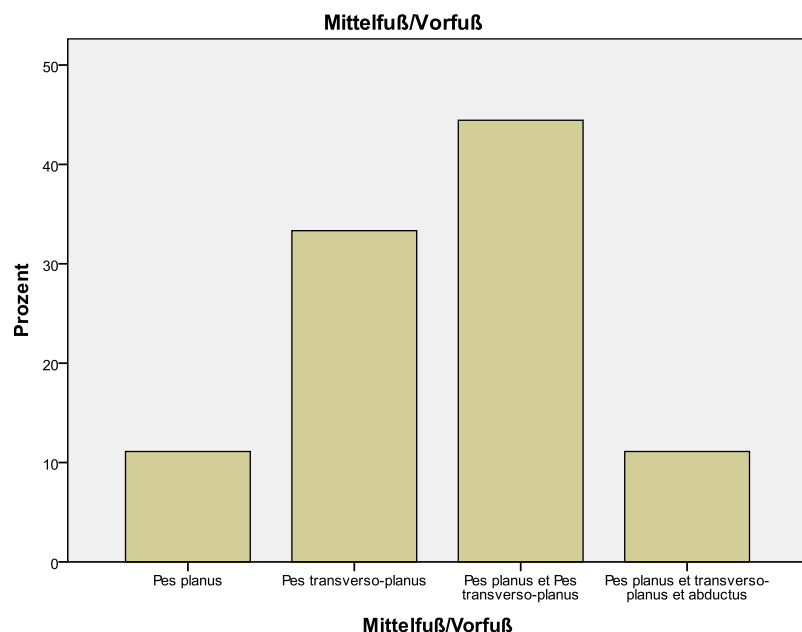


Abb. 39: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung der am Mittelfuß und Vorfuß

Nach Verletzungen des Talus zeigten sich jeweils bei 43% ein Pes transverso-planus sowie ein Pes planus et transverso-planus. Bei 29% der Patienten lag ein Pes valgus vor.

Nach Verletzungen des OSG und des distalen Unterschenkels zeigte sich bei 43% der nachuntersuchten Patienten ein Pes valgus.



### 5.3.1.2.2 Fußfehlstellungen in Abhängigkeit von Vorliegen eines Kompartmentsyndroms

Es wurde untersucht inwieweit Fußfehlstellungen in Abhängigkeit vom Vorliegen eines Kompartmentsyndroms häufiger auftreten. Bei einem prozentual höheren Anteil zeigten sich bei den Patienten, die ein Kompartmentsyndrom entwickelten, Zehenfehlstellungen wie zum Beispiel ein Hallux valgus. Das Vorliegen eines Pes planus und/oder Pes transverso-planus ist in beiden Gruppen in etwa gleichhäufig. Das Vorliegen eines Normalbefundes ist für den Rückfuß und den Gesamtfuß häufiger, wenn ein Kompartmentsyndrom auftrat.

Insgesamt zeigten sich geringe prozentuale Unterschiede zwischen den Patienten, die ein Kompartmentsyndrom entwickelten und denen, die keines entwickelten. Nachfolgend sind die Häufigkeiten der Fehlstellungen in Abhängigkeit vom Auftreten eines Kompartmentsyndroms in Tabelle 35 dargestellt.

<b>Fehlstellungen</b>	<b>Häufigkeit ohne Kompartmentsyndrom</b>	<b>Häufigkeit mit Kompartmentsyndrom</b>
<b>Pes valgus</b>	24,1%	13,3%
<b>Pes planus</b>	3,4%	2,2%
<b>Pes abductus</b>	-	2,2%
<b>Pes transverso-planus</b>	13,8%	6,7%
<b>Pes planus et transverso-planus</b>	13,8%	20,0%
<b>Pes planus et transverso-planus et abductus</b>	3,4%	2,2%
<b>Pes planus et transverso-planus et adductus</b>	3,4%	2,2%
<b>Hallux valgus</b>	6,9%	15,6%
<b>Hallux varus</b>	3,4%	2,2%
<b>Krallenzehen</b>	3,4%	2,2%
<b>Hallux valgus und Krallenzehen</b>	10,3%	6,7%

Tab. 35: Die Tabelle zeigt die Häufigkeit bestimmter Fußfehlstellungen in Abhängigkeit vom Vorliegen eines Kompartmentsyndroms.

Die Unterschiede zwischen beiden Gruppen sind nach dem Mann-Whitney-U-Test nicht signifikant (p zwischen 0,454 und 0,946).

### 5.3.1.3 Weitere Nachuntersuchungsergebnisse

Fußschwielen wurden bei 59% der Patienten festgestellt. Bei den meisten Nachuntersuchten waren die Schwielen mäßig stark ausgeprägt. Am häufigsten waren diese am Hallux, am Fußballen und an der Ferse lokalisiert.

Außerdem wurde in den Nachuntersuchungen festgestellt, dass alle Lappenplastiken eingeheilt waren. Mit 88% war der Großteil der gesehenen Narben reizlos. Bei den Meisten waren die Füße gar nicht geschwollen bzw. nur leicht geschwollen.

Es wurden keine deutlichen Umfangsdifferenzen zwischen dem betroffenen und dem gesunden Fuß festgestellt (Tab. 36).

Umfang	Durchschnittliche Seitenabweichung in %
Wade 15cm unterhalb Knie	1,87% ( $\pm$ 1,46)
Kleinster Umfang US	1,75% ( $\pm$ 1,65)
Umfang Knöchelregion	2,74% ( $\pm$ 3,04)
Umfang Mittelfuß	2,28% ( $\pm$ 3,39)
Umfang Vorfuß	2,09% ( $\pm$ 1,63)

Tab. 36: Die Tabelle zeigt die durchschnittlichen Seitenabweichungen in Prozent der Umfänge an Fuß und Unterschenkel.



Abb. 40 (links) und Abb. 41 (rechts): Es handelt sich um eine 49-jährige Patientin mit Mittelfußfrakturen beidseits, Talusluxationsfraktur links sowie Kompartmentsyndrome des Fußes beidseits. Im Rahmen der Nachuntersuchung erfolgte eine Untersuchung auf dem Spiegeltisch zur besseren Darstellung eventueller Fußfehlstellungen.

### 5.3.2 AOFAS-Score

Aus den Ergebnissen des Fragebogens und den Erkenntnissen der Nachuntersuchungen konnten die AOFAS-Scores bei 30 Patienten bestimmt werden. Mit 47% hat der Großteil der befragten Patienten „mäßige“ Schmerzen, die meist täglich auftreten (Tab. 37).

	<b>Wann und wie oft Schmerzen?</b>
<b>Keine</b>	13,7%
<b>geringe, gelegentlich</b>	35,3%
<b>Mäßige, täglich</b>	47,1%
<b>Schwer, immer</b>	3,9%

Tab. 37: Die Tabelle zeigt die Ergebnisse der Frage nach den Schmerzen im Rahmen des AOFAS-Scores.

Es gaben 63% an, dass „keine Limitierung der täglichen Aktivität“ bestehe, aber „Einschränkungen bei sportlichen und Freizeitaktivitäten“ zu verzeichnen seien. Die meisten der Befragten konnten durchschnittlich maximal 1000-3000m zurücklegen.

Der Großteil der Patienten gab Probleme auf unebenen Wegen an (Tab. 38).

	<b>Probleme auf unebenen Wegen</b>
<b>Keine Schwierigkeiten</b>	15,7%
<b>Etwas Schwierigkeiten auf unebenen Wegen, Treppen und Leitern</b>	45,1%
<b>Schwere Probleme auf unebenen Wegen, Treppen und Leitern</b>	39,2%

Tab. 38: Die Tabelle zeigt die durchschnittlichen Antworten der Patienten auf die Frage nach Problemen bei dem Gehen auf unebenen Wegen dar. Die Frage gehört zu den AOFAS-Scores.

Das Gangbild wies bei 16% schwere Störungen und bei 25% auffällige Störungen auf. 59% der gesehenen Patienten zeigten keine bis geringe Gangbildstörungen auf.

Das gleiche Schuhwerk wie vor dem Unfall trugen 27%. Ebenso viele tragen nach dem Unfall bequeme Schuhe mit Einlagen. Der Großteil der Nachuntersuchten trägt orthopädische Schuhe (47%).

### 5.3.2.1 AOFAS-Score Rückfuß und Sprunggelenk

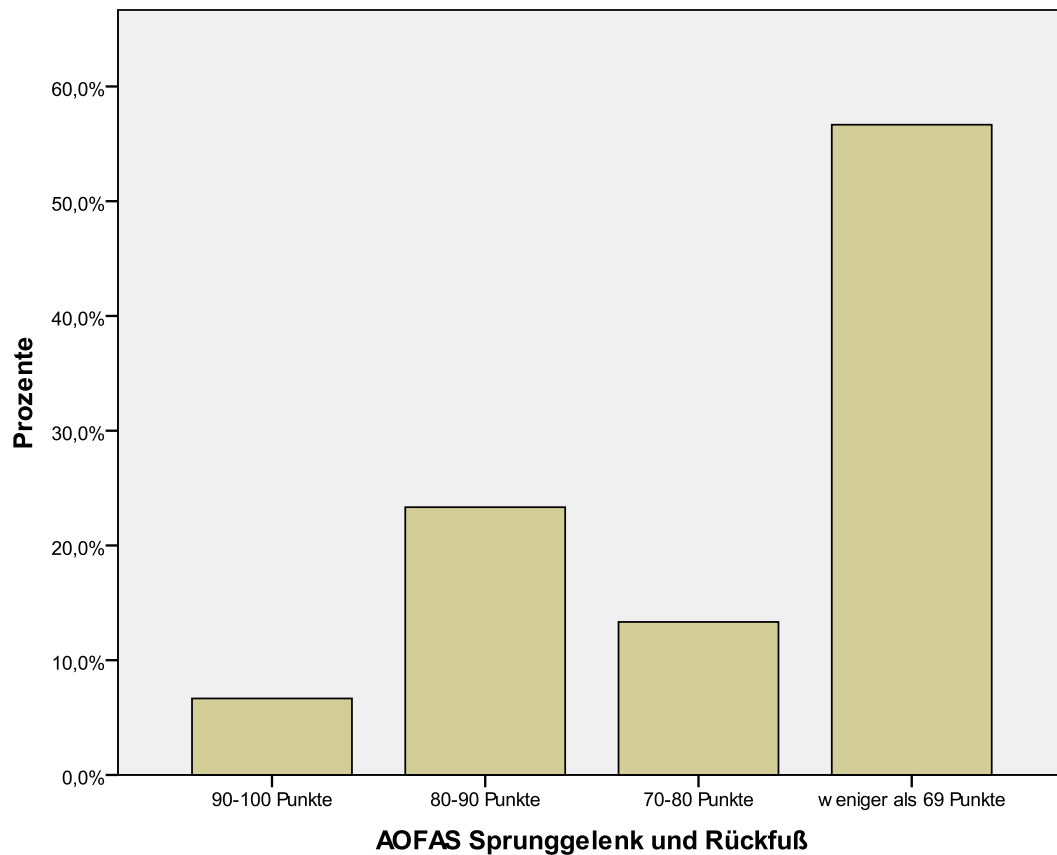


Abb. 42: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des AOFAS-Scores für Sprunggelenk und Rückfuß. 57% der Patienten erreichten ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten.

Mit 57% lies sich der Mehrheit der Patienten eine Ergebnis kleiner als 69 Punkten für den AOFAS-Score Sprunggelenk und Rückfuß zuordnen. Im Median lagen die Ergebnisse bei 68,00 (IQR=30).

Die meisten Patienten zeigten „mäßige“ Einschränkungen der Bewegungsumfänge für die Extension und Flexion im Sprunggelenk sowie für den Bewegungsumfang des Rückfußes. Die Verteilung der Einschränkungen ist in Tabelle 39 dargestellt.

	<b>Bewegungsumfang Extension/Flexion</b>	<b>Bewegungsumfang Rückfuß</b>
<b>Normal, geringe Einschränkung</b>	30%	23,3%
<b>Mäßige Einschränkung</b>	60%	53,3%
<b>Schwere Einschränkung</b>	10%	23,3%

Tab. 39: Die Tabelle zeigt die im Rahmen der Nachuntersuchungen festgestellten Einschränkungen des Bewegungsumfanges des Rückfußes.

## Ergebnisse

Bei allen nachuntersuchten Patienten waren die Füße im Bereich des Rückfußes und des Sprunggelenks stabil.

Mit 57% zeigte der Großteil der Patienten einen ausreichend konfigurierten, plantigraden Fuß mit geringen Fehlstellungen im Bereich des Rückfußes ohne Symptome. 37% wiesen einen gut geformten, plantigraden Fuß, bei dem Sprunggelenk und Rückfuß gut konfiguriert waren, auf.

### 5.3.2.2 AOFAS-Score Mittelfuß

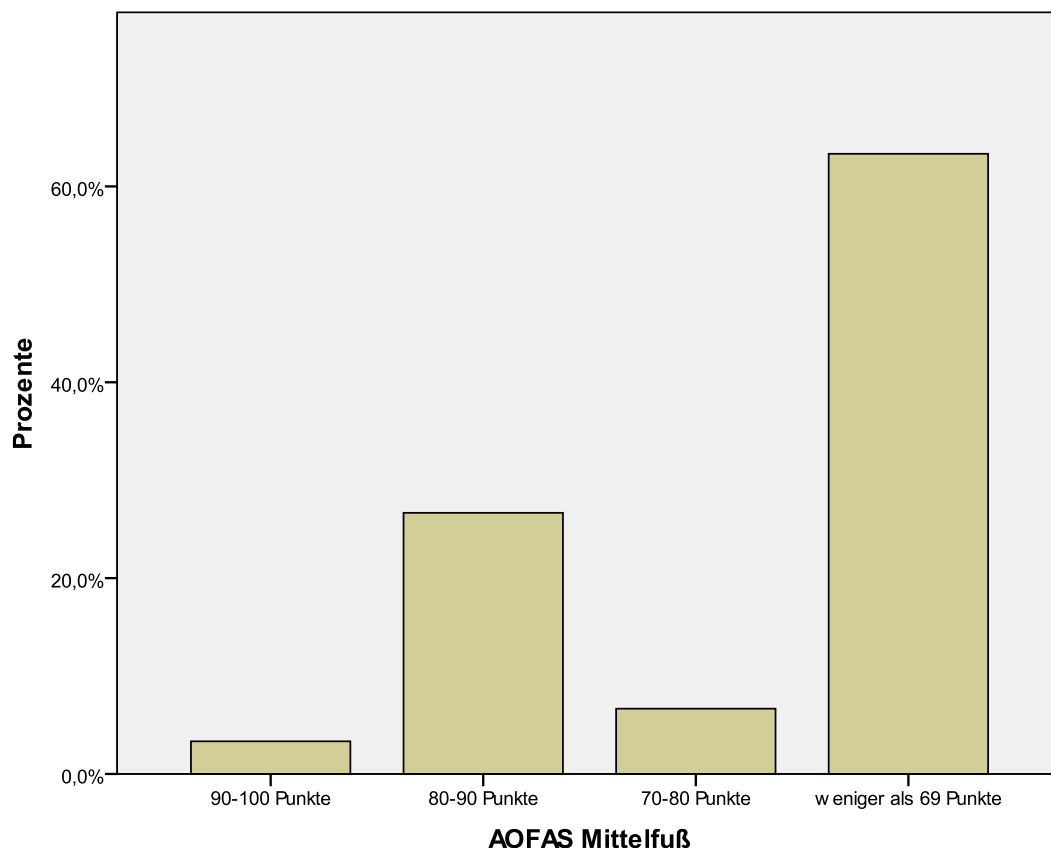


Abb. 43: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des AOFAS-Scores für den Mittelfuß. 63% der Patienten erreichten ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten.

63% der Patienten ließ sich ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten auf der „Ankle-Hindfoot-Scale“ für den Mittelfuß zuordnen. Der Median lag bei 61,00 (IQR=34).

Es zeigten sich bei 47% der Patienten „gute“ Ergebnisse in Form und Alignment des Mittelfußes sowie bei 50% „mäßige“ Ergebnisse. Bei 3% zeigte sich ein „schlechtes“ Ergebnis mit schweren Fehlstellungen.

### 5.3.2.3 AOFAS-Score Großzehe

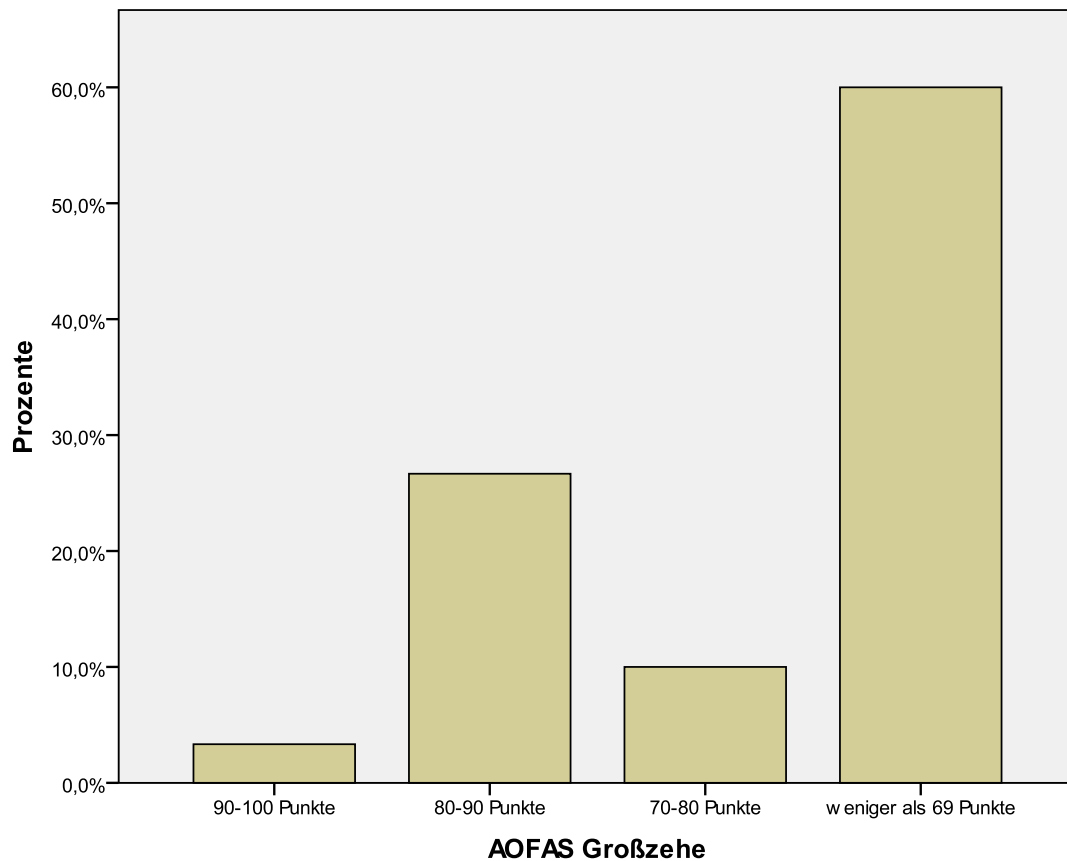


Abb. 44: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des AOFAS-Scores für die Großzehe. 60% der Patienten ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten.

60% der Patienten ließ sich ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten für die AOFAS-Scores der Großzehe zuordnen. Im Median lagen die Ergebnisse bei 66,00 (IQR=29).

Es zeigten sich die in Tabelle 40 dargestellten Bewegungsumfänge.

	Bewegungsumfang Metatarsophalangeal- Gelenk (Dorsal- und Plantarflexion)	Bewegungsumfang Interphalangeal-Gelenk (Plantarflexion)
<b>Normal, geringe Einschränkung</b>	36,7%	53,3%
<b>Mäßige Einschränkungen</b>	30%	0%
<b>Schwere Einschränkungen</b>	33,3%	46,7%

Tab. 40: Die Tabelle zeigt die in den Nachuntersuchungen festgestellten Einschränkungen der Bewegungsumfänge der Großzehen.

## Ergebnisse

Die Mehrheit der Patienten zeigte „normale, geringe Einschränkungen“ im Metatarsophalangeal- und Interphalangeal-Gelenk. 47% hatten „schwere Einschränkungen“ im Interphalangeal-Gelenk.

Bei 97% der Patienten waren die Füße in den Metatarsophalangeal- und Interphalangeal-Gelenken stabil. Sie hatten alle keinen oder einen asymptomatischen Kallus.

Für Form und Alignment wurden folgende Ergebnisse erzielt:

- |  |              |
|--|--------------|
| - <b>Gut</b> , Großzehe gut konfiguriert                       | <b>50%</b>   |
| - <b>Mäßig</b> , geringe Fehlstellung Großzehe, keine Symptome | <b>43,3%</b> |
| - <b>Schlecht</b> , schwere Fehlstellung, Symptome             | <b>6,7%</b>  |

### 5.3.2.4 AOFAS Zehen

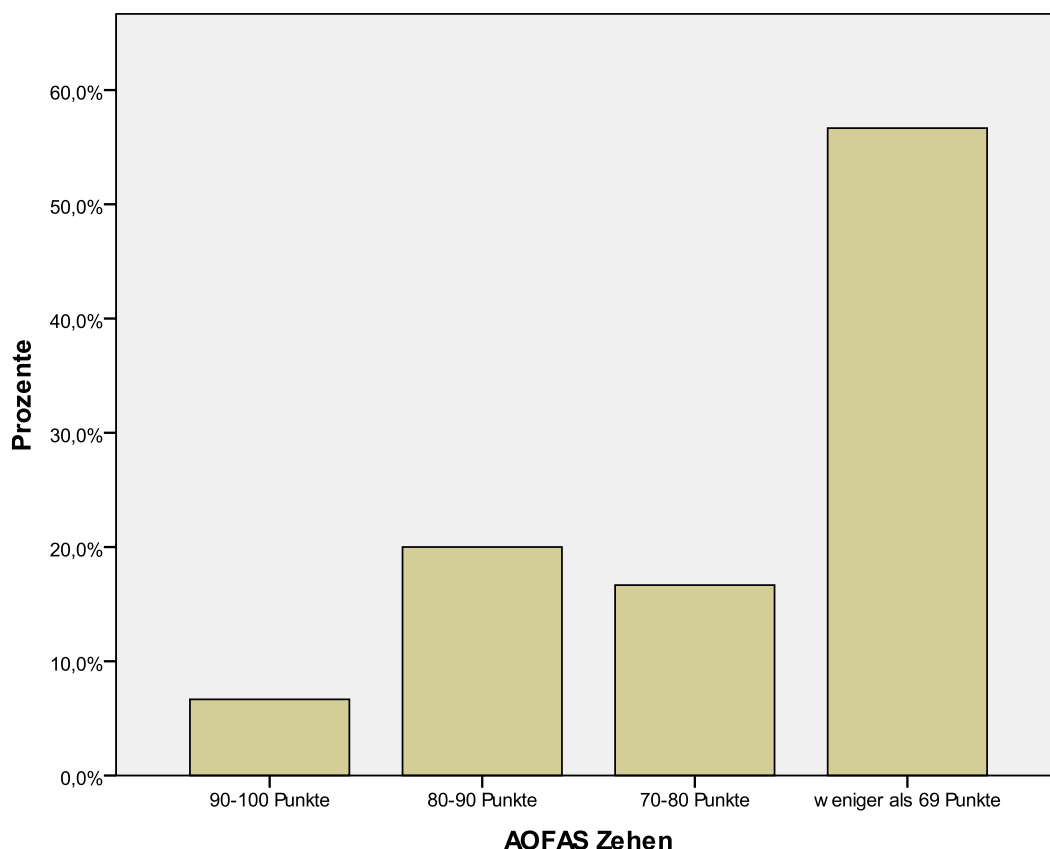


Abb. 45: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des AOFAS-Scores für die Zehen. 57% der Patienten erreichten ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten.

Es haben 57% der Patienten ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten für die AOFAS-Scores für die Zehen erreicht. Im Median lagen die Ergebnisse bei 67,00 (IQR=30).

## Ergebnisse

Die Füße waren bei 97% der Patienten in den Metatarsophalangeal- und Interphalangeal-Gelenken stabil. Sie hatten alle keinen oder einen asymptomatischen Kallus.

Die Mehrzahl der Patienten hatte „normale, geringe Einschränkungen“ bei den Bewegungen im Metatarsophalangeal- und Interphalangeal-Gelenk.

Es zeigten sich die in Tabelle 41 dargestellten Bewegungsumfänge bei den Patienten.

	<b>Bewegungsumfang Metatarsophalangeal- Gelenk (Dorsal- und Plantarflexion)</b>	<b>Bewegungsumfang Interphalangeal-Gelenk (Plantarflexion)</b>
<b>Normal, geringe Einschränkung</b>	43,3%	63,3%
<b>Mäßige Einschränkungen</b>	26,7%	0%
<b>Schwere Einschränkungen</b>	30%	36,7%

Tab. 41: Die Tabelle zeigt die in den Nachuntersuchungen festgestellten Einschränkungen des Bewegungsumfanges der Zehen.

Für Form und Alignment wurden folgende Ergebnisse erzielt:

- |   |              |
|---|--------------|
| - Gut, Zehen 2-5 gut konfiguriert                   | <b>46,7%</b> |
| - Mäßig, geringe Fehlstellung Zehen, keine Symptome | <b>50%</b>   |
| - Schlecht, schwere Fehlstellung, Symptome          | <b>3,3%</b>  |

Bei 97% der Patienten zeigten sich „gute“ bis „mäßige“ Ergebnisse für die Form und das Alignment der Zehen.



### 5.3.2.5 AOFAS-Scores in Bezug auf die Frakturlokalisationen

Da die AOFAS-Scores zur Beurteilung einzelner Fußregionen dienen, wurden ihre Mediane nun auf die Frakturlokalisation bezogen betrachtet (Tab. 42).

<b>AOFAS-Scores</b>	<b>Median</b>	<b>Interquartilsabstand</b>
<b>Zehenfrakturen</b>		
<b>AOFAS Zehen</b>	72	-
<b>AOFAS Großzehe</b>	67	-
<b>Lisfranc-Frakturen</b>		
<b>AOFAS Mittelfuß</b>	63	35
<b>Chopart-Frakturen</b>		
<b>AOFAS Mittelfuß</b>	60	36
<b>Calcaneusfrakturen</b>		
<b>AOFAS Sprunggelenk und Rückfuß</b>	54	22
<b>Talusfrakturen</b>		
<b>AOFAS Sprunggelenk und Rückfuß</b>	51	23
<b>Frakturen OSG</b>		
<b>AOFAS Sprunggelenk und Rückfuß</b>	73	29
<b>Frakturen distaler US</b>		
<b>AOFAS Sprunggelenk und Rückfuß</b>	44	17

Tab. 42: Dargestellt sind die Mediane (+ IQR) der AOFAS-Scores in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation.

Es zeigten sich Ergebnisse von weniger als 69 Punkten in den jeweiligen AOFAS-Scores bei den Lisfranc-, Chopart-, Calcaneus-, Talus-, distalen Unterschenkel- und Frakturen der Großzehe im Median. Die schlechtesten Ergebnisse fanden sich bei Frakturen am distalen Unterschenkel, gefolgt von Talus- und Calcaneusfrakturen. Ergebnisse zwischen 70 und 80 Punkten fanden sich bei den Frakturen im Bereich des oberen Sprunggelenks und zum Teil bei den Zehenfrakturen. Es zeigten sich keine Punktzahlen zwischen 80 und 100 Punkten der AOFAS-Scales.

### 5.3.2.6 Vergleich der AOFAS-Scores mit dem SF-12 Lebensqualitätfragebogen und der visuellen Analogskala nach Richter

Die AOFAS-Scorewerte sind zeigen einen signifikanten Zusammenhang mit den Werten auf der körperlichen Summenskala. Es zeigt sich eine signifikanter Zusammenhang zwischen den AOFAS-Scores und den Werten auf der visuellen Analogskala für Schmerz, Funktion, Sonstiges und dem Gesamtwert ( $p \leq 0,01$ ).

<b>Korrelation nach Pearson</b>	<b>AOFAS Sprunggelenk und Rückfuß</b>	<b>AOFAS Mittelfuß</b>	<b>AOFAS Großzehe</b>	<b>AOFAS Zehen</b>
<b>SF-12 PCS</b>	0,894** p=0	0,891** p=0	0,731** p=0	0,698** p=0
<b>SF-12 MCS</b>	0,010 p=0,959	0,053 p=0,780	0,125 p=0,511	0,038 p=0,840
<b>VAS Schmerz</b>	0,616** p=0	0,610** p=0	0,527** p=0,003	0,504** p=0,005
<b>VAS Funktion</b>	0,790** p=0	0,792** p=0	0,673** p=0	0,636** p=0
<b>VAS Sonstiges</b>	0,464** p=0,010	0,454* p=0,012	0,478** p=0,007	0,471** p=0,009
<b>VAS Gesamt</b>	0,755** p=0	0,752** p=0	0,661** p=0	0,631** p=0

Tab. 43: Die Tabelle zeigt die Korrelation nach Pearson zur Darstellung eines statistisch signifikanten Zusammenhangs zwischen den AOFAS-Scores mit dem SF-12 und den Visuellen Analogskalen (VAS) nach Richter. p = statistische Signifikanz.

\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

### 5.3.3 FOA-Score nach Thordarson

Bei 50 Patienten konnte anhand der Fragebogenauswertung der FOA-Score bestimmt werden. Der FOA-Score zeigte bei den meisten Patienten (73%) ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten. Im Median lagen die Ergebnisse bei 42,50 (IQR=33).

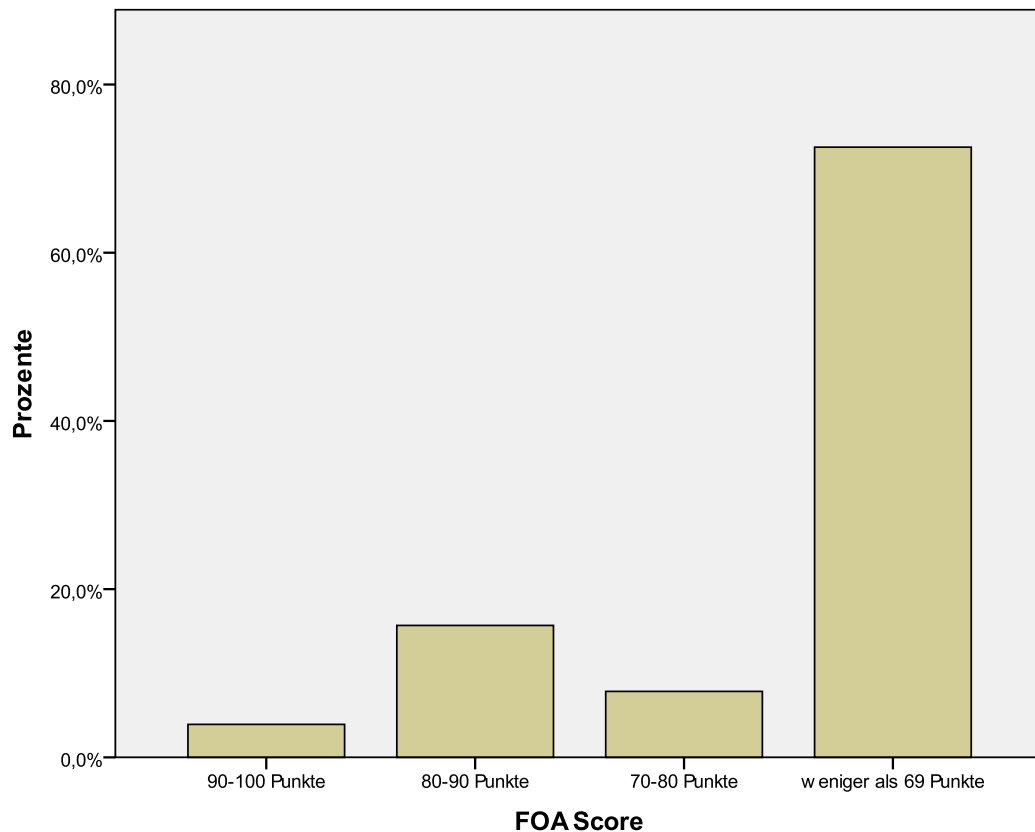


Abb. 46: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des FOA-Scores nach Thordarson. 73% der Patienten erreichten ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten.

Korrelation nach Pearson	AOFAS Sprunggelenk und Rückfuß	AOFAS Mittelfuß	AOFAS Großzehe	AOFAS Zehen
FOA-Score	0,895** p=0	0,917** p=0	0,848** p=0	0,749** p=0

Tab. 44: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson zur Veranschaulichung des statistischen Zusammenhangs zwischen dem FOA-Score und den AOFAS-Scores. p = statistische Signifikanz.

\*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Die Werte des FOA-Scores zeigen einen signifikanten Zusammenhang mit den Werten des AOFAS-Scores für Sprunggelenk und Rückfuß, Mittelfuß, Großzehe und Zehen ( $p \leq 0,01$ ).

### 5.3.4 CFSS-Score nach Kerr

Bei 50 Patienten konnte anhand der Fragebogenauswertung der CFSS-Score bestimmt werden. Dem Großteil der Patienten (73%) lies sich ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten zuordnen. Im Median lagen die Ergebnisse bei 54,50 (IQR=38).

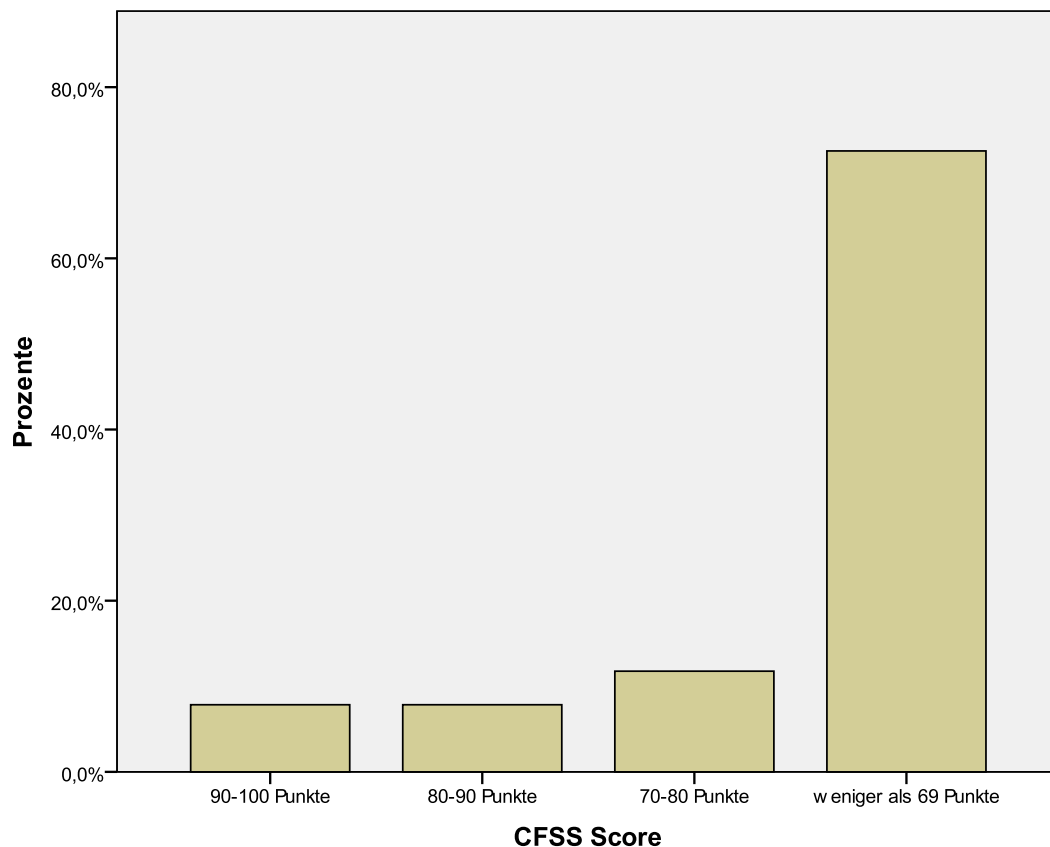


Abb. 47: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des CFSS-Scores nach Kerr. 73% der Patienten erreichten ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten.

Korrelation nach Pearson	FOA Score	AOFAS Sprunggelenk und Rückfuß	AOFAS Mittelfuß	AOFAS Großzehe	AOFAS Zehen
CFSS	0,952** p=0	0,838** p=0	0,856** p=0	0,772** p=0	0,638** p=0

Tab. 45: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson zur Veranschaulichung des statistischen Zusammenhangs zwischen dem CFSS-Score und den AOFAS-Scores. p = statistische Signifikanz.

\*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Die Werte des CFSS-Scores zeigen einen signifikanten Zusammenhang mit den Werten des FOA-Scores und den Werten der verschiedenen AOFAS-Scores ( $p \leq 0,01$ ).

### 5.3.5 Korrelationen des Zwipp-Scores mit der visuellen Analogskala nach Richter, dem SF-12 Fragebogen zum Gesundheitszustand und den Nachuntersuchungsscores

Mittels des Korrelationskoeffizienten nach Pearson wurde getestet, ob ein Zusammenhang zwischen dem Zwipp-Score, der Visuellen Analogskala nach Richter, dem SF-12 Gesundheitsfragebogen und den AOFAS-, FOA- und CFSS-Scores besteht (Tab. 46). Der Zwipp-Score zeigte einen signifikanten Zusammenhang auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  mit den AOFAS-Scores für Sprunggelenk und Rückfuß sowie für den Mittelfuß. Es lässt sich weiterhin ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Zwipp-Score und dem CFSS-Score nach Kerr feststellen ( $p \leq 0,05$ ). Mit  $p=0,082$  zeigt sich der Trend zu einem ähnlichen Ergebnis der Verletzungsschwere nach Zwipp und dem FOA-Score nach Thordarson. Es lässt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Zwipp-Score und der visuellen Analogskala nach Richter oder den SF-12 Summenskalen feststellen.

Korrelation nach Pearson	Zwipp-Score	
	Korrelationskoeffizient	Signifikanz
VAS Schmerz	0,074	$p=0,609$
VAS Funktion	0,149	$p=0,300$
VAS Sonstiges	0,092	$p=0,525$
VAS Gesamt	0,129	$p=0,373$
SF-12 PCS	0,155	$p=0,281$
SF-12 MCS	0,192	$p=0,181$
AOFAS Rückfuß	0,373*	$p=0,043^*$
AOFAS Mittelfuß	0,364*	$p=0,048^*$
AOFAS Großzehe	0,288	$p=0,123$
AOFAS Zehen	0,176	$p=0,352$
FOA nach Thordarson	0,246	$p=0,082$
CFSS nach Kerr	0,326*	$p=0,020^*$

Tab. 46: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson zur Testung des statistischen Zusammenhangs zwischen dem Zwipp-Score und den Lebensqualität- sowie Nachuntersuchungsscores.  $p$  = statistische Signifikanz.

\* Korrelation auf dem Niveau von 0,05 signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von 0,01 signifikant.

### 5.3.6 Vergleiche der subjektiven Lebensqualität bei den Patienten in Bezug auf die Frakturschwere und den Weichteilschaden

Im Median haben die Patienten mit komplexen Fußverletzungen 3 Frakturen und einen Weichteilschaden von 3 Grad. Es wurde eine Einteilung der Verletzungsschwere festgelegt, dabei werden Verletzungen mit mindestens drei Frakturen und/oder einem Weichteilschaden von mindestens drei Grad als schwer angesehen.

In Tabelle 47 werden die Patienten mit mindestens drei Frakturen mit den Patienten mit weniger als drei Frakturen verglichen.

Mittelwert	Weniger als 3 Frakturen	Mindestens 3 Frakturen
<b>VAS Schmerz</b>	58,30 (IQR=55)	46,90 (IQR=35,25)
<b>VAS Funktion</b>	58,20(IQR=40,50)	40,85 (IQR=30,20)
<b>VAS Sonstiges</b>	58,50 (IQR=40,40)	46,20 (IQR=40,25)
<b>VAS Gesamt</b>	54,10 (IQR=43,10)	47,15 (IQR=26,98)
<b>SF 12 PCS</b>	39,01 ( $\pm$ 10,22)	37,50 ( $\pm$ 11,11)
<b>SF 12 MCS</b>	44,72 ( $\pm$ 14,87)	48,04 ( $\pm$ 10,73)
<b>FOA-Score</b>	60,00 (IQR=55)	40,00 (IQR=24)
<b>CFSS-Score</b>	66,00 (IQR=53)	53,00 (IQR=34)
<b>AOFAS Rückfuß u. Sprunggelenk</b>	69,00 (IQR=32)	67,50 (IQR=28)
<b>AOFAS Mittelfuß</b>	67,00 (IQR=30)	59,50 (IQR=28)
<b>AOFAS Großzehe</b>	71,00 (IQR=34)	63,50 (IQR=25)
<b>AOFAS Zehen</b>	73,50 (IQR=22)	60,00 (IQR=27)

Tab. 47: Dargestellt sind die Mediane mit dem Interquartilsabstand (IQR) der VAS und der Nachuntersuchungsscores sowie die Mittelwerte mit der Standardabweichung ( $\pm$  SD) des SF-12 in Abhängigkeit davon, ob bei den Patienten weniger als 3 Frakturen oder mindestens 3 Frakturen vorlagen.

Mit Ausnahme der psychischen Summenskala des SF-12 wurden höhere Werte im Sinne von besseren Ergebnissen erzielt, wenn die Patienten weniger als drei Frakturen hatten.

Mittels des Mann-Whitney-U-Tests lässt sich allerdings kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen feststellen.

## Ergebnisse

Weiterhin wurden die Patienten mit einem Weichteilschaden von mindestens drei Grad wurden mit den Patienten mit einem Weichteilschaden von weniger als drei Grad verglichen (Tab. 48).

<b>Mittelwert</b>	<b>Weichteilschaden weniger als 3 Grad</b>	<b>Weichteilschaden mindestens 3 Grad</b>
<b>VAS Schmerz</b>	50,00 (IQR=34,35)	52,90 (IQR=48,15)
<b>VAS Funktion</b>	28,20 (IQR=33,50)	45,55 (IQR=39,42)
<b>VAS Sonstiges</b>	47,00 (IQR=51,70)	51,90 (IQR=35,50)
<b>VAS Gesamt</b>	31,80 (IQR=36,25)	49,20 (40,70)
<b>SF 12 PCS</b>	33,40 ( $\pm$ 6,02)	38,73 ( $\pm$ 10,94)
<b>SF 12 MCS</b>	47,62 ( $\pm$ 13,52)	46,39 ( $\pm$ 12,84)
<b>FOA-Score</b>	30,00 (IQR=35)	45,00 (IQR=41)
<b>CFSS-Score</b>	28,00 (IQR=44)	55,00 (IQR=43)
<b>AOFAS Rückfuß u. Sprunggelenk</b>	51,00	68,00 (IQR=27)
<b>AOFAS Mittelfuß</b>	49,00	63,00 (IQR=33)
<b>AOFAS Großzehe</b>	57,00	67,00 (IQR=33)
<b>AOFAS Zehen</b>	69,00	65,00 (IQR=30)

Tab. 48: Dargestellt sind die Mediane mit dem Interquartilsabstand (IQR) der VAS und der Nachuntersuchungsscores sowie die Mittelwerte mit der Standardabweichung ( $\pm$  SD) des SF-12 in Abhängigkeit davon, ob bei den Patienten einen Weichteilschaden von weniger als Grad 3 oder von mindestens Grad 3 zeigten.

Mit Ausnahme der psychischen Summenskala des SF-12 wurden niedrigere Werte im Sinne von schlechteren Ergebnissen erzielt, wenn die Patienten einen Weichteilschaden von weniger als drei Grad hatten.

Über den Mann-Whitney-U-Test lässt sich kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen feststellen. Ein Trend zum signifikanten Unterschied lässt sich bei dem VAS-Unterscore Funktion erkennen ( $p=0,061$ ).

## Ergebnisse

Filtert man nun die Patienten mit mehr als 2 Frakturen und die Patienten, die einen Weichteilschaden von mindestens 3 Grad haben, so erhält man folgende Werte:

<b>Mittelwert</b>	<b>Mehr als 2 Frakturen</b>	<b>Weichteilschaden mindestens 3 Grad</b>
<b>VAS Schmerz</b>	44,40 (IQR=27,25)	45,30 (IQR=37,30)
<b>VAS Funktion</b>	42,50 (IQR=30,93)	45,30 (IQR=39,50)
<b>VAS Sonstiges</b>	41,90 (IQR=35,85)	49,00 (IQR=35,60)
<b>VAS Gesamt</b>	43,60 (IQR=24,15)	46,40 (IQR=40,20)
<b>SF 12 PCS</b>	37,50 ( $\pm$ 11,11)	38,73 ( $\pm$ 10,94)
<b>SF 12 MCS</b>	48,04 ( $\pm$ 10,73)	46,39 ( $\pm$ 12,84)
<b>FOA-Score</b>	42,50 (IQR=15,00)	45,00 (IQR=30,00)
<b>CFSS-Score</b>	54,50 (IQR=29,00)	56,00 (IQR=35,00)
<b>AOFAS Rückfuß u. Sprunggelenk</b>	67,50 (IQR=28,00)	68,00 (IQR=27,00)
<b>AOFAS Mittelfuß</b>	59,50 (IQR=28,00)	63,00 (IQR=33,00)
<b>AOFAS Großzehe</b>	63,50 (IQR=25,00)	67,00 (IQR=30,00)
<b>AOFAS Zehen</b>	60,00 (IQR=27,00)	65,00 (IQR=30,00)

Tab. 49: Dargestellt sind die Mediane mit dem Interquartilsabstand (IQR) der VAS und der Nachuntersuchungsscores sowie die Mittelwerte mit der Standardabweichung ( $\pm$  SD) des SF-12 in Abhängigkeit davon, ob bei den Patienten mindestens 2 Frakturen vorlagen und/oder sie einen Weichteilschaden von mindesten Grad 3 aufzeigten.

Angegeben sind die Mediane und Interquartilsabstände für die visuelle Analogskala, den Scores der AOFAS, den CFSS-Score sowie den FOA-Score. Von den SF-12 Summenskalen sind die Mittelwerte mit den Standardabweichungen angegeben.

Über den Wilcoxon-Test lässt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen darstellen ( $p=0$ ). Daraus lässt sich schließen, dass beide Gruppen, also die Patienten mit mindestens drei Frakturen und die Patienten mit einem Weichteilschaden von mindestens Grad 3, gleich schwer durch die Verletzungen eingeschränkt sind.



### 5.3.7 Vergleiche der subjektiven Lebensqualität von Patienten, die sich die komplexe Fußverletzung im Rahmen eines Polytraumas zugezogen und Patienten mit keinen oder geringen Begleitverletzungen

Dargestellt sind die Mediane (und der Interquartilsabstand) für die visuelle Analogskala, den Scores der AOFAS, den CFSS-Score sowie den FOA-Score und die Mittelwerte ( $\pm$  Standardabweichungen) für die SF-12 Lebensqualität Summenskalen in Bezug auf das Vorliegen eines Polytraumas, definiert durch einen Injury Severity Score  $\geq 16$  (Tab. 50).

	<b>Polytrauma (ISS<math>\geq 16</math>)</b>	
	<b>Ja</b>	<b>Nein</b>
<b>VAS Schmerz</b>	42,00 (IQR=32,50)	50,00 (IQR=37,30)
<b>VAS Funktion</b>	31,90 (IQR=46,10)	48,00 (IQR=39,80)
<b>VAS Sonstiges</b>	47,00 (IQR=35,70)	40,80 (IQR=49,20)
<b>VAS Gesamt</b>	39,20 (IQR=35,30)	47,90 (IQR=40,80)
<b>AOFAS Rückfuß und Sprunggelenk</b>	54,00 (IQR=36,00)	75,00 (IQR=14,00)
<b>AOFAS Mittelfuß</b>	49,00 (IQR=43,00)	69,00 (IQR=23,00)
<b>AOFAS Großzehe</b>	60,00 (IQR=33,00)	70,00 (IQR=29,00)
<b>AOFAS Zehen</b>	60,00 (IQR=35,00)	72,00 (IQR=20,00)
<b>CFSS-Score</b>	53,00 (IQR=47,00)	65,00 (IQR=35,00)
<b>FOA-Score</b>	40,00 (IQR=35,00)	55,00 (IQR=30,00)
<b>SF 12 PCS</b>	34,87 ( $\pm 10,51$ )	43,31 ( $\pm 8,49$ )
<b>SF 12 MCS</b>	46,48 ( $\pm 11,50$ )	45,47 ( $\pm 15,28$ )

Tab. 50: Dargestellt sind die Mediane mit dem Interquartilsabstand (IQR) der VAS und der Nachuntersuchungsscores sowie die Mittelwerte mit der Standardabweichung ( $\pm$  SD) des SF-12 in Abhängigkeit vom Vorliegen eines Polytraumas.

Zur Testung des Unterschieds zwischen den beiden Gruppen wurde der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Es zeigte sich, dass der Unterschied zwischen den Werten der visuellen Analogskala für Funktion ( $p=0,020$ ) und der gesamten visuellen Analogskala ( $p=0,042$ ) zwischen beiden Gruppen signifikant ist. Ebenso gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen den Werten auf der körperlichen Summenskala des SF-12 Gesundheitsfragebogens ( $p=0,027$ ) der Patienten in Bezug auf das Vorliegen eines Polytraumas. Die Werte des FOA-Scores nach Thordarson unterschieden sich mit  $p=0,036$  ebenfalls signifikant.

### 5.3.8 Vergleiche der subjektiven Lebensqualität von Patienten mit aufgetretenem Kompartmentsyndrom und mit Patienten, bei denen kein Kompartmentsyndrom aufgetreten war

Die Tabelle 51 die Mediane (und der Interquartilsabstand) für die visuelle Analogskala, den Scores der AOFAS, den CFSS-Score sowie den FOA-Score und die Mittelwerte ( $\pm$  Standardabweichungen) für die SF-12 Lebensqualität Summenskalen in Bezug auf das Vorliegen eines Kompartmentsyndroms.

	<b>Kompartmentsyndrom</b>	
	<b>Ja</b>	<b>Nein</b>
<b>VAS Schmerz</b>	42,00 (IQR=11,00)	50,00 (IQR=58,70)
<b>VAS Funktion</b>	31,90 (IQR=33,50)	45,80 (IQR=37,70)
<b>VAS Sonstiges</b>	54,20 (IQR=39,20)	43,40 (IQR=35,60)
<b>VAS Gesamt</b>	37,20 (IQR=26,50)	46,80 (IQR=41,70)
<b>AOFAS Rückfuß und Sprunggelenk</b>	57,00 (IQR=26,00)	75,00 (IQR=27,00)
<b>AOFAS Mittelfuß</b>	56,00 (IQR=25,00)	65,00 (IQR=27,00)
<b>AOFAS Großzehe</b>	62,00 (IQR=20,00)	69,00 (IQR=30,00)
<b>AOFAS Zehen</b>	60,00 (IQR=32,00)	70,00 (IQR=27,00)
<b>CFSS-Score</b>	50,00 (IQR=39,00)	65,00 (IQR=39,00)
<b>FOA-Score</b>	40,00 (IQR=25,00)	55,00 (IQR=40,00)
<b>SF 12 PCS</b>	33,48 ( $\pm$ 11,95)	40,62 ( $\pm$ 9,15)
<b>SF 12 MCS</b>	43,23 ( $\pm$ 11,68)	48,20 ( $\pm$ 13,15)

Tab. 51: Dargestellt sind die Mediane mit dem Interquartilsabstand (IQR) der VAS und der Nachuntersuchungsscores sowie die Mittelwerte mit der Standardabweichung ( $\pm$  SD) des SF-12 in Abhängigkeit vom Vorliegen eines Kompartmentsyndroms.

Für die VAS Schmerz ( $p=0,045$ ), VAS Funktion ( $p=0,028$ ) und die VAS Gesamt ( $p=0,036$ ) sind die Werte nach dem Mann-Whitney-U-Test signifikant unterschiedlich. Den Patienten, die kein Kompartmentsyndrom im Rahmen der komplexen Fußverletzung entwickelten, geht es subjektiv in Bezug auf Schmerz und Funktion des Fußes besser.

Ebenso sind die SF-12 körperliche Summenskala in Bezug auf das Vorliegen von Kompartmentsyndromen signifikant unterschiedlich ( $p=0,022$ ).

## Ergebnisse

Es lässt sich weiterhin ein signifikanter Unterschied zwischen dem AOFAS für Sprunggelenk und Rückfuß ( $p=0,025$ ) sowie dem AOFAS für den Mittelfuß ( $p=0,042$ ) feststellen.

Die Unterschiede beziehen sich auf signifikant geringere Werte der einzelnen Skalen und Scores, im Sinne einer geringen Lebensqualität im Vergleich zu Patienten ohne Kompartmentsyndrom.

### 5.3.9 Vergleiche von subjektiven Outcome-Parametern von Patienten mit Fußerhalt gegenüber den Patienten mit primärer oder sekundärer Amputation

Die Mediane bzw. Standardabweichungen der Outcome-Parameter in Bezug auf den Fußerhalt, die primäre sowie die sekundäre Amputation sind in Tabelle 52 dargestellt.

Mittelwert	Füßerhalt (n=39)	Primäre Amputation (n=6)	Sekundäre Amputation (n=5)
<b>Zwipp-Score</b>	5,26 ( $\pm 0,59$ )	5,00 ( $\pm 0$ )	5,00 ( $\pm 0$ )
<b>VAS Schmerz</b>	43,25 (IQR=34,10)	79,25	34,55
<b>VAS Funktion</b>	43,25 (IQR=43,93)	53,10	40,75
<b>VAS Sonstiges</b>	48,30 (IQR=35,25)	27,30	37,10
<b>VAS Gesamt</b>	42,65 (IQR=44,27)	51,00	38,60
<b>SF 12 PCS</b>	37,58 ( $\pm 11,32$ )	44,12 ( $\pm 7,26$ )	35,88 ( $\pm 6,13$ )
<b>SF 12 MCS</b>	47,48 ( $\pm 12,51$ )	49,45 ( $\pm 13,49$ )	35,40 ( $\pm 10,38$ )
<b>FOA-Score</b>	42,50 (IQR=33)	67,50	32,50
<b>CFSS-Score</b>	53,00 (IQR=38)	75,00	39,00
<b>AOFAS Rückfuß u. Sprunggelenk</b>	67,50 (IQR=33)	80,50	66,50
<b>AOFAS Mittelfuß</b>	59,50 (IQR=38)	77,00	59,50
<b>AOFAS Großzehe</b>	66,00 (IQR=27)	78,50	48,50
<b>AOFAS Zehen</b>	67,00 (IQR=31)	72,50	61,00

Tab. 52: Dargestellt sind die Mediane mit dem Interquartilsabstand (IQR) der VAS und der Nachuntersuchungsscores sowie die Mittelwerte mit der Standardabweichung ( $\pm$  SD) des SF-12 und des Zwipp-Scores in Abhängigkeit vom Füßerhalt bzw. notwendig gewordenen Amputationen.

Die Werte für die visuelle Analogskala Schmerz unterscheiden sich nach dem Kruskal-Wallis-Test signifikant ( $p=0,027$ ). Die höchsten Werte wurden von den Patienten, die primär amputiert wurden, erreicht.

## **5.4 Konventionelle Röntgenuntersuchung**

### **5.4.1 Ermittelte Winkel und Achsen**

Anhand der zur Kontrolle angefertigten Röntgenbilder wurden der Fußgewölbe-Winkel, der Talo-Calcanear Winkel, die mediale und laterale Fußsäule, die Großzehenvalgität sowie die Talo-Metatarsale Achse bestimmt. Es handelte sich dabei um 27 Patienten, von denen Röntgenbilder verfügbar waren. Es konnten nicht alle Winkel und Achsen bei allen Patienten bestimmt werden.

Die in Detail bestimmten Winkel und Achsen sind im Anhang in den Tabellen 95 bis 99 aufgeführt. Mit Ausnahme der Großzehenvalgität lag die Mehrzahl der gemessenen Winkel und Achsen im Normbereich. Die Großzehenvalgität ließ sich bei 42% als normwertig und bei ebenfalls 42% größer messen.

Bei Patienten mit Calcaneusfrakturen wurden der Böhler- und der Gissane-Winkel zusätzlich bestimmt. Der Böhler-Winkel wurde bei allen Patienten im Normbereich gemessen. Der Gissane-Winkel war bei 60% kleiner als erwartet. Weiterhin wurde die Talushöhe bei Patienten mit Frakturen des Calcaneus und/ oder des Talus bestimmt. Der Mittelwert lag bei 491 Pixeln und schwankte um 67 Pixel.

#### **5.4.1.1 Ermittelte Winkel und Achsen in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation**

Betrachtet wurden einerseits die Winkel und Achsen, die Auskunft über das Fußgewölbe geben in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation. Das sind der Fußgewölbe-Winkel, der talocalcanear Winkel und die Talo-Metatarsale Achse.

Die Fußgewölbe-Winkel unterscheiden sich in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation nicht deutlich. Ebenso unterscheiden sich die Mittelwerte der Talo-Metatarsalen Achse nicht deutlich. Bei Calcaneus- und Talusfrakturen sowie Frakturen im Bereich des OSG und der distalen Tibia fällt auf, dass die Mittelwerte für den talocalcanear Winkel unterhalb des Normbereichs liegen.

In Tabelle 53 sind die Mittelwerte der Winkel und Achsen für das Fußgewölbe dargestellt.

<b>Fraktur-lokalisierung</b>	<b>Fußgewölbe-Winkel</b>	<b>Talocalcaneärer Winkel</b>	<b>Talo-Metatarsale Achse</b>
<b>Zehen</b>	142°	44°	Fehlend
<b>Lisfranc-Gelenk</b>	134,11° (± 5,28)	30,44° (± 7,90)	5,69° (± 4,0)
<b>Chopart-Gelenk</b>	134,0° (± 7,52)	31,50° (± 5,82)	9,60° (± 5,80)
<b>Calcaneus</b>	133,38° (± 7,27)	23,43° (± 11,62)	7,38° (± 6,0)
<b>Talus</b>	131,14° (± 3,44)	28,29° (± 5,53)	6,0° (± 3,22)
<b>OSG und distale Tibia</b>	131,85° (± 4,63)	25,23° (± 8,68)	5,0° (± 3,79)

Tab. 53: Die Tabelle zeigt die im Durchschnitt (± Standardabweichung) röntgenologisch bestimmten Winkel und Achsen am Fuß in Abhängigkeit von der Frakturlokalisierung.

Weiterhin wurden die mediale und laterale Fußsäule in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen beurteilt. Folgend sind die Mittelwerte und Standardabweichungen für die mediale Fußsäule und laterale Fußsäule in Abhängigkeit von der Frakturlokalisierung dargestellt (Tab. 54).

<b>Frakturlokalisierung</b>	<b>Mediale Fußsäule</b>	<b>Laterale Fußsäule</b>
<b>Zehen</b>	7,0°	2,0°
<b>Lisfranc-Gelenk</b>	11,11° (± 7,14)	4,78° (± 3,47)
<b>Chopart-Gelenk</b>	10,17° (± 7,16)	6,92° (± 4,58)
<b>Calcaneus</b>	7,71° (± 4,42)	5,43° (± 3,41)
<b>Talus</b>	8,80° (± 5,36)	7,60° (± 4,83)
<b>OSG und distale Tibia</b>	8,92° (± 5,20)	4,58° (± 4,23)

Tab. 54: Die Tabelle zeigt die im Durchschnitt (± Standardabweichung) röntgenologisch bestimmten Abweichungen der medialen und lateralen Fußsäulen in Abhängigkeit von der Frakturlokalisierung.

Über den Kruskal-Wallis-Test lassen sich keine deutlichen Unterschiede feststellen (p zwischen 0,327 und 0,990). Bei Patienten, die Frakturen im Bereich der Lisfranc- und Chopart-Gelenklinien erlitten haben, sind die Mittelwerte für die mediale Fußsäule am höchsten. Es sind keine deutlichen Unterschiede der Mittelwerte in Bezug auf die Frakturlokalisierung festzustellen.

### 5.4.2 Arthrosen

Die Röntgenbilder der Patienten, die eine komplexe Fußverletzung erlitten, wurden auf das Vorliegen von arthrotischen Veränderungen untersucht. Die Tabellen 100 bis 105 des Anhangs zeigen die detaillierten Ergebnisse.

Am Großzehengrundgelenk zeigten 15% der Patienten keine Arthrosezeichen. Mit 67% zeigten die meisten Patienten Arthrosen in der Stärke vom Grad 1. 11% wiesen arthrotische Veränderungen des zweiten Grades auf. An den Zehengelenken bestanden bei 81% der Patienten mit komplexer Fußverletzung keine Arthrosezeichen, bei 19% zeigten sich Arthrosen des ersten Grades.

In der Lisfranc-Gelenklinie zeigten sich bei 42% der Studienpatienten Arthrosen des ersten Grades, bei 39% des zweiten Grades sowie bei 8% Arthrosen dritten Grades.

Bei 37% der Patienten bestanden keine arthrotischen Veränderungen in der Chopart-Gelenklinie. Arthrosen ersten Grades ließen sich bei 41%, Arthrosen zweiten Grades bei 15% sowie Arthrosen des dritten Grades bei 7% der Patienten nachweisen.

Im Bereich des USG zeigten sich bei jeweils 22% der Patienten keine Arthrosezeichen sowie Arthrosen des dritten Grades. Am häufigsten bestanden Arthrosen des ersten Grades bei 44% der Patienten. Am OSG zeigten 37% der Patienten keine arthrotischen Veränderungen. Bei 33% bestanden Arthrosen des ersten Grades sowie bei 30% Arthrosen des zweiten Grades.

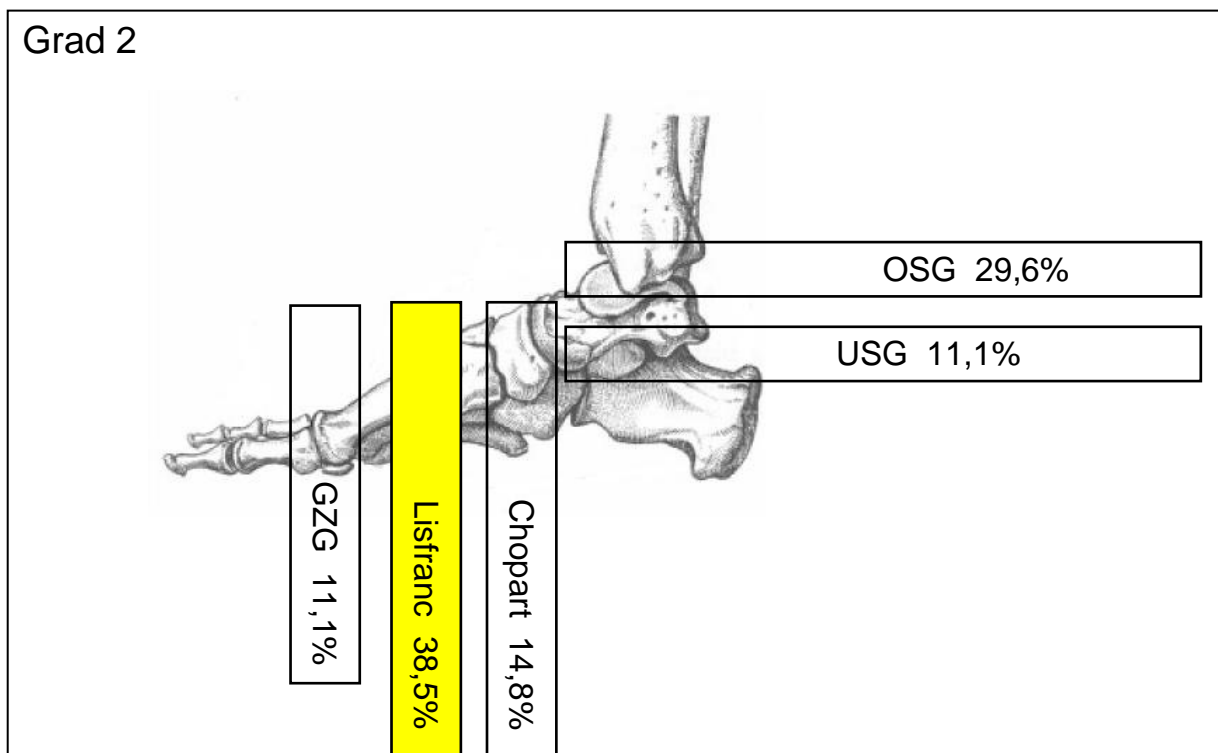


Abb. 48: Die Abbildung zeigt die Häufigkeiten des Auftretens von Arthrosen zweiten Grades in den Bereichen Großzehengrundgelenk, Lisfranc- und Chopart-Gelenk sowie unterem und oberem Sprunggelenk.

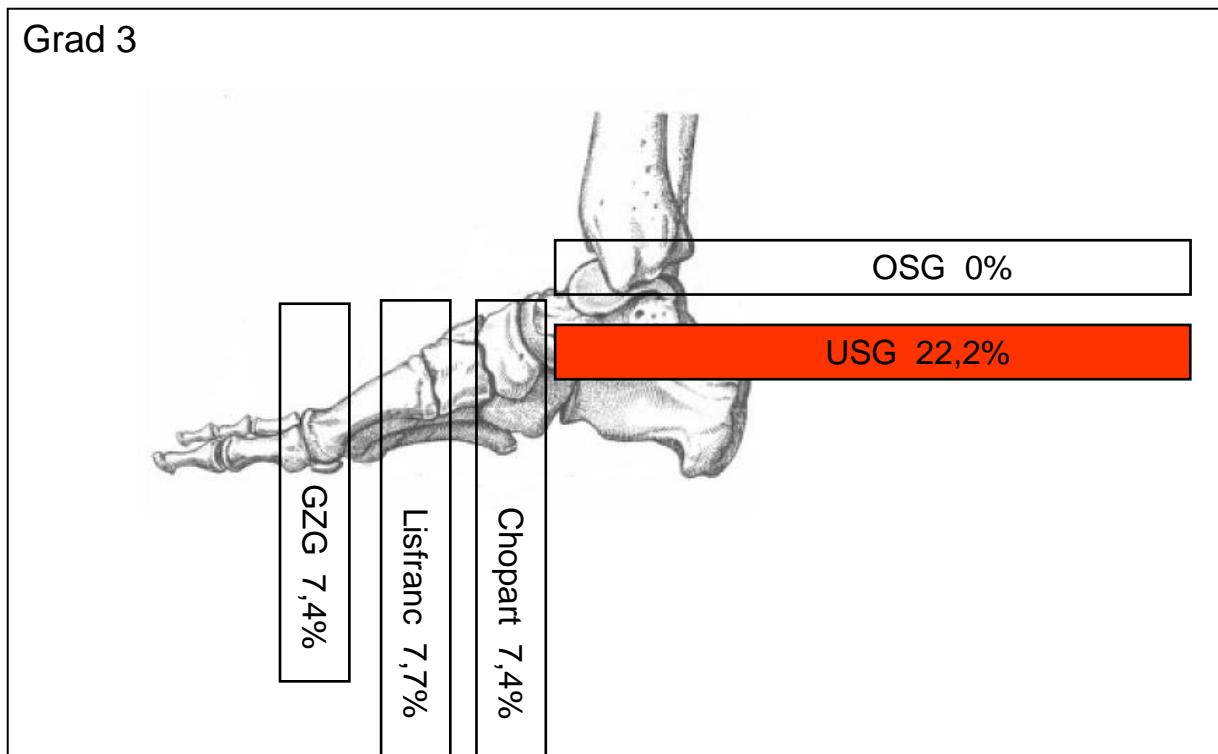


Abb. 49: Die Abbildung zeigt die Häufigkeiten des Auftretens von Arthrosen dritten Grades in den Bereichen Großzehengrundgelenk, Lisfranc- und Chopart-Gelenk sowie unterem und oberem Sprunggelenk.

#### 5.4.2.1 Vergleich der Arthrosen mit den Frakturlokalisationen

Es wurde das Auftreten von arthrotischen Veränderungen im Bereich der Füße mit den Frakturlokalisationen verglichen (Tab. 55).

Es zeigte sich, dass bei Patienten mit Frakturen im Bereich der Großzehen und der Zehen nur Arthrosen vom ersten Grad im Bereich der genannten Regionen auftraten.

Von den Patienten mit Frakturen im Bereich der Lisfranc-Gelenklinie zeigten 42% Arthrosen vom Grad 1, 37% vom Grad 2 sowie 11% vom Grad 3 in diesem Bereich.

Bei Patienten, die Frakturen im Bereich der Chopart-Gelenklinie aufwiesen, traten mit den Häufigkeiten von 42% Arthrosen vom Grad 1, 17% Arthrosen vom Grad 2 und 8% vom Grad 3 auf.

Bestand bei Patienten eine Calcaneusfraktur, wurden die Arthrosegrade der Chopart-Gelenklinie und des unteren Sprunggelenks betrachtet. Mit 63% zeigten sich relativ viele drittgradige Arthrosen im unteren Sprunggelenk.

<b>Arthrosegrade bei Vorliegen einer Calcaneusfraktur</b>	<b>Chopart-Gelenklinie</b>	<b>Unteres Sprunggelenk</b>
<b>Grad 0</b>	25%	0%
<b>Grad 1</b>	50%	25%
<b>Grad 2</b>	25%	12,5%
<b>Grad 3</b>	0%	62,5%

Tab. 55: Die Tabelle zeigt die Häufigkeit des Auftretens von arthrotischen Veränderungen im Bereich der Chopart-Gelenklinie und des unteren Sprunggelenks bei Vorliegen von Calcaneusfrakturen.

Bei Vorliegen von Talusfrakturen wurden die Grade der Arthrosen für das untere und das obere Sprunggelenk betrachtet (Tab. 56). Mit 71% zeigten sich viele Arthrosen vom Grad 1 im unteren Sprunggelenk.

<b>Arthrosegrade bei Vorliegen einer Talusfraktur</b>	<b>Unteres Sprunggelenk</b>	<b>Oberes Sprunggelenk</b>
<b>Grad 0</b>	0%	42,9%
<b>Grad 1</b>	71,4%	28,6%
<b>Grad 2</b>	28,6%	28,6%
<b>Grad 3</b>	0%	0%

Tab. 56: Die Tabelle zeigt die Häufigkeit des Auftretens von arthrotischen Veränderungen im Bereich des unteren und oberen Sprunggelenks bei Vorliegen von Talusfrakturen.

Bei den Patienten mit Frakturen im Bereich des oberen Sprunggelenks und der distalen Tibia bestanden bei 7% keine Arthrosezeichen, bei 33% Arthrosen des ersten Grades und bei 60% Arthrosen vom Grad 2.



#### 5.4.2.2 Korrelation der Arthrosen mit den Frakturlokalisationen

Es wurde deutlich, dass die Zehenfrakturen mit den Arthrosen im Bereich der Zehen auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$ , die Calcaneusfrakturen auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  mit den USG-Arthrosen und die Frakturen des OSG und der distalen Tibia mit den OSG-Arthrosen auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  einen statistisch signifikanten Zusammenhang zeigen. Dies lässt auf das Vorliegen von Arthrosen aufgrund von Frakturen in diesen Bereichen schließen.

Außerdem zeigen Zehenfrakturen mit den USG-Arthrosen auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  und die Frakturen des OSG und der distalen Tibia mit den Arthrosen der Lisfranc-Gelenklinie auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  einen Zusammenhang. Es lässt sich auf eine Mehrbelastung der durch die Arthrosen betroffenen Fußregionen durch die Frakturen schließen (Tab. 57).

Korrelation nach Pearson	Fraktur Zehen	Fraktur MT/Lisfranc	Fraktur Chopart	Fraktur Calcaneus	Fraktur Talus	Fraktur OSG/distale Tibia
Arthrose GZG	0,030 p=884	0,012 p=0,952	0,169 p=0,401	0,098 p=0,627	0,319 p=0,105	0,156 p=0,436
Arthrose Zehen	0,410* p=0,038	0,144 p=0,483	0,060 p=0,770	0,076 p=0,712	0,267 p=0,187	0,098 p=0,635
Arthrose Lisfranc	0,107 p=0,604	0,105 p=0,609	0,299 p=0,137	0,215 p=0,293	0,168 p=0,411	0,437* p=0,026
Arthrose Chopart	0,202 p=0,313	0,234 p=0,241	0,074 p=0,715	0,053 p=0,791	0,237 p=0,235	0,168 p=0,403
Arthrose USG	0,248 p=0,212	0,795** p=0	0,141 p=0,482	0,641** p=0	0,027 p=0,895	0,305 p=0,122
Arthrose OSG	0,223 p=0,263	0,259 p=0,193	0,377 p=0,053	0,059 p=0,770	0,050 p=0,804	0,733** p=0

Tab. 57: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson zur Testung des statistischen Zusammenhangs zwischen den Frakturlokalisationen und dem Auftreten von Arthrosen. p = statistische Signifikanz.

\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Bei  $p = 0,053$  zeigt sich die Tendenz zu einem Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Arthrosen im Bereich des OSG und dem Vorliegen von Frakturen im Bereich der Chopart-Gelenklinie.

### 5.4.3 Weitere Auswertungen

Bei 48% der Patienten, die im Rahmen der Nachuntersuchung geröntgt werden mussten, zeigte sich verbliebenes Material. Hauptsächlich handelte es sich dabei um Lochplatten sowie Schrauben.

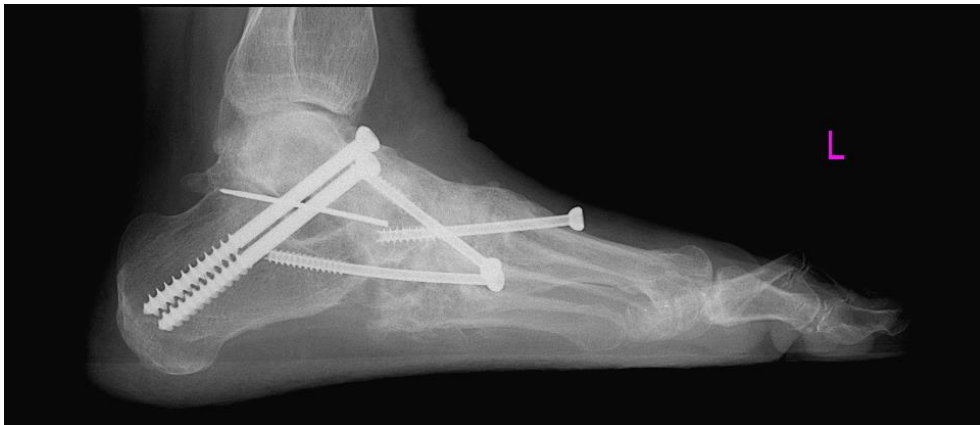


Abb. 50: Es handelt sich um 49-jährige Patientin mit Mittelfußfrakturen beidseits, Talusluxationsfraktur links sowie Kompartmentsynndrome des Fußes beidseits. Das Röntgenbild zeigte verbliebenes Material bei Talus-Luxationsfraktur und Mittelfußfrakturen links. Es handelt sich um fünf Schrauben und einen Kirschner-Draht.

Die Frakturen waren bei 85% der geröntgten Patienten verheilt. Bei zwei Dritteln der Patienten fielen in den Röntgenbildern Fehlstellungen der Füße auf. Bei den Meisten handelte es sich dabei um Krallenzehen oder verschobene Lisfranc-Gelenklinien. Bei 11% fiel eine osteopore Knochenstruktur auf. Eine Talusnekrose zeigte sich bei 7%.



Abb. 51: Dargestellt ist der linke Fuß in einer seitlichen Aufnahme. Es handelt sich dabei um eine 43-jährige Patientin. Das Röntgenbild zeigt Krallenzehen bei Luxationsfraktur des OSG, Talusfraktur, Luxatio pedis subtalo und Kompartmentsyndrom links. Es bestehen Arthrosen von Grad 2 subtalar sowie im Talonavikular-Gelenk.

#### 5.4.4 Unterschiede der Lebensqualität-Parameter in Bezug auf die Arthrosetärke

In Tabelle 58 ist der Unterschied zwischen den Lebensqualität-Parametern in Bezug auf die Arthrosengrade 0 und 1 sowie 2 und 3 bezogen auf die Lokalisation dargestellt. Die Testung erfolgte über den Mann-Whitney-U-Test.

<b>Mann-Whitney-U</b>	<b>GZG</b>	<b>Lisfranc-Gelenk</b>	<b>Chopart-Gelenk</b>	<b>USG</b>	<b>OSG</b>
<b>VAS Schmerz</b>	p=0,142	p=0,425	p=0,161	p=0,105	p=0,832
<b>VAS Funktion</b>	p=0,318	p=0,269	p=0,005**	p=0,157	p=0,577
<b>VAS Sonstiges</b>	p=0,492	p=0,898	p=0,096	p=0,396	p=0,507
<b>VAS Gesamt</b>	p=0,288	p=0,368	p=0,008**	p=0,105	p=0,853
<b>SF 12 PCS</b>	p=0,382	p=0,054*	p=0,007**	p=0,292	p=0,652
<b>SF12 MCS</b>	p=0,617	p=0,758	p=0,861	p=1,000	p=0,595
<b>AOFAS SG und Rückfuß</b>	p=0,685	p=0,047*	p=0,007**	p=0,122	p=0,506
<b>AOFAS Mittelfuß</b>	p=0,685	p=0,060	p=0,010**	p=0,226	p=0,730
<b>AOFAS Großzehe</b>	p=0,199	p=0,256	p=0,030*	p=0,267	p=0,936
<b>AOFAS Zehen</b>	p=0,398	p=0,353	p=0,047*	p=0,410	p=0,811
<b>FOA nach Thordarson</b>	p=0,900	p=0,097	p=0,020*	p=0,169	p=0,648
<b>CFSS nach Kerr</b>	p=0,925	p=0,047*	p=0,023*	p=0,354	p=0,979

Tab. 58: Dargestellt ist der mittels des Mann-Whitney-U-Tests festgestellte Unterschied der Lebensqualitätparameter in Abhängigkeit von der Stärke der arthrotischen Veränderungen. p = statistische Signifikanz. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

## Ergebnisse

Für das Lisfranc-Gelenk unterscheiden sich die Werte auf der körperlichen Summenskala des SF12-Fragebogens, der AOFAS für Sprunggelenk und Rückfuß sowie der CFSS nach Kerr signifikant ( $p=0,054$  und  $p=0,047$ ) in Abhängigkeit der Arthrosestärke. Mit Ausnahme der visuellen Analogskalen für Schmerz und Sonstiges sowie der psychischen Summenskala des SF12 unterscheiden sich alle Lebensqualität-Parameter signifikant in Bezug auf die Arthrosestärke im Chopart-Gelenk.

### 5.4.5 Score zur Röntgen-Auswertung

Der Score zur Röntgenauswertung konnte bei 21 Patienten bestimmt werden. Mit 38% ließ sich der Mehrzahl der Patienten mit komplexen Fußverletzungen ein Ergebnis von 7 Punkten über den Score zur Röntgenauswertung zuordnen. Bei 33% der Patienten zeigte sich ein Ergebnis von 6 Punkten und weniger.

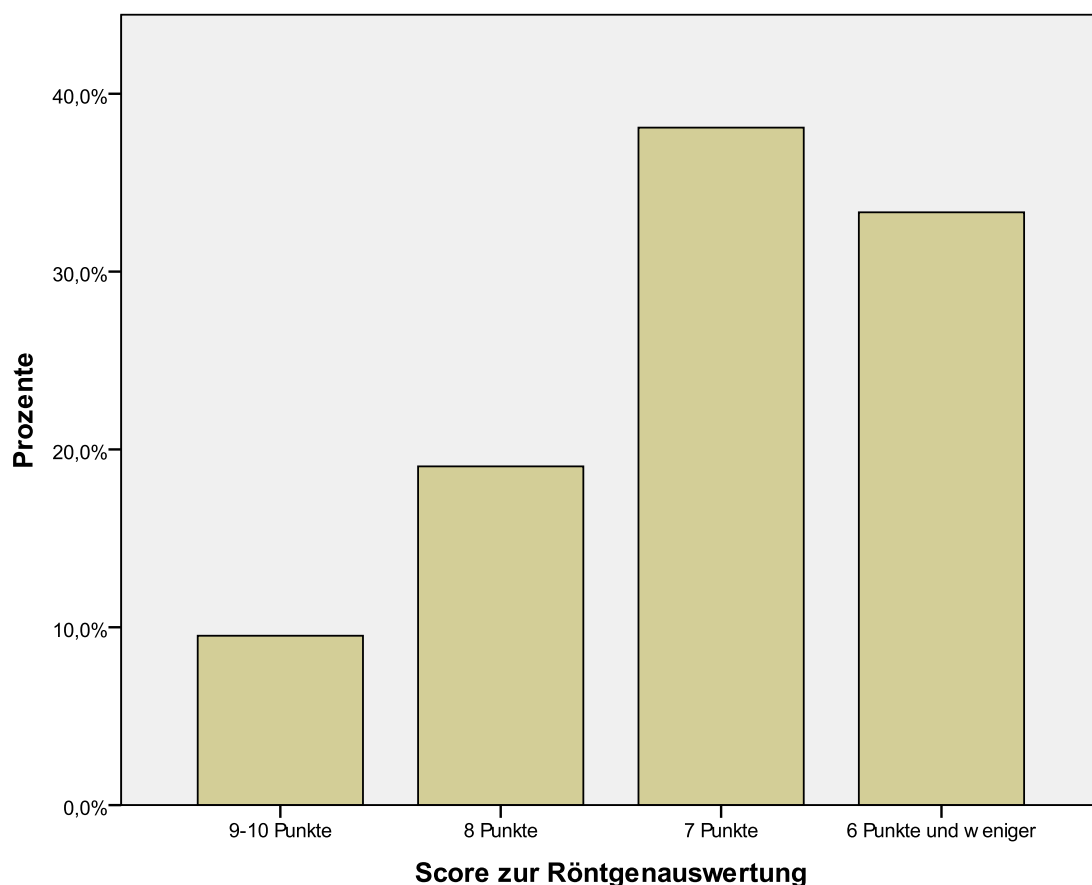


Abb. 52: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des Scores zur Röntgenauswertung. 38% der Patienten erreichten ein Ergebnis von 7 Punkten, 33% eines von 6 Punkten.

Es wurden minimale Werte von 4 und maximale Werte von 10 Punkten erreicht. Der Durchschnitt lag bei 6,90 mit einer Standardabweichung von 1,38.

#### 5.4.5 Vergleiche des Scores zur Röntgenauswertung mit den Scores der AOFAS, SF 12 Summenskalen und visuellen Analogskalen nach Richter

Es ließ sich keine signifikante Korrelation des Scores zur Röntgenauswertung mit der visuellen Analogskala nach Richter feststellen. Der Score zur Röntgenauswertung korreliert ebenfalls nicht mit dem SF 12, einem Fragebogen zum Gesundheitszustand. Mit dem AOFAS-Score für Sprunggelenk und Rückfuß korreliert der Score zur Röntgenauswertung auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. Der Score zur Röntgenauswertung korreliert auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant mit dem CFSS-Score nach (Tab. 59).

<b>Korrelation nach Spearman</b>	<b>Röntgen-Score</b>	
	<b>Korrelationskoeffizient</b>	<b>Signifikanz</b>
<b>Anzahl der Frakturen</b>	0,352	$p=0,118$
<b>Zwipp-Score</b>	0,258	$p=0,258$
<b>VAS Schmerz</b>	0,139	$p=0,549$
<b>VAS Funktion</b>	0,238	$p=0,299$
<b>VAS Sonstiges</b>	0,063	$p=0,785$
<b>VAS Gesamt</b>	0,171	$p=0,459$
<b>SF-12 PCS</b>	0,365	$p=0,104$
<b>SF-12 MCS</b>	0,051	$p=0,827$
<b>AOFAS Rückfuß</b>	0,472*	$p=0,031^*$
<b>AOFAS Mittelfuß</b>	0,392	$p=0,079$
<b>AOFAS Großzehe</b>	0,238	$p=0,300$
<b>AOFAS Zehen</b>	0,156	$p=0,500$
<b>FOA nach Thordarson</b>	0,371	$p=0,098$
<b>CFSS nach Kerr</b>	0,493*	$p=0,23^*$

Tab. 59: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson zur des statistischen Zusammenhangs zwischen dem Röntgen-Score und den Lebensqualität- sowie Nachuntersuchungsscores.

$p$  = statistische Signifikanz. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

## 5.5 Dynamische Baropedographie

### 5.5.1 Belastungen einzelner Fußregionen

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden bei 32 Patienten baropedographische Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind detailliert in Anhang 2 in den Tabellen 106 bis 111 aufgeführt.

Es fielen in den Pedographien in den Großzehenbereichen beidseits hohe Maximalwerte (64N/cm<sup>2</sup>) auf. In 56% der Fälle ist „kaum“ ein Unterschied zur gesunden Gegenseite erkennbar. Für die Zehen ließen sich am häufigsten „kaum“ Abweichungen der Maximaldrücke darstellen (37% der Patienten). Die Seitendifferenzen des Durchschnittsdrucks für die Großzehen wichen „geringfügig“ bis „mittelmäßig“ ab (jeweils 28% der Patienten), bei den Zehen war die Abweichung am häufigsten „mittelmäßig“ (34%) sowie bei jeweils 25 % der Patienten „kaum“ und „stark“.

Die Impulse wichen an der Großzehe bei 24% „kaum“ sowie bei 38% der Patienten „stark“ ab. Bei 28% der Patienten waren „kaum“ Abweichungen an den Zehen sowie bei jeweils 25% „mittelmäßige“ bis „starke“ Abweichungen darstellbar.

Im Bereich der Ossa metatarsalia wichen die Maximaldrücke am Os metatarsale 1 „stark“ (41%), am Os metatarsale 4 „kaum“ bis „geringfügig“ (28% und 31%) sowie am Os metatarsale 5 „stark“ (53 %) ab. An den Os metatarsalia 2 und 3 waren die Abweichungen ungefähr gleichmäßig verteilt (22-28%).

Die Durchschnittsdrücke des Os metatarsale 1 wichen „stark“ (34% der Patienten), am Os metatarsale 4 „geringfügig“ (40%) sowie am Os metatarsale 5 „stark“ (38%) ab. Die Abweichungen an den Ossa metatarsalia 2 und 3 waren gleichmäßig verteilt (22-28%).

Die Impulse wichen am Os metatarsale 1 „stark“ (bei 47% der Patienten), an Ossa metatarsalia 2 und 3 „stark“ (38%), am Os metatarsale 4 „geringfügig“ (41%) sowie am Os metatarsale 5 „stark“ (31%) ab.

Am Mittelfuß zeigte sich, dass die Seitenabweichungen der Maximal- und Durchschnittsdrücke im Durchschnitt „geringfügig“ (34% und 41% der Patienten) sowie „kaum“ Abweichungen der Impulse (41%) auftreten.

Im Fersenbereich ergeben sich durchschnittlich „geringfügige“ Seitenabweichungen der Maximal- (47%), „kaum“ Abweichungen der Durchschnittsdrücke (38%) sowie mit jeweils 34% „kaum“ und „mittelgradige“ Abweichungen der Impulse.

### 5.5.1.1 Belastungen einzelner Fußregionen in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation

Es wurden die Patientenfälle nach Frakturlokalisationen ausgewählt und nur die Patienten betrachtet, die tatsächlich Frakturen in den jeweiligen Bereichen hatten. Die Tabellen 112 bis 117 des Anhangs zeigen die detaillierten Ergebnisse.

Bei Patienten mit Frakturen im Bereich der Großzehe und der Zehen zeigten sich im Durchschnitt „geringfügige“ Abweichungen für die Maximal- und Durchschnittsdrücke der Großzehe. Die Impulse zeigten „mittelstarke“ Abweichungen. Im Bereich der Zehen wichen der Maximaldruck „stark“, der Durchschnittsdruck „mittelstark“ sowie der Impuls „kaum“ von der Gegenseite ab.

Bei Patienten mit Frakturen der Metatarsale-Knochen und der Lisfranc-Gelenklinie wurden für die Maximal- und Durchschnittsdrücke sowie für den Impuls im Bereich der Ossa metatarsalia 1 und 5 Abweichungen der Stärke „mittelstark“ festgestellt, die Seitenabweichungen schwankten zwischen 31% und 40%. Dies deutet auf die besonders starke Beanspruchung dieser Fußregionen hin. Im Bereich der Metatarsale-Knochen 2 und 3 fielen ebenfalls „mittelstarke“ Abweichungen der Maximal-, Durchschnittsdrücke und Impulse auf. Die Seitenabweichungen lagen zwischen 26% und 34%. „Geringfügige“ Abweichungen der Maximaldrücke und Impulse zur Gegenseite wurden über dem Os metatarsale 4 festgestellt. Der Durchschnittsdruck wich durchschnittlich um 22% ab und ließ sich damit der mittleren Stärke zuordnen. Im Bereich des Mittelfußes wichen die Werte für den Maximaldruck, Durchschnittsdruck und den Impuls „geringfügig“ bis „mittelstark“ ab, die Seitenabweichungen betrugen 24 bis 25%.

Bei den Patienten mit Frakturen im Bereich der Chopart-Gelenklinie wichen die Drücke und Impulse „geringfügig“ bis „mittelstark“ (18-24%) von der gesunden Gegenseite ab. Betrachtet wurden hierbei der Mittelfuß und die Ferse.

Bei den Patienten mit Calcaneusfrakturen wurden die Abweichungen der Maximaldrücke, Durchschnittsdrücke und Impuls im Bereich der Ferse betrachtet. Am Mittelfuß zeigten sich „geringfügige“ bis „mittelstarke“ Abweichungen (17-25%), an der Ferse zeigten sich nur „geringfügige“ Seitenabweichungen (17-20%).

Auch bei den Patienten mit Talusfrakturen wurden die Werte für Maximaldruck, Durchschnittsdruck und Impuls für die Ferse betrachtet. Am Mittelfuß wurden „mittelstarke“ Seitenabweichungen gemessen (23-35%), an der Ferse ließen sich die Abweichungen der Stärken „geringfügig“ bis „stark“ zuordnen (14-31%).

Die Patienten mit Frakturen im Bereich des oberen Sprunggelenks und der distalen Tibia wurden zusammen betrachtet, da sich beide Frakturbereiche auf die Funktion des oberen Sprunggelenks auswirken bzw. auswirken können. Es zeigten sich sowohl am Mittelfuß als auch an der Ferse „mittelstarke“ Seitenabweichungen. Diese schwankten zwischen 22% und 30%.

#### 5.5.1.2 Vergleich der Drücke und Impulse in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen in den jeweiligen Fußregionen

Mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests wurden die Fußregionen auf Veränderungen der Drücke und Impulse in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen untersucht. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein von Frakturen und den Abweichungen der pedographisch bestimmten Drücke und Impulse festgestellt werden (Tab. 60-62).

<b>Frakturlokalisationen</b>	<b>Zehen</b>	<b>Calcaneus</b>	<b>Talus</b>	<b>OSG/ distale Tibia</b>
<b>Maximaldruck</b>	Hallux: p=0,609 Zehen: p=0,056	p=0,230	p=0,218	p=0,083
<b>Durchschnittsdruck</b>	Hallux: p=0,113 Zehen: p=0,316	p=0,684	p=0,121	p=0,522
<b>Impuls</b>	Hallux: p=0,923 Zehen: p=0,065	p=0,143	p=0,254	p=0,407

Tab. 60: Dargestellt sind die mittels des Mann-Whitney-U-Tests ermittelten Unterschiede (p = statistische Signifikanz) der pedographisch bestimmten Drücke in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen im Bereich der Zehen, des Calcaneus, Talus und des OSG und der distalen Tibia.

<b>Fraktur- lokalisationen</b>	<b>Lisfranc-Gelenklinie</b>				
	<b>MT 1</b>	<b>MT 2/3</b>	<b>MT 4</b>	<b>MT5</b>	<b>Mittelfuß</b>
<b>Maximaldruck</b>	p=0,391	p=0,144	p=0,161	p=0,846	p=0,726
<b>Durchschnitts- druck</b>	p=0,785	p=0,546	p=0,613	p=0,815	p=0,119
<b>Impuls</b>	p=0,330	p=0,192	p=0,192	p=0,726	p=0,586

Tab. 61: Dargestellt sind die mittels des Mann-Whitney-U-Tests ermittelten Unterschiede (p = statistische Signifikanz) der pedographisch bestimmten Drücke in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen der Lisfranc-Gelenklinie.



Frakturlokalisationen	Chopart-Gelenklinie	
	Mittelfuß	Ferse
Maximaldruck	p=0,803	p=0,367
Durchschnittsdruck	p=0,527	p=0,863
Impuls	p=0,954	p=0,478

Tab. 62: Dargestellt sind die mittels des Mann-Whitney-U-Tests ermittelten Unterschiede (p = statistische Signifikanz) der pedographisch bestimmten Drücke in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen der Chopart-Gelenklinie.

### 5.5.1.3 Belastungen einzelner Fußregionen in Abhängigkeit von radiologisch festgestellten Veränderungen am Fußskelett

Wie in der vorangegangenen Auswertung wurden diesmal die Arthroselokalisation in Bezug zu den Drücken und Impulsen der jeweiligen Fußregion betrachtet. Die detaillierten Ergebnisse finden sich im Anhang in den Tabellen 118 bis 122.

Es wird deutlich, dass bei Arthrosen der Grade 2 und 3 im Bereich der Großzehengrundgelenke und der Lisfranc-Gelenklinie „mittelstarke“ bis „starke“ Abweichungen der Drücke und Impulse zur Gegenseite auftreten. Bei fehlenden Arthrosezeichen bzw. Arthrosen des ersten Grades treten durchschnittlich „kaum“ bis „geringfügige“ Abweichungen auf. Das spricht für eine Fehlbelastung der entsprechenden Fußregionen aufgrund der Arthrosen in diesen Bereichen. Die Seitenabweichungen an der an Mittelfuß und Ferse unterscheiden sich im Durchschnitt nicht deutlich, wenn Arthrosen des zweiten oder dritten Grades vorliegen.

Mittels des Mann-Whitney-U-Tests ließ sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Arthrosengraden und den Abweichungen der Maximal- und Durchschnittsdrücke sowie Impulse feststellen (Tab. 63-65).

Arthrose-lokalisationen	GZG	Zehen	USG	OSG
Maximaldruck	p=0,459	Entfällt	p=0,554	p=0,410
Durchschnittsdruck	p=0,119	Entfällt	p=0,554	p=0,094
Impuls	p=0,104	Entfällt	p=0,173	p=0,212

Tab. 63: Dargestellt sind die mittels des Mann-Whitney-U-Tests ermittelten Unterschiede (p = statistische Signifikanz) zwischen den pedographisch bestimmten Drücken bei Vorliegen von arthrotischen Veränderungen im Bereich des Großzehengrundgelenks, der Zehen, des USG und OSG.

Arthrose-lokalisierungen	Lisfranc-Gelenklinie				
	MT 1	MT 2/3	MT 4	MT5	Mittelfuß
Maximaldruck	p=0,316	p=0,110	p=0,396	p=0,440	p=0,105
Durchschnittsdruck	p=0,157	p=0,700	p=0,157	p=0,143	p=0,076
Impuls	p=0,226	p=0,554	p=0,797	p=0,247	p=0,328

Tab. 64: Dargestellt sind die mittels des Mann-Whitney-U-Tests ermittelten Unterschiede (p = statistische Signifikanz) zwischen den pedographisch bestimmten Drücken bei Vorliegen von arthrotischen Veränderungen im Bereich der Lisfranc-Gelenklinie.

Arthroselokalisationen	Chopart-Gelenklinie	
	Mittelfuß	Ferse
Maximaldruck	p=0,189	p=0,431
Durchschnittsdruck	p=0,977	p=0,977
Impuls	p=0,431	p=0,705

Tab. 65: Dargestellt sind die mittels des Mann-Whitney-U-Tests ermittelten Unterschiede (p = statistische Signifikanz) zwischen den pedographisch bestimmten Drücken bei Vorliegen von arthrotischen Veränderungen im Bereich der Chopart-Gelenklinie.

### 5.5.2 Ganglinien

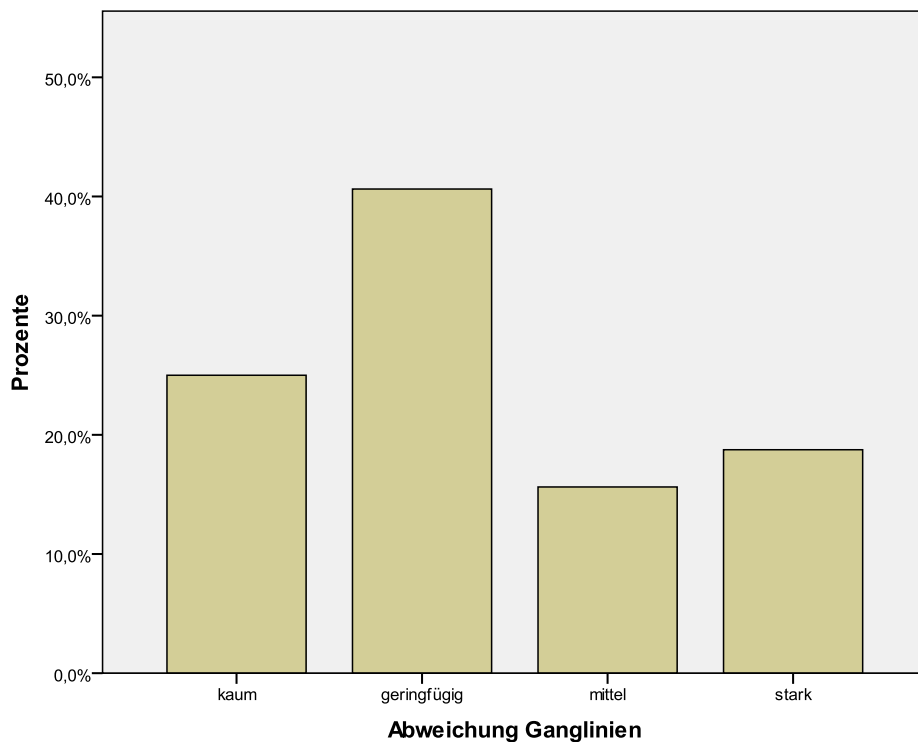


Abb. 53: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung der Seitenabweichungen der Ganglinien. Bei 31% der Patienten zeigten sich „geringfügige“ Abweichungen von der Gegenseite.

## Ergebnisse

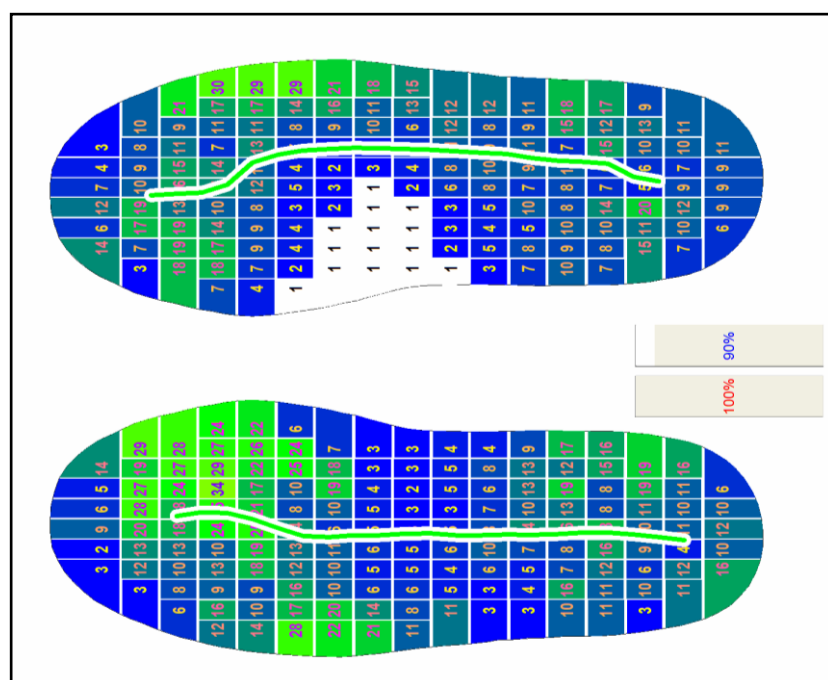
In Abbildung 53 sind die durchschnittlichen Abweichungen der Ganglinien von der Gegenseite dargestellt. Im Mittel wichen die Ganglinien um 14% vom gesunden Fuß ab. 25% zeigten „kaum“, 31% „geringfügige“ sowie 19% „mittelstarke“ Abweichungen der Ganglinie zur gesunden Seite. Bei 25% der Patienten wichen die Ganglinien „stark“ von der Gegenseite ab (Abb. 53).

Der Anteil der Ganglinie am gesamten Fuß beträgt an beiden Füßen ungefähr zwei Drittel der Gesamtfußlänge (rechts: 66%, links: 68%). 59% der Patienten bzw. 44% zeigten regelmäßige Ganglinien am rechten bzw. am linken Fuß. Bei 3% bzw. 19% waren sie regelmäßig und medialisiert. Bei jeweils 9% waren die Ganglinien regelmäßig und lateralisiert. Bei 3% zeigte sich die rechte Ganglinie unregelmäßig und medialisiert. Bei jeweils 3% waren keine Ganglinien in den Pedographien vorhanden.

### 5.5.2.1 Abweichungen der Ganglinien in Bezug auf die Frakturlokalisationen

Bezogen auf die Lokalisationen der Frakturen fiel auf, dass es bei Zehenfrakturen „geringfügige“ Abweichungen der Ganglinien zur gesunden Gegenseite gab. „Starke“ Abweichungen traten bei ursprünglichem Vorliegen von Lisfranc-, Chopart- und Calcaneusfrakturen sowie Frakturen des OSG und der distalen Tibia auf. Bei Patienten, die eine Talusfraktur erlitten haben, fielen „mittelstarke“ Abweichungen der Ganglinien im Vergleich zur Gegenseite auf. Die höchsten Abweichungen der Ganglinien lassen sich bei Calcaneusfrakturen und Frakturen im Bereich des oberen Sprunggelenks und der distalen Tibia beobachten.

Abb. 54: Dargestellt sind die Ganglinien eines 66-jährigen Patienten mit OSG-Luxationsfraktur und Talusfraktur rechts. Es lässt sich eine Lateralisierung am rechten Fuß erkennen.



### 5.5.2.2 Vergleich der Abweichungen der Ganglinien in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen

Betrachtet man die Abweichungen der Ganglinien der einzelnen Fußregionen in Abhängigkeit von Vorhandensein von Frakturen, so ergeben sich mittels des Mann-Whitney-U-Tests keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (Tab. 66).

<b>Vorhandensein der Fraktur</b>	<b>Zehen</b>	<b>Lisfranc-Gelenk</b>	<b>Chopart-Gelenk</b>	<b>Calcaneus</b>	<b>Talus</b>	<b>OSG/ distale Tibia</b>
<b>Abweichung der Ganglinie</b>	p= 0,270	p= 0,128	p= 0,862	p= 0,488	p= 0,749	p= 0,636

Tab. 66: Dargestellt sind die mittels des Mann-Whitney-U-Tests ermittelten Unterschiede zwischen den Abweichungen der Ganglinien und den Frakturlokalisationen. p = statistische Signifikanz.

### 5.5.2.3 Abweichungen der Ganglinien in Bezug auf radiologisch festgestellte Veränderungen am Fußskelett

Es wurden die Abweichungen und Standardabweichungen der Ganglinien in Bezug auf das Vorliegen von Arthrosen vom Grad 0 oder 1 bzw. vom 2. oder 3. Grad in den jeweiligen Fußregionen untersucht.

Lagen keine Arthrosezeichen oder arthrotische Veränderungen des ersten Grades vor, zeigten sich „mittelstarke“ Seitenabweichungen in den Großenzehen- und Zehengelenken sowie in der Chopart-Gelenklinie. Weiterhin bestanden „geringfügige“ Seitenabweichungen in der Lisfranc-Gelenklinie und „starke“ Seitenabweichungen am USG und OSG.

Bei Arthrosen des 2. und 3. Grades fielen starke Seitenabweichungen an den Großzehengrundgelenken und der Lisfranc-Gelenklinie, „mittelstarke“ Abweichungen der Chopart-Gelenklinie und des USG sowie „geringfügige“ Abweichungen am OSG auf.

Mittels des Mann-Whitney-U-Tests wurden die beiden Gruppen der Arthrosen vom Grad 0 und 1 sowie der Grade 2 und 3 verglichen (Tab. 68). Der Unterschied der Abweichungen der Ganglinien zwischen den beiden Arthrosegruppen ist an der Lisfranc-Gelenklinie auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. In Verbindung mit den deutlich höheren Abweichungen lässt sich daraus schließen, dass die Lisfranc-Arthrosen das Gangbild und damit die Ganglinien beeinflussen.

<b>Arthrose-lokalisierung</b>	<b>GZG</b>	<b>Zehen</b>	<b>Lisfranc-Gelenk</b>	<b>Chopart-Gelenk</b>	<b>USG</b>	<b>OSG</b>
<b>Abweichung der Ganglinie</b>	p=0,432	entfällt	p=0,046*	p=0,207	p=0,501	p=0,487

Tab. 67: Dargestellt ist der mittels des Mann-Whitney-U-Tests bestimmte Unterschied (p = statistische Signifikanz) zwischen den Abweichungen der Ganglinien und den Arthroselokalisationen. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant.

### 5.5.3 Zyklogramme

Im Durchschnitt wichen die Zyklogramme um 19% vom Mittelpunkt ab. Mit 28% wichen die meisten Zyklogramme „geringfügige“, vom Mittelpunkt ab. „Kaum“ Abweichungen zeigten sich in 22% der Fälle. Bei jeweils 25% der Patienten zeigten sich „mittelstarke“ oder „starke“ Abweichungen der Zyklogramme vom Mittelpunkt.

Bei 16% der Patienten ist das Zyklogramm regelmäßig, aber der Mittelpunkt nach rechts verlagert. Ebenso viele wiesen ein unregelmäßiges, nach rechts verlagertes Zyklogramm auf. Der Mittelpunkt des regelmäßigen Zyklogramms ist bei 6% nach links verlagert. 19% zeigten ein unregelmäßiges und nach links verlagertes Zyklogramm.

#### 5.5.3.1 Abweichung des Zyklogramms vom Mittelpunkt in Bezug auf die Frakturlokalisationen

Es wurde die Abweichung der Zyklogramme in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation untersucht.

Bei Vorliegen von Zehenfrakturen zeigten sich „kaum“ Abweichungen des Zyklogramms vom Mittelpunkt.

Am stärksten waren die Abweichungen bei Frakturen in der Chopart-Gelenklinie, die durchschnittliche Abweichung vom Mittelpunkt betrug 21%. Mit 21% wich das Zyklogramm bei Vorliegen von Frakturen in der Lisfranc-Gelenklinie am zweitstärksten vom Mittelpunkt ab.

## Ergebnisse

Bei Calcaneusfrakturen wichen die Zycklogramme um 19% vom Mittelpunkt ab. Ebenfalls „starke“ Abweichungen zeigten sich auch bei Vorliegen von Talus-Frakturen 16% und Frakturen des OSG und der distalen Tibia 19%.

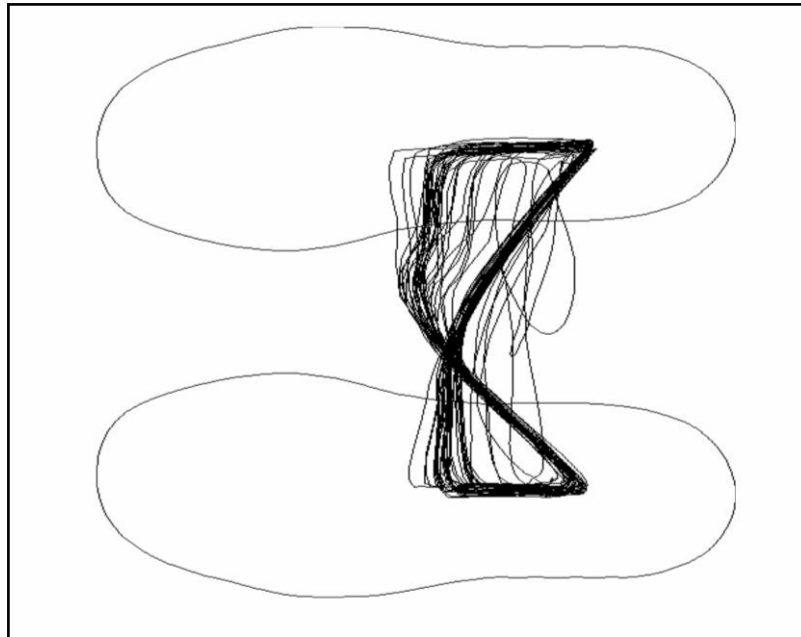


Abb. 55: Dargestellt ist ein unregelmäßiges Zycklogramm, der Mittelpunkt ist nach links verschoben. Die 74-jährige Patientin erlitt im Rahmen ihrer komplexen Fußverletzung eine Calcaneusfraktur sowie eine Mehrfragmentfraktur der Tibia links.

### 5.5.3.2 Vergleich der Abweichungen der Zycklogramme in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen

Testet man mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests die Abweichungen des Zycklogramms gegenüber dem Vorhandensein von Frakturen in der jeweiligen Fußregion, so unterscheiden sich die Abweichungen bei Vorliegen von Zehenfrakturen signifikant gegenüber der Patientengruppe ohne Zehenfrakturen ( $p=0,042$ ) (Tab. 68).

<b>Vorhandensein der Fraktur</b>	<b>Zehen</b>	<b>Lisfranc-Gelenk</b>	<b>Chopart-Gelenk</b>	<b>Calcaneus</b>	<b>Talus</b>	<b>OSG/ distale Tibia</b>
<b>Abweichung des Zycklogramms</b>	$p=0,042^*$	$p=0,340$	$p=0,969$	$p=0,611$	$p=0,749$	$p=0,895$

Tab. 68: Dargestellt ist der mittels des Mann-Whitney-U-Tests festgestellte Unterschied ( $p$  = statistische Signifikanz) zwischen den Abweichungen der Zycklogramme und den Frakturlokalisationen. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant.

### 5.5.3.3 Abweichung des Zyklogramms vom Mittelpunkt in Bezug auf radiologisch festgestellte Veränderungen am Fußskelett

Es wurden die Abweichungen ( $\pm$  Standardabweichung) der Zyklogramme vom Mittelpunkt in Bezug auf das Vorliegen von Arthrosen vom Grad 0 oder 1 bzw. vom 2. oder 3. Grad in den jeweiligen Fußregionen untersucht.

Durchschnittlich wichen die Zyklogramme bei fehlenden Arthrosezeichen oder Arthrosen des ersten Grades „mittelstark“ am Großzehengrundgelenk und in der Lisfranc-Gelenklinie sowie „stark“ in allen anderen Fußregionen von der Gegenseite ab. Es fiel auf, dass bei Arthrosen des 2. oder 3. Grades des Großzehengrundgelenks und der Lisfranc- Gelenklinie die Abweichung des Zyklogramms höher ist, im Vergleich wichen hier die Zyklogramme „stark“ von der Gegenseite ab. In der Chopart-Gelenklinie waren die „starken“ Seitenabweichungen bei Vorliegen von arthrotischen Veränderungen des 2. und 3. Grades durchschnittlich höher. Am USG und OSG zeigten sich bei Arthrosen des zweiten und dritten Grades „mittelstarke“ Seitenabweichungen der Zyklogramme.

Es lässt sich mittels des Mann-Whitney-U-Tests kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen der Arthrosethese 0 und 1 sowie Arthrosethese 2 und 3 feststellen (Tab. 69).

Arthrosethese-lokalisierung	GZG	Zehen	Lisfranc-Gelenk	Chopart-Gelenk	USG	OSG
Grad der Arthrosethese	p=0,731	entfällt	p=0,135	p=0,683	p=0,487	p=0,559

Tab. 69: Dargestellt ist der mittels des Mann-Whitney-U-Tests bestimmte Unterschied (p = statistische Signifikanz) zwischen den Abweichungen der Zyklogramme und den Arthrosethelokalisationen.

### 5.5.4 Kontaktzeiten

Im Durchschnitt wichen die Kontaktzeiten am Vorfuß um 36% sowie am Rückfuß um 24% ab, dabei handelt es sich um „mittelstarke“ Seitenabweichungen. Am gesamten Fuß betrachtet weichen die Kontaktzeiten um 14% ab, diese Abweichungen lassen sich als „stark“ klassifizieren.

#### 5.5.4.1 Abweichung der Kontaktzeiten in Abhängigkeit von den Frakturlokalisationen

Es zeigte sich, dass die Abweichungen der Kontaktzeiten bei Zehenfrakturen „geringfügig“ waren. Lagen Frakturen im Bereich des Lisfranc-Gelenks vor, wichen die Kontaktzeiten des Vor-, Rückfußes und gesamten Fußes „mittelstark“ von der Gegenseite ab. Bei Frakturen im Bereich des Chopart-Gelenks, Calcaneus und im Bereich des OSG und der distalen Tibia wichen die Kontaktzeiten des Vor- und Rückfußes „mittelstark“ sowie des gesamten Fußes „stark“ von der Gegenseite ab. Nach Talusfrakturen zeigten sich „mittelstarke“ Abweichungen des Vorfußes und gesamten Fußes sowie „geringfügige“ Seitenabweichungen der Kontaktzeiten des Rückfußes.

Am stärksten weichen die Kontaktzeiten des gesamten Fußes bei Calcaneusfrakturen (im Durchschnitt um 19% am gesamten Fuß) ab. Die Kontaktzeiten des Vorfußes und des Rückfußes sind ebenfalls bei Calcaneusfrakturen bzw. bei Frakturen der Chopart-Gelenklinien am höchsten.

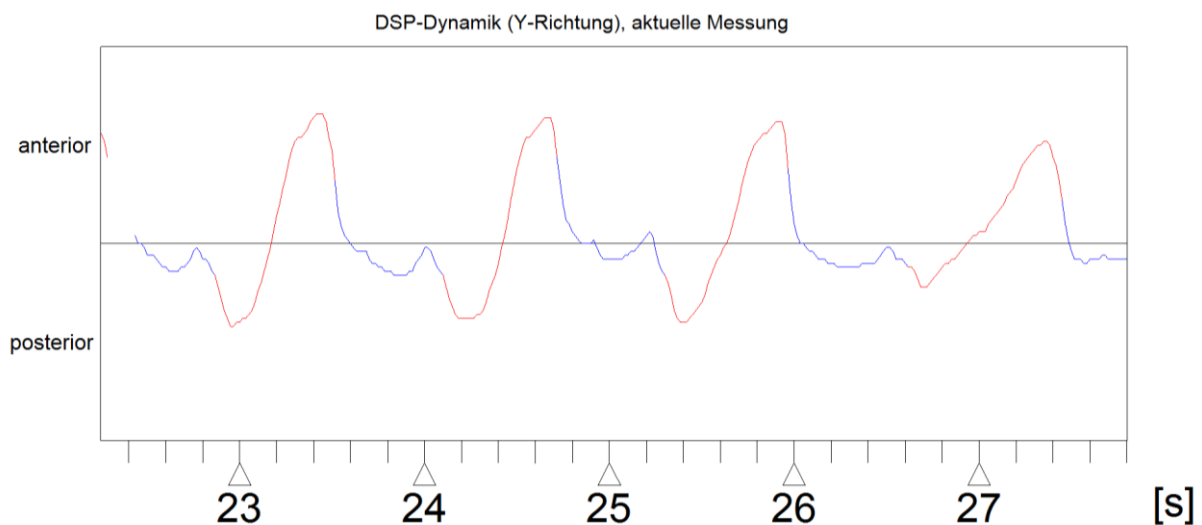


Abb. 56: Dargestellt sind die Kontaktzeiten für den rechten (blau) und linken (rot) Fuß mit Unterscheidung der Kontaktdauer des Vorfußes und Rückfußes. Der 21-jährige Patient erlitt eine distale Unterschenkelfraktur und multiple Frakturen der Ossa metatarsalia rechts vor. Es fällt auf, dass der rechte Vorfuß nur kurz belastet wird.

#### 5.5.4.2 Abweichung der Kontaktzeiten in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen

Es wurden die Kontaktzeiten in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen verglichen. Mittels des Mann-Whitney-U-Tests zeigte sich ein signifikanter Unterschied der Kontaktzeiten des gesamten Fußes in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen im Lisfranc-Gelenk (Tab. 70).



<b>Fraktur-lokalisation</b>	<b>Kontaktzeit Vorfuß</b>	<b>Kontaktzeit Rückfuß</b>	<b>Kontaktzeit gesamter Fuß</b>
<b>Zehen</b>	p=0,195	p=1	p=0,185
<b>Lisfranc-Gelenk</b>	p=0,626	p=0,626	p=0,025*
<b>Chopart-Gelenk</b>	p=0,673	p=0,758	p=1
<b>Calcaneus</b>	p=0,427	p=0,714	p=0,1
<b>Talus</b>	p=0,732	p=0,855	p=0,964
<b>OSG/distale Tibia</b>	p=0,792	p=0,571	p=0,318

Tab. 70: Dargestellt ist der mittels des Mann-Whitney-U-Tests festgestellte Unterschied (p = statistische Signifikanz) zwischen den Abweichungen der Kontaktzeiten und den Frakturlokalisationen. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant.

#### 5.5.4.3 Abweichung der Kontaktzeiten in Abhängigkeit der Arthrosen

Es wurde die Abweichung der Kontaktzeiten vom Gegenfuß in Abhängigkeit von der Arthrosestärke untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Kontaktzeiten am Vor-, Rück- und gesamten Fuß am stärksten bei Arthrosen des zweiten oder dritten Grades am Großzehengrundgelenk abweichen, es handelt sich dabei um „starke“ Seitenabweichungen. Mit „mittelstarken“ Abweichungen der Kontaktzeiten am Vor- und Rückfuß sowie „starken“ Abweichungen am gesamten Fuß zeigen sich deutliche Unterschiede an der Lisfranc-Gelenklinie bei Vorliegen von Arthrosen des zweiten und dritten Grades. Mittels des Mann-Whitney-U-Tests zeigte sich ein signifikanter Unterschied der Kontaktzeiten im Rückfuß zwischen den Arthrose-Gruppen bei Betrachtung des OSG (Tab. 71). Die Abweichungen der Kontaktzeiten sind bei Arthrosen des zweiten und dritten Grades am OSG geringer.

<b>Arthrose-lokalisation</b>	<b>Kontaktzeit Vorfuß</b>	<b>Kontaktzeit Rückfuß</b>	<b>Kontaktzeit gesamter Fuß</b>
<b>GZG</b>	p=0,092	p=0,104	p=0,950
<b>Zehen</b>	Keine Fälle vorhanden		
<b>Lisfranc-Gelenk</b>	p=0,071	p=0,163	p=0,341
<b>Chopart-Gelenk</b>	p=0,280	p=0,838	p=0,336
<b>USG</b>	p=0,797	p=0,588	p=0,316
<b>OSG</b>	p=0,832	p=0,040*	p=0,979

Tab. 71: Dargestellt ist der mittels des Mann-Whitney-U-Tests festgestellte Unterschied (p = statistische Signifikanz) zwischen den Abweichungen der Kontaktzeiten und den arthrotischen Veränderungen.

\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant.

### 5.5.5 Pedographie-Score

Bei 32 Patienten konnte anhand der baropedographischen Auswertungen der Pedographie-Score errechnet werden. Die Ergebnisse verteilten sich wie in Abbildung 57 dargestellt.

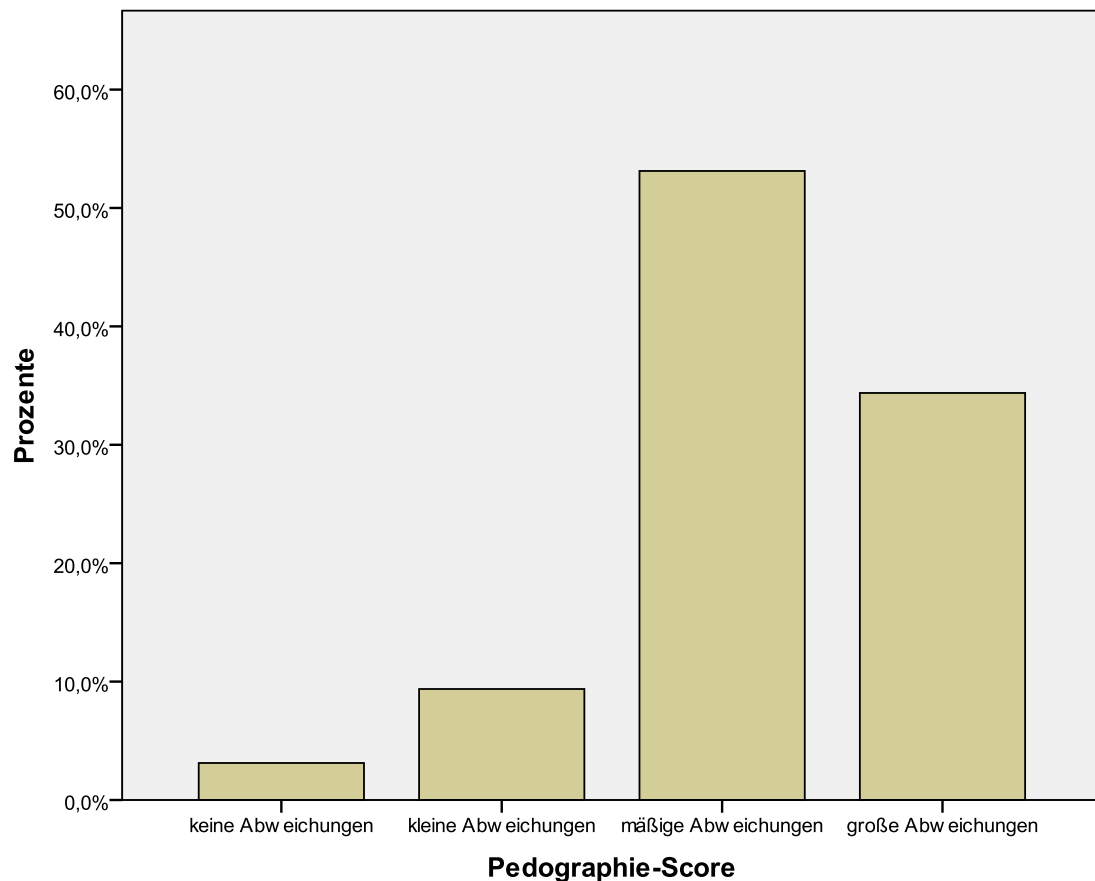


Abb. 57: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des Pedographie-Scores. Bei 53% der Patienten zeigten sich insgesamt mäßige Seitenabweichungen über den Pedographie-Score.

Der Häufigkeitsgipfel liegt bei mäßigen Seitenabweichungen, 53% der Patienten erreichten dieses Ergebnis. Bei 34% der Patienten zeigten sich große Seitenabweichungen.

Die Verteilung der Punktzahlen lag zwischen dem Minimum von 20 Punkten und dem Maximum von 72 Punkten. Durchschnittlich erreichten die Patienten 49,69 Punkte ( $\pm 10,62$ ).

Die Korrelation des Pedographie-Scores mit dem Zwipp-Score ist auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. Zur Anzahl der Frakturen gab es keinen signifikanten Zusammenhang.

### 5.5.7 Vergleich des Pedographie-Scores mit den Scores der AOFAS, SF 12 Summenskalen und visuellen Analogskalen nach Richter

Über den Korrelationskoeffizienten nach Pearson wurde getestet, ob ein Zusammenhang zwischen dem Pedographie-Score und der VAS, dem SF-12 sowie den Nachuntersuchungsscores besteht (Tab. 72).

<b>Korrelation nach Pearson</b>	<b>Pedographie-Score</b>	
	<b>Korrelationskoeffizient</b>	<b>Signifikanz</b>
<b>Anzahl der Frakturen</b>	0,169	p=0,354
<b>Weichteilschaden</b>	0,211	p=0,247
<b>Zwipp-Score</b>	0,201	p=0,271
<b>VAS Schmerz</b>	0,053	p=0,772
<b>VAS Funktion</b>	0,151	p=0,408
<b>VAS Sonstiges</b>	0,027	p=0,883
<b>VAS Gesamt</b>	0,116	p=0,529
<b>SF-12 PCS</b>	0,338	p=0,058
<b>SF-12 MCS</b>	0,379*	p=0,033*
<b>AOFAS Rückfuß</b>	0,516**	p=0,003**
<b>AOFAS Mittelfuß</b>	0,489**	p=0,006**
<b>AOFAS Großzehe</b>	0,292	p=0,117
<b>AOFAS Zehen</b>	0,388*	p=0,034*
<b>FOA nach Thordarson</b>	0,274	p=0,129
<b>CFSS nach Kerr</b>	0,294	p=0,103

Tab. 72: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson zur des statistischen Zusammenhangs zwischen dem Pedographie-Score und den Lebensqualität- sowie Nachuntersuchungsscores. p = statistische Signifikanz.  
 \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Es zeigte sich ein statistischer Zusammenhang zwischen dem Pedographie-Score und der psychischen Summenskala des SF-12 sowie eine Tendenz der körperlichen Summenskala des SF-12. Weiterhin ließ sich ein statischer Zusammenhang zu den AOFAS Rückfuß, Mittelfuß sowie Zehen darstellen.

## 5.6 Orthopädische Schuhversorgung

### 5.6.1 Beurteilung der Einlagen und Orthopädischen Schuhe im Rahmen der Nachuntersuchung

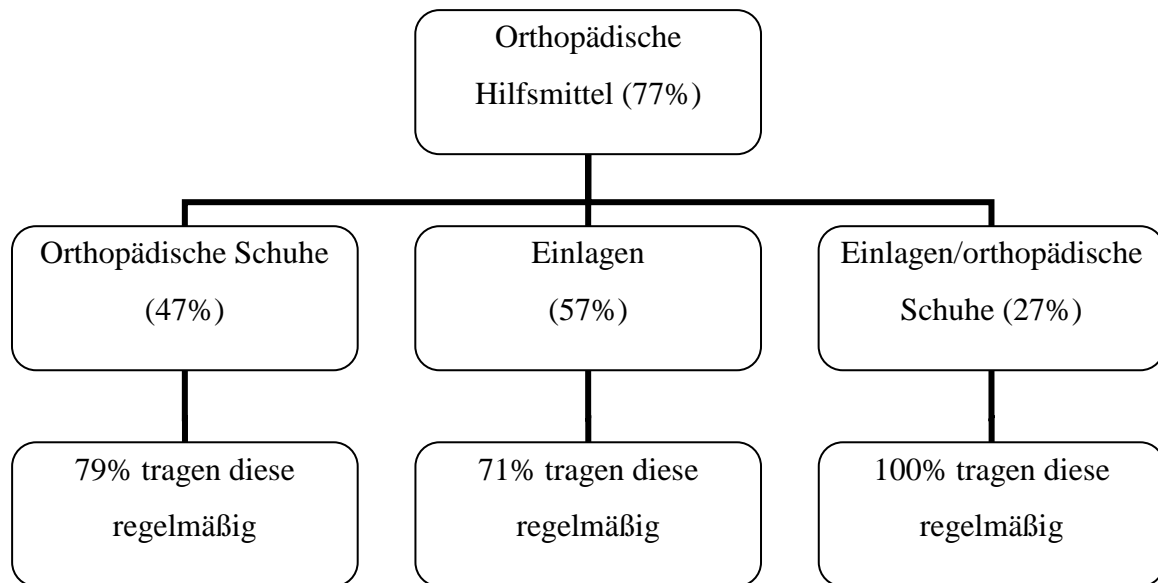


Abb. 58: Das Organigramm zeigt die Prozentzahl der Patienten, die orthopädische Hilfsmittel angefertigt bekommen haben. Die Darstellung ist unterteilt in die Art des orthopädischen Hilfsmittels sowie die Tragehäufigkeit derselben durch die Patienten nach komplexer Fußverletzung.

Insgesamt benötigen 77% der Patienten orthopädische Hilfsmittel wie orthopädische Schuhe und/oder Einlagen. 47% der nachuntersuchten Patienten sollten orthopädische Schuhe tragen. Davon tragen 79% regelmäßig die orthopädischen Schuhe. 57% sollten Einlagen tragen, davon tragen 71% diese regelmäßig. Daraus wird deutlich, dass zwar mehr als 2 Drittel ihre orthopädischen Hilfsmittel nutzen, aber die Compliance durchaus noch höher sein könnte. Alle Patienten, die Einlagen und orthopädische Schuhe verordnet bekommen haben, tragen diese auch regelmäßig.

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden bei 52% der Patienten die orthopädischen Hilfsmittel als verbesserungswürdig beurteilt. Probleme liegen darin, dass aus Patientensicht normales Schuhwerk durch Einlagen zu eng wird und drückt. Weiterhin ist die Optik der orthopädischen Schuhe nicht ansprechend genug.

Aus orthopädietechnischer Sicht sind insgesamt der Gewölbeaufbau und die –stabilisierung unzureichend. Außerdem wird der Abrollvorgang unzureichend durch das orthopädische Hilfsmittel unterstützt. Pedographisch lässt sich bei fast allen Patienten eine starke Großzehenbelastung trotz der Hilfsmittel feststellen.

### 5.6.2 Fragebogen zur Orthopädischen Schuhversorgung

Im Rahmen der Nachbefragung gaben 46% an, dass sie die empfohlenen Änderungen an den orthopädischen Hilfsmitteln vornehmen lassen haben. Davon bemerken zwei Drittel einen Unterschied in Bezug auf Gangbild und Beschwerden.

Die Hälfte der Patienten, die Änderungen an den orthopädischen Hilfsmitteln vornehmen lassen haben, hatte Schwierigkeiten durch Vorgaben der Krankenkassen. Beispielweise waren Sonderanfertigungen erst nach Ablauf von zwei Jahren wieder möglich oder die Krankenkassen bzw. Berufsgenossenschaften machten keine Kostenerstattungszusagen.

54% der befragten Patienten tragen ihre orthopädischen Hilfsmittel „immer“, bei 31% ist es „meistens“ der Fall. Jeweils 8% tragen die orthopädischen Hilfsmittel „manchmal“ oder „selten“.

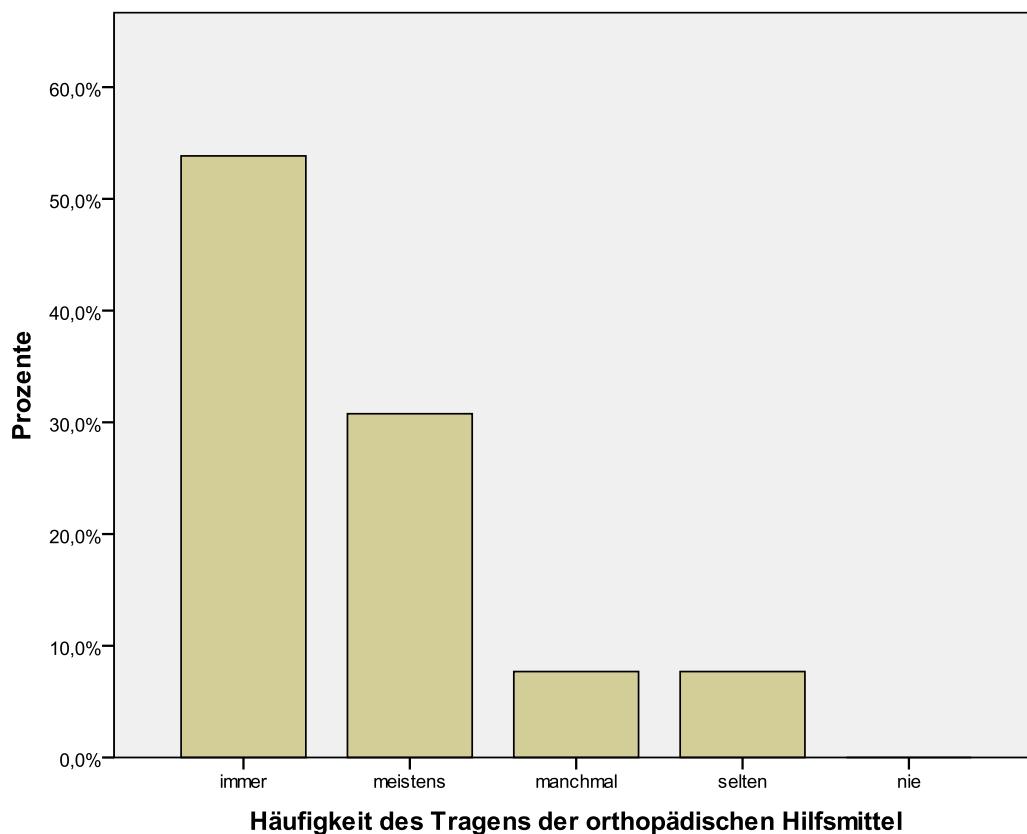


Abb. 59: Das Balkendiagramm zeigt die Tragehäufigkeit der orthopädischen Hilfsmittel nach den klinischen Nachuntersuchungen und den Pedographien. 54% der Patienten gaben an ihre Hilfsmittel „immer“ zu tragen.

Der Großteil der befragten Patienten trägt die orthopädischen Hilfsmittel meistens bis immer.

## Ergebnisse

23% der Patienten tragen die orthopädischen nach den Nachuntersuchungen häufiger. Bei 69% ist es gleich geblieben und 8% konnten keine Aussage treffen.

Nachfolgend ist die Zufriedenheit der Patienten mit den orthopädischen Hilfsmitteln dargestellt:

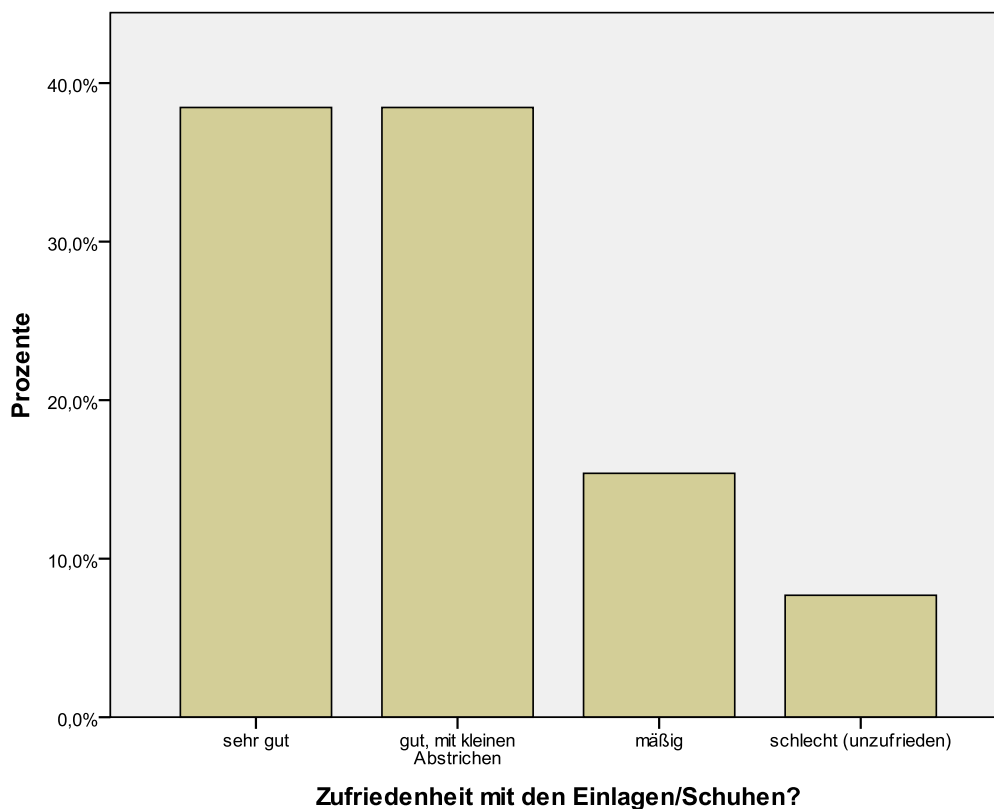


Abb. 60: Das Balkendiagramm zeigt die Zufriedenheit der Patienten mit den orthopädischen Hilfsmitteln, nachdem im Rahmen der Nachuntersuchungen Mängel aufgezeigt wurden und zum Teil eingearbeitet wurden.

Jeweils 39% der befragten Patienten waren „sehr gut“ oder „gut, mit kleinen Abstrichen“ zufrieden. 15% sind „mäßig“ zufrieden und 8% waren „unzufrieden“. Insgesamt war die Mehrzahl der Patienten ist mit ihren Einlagen oder Schuhen sehr oder mit kleinen Abstrichen zufrieden.

## 6 Diskussion

### 6.1 Studiendesign, Patienten und Literatur

In der Studie „Lebensqualität nach komplexer Fußverletzung“ wurde die Lebensqualität von Patienten, die mit einer komplexen Fußverletzung zwischen 2001 und 2007 an dem Universitätsklinikum Regensburg behandelt wurden, untersucht. Es handelte sich um eine nicht-randomisierte, prospektive Querschnittsstudie. Eine Randomisierung konnte nicht erfolgen, da eine selektive Patientenauswahl zur Klassifikation der Verletzungsschwere notwendig war. Es wurden nur die Patienten in die Studie eingeschlossen, die den Fragebogen beantworteten und damit der Studienteilnahme zugestimmt haben.

Insgesamt erlitten in diesem Zeitraum 152 Patienten Mehrfachverletzungen des Fußes. Nach Klassifikation anhand des Zwipp-Scores (Zwipp 1997) konnten 74 Patienten klassifiziert werden, 50 erfüllten die Einschlusskriterien. Die Patientenzahl der Studie „Lebensqualität nach komplexer Fußverletzung“ ist mit 50 eingeschlossenen und 32 nachuntersuchten Patienten gering. Wie auch in anderen Studien, die sich mit den Ergebnissen nach deren Traumata beschäftigten, zeigte sich in unserer Studie das Problem der wenigen Fallzahlen, welche teilweise für die statistische Auswertung nicht ausreichend sind (Kotter 1997). Es handelte sich um eine Studie ohne Kontrollgruppe mit heterogenem Patientengut.

2007 erhielt die Studie „Lebensqualität nach komplexer Fußverletzung“ ein positives Votum durch die Ethikkommission der Universität Regensburg. Ethikvoten sind generell für jeden Arzt und alle seine Forschungsvorhaben am Menschen bzw. mit personenbezogenen Daten durch das Berufsrecht (§ 15 Muster-Berufsordnung für Ärzte) sowie durch bestimmte Spezialgesetze mit Forschungsrelevanz vorgeschrieben (zum Beispiel im Medizinprodukte- und Strahlenschutzrecht).

Komplexe Fußverletzungen sind selten (Zwipp 1997; Kinner 2011). Daher sind sie auch in wenigen Studien umfassend beschrieben. Somit musste zur Literaturrecherche nach den einzelnen Fußregionen bzw. nach Artikeln zu Weichteilschäden, Polytraumata und Kompartmentsyndromen gesucht werden. Gerade bei chirurgischen Themen ist die Literaturlage sehr dürftig wie beispielsweise an der Suche nach Leitlinien zur Polytraumaversorgung erläutert (Sauerland 2002). Ein großer Anteil der Literatur stammt aus dem „Unfallchirurgen“, einer deutschsprachigen Zeitschrift. Neben einem geringen Impact Factor (Rieder 2010) von 0,675 im Jahr 2010 sowie 0,610, wird ihr durch Korenkov (1997) ein Mangel an Internationalität nachgesagt.

Soweit es möglich war, wurde versucht die jeweilige Thematik durch englischsprachige Literatur zu ergänzen. Zum Vergleich wurden in Studien beschriebene Daten zu den entsprechenden Monoverletzungen herangezogen. Die Auswertung gestaltete sich dahingehend schwierig, dass Verletzungsfolgen wie Fehlstellungen oder Arthrosen nicht sicher auf eine Verletzung zurückgeführt werden konnten, da es sich ausschließlich um Mehrfachverletzungen handelte.

Weiterhin zeigten sich Probleme bei der Datengewinnung beispielsweise der Weichteilschäden und dem Vorliegen von Kompartmentsyndromen anhand der Dokumentation bei Aufnahme und im Akutverlauf. Teilweise erfolgte die Dokumentation leider unzureichend genau.

Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden standardisierte Scores zur Beurteilung der Lebensqualität verwandt. Hierbei handelt es sich um die Visuelle Analogskala nach Richter sowie den SF-12 Lebensqualität Fragebogen. Die visuelle Analogskala ist angepasst für die Verwendung nach Verletzungen der Sprunggelenke und des Fußes (Zech 2004; Richter 2006). Die SF-12 Gesundheitsfragebögen sind nicht auf spezielle Erkrankungen oder Verletzungen ausgelegt (Bullinger 2000; Kalantar-Zadeh 2001). Sie sind anerkannte und validierte Scores zur Evaluation der Lebensqualität (Zelle 2003), auch von Traumapatienten (Alter 1999). Der Vergleich erfolgt mit Normwerten der gesunden Bevölkerung in Deutschland (Bullinger 1998).

Die Nachuntersuchung wurde mit Hilfe eines Nachuntersuchungsbogens zur einheitlichen Dokumentation standardisiert durchgeführt, angelehnt an den Nachuntersuchungsbogen des Maryland Foot Scores (Sanders 2006). Es wurden die AOFAS-Scores (Kitaoka 1994), der FOA-Score (Thordarson 1996) sowie der CFSS-Score (Kerr 1996) ermittelt. Alle drei Nachuntersuchungsscore sind nicht auf Mehrfachverletzungen des Fußes validiert, sondern wurden bisher nur für Calcaneus-Frakturen verwendet (Schuh 2000).

Algorithmen zur Auswertung der Röntgenbilder des Fußes sowie der Pedographien sind selten in der Literatur ausgearbeitet. Zur Auswertung der Röntgenbilder wurde ein Algorithmus ähnlich dem von Kinner (2002) entwickelt, die Klassifikation von arthrotischen Veränderungen erfolgte nach Menz (2008). Die Auswertung der Baropedographie erfolgte angelehnt an Siegmeth (1996) und Kinner (2002). Es wurden Scores zur Vergleichbarkeit der röntgenologischen sowie pedographischen Ergebnisse entwickelt, diese sind nicht validiert.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels des Programms SPSS. Die Reliabilität der Messungen und statischen Ergebnisse ist durch die geringen Fallzahlen eingeschränkt.



### 6.2 Verletzungen und ihre Ursachen

Am häufigsten traten die komplexen Fußverletzungen im Rahmen von Verkehrsunfällen im Sinne von Motorrad- und PKW-Unfällen sowie bei Stürzen aus größerer Höhe auf, wie auch durch Zwipp (1997) und Boack (2007) beschrieben. Dies stimmt mit den in Studien beschriebenen häufigen Verletzungsmechanismen der einzelnen Knochenverletzungen (Myerson 1994; Zwipp 1994; Brunner 1996; Peicha 2002; Rammelt 2003; Boack 2004; Jeffers 2004; Zwipp 2005; Westhoff 2007; Rüter 2008; Jungblut 2009; Clare 2011; Ochman 2011; Thordarson 2011) sowie der Weichteilverletzungen (Schwabe 2010; Strohm 2010) überein. Weiterhin stellen Überrollverletzungen häufige Ursachen für Fußverletzungen dar (Riepl 2011). 8% der Patienten zogen sich eine komplexe Fußverletzung durch einen auf den Fuß gefallenen Gegenstand, ähnlich wie durch Thordarson (2000), Kinner (2007) und Rüter (2008) beschrieben, zu.

**Komplexe Fußverletzungen entstehen meist durch Verkehrsunfälle oder bei Stürzen aus großer Höhe. Sie gewinnen mit der zunehmenden Zahl an überlebten Verkehrsunfällen immer mehr an Bedeutung (Richter 2001; Keeling 2010; Shawen 2010; Tintle 2010; Kinner 2011).**

#### 6.2.1 Knöcherne Verletzungen

Im Durchschnitt wurde ein Score nach Zwipp von 5 Punkten erreicht. Die notwendige Nachklassifikation zeigte sich aufgrund unzureichend dokumentierter Weichteilschäden als schwierig. Weiterhin geht der Weichteilschaden im Vergleich zu den Frakturen deutlich schwerwiegender in die Klassifikation ein. Zehenfrakturen, die mit einer Häufigkeit von 19% auftraten, werden durch den Zwipp-Score nicht berücksichtigt. Auch gibt es für komplexe Verletzungen des Mittelfußes mit Luxation der Lisfranc-Gelenklinie und multiplen Metatarsale-Frakturen nur einen Punkt nach Zwipp (1997).

Mit 61% war die Lisfranc-Linie am häufigsten verletzt. Am zweithäufigsten war die Chopart-Gelenklinie mit 33 % betroffen. In der Literatur sind Chopart- und Lisfranc-Verletzungen als seltene, aber häufige Fußverletzungen in Verbindung mit Hochrasanztraumen beschrieben (Suren 1989; Kotter 1997; Randt 1998; Myerson 1999; Richter 2001; Rajapakse 2006; Ochman 2011), insbesondere bei Lisfranc-Luxationen und Metatarsale-Frakturen (Vuori 1993; Thordarson 2000; Jeffers 2004; Partenheimer 2009).

Die Zahl an Verletzungen des Chopart-Gelenks nimmt mit der Anzahl an Hochrasanztraumen zu (Rammelt 2002). Luxationsverletzungen beider Gelenklinien sind häufig (Rammelt 2002; Partenheimer 2009), laut Zwipp (1994) treten sie in einem Drittel der Fälle kombiniert auf. Das häufig kombinierte Auftreten beschreibt auch Randt (1998). In unserer Studie waren beide Gelenklinien bei 39% der Patienten von den Verletzungen betroffen.

Am seltensten waren Frakturen der Zehen mit 18%, welche häufiger durch Quetschverletzungen oder axiale Anpralltraumen entstehen (Thordarson 2000). Auch Calcaneusverletzungen traten mit 26% vergleichsweise weniger häufig auf. Nach Zwipp (1994) und Schuh (2000) entstehen solche Verletzungen häufig im Rahmen von Verkehrsunfällen und Stürzen aus großer Höhe. Mit 20% Häufigkeit waren auch Verletzungen des Talus selten, diese gelten als selten betroffen im Rahmen von Mehrfachverletzungen des Fußes (Partenheimer 2009). Von Jeffers (2004) wurde allerdings ein gehäuftes Auftreten bei Motorradunfällen beschrieben. Frakturen des distalen Unterschenkels und des oberen Sprunggelenks lagen bei 29% der Patienten vor. Streicher (2008) beschreibt Frakturen der distalen Tibia, insbesondere Pilon tibiale-Frakturen, als Folge hochenergetischer Traumen, im Sinne von Stürzen aus großer Höhe oder Verkehrsunfällen.

**Am häufigsten sind die Lisfranc- und die Chopart-Gelenklinien bei komplexen Fußverletzungen betroffen. Vor allem bei Frakturen und Luxationen der Lisfranc-Gelenklinie handelt es sich im Rahmen von Mehrfachverletzungen des Fußes um nicht seltene Verletzungen (Peicha 2002).**

### 6.2.2 Verletzungen im Rahmen von Polytraumata

Nach Zwipp (1997) treten komplexe Fußverletzungen mit 52% häufig beim Polytraumatisierten auf. In unserer Studie kam es zu komplexen Fußverletzungen im Rahmen von Polytraumata, mit einem  $ISS \geq 16$  nach Baker (1974) bei 45% der Studienpatienten. Nach dem Hannover Polytrauma-Schlüssel (Zwipp 1994) ließen sich 57% der Patienten der Gruppen 2 bis 4 zuordnen und zogen sich damit ihre Fußverletzung im Rahmen eines Polytraumas zu. Ein Unterschied zwischen beiden Polytrauma-Scores besteht darin, dass der Polytrauma-Schlüssel das Alter mit einbezieht. Ältere Patienten werden dadurch großzügiger als polytraumatisiert eingestuft (Tscherne 1987).

Die Studie zeigte, dass es im Rahmen von Polytraumata signifikant seltener zu Frakturen im Bereich der Zehen ( $p=0,007$ ) und signifikant häufiger zu Frakturen im Bereich des distalen Unterschenkels ( $p=0,003$ ) kam. Frakturen des Vorfußes sind häufiger durch Überrolltraumen oder Quetschverletzungen bedingt und werden damit weniger in Verbindung zu einem Polytrauma gebracht (Rammelt 2005).

Verletzungen der Lisfranc- und Chopart-Linie sowie Talusfrakturen waren häufiger, wenn ein Polytrauma vorlag. Beschrieben ist das gehäufte Auftreten von Chopart-Luxationen (Kotter 1997) sowie Verletzungen der Lisfranc-Gelenklinie (Zwipp 1994; Myerson 1999), sowie beider Gelenklinien (Suren 1989; Peicha 2002; Rammelt 2006; Ochman 2011). Rammelt (2005) beschrieb ein überdurchschnittlich häufiges Auftreten von Talusfrakturen sowie Frakturen im Bereich der Lisfranc- und Chopart-Gelenklinie im Rahmen von Polytraumata.

In unserer Studie traten auch mehr Calcaneusfrakturen im Rahmen eines Polytraumas auf, dies beschrieb auch Metak (1994). Calcaneusfrakturen werden häufig bei Stürzen aus größerer Höhe (Kinner 2002; Zwipp 2005; Clare 2011) in Verbindung gebracht, Boack (1998) beschrieb in 33% der Fälle einen polytraumatisierten Patienten.

Weiterhin zeigte sich eine höhere Anzahl an drittgradigen Weichteilschäden im Rahmen von Polytraumata. Dies ist zum Teil dadurch begründbar, dass Kompartmentsyndrome als Weichteilschaden Grad 3 in die Klassifikation eingehen (Zwipp 1997) und sie im Rahmen von Hochrasanztraumen häufiger auftreten (Zwipp 1994; Rammelt 2005). Weichteilverletzungen vierten Grades traten häufiger ohne Vorliegen eines Polytraumas auf. Schwabe (2010) beschrieb eine positive Korrelation zwischen offenen Frakturen und der Höhe des ISS.

### **6.2.3 Verletzungen der Weichteile**

Durchschnittlich lag ein Weichteilschaden von Grad 3 nach der Klassifikation nach Tscherne und Oestern vor (Tscherne 1982). Eine Begründung lässt sich darin sehen, dass komplexe Fußverletzungen häufig bei Hochenergietraumen wie Verkehrsunfällen und Stürzen (Strohm 2010; Wülker 2011) sowie direkte Quetschungen (Heppert 2001) entstehen, die einen hohen Weichteilschaden bedingen. Weiterhin entspricht ein Kompartmentsyndrom einem Weichteilschaden Grad 3 (Zwipp 1997). Klinisch ergibt sich häufig das Problem der primären Klassifikation des Weichteilschadens und die Abgrenzung zum sekundären Weichteilschaden (Schwabe 2010).

47% aller Weichteilschäden bedurften einer Deckung. Unterschieden wurde hierbei zwischen der Deckung mit Spalthaut (17 Patienten), Vollhaut (4 Patienten) oder der Deckung mittels freier (8 Patienten) oder gestielter (5 Patienten) Lappenplastiken. Laut Heppert (2001) erfolgt die definitive Weichteildeckung durch Spalthaut oder Lappenplastik, insbesondere nach Kompartmentsyndromen. Frühe und dauerhafte Weichteildeckung reduziert die Infektionsrate und verbessert das Outcome (Brenner 2001).

### 6.2.4 Komplikationen

Komplikationen traten bei 25% der Patienten auf. Dabei handelte es sich hauptsächlich um Wundinfektionen und -nekrosen sowie Stumpfinfektionen. Es handelt sich dabei um häufig beschriebene Komplikationen nach Fußverletzungen, die Komplikationsrate von 25% nach Fußverletzungen liegt im beschriebenen Durchschnitt (Zwipp 1989; Levin 1993; Brunner 1996; Kotter 1997; Rammelt 2003; Boack 2004; Beck 2008; Clare 2011; Thordarson 2011). Auch Matter (1986) beschrieb hohe Komplikationsraten nach schweren Weichteil- und Skelettverletzungen am distalen Unterschenkel und Fuß.

Weiterhin ließen sich drei Osteitiden beobachten, unter anderem eine Calcaneusosteomyelitis. Das Auftreten von Knochennekrosen wie einer Calcaneusosteomyelitis ist eine vergleichsweise seltene, aber schwerwiegende Komplikation (Zwipp 1994). Sie kann durch eine unzureichende Weichteilversorgung oder insuffiziente Lappendeckung bedingt sein (Zwipp 1988; Sanders 1992; Levin 1993; Zwipp 1994; Rammelt 2003). Nach Frakturen des Os naviculare kann es laut Randt (1998). trotz korrekter Versorgung, zu einer aseptischen Nekrose dieses Fußknochens kommen. Boack (2004) beschrieb das Auftreten von Osteonekrosen nach Talusfrakturen, welche schwerwiegende Spätkomplikationen nach Talusfrakturen darstellen (Brunner 1996; Jungblut 2009). In unserer Studie zeigten sich Talusnekrosen mit einer Häufigkeit von 7%. Sie werden in der Literatur mit einer Häufigkeit von 10-20% angegeben (Schulze 2002).

Es wurde untersucht inwieweit Komplikationen nach bestimmten Frakturen häufiger auftraten. Es zeigte sich, dass das Auftreten von Komplikationen bei Frakturen im Bereich des oberen Sprunggelenks signifikant geringer (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,034$ ) als bei Frakturen in anderen Fußbereichen ist. Am häufigsten traten Komplikationen bei Frakturen der Ossa metatarsalia sowie der Lisfranc-Gelenklinie auf.

Auch Beck (2008) beschrieb hohe Komplikationsraten bei Metatarsale-Frakturen assoziiert mit offenen Verletzungen und schweren Weichteilschäden. Nach Verletzung der Lisfranc-Gelenklinie sind Ödem- und Spannungsblasenbildung, Kompartmentsyndrome sowie Weichteilnekrosen in der Frühphase beschrieben (Suren 1989). Coulibaly (2012) beschrieb ebenfalls in der Frühphase nach Lisfranc-Luxationsfrakturen das Auftreten von Kompartmentsyndromen sowie Weichteilinfektionen. Das Spektrum an Frühkomplikationen ist auch nach Verletzungen der Chopart-Gelenklinie beschrieben (Suren 1989), insbesondere das Auftreten von Phlebothrombosen (Kotter 1997). In der Literatur ist die Häufigkeit des Auftretens von Wandrandnekrosen nach Calcaneusfrakturen mit 2-25% beschrieben (Lutz 1997; Folk 1999; Rammelt 2003). Infektionen sind bei bis zu 60% der Patienten mit offenen Calcaneusverletzungen beschrieben (Zwipp 2005).

Die Komplikationen korrelieren signifikant (Korrelation nach Pearson,  $p=0,008$ ) mit dem Weichteilschaden. Komplikationen traten nur bei Patienten mit Weichteilschäden Grad 3 oder 4 auf. Ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der Frakturen und dem Auftreten von Komplikationen ließ sich nicht nachweisen ( $p=0,749$ ). Komplikationen traten bei Frakturen im Bereich des oberen Sprunggelenks seltener auf (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,034$ ). Bei den anderen Frakturlokalisationen unterscheidet sich die Komplikationshäufigkeit nicht signifikant.

Es lässt sich schlussfolgern, dass die Schwere des Weichteilschadens die Komplikationsrate und damit die Prognose bestimmt. Dies ist auch in der Literatur häufig beschrieben (Oestern 1986; Haas 1991; Brenner 2001; Heppert 2001; Rammelt 2005; Beck 2008; Jungblut 2009). Rammelt (2003) beschrieb schlechtere Behandlungsergebnisse nach offenen Calcaneusfrakturen. Laut Boack (2004) wird das Outcome nach Talusfrakturen durch den Dislokationsgrad und den Weichteilschaden bestimmt. Tarkin (2008) beschrieb ebenfalls, dass der Weichteilschaden sowie der Knorpelschaden nach Pilon tibiale-Frakturen prognoseentscheidend sind. Daher sind ein aggressives Débridement sowie eine frühe definitive Weichteildeckung von Bedeutung (Levin 1993; Zwipp 1997; Rammelt 2005; Strohm 2010).

**Der Grad des Weichteilschadens bestimmt die Komplikationsrate (Oestern 1986; Haas 1991; Brenner 2001; Heppert 2001; Rammelt 2005; Beck 2008; Jungblut 2009) und damit die Prognose (Schwabe 2010; Strohm 2010). Nach komplexen Fußverletzungen lag die Komplikationsrate bei 25%.**

### 6.2.5 Kompartmentsyndrome

Ein Kompartmentsyndrom trat bei 35% der Patienten auf. Gefährdet ein Kompartmentsyndrom zu entwickeln sind Patienten nach Hochrasanztraumen und Polytraumatisierte (Giannoudis 2002; Rammelt 2005; Jäger 2008; Frink 2010) sowie nach Quetschverletzungen (Echtermeyer 1991). Mittlmeier (2011) beschreibt eine Häufigkeit von Kompartmentsyndromen von 40% bei Lisfranc- und Chopart-Frakturen sowie 10% nach Calcaneusfrakturen.

In der Studie zeigte sich der Trend, dass es signifikant häufiger im Rahmen von Metatarsale- und Lisfranc-Frakturen (Korrelation nach Pearson,  $p=0,053$ ) zur Entwicklung eines Kompartmentsyndroms kam. Weiterhin zeigte sich, dass Zehenfrakturen signifikant seltener ein Kompartmentsyndrom nach sich ziehen ( $p=0,007$ ). Laut Studienlage treten Kompartmentsyndrome gehäuft bei Lisfranc- und Chopart-Luxationen (Suren 1989; Echtermeyer 1991; Swoboda 1991; Kotter 1997; Randt 1998; Rammelt 2005; Jäger 2008; Zwipp 2008; Ochman 2011; Coulibaly 2012), sowie bei isolierten Calcaneusverletzungen (Andermahr 2001; Jäger 2008; Frink 2010) auf. Weiterhin kommen sie häufig nach Hochrasanztraumen des Talus und Calcaneus vor (Rammelt 2005). Nach Wood (2009) kann jede Fraktur, unabhängig ob sie offen oder geschlossen ist, zu einem Kompartmentsyndrom führen. Talusfrakturen gehen in 5% der Fälle mit Ausbildung eines Kompartmentsyndroms einher (Boack 2004).

Die Stärke des Weichteilschadens korrelierte signifikant mit dem Auftreten von Kompartmentsyndromen (Korrelation nach Pearson,  $p=0,024$ ). Dies lässt sich auch damit begründen, dass Kompartmentsyndrome als Weichteilschaden von Grad 3 in die Zwipp-Klassifikation eingehen (Zwipp 1997). Als Folge eines nicht oder zu spät behandelten Kompartmentsyndroms können Muskelnarben resultieren, die eine Dysfunktion oder Fehlstellungen bedingen (Zwipp 1989; Dávid 1997). Übersehene Kompartmentsyndrome führen zu schweren Folgeschäden mit Fehlstellungen am Fuß (Rammelt 2002; Beck 2008). Bei Quetschungsverletzungen des Fußes muss immer an ein Kompartmentsyndrom gedacht werden (Kinner 2007).

**Bei 35% der Patienten trat nach komplexer Fußverletzung ein Kompartmentsyndrom auf. Sie traten häufig in Verbindung mit Metatarsale- und Lisfranc-Frakturen auf.**

### 6.2.6 Korrektur Eingriffe

Nach den komplexen Fußverletzungen waren bei einem Teil der Patienten knöcherne Korrektur Eingriffe bzw. Gelenk Eingriffe notwendig. Bei 9 Patienten mussten Korrekturarthrodesen durchgeführt werden. Arthrodesen sind bei schweren Knocheninfektionen empfohlen (Matter 1986) sowie bei eingesteiften Fußdeformitäten und schmerzhaften Arthrosen (Hintermann 2001; Wünschel 2011). Sie sind notwendig, wenn konservative Maßnahmen wie Aktivitätsreduktion, Einlagen, Schmerzmedikation sowie Physiotherapie erfolglos sind (Rammelt 2006). Eine häufig durchgeführte Arthrodesen ist die des Großzehengrundgelenks (Olms 2005; Wünschel 2011). Sie hat nach korrekter Einstellung einen geringen Einfluss auf das Gangbild (Olms 2005).

Bei den in die Studie eingeschlossenen Patienten waren Korrekturarthrodesen nach Frakturen des Os naviculare, Os cuboideums, des Calcaneus sowie Talusfrakturen erforderlich. Am häufigsten waren Tarso-metatarsale sowie subtalare Arthrodesen. Ochman (2011) beschrieb, dass nach Frakturen der Lisfranc- und Chopart-Gelenklinie eine nicht unerhebliche Anzahl an Korrektur Eingriffen notwendig ist. Auch Rammelt (2006) beschrieb, dass fehlverheilte Verletzungen des Lisfranc-Gelenks im Rahmen der Behandlung progredienter Fußdeformitäten und teilweise invalidisierenden Funktionseinschränkungen regelmäßig zu Korrekturarthrodesen führen, wenn sie nicht auf konservative Maßnahmen wie Aktivitätsreduktion, Einlagen, Schmerzmedikation und Physiotherapie ansprechen (Olms 2005). Eine Arthrodesen am OSG stellt eine Arthrodesen des Rückfußes dar, die Funktion des Fußes ist deutlich eingeschränkt (Hintermann 2001).

Die Rate der Korrekturarthrodesen ist unterschiedlich in der Literatur beschrieben. Es werden zum Beispiel subtalare Arthrodesen nach Zwipp (1994) mit einer Rate von 2,3-3,7% sowie nach Sanders (1992) mit 12,6% bis 23,3% beschrieben. Nach Talus-Frakturen ist eine Arthrodeserate von 15% beschrieben (Boack 2004).

Bei drei Patienten waren Gelenkrevisionen bzw. Gelenktoiletten notwendig. Weiterhin mussten zwei Umstellungsosteotomien der Tibia durchgeführt werden. Korrekturosteotomien sind bei schweren posttraumatischen Fehlstellungen frühzeitig notwendig um die Gelenkkongruenz wiederherzustellen und posttraumatische Arthrosen zu verhindern (Zwipp 2010).

Im Verlauf wurden bei 10% der Patienten sekundäre Amputationen notwendig. Randt (1998) beschrieb solche nach aufsteigenden Infektionen zum Beispiel nach erzwungenem Erhaltungsversuch oder dem Versäumnis einer frühen Weichteildeckung.

**Die Rate der Korrektureingriffe betrug 22% nach komplexen Fußverletzungen. Am häufigsten waren Korrekturarthrodesen, insbesondere Talo-metatarsale Arthrodesen erforderlich.**

### **6.2.7 Amputationen**

Die generelle Indikation zur Amputation liegt bei dritt- oder viertgradig offenen Frakturen vor (Strohm 2010). Als Hilfen für die Entscheidungsfindung werden der MESS- und NISSA-Score (McNamara 1994) sowie die Hannover-Fracture-Scale (Seekamp 2001) herangezogen. Insgesamt stellen schwere Traumata der unteren Extremität mit Gefäßverletzungen den Chirurgen vor die schwierige Entscheidung der Amputationsindikation (Helfet 1990; Tintle 2010; Jacobs 2011).

Insgesamt konnte bei 39 Patienten der Fuß erhalten werden. 6 Patienten mussten primär amputiert werden. Bei 5 Patienten wurde eine sekundäre Amputation durchgeführt. Diese waren infolge von Infektionen und unzureichender Deckungsmöglichkeit, wie durch Taeger (2000) und Brenner (2001) beschrieben, notwendig. Die Amputationsrate lag damit bei 24%.

**Die Amputationsrate nach komplexer Fußverletzung lag bei 24%.**



### 6.3 Subjektives Behandlungsergebnis

*Wie zufrieden sind die Patienten mit dem Behandlungsergebnis?*

29% und 37% der Patienten bewerteten ihr Behandlungsergebnis als „sehr gut“ bzw. „gut, mit kleinen Abstrichen“ zufrieden. Subjektiv ist der Großteil der Patienten zufrieden. Evaluiert man die subjektive Lebensqualität mit Hilfe des SF 12-Fragebogens und der visuellen Analogskala so lassen sich Ergebnisse, die mit denen von herzkranken Patienten vergleichbar sind, aufzeigen.

#### 6.3.1 Visuelle Analogskala

Die Verwendung der visuellen Analogskala im Allgemeinen bietet den Vorteil, dass der Patient subjektiv seine Schmerzen und Wahrnehmungen skaliert angeben kann sowie dass die Ergebnisse auf diese Weise untereinander vergleichbar werden (Wewers 1990). Aus diesem Grund wird die visuelle Analogskala zur Schmerzbeurteilung (Kelly 2001; Mohan 2010) oder auch zur Beurteilung postoperativer Schmerzen (Fadaizadeh 2009) angewandt. Zum Beispiel dient sie zur Darstellung von Behandlungsergebnissen in Studien (Landorf 2010). Die visuelle Analogskala für den Fuß ist speziell auf das Patientenkollektiv mit Fußverletzungen abgestimmt (Zech 2004; Richter 2006).

Zusammengefasst wird aus den Einzelantworten deutlich, dass Beeinträchtigungen eher in Beruf und bei sportlichen Aktivitäten auftreten. Im Ausführen von Tätigkeiten des Alltags sind die Patienten nicht stark eingeschränkt. Autofahren ist mit nur geringen Einschränkungen möglich. Auch beim Reisen mit zum Beispiel Zug, Bus oder Flugzeug treten ebenso weniger Einschränkungen auf. Dies lässt sich damit erklären, dass durch Rehabilitationsmaßnahmen einerseits die Eingliederung in den täglichen Alltag erleichtert wird. Andererseits wird im Berufsleben die vollständige Mobilität und damit Gehfähigkeit vorausgesetzt, das erschwert die Wiedereingliederung nach beispielsweise schweren Fußverletzungen. Durch die Visuelle Analogskala hat sich gezeigt, dass sich die Patienten im Beruf deutlich eingeschränkt sehen.

Weiterhin wurde aus den Antworten deutlich, dass die Bildung von Schwielen an den Füßen kaum auftrat. Weiterhin haben die Patienten Beschwerden bei längerem Stehen. Auch haben die Patienten Schwierigkeiten mit dem Gehen auf unebenen Wegen und sind beim Stehen auf einem Bein stark eingeschränkt.

Ebenfalls stark eingeschränkt sind die Patienten beim Laufen wie z.B. Jogging oder Waldlauf. Dagegen sahen sich die Patienten beim Treppensteigen als nicht übermäßig durch ihre Fußverletzung eingeschränkt.

In unserer Studie kreuzten auf der visuellen Analogskala die Patienten insgesamt für den Schmerz höhere Werte als für die Skalen Funktion und Sonstiges an. Die Ergebnisse zeigen damit, dass die Patienten im Durchschnitt weniger durch den Schmerz als durch die Funktionsminderung des Fußes beeinträchtigt scheinen. Dies widerspricht der Studienlage (Kelly 2001; Landorf 2010).

Des Weiteren haben die Patienten Probleme passende Schuhe zu finden. Es lässt sich daraus schlussfolgern, dass für sie orthopädische Schuhe mit beispielsweise einer Absatzerhöhung oder Abrollhilfe sowie Einlagen empfehlenswert sind (Heppert 2001).

**Die Patienten sind am meisten in Beruf und Freizeitaktivitäten wie zum Beispiel Sport eingeschränkt. Die Limitierung erfolgt meist durch die Funktionsminderung aufgrund von Verletzungsfolgen sowie durch Schmerzen (Suren 1989).**

Ungefähr ein Drittel der Patienten nehmen Nichtopioid-Analgetika ein, ein Viertel nimmt Opioid-Analgetika ein. In der VAS Schmerzsкала wurden im Median die höchsten Werte im Vergleich zu den anderen visuellen Analogskalen angekreuzt. Im Median setzten die Patienten auf den visuellen Analogskalen für Schmerz bei 51,00mm (IQR=42,90), auf den VAS für Funktion bei 43,25mm (IQR=38,15), auf den VAS für Sonstiges bei 49,95mm (IQR=36,25) und auf den VAS Gesamt bei 48,50mm (IQR=37,63) ein Kreuz. Die Mediane für den Schmerz lassen sich nach Wewers (1990) und Kelly (2001) einer moderaten Stärke zuordnen.

Als Schmerzursache lassen sich die Verletzungsfolgen sehen. Zum Beispiel können fehlverheilte Lisfranc-Verletzungen zu Schmerzzuständen und Funktionseinschränkungen führen (Suren 1989; Rammelt 2002; Rammelt 2006; Coulibaly 2012). Eine weitere Begründung für die Schmerzen neben der Funktionsbeeinträchtigung durch Verletzungsfolgen lässt sich darin sehen, dass sie mit zunehmenden Alter gehäuft vorkommen (Menz 2011; Mickle 2011). Einen weiteren Einfluss auf Fußschmerzen haben nach Studienlage das weibliche Geschlecht und Adipositas (Mickle 2011).

**Die Patienten scheinen mehr durch die Funktionseinschränkungen als durch die Schmerzen beeinträchtigt zu sein.**

### *Gibt es einen Zusammenhang zwischen der VAS und der Verletzungsschwere?*

Es wurden die Punktwerte der Visuellen Analogskala nach Richter mit den Frakturlokalisationen in Bezug gesetzt. Im Median wurden die geringsten Werte für die VAS Schmerz von Patienten mit Talus-Frakturen angegeben. In der Gesamt-Skala und der VAS Funktion wurden die geringsten Werte bei Frakturen des distalen Unterschenkels angegeben. Der Median für die VAS Sonstiges war bei Zehenfrakturen am niedrigsten. Am wenigstens beeinträchtigt waren die Patienten mit Frakturen im Bereich des oberen Sprunggelenks zu sein. Hier wurden im Median die höchsten Werte in der VAS Schmerz, Sonstiges und der Gesamt-Skala erreicht. In der Funktion waren die Patienten am wenigsten bei Zehenfrakturen beeinträchtigt. Die Funktion und der Gesamtscore der Visuellen Analogskala sind signifikant schlechter bei Vorliegen von Frakturen im Bereich des distalen Unterschenkels (Korrelation nach Pearson,  $p=0,013$  und  $p=0,031$ ).

Bei Frakturen der anderen Fußbereiche zeigte sich kein deutlicher Zusammenhang (p-Werte zwischen 0,177 und 0,972). Aufgrund von eventuell vorbestehenden bzw. altersabhängigen Fußveränderungen könnten diese Werte beeinflusst worden sein (Stüber 2011).

Weiterhin wurde die VAS nach Richter mit dem Weichteilschaden in Bezug gesetzt. Es zeigten sich bei Weichteilschäden vierten Grades höhere Medianwerte der Unterskalen der visuellen Analogskala als beispielsweise bei Weichteilschäden dritten Grades. Eine Begründung lässt sich darin sehen, dass Kompartmentsyndrome als Weichteilschaden Grad 3 in die Zwipp-Klassifikation eingehen (Zwipp 1997).

**Über die Visuelle Analogskala nach Richter ließen sich die stärksten Funktionseinschränkungen nach Frakturen des distalen Unterschenkels aufzeigen.**

### **6.3.2 SF-12 Gesundheitsfragebogen**

Der Kurzfragebogen SF12 ist ein anerkannter und validierter Score zur Evaluation der Lebensqualität (Zelle 2003), auch von Traumapatienten (Alter 1999). Er spiegelt den subjektiven Gesundheitszustand wider (Bullinger 2000).

Trotz des subjektiv guten Gesundheitszustandes zeigten sich Einschränkungen durch den Schmerz und bei mittelschweren Tätigkeiten durch die Fußverletzung. Die Studienlage zeigt, dass Patienten mit Fußschmerzen niedrigere Werte im SF-36-Fragebogen erreichten (Mickle 2011).

Die körperliche Leistungsfähigkeit ist deutlich eingeschränkt. In den sozialen Kontakten sind einige Patienten ebenfalls eingeschränkt.

Viele Patienten fühlen sich durch die komplexe Fußverletzung psychisch belastet. Weiterhin werden die Patienten durch Veränderungen in der Arbeitsfähigkeit aus ihrem sozialen Gefüge gerissen (Rabenseiftner 1981).

Die Mittelwerte der Patienten mit komplexer Fußverletzung auf der physischen Summenskala (PCS=38,20) lassen sich mit denen von Patienten mit Angina pectoris vergleichen. Die auf der psychischen Summenskala (MCS=46,51) erreichten Mittelwerte liegen in der Nähe von denen von Herzinsuffizienz-Patienten (Bullinger 1998). Es lässt sich eine deutliche Einschränkung der Lebensqualität durch die erlittene komplexe Fußverletzung darstellen. Insgesamt liegen die erreichten Mittelwerte der Patienten mit komplexer Fußverletzung deutlich unter den Normwerten für die gesunde Bevölkerung (Bullinger 2000).

Der SF12-Fragebogen ist nicht speziell auf Fußverletzungen abgestimmt (Richter 2006), sondern dient der Darstellung der subjektiven Lebensqualität des Patienten im Allgemeinen (Bullinger 2000; Kalantar-Zadeh 2001). Beeinflusst wird die Lebensqualität neben den Fußverletzungen auch durch chronische Erkrankungen (Bullinger 2000). Beispielsweise führen Arthrosen über zunehmende Funktionseinschränkungen sowie Schmerzen zu einer Verminderung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (Bork 2005). Ein Problem in der Verwendung des SF-36 ist, dass die Einschränkung der Lebensqualität zwar erfasst, deren relative Wichtigkeit für den Patienten aber nicht berücksichtigt wird (Bullinger 2000).

Die visuelle Analogskala korreliert mit dem SF36 (Richter 2006). Da der SF12 lediglich die Kurzform des SF36-Fragebogens darstellt ist ebenfalls eine Korrelation mit der visuellen Analogskala zu erwarten. Die körperliche Summenskala korreliert signifikant auf dem 0,01-Niveau mit den einzelnen Scores der visuellen Analogskala. Die psychische Summenskala korreliert ebenfalls auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant mit der visuellen Analogskala Sonstiges und auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  mit den visuellen Analogskalen für Funktion und der Gesamtskala. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass über beide Beurteilungsverfahren gleich zu wertende Ergebnisse aufgezeigt werden konnten.

*Gibt es Korrelationen zwischen den ermittelten SF12-Scores und der Verletzungsschwere?*

Auch innerhalb der ermittelten Werte für die SF12-Summenskalen konnten keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere festgestellt werden.

In Abhängigkeit von dem Vorliegen von Frakturen wurden in der körperlichen Summenskala die höchsten Mittelwerte bei Vorliegen von Zehenfrakturen sowie die niedrigsten Mittelwerte bei Frakturen des distalen Unterschenkels erreicht.

Die höchsten Mittelwerte der psychischen Summenskala wurden bei Calcaneus-Frakturen und die niedrigsten bei Zehenfrakturen erreicht. Niedrige Mittelwerte lassen sich mit einem schlechteren subjektiven Behandlungsergebnis in Zusammenhang sehen, höhere Mittelwerte mit einer besseren Lebensqualität (Bullinger 2000). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die körperliche Gesundheit am besten nach Zehenfrakturen und die mentale Lebensqualität nach Calcaneusfrakturen am höchsten sind.

Es wurde die Abhängigkeit der SF-12 Summenskalen von der Stärke des Weichteilschadens untersucht. Hier zeigten sich insgesamt höhere Durchschnittswerte der körperlichen Summenskala (PCS) bei zunehmendem Weichteilschaden. Die höchsten Durchschnittswerte der psychischen Summenskala zeigten sich bei Weichteilverletzungen ersten und zweiten Grades. Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen dem Weichteilschaden und den SF-12 Summenskalen und damit der Lebensqualität.

Im Gegensatz zu Monotraumen des Fußes zeigte sich durch den SF-12-Fragenbogen bei den Patienten mit erlittener komplexer Fußverletzungen eine schlechtere Lebensqualität (Kinner 2002; Kinner 2010).

**Die ermittelten Werte aus dem Lebensqualität-Fragebogen SF-12 lagen deutlich unter den Normwerten, daraus lässt sich eine geringere psychische und physische Lebensqualität der Patienten mit einer erlittenen „komplexen Fußverletzung“ im Vergleich zur Normalbevölkerung schlussfolgern. Die Lebensqualität lässt sich mit der von Patienten mit Angina pectoris und Herzinsuffizienz vergleichen (Bullinger 1998).**

### 6.3.3 Beruf und Freizeit

*Inwieweit sind die Patienten in Beruf und Freizeit eingeschränkt?*

Nach dem jeweiligen Trauma war knapp die Hälfte der Patienten zum Zeitpunkt der Befragung wieder arbeitsfähig. 17,6% der wieder arbeitsfähigen Personen mussten innerhalb ihrer Arbeitsstelle ihre Tätigkeit wechseln. Rammelt (2003) beschrieb, dass nach Calcaneus-Frakturen 83% wieder arbeitsfähig waren. Rabenseiftner (1981) beschrieb, dass nach Fersenbeinfrakturen 13 von 77 Patienten ihren alten Beruf aufgeben mussten.

Laut Schuh (2000) waren 60% der Patienten wieder an ihrem alten Arbeitsplatz tätig. Kinner (2002) beschrieb, dass 18 von 20 Patienten nach Calcaneusfrakturen wieder arbeitsfähig waren. Laut der Literaturlage sind damit nach den beschriebenen Monotraumata prozentual mehr Patienten wieder arbeitsfähig als nach komplexer Fußverletzung. Nach Talusfrakturen wird eine Arbeitsunfähigkeit von 4-6 Monaten beschrieben, die stark berufsabhängig ist (Boack 2004). Die Limitierung der Arbeitsfähigkeit erfolgt ebenfalls durch den Schmerz (Boack 1998).

Dreiviertel der befragten Patienten haben vor der Verletzung Sport betrieben, weniger als die Hälfte konnten nach Ausheilung wieder sportlichen Freizeitaktivitäten nachgehen. Häufig werden Sportarten wie Fahrradfahren und Schwimmen betrieben, welche weitestgehend gelenk- und fußschonend sind. Die Mehrzahl der Patienten betreibt gar keinen Sport mehr. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass infolge der komplexen Fußverletzung Sportarten, die viel Laufarbeit und damit eine starke Belastung der Füße beinhalten bzw. gelenkbelastend sind, vermieden werden bzw. nicht mehr ausgeführt werden können. Es konnte keiner der Patienten wieder uneingeschränkt Sport betreiben. Berufliche und sportliche Einschränkungen nach Verletzungen der Chopart-Gelenklinie wurden durch Kotter (1997) beschrieben, hier konnten nur ein Drittel der Patienten im alten Beruf weiterarbeiten und kein Patient war wieder uneingeschränkt sportfähig. Laut Rajapakse (2006) konnten die Patienten nach Lisfranc-Verletzungen wieder Sport, inklusive Laufsport, betreiben, die Limitierung erfolgt durch den Schmerz. Coulibaly (2012) sieht die soziale, sportliche und berufliche Reintegration durch Lisfranc-Luxationsfrakturen gefährdet. Auch Jungblut (2009) beschrieb die Limitierung der Sportfähigkeit nach subtalaren Luxationen schmerzbedingt.

Grundlage für die sportliche und berufliche Wiedereingliederung ist die krankengymnastische Beübung und Gangschulung (Suren 1989; Zwipp 1989; Boack 2004; Zwipp 1994; Boack 1998; Randt 1998; Thermann 1999; Rammelt 2002; Rammelt 2003; Roll 2006). Bereits zu Beginn der Therapie sollte neben Rehabilitationsmaßnahmen in Abhängigkeit vom Beruf über eventuelle Umschulungsmaßnahmen, erleichterte Arbeitsplätze und Umrüsten des Kraftfahrzeuges nach schweren Fußverletzungen nachgedacht werden (Heppert 2001).

Eine Gesundheitsschulung sowie -training beispielsweise bei posttraumatischen Arthrosen ist empfehlenswert. Weiterhin sollte eine physio-, sport- und ergotherapeutische Beübung erfolgen. Ein wesentlicher Baustein ist die Krankheitsverarbeitung (Bork 2005).

**Es ließen sich deutliche Einschränkungen in sozialen, sportlichen und beruflichen Aspekten der Lebensqualität nach komplexen Fußverletzungen aufzeigen.**

## **6.4 Funktionelles Behandlungsergebnis**

### **6.4.1 Nachuntersuchungsergebnisse**

*Wie lassen sich die Ergebnisse der Nachuntersuchungen beurteilen?*

Die Nachuntersuchung im Rahmen der Studie fand im Durchschnitt 4 Jahre nach dem Trauma statt. Es wurden 32 Patienten nachuntersucht. Dabei zeigte sich, dass über 80% der Patienten keine Gehhilfe mehr benötigten.

Die Untersuchung der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität ergab, dass bei einem Drittel der Patienten die Bewegungsumfänge der Fußgelenke deutlich eingeschränkt sind. Bei 44% der nachuntersuchten Patienten zeigten sich motorische Einschränkungen. Bei keinem der nachuntersuchten Patienten ließen sich Instabilitäten aufzeigen. Beschrieben ist deren Auftreten beispielsweise nach Lisfranc-Luxationen (Suren 1989; Myerson 1999; Peicha 2002). Schwere Funktionseinschränkungen können durch residuelle Instabilitäten nach Verletzungen der Chopart-Gelenklinie bedingt sein (Rammelt 2002).

Zeichen der Durchblutungsstörungen zeigten sich bei 27% der Patienten. Weiterhin war bei zwei Dritteln die Sensibilität des Fußes eingeschränkt. Der Verlust der Fußsohlensensibilität lässt sich durch einen N. tibialis posterior-Schaden und durch Weichteilkomplikationen begründen (Rammelt 2005). Weiterhin treten Sensibilitätsverluste der Fersenregion durch Schäden der calcanealen Äste des N. tibialis posterior, des N. plantaris lateralis und des N. suralis auf (Schuh 2000). Dadurch werden Schmerz, Parästhesien und Hypästhesien sowie traumatische Neuropathien bedingt (Levin 1993). Auch Sensibilitätsstörungen beispielsweise des Vorfußes und der Zehen lassen sich mit Calcaneusfrakturen in Verbindung bringen (Rabenseiftner 1981; Boack 1998; Rammelt 2003). Weiterhin lassen sich die Sensibilitätsstörungen in Verbindung mit aufgetretenen Kompartmentsyndromen sehen (Swoboda 1991).

Es ließen sich keine Umfangsdifferenzen der betroffenen Unterschenkel und Füße im Vergleich zur Gegenseite feststellen. Mäßig stark ausgeprägte Fußschwielen ließen sich bei mehr als der Hälfte der Patienten an der Großzehe, am Fußballen und an der Ferse beobachten. Alle Lappenplastiken waren eingeheilt.

**Die Nachuntersuchungen zeigten gute funktionelle Ergebnisse. Nur bei einem Viertel der Patienten zeigte sich eine normale Durchblutung, Motorik und Sensibilität.**

**Dies lässt sich auf die Schwere der Verletzungen zurückführen sowie auf Grenzen der Wiederherstellung von beispielsweise der Sensibilität nach Verletzung kleiner Hautnerven.**

#### *6.4.1.1 Haben sich Fußfehlstellungen entwickelt?*

Am häufigsten war im Bereich des Mittelfuß und des Vorfußes der Pes planus et transversoplanus (Knick-Spreizfuß) zu beobachten. Fehlstellungen wie der Pes planus und der Pes valgus treten häufig posttraumatisch auf (Zwipp 1994). Eine weiterhin häufig in den Nachuntersuchungen aufgefallene Fehlstellung der Zehen war der Hallux valgus. Am Rückfuß zeigte sich häufig ein Knickfuß (Pes valgus).

Zu beachten ist, dass die meisten Patienten Fußfehlstellungen zeigten, die auch durch degenerative Veränderungen begründet werden können (Zwipp 1989; Niethard 2005; Bennett 2012; Groarke 2012). Nach Kristen (2007) sind solche Fußveränderungen einerseits physiologisch, andererseits können sie für Schmerzen und Funktionsverlust verantwortlich sein (Suren 1989; Rammelt 2006). Laut Zwipp (1989) bedingen neuzeitliche Noxen wie unphysiologischer Sport auch Fußdeformitäten.

#### *6.4.1.2 Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten der Fußfehlstellungen und den Frakturlokalisationen?*

Es wurde das Vorhandensein von Fußfehlstellungen in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation untersucht. Häufig ließ sich bei Frakturlokalisationen im Zehenbereich und im Vorfuß ein Hallux valgus beobachten. Dieser tritt nachweislich aber auch ohne Frakturen in dem Bereich, zum Beispiel durch Alter und falsches Schuhwerk bedingt, auf (Burns 2002; Menz 2005).

Es zeigte sich oft ein Pes planus und/oder transversoplanus bei Mittelfuß-Frakturen. Nach Mittelfußfrakturen ist das Auftreten eines Pes abducto-planovalgus beschrieben (Mittlmeier 2011; Ochman 2011). Das Auftreten eines Pes planus ist mit erhöhten Vorkommen von Fußschmerzen assoziiert (Benvenuti 1995; Garrow 2004; Keysers 2005; Menz 2006).

Nach Lisfranc-Frakturen ist das häufigere Auftreten von Valgus-Fehlstellungen sowie die Ausbildung eines Pes plano valgus beschrieben (Petje 1997; Zwipp 1999; Rammelt 2006).



Randt (1998) beschrieb Varus- und Valgusfehlstellungen nach Verletzungen der Chopart-Gelenklinie. Rammelt (2002) erwähnte weiterhin das Auftreten des posttraumatischen Plattfußes.

Am Rückfuß ließ sich nach Calcaneusfrakturen gehäuft ein Pes valgus sowie ein Pes planus und/oder transverso-planus beobachten. Das Auftreten von Varus- und Valgusfehlstellungen nach Calcaneusfrakturen wurde auch durch Zwipp (1989), Rammelt (2003) und Clare (2011) beschrieben. Weiterhin kann der posttraumatische Plattfuß nach Calcaneusfrakturen auftreten (Rabenseiftner 1981). Aufgrund von schweren Calcaneusverletzungen zeigten sich selten Deformierungen des Fußes durch den stark reduzierten Calcaneus, am ehesten bedingt durch eine ausgeprägte Osteopenie (Vogel 2005).

Nach Talusfrakturen zeigten sich bei 71% keine Fehlstellungen am Rückfuß. Nach Frakturen des OSG und distalen Tibia zeigte sich bei 43% ein Pes valgus. Beschrieben ist ein Auftreten von Varus-Adduktus-Fehlstellungen nach Talusfrakturen (Zwipp 1994; Boack 2004; Thordarson 2011), diese ließen sich in unserer Studie nicht aufzeigen.

Die Literatur ergab weiterhin, dass funktionelle Defizite gehäuft nach offenen Calcaneusfrakturen auftreten (Zwipp 2005). Residuelle, schmerzhaft Fehlstellungen zum Beispiel nach Lisfranc-Verletzungen können durch Arthrodesen therapiert werden. Dies führt zu einer Verbesserung der Funktion, erhöhter Lebensqualität sowie hoher Patientenzufriedenheit (Zwipp 1999; Rammelt 2006). Wichtig unabhängig von der Frakturlokalisation ist eine funktionelle Nachbehandlung in Form intensiver krankengymnastischer Beübung (Zwipp 1988; Suren 1989; Randt 1998; Rammelt 2002; Boack 2004).

**Es fielen posttraumatische Fehlstellungen der Füße auf, die für Schmerzsymptomatik und funktionelle Defizite der Patienten verantwortlich sein können. Häufig handelte es sich dabei um einen Pes planus oder Pes transverso-planus.**

**6.4.1.3** *Welche Fußfehlstellungen ließen sich bei Patienten, bei denen ein Kompartmentsyndrom auftrat, beobachten? Traten diese im Vergleich zu den Patienten ohne Kompartmentsyndrom häufiger auf?*

Mit einem prozentual höheren Anteil zeigten sich bei den Patienten, die ein Kompartmentsyndrom entwickelten, Zehenfehlstellungen wie zum Beispiel ein Hallux valgus. In der Literatur sind Zehenfehlstellungen wie zum Beispiel Krallen- und Hammerzehen beschrieben (Zwipp 1994; Heppert 2001; Zwipp 2008; Frink 2010), welche zum Teil mit Sensibilitätsverlust kombiniert sind (Tscherne 1986; Swoboda 1991; Andermahr 2001; Wood 2009).

Die Häufigkeit des Auftretens eines Pes planus und/oder Pes transverso-planus ist unabhängig davon, ob ein Kompartmentsyndrom auftrat. Das Vorliegen eines Normalbefundes ist für den Rückfuß und den Gesamtfuß häufiger, wenn ein Kompartmentsyndrom auftrat. Insgesamt zeigten sich geringe prozentuale Unterschiede zwischen den Patienten, die ein Kompartmentsyndrom entwickelten und denen, die keines entwickelten. Eine Begründung lässt sich darin sehen, dass es sich beim Pes planus und/ oder Pes transverso-planus auch um degenerative Fußfehlstellungen handelt, die unabhängig vom Trauma auftreten können oder aber mit den Frakturen mehr als mit dem Kompartmentsyndrom in Verbindung zu sehen sind (Zwipp 1989; Niethard 2005; Bennett 2012; Groarke 2012), .

In der Literatur ist ein gehäuftes Auftreten einer Varusstellung im Rückfuß nach Kompartmentsyndromen beschrieben (Dávid 1997). Bei den Studienpatienten mit komplexer Fußverletzung ließ sich diese Veränderung der Rückfußachse nicht beobachten.

Der Pes equinus und equinovarus als schwere Fehlstellung des Fußes tritt ebenfalls gehäuft nach einem Kompartmentsyndrom (Zwipp 1994; Heppert 2001) als Folge einer Ischämie der tiefen Beugerloge auf (Dávid 1997; Zwipp 2008). Eine Ischämie der oberflächlichen Beugerloge führt zu einer Spitzfußstellung ohne sensible Ausfälle (Zwipp 2008). Keiner der Patienten mit komplexer Fußverletzung hat eine der beiden Fehlstellungen entwickelt.

Bei einem Patienten hatte sich ein Pes cavus nach Ausbildung eines Kompartmentsyndroms entwickelt. Swoboda (1991) beschrieb so einen Fall in Verbindung zu Kompartmentsyndromen des Fußes mit.

**Nach Kompartmentsyndromen traten häufiger Halluces valgi und Sensibilitätsstörungen auf. Andere Fußfehlstellungen ließen sich nicht in der, in der Literatur beschriebenen, Häufigkeit nachweisen.**

### 6.4.2 AOFAS-, FOA- und CFSS-Scores

Alle drei Scores beinhalten subjektive und objektive Aspekte zur Evaluation des Behandlungsergebnisses (Schuh 2000).

#### 6.4.2.1 AOFAS-Score

Der Score der American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) ist der Goldstandard zur Beurteilung der Funktion von Fuß und Sprunggelenk (Kitaoka 1994; Fong Soohoo 2003; Richter 2006).

Im Median wurden 68 Punkte für Sprunggelenk und Rückfuß, 61 Punkte für den Mittelfuß, 66 Punkte für die Großzehe und 67 Punkte für die Zehen vergeben. Bei der Mehrheit der Patienten ließ sich nach der Einteilung durch Schuh (2000) ein insgesamt schlechtes Behandlungsergebnis durch die vier AOFAS-Scores aufzeigen.

Betrachtet man die Kriterien allerdings einzeln, so zeigen sich größtenteils mäßige Einschränkungen der Bewegungsumfänge, meist nur geringe Fehlstellungen bei ausreichend konfiguriertem und plantigradem Fuß. Einzig in den Interphalangealgelenken der Großzehe zeigten sich häufiger schwere Einschränkungen der Beweglichkeit. Fast die Hälfte der Patienten hat mäßige Schmerzen, die meist täglich auftreten. Zwei Drittel fühlen sich nicht in ihren täglichen Aktivitäten limitiert, aber es bestehen Einschränkungen bei sportlichen und Freizeitaktivitäten. Insbesondere bestehen Schwierigkeiten auf unebenen Wegen, Treppen und Leitern. Weniger als ein Drittel trug das gleiche Schuhwerk wie vor dem Unfall. Nach Schuh (2000) hatten 44% der Patienten mit Calcaneusfrakturen Schmerzen, die das Gehen beeinflussten, bei 80% der Patienten war das Gangbild leicht oder gar nicht verändert sowie die Beweglichkeit des oberen Sprunggelenks deutlich eingeschränkt. Bei 56% war die Beweglichkeit des unteren Sprunggelenks leicht oder gar nicht eingeschränkt.

Es lässt sich anmerken, dass bestimmte Fehlstellungen und Bewegungseinschränkungen häufig auch altersbezogen auftreten. Durch Jungblut (2009) sind keine nennenswerten Bewegungseinschränkungen nach subtalaren Luxationen im Vergleich zur Gegenseite beschrieben. Auch Kinner (2002) beschrieb eine nahezu normale Beweglichkeit nach intraartikulären Calcaneusfrakturen.

Bei Vorhandensein von Übergewicht oder chronischen Erkrankungen besteht weiterhin eine Prädisposition für das Auftreten von Fußschmerzen (Hill 2008; Bennett 2012).

Es lässt sich schlussfolgern, dass die Summe der meist geringen Veränderungen am Fuß und dessen Beweglichkeit für die schlechten Gesamtergebnisse verantwortlich sind. Die einzelnen AOFAS-Score korrelieren signifikant auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  mit den körperlichen Summenskalen des SF 12 und der visuellen Analogskala. Dies entspricht der Studienlage (Fong Soohoo 2003; Richter 2006).

Bezogen auf die Frakturlokalisation zeigten sich Ergebnisse von weniger als 69 Punkten in den jeweiligen AOFAS-Scores bei den Lisfranc-, Chopart-, Calcaneus-, Talus-, distalen Unterschenkel- und Frakturen der Großzehe im Median. Nach Schuh (2000) handelt es sich dabei um „schlechte“ Ergebnisse. Die niedrigsten Punktwerte zeigten sich bei Frakturen am distalen Unterschenkel, gefolgt von Talus- und Calcaneusfrakturen. Ergebnisse zwischen 70 und 80 Punkten fanden sich bei den Frakturen im Bereich des oberen Sprunggelenks und zum Teil bei den Zehenfrakturen. Es zeigten sich keine Punktzahlen zwischen 80 und 100 Punkten der AOFAS-Scales. Es fällt eine deutlicher Unterschiede der Punktwerte der AOFAS-Scores in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation auf.

In der Literatur sind für die Monoverletzungen höhere Punktzahlen der AOFAS-Scores beschrieben. Im Vergleich ermittelte Schuh (2000) einen durchschnittlichen AOFAS-Score von 77 Punkten nach Calcaneusfrakturen. Rammelt (2002) beschrieb einen mittleren AOFAS-Score für den Mittelfuß von 73 Punkten nach Chopart-Verletzungen, höhergradige Funktionseinschränkungen sind bei Mehrfachverletzungen sind Fußes sowie offenen Verletzungen beschrieben. Die Bewegungseinschränkungen lassen sich durch die Frakturen und eventuelle Fehlverheilungen erklären, die zu einem rigiden Fuß mit geringerer Funktion führen (Rammelt 2005). Beispielsweise sind auch Bewegungseinschränkungen der Zehen als Folgen von Calcaneusfrakturen beschrieben (Rabenseifner 1981).

Jungblut (2009) fasste die Kriterien zur Beurteilung der AOFAS-Scores weiter als Schuh (2000) und Thordarson (1996), beispielsweise wird hier von einem „mittelmäßigen“ Ergebnis bei einem Punktwert zwischen 60 und 74 gesprochen. In der Studie wurde im Median ein AOFAS-Score von 81 Punkten nach subtalaren Luxationen ermittelt. Rajapakse (2006) berichtete nach Verletzungen des Lisfranc-Gelenks von einem durchschnittlichen AOFAS-Score für den Mittelfuß bei komplett dislozierte Lisfranc-Frakturen von 61 Punkten sowie bei alle anderen Lisfranc-Frakturen von 84 Punkten. Der Gesamtdurchschnitt lag bei 78 Punkten. Auch Ochman (2011) beschrieb Ergebnisse des AOFAS-Score für den Mittelfuß. Nach operativer Therapie von Chopartfrakturen können 67-78 Punkten (Richter 2004) sowie nach Versorgung von Lisfranc-Frakturen 68-77 Punkte erreicht werden (Richter 2001),

kombinierte Lisfranc- und Chopart-Verletzungen zeigten deutlich schlechtere Ergebnisse (Richter 2004). Einflussparameter für ein schlechtes Outcome stellen offene Verletzungen, die Entwicklung eines Kompartmentsyndroms sowie Mehrfachverletzungen dar (Richter 2001).

**Die AOFAS-Scores zeigten bei dem Großteil der Patienten Ergebnisse von weniger als 69 Punkten. Es fielen mäßige Bewegungseinschränkungen sowie die Limitierung der sportlichen und Freizeitaktivitäten auf. Schmerzen hatten fast die Hälfte der Patienten in mäßiger Stärke und nahezu täglichem Auftreten. Weniger als ein Drittel der Patienten trug das gleiche Schuhwerk wie vor der Verletzung.**

*Gibt es einen Zusammenhang zwischen den ermittelten AOFAS-Scores und der Verletzungsschwere?*

Die Vergleichbarkeit der AOFAS-Scores ist aus unserer Sicht dadurch eingeschränkt, da es sich um vier Unterscores handelt und jeder Patient ein individuelles Verletzungsmuster am Fuß aufgewiesen hat.

Ein weiterer, häufig verwendeter Score zur Beurteilung der Behandlungsergebnisse nach Fußverletzungen ist der Maryland Foot Score (Sanders 2006). Dieser fragt ähnliche Inhalte wie die AOFAS-Score ab, daher verzichteten wir auf die zusätzliche Berechnung dieses Scores. Insgesamt zeigten sich die Ergebnisse der AOFAS-Score als schwierig zu beurteilen, da bei Mehrfachverletzungen am Fuß alle Scores berechnet werden und man die Scores nur eingeschränkt vergleichen kann, da es sich um unterschiedliche Verletzungsmuster handelt. Die AOFAS-Score lassen eine Vergleichbarkeit ausschließlich bei Verletzungen des Sprunggelenkes und Rückfußes oder des Mittelfußes sowie der Großzehe oder den Zehen zu (Kitaoka 1994). Komplexverletzungen des Fußes lassen sich über die vier Einzelscores nicht vergleichen. Durch Brenner (2001) wurde die Praktikabilität dieser Scores bei Komplexverletzungen des Fußes bereits angezweifelt und das Arbeiten mit dem Maryland Foot Score bevorzugt. Im Gegensatz zu den AOFAS-Scores lässt sich der Maryland-Footscore auf Verletzungen am gesamten Fuß anwenden (Brenner 2001). Nach Rammelt (2003) habe sich zwar in den letzten Jahren das Arbeiten mit den AOFAS-Scores durchgesetzt, aber es fehlen ausreichend Studien mit größeren Fallzahlen zur Validierung der AOFAS-Scores. Daher verwendet auch er den Maryland Foot Score zur Darstellung der funktionellen Ergebnisse nach Calcaneusfrakturen (Rammelt 2003).

**Eine ausreichende Darstellung der funktionellen Ergebnisse nach komplexen Fußverletzungen ist durch die vier AOFAS-Scores unzureichend möglich (Brenner 2001; Rammelt 2003).**

*Lässt sich dem Zwipp-Score (Zwipp 1997) eine prognostische Aussagekraft zuordnen?*

Der Score nach Zwipp (1997) korreliert signifikant (Korrelation nach Pearson,  $p < 0,05$ ) mit den AOFAS für Sprunggelenk und Rückfuß sowie Mittelfuß. Es lässt sich daraus ein Zusammenhang zwischen der durch Zwipp (1997) festgelegten Verletzungsschwere und den AOFAS-Scores für die Bereich Rückfuß und Sprunggelenk sowie Mittelfuß erkennen.

Bei fehlendem erkennbarem Zusammenhang mit den Ergebnissen der visuellen Analogskalen oder der SF-12 Gesundheitsfragebögen als Lebensqualität-Parameter lässt sich dem Zwipp-Score kein prognostischer Wert zuordnen. Er kann zur Entscheidungshilfe bei der Indikationsstellung zur Amputation als Parameter der Verletzungsschwere herangezogen werden.

**Dem Score nach Zwipp (1997) lässt sich kein prognostischer Wert zuordnen. Er kann als Entscheidungshilfe bei der Indikationsstellung zur Amputation als Parameter der Verletzungsschwere dienen.**

#### **6.4.2.2 FOA- und CFSS-Score**

Der FOA-Score wurde durch Thordarson (1996), der CFSS-Score durch Kerr (1996) entwickelt. Beide Scores beinhalten objektive und funktionelle Kriterien zur Beurteilung des Behandlungsergebnisses nach Calcaneusfrakturen (Schuh 2000).

Im Durchschnitt wurden für den CFSS-Score 51,24 Punkte sowie für den FOA-Score 48,92 Punkte erreicht. Nach isolierten Calcaneusfrakturen wurden durch Schuh (2000) durchschnittlich 77,40 Punkte und 70,08 Punkte beschrieben. Anhand der durch Schuh (2000) beschriebenen Einteilung der Ergebnisse in „sehr“, „gut“, „mittel“ und „schlecht“ zeigte sich bei dem Großteil der Patienten in beiden Scores ein „schlechtes“ Ergebnis.

Da beide Scores anhand Calcaneusfrakturen validiert wurden, lassen sich diese nicht problemlos auf alle Fußverletzungen anwenden (Kerr 1996; Thordarson 1996; Schuh 2000).

## Diskussion

Die stärksten Einschränkungen zeigten sich im Bewegungsumfang. Trotzdem schätzte der Großteil der Patienten „sehr gut“ bis „gut“ ein. Beide Scores kommen zu ähnlichen Ergebnissen, was sich auch damit begründen lässt, dass sie ähnliche Inhalte abfragen. Der FOA- und CFSS-Score korrelieren auf dem 0,01-Niveau signifikant miteinander und mit den AOFAS-Scores. Dies stimmt mit der Studienlage überein (Schuh 2000). Weiterhin zeigte sich eine signifikante Korrelation des CFSS-Scores ( $p < 0,01$ ) mit dem Zwipp-Score. Es lässt sich ein Zusammenhang zwischen der von Zwipp (1997) festgelegten Verletzungsschwere und dem CFSS-Scores erkennen. Mit  $p = 0,082$  zeigt sich der Trend zu einem Zusammenhang zwischen der Verletzungsschwere nach Zwipp und dem FOA-Score nach Thordarson.

**Es lässt sich schlussfolgern, dass die FOA-, CFSS- und AOFAS-Scores zu einem annähernd gleichen Ergebnis führen (Schuh 2000), ihre Aussagekraft in Bezug auf das Behandlungsergebnis nach komplexen Fußverletzungen ist eingeschränkt.**

## **6.5 Lebensqualität in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere, dem Vorliegen von Polytraumata, dem Auftreten von Kompartmentsyndromen sowie nach Amputationen**

*Korreliert die Anzahl der Frakturen mit einem schlechteren Behandlungsergebnis?*

Es wurde untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Frakturen und dem Behandlungsergebnis sowie der Lebensqualität gibt. Es zeigte sich, dass mit Ausnahme der psychischen Summenskala des SF 12-Fragebogens höhere Werte, im Sinne von besseren Ergebnissen, in der physischen Summenskala des SF-12, der VAS, den AOFAS sowie den FOA- und CFSS-Scores erzielt wurden, wenn die Patienten weniger als drei Frakturen erlitten hatten. Es lässt sich schlussfolgern, dass eine geringere Anzahl an Frakturen mit einem besseren Ergebnis einhergeht.

*Korreliert der Grad des Weichteilschadens mit einer schlechteren Lebensqualität?*

Weiterhin wurde untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen der Schwere des Weichteilschadens und dem Behandlungsergebnis sowie der Lebensqualität gibt. Es zeigte sich, dass die Ergebnisse zum Teil besser waren, wenn ein Weichteilschaden von Grad 3 und höher vorlag. Ein Zusammenhang ließ sich daraus nicht schlussfolgern.

**6.5.1** *Wie unterscheidet sich die Lebensqualität zwischen den Patienten, die die Verletzungen im Rahmen eines Polytraumas erlitten und den nicht-polytraumatisierten Patienten?*

Es zeigte sich, dass der Unterschied zwischen den Werten der visuellen Analogskala für Funktion ( $p=0,020$ ) und der gesamten visuellen Analogskala ( $p=0,042$ ) bei Patienten, die polytraumatisiert waren, signifikant ist. Ebenso gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen den Werten auf der körperlichen Summenskala des SF-12 Gesundheitsfragebogens ( $p=0,027$ ) der Patienten in Bezug auf das Vorliegen eines Polytraumas. Die Werte des FOA-Scores nach Thordarson unterschieden sich mit  $p=0,036$  ebenfalls signifikant. Und es lässt sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem AOFAS für Sprunggelenk und Rückfuß ( $p=0,025$ ) sowie dem AOFAS für den Mittelfuß ( $p=0,042$ ) feststellen.



Die signifikanten Unterschiede beziehen sich auf signifikant geringere Werte der einzelnen Skalen und Scores, im Sinne einer geringeren physischen und psychischen Lebensqualität im Vergleich zu nicht-polytraumatisierten Patienten. Zelle (2003) zeigte, dass Patienten nach einem Polytrauma beispielsweise in sozialen Kontakten, Arbeitsfähigkeit, Hobbies eingeschränkt sind und Hilfsmittel benötigen. Bei Verletzungen unterhalb des Kniegelenks wurde eine schlechtere Lebensqualität aufgezeigt (Zelle 2003). Dies stimmt auch mit der von Rammelt (2005) geäußerten Meinung überein, dass Fußverletzungen im Rahmen von Polytraumata für die spätere Fußfunktion und Lebensqualität entscheidend sind. Auch durch Zwipp (1988 und 1989) wurden die schlechtesten Behandlungsergebnisse nach Calcaneusfrakturen bei polytraumatisierten Patienten beschrieben. Die Spätfolgen nach vital gefährdenden Verletzungen werden im Wesentlichen durch die Fußverletzungen bestimmt mit entsprechend hohen Invaliditätsraten (Metak 1994; Zwipp 1994; Kotter 1997; Zwipp 1997; Rammelt 2005).

Da es in den letzten Jahren und Jahrzehnten zu einer Reduktion der Sterblichkeit im Rahmen von Polytraumata kam (Decker 1991; Haas 2007), gewinnen die Folgeschäden immer weiter an Bedeutung und die Rehabilitation nach schweren Verletzungen wird bedeutender (Zelle 2003).

Zur Evaluation von Behandlungsergebnissen schwerverletzter Patienten werden in der Literatur meist nur Messinstrumente zur allgemeinen Lebensqualität ohne Einbeziehung klinischer oder funktioneller Aspekte verwendet (Holbrook 1999; Fernandez 2001; Holbrook 2001). Ein von Zelle (2003) entwickeltes Tool zur Beurteilung des Outcomes nach Polytrauma ist der HASPOC (Hannover Score for Polytrauma Outcome).

**Polytrauma-Patienten haben eine geringere physische und psychische Lebensqualität im Vergleich zu nicht-polytraumatisierten Patienten. Ein Polytrauma lag signifikant seltener in Kombination mit Zehenverletzungen und signifikant häufiger bei Frakturen des distalen Unterschenkels vor.**

### *6.5.2 Wie unterscheidet sich die Lebensqualität der Patienten in Abhängigkeit vom Vorliegen von Kompartmentsyndromen?*

Für die VAS Schmerz ( $p=0,045$ ), VAS Funktion ( $p=0,028$ ) und die VAS Gesamt ( $p=0,036$ ) sind die Werte nach dem Mann-Whitney-U-Test signifikant unterschiedlich.

Den Patienten, die kein Kompartmentsyndrom im Rahmen der komplexen Fußverletzung entwickelten, geht es subjektiv in Bezug auf Schmerz und Funktion des Fußes besser. Die Werte der SF-12 körperlichen Summenskala in Bezug auf das Vorliegen von Kompartmentsyndromen signifikant unterschiedlich ( $p=0,022$ ). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Patienten, bei denen ein Kompartmentsyndrom im Rahmen der Verletzung auftrat, eine niedrigere körperliche Lebensqualität aufweisen als Patienten, bei denen kein Kompartmentsyndrom auftrat.

Laut Tscherne (1986) sinkt die Lebensqualität der Patienten ab, weil sie mit jedem Schritt an die fehlverheilten Frakturen oder an zu spät gespaltene Kompartmentsyndrome erinnert werden. Von Giannoudis (2002) wurde ebenfalls ein signifikanter Unterschied des Outcomes, gemessen mittels des EQ-5D-Fragebogens, in Abhängigkeit vom Vorliegen eines Kompartmentsyndroms festgestellt.

**Insgesamt zeigte sich über die VAS nach Richter (Zech 2004; Richter 2006) sowie den SF-12 Gesundheitsfragebogen (Bullinger 1998) eine geringere Lebensqualität der Patienten, bei denen ein Kompartmentsyndrom auftrat.**

### *6.5.3 Wie stark unterscheidet sich Outcome von amputierten Patienten im Vergleich zu dem der Patienten mit Fußerverletzung?*

Die Werte für die visuelle Analogskala Schmerz unterscheiden sich (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,027$ ) signifikant. Die höchsten Werte wurden von den Patienten, die primär amputiert wurden, erreicht. Das bedeutet, dass diese im Nachhinein die geringsten Schmerzen aufzuweisen scheinen. Die restlichen Parameter unterscheiden sich zwischen den drei Gruppen nicht signifikant. Nach Bosse (2006) besteht kein Unterschied im physischen und psychischen Outcome zwischen den Patienten mit Fußerverletzung im Vergleich zu amputierten Patienten nach schweren Verletzungen der unteren Extremität. Eckhardt (2011) beschreibt dagegen einen erheblichen Gewinn an Mobilität sowie Lebensqualität und -erwartung bei Vermeidung von Amputationen an der unteren Extremität.

Nach Probst (1989) sind die Wiederherstellungsergebnisse in Abhängigkeit von Begleiterkrankungen wie Diabetes mellitus und Gefäßveränderungen (Wagner 1984) sehr unterschiedlich. Einen weiteren wichtigen Faktor stellt das Alter dar.

Helfet (1990) beschrieb, dass eine schnelle Rehabilitation und Wiedererlangen der Funktion der Extremität nach primärer Amputation am ehesten möglich ist. Generell wurde die Zahl der Amputationen durch den chirurgischen Fortschritt in Bezug auf Replantation und Lappenplastiken vermindert (Taeger 2000).

**Diese Ergebnisse stützen das Vorgehen nach dem Grundsatz „life before limb“ (Rammelt 2005), Das Outcome wird durch die Amputation im Vergleich zu erzwungenem Extremitätenerhalt nicht verschlechtert.**

*Wie gut kommen die amputierten Patienten mit den Prothesen klar?*

Es wurden zwei mit Prothesen versorgte Patienten in die Studie eingeschlossen. Die Amputationen wurden oberhalb des Knies und auf Höhe des oberen Sprunggelenks durchgeführt, die Patienten waren mit einer Oberschenkel- sowie einer mit Unterschenkelprothese versorgt. Der AmpuPro-Score wurde bei den beiden Patienten ermittelt (Middeldorf 2001, Middeldorf 2003). Beide Patienten kamen im Alltag gut zurecht.

Beide Patienten bezeichnen ihr Behandlungsergebnis als „sehr gut“ bzw. „gut, mit kleinen Abstrichen“. Im Vergleich zu den Durchschnittswerten aller Patienten zeigten sich bei beiden Patienten höhere Werte im Sinne von einer besseren Lebensqualität.

Bei beiden Patienten zeigten sich in der klinischen Nachuntersuchung keine Schwielen, keine Schwellungen und reizlose Narben. Es werden keine Gehhilfen benötigt.

Zur Arbeitsfähigkeit wurde einmal keine Angabe gemacht, da es sich um einen Schüler handelte. Der andere Patient ist nicht wieder arbeitsfähig. Es sind beide Patienten in den Freizeitaktivitäten eingeschränkt. Ein Patient kann nach der Verletzung und mit der Prothese wieder Sport betreiben.

## 6.6 Röntgenauswertung

*Wie sind die röntgenologisch bestimmten Behandlungsergebnisse?*

Im Rahmen der Nachuntersuchungen wurden Röntgenuntersuchungen notwendig und ausgewertet. Falls keine Röntgenaufnahmen notwendig waren, wurde auf vorliegende Aufnahmen, die nicht älter als ein halbes Jahr waren, zurückgegriffen. Von 27 Patienten lagen Röntgenaufnahmen vor. Es zeigten sich mögliche Fehlerquellen in der Auswertung aufgrund nicht exakt gehaltener Aufnahmen und unzureichender Studienlage zur Röntgenauswertung des Fußes. Orientierend an Kinner (2002) und Menz (2008) wurde die Auswertung durchgeführt. Es zeigte sich, dass bei 85% der Patienten die Frakturen verheilt waren und die Füße achsengerecht rekonstruiert wurden. Bei manchen Patienten war noch Material vorhanden, welches die Funktionalität des Fußes aber nicht beeinträchtigen sollte (Boack 2004).

Der Großteil der gemessenen Winkel und Säulen entsprach dem Normbereich. Eine Ausnahme stellt die Großzehenvalgität dar, diese wich größtenteils von den Normbereichen ab. Solche Veränderungen sind gehäuft auch in der gesunden Normbevölkerung vorhanden (Bennett 2012; Groarke 2012). Es lassen sich insgesamt keine Unterschiede in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation feststellen. Besonders nach Calcaneusfrakturen ist eine ausreichende Wiederaufstellung des Böhler-Winkels von Bedeutung (Rammelt 2003). Der Böhler-Winkel weist starke interindividuelle Schwankungen auf (Rammelt 2003), daher ist der Vergleich zur gesunden Gegenseite sinnvoll.

Gute röntgenologische Ergebnisse im Sinne der gelungenen Wiederaufrichtung der Winkel und Achsen sind häufig nach Fußverletzungen beschrieben (Suren 1989; Kotter 1997; Rammelt 2003).

Über den Score zur Röntgenauswertung ließen sich 38% der Patienten 7 von 10 Punkten sowie 33% 6 und weniger Punkte zuordnen. Es ließ sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang mit dem AOFAS-Score für Sprunggelenk und Rückfuß sowie mit dem CFSS-Score aufzeigen ( $p < 0,05$ ). Ein Zusammenhang mit der Visuellen Analogskala, dem SF-12 sowie den AOFAS-Scores für Mittelfuß und Zehen ließ sich nicht aufzeigen.

**Insgesamt zeigte sich, dass bei 85% der Patienten die Füße achsen- und winkeligerecht nach komplexer Fußverletzung rekonstruiert werden konnten. Eine Aussagekraft bezüglich des funktionellen Outcomes des Röntgen-Scores ließ sich nicht aufzeigen.**

### *6.6.1 Sind Veränderungen des Fußskeletts im Sinne von Fehlstellungen vorhanden? Lässt sich ein Bezug zu den Verletzungen herstellen?*

Die Frakturen waren bei 85% der geröntgten Patienten verheilt. Bei zwei Dritteln der Patienten fielen in den Röntgenbildern Fehlstellungen der Füße auf. Bei den Meisten handelte es sich dabei um Krallenzehen oder eine verschobene Lisfranc-Gelenklinie. Zum Beispiel sind Fehlstellungen des I. und II. Strahl nach Lisfranc-Frakturen beschrieben (Rammelt 2006). Bei 11% fiel eine osteopore Knochensstruktur auf. Zu unterscheiden ist dabei zwischen einer posttraumatischen Osteopenie, im Bereich der ehemaligen Fraktur oder bei Zeichen einer Arthrose (Menz 2008; Munteanu 2012), von einer echten Osteoporose, die vor dem Trauma bestand (Vogel 2005). Rammelt (2011) beschrieb zunehmende Probleme bei älteren Patienten mit Sprunggelenksfrakturen, insbesondere bei vorliegender Osteoporose.

Weiterhin ließen sich Fehlstellungen wie deformierte Fersenbeine und Fersensporne nach Calcaneusfrakturen beobachten (Zwipp 1989). Bei einem Patienten trat eine Calcaneusosteitis auf, welche eine seltene, aber schwerwiegende Komplikation nach Calcaneusfrakturen darstellt (Zwipp 1994; Clare 2011). Bei 2 Patienten entwickelten sich Talusnekrosen, welche schwerwiegende Spätkomplikationen nach Talusfrakturen darstellen (Brunner 1996; Boack 2004; Jungblut 2009).

### *6.6.2 Nach welchen Verletzungen traten Arthrosen auf und wo waren diese lokalisiert?*

Im Rahmen der Röntgenauswertung wurde beurteilt, ob Arthrosen vorliegen und welcher Stärke diese sind. Aufgrund der mit im Schnitt von 4 Jahren vergleichsweise langen Zeit zwischen dem Trauma und der Nachuntersuchung kann man bereits von posttraumatischen Arthrosen sprechen (Mittlmeier 2005). Diese stellen ein häufiges und schmerzhaftes Problem nach Frakturen dar (Myerson 1999). Die meisten Arthrosen ersten Grades zeigten sich im Großzehengrundgelenk, Arthrosen zweiten Grades traten gehäuft in der Lisfranc-Gelenklinie auf und Arthrosen dritten Grad im unteren Sprunggelenk. Es zeigte sich weiterhin, dass Zehenfrakturen mit den Arthrosen im Bereich der Zehen auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  korrelieren.

Es bestanden 67% der arthrotischen Veränderungen des ersten Grades an den Großzehengrundgelenken. Arthrosen des Großzehengrundgelenks sind schmerzintensiv und häufig in der „gesunden“ Normalbevölkerung, wo sie zum Beispiel durch Geschlecht, Übergewicht und Alter bedingt sind (Menz 2008).

Nach Metatarsale-Frakturen ist die Bildung von Pseudarthrosen, besonders am 5. Mittelfußknochen von Bedeutung (Beck 2008). Von den Patienten mit Frakturen im Bereich der Lisfranc-Gelenklinie zeigten 42% Arthrosen vom Grad 1, 37% vom Grad 2 sowie 11% vom Grad 3 in diesem Bereich. Bei Patienten, die Frakturen im Bereich der Chopart-Gelenklinie aufwiesen, traten mit den Häufigkeiten von 42% Arthrosen vom Grad 1, 17% Arthrosen vom Grad 2 und 8% vom Grad 3 auf. Suren (1989) und Rajapakse (2006) beschrieben degenerative Veränderungen im Sinne von posttraumatischen Arthrosen nach Lisfranc-Verletzungen. Auch Coulibaly (2012) beschrieb Osteoarthrosen als Spätfolgen nach Luxationsfrakturen der Lisfranc-Gelenklinie. Idiopathische und degenerative Arthrosen ohne Fehlstellungen sind selten nach Lisfranc-Verletzungen beschrieben (Rammelt 2006). Wie in der Literatur beschrieben bedingen Verletzungen des Chopart-Gelenks Arthrosen im Bereich des USG (Kotter 1997).

Bestand bei Patienten eine Calcaneusfraktur, wurden die Arthrosegrade der Chopart-Gelenklinie und des unteren Sprunggelenks betrachtet. Mit 63% zeigten sich relativ viele drittgradige Arthrosen im unteren Sprunggelenk. Arthrosen im Bereich des Chopart-Gelenks (Randt 1998; Rammelt 2002) und des USG sind als Folgen von Calcaneusfrakturen beschrieben (Rabenseiftner 1981; Zwipp 1989; Rammelt 2003; Clare 2011). Weiterhin werden USG-Arthrosen durch subtalare Luxationen (Jungblut 2009) sowie Talusfrakturen (Boack 2004) bedingt. Fehlstellungen sind auch für die Ausbildung von Arthrosen, beispielsweise am Rückfuß, verantwortlich (Mittlmeier 2005).

Bei Vorliegen von Talusfrakturen wurden die Grade der Arthrosen für das untere und das obere Sprunggelenk betrachtet. Mit 71% zeigten sich viele Arthrosen vom Grad 1 im unteren Sprunggelenk. Nach Talusfrakturen bestimmen posttraumatischen Durchblutungsstörung die Pseudarthrosenrate (Partenheimer 2009). Nach Hawkins-III-Frakturen ist eine Arthroserate von 75% beschrieben (Brunner 1996; Boack 2004).

Bei den Patienten mit Frakturen im Bereich des oberen Sprunggelenks und der distalen Tibia bestanden bei 7% keine Arthrosezeichen, bei 33% Arthrosen des ersten Grades und bei 60% Arthrosen vom Grad 2. Das Auftreten von Arthrosen nach Sprunggelenksfrakturen ist überaus häufig. Radiologische Zeichen einer beginnenden Arthrose finden sich laut Literatur in bis zu 76% der Fälle und bei 78% der Patienten mit Sprunggelenksarthrosen besteht eine posttraumatische Genese (Day 2001; Saltzman 2005; Rammelt 2011). Weiterhin werden Arthrosen im oberen Sprunggelenk durch Talusfrakturen (Partenheimer 2009) und Calcaneusfrakturen (Zwipp 1989; Wirth 2002; Rammelt 2003) bedingt.

## Diskussion

Nach Kundel (1995) zeigte sich bei 34% der damals untersuchten Patienten eine Arthrose im unteren und/ oder oberen Sprunggelenk und 55% hatten Beschwerden ohne Arthrose- oder Nekrosezeichen.

Es wurde das Auftreten von Frakturen mit dem Auftreten von Arthrosen in Bezug gesetzt. Es zeigte sich, dass die Zehenfrakturen mit den USG-Arthrosen ( $p < 0,01$ ) sowie die Frakturen des OSG und der distalen Tibia mit den Arthrosen der Lisfranc-Gelenklinie ( $p < 0,05$ ) korrelieren. Dies lässt auf eine Mehrbelastung der durch die Arthrosen betroffenen Fußregionen schließen, weil die Frakturregion, am ehesten schmerzbedingt, entlastet wurde. Weiterhin können Arthrosen an benachbarten Gelenken aufgrund der Gelenkrestriktion und residualen Fehlstellungen auftreten (Mittlmeier 2005). Die Calcaneusfrakturen korrelieren signifikant mit den USG-Arthrosen ( $p < 0,01$ ) sowie die Frakturen des OSG und der distalen Tibia mit den OSG-Arthrosen ( $p < 0,02$ ) korrelieren. Es kann sich um sogenannte Anschlussarthrosen (Zwipp 1988; Zwipp 1989; Boack 1998; Rammelt 2003) handeln.

**Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Arthrosen direkt durch die Frakturen bedingt sind, aber auch indirekt durch Fehlbelastungen und residuelle Fehlstellungen bedingt werden (Mittlmeier 2005).**

### *6.6.3 Wie stark bestimmen die Frakturfolgen wie zum Beispiel Arthrosen das Behandlungsergebnis?*

Für das Lisfranc-Gelenk unterscheiden sich die Werte auf der körperlichen Summenskala des SF12-Fragebogens und des AOFAS Sprunggelenk und Rückfuß signifikant ( $p = 0,054$  und  $p = 0,047$ ) in Abhängigkeit der Arthrosetärke. Mit Ausnahme der visuellen Analogskalen für Schmerz und Sonstiges sowie der psychischen Summenskala des SF12 unterscheiden sich alle Lebensqualität-Parameter signifikant in Bezug auf die Arthrosetärke im Chopart-Gelenk.

Für die Bereiche GZG, USG und OSG lässt sich kein signifikanter Unterschied der Lebensqualität in Abhängigkeit von der Arthrosetärke feststellen.

Nach den Ergebnissen der visuellen Analogskala haben die Patienten nach komplexer Fußverletzung einen moderaten Fußschmerz. Laut Studienlage haben 37% der Patienten mit Arthrosen Fußschmerzen (Menz 2008). Schwere Arthrosen verursachen starke belastungsabhängige Schmerzen (Bork 2005; Rehart 2008), daher ist eine Arthrodesen zu überdenken (Rabenseifner 1981).

## Diskussion

Allerdings führen korrigierende Arthrodesen zwar zu hoher Patientenzufriedenheit, aber erhöhen das Risiko für eine sekundäre Arthrose (Mittlmeier 2005). Die Arthrodesese ist bei schmerzhaften, symptomatischen Arthrosen der Tarsometatarsal-Gelenke Mittel der Wahl (Myerson 1999; Rajapakse 2006). Nach Verletzungen der Chopart-Gelenklinie beschrieb (Rammelt 2002) das Notwendig werden von Arthrodesen. Laut Munteanu (2012) reduzieren Arthrosen der Gelenke die allgemeine und fußspezifische Lebensqualität erheblich (Gilheany 2008; Abhishek 2010). Auch Bork (2005) berichtete von einer deutlich Minderung der Lebensqualität durch Fuß einschränkungen und Schmerzen bei Arthrosen.

**Es zeigten sich insgesamt gute röntgenologische Ergebnisse. Frakturfolgen wie zum Beispiel Arthrosen beeinflussen das Outcome (Bork 2005; Munteanu 2012).**



## 6.7 Pedographieauswertung

Bei jedem Patienten wurden im Rahmen der Nachuntersuchungen pedobarographische Messungen durchgeführt. Die dynamischen Pedobarographien haben sich zum wiederholten Male als hilfreich erwiesen um Gangveränderungen aufzuzeigen und die orthopädische Versorgung zu evaluieren und gegebenenfalls zu verbessern (Becker 1997; Kernozek 1997; Kinner 2002; Kinner 2010), insbesondere nach intraartikulären Calcaneusfrakturen (Mittlmeier 1993; Rosenbaum 1996; Rosenbaum 1996). Über die pedobarographische Messung erfolgte die Beurteilung der Funktion des Fußes (Siegmeier 1996) nach komplexen Fußtraumata. Ziel war es den Gang in Bezug auf bisher nicht erkannte funktionelle Defizite (Losch 2002) und die Notwendigkeit bzw. die Anpassung von orthopädischen Hilfsmitteln wie Einlagen und orthopädischen Schuhen zu beurteilen. Die Auswertung erfolgte angelehnt an Siegmeier (1996) und Kinner (2002).

Es fielen in den Pedographien in den Großzehenbereichen beidseits hohe Maximalwerte (64N/cm<sup>2</sup>) auf. In 56% der Fälle ist „kaum“ ein Unterschied zur gesunden Gegenseite erkennbar. Für die Zehen ließen sich am häufigsten „kaum“ Abweichungen der Maximaldrücke darstellen (37% der Patienten). An den Ossa metatarsalia 1 und 5 wichen die Drücke und Impulse im Durchschnitt „stark“ von der Gegenseite ab. Die Seitenabweichungen der Drücke der Ossa metatarsalia 2 und 3 waren ungefähr gleichmäßig verteilt (zwischen 22 und 28%), die Impulse wichen „stark“ (38%) ab. Bei dem Os metatarsale 4 traten durchschnittlich „geringfügige“ Abweichungen auf. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass am meisten die Drücke und Impulse an den Metatarsale-1- und 5-Knochen von der Gegenseite abweichen wie auch durch Bauer (1993) beschrieben. Am Mittelfuß zeigt sich, dass die Seitenabweichungen der Maximal- und Durchschnittsdrücke im Durchschnitt „geringfügig“ (34% und 41% der Patienten) sowie „kaum“ Abweichungen der Impulse (41%) auftreten. Im Fersenbereich ergeben sich durchschnittlich „geringfügige“ Seitenabweichungen der Maximal- (47%), „kaum“ Abweichungen der Durchschnittsdrücke (38%) sowie mit jeweils 34% „kaum“ und „mittelgradige“ Abweichungen der Impulse.

Im Mittel wichen die Ganglinien um 14% vom gesunden Fuß ab. 25% zeigten „kaum“, 31% „geringfügig“ sowie 19% „mittelstarke“ Abweichungen der Ganglinie zur gesunden Seite. Bei 25% der Patienten wichen die Ganglinien „stark“ von der Gegenseite ab

Im Durchschnitt wichen die Zyklogramme um 19% vom Mittelpunkt ab. Mit 28% wichen die meisten Zyklogramme „geringfügig“, vom Mittelpunkt ab. „Kaum“ Abweichungen zeigten sich in 22% der Fälle.

Bei jeweils 25% der Patienten zeigten sich „mittelstarke“ oder „starke“ Abweichungen der Zyklogramme vom Mittelpunkt.

Im Durchschnitt wichen die Kontaktzeiten am Vorfuß um 36% sowie am Rückfuß um 24% ab, dabei handelt es sich um „mittelstarke“ Seitenabweichungen. Am gesamten Fuß betrachtet weichen die Kontaktzeiten um 14% ab, diese Abweichungen lassen sich als „stark“ klassifizieren.

Es wurde ein abgewandelter Score zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Pedographien entwickelt, angelehnt an Siegmeth (1996) und Kinner (2002). Der Häufigkeitsgipfel liegt bei „mäßigen“ Seitenabweichungen, 53% der Patienten erreichten dieses Ergebnis. Bei 34% der Patienten zeigten sich große Seitenabweichungen. Es zeigten sich statistische Zusammenhänge zwischen dem Pedographie-Score und der psychischen Summenskala des SF-12 sowie eine Tendenz der körperlichen Summenskala des SF-12. Weiterhin ließ sich ein statischer Zusammenhang zu den AOFAS Rückfuß, Mittelfuß sowie Zehen darstellen. Darüber lässt sich über den Pedographie-Score eine Aussagekraft in Bezug auf das funktionelle Behandlungsergebnis mutmaßen.

Die Durchführbarkeit des Pedographie-Scores ist durch die notwendige, detaillierte Pedographieauswertung als eingeschränkt anzusehen. Es ist ein hoher Zeitaufwand zur Berechnung des Pedographie-Scores erforderlich.

**Angelehnt an Siegmeth (1996) und Kinner (2002) wurde ein Score zur Pedographieauswertung entwickelt. Durch den nachweisbaren, statistisch signifikanten, Zusammenhang mit den SF-12 Gesundheitsfragebögen und den AOFAS-Score lässt sich eine Aussagekraft des Scores in Bezug auf das funktionelle Behandlungsergebnis mutmaßen.**

### *6.7.1 Gibt es eine Korrelation zwischen den pedographisch bestimmten Maximalbelastungsbereichen und den Frakturlokalisationen?*

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Frakturlokalisationen und den Abweichungen der pedographisch bestimmten Drücke und Impulse festgestellt werden. Laut der Studienlage müssten sich deutliche Veränderungen der plantaren Druckverhältnisse in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation darstellen lassen (Bauer 1993; Mittlmeier 1993; Becker 1997; Schmidt 1999; Mittlmeier 2005). Es handelt sich dabei meist um Minderbelastungen aufgrund von Schonhaltungen (Becker 1997; Losch 2002).

Dass es in unserer Studie nicht so der Fall war, lässt sich durch die Mehrfachverletzungen an einem Fuß sowie teilweise beidseitigen Verletzungen begründen. Wenngleich nicht immer an der Gegenseite eine komplexe Fußverletzung vorlag, traten doch Verletzungen häufig auch auf der Gegenseite mit auf.

Es ließ sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Arthrosegraden und den Abweichungen der Maximal- und Durchschnittsdrücke sowie Impulse feststellen. Die stärksten Abweichungen fanden sich über den Metatarsale-I- und -V-Knochen. Dies lässt sich damit begründen, dass es sich hier um zwei stark belastete Fußregionen während des Ganges handelt (Niethard 2005). Dieser Sachverhalt wurde durch Bauer (1993) ebenfalls beschrieben. Weiterhin beruhen diese Unterschiede auf einem durch die Verletzung bzw. die Arthrose hervorgerufenen Schonverhalten (Mittlmeier 2005).

Schwere Zertrümmerungen des knöchernen Fußskeletts und Gelenkzerstörungen, die einer primären Arthrodeese bedürfen, führen zu einem rigideren Fuß und zur unphysiologischen Druckverteilung auf der Fußsohle (Rammelt 2005). Von Zwipp (1999) und Rammelt (2006) wurde eine Normalisierung der Druckverteilung über Mittel- und Vorfuß nach korrigierender Lisfranc-Arthrodeese festgestellt. Auch Richter (2011) beschrieb, dass degenerative Veränderungen kombiniert mit biomechanischen Auswirkungen von Fußdeformitäten zu Symptomen wie Schmerzen und Gangstörungen führen.

Die Druckbereiche spiegeln den Gang nicht so wider wie es aus Abweichungen der Ganglinien von der Gegenseite, des Zyklogramms vom Mittelpunkt und Abweichungen der Kontaktzeiten von der Gegenseite deutlich wird.

**Es ließ sich kein Zusammenhang zwischen den Frakturlokalisationen und den pedographisch bestimmten Drücken und Impulsen feststellen.**

*6.7.2 Lassen sich über die Pedographien verletzungsbedingte Gangveränderungen feststellen und validieren?*

Bezogen auf die Lokalisationen der Frakturen fiel auf, dass es bei Zehenfrakturen „geringfügige“ Abweichungen der Ganglinien zur gesunden Gegenseite gab. „Starke“ Abweichungen traten bei ursprünglichem Vorliegen von Lisfranc-, Chopart- und Calcaneusfrakturen sowie Frakturen des OSG und der distalen Tibia auf. Bei Patienten, die eine Talusfraktur erlitten haben, fielen „mittelstarke“ Abweichungen der Ganglinien im Vergleich zur Gegenseite auf.

Die höchsten Abweichungen der Ganglinien ließen sich bei Calcaneusfrakturen sowie Frakturen im Bereich des oberen Sprunggelenks und der distalen Tibia beobachten. Nach Levin (1993) und Rammelt (2003) liegt die Begründung darin, dass die fraktur- oder weichteilbedingt verletzte Ferse als gewichtstragender Teil des Fußes den Gangzyklus beeinträchtigt. Während des Gangzykluses wirkt auf die Ferse beim Aufsetzen des Fußes ein hoher Druck (Niethard 2005; Kristen 2007). Vor allem nach konservativ behandelten Calcaneusfrakturen kann es zu Rückfußverplumpungen und damit zur Funktionsstarre sowie Muskelimbalance kommen (Zwipp 1988). Auch Kinner (2002) und Mittlmeier (2005) beschrieben eine Lateralisation der Ganglinie nach Calcaneusfrakturen aufgrund von Bewegungseinschränkungen im unteren Sprunggelenk beschrieben, es handelt sich dabei um einer Veränderung der posttraumatischen Gelenkkinematik (Rosenbaum 1996).

Ein starke Abweichung ist auch nach Talusfrakturen beschrieben gewesen, da hierdurch auch die Kraftübertragung beeinträchtigt wird (Brunner 1996). In unserer Studie zeigten sich nach Talusfrakturen „mittelstarke“ Abweichungen der Ganglinien.

Bei Arthrosen des 2. und 3. Grades fielen starke Seitenabweichungen der Ganglinien an den Großzehengrundgelenken und der Lisfranc-Gelenklinie, „mittelstarke“ Abweichungen der Chopart-Gelenklinie und des USG sowie „geringfügige“ Abweichungen am OSG auf.

Der Unterschied der Abweichungen der Ganglinien zwischen den beiden Arthrosegruppen ist an der Lisfranc-Gelenklinie auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. In Verbindung mit den deutlich höheren Abweichungen lässt sich daraus schließen, dass die Lisfranc-Arthrosen das Gangbild und damit die Ganglinien beeinflussen.

Es zeigte sich, dass die Zyklogramme am stärksten abwichen, wenn die Chopart-Gelenklinie und/oder die Lisfranc-Gelenklinie verletzt waren. Bei Calcaneusfrakturen wichen die Zyklogramme um 19% vom Mittelpunkt ab, ebenfalls „starke“ Abweichungen zeigten sich auch bei Vorliegen von Talus-Frakturen und Frakturen des OSG und der distalen Tibia. Die geringsten Abweichungen zeigten sich bei Zehenfrakturen. Die Zyklogrammabweichungen bei Vorliegen von Zehenfrakturen sind statistisch signifikant gegenüber der Patientengruppe ohne Zehenfrakturen (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,042$ ) Daraus lässt sich schließen, dass die Zehen den regelmäßigen Gang und damit das Zyklogramm am wenigsten beeinflussen. Am ehesten lässt es sich darauf beziehen, dass der Zehenabstoß eine relativ kurze Phase des Gangzykluses darstellt (Mittlmeier 2005).

Bei Arthrosen des zweiten und des dritten Grades im Großzehengrundgelenk, in der Lisfranc- und Chopart-Gelenklinie zeigten sich die Abweichungen des Zyklogramms am höchsten.

Es lässt sich daraus schließen, dass die Arthrosen in dem Bereich den normalen Gang und damit das Zyklogramm beeinflussen. Dies geschieht zum Beispiel durch Beeinträchtigung des Abrollvorganges, beispielsweise durch Achsfehlstellungen (Mittlmeier 2005). Das Chopart-Gelenk hat eine bedeutende Funktion als Drehpunkt für die Bewegung zwischen Mittelfuß und Vorfuß, damit dient es der Statik und Dynamik des Fußes (Kotter 1997). Am USG und OSG zeigten sich bei Arthrosen des zweiten und dritten Grades „mittelstarke“ Seitenabweichungen der Zyklogramme.

Es zeigte sich, dass die Abweichungen der Kontaktzeiten bei Zehenfrakturen „geringfügig“ waren. Lagen Frakturen im Bereich des Lisfranc-Gelenks vor, wichen die Kontaktzeiten des Vor-, Rückfußes und gesamten Fußes „mittelstark“ von der Gegenseite ab.

Bei Frakturen im Bereich des Chopart-Gelenks, Calcaneus und im Bereich des OSG und der distalen Tibia wichen die Kontaktzeiten des Vor- und Rückfußes „mittelstark“ sowie des gesamten Fußes „stark“ von der Gegenseite ab. Nach Talusfrakturen zeigten sich „mittelstarke“ Abweichungen des Vorfußes und gesamten Fußes sowie „geringfügige“ Seitenabweichungen der Kontaktzeiten des Rückfußes. Am stärksten wichen die Kontaktzeiten des gesamten Fußes bei Calcaneusfrakturen ab. Da die Ferse bei Aufsetzen des Fußes fast das ganze Körpergewicht trägt (Levin 1993; Niethard 2005; Kristen 2007), lässt sich eine Schonhaltung, im Sinne von kürzeren Kontaktzeiten des betroffenen Fußes, aufgrund von Beeinträchtigungen durch die Calcaneusfraktur vermuten, da die statische und dynamische Balance gestört wird (Zwipp 1989; Brunner 1996). Auch Talusfrakturen beeinträchtigen die Kraftübertragung vom Schienbein auf den Calcaneus (Brunner 1996).

Die Kontaktzeiten für den Vorfuß und den Rückfuß sind ebenfalls bei Calcaneusfrakturen bzw. bei Frakturen der Chopart-Gelenklinie am größten. Am stärksten wichen die Vorfuß-Kontaktzeiten bei Arthrosen des zweiten oder dritten Grades im Großzehengrundgelenk ab. Dies lässt sich durch die Bedeutung der Großzehe beim Abrollvorgang begründen (Zwipp 1994; Niethard 2005; Kristen 2007; Appell 2008). Bei Arthrosen des Grades 0 oder 1 waren die Abweichungen der Kontaktzeiten im Bereich des Rückfußes größer. Die Abweichungen der Kontaktzeiten für den gesamten Fuß wichen insgesamt am geringsten ab. Daraus lässt sich schließen, dass Verlängerungen oder Verkürzungen der Kontaktzeit des Fußes mit dem Boden während des Abrollvorganges ausgeglichen werden.

Mit „mittelstarken“ Abweichungen der Kontaktzeiten am Vor- und Rückfuß sowie „starken“ Abweichungen am gesamten Fuß zeigen sich deutliche Unterschiede an der Lisfranc-Gelenklinie bei Vorliegen von Arthrosen des zweiten und dritten Grades.

Diese sind am ehesten durch die posttraumatischen, arthrotischen Veränderungen bedingt. Auch Randt (1998) beschrieb, dass die Beteiligung der Lisfranc-Gelenklinie und deren Wiederaufbau für das funktionelle Outcome entscheidend ist.

Bedeutend für den normalen Gang ist das obere Sprunggelenk, dies zeigte sich durch den signifikanten Unterschied ( $p=0,04$ ) der Kontaktzeiten des Rückfußes bei OSG-Arthrosen. Es zeigten sich geringere Kontaktzeiten am Rückfuß bei Arthrosen des zweiten und dritten Grades am OSG, dies spricht für eine Schonhaltung. Ein Funktionsausfall des oberen Sprunggelenks beeinträchtigt den menschlichen Gang mehr als ein Funktionsausfall des unteren Sprunggelenks (Brunner 1996). Generell lässt sich sagen, dass Arthrosen den menschlichen Gang beeinflussen (Zwipp 1994).

**Aufgefallen sind Gangunregelmäßigkeiten in Hinblick auf die Abweichungen der Zyklogramme und der Kontaktzeiten, vor allem nach Calcaneusfrakturen. Dieser Aspekt wurde bereits in der Literatur beschrieben (Rosenbaum 1996; Rosenbaum 1996; Besch 2008). Die stärksten Veränderungen des Gangbildes ließen sich nach Frakturen der Lisfranc- und Chopart-Gelenklinie beobachten (Niethard 2005).**

Von Bedeutung für die Auswertung der Pedographien sind Fußveränderungen, die unabhängig von den Verletzungen durch degenerative Prozesse auftreten (Stüber 2011), Faktoren wie zum Beispiel Geschlecht und Übergewicht (Filippin 2008) sowie physiologisch bedingte Fußfehlstellungen (Murley 2009). Patienten mit Fußschmerzen weisen eine geringere Schrittlänge und Gehgeschwindigkeit auf (Mickle 2011).

Wie durch Kinner (2002) beschrieben, ist die Aussagekraft der Pedographien dahingehend eingeschränkt, dass Gangveränderungen auch auf der gesunden Seite als Folge der Frakturen auftreten können. Fehlerquellen und Grenzen der pedobarographischen Untersuchungen liegen in der Asymmetrie der Füße und damit natürlich auftretender Seitenunterschiede (Siegmeier 1996).

**Insgesamt ist eine Validierung des Ganges aus pedographischen Messungen sehr gut möglich und sollte vermehrt durchgeführt werden (Kinner 2002). Des Weiteren sollte im Rahmen der postoperativen Rehabilitation die Gangschulung unter Zuhilfenahme von Druckverteilungsmesssystemen verstärkt erfolgen (Schmidt 1999; Roll 2006).**

## 6.8 Orthopädische Hilfsmittel

Orthopädische Hilfsmittel, wie Schuhe und Einlagen, dienen der supportiven Therapie von beispielsweise posttraumatischen oder neuropathisch bedingten Fußfehlstellungen (Rammelt 2006) oder problematischer Weichteildeckung (Brenner 2001; Kaps 2011). Beispielsweise sind nach Calcaneusfrakturen Schuhzurichtungen mit Pufferabsätzen, Einlagen sowie eine mediale Abstützung gegen eine Pes planus-Fehlstellung nach konservativ behandelten Calcaneusfrakturen notwendig (Rabenseiftner 1981; Thermann 1999). Nach Zehenverletzungen bietet sich ein Vorfußentlastungsschuh an (Kaps 2011). Eine Einlagesohlenversorgung bietet sich nach Verletzungen des Mittelfußes aufgrund hoher Arthroseraten an (Kaps 2011). Weiterhin können Fersensporne oder unter die Haut versprengte Fragmente das Tragen normaler Schuhe schmerzbedingt unmöglich machen (Zwipp 1989). Amputierte Patienten benötigen deutlich häufiger orthopädische Hilfsmitteln, zu denen auch Prothesen zählen (Bosse 2006).

*Wie viele der nachuntersuchten Patienten sind auf ein orthopädisches Hilfsmittel angewiesen?*

Insgesamt benötigen 77% der Patienten orthopädische Hilfsmittel wie orthopädische Schuhe und/oder Einlagen.

47% der nachuntersuchten Patienten sollten orthopädische Schuhe tragen. Davon tragen 79% regelmäßig die orthopädischen Schuhe. 57% sollten Einlagen tragen, davon tragen 71% diese regelmäßig. Daraus wird deutlich, dass zwar mehr als 2 Drittel ihre orthopädischen Hilfsmittel nutzen, aber die Compliance durchaus noch höher sein könnte.

Alle Patienten, die Einlagen und orthopädische Schuhe verordnet bekommen haben, tragen diese auch regelmäßig.

*Bei wie vielen gab es Verbesserungsmöglichkeiten?*

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden bei 52% der Patienten die orthopädischen Hilfsmittel als verbesserungswürdig beurteilt. Damit ist es mehr als die Hälfte, bei denen Verbesserungen möglich wären.

Die Beurteilung orthopädischer Versorgung mit Hilfe von dynamischen Pedographien möglich wie auch schon beschrieben (Kinner 2002; Mittlmeier 2005; Kinner 2010).

Orthopädische Schuhzurichtungen sind bei Rückfußfehlstellungen und Verplumpungen indiziert (Thermann 1999). Auch sind Einlagen oder orthopädische Schuhe nach Amputationen beispielsweise von Zehen zur Unterstützung des Abrollvorganges notwendig (Taeger 2000).

### *Wo liegen die Probleme der Versorgung mit orthopädischen Hilfsmitteln?*

Probleme liegen darin, dass aus Patientensicht normales Schuhwerk durch Einlagen zu eng wird und folglich drückt. Dies kann durch Lappenplastiken und Narbenbildung infolge des Weichteilschadens bedingt sein (Brenner 2001). Weiterhin ist die Optik der orthopädischen Schuhe nicht ansprechend genug. Diese Gründe reduzieren die Compliance der Patienten (Illgner 2011).

Aus orthopädiotechnischer Sicht sind insgesamt der Gewölbeaufbau und die –stabilisierung unzureichend. Außerdem wird der Abrollvorgang unzureichend durch das orthopädische Hilfsmittel unterstützt. Pedographisch lässt sich bei fast allen Patienten eine starke Großzehenbelastung trotz der Hilfsmittel feststellen. Dies weist auf eine unzureichende Versorgung des Metatarsale-I-Gelenks im Hinblick auf die Ausbildung eines Hallux valgus, deren Versorgung mit Schienen im Schuh erfolgen kann (Mirzashashi 2012).

**Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Versorgung mit orthopädischen Hilfsmitteln unzureichend ist.**

### *Was ergab sich aus dem Fragebogen zur orthopädischen Schuhversorgung?*

Den Fragebogen zur orthopädischen Schuhversorgung schickten 44 % der nachuntersuchten Patienten zurück. Die geringe Resonanz lässt sich über die längere Zeit zwischen den Nachuntersuchungen und dem Fragebogen erklären.

Im Rahmen der Nachbefragung gaben 46% an, dass sie die empfohlenen Änderungen an den orthopädischen Hilfsmitteln vornehmen lassen haben. Davon bemerken zwei Drittel einen Unterschied in Bezug auf Gangbild und Beschwerden. Durch Richter (2011) werden Einlagen zum Beispiel als preisgünstiges und in der Stabilisation als nützliches Hilfsmittel beschrieben.



## Diskussion

Die Hälfte der Patienten, die Änderungen an den orthopädischen Hilfsmitteln vornehmen lassen haben, hatten Schwierigkeiten durch Vorgaben der Krankenkassen. Beispielsweise waren Sonderanfertigungen erst nach Ablauf von zwei Jahren wieder möglich oder die Krankenkassen bzw. Berufsgenossenschaften machten keine Kostenerstattungszusagen.

Der Großteil der befragten Patienten trägt die orthopädischen Hilfsmittel meistens bis immer. 23% der Patienten tragen die orthopädischen nach den Nachuntersuchungen häufiger. Bei 69% ist es gleich geblieben und 8% konnten keine Aussage treffen.

Die Mehrzahl der Patienten ist mit ihren Einlagen oder Schuhen sehr oder mit kleinen Abstrichen zufrieden.

**Insgesamt lässt sich festhalten, dass es für den Erfolg mit orthopädischen Hilfsmitteln notwendig ist, die Compliance der Patienten zu beobachten und die höchstmögliche Zufriedenheit mit den orthopädischen Hilfsmitteln zu gewährleisten. Dies lässt sich zum Beispiel mit einem Fragebogen wie dem Münsteraner Fuß- und Schuhfragebogen realisieren (Illgner 2011).**

## 7 Zusammenfassung

Ziel der prospektiven, klinischen Querschnittstudie „Lebensqualität nach komplexer Fußverletzung“ war die Evaluation des subjektiven und funktionellen Behandlungsergebnisses nach komplexen Fußverletzungen, die zwischen 2001 und 2007 an dem Universitätsklinikum Regensburg behandelt wurden. Insgesamt handelte es sich dabei um 74 Patienten. Nach Ein- und Ausschlusskriterien konnten 50 Patienten unsere Studie eingeschlossen werden. Die Klassifikation komplexer Fußverletzungen erfolgte anhand des durch Zwipp (1997) vorgeschlagenen Scores. Im Durchschnitt konnte den Patienten ein Zwipp-Score von 5 Punkten zugeordnet werden. Von den Fußverletzungen waren Männer häufiger betroffen. Es ließ sich keine Altershäufung feststellen. Die komplexen Fußverletzungen entstanden meist durch Verkehrsunfälle oder bei Stürzen aus großer Höhe.

Zu komplexen Fußverletzungen im Rahmen von Polytraumata,  $ISS \geq 16$  (Baker 1974), kam es bei 45% der Studienpatienten. Nach dem Hannover Polytrauma-Schlüssel (Zwipp 1994) ließen sich 57% der Patienten der Gruppen 2 bis 4 zuordnen und zogen sich damit ihre Fußverletzung im Rahmen eines Polytraumas zu. Es kam signifikant seltener zu Frakturen im Bereich der Zehen ( $p=0,007$ ) und signifikant häufiger zu Frakturen im Bereich des distalen Unterschenkels ( $p=0,003$ ). Polytraumatisierte Patienten zeigten eine geringere physische und psychische Lebensqualität im Vergleich zu nicht-polytraumatisierten Patienten.

Die Patienten wiesen im Durchschnitt 3 Frakturen auf. Es waren die Lisfranc- und die Chopart-Gelenklinien bei komplexen Fußverletzungen am häufigsten betroffen. Durchschnittlich betrug der Weichteilschaden 3 Grad. Die Komplikationsrate lag bei 25%. Es ließ sich nachweisen, dass die Stärke des Weichteilschadens die Komplikationsrate bestimmt. Die Rate der Korrektureingriffe betrug 22%. Am häufigsten waren Korrekturarthrodesen, insbesondere Talo-metatarsale Arthrodesen erforderlich. Die Amputationsrate lag bei 14%.

Ein Kompartmentsyndrom trat bei 35% der Patienten auf. Die Stärke des Weichteilschadens korrelierte signifikant mit dem Auftreten von Kompartmentsyndromen ( $p=0,024$ ). Es zeigte sich der Trend, dass es signifikant häufiger im Rahmen von Metatarsale- und Lisfranc-Frakturen ( $p=0,053$ ) zur Entwicklung eines Kompartmentsyndroms kam. Weiterhin zeigte sich, dass Zehenfrakturen signifikant seltener ein Kompartmentsyndrom nach sich ziehen ( $p=0,007$ ). Nach Kompartmentsyndromen traten deutlich häufiger Halluces valgi neben Sensibilitätsstörungen auf. Insgesamt zeigte sich eine geringere Lebensqualität der Patienten, bei denen ein Kompartmentsyndrom auftrat.

Es wurde die visuelle Analogskala für Fuß und Sprunggelenk nach Richter (2006) zur Evaluation des subjektiven Behandlungsergebnisses genutzt. In der VAS Schmerzskala wurden im Median die höchsten Werte im Vergleich zu den anderen visuellen Analogskalen angekreuzt. Es zeigte sich, dass die Patienten im Durchschnitt weniger durch den Schmerz als durch die Funktionsminderung des Fußes beeinträchtigt zu sein scheinen. Die Ergebnisse der visuellen Analogskala zeigten weiterhin, dass viele Patienten in der Funktion des Fußes, dem Gehen, vor allem auf unebenen Wegen, stark eingeschränkt sind.

Weiterhin wurden mit dem SF-12 Gesundheitsfragebogen (Bullinger 2000) zur Beurteilung der Lebensqualität gearbeitet. Die Mittelwerte der Patienten mit komplexer Fußverletzung auf der physischen Summenskala des SF-12 (PCS=38,20) lassen sich mit denen von Patienten mit Angina pectoris vergleichen. Die auf der psychischen Summenskala (MCS=46,51) erreichten Mittelwerte liegen in der Nähe von denen von Herzinsuffizienz-Patienten (Bullinger 1998). Es lassen sich deutliche Einschränkungen der Lebensqualität durch die erlittene komplexe Fußverletzung darstellen.

In den Nachuntersuchungen zeigte sich, dass 19% der Patienten eine Gehhilfe benötigten. Auffallend waren deutliche Defizite in der Motorik und Sensibilität des Fußes. Dies lässt sich auf die Schwere der Verletzungen zurückzuführen und Grenzen der Wiederherstellung von beispielsweise der Sensibilität nach Verletzung kleiner Hautnerven. Es fielen posttraumatische Fehlstellungen der Füße auf, die für Schmerzsymptomatik und funktionelle Defizite verantwortlich sein können. Häufig handelte es sich bei den posttraumatischen Fehlstellungen um einen Pes planus oder Pes transversus-planus sowie nach Kompartmentsyndromen um Halluces valgi. Das funktionelle Outcome wird durch Bewegungseinschränkungen beispielsweise nach Kompartmentsyndromen oder durch unzureichende Therapiemöglichkeiten bei Vorliegen eines Polytraumas bestimmt.

Bei der Mehrheit der Patienten ließ sich ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten durch die vier AOFAS-Scores (Kitaoka 1994) aufzeigen. Es zeigten sich mäßige Bewegungseinschränkungen sowie Limitierung der sportlichen und Freizeitaktivitäten. Schmerzen hatten fast die Hälfte der Patienten in mäßiger Stärke und nahezu täglichem Auftreten. Weniger als ein Drittel der Patienten trug das gleiche Schuhwerk wie vor der Verletzung. Der FOA-Score nach Thordarson sowie der CFSS-Score nach Kerr zeigten das gleiche Ergebnis wie die AOFAS-Scores. Die schlechtesten Ergebnisse fanden sich bei Frakturen am distalen Unterschenkel, gefolgt von Talus- und Calcaneusfrakturen. Es fiel auf, dass das Outcome schlechter war, wenn der Rückfuß betroffen war (Zwipp 1997).

Die AOFAS waren im Rahmen komplexer Fußverletzungen unzureichend verwendbar, da sie auf Calcaneusfrakturen validiert wurden (Kerr 1996; Thordarson 1996; Schuh 2000).

Die Auswertung der Röntgenbilder zeigte, dass bei 85% der Patienten die Frakturen verheilt waren und die Füße achsengerecht rekonstruiert wurden. Nach komplexer Fußverletzung wurden bei 38% der Arthrosen von Grad 2 am Lisfranc-Gelenk und bei 22% Arthrosen vom Grad 3 am unteren Sprunggelenk beobachtet. Als Ursachen der Arthrosen kommen die Verletzungen selbst, aber auch Fehlbelastungen des Fußes als Folge der Verletzung in Frage. Das Outcome nach komplexen Fußverletzungen wird deutlich durch das Auftreten von Arthrosen bestimmt.

Im Rahmen der Nachuntersuchung erfolgte über Baropedographien eine Ganganalyse. Die Auswertung erfolgte angelehnt an Siegmeth (1996) und Kinner (2002). Es ließ sich kein Zusammenhang der Maximal- und Durchschnittsdrücke sowie Impulse mit den Frakturlokalisationen oder den Arthrosegraden feststellen. Die höchsten Abweichungen der Ganglinien ließen sich nach Calcaneusfrakturen sowie Frakturen im Bereich des oberen Sprunggelenks und der distalen Tibia beobachten. Deutliche Abweichungen der Ganglinien traten bei Arthrosen der Grade 2 und 3 der Lisfranc-Gelenklinie auf. Aufgefallen sind deutliche Abweichungen der Zyklogramme und Kontaktzeiten nach Frakturen der Lisfranc- und Chopart-Gelenklinie sowie Calcaneusfrakturen. Dies ließ sich auch bei Arthrosen der Grade 2 und 3 in diesen Fußregionen beobachten.

In der Röntgen- und Pedographie-Auswertung zeigte sich, dass die Beteiligung der Lisfranc-Gelenklinie und deren Wiederherstellung entscheidend für das Behandlungsergebnis ist.

77% der Patienten sind mit orthopädischen Hilfsmitteln versorgt. Im Rahmen der Nachuntersuchung erfolgte die Beurteilung der Versorgung mit orthopädischen Hilfsmitteln durch einen erfahrenen Orthopädietechniker. Es zeigte sich, dass die Versorgung mit orthopädischen Hilfsmitteln unzureichend ist. Zwei Drittel der Patienten trugen ihre orthopädischen Schuhe und Einlagen. Weiterhin stellten wir fest, dass die Hälfte der Patienten, die Änderungen an den orthopädischen Hilfsmitteln vornehmen lassen haben, Schwierigkeiten durch Vorgaben der Krankenkassen hatten.

**Die Studie „Lebensqualität nach komplexer Fußverletzung“ zeigte, dass die Patienten subjektiv und funktionell stark durch die Verletzungen und deren Folgezustände eingeschränkt sind.**

## 8 Literaturverzeichnis

- Abhishek, Roddy, Zhang, Doherty (2010). "Are hallux valgus and big toe pain associated with impaired quality of life? A cross-sectional study." Osteoarthritis Cartilage. **18**(7): 923-926.
- Alonso, Gandek, Ware, Aaronson, Mosconi, Rasmussen, Bullinger, Fukuhara, Kaasa, Leplège, IQOLA Project Group (2004). "Health-related quality of life associated with chronic conditons in eight countries: results from the International Quality of Life Assessment (IQOLA) Project." Quality of Life Research **13**(2): 293-298.
- Alter, Braun, Zazzali (1999). "Health status disparities among public and private emergency department patients." Acad Emerg Med **6**: 736.
- Andermahr, Helling, Tsironis, Rehm, Köbke (2001). "Compartment Syndrome of the Foot." Clinical Anatomy **14**: 184-189.
- Andermahr, Jubel, Koebke, Elsner, Rehm (2010). Erkrankungen und Verletzungen des Rückfußes, Deutscher Ärzte Verlag.
- Appell, Stang-Voss (2008). Funktionelle Anatomie, Springer Verlag.
- Arand, Beller (2012). "Komplexe Verletzungen der Fußwurzel." Trauma Berufskrankheiten **14**(Suppl 3): 276-282.
- Arntz, Hansen (1987). "Dislocations and fractures of the tarsometatarsal joints." Orthopedic Clinics of North America **18**: 105-114.
- Arntz, Veith, Hansen (1988). "Fractures and fracture-dislocations of the tarsometatarsal joint." Journal of Bone and Joint Surgery **70**: 173.
- Baker, O'Neill, Haddon, Long (1974). "The Injury Severity Score: A method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care." Journal of Trauma **14**(3): 187-196.
- Bauer, Zenkl, Schierle, Rosenbaum, Mutschler, Claes (1993). "Störung der Gangfunktion nach Metatarsale-5-Basisfrakturen." Unfallchirurg **96**: 483-487.
- Baumgartner (2011). "Amputationen an Vor- und Mittelfuß." Operative Orthopädie und Traumatologie **23**(4): 254-264.
- Baumgartner (2011). "Unterschenkelamputation." Operative Orthopädie und Traumatologie **23**(4): 280-288.
- Beaman, Gellmann (2008). "The basics of ring external fixator application and care." Foot and Ankle clinics **13**(1): 15-27.
- Beck, Mittlmeier (2008). "Metatarsale Frakturen." Unfallchirurg **111**: 829-840.

- Becker, Rosenbaum, Claes, Gerngroß (1997). "Dynamische Pedographie zur Abklärung der funktionellen Sprunggelenksinstabilität." Unfallchirurg **100**: 133-139.
- Bennett (2012). "Types of foot problems seen by Australian podiatrists." The Foot.
- Benvenuti, Ferrucci, Guralnik, Gangemi, Baroni (1995). "Foot pain and disability in older persons: epidemiologic survey." Journal of American Geriatric Society **43**: 479-484.
- Berndt, Harty (1959). "Transchondral fractures of the talus." Journal Bone and Joint Surgery **41**: 988-1020.
- Besch, Radke., Mueller, Daniels-Wredenhagen, Varoga, Hilgert, Mathiak, Oehlert, Seekamp (2008). "Dynamic and Functional Gait Analysis of Severely Displaced Intra-Articular Calcaneus Fractures Treated with a Hinged External Fixator or Internal Stabilization." Journal of Foot and Ankle Surgery **47**(1): 19-25.
- Boack (2007). "Komplexes Fußtrauma." Fuss und Sprunggelenk (5): 168-181.
- Boack, Manegold, Haas (2004). "Therapiestrategie bei Talusfraktur." Unfallchirurg **107**: 499-514.
- Boack, Wichelhaus, Mittlmeier, Hoffmann, Haas (1998). "Therapie der dislozierten Calcaneusgelenkfraktur mit der AO-Calcaneusplatte." Chirurg **69**: 1214-1223.
- Bork, Middeldorf, Ludwig (2005). "Gesundheitserziehung und Gesundheitstraining bei Arthrose." Zeitschrift für Rheumatologie **64**(7): 441-447.
- Bosse, McCarthy, Jones, Webb, Sims, Sanders, MacKenzie (2006). "The insensate foot following severe lower extremity trauma: An indication for amputation?" Journal of Bone and Joint Surgery **87**: 2601-2608.
- Braunschweig, Schilling, Wawro, Herrmann (2003). "Aktuelle und effektive bildgebende Diagnostik von Sprunggelenk und Fuß." Trauma Berufskrankheiten **5**: 156-162.
- Brenner, Rammelt, Gavlik, Zwipp (2001). "Early soft tissue coverage after complex foot trauma." World Journal of Surgery(25): 603-609.
- Brunner, Schweiberer (1996). "Verletzungen des Talus und Kalkaneus." Unfallchirurg **99**: 136-151.
- Bullinger (2000). "Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität mit dem SF-36-Health Survey." Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsforschung **43**: 190-197.
- Bullinger, Kirchberger (1998). SF 36 Fragebogen zum Gesundheitszustand, Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Bullinger, Kirchberger (1998). "SF-36. Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handanweisung." Zeitschrift für Medizinische Psychologie.

- Burns, Leese, McMurdo (2002). "Older people and ill-fitting shoes." Postgraduate Medical Journal **78**: 344-346.
- Claeys (1983). "The analysis of ground reaction forces in pathological gait secondary to disorders of the foot." International Orthopaedics **7**: 113-119.
- Clare, Sanders (2011). "Kalkaneusfrakturen." Unfallchirurg(114): 869-876.
- Clemens, Parikh, Hall, Attinger (2008). "External fixators as an adjunct to wound healing." Foot and Ankle clinics **13**(1): 145-156.
- Coulibaly, Jones, Dudda, Ramczykowski, Schildhauer, Königshausen (2012). "Lisfranc-Luxationsfraktur." Trauma Berufskrankheiten **14**: 137-146.
- Dávid, Tiemann, Richter, Muhr (1997). "Korrigierende Weichteileingriffe bei Spitz-Hohl-Fuß Fehlstellungen nach Kompartmentsyndrom des Unterschenkels." Unfallchirurg **100**: 371-374.
- Davies, Whitehouse, Jenkins (2003). Imaging of the foot and ankle, Springer Verlag.
- Day, Swanson, Hulcombe (2001). "Operative treatment of ankle fractures: a minimum ten-year follow-up." Foot and Ankle International **22**: 102-106.
- Decker (1991). "Die Mehrfachverletzung und die Wahl der Osteosynthesemethode." Die Plattenosteosynthese und ihre Konkurrenzverfahren: 278-282.
- Dresing (2012). "Minimal-invasive Osteosynthesen von Pilonfrakturen." Operative Orthopädie und Traumatologie **24**: 368-382.
- Echtermeyer (1991). "Das Kompartmentsyndrom des Fußes." Orthopäde **20**: 76-79.
- Eckardt (2011). "Amputationen an der unteren Extremität." Operative Orthopädie und Traumatologie **23**(4): 253.
- Endres, Grass, Blewener, Illert, Zwipp (2003). "Minimal traumatisierende Versorgung der Pilon-tibiale-Frakturen." Trauma Berufskrankheiten **5**(Suppl 2): 258-268.
- Engelhardt (2010). "Lexikon Orthopädie und Unfallchirurgie."
- Essex-Lopresti (1952). "The mechanism, reduction technique and results in fractures of the os calcis." British Journal of Surgery **157**(39): 395-416.
- Fadaizadeh, Emami, Samii (2009). "Comparison of Visual Analogue Scale in Measuring Acute Postoperative Pain." Archives of Iranian Medicine **12**(1): 73-75.
- Fernandez, Erli, Kugler, Paar (2001). "Kognitive Leistungsstörungen nach Polytrauma. Untersuchungen zur Lebensqualität." Unfallchirurg **104**: 938.
- Filippin, de Almeida Bacarin, Lobo da Costa (2008). "Comparison of static footprints and pedobarography in obese and non-obese children." Foot and Ankle International **29**(11): 1141-4.

- Folk, Starr, Early (1999). "Early wound complications of operative treatment of calcaneus fractures: analysis of 190 fractures." Journal of Orthopedic Trauma **13**: 369-372.
- Fong Soohoo, Shuler, Fleming (2003). "Evaluation of the validity of the AOFAS Clinical Rating Systems to the SF 36." Foot and Ankle International **24**(1): 50-55.
- Frink, Hilebrand, Krettek, Brand, Hankemeier (2010). "Compartment Syndrome of the lower leg and foot." Clinical Orthopaedics and Related Research **468**: 940-950.
- Garrow, Silman, Macfarlane (2004). "The Cheshire Foot Pain and Disability Survey: a population survey assessing prevalence and associations." Pain **110**: 378-384.
- Giannoudis, Nicopoulous, Dinopoulos, Ng, Adedapo, Kind (2002). "The impact of lower leg compartment syndrome on health related quality of life." Injury **33**: 117-121.
- Gilheany, Landorf, Robinson (2008). "Hallux valgus and hallux rigidus: a comparison of impact on health-related quality of life in patients presenting to foot surgeons in Australia." Journal of foot and ankle research **11**(1): 1-14.
- Groarke, Galvin, Kelly, Stephens (2012). "Quality of life individuals with chronic foot conditions: A cross sectional observational study."
- Gustilo, Anderson (1976). "Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses." Journal of Bone and Joint Surgery **58**: 453-458.
- Gustilo, Mendoza, Williams (1984). "Problems in the management of type III (severe) open fractures: A new classification of type III open fractures." Journal of Trauma **24**: 742.
- Haas, Lindner, Bail (2007). "Neues zum Polytrauma." Chirurg **78**: 894-901.
- Haas, Südkamp (1991). "Der Weichteilschaden und die Wahl der Osteosynthesemethode." Die Plattenosteosynthese und ihre Konkurrenzverfahren: 271-277.
- Hahn, Thies (2002). "Pilon-tibiale-Frakturen." Unfallchirurg **73**: 1115-1132.
- Hawkins (1970). "Fractures of the neck of the talus." Journal Bone and Joint Surgery **52**: 991-1002.
- Helfet, Howey, Sanders, Johansen (1990). "Limb salvage versus amputation."
- Heppert, Wentzensen (2001). "Weichteilschädigung und Kompartmentsyndrom." Trauma und Berufskrankheiten(3): 231-235.
- Hill, Gill, Menz, Taylor (2008). "Prevalence and correlates of foot pain in a population-based study: the North West Adelaide health study." Journal of foot and ankle research **1**(2).
- Hintermann (2001). "Arthrodesen der Fußwurzel." Acta Chir. Austriaca **33**(Suppl 173): 47-48.



- Hoffmann (2011). "Frakturen des oberen Sprunggelenks/des Pilon tibiale." Trauma Berufskrankheiten **13**: 145.
- Hofstad, van der Linde, van Limbeek, Postema (2008). Prescription of prosthetic ankle-foot mechanisms after lower limb amputation (Review), Jon Wiley & Sons.
- Holbrook, Anderson, Sieber, Browner, Hoyt (1999). "Outcome after major trauma." Journal of Trauma **46**: 765.
- Holbrook, Hoyt, Anderson (2001). "The impact of major in-hospital complications on functional outcome and quality of life." Journal of Trauma **50**: 91.
- Hurst, Lambert, Forbes, Lochhead, Major, Lock (2000). "Does waiting matter? A randomized controlled trial of new non-urgent rheumatology out-patient referrals." Rheumatology **39**(4): 369-376.
- Hurst, Ruta, Kind (1998). "Comparison of the mos Short Form-12 Health Status Questionnaire with the SF-36 in patients with rheumatoid arthritis." British Journal of Rheumatology **37**: 862-869.
- Illgner, Schnieder, Seintsch, Osada, Wetz (2011). "Münsteraner Fuß- und Schuhfragebogen: – Objektivierung der Patientenzufriedenheit nach orthopädischer Schuhversorgung." Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie **149**: 418-423.
- Jacobs, Siozos, Raible, Wendl, Frank, Grützner, Wölfl (2011). "Amputation of a lower extremity after severe trauma." Operative Orthopädie und Traumatologie **23**(4): 306-317.
- Jäger, Echtermeyer (2008). "Kompartmentsyndrom des Unterschenkel und des Fußes." Unfallchirurg **111**: 768-775.
- Jeffers, Tan, Nicolopoulos, Kamath, Giannoudis (2004). "Prevalence and patterns of foot injuries following motorcycle trauma." Journal of Orthopaedic Trauma **18**(2): 87-91.
- Johanson, Daines, Howey, Helfet, Hansen (1990). "Objective criteria accurately predict amputation following lower extremity trauma." Journal of Trauma(30): 568-73.
- Jungblut, Wild, Thelen, Fritz, Windolf, Hakimi (2009). "Funktionelle und subjektive Ergebnisse nach subtalaren Luxationen." Unfallchirurg **112**: 1034-1040.
- Kalantar-Zadeh, Kopple, Block, Humphreys (2001). "Association Among SF 36 Quality Life Measures and Nutrition, Hospitalization, and Mortality in Hemodialysis." Journal of the American Society of Nephrology **12**: 2797-2806.
- Kaps (2011). "Orthopädische Versorgung nach Fußverletzungen." Trauma Berufskrankheiten **14**(Suppl. 3): 288-292.

- Kauffmann, Sauer, Weber (2011). Radiologie: Bildgebende Verfahren, Strahlentherapie, Nuklearmedizin und Strahlenschutz.
- Keeling, Hsu, Shawen, Andersen (2010). "Strategies for managing massive defects of the foot in high-energy combat injuries of the lower extremity." Foot and Ankle Clinics. **15**(1): 139-149.
- Kelly (2001). "The minimum clinically significant difference in visual analogue scale pain score does not differ with severity of pain." Emergency Medicine Journal **18**: 205-207.
- Kernozek, Roehrs, Mc Garvey (1997). "Analysis of plantar loading parameters pre and post surgical intervention for hallux valgus." Clinical Biomech **12**: S18-S19.
- Kerr, Prothero, Atkins (1996). "Assessing Outcome following calcaneal fracture. A rational scoring system." Injury(27): 35-38.
- Keysers, Dunn, Link, Badlissi, Felson (2005). "Are Foot disorders associated with functional limitation and disability among community dwelling old-adults?" Journal of Aging and Health **17**: 734-752.
- Kinner, Best, Falk, Thon (2002). "Is there a reliable outcome measurement for displaced intra-articular calcaneal fractures?" Journal of Trauma **53**(6): 1094-1102.
- Kinner, Neumeier, Roll, Ganslmeier (2007). "Plantare Lisfranc-Luxationsfraktur." Unfallchirurg.
- Kinner, Schieder, Müller, Pannek, Roll (2010). "Calcaneocuboid joint involvement in calcaneal fractures." Journal of Trauma **68**(5): 1192-99.
- Kitaoka, Alexander, Adelaar, Nunley, Myerson, Sanders (1994). "Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes." Foot Ankle Int. 1994 Jul;15(7):349-53.
- Korenkov, Nagelschmidt, Lefering, Troidl (1997). "Analyse des Publikationsspektrums der vier deutschsprachigen medizinischen Fachzeitschriften "Der Chirurg", "Der Unfallchirurg", "Langenbecks Archiv für Chirurgie" und "Medizinische Klinik"." Chirurg **68**: 439-446.
- Kotter, Wieberneit, Braun, Rüter (1997). "Die Chopart-Luxation." Unfallchirurg **100**: 737-741.
- Kristen (2007). "Biomechanik des Fußgewölbes." Radiologie(47): 202-209.
- Kundel, Braun, Scherer (1995). "Late results of central talus injuries." Unfallchirurg **98**: 124-129.
- Landorf, Radford, Hudson (2010). "Minimal Important Difference (MID) of two commonly used outcome measures for foot problems." Journal of foot and ankle research **3**(7).

- Langenhan, Kohler (2009). "Chopart-Luxation - eine einfache Diagnose?" Unfallchirurg **112**: 596-601.
- Lenczner, Wadel, Graham (1974). " Tarso-metatarsal (Lisfranc) dislocation." Journal of Trauma **14**: 1012-1020.
- Levin, Nunley (1993). "The management of soft-tissue problems associated with calcaneal fractures." Clinical Orthopaedics and Related Research **290**: 151-156.
- Losch, Meybohm, Schmalz, Fuchs, Vamvakakis, Dresing, Blumentritt, Stürmer (2002). "Funktionelle Ergebnisse bei Freizeitsportlern in der dynamischen Ganganalyse 1 Jahr nach operativ versorgten Sprunggelenksfrakturen." Sportverletzung - Sportschaden **16**: 101-107.
- Lutz, Gabl, Horbst, Bennedetto, Kunzel (1997). "Wundrandnekrosen nach offener Fersenbeinrekonstruktion. Anatomische Überlegungen zum offenen Zugang." Unfallchirurg **100**: 792-796.
- MacKenzie, Bosse, Castillo, Smith, Webb, Kellam, Burgess, Swiontkowski, Sanders, Jones, McAndrew, Patterson, Travison, McCarthy (2004). "Functional outcomes following trauma-related lower-extremity amputation." Journal of Bone and Joint Surgery **86**(8): 1636-1645.
- Marti (1971). "Talusfrakturen." Zeitschrift für Unfallmedizin und Berufskrankheiten **64**: 108.
- Matter, Zehndi (1986). "Die posttraumatische Osteitis nach schweren Weichteil- und Skeletverletzungen am distalen Unterschenkel und FuB." Langenbecks Archiv für Chirurgie **133**.
- McNamara, Heckman, Corley (1994). "Severe open fractures of the lower extremity: A retrospective evaluation of the Mangled Extremity Severity Score (MESS)." Journal of Orthopaedic Trauma **8**(2): 81-87.
- Menz (2008). "Radiographic evaluation of foot osteoarthritis: sensitivity of radiographic variables and relationship to symptoms." Osteoarthritis Cartilage.; Mar; **17**(3):298-303.
- Menz, Gill, Taylor, Hill (2011). "Age and gender differences in disabling foot pain using different definitions of the manchester foot pain and disability index." Musculoskeletal Disorders **12**(243).
- Menz, Morris (2005). "Footwear characteristics and foot problems in older people." Gerontology **51**: 346-351.
- Menz, Tiedemann, Kwan, Plumb, Lord (2006). "Foot pain in community-dwelling older people: an evaluation of the Manchester Foot Pain and Disability Index." Rheumatology **45**: 863-867.

- Meschan (1970). "Radiology of the Normal Foot." Seminar in Roentgenology **5**(4): 327-340.
- Metak, Scherer, Dannöhl (1994). "Übersehene Verletzungen des Stütz- und Bewegungsapparats beim Polytrauma - eine retrospektive Studie." Zentralblatt für Chirurgie **119**: 88-94.
- Mickle, Munro, Lord, Menz, Steele (2011). "Cross-Sectional Analysis of Foot Function, Functional Ability, and Health-Related Quality of Life in Older People with Disabling Foot Pain." Arthritis Care and Research **63**(11): 1592-1598.
- Middeldorf (2003). "Verlaufs- und Ergebnisevaluation von Rehabilitationsmaßnahmen bei beinamputierten Patienten." Orthopädie Technik: 724-731.
- Middeldorf, Casser (2001). "Erste Erfahrungen der Verlaufs- und Ergebnisevaluation von Rehabilitationsmaßnahmen nach Amputation im Bereich der unteren Extremität mit dem AmpuPro-Score." Orthopädische Praxis.
- Mirzashashi, Ahmadifar, Birjandi, Pournia (2012). "Comparison of designed slippers splints with the splints available on the market in the treatment of hallux valgus." Acta medica iranica **50**(2): 107-112.
- Mittlmeier (2011). "Akutes Kompartmentsyndrom und Komplextrauma des Fußes." Der Unfallchirurg **114**: 893-900.
- Mittlmeier, Beck (2011). "Injuries of the midfoot." Der Chirurg **82**: 169-182.
- Mittlmeier, Klaue, Beck (2005). "Die posttraumatische Arthrose am Rückfuß." Unfallchirurg **109**: 125-148.
- Mittlmeier, Morlock, Hertlein (1993). "Analysis of morphology and gait analysis after intraarticular calcaneal fracture." Journal of Orthopaedic Trauma **7**: 303-310.
- Mittlmeier, Rosenbaum (2005). "Klinische Ganganalyse." Unfallchirurg **108**: 614-629.
- Mohan, Ryan, Whelan, Wakai (2010). "The end of the line? The Visual Analogue Scale and Verbl Numerical Rating Scale as pain assesement tools in the emergency department." **27**: 372-375.
- Moll (2006). Anatomie, Urban & Fischer.
- Morfeld, Bullinger, Nantke, Brähler (2005). "Die Version 2.0 des SF-36 Health Survey - Ergebnisse einer bevölkerungsrepräsentativen Studie." Sozial- und Präventivmedizin/Social and Preventive Medicine.
- Munteanu, Zammit, Menz (2012). "Factors associated with foot pain severity and foot-related disability in individuals with first metatarsophalangeal joint OA." Rheumatology **51**: 176-183.

- Murley, Menz, Landorf (2009). "A protocol for classifying normal- and flat-arched foot posture for research studies using clinical and radiographic measurements." Journal of foot and ankle research(2): 22.
- Myerson (1999). "The diagnosis and treatment of injury to the tarsometatarsal joint complex." Journal of Bone and Joint Surgery **81**: 756-763.
- Myerson (1999). "Soft tissue trauma: acute and chronic management." Surgery of the foot and ankle: 1330-1372.
- Myerson, McGarvey, Henderson, Hakim (1994). "Morbidity after crush injuries of the foot." Journal of Orthopaedic Trauma **8**(4): 343-349.
- Nicholson, O'Keeffe, Driscoll (1993). "ABC of Emergency Radiology - The Foot." BMJ **307**: 997-1001.
- Niethard, Pfeil (2005). Orthopädie, Thieme Verlag.
- Ochman, Evers, Raschke (2011). "Verletzungen des Mittelfußes." Unfallchirurg(114): 883-892.
- Oestern (1986). "Schwere Weichteil- und Knochenverletzungen am distalen Unterschenkel und Fuß." Langenbecks Archiv für Chirurgie: 369.
- Oestern, Tscherne, Sturm, Nerlich (1985). "Klassifizierung der Verletzungsschwere." Unfallchirurg **88**: 465-472.
- Olms (2005). "Arthrodesen im Fußbereich." Trauma Berufskrankheiten **7**(Suppl 1): 590-595.
- Partenheimer, Geerling, Lill (2009). "Fehlbeurteilung und -versorgung von Fußverletzungen." Trauma und Berufskrankheiten(Suppl 1): 122-127.
- Pedowitz (1999). "Soft tissue disorders of the foot." Surgery of the foot and ankle: 1373-1399.
- Pehle, Kuehne, Block, Waydhas, Taeger, Nast-Kolb, Ruchholtz (2006). "Die Bedeutung von verzögert diagnostizierten Läsionen bei Polytraumatisierten. Eine Studie an 1187 Schockraumpatienten." Unfallchirurg **109**: 964-974.
- Peicha, Labovitz, Seibert, Grechenig, Weiglein, Preidler, Quehenberger (2002). "The anatomy of the joint as a risk factor for Lisfranc dislocation and fracture dislocation." Journal of Bone and Joint Surgery **84**(7): 981-985.
- Petje, Schiller, Steinbock (1997). "Der mobile Plattfuß als Spätfolge einer Subluxationsverletzung im Lisfranc-Gelenk. Eine retrospektive Analyse von 13 Patienten." Unfallchirurg **100**: 787-791.
- Pfeil, Heijens, Gladbach (2000). "Deformitätenkorrektur der Extremitäten mit unilateralen Fixateur externe." Der Orthopäde **29**: 47-53.

- Probst (1989). "Primäre und sekundäre Amputationstechniken im Fußbereich." Unfallchirurg **92**: 155-158.
- Queitsch, Kienast, Fuchs, Seide (2006). "Fracture of the distal lower limb: two-stage surgical treatment with external fixator and locked-screw plate." Zentralblatt Chirurgie **131**(3): 194-199.
- Rabenseiftner, Belz (1981). "Fersenbeinfrakturen und ihre Behandlungsergebnisse." Unfallheilkunde **84**: 109-114.
- Rajapakse, Edwards, Hong (2006). "A single surgeon's experience of treatment of Lisfranc joint injuries." Injury **37**: 914-921.
- Rammelt, Barthel, Biewener, Gavlik, Zwipp (2003). "Kalkaneusfrakturen - offene Reposition und interne Stabilisierung." Zentralblatt für Chirurgie **128**: 517-528.
- Rammelt, Biewener, Grass, Zwipp (2005). "Verletzungen des Fußes beim polytraumatisierten Patienten." Unfallchirurg **108**: 858-865.
- Rammelt, Grass, Schikore, Zwipp (2002). "Verletzungen des Chopart-Gelenks." Unfallchirurg **105**: 371-385.
- Rammelt, Grass, Zwipp (2008). "Sprunggelenksfrakturen." Unfallchirurg **111**: 421-438.
- Rammelt, Helm, Hofbauer, Grass, Zwipp (2011). "Probleme und Kontroversen in der Behandlung von Sprunggelenkfrakturen." Unfallchirurg **114**: 847-860.
- Rammelt, Olbrich, Zwipp (2011). "Amputationen am Rückfuß." Operative Orthopädie und Traumatologie **23**(4): 265-279.
- Rammelt, Schneiders, Zwipp (2006). "Die Korrekturarthrodese des Lisfranc-Gelenks nach fehlerverheilten Luxationsfrakturen." Orthopäde **35**: 435-442.
- Rammelt, Zwipp, Grass (2008). "Sprunggelenksfrakturen: operative Technik." Unfallchirurg **111**: 439-447.
- Randt, Dahlen, Schikore, Zwipp (1998). "Luxationsfrakturen im Mittelfußbereich - Verletzungen des Chopart- und Lisfranc-Gelenkes." Zentralblatt für Chirurgie **123**: 1257-1266.
- Rehart, Lehnert (2008). "Aktuelle Aspekte zur Arthrose." Zeitschrift für Rheumatologie **67**(4): 305-314.
- Richter (2011). "CAS-basierte Korrekturarthrodese des Lisfranc-Gelenks und Mittelfußes." Operative Orthopädie und Traumatologie **23**: 318-327.
- Richter, Austin, Reinking (2011). "Foot Orthoses in Lower Limb Overuse Conditions: A Systematic Review and Meta-Analysis - Critical Appraisal and Commentary." Journal of Athletic Training **46**(1): 103-106.

- Richter, Thermann, Huefner (2004). "Chopart joint fracture-dislocation: Initial open reduction provides better outcome than closed reduction." Foot and Ankle International **25**: 340-348.
- Richter, Thermann, Wippermann, Otte, Schratt, Tscherne (2001). "Foot fractures in restrained front seat car occupants: a long-term study over twenty-three years." Journal of Orthopaedic Trauma **15**(4): 287-293.
- Richter, Wippermann, Krettek (2001). "Fractures and fracture dislocations of the midfoot: Occurrence, causes and long-term results." Foot and Ankle International **22**: 392-398.
- Richter, Zech, Geerling, Frink, Knobloch, Krettek (2006). "A new foot and ankle outcome score: Questionnaire based, subjective, Visuel-Analogue-Scale, validated and computerized." Foot and Ankle Surgery(12): 191-199.
- Rieder, Bruse, Michalski, Kleef, Friess (2010). "The impact factor ranking—a challenge for scientists and publishers." Langenbecks Archiv für Chirurgie **395** (Suppl 1): S69-S73.
- Riepl, Lefering, Lorenz, Gebhard, Liener (2011). "Überrollverletzungen." Unfallchirurg: 1-6.
- Roddy, Myers, Thomas, Marshall, D'Cruz, Menz, Belcher, Muller, Peat (2011). "The clinical assessment study of the foot (CASF): study protocol for a prospective observational study of foot pain and foot osteoarthritis in the general population." Journal of foot and ankle research **4**(1): 22.
- Roll, Eder, Behr, Nerlich, Kinner (2006). "Gangschulung mit beidseitiger Teilbelastung bei Fußverletzungen." Zeitschrift für Orthopädie **144**: 148-152.
- Rosenbaum, Bauer, Augat, Claes (1996). "Calcaneal fractures cause a lateral load shift in Chopart joint contact stress and plantar pressure pattern in vitro." Journal Biomech **29**: 1435-1443.
- Rosenbaum, Bauer, Lübke, Claes (1996). "Functional deficits of the foot after calcaneus fracture (in German)." Sportverletzung - Sportschaden **10**: 32-37.
- Ruedi, Allgöwer (1969). "Fractures of the lower end of the tibia into the ankle joint." Injury **1**: 92.
- Rüter, Trentz, Wagner (2008). Unfallchirurgie, Elsevier, Urban & Fischer.
- Committee on Medical Aspects of Automotive Safety (1971). "Rating the Severity of Tissue Damage I. The Abbreviated scale." JAMA **215**(2): 277-280.
- Committee on Medical Aspects of Automotive Safety (1972). "Rating the Severity of Tissue Damage II. The Comprehensive Scale." JAMA **220**(5): 717-720.

- Saltzman, Salomon, Blanchard (2005). "Epidemiology of ankle arthritis: report of a consecutive series of 639 patients from a tertiary orthopaedic center." Iowa Orthopaedic Journal **25**: 44-46.
- Sanders (1992). "Intra-articular fractures of the calcaneus: present state of the art." Journal of Orthopaedic Trauma(6): 252-265.
- Sanders (2006). "Maryland Foot Score." Journal of Orthopaedic Trauma **20**(8): 96-97.
- Sauerland, Waydhas, Raum, Neugebauer (2002). "Systematische Literatursuchen in der Erstellung klinischer Leitlinien am Beispiel der prä- und frühklinischen Versorgung polytraumatisierter Patienten." Unfallchirurg **105**(11): 1022-1026.
- Schmidt, Meyer-Wölbert, Röderer, Becker, Benesch, Fels, Gerngroß (1999). "Dynamische Ganganalyse." Unfallchirurg **102**: 110-114.
- Schuh, Hausel (2000). "Die Schwierigkeiten in der Beurteilung von Nachuntersuchungsergebnissen bei plattenosteosynthetisch versorgter Kalkaneusfraktur. Gibt es einen praktikablen Score?" Unfallchirurg **103**: 295-300.
- Schulze, Richter, Russe, Ingelfinger, Muhr (2002). "Surgical treatment of talus fractures." Acta Orthop Scand **73**: 344-351.
- Schünke, Schulte, Schumacher, Voll, Wesker (2005). Prometheus - Lernatlas der Anatomie, Thieme-Verlag.
- Schwabe, Has, Schaser (2010). "Extremitätenfrakturen mit schwerem offenem Weichteilschaden: Initiales Management und rekonstruktive Versorgungsstrategien." Der Unfallchirurg **113**: 647-672.
- Seekamp, Köntopp, Tscherne (2001). "Hannover Fracture Scale '98 - Neuevaluierung und neue Perspektiven eines etablierten Scoresystems." Unfallchirurg **104**: 601-610.
- Seybold, Geßmann, Özokyay, Muhr, Graf (2008). "Der Taylor Spatial Frame. Korrektur von posttraumatischen Deformitäten an Unterschenkel und Rückfuß." Unfallchirurg **111**: 985-996.
- Shawen, Keeling, Branstetter, Kirk, Ficke (2010). "The mangled foot and leg: salvage versus amputation." Foot and Ankle Clinics. **15**(1): 63-75.
- Siegmeth, Petje, Mittelmeier, Vécsei (1996). "Ganganalyse nach intraartikulären Fersenbeinfrakturen." Unfallchirurg **99**: 52-58.
- Sneppen, Christensen, Krogsoe, Lorentzen (1977). "Fracture of the body of the talus." Acta Orthop Scand **73**: 317-324.
- Stasik, Berceli, Nelson, Lee, Ozaki (2008). "Functional Outcome after redo below-knee amputation." World Journal of Surgery.



- Streicher, Rellmann (2008). "Distale Tibiafrakturen." Unfallchirurg **111**: 905-918.
- Strohm, Bannasch, Helwig, Momeni, Stark, Südkamp (2010). "Offene Fraktur und Weichteilschaden." Z Orthop Unfall **148**: 95-112.
- Stüber, Zech, Bay, Qazzaz, Richter (2011). "Normative data of the Visual Analogue Scale Foot and Ankle (VAS FA) for pathological conditions." Foot and Ankle Surgery **17**(3): 166-172.
- Suren, Zwipp (1989). "Luxationsfrakturen in Chopart- und Lisfranc-Gelenk." Unfallchirurg **92**: 130-139.
- Svrtlih, Pavic, Terzic, Delic, Simonovic, Gvozdenovic, Borivic (2008). "Reduced Quality of Life in Patients with Chronic Viral Liver Disease as Assessed by SF12 Questionnaire." Journal of Gastrointestinal and Liver Diseases **17**(4): 405-409.
- Swoboda, Scola, Zwipp (1991). "Operative Behandlung und Spätergebnisse des Fußkompartmentsyndroms." Unfallchirurg **94**: 262-266.
- Taeger, Nast-Kolb (2000). "Amputationen und Prothesenversorgung der unteren Extremität." Chirurg **71**: 850-868.
- Tarkin, Clare, Marcantonio et al. (2008). "An update on the management of high-energy pilon fractures." Injury **39**: 142-154.
- Thermann, Huefner, Schrott, Albrecht, Tscherne (1999). "Therapie intraartikulärer Fersenbeinfrakturen bei Erwachsenen. Ein Behandlungsalgorithmus." Unfallchirurg **102**(3): 151-166.
- Thordarson (2000). Fractures of the Midfoot and Forefoot.
- Thordarson (2011). "Talusfrakturen." Unfallchirurg(114): 861-868.
- Thordarson, Krieger (1996). "Operative vs. nonoperative treatment of intra-articular fractures of the calcaneus: a prospective randomized trial." Foot and Ankle International **17**: 2-9.
- Tillmann (2010). Atlas der Anatomie, Springer Verlag.
- Tintle, Keeling, Shawen (2010). "Combat foot and ankle trauma." Journal of surgical orthopaedic advances **19**(1): 70-76.
- Tscherne (1986). "Management der Verletzungen am distalen Unterschenkel und Fuß." Langenbecks Archiv für Chirurgie **369**: 539-42.
- Tscherne, Oestern (1982). "Die Klassifizierung des Weichteilschadens bei offenen und geschlossenen Frakturen." Unfallheilkunde **85**: 111-115.
- Tscherne, Regel, Sturm, Friedl (1987). "Schweregrad und Prioritäten bei Mehrfachverletzungen." Chirurg **58**: 631-640.

- Vogel, Dobler, Bitterling, Biberthaler, Kanz, Pfeifer, Bartl, Mutschler (2005). "Osteoporose in der Unfallchirurgie. Prävalenz und Management." Unfallchirurg **108**: 356-364.
- Vuori, Hannu (1993). "Lisfranc joint injuries: Trauma mechanisms and associated injuries." Journal of Trauma **35**(1): 40-45.
- Wagner (1984). "Amputation am Fuß bei Gefäßpatienten." Med Orthop Tech **104**: 10.
- Wallace, Haines, Harrison, Barber, Thompson, Roberts, Jacklin, Lewis, Wainwright for the Vitual Outreach Project Group (2002). "Design and performance of a multi-centre randomised controlled trial and economic evaluation of joint tele-consultations." BMC family practcse **11**(3): 1-8.
- Weber (1966). Verletzungen des oberen Sprunggelenkes. Bern / Stuttgart, Huber.
- Westhoff, Haasper, Otte, Probst, Krettek, Richter (2007). ""Einklemmungstrauma" im Straßenverkehr." Chirurg **78**: 246-253.
- Wewers, Lowe (1990). "A critical review of visual analogue scales in the measurement of clinical phenomena." Research in Nursing & Health **13**(4): 227-236.
- Wirth, Zichner (2002). Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Fuß, Thieme Verlag.
- Wolansky (2006). Fußerkrankungen in der podologischen Praxis.
- Wood, Mahoney, Edin, Cooper (2009). Trauma and Orthopaedic Surgery in Clinical Practice - Compartment Syndrome. London, Springer Verlag.
- Wülker (2011). "General operative technique of the foot and ankle." Der Orthopäde **40**(5): 378-380, 382-282.
- Wünschel (2011). "Misserfolge nach Arthrodesen am Fuß." Der Orthopäde **40**: 407-414.
- Zech, Geerling, Therrmann, Krettek, Richter (2004). A New questionnaire based foot and ankle outcome score: subjective, visual analogue scale, validated & computerized. Montpellier: Posterprize 5th Congress of the European Foot and Ankle Society (EFAS).
- Zelle, Stalp, Weihs, Müller, Reiter, Krettek, Pape, AG "Polytrauma" der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (2003). "Hannover Score for Polytrauma Outcome (HASPOC)." Chirurg **74**: 361-369.
- Zwipp (1994). Chirurgie des Fußes, Springer-Verlag.
- Zwipp (2008). "Wiederherstellende Chirurgie der Folgezustände nach Kompartmentsyndrom des Unterschenkels und/oder des Fußes." Unfallchirurg **111**: 776-784.
- Zwipp (2010). "Korrekturosteotomien am Rück- und Mittfuß." Trauma Berufskrankheiten **12**(Suppl 4): 377-386.

- Zwipp, Dahlen, Randt, Gavlik (1997). "Komplextrauma des Fußes." Orthopäde **26**(12): 1046-56.
- Zwipp, Rammelt, Barthel (2005). "Kalkaneusfraktur." Unfallchirurg **108**: 737-748.
- Zwipp, Rammelt, Holch, Dahlen (1999). "Die Lisfranc Arthrodesse nach Fehlheilung." Unfallchirurg **102**: 918-923.
- Zwipp, Sabaur, Amlang (2008). "Zur chirurgischen Behandlung des Pes equinovarus als Folge eines Kompartment- und/oder Postischämie-Syndroms der tiefen Flexorenloge des Unterschenkels." Unfallchirurg **111**: 785-795.
- Zwipp, Tschorne, Berger (1989). "Rekonstruktive Fußchirurgie nach Komplextrauma des Fußes." Unfallchirurg **92**: 140-154.
- Zwipp, Tschorne, Wülker (1988). "Osteosynthese dislozierter intraartikulärer Calcaneusfrakturen." Unfallchirurg **91**: 507-515.
- Zwipp, Tschorne, Wülker, Grote (1989). "Der intraartikuläre Fersenbeinbruch - Klassifikation, Bewertung und Operationstaktik." Unfallchirurg **92**: 117-129.

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Einteilung des Fußes in die Bereiche Pilon/Sprunggelenk, Talus, Calcaneus, Chopart und Lisfranc zur Errechnung des Zwipp-Scores. Quelle: (Zwipp 1997).

Abb. 2: Punkteverteilung nach Verteilung der Frakturen sowie Weichteilverletzung. Unterschieden wird zudem zwischen Vorliegen eines Überrolltraumas und einer subtotalen Amputation. Quelle: (Zwipp 1997).

Abb. 3: Dargestellt ist der knöcherne Aufbau des Fußes. Quelle: (Appell 2008).

Abb. 4: Dargestellt ist ein rechtes Fußskelett, Ansicht von dorsal. Markiert sind die Lisfranc- und Chopart-Gelenklinie. Quelle: (Tillmann 2010).

Abb. 5: Die Abbildung zeigt die Unterstützungsflächen des Längs- und Quergewölbes am Fuß. Dargestellt ist ein rechtes Fußskelett von ventral. Der physiologische Fußabdruck ist grau unterlegt. Quelle: (Appell 2008).

Abb. 6: Darstellt sind die Gelenkflächen im Längsschnitt des Fußes. Quelle: (Tillmann 2010).

Abb. 7: Dargestellt ist der Abrollvorgang des Fußes während des Gehens. Quelle: (Kristen 2007).

Abb. 8: Das Organigramm zeigt den Algorithmus der Notfallbehandlung schwerer Fußverletzungen beim Polytrauma (nach Randt und Zwipp, 1998). PTS= Hannover Polytrauma Schlüssel.

Abb. 9: Klassifikation der Chopart-Frakturen: transligamentär, transcalcaneal, transcuboidal, transnavicular, transtalar sowie die Kombination. Quelle: (Langenhan 2009).

Abb. 10: Dargestellt sind die typischen Lisfranc-Luxationsformen. a) homolateral, b) isoliert, c) divergierend. Quelle: (Ochman 2011).

Abb. 11: Frakturen der Metatarsale-Knochen. Quelle: (Beck 2008).

Abb. 12: Klassifikation nach Tscherne und Oestern für offene Frakturen. Quelle: (Tscherne 1982).

Abb. 13: Darstellung der vier Kompartimente des Fußes: A) medial, B) lateral, C) zentral, D) interossal. Quelle: (Zwipp 1997).

Abb. 14: Das Organigramm zeigt den Algorithmus zum Vorgehen bei drohendem Kompartmentsyndrom. Quelle: (Randt 1998).

Abb. 15: Darstellung des Verlaufs der Retinaculi extensorum superiores et. inferiores. Quelle: (Zwipp 1997).

Abb. 16: Klassifikation der Folgen an Fuß und Sprunggelenk nach Kompartiment-/Postischämiesyndrom. Quelle: (Zwipp 2008).

Abb. 17: Dargestellt ist das Aussehen eines Pirogoff- sowie Syme-Stumpfes und der daraus resultierenden Beinverkürzung. Quelle: (Rammelt 2011).

Ab. 18: Darstellung der gängigen Amputationslinien im Bereich der Metatarsale-Knochen (I), der Lisfranc- (II) und Chopart-Gelenklinie (III). Quelle: (Zwipp 1997).

Abb. 19: Dargestellt ist die einfache Exartikulation einer Kleinzehe. Quelle: (Baumgartner 2011).

Abb. 20: Das Organigramm zeigt die Aufteilung der Studienpopulation der Studie „Outcome nach komplexer Fußverletzung“.

Abb. 21: Darstellung der Unter- und Summenskalen des SF-36. Quelle: (Bullinger 1998).

Abb. 22: Auf diesem Bild sieht man eine Patientin mit Z.n. komplexer Fußverletzungen auf dem rechten Bein auf dem Spiegeltisch stehend. Auf diese Weise kann man das Fußgewölbe beurteilen.

Abb. 23: Es handelt sich um eine anterior-posterior Aufnahme des Fußes im Stehen. Dargestellt sind am rechten Fuß die mediale (A) und laterale Fußsäule (B) sowie am linken Fuß die Großzehenvalgität (C).

Abb. 24: Dargestellt ist eine seitliche Aufnahme des rechten Fußes, markiert sind die Talo-Metatarsale-Achse (D), der Böhler-Winkel (E) und der Gisanne-Winkel (F).

Abb. 25: Dargestellt ist eine seitliche Aufnahme des rechten Fußes, markiert sind die Talus-Höhe (G), der talocalcaneare Winkel (H) und der Fußgewölbe-Winkel (I).

Abb. 26: Die Abbildung zeigt die Kriterien zur Bestimmung des Röntgen-Scores.

Abb. 27: Dargestellt sind die Einlegesohlen sowie die Sensoren und die Software-CD für die Auswertung am Laptop. Quelle: [www.medilogic.de](http://www.medilogic.de).

Abb. 28: Dargestellt ist eine Schablone für den linken Fuß.

Abb. 29: Man sieht einen Ausdruck einer pedographischen Maximaldruckdarstellung.

Abb. 30: Dargestellt ist ein Pedographie-Ausdruck mit den Ganglinien-Bündeln und der vom medilogic-Programm bestimmten durchschnittlichen Ganglinie. Quelle: medilogic.

Abb. 31: Dargestellt ist ein Zycklogramm mit hellgrün gekennzeichnete Ganglinie. Quelle: medilogic.

Abb. 32: Dargestellt ist ein Zeitdiagramm, das die Dauer der Belastung des rechten und linken Fußes anzeigt. Quelle: medilogic.

Abb. 33: Dargestellt ist ein Zeitdiagramm, das die Dauer der Belastung des Vorfußes und des Rückfußes anzeigt. Quelle: medilogic.

Abb. 34: Kriterien zur Berechnung des Pedographie-Scores, angelehnt an (Siegmetz 1996).

Abb. 35: Fragebogen zur orthopädischen Schuhversorgung.

Abb. 36: Die Abbildung zeigt die Häufigkeitsverteilung der im Rahmen der komplexen Fußverletzung aufgetretenen Frakturen am Fuß.

Abb. 37: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung der Verletzungsschweren bei polytraumatisierten Studienteilnehmern. Die Gruppe I schließt die leichteren Verletzungen ein, bei Vorliegen der Gruppen II- IV spricht man von einem Polytrauma. PTS=Polytrauma-Schlüssel.

Abb. 38: Das Balkendiagramm zeigt die Selbsteinschätzung des Gesundheitszustandes der Patienten mit komplexer Fußverletzung im Rahmen des SF-12 Gesundheitsfragebogens. 51% der Patienten schätzten ihren Gesundheitszustand als „gut“ ein.

Abb. 39: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung der am Mittelfuß und Vorfuß beobachteten Fehlstellungen.

Abb. 40 (links) und Abb. 41 (rechts): Es handelt sich um eine 49-jährige Patientin mit Mittelfußfrakturen beidseits, Talusluxationsfraktur links sowie Kompartmentsyndrome des Fußes beidseits. Im Rahmen der Nachuntersuchung erfolgte eine Untersuchung auf dem Spiegeltisch zur besseren Darstellung eventueller Fußfehlstellungen.

Abb. 42: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des AOFAS-Scores für Sprunggelenk und Rückfuß. 57% der Patienten erreichten ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten.

Abb. 43: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des AOFAS-Scores für den Mittelfuß. 63% der Patienten erreichten ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten.

Abb. 44: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des AOFAS-Scores für die Großzehe. 60% der Patienten ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten.

Abb. 45: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des AOFAS-Scores für die Zehen. 57% der Patienten erreichten ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten.

Abb. 46: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des FOA-Scores nach Thordarson. 73% der Patienten erreichten ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten.

Abb. 47: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des CFSS-Scores nach Kerr. 73% der Patienten erreichten ein Ergebnis von weniger als 69 Punkten.

Abb. 48: Die Abbildung zeigt die Häufigkeiten des Auftretens von Arthrosen zweiten Grades in den Bereichen Großzehengrundgelenk, Lisfranc- und Chopart-Gelenk sowie unterem und oberem Sprunggelenk.

Abb. 49: Die Abbildung zeigt die Häufigkeiten des Auftretens von Arthrosen dritten Grades in den Bereichen Großzehengrundgelenk, Lisfranc- und Chopart-Gelenk sowie unterem und oberem Sprunggelenk.

Abb. 50: Es handelt sich um 49-jährige Patientin mit Mittelfußfrakturen beidseits, Talusluxationsfraktur links sowie Kompartmentsyndrome des Fußes beidseits. Das Röntgenbild zeigte verbliebenes Material bei Talus-Luxationsfraktur und Mittelfußfrakturen links. Es handelt sich um fünf Schrauben und einen Kirschner-Draht.

Abb. 51: Dargestellt ist der linke Fuß in einer seitlichen Aufnahme. Es handelt sich dabei um eine 43-jährige Patientin. Das Röntgenbild zeigt Krallenzehen bei Luxationsfraktur des OSG, Talusfraktur, Luxatio pedis sub talo und Kompartmentsyndrom links. Weiterhin ist verbliebenes Material im Talus sichtbar.

Abb. 52: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des Scores zur Röntgenauswertung. 38% der Patienten erreichten ein Ergebnis von 7 Punkten, 33% eines von 6 Punkten.

Abb. 53: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung der Seitenabweichungen der Ganglinien. Bei 31% der Patienten zeigten sich „geringfügige“ Abweichungen von der Gegenseite.

Abb. 54: Dargestellt sind die Ganglinien eines Patienten mit OSG-Luxationsfraktur und Talusfraktur. Es lässt sich eine Lateralisierung am rechten Fuß erkennen.

Abb. 55: Dargestellt ist ein unregelmäßiges Zyklogramm, der Mittelpunkt ist nach rechts verschoben. An Verletzungen lagen eine Calcaneusfraktur sowie eine Mehrfragmentfraktur der Tibia vor.

Abb. 56: Dargestellt sind die Kontaktzeiten für den rechten (blau) und linken (rot) Fuß mit Unterscheidung der Kontaktdauer des Vorfußes und Rückfußes. An Verletzungen lagen eine distale Unterschenkelfraktur und multiple Frakturen der Metatarsalia rechts vor. Es fällt auf, dass der rechte Vorfuß nur kurz belastet wird.

Abb. 57: Das Balkendiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des Pedographie-Scores. Bei 53% der Patienten zeigten sich insgesamt mäßige Seitenabweichungen über den Pedographie-Score.

Abb. 58: Das Organigramm zeigte die Prozentzahl der Patienten, die orthopädische Hilfsmittel angefertigt bekommen haben. Die Darstellung ist unterteilt in die Art des orthopädischen Hilfsmittels sowie die Tragehäufigkeit derselben durch die Patienten nach komplexer Fußverletzung.

Abb. 59: Das Balkendiagramm zeigt die Tragehäufigkeit der orthopädischen Hilfsmittel nach den klinischen Nachuntersuchungen und den Pedographien. 54% der Patienten gaben an ihre Hilfsmittel „immer“ zu tragen.



## Abbildungsverzeichnis

Abb. 60: Das Balkendiagramm zeigt die Zufriedenheit der Patienten mit den orthopädischen Hilfsmitteln, nachdem im Rahmen der Nachuntersuchungen Mängel aufgezeigt wurden und zum Teil eingearbeitet wurden.

Abb. 61: Dargestellt sind die durchschnittlich angekreuzten Mittelwerte der einzelnen Fragen auf der Visuellen Analogskala nach Richter. Quelle: (Richter 2006).

## 10 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Dargestellt sind die Ein- und Ausschlusskriterien zu der Studie „Outcome nach komplexer Fußverletzung“.

Tab. 2: Einteilung der Punktwerte der AOFAS, des FOA und CFSS in die Kriterien „sehr gut“, „gut“, „mittelmäßig“ und „schlecht“ nach Schuh (2000).

Tab. 3: Dargestellt sind die Normwerte der radiologisch bestimmten Winkel und Achsen des Fußes.

Tab. 4: Diese Tabelle zeigt die Einteilung der Arthrosegrade nach Menz (2008).

Tab. 5: Dargestellt ist die Einteilung der Punktwerte des Röntgen-Scores in die Gruppen I-IV, Gruppe I schließt dabei die besten röntgenologischen Ergebnisse ein.

Tab. 6: Dargestellt ist die Einteilung der Seitenabweichung zwischen den Maximaldrücken der Füße nach den Kriterien „keine“, „kaum“, „geringfügig“, „mittel“ und „stark“.

Tab. 7: Dargestellt ist die Einteilung der Seitenabweichung zwischen den Durchschnittsdrücken der Füße nach den Kriterien „keine“, „kaum“, „geringfügig“, „mittel“ und „stark“.

Tab. 8: Dargestellt ist die Einteilung der Seitenabweichung der Impulse während des Ganges nach den Kriterien „keine“, „kaum“, „geringfügig“, „mittel“ und „stark“.

Tab. 9: Dargestellt ist die Einteilung der Seitenabweichung der Ganglinien nach den Kriterien „keine“, „kaum“, „geringfügig“, „mittel“ und „stark“.

Tab. 10: Dargestellt ist die Einteilung der Seitenabweichung der Zyklogramme nach den Kriterien „keine“, „kaum“, „geringfügig“, „mittel“ und „stark“.

Tab. 11: Dargestellt ist die Einteilung der Seitenabweichungen der Kontaktzeiten nach den Kriterien „keine“, „kaum“, „geringfügig“, „mittel“ und „stark“.

Tab. 12: Dargestellt ist die Einteilung der Seitenabweichungen der Kontaktzeiten nach den Kriterien „keine“, „kaum“, „geringfügig“, „mittel“ und „stark“ in Unterscheidung zwischen Vor- und Rückfuß.

Tab. 13: Dargestellt ist die Berechnung der Punkte des Pedographie-Scores.

Tab. 14: Dargestellt ist die Zuordnung der Punktwerte des Pedographie-Scores angelehnt an Siegmeth (1996) zu den Kriterien „keine“, „kleine“, „mäßige“ und „große“ Seitenabweichungen.

Tab. 15: Die Tabelle zeigt die Häufigkeitsverteilung des Zwipp-Scores nach Zwipp (1997) unter den 50 eingeschlossenen Patienten.

Abb. 16: Die Tabelle zeigt das Ergebnis der Korrelation nach Pearson zwischen dem Zwipp-Score, der Anzahl der Frakturen und dem Grad des Weichteilschadens mit dem Korrelationskoeffizienten und der Signifikanz (p). \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Tab. 17: In der Tabelle aufgeführt sind die Anzahlen der aufgetretenen Komplikationen nach komplexen Fußverletzungen.

Tab. 18: In der Tabelle aufgeführt sind die Anzahlen der im Verlauf notwendig gewordenen Korrekturingriffe nach Primärversorgung der komplexen Fußverletzungen.

Tab. 19: In der Tabelle aufgeführt sind die Anzahlen der notwendig gewordenen Weichteildeckungen nach komplexen Fußverletzungen, unterschieden wird hierbei zwischen Spalthaut-, Vollhaut- und Lappenplastiken.

Tab. 20: In der Tabelle sind aufgeführt die Anzahlen der Fußerhaltungen und der Amputationen, in Unterscheidung zwischen primärer und sekundärer Amputation, nach komplexen Fußverletzungen.

Tab. 21: Die Tabelle zeigt die Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis nach komplexen Fußverletzungen.

Tab. 22: Dargestellt sind die im Median angekreuzten Punktwerte der Patienten mit den Interquartilsbereich (IQR) nach komplexer Fußverletzungen der Unterskalen der Visuellen Analogskala nach Richter.

Tab. 23: Dargestellt sind die Korrelationskoeffizienten nach Pearson um den Zusammenhang zwischen den Unterscores der visuellen Analogskala nach Richter mit dem Gesamtscore darzustellen. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Tab. 24: Dargestellt sind die Mediane und Interquartilsbereiche der zugeordneten Punktwerte auf der Visuellen Analogskala (VAS) nach Richter in Abhängigkeit von der Lokalisation der Frakturen.

Tab. 25: Die Tabelle zeigt die Korrelation nach Pearson mit dem Korrelationskoeffizienten sowie dem p-Wert (statistische Signifikanz) zur Darstellung eines Zusammenhangs zwischen den Frakturlokalisationen und der Visuellen Analogskala nach Richter.

Tab. 26: Dargestellt sind die Punktwerte der Visuellen Analogskala (VAS) nach Richter in Abhängigkeit vom Grad des Weichteilschadens. Es handelt sich dabei um die Mediane mit Angabe der entsprechenden Interquartilsabstände (IQR).

Tab. 27: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson mit dem Korrelationskoeffizient und dem p-Wert (statistische Signifikanz) zur Testung eines statistischen Zusammenhangs zwischen der Visuellen Analogskala (VAS) nach Richter und dem Weichteilschaden.

Tab. 28: Die Tabelle zeigt die Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Minimal- und Maximalwerte der SF-12 Summenskalen im Vergleich zur Normalpopulation. PCS = körperliche Summenskala, MCS = psychische Summenskala.

Tab. 29: Dargestellt sind die durchschnittlichen Punktwerte ( $\pm$  Standardabweichung) der körperlichen (PCS) und psychischen (MCS) Summenskalen des SF-12 in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation.

Tab. 30: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson mit dem p-Wert (statistische Signifikanz) und dem Korrelationskoeffizienten zur Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen der körperlichen Summenskala des SF-12 (PCS) und der Frakturen am distalen Unterschenkel. p= statistische Signifikanz. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Tab. 31: Dargestellt sind die durchschnittlichen Punktwerte ( $\pm$  Standardabweichung) der körperlichen (PCS) und psychischen (MCS) Summenskalen des SF-12 in Abhängigkeit vom Weichteilschaden.

Tab. 32: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson mit dem Korrelationskoeffizienten zum Nachweis eines statistisch signifikanten Zusammenhangs zwischen der körperlichen (PCS) sowie psychischen (MCS) Summenskala des SF-12 und dem Weichteilschaden. p=statistische Signifikanz.

Tab. 33: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson mit dem Korrelationskoeffizienten zur Testung des statistischen Zusammenhangs zwischen den Summenskalen des SF-12 und der Visuellen Analogskala.  $p$ = statistische Signifikanz. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Tab. 34: Dargestellt ist die Anzahl der Patienten, die bestimmte Sportarten vor und nach der komplexen Fußverletzung ausführten.

Tab. 35: Die Tabelle zeigt die Häufigkeit bestimmter Fußfehlstellungen in Abhängigkeit vom Vorliegen eines Kompartmentsyndroms.

Tab. 36: Die Tabelle zeigt die durchschnittlichen Seitenabweichungen in Prozent der Umfänge an Fuß und Unterschenkel.

Tab. 37: Die Tabelle zeigt die Ergebnisse der Frage nach den Schmerzen im Rahmen des AOFAS-Scores.

Tab. 38: Die Tabelle zeigt die durchschnittlichen Antworten der Patienten auf die Frage nach Problemen bei dem Gehen auf unebenen Wegen dar. Die Frage gehört zu den AOFAS-Scores.

Tab. 39: Die Tabelle zeigt die im Rahmen der Nachuntersuchungen festgestellten Einschränkungen des Bewegungsumfanges des Rückfußes.

Tab. 40: Die Tabelle zeigt die in den Nachuntersuchungen festgestellten Einschränkungen der Bewegungsumfänge der Großzehen.

Tab. 41: Die Tabelle zeigt die in den Nachuntersuchungen festgestellten Einschränkungen des Bewegungsumfanges der Zehen.

Tab. 42: Dargestellt sind die Mediane (und Interquartilsbereiche) der AOFAS-Scores in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation.

Tab. 43: Die Tabelle zeigt die Korrelation nach Pearson zur Darstellung eines statistischen Zusammenhangs zwischen den AOFAS-Scores mit dem SF-12 und den Visuellen Analogskalen (VAS) nach Richter.  $p$  = statistische Signifikanz. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Tab. 44: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson zur Veranschaulichung des statistischen Zusammenhangs zwischen dem FOA-Score und den AOFAS-Scores.  $p$  = statistische Signifikanz. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Tab. 45: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson zur Veranschaulichung des statistischen Zusammenhangs zwischen dem CFSS-Score und den AOFAS-Scores.  $p$  = statistische Signifikanz. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Tab. 46: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson zur Testung des statistischen Zusammenhangs zwischen dem Zwipp-Score und den Lebensqualität- sowie Nachuntersuchungsscores.  $p$  = statistische Signifikanz. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Tab. 47: Dargestellt sind die Mediane mit dem Interquartilsabstand (IQR) der VAS und der Nachuntersuchungsscores sowie die Mittelwerte mit der Standardabweichung ( $\pm$  SD) des SF-12 in Abhängigkeit davon, ob bei den Patienten weniger als 3 Frakturen oder mindestens 3 Frakturen vorlagen.

Tab. 48: Dargestellt sind die Mediane mit dem Interquartilsabstand (IQR) der VAS und der Nachuntersuchungsscores sowie die Mittelwerte mit der Standardabweichung ( $\pm$  SD) des SF-12 in Abhängigkeit davon, ob bei den Patienten einen Weichteilschaden von weniger als Grad 3 oder von mindestens Grad 3 zeigten.

Tab. 49: Dargestellt sind die Mediane mit dem Interquartilsabstand (IQR) der VAS und der Nachuntersuchungsscores sowie die Mittelwerte mit der Standardabweichung ( $\pm$  SD) des SF-12 in Abhängigkeit davon, ob bei den Patienten mindestens 2 Frakturen vorlagen und/oder sie einen Weichteilschaden von mindesten Grad 3 aufzeigten.

Tab. 50: Dargestellt sind die Mediane mit dem Interquartilsabstand (IQR) der VAS und der Nachuntersuchungsscores sowie die Mittelwerte mit der Standardabweichung ( $\pm$  SD) des SF-12 in Abhängigkeit vom Vorliegen eines Polytraumas.

Tab. 51: Dargestellt sind die Mediane mit dem Interquartilsabstand (IQR) der VAS und der Nachuntersuchungsscores sowie die Mittelwerte mit der Standardabweichung ( $\pm$  SD) des SF-12 in Abhängigkeit vom Vorliegen eines Kompartmentsyndroms.

Tab. 52: Dargestellt sind die Mediane mit dem Interquartilsabstand (IQR) der VAS und der Nachuntersuchungsscores sowie die Mittelwerte mit der Standardabweichung ( $\pm$  SD) des SF-12 und des Zwipp-Scores in Abhängigkeit vom Fußerhalt bzw. notwendig gewordenen Amputationen.

Tab. 53: Die Tabelle zeigt die im Durchschnitt ( $\pm$  Standardabweichung) röntgenologisch bestimmten Winkel und Achsen am Fuß in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation.

Tab. 54: Die Tabelle zeigt die im Durchschnitt ( $\pm$  Standardabweichung) röntgenologisch bestimmten Abweichungen der medialen und lateralen Fußsäulen in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation.

Tab. 55: Die Tabelle zeigt die Häufigkeit des Auftretens von arthrotischen Veränderungen im Bereich der Chopart-Gelenklinie und des unteren Sprunggelenks bei Vorliegen von Calcaneusfrakturen.

Tab. 56: Die Tabelle zeigt die Häufigkeit des Auftretens von arthrotischen Veränderungen im Bereich des unteren und oberen Sprunggelenks bei Vorliegen von Talusfrakturen.

Tab. 57: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson zur Testung des statistischen Zusammenhangs zwischen den Frakturlokalisationen und dem Auftreten von Arthrosen.  $p$  = statistische Signifikanz. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Tab. 58: Dargestellt ist der mittels des Mann-Whitney-U-Tests festgestellte Unterschied der Lebensqualitätparameter in Abhängigkeit von der Stärke der arthrotischen Veränderungen.  $p$  = statistische Signifikanz. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Tab. 59: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson zur des statistischen Zusammenhangs zwischen dem Röntgen-Score und den Lebensqualität- sowie Nachuntersuchungsscores.  $p$  = statistische Signifikanz. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

Tab. 60: Dargestellt sind die mittels des Mann-Whitney-U-Tests ermittelten Unterschiede ( $p$  = statistische Signifikanz) der pedographisch bestimmten Drücke in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen im Bereich der Zehen, des Calcaneus, Talus und des OSG und der distalen Tibia.

Tab. 61: Dargestellt sind die mittels des Mann-Whitney-U-Tests ermittelten Unterschiede ( $p$  = statistische Signifikanz) der pedographisch bestimmten Drücke in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen der Lisfranc-Gelenklinie.

Tab. 62: Dargestellt sind die mittels des Mann-Whitney-U-Tests ermittelten Unterschiede ( $p$  = statistische Signifikanz) der pedographisch bestimmten Drücke in Abhängigkeit vom Vorliegen von Frakturen der Chopart-Gelenklinie.

Tab. 63: Dargestellt sind die mittels des Mann-Whitney-U-Tests ermittelten Unterschiede zwischen den pedographisch bestimmten Drücken bei Vorliegen von arthrotischen Veränderungen im Bereich des Großzehengrundgelenks, der Zehen, des USG und OSG.

Tab. 64: Dargestellt sind die mittels des Mann-Whitney-U-Tests ermittelten Unterschiede ( $p$  = statistische Signifikanz) zwischen den pedographisch bestimmten Drücken bei Vorliegen von arthrotischen Veränderungen im Bereich der Lisfranc-Gelenklinie.

Tab. 65: Dargestellt sind die mittels des Mann-Whitney-U-Tests ermittelten Unterschiede ( $p$  = statistische Signifikanz) zwischen den pedographisch bestimmten Drücken bei Vorliegen von arthrotischen Veränderungen im Bereich der Chopart-Gelenklinie.

Tab. 66: Dargestellt sind die mittels des Mann-Whitney-U-Tests ermittelten Unterschiede zwischen den Abweichungen der Ganglinien und den Frakturlokalisationen.  $p$  = statistische Signifikanz.

Tab. 67: Dargestellt ist der mittels des Mann-Whitney-U-Tests bestimmte Unterschied ( $p$  = statistische Signifikanz) zwischen den Abweichungen der Ganglinien und den Arthroselokalisationen. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant.

Tab. 68: Dargestellt ist der mittels des Mann-Whitney-U-Tests festgestellte Unterschied ( $p$  = statistische Signifikanz) zwischen den Abweichungen der Zyklogramme und den Frakturlokalisationen. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant.

Tab. 69: Dargestellt ist der mittels des Mann-Whitney-U-Tests bestimmte Unterschied ( $p$  = statistische Signifikanz) zwischen den Abweichungen der Zyklogramme und den Arthroselokalisationen.

Tab. 70: Dargestellt ist der mittels des Mann-Whitney-U-Tests festgestellte Unterschied ( $p$  = statistische Signifikanz) zwischen den Abweichungen der Kontaktzeiten und den Frakturlokalisationen. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant.

Tab. 71: Dargestellt ist der mittels des Mann-Whitney-U-Tests festgestellte Unterschied ( $p$  = statistische Signifikanz) zwischen den Abweichungen der Kontaktzeiten und den arthrotischen Veränderungen. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant.



Tab. 72: Dargestellt ist die Korrelation nach Pearson zur des statistischen Zusammenhangs zwischen dem Pedographie-Score und den Lebensqualität- sowie Nachuntersuchungsscores.  $p$  = statistische Signifikanz. \* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,05$  signifikant. \*\* Korrelation auf dem Niveau von  $p \leq 0,01$  signifikant.

### Anhang 2:

Tab. 73: Die Tabelle zeigt die durchschnittlich durch die Patienten angegebenen Punktwerte zu den Fragen der Visuellen Analogskala nach Richter (Richter 2006).

Tab. 74-85: Häufigkeiten der Antworten der Patienten auf die Fragen des SF-12 Gesundheitsfragebogens nach (Bullinger 1998).

Tab. 86-94: Dargestellt sind die Häufigkeiten des Auftretens von Fußfehlstellungen in Abhängigkeit von den Frakturlokalisationen.

Tab. 95-99: Die Tabellen zeigen die Minimal-, Maximal- sowie Mittelwerte der röntgenologisch bestimmten Winkel und Achsen am Fuß. Weiterhin ist dargestellt inwieweit die gemessenen Winkel und Achsen den Normwerten entsprachen.

Tab. 100-105: Die Tabellen zeigen die Häufigkeiten der arthrotischen Veränderungen an den einzelnen Fußregionen, unabhängig vom Vorliegen von Frakturen in diesen Bereichen.

Tab. 106-111: Die Tabellen stellen die Häufigkeiten der Stärke der Seitenabweichung der pedographisch bestimmten Drücke und Impulse unabhängig von Frakturlokalisation und Vorliegen von Arthrosen dar.

Tab. 112-117: Die Tabellen stellen die Häufigkeiten der Stärke der Seitenabweichung der pedographisch bestimmten Drücke und Impulse in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation dar.

Tab. 118-122: Die Tabellen stellen die Häufigkeiten der Stärke der Seitenabweichung der pedographisch bestimmten Drücke und Impulse in Abhängigkeit von dem Vorliegen von arthrotischen Veränderungen in diesen Bereichen dar.

Tab. 123-125: Die Tabellen zeigen die durchschnittlichen Seitenabweichungen ( $\pm$  Standardabweichung) der Ganglinien, Zyklogramme und Kontaktzeiten in Abhängigkeit von den Frakturlokalisationen.

## Tabellenverzeichnis

Tab. 126-131: Die Tabellen zeigen die durchschnittlichen Seitenabweichungen ( $\pm$  Standardabweichung) der Ganglinien, Zycklogramme und Kontaktzeiten in Abhängigkeit vom Vorliegen von arthrotischen Veränderungen in diesen Fußbereichen.

## 11 Anhang

### 11. 1 Tabellenanlage

#### 11.1.1 Ergebnisse der Visuellen Analogskala nach Richter

<b>Fragen VAS zu:</b>	<b>Antwort der Patienten im Durchschnitt</b>	<b>Standardabweichung</b>
<b>Beeinträchtigung Gangbild</b>	49,63	± 29,90
<b>Schmerz in körperlicher Ruhe</b>	58,52	± 31,04
<b>Stärke des Schmerzes in körperlicher Ruhe</b>	65,41	± 25,96
<b>Schmerz bei körperlicher Belastung</b>	48,10	± 32,04
<b>Stärke des Schmerzes bei körperlicher Belastung</b>	52,27	± 29,53
<b>Gefühl, dass ein Bein schwächer ist</b>	47,89	± 31,05
<b>Vorhandensein von Fußschwielen</b>	70,54	± 32,21
<b>Steifigkeitsgefühl des Fußes</b>	52,02	± 34,89
<b>Einschränkungen beim Treppensteigen</b>	57,16	± 27,81
<b>Einschränkungen im Beruf</b>	43,21	± 40,36
<b>Einschränkungen beim Autofahren</b>	71,33	± 31,58
<b>Dauer des Stehen Könnens ohne Fußprobleme</b>	45,13	± 32,77
<b>Einschränkung des Stehens auf einem Bein</b>	31,61	± 34,52
<b>Dauer des Gehen Könnens ohne Fußprobleme</b>	51,13	± 28,68
<b>Einschränkungen des Laufens</b>	21,23	± 27,84
<b>Einschränkungen des täglichen Lebens</b>	76,96	± 24,84
<b>Einschränkungen bei Reisen</b>	70,44	± 30,30
<b>Probleme passende Schuhe zu finden</b>	39,63	± 38,08
<b>Stärke der Gefühlsstörungen</b>	53,36	± 28,43
<b>Einschränkungen des Gehens auf unebenen Gelände</b>	39,70	± 30,16

Tab. 73: Die Tabelle zeigt die durchschnittlich durch die Patienten angegebenen Punktwerte zu den Fragen der Visuellen Analogskala nach Richter (Richter 2006).



VAS foot and ankle nach RICHTER, 2004

Abb. 61: Dargestellt sind die durchschnittlich angekreuzten Mittelwerte der einzelnen Fragen auf der Visuellen Analogskala nach Richter. Quelle: (Richter 2006).

## 11.1.2 Ergebnisse des SF12-Lebensqualität-Fragebogens (Tab. 74-85)

<b>Tab. 74: Frage 1</b> <b>Gesundheitszustand</b>	<b>Anzahl der Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
Ausgezeichnet	2	3,9%
Sehr gut	7	13,7%
Gut	26	51%
Weniger gut	14	27,5%
Schlecht	2	3,9%

<b>Tab. 75: Frage 2</b> <b>Einschränkungen bei mittelschweren Tätigkeiten</b>	<b>Anzahl der Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
Ja, stark eingeschränkt	12	23,5%
Ja, etwas eingeschränkt	24	47,1%
Nein, überhaupt nicht eingeschränkt	15	29,4%

<b>Tab. 76: Frage 3</b> <b>Einschränkungen bei mehreren Treppenabsätzen</b>	<b>Anzahl der Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
Ja, stark eingeschränkt	9	18%
Ja, etwas eingeschränkt	32	64%
Nein, überhaupt nicht eingeschränkt	9	18%

<b>Tab. 77: Frage 4</b> Körperlich weniger geschafft als gewollt	<b>Anzahl der Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
Ja	36	72%
Nein	14	28%

<b>Tab. 78: Frage 5</b> Inwieweit konnten die Patienten aus körperlichen Gründen nur bestimmte Dinge tun	<b>Anzahl der Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
Ja	31	60,8%
Nein	20	39,2%

<b>Tab. 79: Frage 6</b> Seelisch weniger geschafft als gewollt	<b>Anzahl der Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
Ja	27	54%
Nein	23	46%

<b>Tab. 80: Frage 7</b> Inwieweit konnten die Patienten aus seelischen Gründen nur bestimmte Dinge tun	<b>Anzahl der Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
Ja	24	48%
Nein	26	52%

<b>Tab. 81: Frage 8</b> <b>Behinderung durch Schmerz</b>	<b>Anzahl der Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
Überhaupt nicht	7	14%
Ein bisschen	14	28%
Mäßig	13	26%
Ziemlich	11	22%
Sehr	5	10%

<b>Tab. 82: Frage 9</b> Wie oft waren die Patienten ruhig und gelassen?	<b>Anzahl der Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
Immer	6	11,8%
Meistens	22	43,1%
Ziemlich oft	8	15,7%
Manchmal	11	21,6%
Selten	3	5,9%
Nie	1	2%

<b>Tab. 83: Frage 10</b> Wie oft waren die Patienten voller Energie?	<b>Anzahl der Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
Immer	6	12%
Meistens	9	18%
Ziemlich oft	9	18%
Manchmal	15	30%
Selten	10	20%
Nie	1	2%

<b>Tab. 84: Frage 11</b> Wie oft waren die Patienten entmutigt oder traurig?	<b>Anzahl der Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
Immer	2	4%
Meistens	4	8%
Ziemlich oft	4	8%
Manchmal	16	32%
Selten	14	28%
Nie	10	20%

<b>Tab. 85: Frage 12</b> <b>Beeinträchtigung sozialer Kontakte</b>	<b>Anzahl der Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
Immer	1	2%
Meistens	11	22%
Manchmal	12	24%
Selten	10	20%
Nie	16	32%

Tab. 74-85: Häufigkeiten der Antworten der Patienten auf die Fragen des SF-12 Gesundheitsfragebogens nach (Bullinger 1998).

### 11.1.3 Fußfehlstellungen in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation (Tab. 86-94):

#### Zehenfrakturen:

<b>Tab. 86: Veränderungen an den Zehen</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>Normalbefund</b>	1	33,3%
<b>Hallux valgus</b>	2	66,7%

#### Frakturen der Metatarsale-Knochen und der Lisfranc-Gelenklinie:

<b>Tab. 87: Veränderungen an den Zehen</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>Normalbefund</b>	5	26,3%
<b>Hallux valgus</b>	7	36,8%
<b>Hallux varus</b>	2	10,5%
<b>Krallenzehen</b>	2	10,5%
<b>Hallux valgus und Krallenzehen</b>	2	10,5%
<b>Hallux valgus und Hammerzehen</b>	1	5,3%

<b>Tab. 88: Veränderungen des Vorfußes und Mittelfußes</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>Normalbefund</b>	1	5,3%
<b>Pes planus</b>	1	5,3%
<b>Pes abductus</b>	1	5,3%
<b>Pes transverso-planus</b>	4	21,1%
<b>Pes planus et Pes transverso-planus</b>	8	42,2%
<b>Pes palnus et transverso-planus et abductus</b>	2	10,5%
<b>Pes palnus et transverso-planus et adductus</b>	2	10,5%

#### Frakturen der Chopart-Gelenklinie:

<b>Tab. 89: Veränderungen des Mittelfußes</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>Normalbefund</b>	1	7,7%
<b>Pes transverso-planus</b>	5	38,5%
<b>Pes planus et transverso-planus</b>	5	38,5%
<b>Pes planus et transverso-planus et abductus</b>	1	7,7%
<b>Pes planus et transverso-planus et adductus</b>	1	7,7%

Frakturen des Calcaneus:

<b>Tab. 90: Veränderungen des Mittelfußes</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>Pes planus</b>	1	11,1%
<b>Pes transverso-planus</b>	3	33,3%
<b>Pes planus et transverso-planus</b>	4	44,4%
<b>Pes planus et transverso-planus et abductus</b>	1	11,1%

<b>Tab. 91: Veränderungen des Rückfußes</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>Normalbefund</b>	1	11,1%
<b>Pes valgus</b>	6	66,7%
<b>Deformierung durch deutlich reduzierten Calcaneus</b>	2	22,2%

Frakturen des Talus:

<b>Tab. 92: Veränderungen des Mittelfußes</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>Pes transverso-planus</b>	3	42,9%
<b>Pes planus et transverso-planus</b>	3	42,9%
<b>Pes planus et transverso-planus et abductus</b>	1	14,3%

<b>Tab. 93: Veränderungen des Rückfußes</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>Normalbefund</b>	5	71,4%
<b>Pes valgus</b>	2	28,6%

Frakturen des OSG und der distalen Tibia:

<b>Tab. 94: Veränderungen des Rückfußes</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>Normalbefund</b>	7	50%
<b>Pes valgus</b>	6	42,9%
<b>Deformierung durch deutlich reduzierten Calcaneus</b>	1	7,1%

Tab. 86-94: Dargestellt sind die Häufigkeiten des Auftretens von Fußfehlstellungen in Abhängigkeit von den Frakturlokalisationen.



### 11.1.4 Röntgen-Auswertung

#### 11.1.4.1 Röntgenologisch bestimmte Winkel und Achsen (Tab. 95-99)

<b>Tab. 95:</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standardabweichung</b>
<b>Fußgewölbe-Winkel</b>	125°	147°	133,77°	± 5,969
<b>Talo-calcaneärer Winkel</b>	7°	45°	28,16°	± 9,263
<b>Mediale Fußsäule</b>	1°	25°	10,36°	± 6,370
<b>Laterale Fußsäule</b>	1°	16°	5,16°	± 3,880
<b>Großzehenvalgität</b>	1°	49°	14,96°	± 9,865
<b>Talo-Metatarsale-Achse</b>	0°	21°	6,46°	± 4,925

<b>Tab. 96:</b>	<b>Kleiner als der Normbereich</b>	<b>Entspricht dem Normbereich</b>	<b>Größer als der Normbereich</b>
<b>Fußgewölbe-Winkel</b>	26,9%	61,5%	11,5%
<b>Talocalcaneärer Winkel</b>	48%	52%	0%
<b>Mediale Fußsäule</b>	0%	64%	36%
<b>Laterale Fußsäule</b>	0%	68%	32%
<b>Großzehenvalgität</b>	15,4%	42,3%	42,3%
<b>Talo-Metatarsale-Achse</b>	0%	87,5%	12,5%

<b>Tab. 97:</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standardabweichung</b>
<b>Böhler-Winkel</b>	21	40	33,40	7,266
<b>Gissane-Winkel</b>	106	143	120,60	14,258

<b>Tab. 98:</b>	<b>Kleiner als der Normbereich</b>	<b>Entspricht dem Normbereich</b>	<b>Größer als der Normbereich</b>
<b>Böhler-Winkel</b>	0%	100%	0%
<b>Gissane-Winkel</b>	60%	40%	0%

<b>Tab. 99:</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standardabweichung</b>
<b>Talus-Höhe (Pixel)</b>	364	593	491,25	± 66,899

Tab. 95-99: Die Tabellen zeigen die Minimal-, Maximal- sowie Mittelwerte der röntgenologisch bestimmten Winkel und Achsen am Fuß. Weiterhin ist dargestellt inwieweit die gemessenen Winkel und Achsen den Normwerten entsprachen.

### 11.1.5 Arthrosen (Tab. 100-105)

<b>Tab. 100: Arthrosegrade Großzehengrundgelenk</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>0</b>	4	14,8%
<b>1</b>	18	66,7%
<b>2</b>	3	11,1%
<b>3</b>	2	7,4%

<b>Tab. 101: Arthrosegrade Zehengelenke</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>0</b>	21	80,8%
<b>1</b>	5	19,2%

<b>Tab. 102: Arthrosegrade Lisfranc-Gelenklinie</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>0</b>	3	11,5%
<b>1</b>	11	42,3%
<b>2</b>	10	38,5%
<b>3</b>	2	7,7%

<b>Tab. 103: Arthrosegrade Chopart-Gelenklinie</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>0</b>	10	37,0%
<b>1</b>	11	40,7%
<b>2</b>	4	14,8%
<b>3</b>	2	7,4%

<b>Tab. 104: Arthrosegrade USG</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>0</b>	6	22,2%
<b>1</b>	12	44,4%
<b>2</b>	3	11,1%
<b>3</b>	6	22,2%

<b>Tab. 105: Arthrosegrade OSG</b>	<b>Anzahl an Patienten</b>	<b>Prozentsatz</b>
<b>0</b>	10	37%
<b>1</b>	9	33,3%
<b>2</b>	8	29,6%

Tab. 100-105: Die Tabellen zeigen die Häufigkeiten der arthrotischen Veränderungen an den einzelnen Fußregionen, unabhängig vom Vorliegen von Frakturen in diesen Bereichen.

### 11.1.6 Baropedographie

#### 11.1.6.1 Durchschnittliche Stärken der Seitenabweichungen (Tab. 106-111)

##### a) Hallux und Zehen:

Tab. 106: Stärke der Abweichung	Seitendifferenz Maximaldruck		Seitendifferenz Durchschnittsdruck		Seitendifferenz Impuls	
	Hallux	Zehen	Hallux	Zehen	Hallux	Zehen
<b>Kaum</b>	56,3%	37,5%	21,9%	25%	34,4%	28,1%
<b>Geringfügig</b>	12,5%	15,6%	28,1%	15,6%	18,8%	21,9%
<b>Mittelmäßig</b>	18,8%	25%	28,1%	34,4%	9,4%	25%
<b>Stark</b>	5,4%	21,9%	21,9%	25%	37,5%	25%

##### b) Ossa Metatarsalia:

Tab. 107:	MT 1	MT 2/3	MT 4	MT 5
<b>Stärke der Abweichung des Maximaldruckes</b>				
<b>Kaum</b>	21,9%	28,1%	28,1%	15,6%
<b>Geringfügig</b>	28,1%	21,9%	31,3%	9,4%
<b>Mittel</b>	9,4%	28,1%	18,8%	21,9%
<b>Stark</b>	40,6%	21,9%	21,9%	53,1%

Tab. 108:	<b>Stärke der Abweichung des Durchschnittsdruckes</b>			
<b>Kaum</b>	18,8%	25%	15,6%	28,1%
<b>Geringfügig</b>	18,8%	28,1%	40,6%	18,8%
<b>Mittel</b>	28,1%	21,9%	28,1%	15,6%
<b>Stark</b>	34,4%	25%	15,6%	37,5%

Tab. 109:	<b>Stärke der Abweichung des Impulses</b>			
<b>Kaum</b>	21,9%	12,5%	12,5%	21,9%
<b>Geringfügig</b>	12,5%	25%	40,6%	21,9%
<b>Mittel</b>	18,8%	25%	34,4%	25%
<b>Stark</b>	46,9%	37,5%	12,5%	31,3%

##### c) Mittelfuß:

Tab. 110: Stärke der Abweichung	Seitendifferenz Maximaldruck	Seitendifferenz Durchschnittsdruck	Seitendifferenz Impuls
<b>Kaum</b>	18,8%	21,9%	40,6%
<b>Geringfügig</b>	34,4%	40,6%	12,5%
<b>Mittel</b>	28,1%	28,1%	31,3%
<b>Stark</b>	18,8%	9,4%	15,6%

d) Ferse:

<b>Tab. 111: Stärke der Abweichung</b>	<b>Seitendifferenz Maximaldruck</b>	<b>Seitendifferenz Durchschnittsdruck</b>	<b>Seitendifferenz Impuls</b>
<b>Kaum</b>	15,6%	37,5%	34,4%
<b>Geringfügig</b>	46,9%	25%	18,8%
<b>Mittel</b>	31,3%	28,1%	34,4%
<b>Stark</b>	6,3%	9,4%	12,5%

Tab. 106-111: Die Tabellen stellen die Häufigkeiten der Stärke der Seitenabweichung der pedographisch bestimmten Drücke und Impulse unabhängig von Frakturlokalisation und Vorliegen von Arthrosen dar.

**11.1.6.2 Durchschnittliche Seitenabweichungen ( $\pm$  Standardabweichung) in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation (Tab. 112-117)**

a) Zehenfrakturen:

<b>Tab. 112: Seitenabweichung</b>	<b>Hallux</b>	<b>Zehen</b>
<b>Maximaldruck</b>	16,15% ( $\pm$ 14,01) geringfügig	39,06% ( $\pm$ 5,42) stark
<b>Durchschnittsdruck</b>	10,73% ( $\pm$ 8,25) geringfügig	14,06% ( $\pm$ 7,47) geringfügig
<b>Impuls</b>	30,07% ( $\pm$ 19,06) mittel	7,71% ( $\pm$ 6,08) kaum

b) Frakturen der Ossa Metatarsalia und der Lisfranc-Gelenklinie:

<b>Tab. 113: Seitenabweichung</b>	<b>MT 1</b>	<b>MT 2/3</b>	<b>MT 4</b>	<b>MT 5</b>	<b>Mittelfuß</b>
<b>Maximaldruck</b>	35,47 ( $\pm$ 27,04) mittel	26,74 ( $\pm$ 18,54) mittel	18,70 ( $\pm$ 17,68) geringfügig	37,17 ( $\pm$ 24,56) mittel	24,00 ( $\pm$ 21,50) mittel
<b>Durchschnittsdruck</b>	34,49 ( $\pm$ 29,06) mittel	26,48 ( $\pm$ 19,90) mittel	22,21 ( $\pm$ 15,89) mittel	30,59 ( $\pm$ 25,71) mittel	23,95 ( $\pm$ 17,60) mittel
<b>Impuls</b>	40,17 ( $\pm$ 31,75) mittel	34,05 ( $\pm$ 26,06) mittel	24,66 ( $\pm$ 18,16) geringfügig	36,09 ( $\pm$ 28,23) mittel	25,41 ( $\pm$ 21,16) geringfügig

c) Frakturen der Chopart-Gelenklinie:

<b>Tab. 114: Seitenabweichung</b>	<b>Mittelfuß</b>	<b>Ferse</b>
<b>Maximaldruck</b>	20,48 ( $\pm$ 13,72) mittel	17,83 ( $\pm$ 12,57) geringfügig
<b>Durchschnittsdruck</b>	17,94 ( $\pm$ 12,97) geringfügig	17,81 ( $\pm$ 14,97) geringfügig
<b>Impuls</b>	21,47 ( $\pm$ 16,52) geringfügig	23,74 ( $\pm$ 17,13) geringfügig

d) Frakturen des Calcaneus:

<b>Tab. 115: Seitenabweichung</b>	<b>Mittelfuß</b>	<b>Ferse</b>
<b>Maximaldruck</b>	24,19 (± 19,88) mittel	17,01 (± 13,07) geringfügig
<b>Durchschnittsdruck</b>	17,48 (± 11,30) geringfügig	16,95 (± 15,90) geringfügig
<b>Impuls</b>	25,07 (± 21,80) geringfügig	20,23 (± 19,95) geringfügig

e) Frakturen des Talus:

<b>Tab. 116: Seitenabweichung</b>	<b>Mittelfuß</b>	<b>Ferse</b>
<b>Maximaldruck</b>	26,75 (± 15,72) mittel	14,26 (± 11,88) geringfügig
<b>Durchschnittsdruck</b>	23,17 (± 14,70) mittel	22,57 (± 9,49) mittel
<b>Impuls</b>	35,26 (± 24,02) mittel	30,63 (± 12,77) mittel

f) Frakturen des OSG und der distalen Tibia:

<b>Tab. 117: Seitenabweichung</b>	<b>Mittelfuß</b>	<b>Ferse</b>
<b>Maximaldruck</b>	28,44 (± 22,00) mittel	25,10 (± 18,56) mittel
<b>Durchschnittsdruck</b>	22,31 (± 18,59) mittel	21,56 (± 20,77) mittel
<b>Impuls</b>	29,84 (± 27,07) mittel	28,64 (± 22,53) mittel

Tab. 112-117: Die Tabellen stellen die Häufigkeiten der Stärke der Seitenabweichung der pedographisch bestimmten Drücke und Impulse in Abhängigkeit von der Frakturlokalisierung dar.

**11.1.6.3 Durchschnittliche Seitenabweichungen ( $\pm$  Standardabweichung) in Abhängigkeit vom Vorliegen von Arthrosen (Tab. 118-122)**

<b>Tab. 118: Arthrosen vom Grad 0 oder 1</b>	<b>Betrachtete Fußregion</b>	<b>Abweichung Maximaldruck</b>	<b>Abweichung Durchschnittsdruck</b>	<b>Abweichung Impuls</b>
<b>Großzehen- grundgelenk</b>	<b>Hallux</b>	12,00% ( $\pm$ 19,28) geringfügig	3,18% ( $\pm$ 1,10) kaum	3,00% ( $\pm$ 1,27) kaum
<b>Zehengrund- gelenke</b>	<b>Zehen</b>	18,22% ( $\pm$ 20,11) geringfügig	28,09% ( $\pm$ 24,67) mittel	31,10% ( $\pm$ 26,00) mittel
<b>Chopart- Gelenklinie</b>	<b>Mittelfuß</b>	20,11% ( $\pm$ 18,87) mittel	20,22% ( $\pm$ 16,55) geringfügig	24,10% ( $\pm$ 23,70) geringfügig
	<b>Ferse</b>	19,26% ( $\pm$ 17,61) geringfügig	18,87% ( $\pm$ 18,75) geringfügig	25,88% ( $\pm$ 20,35) geringfügig
<b>USG</b>	<b>Ferse</b>	21,16% ( $\pm$ 18,17) mittel	20,82% ( $\pm$ 20,17) geringfügig	28,78% ( $\pm$ 20,90) mittel
<b>OSG</b>	<b>Ferse</b>	19,57% ( $\pm$ 18,30) geringfügig	21,45% ( $\pm$ 19,10) mittel	28,38% ( $\pm$ 21,32) mittel

<b>Tab. 119: Lisfranc- Arthrosen Grad 0 oder 1</b>	<b>MT 1</b>	<b>MT 2/3</b>	<b>MT 4</b>	<b>MT 5</b>	<b>Mittelfuß</b>
<b>Maximaldruck</b>	30,49% ( $\pm$ 25,05) mittel	19,38% ( $\pm$ 14,36) geringfügig	16,25% ( $\pm$ 13,14) geringfügig	33,81% ( $\pm$ 17,17) mittel	15,47% ( $\pm$ 12,30) geringfügig
<b>Durchschnitts- druck</b>	29,91% ( $\pm$ 26,10) mittel	22,02% ( $\pm$ 16,52) mittel	17,59% ( $\pm$ 9,59) geringfügig	20,51% ( $\pm$ 18,17) geringfügig	15,01% ( $\pm$ 9,86) geringfügig
<b>Impuls</b>	3,36% ( $\pm$ 1,69) kaum	33,67% ( $\pm$ 21,44) mittel	24,21% ( $\pm$ 13,71) geringfügig	27,59% ( $\pm$ 19,26) geringfügig	18,43% ( $\pm$ 15,17) geringfügig

<b>Tab. 120: Lisfranc- Arthrosen Grad 2 oder 3</b>	<b>MT 1</b>	<b>MT 2/3</b>	<b>MT 4</b>	<b>MT 5</b>	<b>Mittelfuß</b>
<b>Maximaldruck</b>	41,44% ( $\pm$ 28,03) stark	30,24% ( $\pm$ 21,77) mittel	24,27% ( $\pm$ 21,73) mittel	44,06% ( $\pm$ 27,56) stark	27,34% ( $\pm$ 21,64) mittel
<b>Durchschnitts- druck</b>	44,00% ( $\pm$ 28,62) stark	27,83% ( $\pm$ 24,23) mittel	31,28% ( $\pm$ 22,73) mittel	38,98% ( $\pm$ 29,18) mittel	27,40% ( $\pm$ 20,57) mittel

<b>Tab. 121: Lisfranc- Arthrosen Grad 2 oder 3</b>	<b>MT 1</b>	<b>MT 2/3</b>	<b>MT 4</b>	<b>MT 5</b>	<b>Mittelfuß</b>
<b>Impuls</b>	52,49% ( $\pm 26,80$ ) stark	39,17% ( $\pm 26,60$ ) mittel	30,45% ( $\pm 24,05$ ) mittel	44,21% ( $\pm 32,52$ ) mittel	27,40% ( $\pm 24,83$ ) geringfügig

<b>Tab. 122: Arthrosen vom Grad 2 oder 3</b>	<b>Betrachtete Fußregion</b>	<b>Abweichung Maximaldruck</b>	<b>Abweichung Durchschnittsdruck</b>	<b>Abweichung Impuls</b>
<b>Großzehen- grundgelenk</b>	<b>Hallux</b>	25,00% ( $\pm 37,65$ ) mittel	43,22% ( $\pm 30,33$ ) stark	51,19% ( $\pm 39,12$ ) stark
<b>Zehengrund- gelenke</b>	<b>Zehen</b>	Keine Fälle vorhanden		
<b>Chopart- Gelenklinie</b>	<b>Mittelfuß</b>	23,73% ( $\pm 13,02$ ) mittel	20,35% ( $\pm 17,88$ ) geringfügig	25,78% ( $\pm 17,82$ ) geringfügig
	<b>Ferse</b>	20,86% ( $\pm 8,66$ ) mittel	17,59% ( $\pm 14,82$ ) geringfügig	22,45% ( $\pm 17,89$ ) geringfügig
<b>USG</b>	<b>Ferse</b>	16,52 ( $\pm 10,28$ ) geringfügig	14,11 ( $\pm 10,92$ ) geringfügig	17,78 ( $\pm 14,94$ ) geringfügig
<b>OSG</b>	<b>Ferse</b>	19,72% ( $\pm 8,91$ ) geringfügig	11,77% ( $\pm 12,23$ ) geringfügig	17,35% ( $\pm 12,39$ ) geringfügig

Tab. 118-122: Die Tabellen stellen die Häufigkeiten der Stärke der Seitenabweichung der pedographisch bestimmten Drücke und Impulse in Abhängigkeit von dem Vorliegen von arthrotischen Veränderungen in diesen Bereichen dar.

**11.1.6.4 Abweichungen der Ganglinien, Zycklogramme und Kontaktzeiten****11.1.6.4.1 In Abhängigkeit von Frakturen (Tab. 123-125)**a) Abweichung der Ganglinien

<b>Tab. 123: Frakturlokalisation</b>	<b>Abweichung der Ganglinie (<math>\pm</math>Standardabweichung)</b>	<b>Stärke der Abweichung der Ganglinie</b>
<b>Zehenfrakturen</b>	3,14 ( $\pm$ 4,53)	Geringfügig
<b>Lisfranc-Frakturen</b>	12,22 ( $\pm$ 24,18)	Stark
<b>Chopart-Frakturen</b>	13,80 ( $\pm$ 26,35)	Stark
<b>Calcaneusfrakturen</b>	16,49 ( $\pm$ 29,80)	Stark
<b>Talusfrakturen</b>	6,61 ( $\pm$ 6,16)	Mittel
<b>Frakturen des OSG und der distalen Tibia</b>	15,79 ( $\pm$ 26,49)	Stark

b) Abweichung der Zycklogramme

<b>Tab. 124: Frakturlokalisationen</b>	<b>Abweichung des Zycklogramms (<math>\pm</math> Standardabweichung)</b>	<b>Stärke der Abweichung des Zycklogramms</b>
<b>Zehen</b>	2,38% ( $\pm$ 1,02)	Kaum
<b>Lisfranc-Gelenklinie</b>	20,73% ( $\pm$ 31,30)	Stark
<b>Chopart-Gelenklinie</b>	21,47% ( $\pm$ 32,02)	Stark
<b>Calcaneus</b>	18,84% ( $\pm$ 29,45)	Stark
<b>Talus</b>	16,21% ( $\pm$ 28,60)	Stark
<b>OSG und distale Tibia</b>	18,56% ( $\pm$ 31,05)	Stark

c) Abweichung der Kontaktzeiten

<b>Tab. 125: Frakturlokalisation</b>	<b>Kontaktzeit Vorfuß</b>	<b>Kontaktzeit Rückfuß</b>	<b>Kontaktzeit gesamter Fuß</b>
<b>Zehen</b>	16,83% ( $\pm$ 19,73) Geringfügig	17,39% ( $\pm$ 11,78) Geringfügig	4,17% ( $\pm$ 3,20) Geringfügig
<b>Lisfranc-Gelenk</b>	35,64% ( $\pm$ 28,76) Mittel	24,37% ( $\pm$ 24,44) Mittel	11,13% ( $\pm$ 21,43) Mittel
<b>Chopart-Gelenk</b>	40,96% ( $\pm$ 33,52) Mittel	26,26% ( $\pm$ 28,20) Mittel	14,92% ( $\pm$ 26,19) Stark
<b>Calcaneus</b>	44,55% ( $\pm$ 34,86) Mittel	23,82% ( $\pm$ 29,20) Mittel	19,02% ( $\pm$ 28,81) Stark
<b>Talus</b>	32,71% ( $\pm$ 30,55) Mittel	18,99% ( $\pm$ 16,52) Geringfügig	8,60% ( $\pm$ 5,47) Mittel
<b>OSG und distale Tibia</b>	31,76% ( $\pm$ 25,43) Mittel	21,76% ( $\pm$ 24,96) Mittel	14,85 ( $\pm$ 22,98) Stark

Tab. 123-125: Die Tabellen zeigen die durchschnittlichen Seitenabweichungen ( $\pm$  Standardabweichung) der Ganglinien, Zycklogramme und Kontaktzeiten in Abhängigkeit von den Frakturlokalisationen.



**11.1.6.4.2** Abweichungen in Abhängigkeit von der Arthrosestärke (Tab. 126-131)a) Abweichung der Ganglinien

<b>Tab. 126: Arthrosen vom Grad 0 oder 1</b>	<b>Abweichung (<math>\pm</math>Standardabweichung)</b>	<b>Stärke der Abweichung</b>
<b>Großzehengrundgelenk</b>	8,02% ( $\pm$ 12,27)	Mittel
<b>Zehengrundgelenke</b>	11,25% ( $\pm$ 21,36)	Mittel
<b>Lisfranc-Gelenklinie</b>	4,22% ( $\pm$ 3,87)	Geringfügig
<b>Chopart-Gelenklinie</b>	11,58% ( $\pm$ 23,59)	Mittel
<b>USG</b>	13,05% ( $\pm$ 25,37)	Stark
<b>OSG</b>	13,42% ( $\pm$ 24,43)	Stark

<b>Tab. 127: Arthrosen vom Grad 2 oder 3</b>	<b>Abweichung (<math>\pm</math>Standardabweichung)</b>	<b>Stärke der Abweichung</b>
<b>Großzehengrundgelenk</b>	25,21% ( $\pm$ 41,95)	Stark
<b>Zehengrundgelenke</b>	Keine Fälle vorhanden	
<b>Lisfranc-Gelenklinie</b>	19,45% ( $\pm$ 29,71)	Stark
<b>Chopart-Gelenklinie</b>	9,92% ( $\pm$ 7,25)	Mittel
<b>USG</b>	7,52% ( $\pm$ 5,91)	Mittel
<b>OSG</b>	5,95% ( $\pm$ 7,06)	Geringfügig

b) Abweichung der Zyklogramme

<b>Tab. 128: Arthrosen vom Grad 0 oder 1</b>	<b>Abweichung (<math>\pm</math>Standardabweichung)</b>	<b>Stärke der Abweichung</b>
<b>Großzehengrundgelenk</b>	14,90% ( $\pm$ 24,15)	Mittel
<b>Zehengrundgelenke</b>	18,08% ( $\pm$ 28,08)	Stark
<b>Lisfranc-Gelenklinie</b>	8,56% ( $\pm$ 8,27)	Mittel
<b>Chopart-Gelenklinie</b>	16,59% ( $\pm$ 27,61)	Stark
<b>USG</b>	21,83 ( $\pm$ 32,91)	Stark
<b>OSG</b>	21,68 ( $\pm$ 32,06)	Stark

<b>Tab. 129: Arthrosen vom Grad 2 oder 3</b>	<b>Abweichung (<math>\pm</math>Standardabweichung)</b>	<b>Stärke der Abweichung</b>
<b>Großzehengrundgelenk</b>	28,71% ( $\pm$ 41,70)	Stark
<b>Zehengrundgelenke</b>	Keine Fälle vorhanden	
<b>Lisfranc-Gelenklinie</b>	29,20% ( $\pm$ 38,22)	Stark
<b>Chopart-Gelenklinie</b>	20,53% ( $\pm$ 30,52)	Stark
<b>USG</b>	8,73% ( $\pm$ 8,18)	Mittel
<b>OSG</b>	7,44% ( $\pm$ 6,86)	Mittel

## c) Abweichung der Kontaktzeiten

<b>Tab. 130: Arthrose Grad 0 oder 1</b>	<b>Kontaktzeit Vorfuß</b>	<b>Kontaktzeit Rückfuß</b>	<b>Kontaktzeit gesamter Fuß</b>
<b>Großzehen- grundgelenk</b>	33,24% ( $\pm$ 27,51) Mittel	16,54% ( $\pm$ 14,05) Geringfügig	8,47% ( $\pm$ 4,97) Mittel
<b>Zehengelenke</b>	38,60% ( $\pm$ 29,83) Mittel	22,29% ( $\pm$ 22,49) Mittel	11,46% ( $\pm$ 18,72) Mittel
<b>Lisfranc-Gelenk</b>	28,36% ( $\pm$ 21,15) Mittel	17,24% ( $\pm$ 18,51) Geringfügig	7,04% ( $\pm$ 5,59) Geringfügig
<b>Chopart-Gelenk</b>	34,70% ( $\pm$ 28,82) Mittel	22,49% ( $\pm$ 24,34) Mittel	12,79% ( $\pm$ 20,61) Mittel
<b>USG</b>	36,46% ( $\pm$ 30,29) Mittel	24,35% ( $\pm$ 25,59) Mittel	12,19% ( $\pm$ 22,53) Mittel
<b>OSG</b>	40,40% ( $\pm$ 32,84) Mittel	26,45% ( $\pm$ 23,48) Mittel	12,63% ( $\pm$ 21,86) Mittel

<b>Tab. 131: Arthrose Grad 2 oder 3</b>	<b>Kontaktzeit Vorfuß</b>	<b>Kontaktzeit Rückfuß</b>	<b>Kontaktzeit gesamter Fuß</b>
<b>Großzehen- grundgelenk</b>	57,99% ( $\pm$ 42,39) Stark	44,52% ( $\pm$ 37,21) Stark	24,57% ( $\pm$ 42,39) Stark
<b>Zehengelenke</b>	Keine Fälle vorhanden		
<b>Lisfranc-Gelenk</b>	50,54% ( $\pm$ 34,71) Mittel	28,19% ( $\pm$ 25,96) Mittel	16,61% ( $\pm$ 26,57) Stark
<b>Chopart-Gelenk</b>	48,73% ( $\pm$ 32,05) Mittel	19,03% ( $\pm$ 13,89) Geringfügig	6,79% ( $\pm$ 4,41) Geringfügig
<b>USG</b>	40,55% ( $\pm$ 29,51) Mittel	16,47% ( $\pm$ 13,04) Geringfügig	9,98% ( $\pm$ 3,63) Mittel
<b>OSG</b>	31,69% ( $\pm$ 20,11) Mittel	10,50% ( $\pm$ 14,70) Geringfügig	8,68% ( $\pm$ 3,20) Mittel

Tab. 126-131: Die Tabellen zeigen die durchschnittlichen Seitenabweichungen ( $\pm$  Standardabweichung) der Ganglinien, Zyklusgramme und Kontaktzeiten in Abhängigkeit vom Vorliegen von arthrotischen Veränderungen in diesen Fußbereichen.

## 11.2 Begleitschreiben

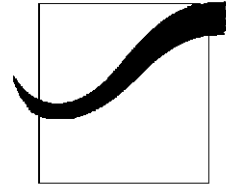


Klinikum der Universität Regensburg, Abtl. Unfallchirurgie  
Franz-Josef-Strauß-Allee 11, 93042 Regensburg

---

UNIVERSITÄT  
REGENSBURG

KLINIKUM



UNIVERSITÄTSKLINIKUM REGENSBURG  
Abteilung Unfallchirurgie  
Priv. Doz. Dr. med. Bernd Kinner  
Oberarzt

Telefon: 0941/944-6805  
Telefax: 0941/944-6806  
E-mail: bernd.kinner@klinik.uni-regensburg.de

Regensburg, 11.04. 2008

Sehr geehrte(r)

die Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Regensburg führt im Rahmen ihrer Forschungstätigkeit eine klinische Studie zum Thema komplexe Fußverletzungen durch und bittet Sie hierbei um Ihre Mithilfe.

Gerade Ihr Fall, der für Sie sicherlich eine erhebliche Belastung und Einschränkung bedeutete, ist für diese wissenschaftliche Studie von sehr großer Bedeutung.

Ihre erbetene Mithilfe würde darin bestehen, beiliegenden Fragebogen auszufüllen, der sich mit Ihrem Krankheitsverlauf und derzeitigem Gesundheitszustand in Folge der komplexen Fußverletzung befasst. Darüber hinaus kann eine kurze Nachsorgeuntersuchung an unserer Klinik Ihre Daten vervollständigen.

Einerseits leisten Sie hiermit einen großen Beitrag zur medizinischen Forschung und gewährleisten eine Verbesserung von Diagnostik und Therapie und andererseits geben wir Ihnen die Möglichkeit einer **kostenlosen Nachkontrolle**.

Somit möchten wir Sie bitten, beiliegenden Fragebogen auszufüllen und in dem bereits frankierten Umschlag schnellst möglich an uns zurückzusenden. Wir werden Sie dann zu der zuvor erwähnten Nachuntersuchung in unsere Klinik einladen und dabei selbstverständlich Ihren persönlichen Wunschtermin berücksichtigen. Natürlich werden Ihre Daten anonym behandelt und nur für diese Zwecke verwendet.

Begrenzte finanzielle Mittel lassen leider eine Erstattung der Fahrtkosten nicht zu. Wir hoffen dennoch, dass Sie an unserer Studie mitwirken. Sollten Sie eine Nachsorgeuntersuchung ablehnen, so schicken Sie uns bitte trotzdem den für unsere Studie so wichtigen Fragebogen zu.

Mit der Hoffnung auf eine gute Zusammenarbeit dürfen wir uns schon heute im Voraus für Ihr Entgegenkommen bedanken.

Mit freundlichen Grüßen,

PD Dr. Bernd Kinner

### 11.3 Fragebogen

#### Fragebogen zu Verlauf und Gesundheitszustand

Sehr geehrte (r)

bitte füllen Sie den Fragebogen unter Berücksichtigung Ihrer persönlichen Erfahrungen aus, indem Sie die zutreffende Antwort ankreuzen.

#### A1 VERLAUF

Erkrankte oder verletzte Seite      O Rechts      O Links      O Beidseits

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

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

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

Wann und wie oft haben Sie Schmerzen

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

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

- O nein      O gelegentlich      O 1 mal pro Tag      O mehrmals täglich

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

- O nein      O gelegentlich      O 1 mal pro Tag      O mehrmals täglich

☐

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

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

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

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

☐

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

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

☐

### Hinweise zu den Fragen und zum Ausfüllen des Bogens

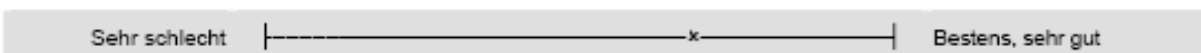
#### Zeitraum:

- ☐ Beschreiben Sie bitte nur den Zeitraum vor dem Unfall bzw. der Operation
- ☐ Beschreiben Sie bitte nur den Zeitraum zwischen Unfall/Operation und Implantatentfernung (IE)
- ☐ Beschreiben Sie bitte nur den Zeitraum seit der Implantatentfernung (IE)

(Zutreffendes ist vom Untersucher anzukreuzen)

Auf der Rückseite befindet sich ein Fragebogen zum Thema „Fußprobleme“ (z.B. Schmerzen am Fuß). Zur Beantwortung der Fragen steht Ihnen eine Skala in Form einer Linie zur Verfügung. Bitte markieren Sie als Antwort auf jede Frage die Stelle auf der Linie mit einem **Kreuz (x)**, die Ihre persönliche Situation im o.g. Zeitraum (durchschnittlich) am besten wiedergibt. Am linken Rand der Linien befindet sich immer der für Sie negativste Wert. Am rechten Rand befindet sich der für Sie positivste Wert. Schreiben Sie bitte keine Klartextantworten wie z.B. „sehr lange, über 2 Stunden“!

Nachfolgend ist eine Beantwortung der Frage „Wie geht es Ihnen heute?“ als Beispiel wiedergegeben:



Die Antwort durch das Kreuz auf der Linie bedeutet in diesem Beispiel, daß es Ihnen heute „ganz gut“ aber nicht „sehr gut“ geht.

Beantworten Sie die Fragen bitte nur negativ, wenn Fußprobleme auch wirklich verantwortlich für die Einschränkung bei einer bestimmten Tätigkeit sind. Beispiel: Die Frage nach Fußproblemen beim Laufen würden Sie vielleicht mit „Laufen unmöglich“ beantworten, weil Sie ggf. die Puste zum Laufen nicht (mehr) haben. Gemeint ist jedoch, ob Sie prinzipiell ohne Fußprobleme laufen könnten oder, ob Ihnen Fußprobleme - wie Schmerzen - das Laufen unmöglich machen.

**Sie müssen nicht jede Frage beantworten!** Beantworten Sie nur die Fragen, die Sie möchten und die Sie verstanden haben! Nutzen Sie bitte das Feld „Ergänzungen / Besonderheiten / Bemerkungen“ für Verbesserungsvorschläge und / oder Kritik.

#### Erläuterung einiger Begriffe:

**Körperliche Ruhe:** Gemeint ist der Zustand, wenn Sie keine anstrengenden Dinge tun wie z.B. die Zeitung lesen, auf dem Sofa oder im Bett liegen, fernsehen, Musik hören, sich entspannen usw.

**Körperliche Belastung:** Gemeint ist der Zustand, wenn Sie Tätigkeiten verrichten wie z.B. schwere Gartenarbeiten, schwere berufsbedingte Arbeiten, anstrengenden Sport treiben usw.

**Hausarbeiten:** Gemeint sind alltägliche Tätigkeiten wie z.B. Fenster putzen, bügeln, staubsaugen, abwaschen, kochen, den Boden wischen, aufräumen usw.

**Aktivitäten des täglichen Lebens:** Gemeint sind persönliche Tätigkeiten wie z.B. aus dem Bett aufstehen, essen, sich waschen, sich anziehen, sich die Schuhe anziehen, Strümpfe anziehen, sich die Schuhe zubinden usw. Die Antworten auf diese Fragen sollte sich nicht auf Tätigkeiten beziehen, die bereits an anderer Stelle des Fragebogens (z.B. Stehen, Vorbeugen, Tragen von Gegenständen usw.) erfragt werden!

#### Ergänzungen / Besonderheiten / Bemerkungen

© Interdisziplinäre Klinik der Medizinischen Hochschule Hannover 2005



Starkes Hinken, invalidisierend	Wie stark veränderten Fußprobleme Ihr Gangbild?	Keine Veränderung, normales Gangbild
Ständig, immer	Wie oft haben Sie in körperlicher Ruhe Fußschmerzen?	Nie, sehr selten
Nicht auszuhalten, unerträglich	Wie stark sind dann in körperlicher Ruhe die Fußschmerzen?	Keine Schmerzen
Ständig, immer	Wie oft haben Sie bei körperlicher Belastung Fußschmerzen?	Nie, sehr selten
Nicht auszuhalten, unerträglich	Wie stark sind dann bei körperlicher Belastung die Fußschmerzen?	Keine Schmerzen
die Schwäche behindert mich erheblich	Haben Sie den Eindruck, dass ein Bein schwächer ist als das andere?	gleiche Kraft wie im gesunden Bein
Ausgedehnte, schmerzhafte Schwielen	Haben Sie Fußschwielen?	keinerlei Schwielenbildung
Mein Fuß/Sprunggelenk ist ständig völlig steif	Haben Sie ein Steifigkeitsgefühl im Bereich Sprunggelenk oder der Fuß?	keinerlei Steifigkeit zu keinem Zeitpunkt
Treppensteigen unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Treppensteigen ein?	Treppensteigen ohne Einschränkung möglich
Alter Beruf kann nicht mehr ausgeübt werden	Wie stark schränken Fußprobleme Ihren Beruf ein?	Keine Einschränkung im Beruf
Autofahren unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Autofahren ein (Kupplung, Gas, Bremse)?	Autofahren ohne Einschränkung möglich
Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln	Wie lange können Sie ohne Fußprobleme stehen?	Stundenlang, ohne Einschränkung
auf einem Bein stehen ist unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Stehen auf einem Bein ein?	keine Einschränkung
Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln	Wie lange können Sie ohne Fußprobleme gehen?	Stundenlang, ohne Einschränkung
Auch kurzes Laufen unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Laufen ein (z. B. Jogging, Waldlauf etc.)?	Längeres Laufen ohne Einschränkung möglich
Allein unmöglich, immer hilfsbedürftig	Wie stark schränken Fußprobleme Aktivitäten des tägl. Lebens ein (z. B. Anziehen, Essen, Waschen etc.)?	Keine Einschränkung
Reisen unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Reisen ein (z. B. zugfahren, busfahren, fliegen etc.)?	keine Einschränkung
Ich kann nur orthopädische Schuhe tragen	Haben Sie Probleme passende Schuhe zu finden?	Ich kann jeden Schuh tragen
Auf unebenem Gelände Gehen unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Gehen auf unebenem Gelände ein?	keinerlei Einschränkung in unebenem Gelände
komplett gefühllos	Wie stark sind Gefühlsstörungen an Ihrem Fuß/ Ihren Füßen?	Normales Gefühl

## A2 GESUNDHEITSZUSTAND

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

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
2. mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
3. mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3

Hatten Sie in den vergangenen 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
4. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
5. Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2

Hatten Sie in den vergangenen Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche

## Anhang

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
6. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
7. Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	1	2

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen Wochen bei der Ausübung ihrer Alltags-tätigkeiten 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

In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 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 Wochen...

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

BEFINDEN	Immer	Mei- stens	Ziemlich oft	Manch- mal	Selten	Nie
9. ...ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
10. ...voller Energie?	1	2	3	4	5	6
11. ...entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6

12. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 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

13. Welchen Beruf haben Sie erlernt?



14. Waren Sie vor dem Unfall in ihrem erlernten Beruf tätig?

- ☐ Ja, mit folgender Stundenzahl:
- ☐ Nein, tätig als ..... mit einer Stundenzahl von

15. Sind Sie wieder arbeitsfähig?

- ☐ Ja, seit ..... und tätig als ..... mit einer Stundenzahl von
- ☐ Nein

16. Mussten Sie innerhalb ihres Arbeitsplatzes die Tätigkeit wechseln?

- ☐ Ja, ich war erst tätig als ..... und jetzt bin ich tätig als
- ☐ Nein

17. Haben Sie vor ihrer Verletzung Sport gemacht?

- ☐ Ja, folgende Sportarten:
- ☐ Nein

18. Können Sie derzeit Sport treiben?

- ☐ Ja, seit ..... und folgende Sportarten:
- ☐ Nein

19. Sind Sie in ihren Freizeitaktivitäten eingeschränkt?

- ☐ Nein
- ☐ Ja, in folgenden:

Könnten Sie sich vorstellen, zu einer Nachuntersuchung ins Klinikum zu kommen?

- ☐ Ja
- ☐ Nein

Für eine komplette Nachuntersuchung, die das Röntgen mit einschließt, wird ein gültiger Überweisungsschein benötigt. Wir bitten Sie in diesem Fall einen solchen mitzubringen.

Bitte geben Sie für etwaige Rückfragen Ihre **Telefonnummer** an:

Tel: \_\_\_\_\_

**B In der Nachuntersuchung auszufüllen**

**Gangbild**

- ☐ Normal, geringe Störung (8)
- ☐ auffällig, deutliche Störung (4)
- ☐ schwere Störung (0)

**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		

**Stabilität OSG und Rückfuß**

- ☐ a.p. stabil (8)
- ☐ a.p. instabil (0)
- ☐ lat. stabil
- ☐ lat. instabil

**Alignment**

- ☐ gut, plantigrader Fuß, Sprunggelenk/Rückfuß gut konfiguriert (10)
- ☐ ausreichend, plantigrader Fuß, geringe Fehlstellung Rückfuß, keine Symptome (5)
- ☐ schlecht, kein plantigrader Fuß, schwere Fehlstellung, Symptome (0)

**AOFAS SCORES**

Schwellungszustand

- ☐ keine Schwellung
- ☐ mild
- ☐ mäßig
- ☐ ausgeprägt

Einbeinzehenstand

- ☐ Keine Seitendifferenz und sicher für 1 min
- ☐ Unsicher für 10 sec
- ☐ Angedeutet
- ☐ Nicht möglich

Wadenumfang 15 cm unterhalb des Kniegelenks

- ☐ seitengleich
- ☐ -1 cm
- ☐ -2 cm
- ☐ >-2 cm

Schuheinschränkungen

- ☐ gleiche Schuhe wie vor dem Unfall
- ☐ Änderung der Schuhgröße
- ☐ Einlagenversorgung
- ☐ orthopädische Schuhe

Arbeitsfähigkeit

- ☐ voll, selber Arbeitsplatz
- ☐ Einschränkungen am alten Arbeitsplatz
- ☐ voll, Umschulung
- ☐ Teilzeit, mit Einschränkungen
- ☐ Arbeitsunfähig

Zeitpunkt \_\_\_\_\_

Sensibilität

- ☐ N. femoralis
- ☐ N. fibularis
- ☐ N. suralis

Motorik

- ☐