

Aus dem Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie  
der Medizinischen Fakultät Charité –  
Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Mittelfristige klinische und radiologische Ergebnisse nach  
osteosynthetischer Versorgung von Pilon tibial Frakturen

Zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Alexander Springer

aus Köthen

Datum der Promotion: 06.09.2019

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstract</b>	
Deutsch	4
Englisch	5
<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>1 Pilon tibial Fraktur</b>	<b>7</b>
1.1 Gegenstand der Arbeit und Stand der Literatur	7
1.2 Ätiologie und Morphologie der Pilon tibial Fraktur	9
1.3 Inspektion und Diagnostik von Pilon tibial Frakturen	12
1.3.1 klinische Untersuchung	12
1.3.2 radiologische Diagnostik	12
1.4 Klassifikation der Pilon tibial Fraktur	14
1.4.1 Klassifikation nach AO	15
1.5 Aktuelle Behandlungsstrategien von Pilon tibial Frakturen	19
1.5.1 Initiales Frakturmanagement	19
1.5.2 Ausversorgung der Pilon tibial Fraktur	20
1.5.3 Hindernisse bei der Ausversorgung von Pilon tibial Frakturen	21
1.5.4 postoperative Nachbehandlung von Pilon tibial Frakturen	22
1.6 Ziel der Arbeit	24
<b>2 Methoden der Untersuchung</b>	<b>25</b>
2.1 Patientenuntersuchung	25
2.2 klinische Untersuchung	26
2.3 radiologische Untersuchung	27
2.4 Statistik	30
2.5 Osteosynthetische Verfahren	31
2.6 Unfallhergang	32
2.7 Einteilung des Schweregrades	32
2.8 Operative Versorgung	38
<b>3 Ergebnis</b>	<b>41</b>
3.1 Komplikationen	41
3.2 Nachuntersuchungsergebnisse	42
3.3 radiologische Untersuchungsergebnisse	50
3.4 Gesamtergebnis	54
3.5 Fallübersicht	57
3.6 statistische Ergebnisse	62
3.7 spezielle Fallbetrachtung	66
<b>4 Diskussion</b>	<b>71</b>
4.1 Diskussion der Methoden	71
4.2 Diskussion der Komplikationen	72
4.3 Diskussion der subjektiven, klinischen und radiologischen Ergebnisse	76

<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>88</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>84</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>89</b>
	7.1 Nachuntersuchungsbögen	89
<b>8</b>	<b>Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>91</b>
<b>9</b>	<b>Tabellarischer Lebenslauf</b>	<b>92</b>
<b>10</b>	<b>Danksagung</b>	<b>94</b>

# Abstract

## Mittelfristige klinische und radiologische Ergebnisse nach osteosynthetischer Versorgung von Pilon tibial Frakturen

von Alexander Springer

Pilon tibial Frakturen sind eine seltene und schwere Verletzungsform. Vor allem die C-Frakturen haben infolge des schweren Weichteilschadens sowie der Frakturkomplexität ein hohes Komplikationsrisiko. Ziel dieser Arbeit war es, anhand einer retrospektiven Nachuntersuchung klinische und radiologische Ergebnisse nach osteosynthetischer Versorgung von Pilon tibial Frakturen zu evaluieren.

Retrospektiv wurden über einen Zeitraum von 5 Jahren (01/2005 – 12/2009) alle an der Charité Berlin, Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, versorgten Pilon tibial Frakturen erfasst. Innerhalb der Nachuntersuchung wurde das Outcome anhand von Scores (AOFAS), nach klinischen (Beweglichkeitsmessungen) und radiologischen (Arthrosegrad nach Kellgren) Parametern erhoben. Ausschlusskriterien waren auswärtig versorgte Frakturen, Malleolarfrakturen und Minderjährigkeit.

Unter Berücksichtigung der Ausschlusskriterien konnten im Zeitraum von 01/2005 – 12/2009 27/61 Patienten (Ø 43,6 Jahre, 18-69 Jahre) eingeschlossen und über einen Zeitraum von Ø 22,4 Monaten (0-60 Monate) nachuntersucht werden. Von den 27 Patienten wurden 26 Patienten osteosynthetisch versorgt. Ein Patient erhielt eine primäre Arthrodesse. Bei einem Patienten wurde im postoperativen Verlauf eine OSG Prothese implantiert und ein Patient musste US amputiert werden. Insgesamt wurden 10 B-Frakturen (37%; B1 4x; B2 4x; B3 2x) und 17 C-Frakturen (63%; C1 4x, C2 4x; C3 9x) nachuntersucht. 13 der Pilon tibial Frakturen waren mit Fibulafrakturen (48%) assoziiert. 19 (70%) der Frakturen wiesen einen geschlossenen Weichteilschaden (68% 2. gradiger Weichteilschaden) und 8 (30%) Frakturen einen offenen Weichteilschaden (50% 3. gradig offener Weichteilschaden) auf.

Die Nachuntersuchungsergebnisse stützen sich auf den AOFAS (American Orthopedic Foot and Ankle Society) Score. Hier wurden im Mittel 82/100 Punkte erreicht. Bei den B Frakturen wurde ein durchschnittlicher AOFAS Score von 89/100 Punkten und bei den C-Frakturen von 77/100 Punkten erreicht. Die durchschnittliche ROM lag bei 9/0/30 Grad (B Frakturen ROM 10/0/30; C Frakturen ROM 7/0/28). In der radiologischen Nachuntersuchung zeigte sich eine Arthroseverteilung von Kellgren (KG) 1° 34%, KG 2° 50%, KG 3° 8% und KG 4° 8%. Bei den B Frakturen zeigte sich eine Ausprägung von 60% leichten und 40% mittelgradigen Arthrosen. Bezüglich der C Frakturen zeigte sich folgende Ausprägung, 14,3% leichte, 57,1% mittelgradige und 28,6% schwere Arthrosen

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass gleichwohl es sich bei dem untersuchten Zeitraum um mittelfristige Ergebnisse handelt, sich bereits abzeichnet, dass das klinische Outcome mit der Frakturschwere korreliert. So erreichten die C-Frakturen geringere Score-Werte (AOFAS) und entwickelten im Vergleich zu den B-Frakturen häufiger eine posttraumatische Gelenkkontraktur und Arthrose.

## **Clinical and radiologic results of the osteosynthetic treatment of tibial pilon fractures**

by Alexander Springer

Tibial pilon fractures are rare and severe forms of injury. C-fractures in particular carry a higher complication risk due to both the heavy damage to the soft tissue and the complexity of the injury. The goal of this work was to evaluate the clinical and radiologic results of the osteosynthetic treatment of pilon tibial fractures on the basis of retrospective check-ups.

This study retrospectively includes all tibial pilon fractures treated at the clinic for trauma and reconstructive surgery of the Charité Berlin over a period of five years (from Jan/2005 to 12/2009). During the follow-up treatment, the outcome of these observation was evaluated on the basis the AOFAS scores in accordance with clinical (mobility measurements) and radiologic (assessment arthrosis on the Kellgren scale) parameters. The external treatment of injuries, malleolar fractures, and not being of legal age were criteria for exclusion.

Observing the criteria for exclusion, it was possible to conduct inclusive follow-up examinations on 27/61 patients (Ø 43,6 years old, ages 18-69) over a period of Ø 22,4 months (0-60 months). Out of 27 patients, 26 received osteosynthetic treatment. One patient received a primary arthrodesis. One patient was implanted with a prothesis of the upper ankle joint in the period after his operation, and another had to undergo the amputation of his lower leg. Altogether, a total of 10 B-fractures (37%; B1 4x; B2 4x; B3 2x) and 17 C-fractures (63%; C1 4x, C2 4x; C3 9x) were re-examined after surgery. 13 of the pilon tibial fractures (48%) were associated with fractures of the fibula. 19 of the fractures analysed (70%) displayed impatent damage of the soft-tissue (68% second-degree damage), with a further 8 fractures (30%) exhibiting patent damage of the soft-tissue (50% third-degree damage).

The results of the post-surgery follow up examinations are based on the scores set by the AOFAS (American Orthopedic Foot and Ankle Society). The mean reached here was of 82/100 points. The average score of B-fractures according to the AOFAS scale was of 89/100 points, and of the C-fractures 77/100. The average ROM value was of 9/0/30 degrees (B-fractures ROM 10/0/30; C-fractures ROM 7/0/28). The radiologic follow-up re-examination indicated an arthrosis dissemination on the Kellgren scale (KG) of 1° 34%, KG 2° 50%, KG 3° 8% and KG 4° 8%. B-fractures displayed a manifestation of 60% low-grade and 40% mid-grade arthrosis. C-fractures displayed the following manifestations: 14,3% low-grade, 57,1% mid-grade, and 28,6% high-grade arthrosis.

Summarizing, it can be affirmed that the correlation between the clinical outcome and the intensity of the fracture becomes apparent despite the intermediate nature of the results due to the limited timeframe of the study. Thus, C-fractures reached a lower AOFAS score and developed post traumatic joint contractures and arthrosis more frequently than B-fractures.

## Einleitung

Frakturen der distalen Tibia, insbesondere artikuläre Frakturen, die sogenannten Pilon tibial Frakturen sind seltene Verletzungsformen. Diese Frakturen stellen insgesamt, und vor allem insbesondere in ihren komplexen Formen, eine biologische und biomechanische Herausforderung an den behandelnden Unfallchirurgen. Die Erfahrung der letzten Jahre mit den teilweise schlechten Resultaten nach konventioneller Osteosynthese zeigte die große Bedeutung der Komplikationen für den späteren Outcome auf und somit für das Behandlungsergebnis. Zu nennen sind hier Knocheninfektionen, die sekundär protrahiert durch Hypoxie und Nekrose entstehen (1, 2). Es zeigte sich, dass ein großer Zugang mit ausgedehnter Freipräparation des Knochens für eine exakte Fragmentreposition und somit für eine anatomische Rekonstruktion der Gelenkfläche vorteilhaft ist, doch erhöht dieses Vorgehen das Risiko einer Knochennekrose. Denn für die sekundäre Knochenheilung ist eine ausreichende Versorgung mit Blut über das Gefäßnetz der periostalen Kortikalis und dem vaskularisierten Weichteilmantel notwendig (3). Daraus ergibt sich, nur durch das balancierte Zusammenspiel zwischen Frakturheilung (Biologie) und Frakturstabilisierung (Biomechanik), mit vorheriger anatomischer Rekonstruktion des Tibiaplafonds, wird ein komplikationsarmer Verlauf ermöglicht. Werden diese Grundsätze hinreichend beachtet, dann lassen sich bessere Langzeitergebnisse und bessere Langzeitprognosen erzielen, und die Ausbildung einer posttraumatischen Arthrose verringern. Die folgende Arbeit befasst sich mit einer retrospektiv angelegten Untersuchung von Pilon tibial Frakturen die in einem Zeitraum von Januar 2005 bis Dezember 2009 durch die Charité Berlin behandelt wurden. Anhand der Nachuntersuchung werden mittelfristige Ergebnisse der Pilon tibial Fraktur erfasst und ausgewertet.

# 1. Pilon tibial Fraktur

## 1.1 Gegenstand der Arbeit und Stand der Literatur

Gegenstand dieser Arbeit sind die Frakturen der distalen Tibia und insbesondere die artikulären Frakturen, die sogenannten Pilon tibial Frakturen. Im Verhältnis zu anderen Frakturen treten diese Frakturen verhältnismäßig selten auf, sind jedoch aufgrund ihrer oft komplexen Strukturen in einer Zone hoher Belastung schwierig zu rekonstruieren.

In der Literatur wird der Begriff „Pilon“ (dtsch. Mörserkolben) im Zusammenhang mit Frakturen der distalen Tibia und den artikulären Frakturen vom französischen Radiologen Destot im Jahre 1911 erstmals verwendet (4). Er führt den Begriff ein, um die Frakturen der tragenden tibialen Gelenkfläche von denen der Malleolarfrakturen abzugrenzen.

Diese Pilon Frakturen wurden im deutschsprachigen Raum allgemein als „Stauchungsbrüche des distalen Schienbeines“ bezeichnet. International hat sich inzwischen der Begriff „Pilon tibial Fraktur“ durchgesetzt (5).

Im Jahr 1913 wurde eine der ersten operativen Versorgungen durch Lambotte vorgenommen und publiziert. Er beschrieb die Pilon tibial Frakturen als „Y-Frakturen der Epiphyse“ (6). Laurence Böhler unternahm als einer der Ersten Anfang der 1950iger Jahre anhand kasuistischer Beschreibungen eine Analyse der Pilon Frakturen und deren Klassifikation (7). Die Besonderheit der Pilon tibial Fraktur ist, dass die Talusrolle durch vertikale Krafteinwirkung in das distale Schienbeinende (Mörserkolben) gestaucht wird. Dadurch kommt es wie Böhler 1957 beschrieb, dass in der Regel bei einem Hyperflexionstrauma ein Tibiahinterkantenfragment und bei einem Hyperextensionstrauma ein Tibiavorderkantenfragment durch den Talus weggeschlagen wird. Besteht zusätzlich eine axiale Stauchung, entsteht die sogenannte Y-Fraktur. Diese kann zu zusätzlichen Frakturfragmenten und Impaktierungszonen führen. Frakturen am medialen oder lateralen Malleolus werden häufig durch rotatorische Komponenten bedingt (7).

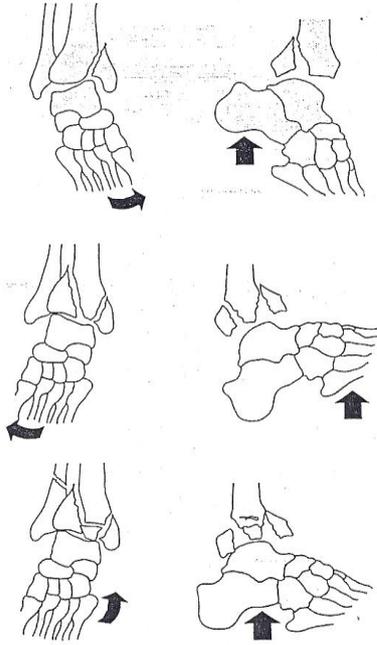


Abb. 1: Mechanismus der Pilon tibial Fraktur, Zwipp Chirurgie des Fußes (8, S.67)

Die Häufigkeit der Pilon tibial Fraktur variiert je nach Autor bzw. nach Region des versorgenden Krankenhauses. So wird der Anteil nach Rüedi et al. (9, 1968) mit 5%, von Bourne et al. (10, 1983) mit 7%, von Mast et al. (11, 1988) mit 1-10% und von Folwaczny und Sturmer (12, 1999) mit 3% publiziert. Nach Hendrich und Sieweke (13, 1993) beträgt ihr Anteil an Malleolarfrakturen 6,2%. Im Vergleich zu den Malleolarfrakturen ist die Pilon tibial Fraktur eine relativ seltene Verletzung (13).

Die Abgrenzung zu den Malleolarfrakturen, bei denen die tragende Gelenkfläche unbeteiligt bleibt, war und ist schwierig. Durch die sogenannten trimalleolaren Frakturen, welche eine Gelenkbeteiligung haben, kann es hier zu Überschneidungen kommen. Das sogenannte „Volkman-Dreieck“, eine posterolaterale Kantenabscherung der distalen Tibia, spielt hierbei eine zentrale Rolle. In der Literatur wird diese posterolaterale Kantenabscherung als Pilon tibial Fraktur angesehen. Jedoch nur, wenn diese in der Sagittalebene mindestens ein Drittel des Tibiaplafonds ausmachen (7, 9, 14).

Syndesmosenrupturen sind bei Pilon tibial Frakturen seltene Begleitverletzungen. Wenn die Fibula frakturiert, wird diese in die Dislokation der Tibia mitgerissen, da die Fibula mit der Tibia durch die meist intakten Syndesmosenbänder verbunden bleibt. Bleibt die Fibula bei artikulärer Tibiafraktur intakt, so bleiben über die Syndesmose Tibiafragmente mit der Fibula verbunden. Rupturen des fibulocalcarearen oder fibulotalaren Bandapparates sind häufige Begleitverletzungen bei Pilon tibial Frakturen oder Frakturen des oberen Sprunggelenkes. Dabei

ist dann der Talus nach medial oder nach proximal verschoben. Rupturen des Ligamentum deltoideum kommen bei Pilon tibial Frakturen nur selten vor, sie sind eher ein Kennzeichen für Malleolarfrakturen. Häufige Begleitverletzungen von Pilon tibial Frakturen, sind hingegen Frakturen des medialen Malleolus (5, 7).

Für verbleibende Klassifikationsprobleme stellte Heim 1991 (5) eine Reihe von Differenzierungsmöglichkeiten auf:

1. *Tubercule de Tillaux-Chaput, Frakturen der anterolateralen Gelenkfläche*
2. *Volkman-Dreieck, posterolaterale Kantenabscherung*
3. *Posteromediale Kantenfrakturen*

Unklarheit herrschte lange bei der Abgrenzung von den extraartikulären Frakturen der Tibiametaphyse. Erst Müller et al. (15, 1987) beendeten die lange herrschende Unklarheit über die Differenzierung von den extraartikulären Frakturen. Indem reine Fissuren, ohne Dislokation, als nicht artikulär bestimmt und somit nicht zu den Pilon tibial Frakturen gezählt werden (15). So wurden zum Beispiel supramalleoläre Frakturen mit Ausstrahlung in das Tibiaplafond als Form einer undislozierten Gelenkfissur von Hourlier (16, 1981) und Songis-Mortreux (17, 1975) ausgeschlossen, während sie bei Rüedi et al. (9) und Jahna et al. (14) mit berücksichtigt wurden.

## **1.2 Ätiologie und Morphologie der Pilon tibial Fraktur**

Die oben beschriebenen Frakturen der distalen Tibia und insbesondere die artikulären Frakturen, die sogenannten Pilon tibial Frakturen, sind häufig die Folge direkter Gewalteinwirkung. Als häufigste Erscheinung ist zunächst die axiale Stauchung des Tibiaplafonds zu nennen, aber auch Gewalteinwirkung durch Abscher-, Biege- und Torsionskräfte. Wobei selten eine singuläre Krafteinwirkung beteiligt ist, sondern fast immer ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Kräfte in Erscheinung tritt. Bei der Krafteinwirkung die zur axialen Stauchung führt werden Stürze aus großer Höhe oder Frontalzusammenstöße bei PKW Unfällen als häufige Ursachen berichtet. Hingegen werden Gewalteinwirkungen die auf Abscher-, Biege- und Torsionskräfte zurückzuführen sind oftmals im Rahmen von Sport- und namentlich bei Skiunfällen berichtet.

De Muynck arbeitet heraus, dass der Frakturätiologie der Pilon tibial Fraktur in der Literatur verschiedene Unfallmechanismen zugeordnet werden (52).

Daher setzt sich in manchen Publikationen das Patientenkollektiv aus Skiunfällen und sonstigen Sportunfällen zusammen (9, 17) und in anderen Publikationen überwiegen hingegen Stürze aus großer Höhe und Verkehrsunfälle (13, 18, 19, 20).

Nach Müller und Prescher sollten drei wesentliche Unfallmechanismen, die zu einer Pilon tibial Fraktur führen können, voneinander unterschieden werden (21):

1. Sprung oder Sturz aus großer Höhe mit axialer Kompression und mehrfragmentärer Fraktur des tibialen Gelenkplafonds als indirekte Frakturform
2. Arbeits- oder Verkehrsunfälle mit Quetschung des distalen Unterschenkels durch direkte äußere Gewalteinwirkung (Intrusion der Fahrgastzelle zum Beispiel)
3. Sportunfälle oder Treppab springen mit anschließender Distorsion können zu einem Verrenkungsmechanismus des oberen Sprunggelenkes mit axialer oder torquierter Kraftkomponente führen und somit zu einer Pilon tibial Fraktur führen

Eine vereinfachte Einteilung erfolgte 1994 durch Helfet et al. indem die Frakturdifferenzierung durch geringe Gewalteinwirkung (lower energy injury) sowie in höhergradige Gewalteinwirkung (higher energy injury) unterschieden wird. Zu den lower energy injuries zählen Stürze und Sportverletzungen, zu den higher energy injuries zählen Stürze aus großer Höhe und Verkehrsunfälle (19).

### **Morphologie**

In der Beschreibung und Klassifikation der Frakturmorphologie einer Pilon tibial Fraktur folgen wir den Ausführungen von Heim aus dem Jahr 1991.

Zunächst gliedert Heim die artikulären Frakturen in Frakturen mit partieller und vollständiger Dissoziation der Gelenkfläche. Als Unterscheidungskriterium gelten für ihn, dass bei den Frakturen mit partieller Dissoziation die anatomische Verbindung zwischen Gelenkanteil und Diaphyse intakt ist, während bei den zirkulären Frakturen mit vollständiger Dissoziation der Gelenkfläche dieses Kriterium für ihn nicht mehr gegeben ist (5).

Im Weiteren unterscheidet Heim (5) auf Höhe des Tibiaplafonds 3 Frakturmorphologien:

1. Spaltbrüche
2. Impressionsfrakturen
3. vollständige Dissoziation der Gelenkfläche

Im Folgenden die nähere Beschreibung der unterschiedenen Frakturmorphologien nach Heim (5).

Zu 1. Die Hauptpathologie der Spaltbrüche manifestiert sich in der Stufenbildung (Frakturstufe), einem Frakturspalt, einer Dislokation oder seltener in einer Torsion der Frakturfragmente. Spaltfrakturen können sowohl in der frontalen Ebene als auch in der sagittalen Ebene auftreten. Die Berücksichtigung der Frakturebenen ist nur bei den partiellen Frakturen sinnvoll. Denn bei diesen Frakturen ist ein Teil der Gelenkfläche intakt und verbleibt im Zusammenhang der Diaphyse. So kann aus der Lage und der Stellung des intakten Gelenkanteiles die Ebene des Frakturverlaufes abgeleitet werden und mit Hilfe der intakten Strukturen des Gelenkes wieder rekonstruiert werden. Bei vollständigen zirkumferenten Frakturen treten Spaltfrakturen ebenfalls häufig auf, können aber nicht mehr nach Ebenen (frontal, sagittal) eingeteilt werden. Diese Einteilung ist aufgrund der fehlenden Verbindung zwischen Gelenk, Diaphyse und der multiplen Frakturfragmente bzw. der Frakturebenen nicht mehr möglich (5).

Zu 2. Impressionsfrakturen werden durch Impaktierung der Gelenkfläche durch einen korrespondierenden Knochen hervorgerufen. Im Falle der Pilon tibial Frakturen wird die Impaktierung des Tibiaplafonds durch die Talusrolle bzw. dessen Kanten hervorgerufen. Durch die axiale Stauchung verursachen sie so eine Impaktion in der darüberliegenden Spongiosa. Dabei können die imprimierten Anteile eingeklemmt zwischen den umgebenden Frakturfragmenten liegen, welche oftmals dissoziiert vorliegen. Unsicherheit herrscht bei der Frage der Vitalität des imprimierten Fragmentes, da bei dieser Frakturform ein Zusammenhang mit der knöchernen Umgebung nicht mehr gegeben ist. Unterschieden wird bei Impressionsfrakturen zwischen den häufig auftretenden Dreieck- oder Türflügelimpressionen und den seltenen Stempel- und Muldenimpressionen. Dreieckimpressionen bestehen aus einer winkelförmigen Impaktion wobei die Basis des Dreieckes im Zusammenhang der umgebenden Gelenkfläche verbleibt. Türflügelimpressionen entsprechen in der Grundform einem Viereck mit einem an zwei Seiten aufgestauchten Deckel. Auch hier verbleibt die Basis des Vierecks im Zusammenhang der umgebenden Gelenkfläche. Stempelimpressionen bestehen aus einem zirkulären Imprimat aus der Gelenkfläche. Hierbei ist jeder Zusammenhang mit der knöchernen Umgebung unterbrochen (5).

Zu 3. Die komplexeste Verletzung stellt die Dissoziation des Tibiaplafonds dar. Hier finden sich multiple voneinander getrennte Frakturfragmente. Dissoziationsfrakturen entstehen aus einer

Kombination von Spaltungen und Impressionen mit unterschiedlicher Ausdehnung nach proximal (5).

## **1.3 Inspektion und Diagnostik von Pilon tibial Frakturen**

### **1.3.1 klinische Untersuchung**

Neben einer entsprechenden Unfallanamnese sollte das Augenmerk in der klinischen Erstuntersuchung der Einschätzung des Weichteilschadens (offen oder geschlossen), des neurovaskulären Zustandes der Extremität mit Motorik, Sensibilität und peripherem Pulsstatus liegen. Wichtig ist auch nach Anzeichen eines Kompartmentsyndroms zu suchen. Dieses kann bei Nichterkennen zu Nervenschäden und Muskelnekrose führen. Neben der Palpation des medialen und lateralen Malleolus sollte der restliche Unterschenkel sowie der ipsilaterale Fuß untersucht werden, um Begleitverletzungen zu erfassen.

Typisches klinisches Bild einer Pilon Fraktur ist eine lokale Schwellung, eine Fehlstellung (Achsfehlstellung) sowie ein deutlicher Druckschmerz im Bereich der Malleolarregion. Ferner kann das klinische Bild durch ein subkutanes Hämatom (Ekchymose) ergänzt werden. Die Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk ist schmerzhaft eingeschränkt. Bei Luxationsfrakturen ist eine axiale Fehlstellung und knöcherne Prominenz evident. Zur Vermeidung von Hautnekrosen und weiterer Weichteilschädigung ist hier eine sofortige notfallmäßige Reposition indiziert.

### **1.3.2 radiologische Diagnostik**

Zu den Standardröntgenaufnahmen des oberen Sprunggelenkes gehören eine exakte seitliche Aufnahme sowie eine anteroposteriore Aufnahme. Die anteroposteriore (a.p.) Aufnahme sollte in 20° Innenrotation des Unterschenkels erfolgen (Gabelaufnahme, engl. „mortise view“), dadurch werden Knöchelgabel und Gelenkspalt überlappungsfrei dargestellt. Empfehlenswert sind darüber hinaus Röntgenbilder des gesamten Unterschenkels in zwei Ebenen, um die Ausdehnung der Fraktur, Zusatzverletzungen, Kettenverletzungen und etwaige Achsenfehlstellungen erkennen zu können. Autoren wie Helfet et al. (19) raten zur Anfertigung von Schrägaufnahmen, andere Autoren wie Heim (5) sehen diese Aufnahmen lediglich als Ergänzung.

Bei Verdacht auf Impressionen oder Dissoziationen der Gelenkfläche ist die Indikation zur Anfertigung einer Computertomographie (CT) obligat. Die Computertomographie bietet die Möglichkeit der Darstellung in mehreren Ebenen. Hierzu zählen coronare und sagittale Rekonstruktionen sowie die dreidimensionale Darstellung. Allerdings sollte die Diagnostik der allgemeinen Situation des Patienten (polytraumatisierter Patient) und der Frakturart angepasst sein. Zur Planung des operativen Vorgehens und zur Klärung spezieller Fragestellungen, möglicher Impaktionen, ist die Anfertigung einer Computertomographie indiziert.

Die Magnetresonanztomographie (MRT) spielt in der Diagnostik der Pilon tibial Fraktur nur eine untergeordnete Rolle.

## 1.4 Klassifikation der Pilon tibial Fraktur

1911 hatte bereits Destot die prognostische Bedeutung einer intraartikulären Fraktur bei den Malleolarfrakturen erkannt (4). Die Untersuchung der verschiedenen zugrundeliegenden Unfallmechanismen wurde von Lauge-Hansen durchgeführt und bildete anschließend die Grundlage zur konservativen Behandlung (Reposition und Retention) (22). Auch die Darstellungen von Lorenz Böhler orientierten sich am Unfallmechanismus mit Drehung, Biegung, Stauchung und Abscherung (7).

Weber zeigte 1965 ein Schema zur Klassifikation distaler Tibiafrakturen. Er zeigte in dieser Arbeit, dass die Frakturform bei axialer Stauchung des Fußes von der Haltung des Fußes abhängt (23, 1965). Darin unterschied er drei Formen von intraartikulären Stauchungsbrüchen.

1. Fuß in Plantarflexion
2. Fuß in neutraler Position
3. Fuß in Dorsalflexion

Rüedi et al. veröffentlichten eine Klassifikation von Pilon tibial Frakturen, in der mit Hilfe von acht Kriterien Punkte vergeben wurden, die neben der Prognose vor allem auf die operative Behandlung ausgerichtet war. Eine vereinfachte Einteilung wurde 1979 mit entsprechenden Zeichnungen veröffentlicht (24). Diese wurde seitdem in der internationalen Literatur benutzt (siehe Abb. 2.).

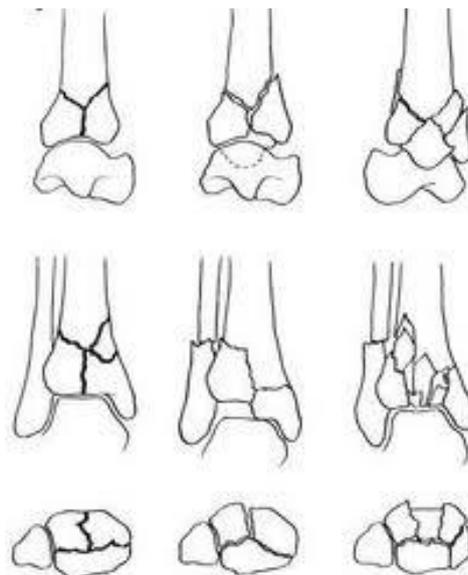


Abb. 2: Einteilung der Pilon tibial Frakturen n. Rüedi u- Allgöwer (24, 1979), es sind nur zirkuläre Frakturen abgebildet

In Analogie zur Klassifikation anderer intraartikulärer Frakturen veröffentlichte Rüedi 1983 eine Klassifikation, die nach dem ABC-Prinzip der AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) gliedert war (25). Die extraartikulären distalen Tibiafrakturen entsprechen dem Typ A. Alle Frakturen mit intraartikulärem Verlauf entsprechen Typ B. Intraartikuläre Frakturen mit Impression der Gelenkfläche sind als Typ C Frakturen deklariert.

Die entscheidende Trennung der partiellen von den artikulären Frakturen erfolgte 1987 durch die Klassifikation nach dem ABC-Prinzip der AO (15). Die extraartikulären Frakturen bilden nach wie vor die Gruppe A. Frakturen mit partieller Gelenkbeteiligung (der erhaltene Gelenkanteil bleibt in Verbindung zur Diaphyse) gehören der Gruppe B an. Und die zirkulären Gelenkfrakturen werden der Gruppe C zugeordnet. Impressionen und partielle artikuläre Trümmer führen bei den Frakturen mit partieller Gelenkbeteiligung zu Untergruppen B2 und B3. Metaphysäre Eintauchung sowie artikuläre Trümmerzone führen zu den Untergruppen C2 und C3.

#### **1.4.1 Klassifikation nach AO**

Aus einer Analyse der AO von 1077 distalen Tibiafrakturen, davon 680 intraartikuläre Frakturen, entstand 1991 die bis heute aktuelle Klassifikation nach dem ABC-Prinzip. In der ersten Fassung wurden alle distalen Tibiafrakturen (Typ AO 43) berücksichtigt, da die Pilon tibial Fraktur per definitionem die Gelenkfläche betrifft werden die extraartikulären Frakturen (Gruppe A) weggelassen und lediglich die intraartikulären Frakturen erläutert. Die Klassifikation der AO stützt sich auf die Anfertigung von radiologischer Diagnostik mittels Röntgenaufnahmen in a.-p. und seitlich (5).

Von klinischer Relevanz ist die Abgrenzung gegen die Tibiaschaftfrakturen (Typ AO 42 A/B/C). Zur Eingruppierung in die Gruppe der metaphysären Frakturen (Typ AO 43) muss die Frakturhauptkomponente in einem Quadrat liegen, welches durch die maximale Tibiabreite auf Gelenkspalthöhe des oberen Sprunggelenkes (OSG) (Kantenlänge des Quadrates) definiert ist (26).

**B partielle Gelenkfraktur (ein Teil der Gelenkfläche bleibt in anatomischer Verbindung zur Diaphyse)**

**B1 Spaltfrakturen**

B1.1 Spalt frontal (dorsal oder ventral)

B1.2 Spalt sagittal (medial oder lateral)

B1.3 multifragmentäre Spaltung in der Metaphyse



Abb. 3: Partielle Gelenkfrakturen B1, Spaltung im Gelenk

**B2 Spaltfraktur mit Impression**

B2.1 frontal (dorsal oder ventral)

B2.2 sagittal (medial oder lateral)

B2.3 Spaltimppressionsfraktur des zentralen Fragmentes



Abb. 4: Partielle Gelenkfrakturen B2, Spaltung mit Impression

**B3 multifragmentäre Impressionsfrakturen mit partieller Dissoziation der Gelenkfläche**

B3.1 dorsale Wand intakt

B3.2 laterale oder mediale Wand intakt

B3.3 Ausdehnung in die Diaphyse



Abb. 5: Partielle Gelenkfrakturen B3, multifragmentär mit Dissoziation der Gelenkfläche

**C vollständige (zirkuläre) Gelenkfraktur**

- C1 einfache Gelenkfraktur metaphysär
  - C1.1 Spalt im Gelenk ohne Impression
  - C1.2 Impression und Spalt im Gelenk
  - C1.3 Frakturverlauf bis in die Diaphyse

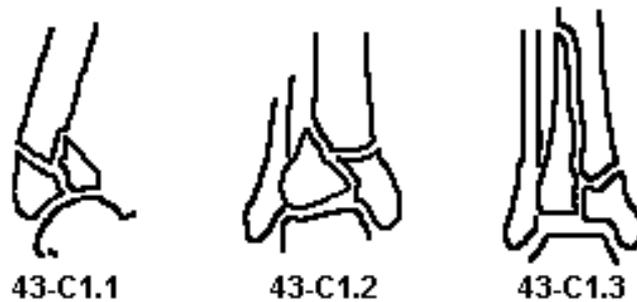


Abb. 6: zirkuläre Gelenkfrakturen C1, einfache Gelenkfraktur

**C2 Gelenkfraktur einfach, metaphysär komplex**

- C2.1 Gelenkspaltung (+Impression) + Impaktion der Metaphyse
- C2.2 Gelenkspaltung (+Impression) + Trümmerzone der Metaphyse
- C2.3 Gelenkspaltung (+ metaphysäre Impaktion oder Trümmerzone) + Frakturverlauf bis in die Diaphyse



Abb. 7: zirkuläre Gelenkfrakturen C2, einfache Gelenkfraktur, metaphysär komplex

- C3 multifragmentäre Gelenkfrakturen mit Dissoziation der Gelenkfläche
  - C3.1 Fraktur auf die distale Metaphyse begrenzt
  - C3.2 Frakturverlauf bis zur proximalen Metaphyse
  - C3.3 von der Epiphyse bis in die Diaphyse reichend

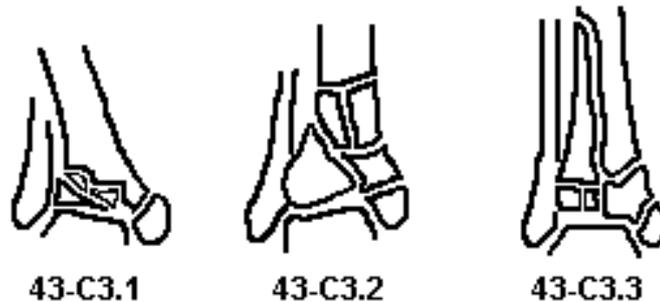


Abb. 8: zirkuläre Gelenkfrakturen C3, multifragmentär mit Dissoziation der Gelenkfläche

Alle Abbildungen 3-8 nach Heim 1991 (5)

Das Hauptunterscheidungsmerkmal zwischen der B- und C Frakturklassifikation ist, dass bei den B-Frakturen, die partiell artikulär sind, ein Teil der Gelenkfläche intakt ist und somit noch immer mit der Diaphyse im Verbund steht. Daher kommt diesem Frakturtyp prognostisch und therapeutisch ein großer Vorteil gegenüber den C Frakturen zugute. Aufbauend von den intakten Gelenkanteilen kann die restliche frakturierte Gelenkfläche reponiert und aufgebaut werden. Der intakte Gelenkanteil dient dabei als Stütze zur Stabilisation der Fraktur (5).

Dem gegenüber stehen die C-Frakturen, bei denen keine Verbindung zwischen Gelenk und Diaphyse besteht. C-Frakturen sind zirkumferente Frakturen, die die gesamte Metaphyse oder Diaphyse umfassen. Diese Frakturen sind instabiler als die B-Frakturen (5).

Der Unterschied zwischen B und C Frakturen liegt also in der Langzeitprognose, der Komplexität der Fraktur und im chirurgischen Anspruch der Wiederherstellung der Gelenkfläche. Somit gehören die C3-Frakturen zu den Brüchen mit der schlechtesten Prognose und damit auch zu den Frakturen die am schwierigsten operativ zu behandeln sind.

## **1.5 Aktuelle Behandlungsstrategien von Pilon tibial Frakturen**

### **1.5.1 Initiales Frakturmanagement**

Indikationen zur operativen Versorgung von Pilon tibial Frakturen sind dislozierte Frakturfragmente, Gelenkstufen von >2mm, Gelenkinstabilität, Achsabweichungen und offene Frakturen. Zur Vermeidung von Hautnekrosen und weiterer Weichteilschädigung ist hier eine sofortige notfallmäßige Reposition indiziert. Entscheidend für den operativen Erfolg ist der richtige Zeitpunkt der Operation. Daher sollten nur relativ unkomplizierte Frakturen mit minimalem Weichteilschaden in den ersten 6-8h operativ versorgt werden. Denn bei der endgültigen Ausversorgung von schweren Pilon tibial Frakturen oder Frakturen mit großem Weichteilschaden müssen die Weichteile einen Eingriff tolerieren (27). Die meisten Autoren empfehlen daher ein zweizeitiges Vorgehen (5, 27, 28, 29, 30). Durch das zweizeitige Vorgehen wird das Problem der Gelenkfraktur und das Problem der Weichteilschädigung, getrennt voneinander gelöst.

Durch die Methode der Calcaneusextension kann keine zuverlässige Ruhigstellung im Frakturgebiet erfolgen, zusätzlich werden die Weichteile durch den axialen Zug weiterhin belastet. Es sollte daher zum frühestmöglichen Zeitpunkt ein gelenkübergreifender Fixateur externe mit calcaneus Pin angelegt werden (27, 30). Dieses Vorgehen dient der Wiederherstellung der Achsen, der Länge und zur Entlastung der Weichteile durch eventuelle Frakturfragmente. Alternativ kann die Ruhigstellung, je nach Weichteilsituation, auch durch Kirschner-Drähte oder Ilizarov-Ringe erfolgen. In einigen seltenen Fällen mit schwerster Weichteilschädigung in Kombination mit kompletter Zerstörung der Metaphyse kann eine primäre Verkürzung indiziert sein.

Offene Frakturen sollten initial ausgiebig debridiert werden. Je nach Ausmaß der Hautschädigung und des begleitenden Weichteilschadens kann eine Primärnaht oder der temporäre Wundverschluss mittels Epigard erfolgen. Bei offenen Frakturen mit großem Weichteilschaden muss über eine plastische Deckung (freier Lappen, Mesh-Graft) innerhalb der ersten Woche nachgedacht werden. Dabei erfolgt die definitive Versorgung der Fraktur unmittelbar vor der plastischen Deckung. Die Transfixation mittels Fixateur externe sollte zu weichteilprotektiven Zwecken postoperativ beibehalten werden (27).

## 1.5.2 Ausversorgung der Pilon tibial Fraktur

Für die notwendige individuelle Operationsplanung ist es wichtig die Größe und die Zuordnung der meist sechs typischen Hauptfragmente zu kennen. Je nach Ausmaß der Krafteinwirkung auf das Pilon sind die nachstehenden Fragmente zu finden. Diese sind (27):

1. Mediales Malleolarfragment (84%, kann bis zu 40% der horizontalen Gelenkfläche betragen)
2. anterolaterales Fragment (58%, vorderes Syndesmosenband, Lig. Tibiofibulare anterius, tragend)
3. posterolaterales Fragment (26%, hinteres Syndesmosenband, Lig. Tibiofibulare posterius, tragend)
4. anteriores Tibiakantenfragment (76%)
5. posteriores Tibiakantenfragment
6. zentrales Pilonfragment (50%, sog. die-punch Fragment)

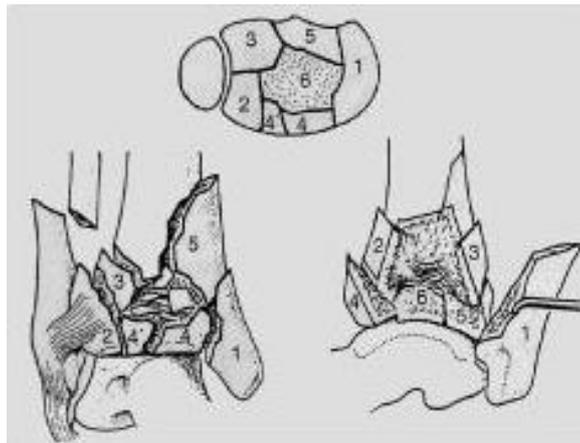


Abb. 9: Die 6 Hauptfragmente der Pilon tibial Fraktur

Abb. aus (27)

Abgesehen von der metaphysären Fraktur ist auch die Ausdehnung der Fraktur in die Diaphyse zu betrachten. So findet sich bei den zirkulären Frakturen mindestens ein Frakturfragment auf Höhe der Diaphyse, welches die Frakturreposition und –stabilisierung erschweren kann.

Die im oberen Abschnitt aufgezählten Frakturtypen und Frakturbestandteile bildeten die Grundlage für die heutige AO-Klassifikation sowie die Behandlungsprinzipien der AO.

1963 machte die AO-Gruppe auf den metaphysären Knochendefekt aufmerksam und empfahl die Auffüllung mit autologer Spongiosa (31). Die Behandlungsprinzipien der AO wurden an einem größeren Patientenkollektiv von Rüedi et al. 1968 überprüft. Sie forderten aufgrund der guten Ergebnisse, 74%, ein standardisiertes operatives Vorgehen aus vier Schritten bestand (9).

1. Reposition und Rekonstruktion der Fibula (falls frakturiert)
2. Reposition und Rekonstruktion der tibialen Gelenkfläche
3. autogene Spongiosaplastik oder eines Impaktion eines kortikospongiösen Spans (falls erforderlich)
4. interne Fixation mittels Abstützplatte

### **1.5.3 Hindernisse bei der Ausversorgung von Pilon tibial Frakturen**

Pilon tibial Frakturen haben im Vergleich zu Malleolarfrakturen eine hohe Komplikationsrate und gehören somit zu den folgenschwersten Verletzungen der unteren Extremität (5). Ihre Prognose wird nicht nur durch die schwere der knöchernen Verletzung mit Gelenkbeteiligung und Knorpelschäden bestimmt, sondern auch maßgeblich vom begleitenden Weichteilschaden beeinflusst (19). Aufgrund des zugrundeliegenden Unfallmechanismus liegt bei Pilon Frakturen häufig ein erheblicher Weichteilschaden vor. Pilon tibial Frakturen sollten daher von erfahrenen Chirurgen behandelt werden.

1993 berichten Hendrich und Sieweke das bei 172 versorgten Pilon Frakturen der Anteil an offenen Frakturen bei 12,8% also 22 Frakturen lag. Im Gegensatz dazu waren es bei 2586 Malleolarfrakturen im gleichen Zeitraum nur 2,8% also 73 offene Frakturen (13). Werden neben den offenen Frakturen auch die geschlossenen Frakturen mit erheblichem Weichteilschaden berücksichtigt, so ist der Anteil insgesamt noch höher anzusetzen. Die Angaben in der Literatur variieren zwischen 40% (Nast-Kolb et al. 1993), 45% (Rommes et al. 1994) und 69% (Tornetta et al. 1993) (28, 32, 33).

Eine korrekte präoperative Planung sowie die Wahl des richtigen Operationszeitpunktes sind entscheidende Faktoren zur Minimierung postoperativer Komplikationen. Zu den möglichen Komplikationen gehören die Nekrose der Haut und der tiefen Weichteile (Vollhautnekrose), die avaskuläre Knochennekrose, Wundinfektionen, das Kompartmentsyndrom, das CRPS-Syndrom, Knocheninfektionen, die Ausbildung einer Pseudarthrose, und die Knochensqueterbildung.

Weiterhin kann es zum Implantatversagen nach Osteosyntheseeingriffen, daraus resultierenden Achsenfehlstellungen und Ausbildung einer posttraumatischen Arthrose kommen.

Aufgrund der genannten Komplikationen finden häufig nicht geplante Weichteil- und Revisionseingriffe statt. Die Folgeoperationen im Verlauf lassen sich in Operationen zur Weichteildeckung (plastische Rekonstruktionen) und Operationen zur Infektchirurgie (Debridement, Reosteosynthesen) unterteilen. Im Langzeitverlauf können Korrekturosteotomien bei Achsdeviationen oder die obere Sprunggelenkarthrodese und die Implantation einer oberen Sprunggelenkprothese bei Arthrose notwendig werden.

Von zahlreichen Autoren wird auf die Bedeutung des offenen vs. des geschlossenen Weichteilschadens in Bezug auf die Frakturheilung und des Komplikationsrisikos, vor allem des Infektrisikos, hingewiesen (1, 2, 13, 28). Tscherne wies bereits 1983 auf die besondere Bedeutung der Erstversorgung bei Frakturen mit Weichteilschaden hin (2).

Durch den hohen Grad der Traumatisierung werden ossäre Fragmente aus dem vitalen Verbund gerissen, der dadurch entstehende Druck der dislozierten Fragmente, das Auftreten von reflektorischen Gefäßspasmen sowie traumatische Intimaschädigung führen zu Durchblutungsstörungen. Es stellt sich die Frage, in welchem Umfang Knochen und Weichteile eine operative Traumatisierung angesichts dieser ungünstigen Ausgangsbedingungen verkraften. Zudem ist das obere Sprunggelenk sehr anfällig für die Ausbildung einer posttraumatischen Arthrose. Daher sind an die Rekonstruktion der Gelenkfläche hohe Anforderungen zu stellen (5).

#### **1.5.4 postoperative Nachbehandlung von Pilon tibial Frakturen**

Postoperativ wird das Bein in einer Unterschenkelschiene / Orthese zur Spitzfußprophylaxe und Weichteilkonsolidierung hochgelagert und gekühlt. Die krankengymnastische Beübung mit passiver Dorsalextension kann je nach erreichter Übungsstabilität und Weichteilkonsolidierung ab dem 1. postoperativen Tag begonnen und durch Lymphdrainagen ergänzt werden. In Abhängigkeit der Weichteilsituation sowie der Compliance der Patienten kann die Mobilisation mit 15kg Teilbelastung an Unterarmgehstützen erfolgen und um krankengymnastische Bewegungsübungen erweitert werden. In Abhängigkeit der radiologischen Durchbauung kann eine Teilbelastung von 8 - 12 Wochen erforderlich sein. Allgemein gilt, dass die Teilbelastungszeit dem Schweregrad der Fraktur und der knöchernen Konsolidierung angepasst werden sollte.

Die Indikation zur Implantatentfernung nach Pilon tibial Frakturen wird zurückhaltend gestellt. Entscheidend hierbei ist der Wunsch des Patienten. Prominente Metallkonturen im Bereich des medialen oder lateralen Malleolus, bei schwacher Weichteildeckung, können eine Metallentfernung notwendig machen.

## **1.6 Ziel der Arbeit**

Ziel der Arbeit ist es anhand einer retrospektiven Nachuntersuchung klinische und radiologische Ergebnisse der Pilon tibial Fraktur zu erfassen.

Es wurden subjektive Parameter, durch Score Bögen, die Nutzung der visuellen Analogskala sowie die Range of Motion des betroffenen Gelenkes erhoben. Objektive Parameter, wie die Ausbildung einer Arthrose, Achsfehlstellungen oder Implantatversagen, wurden durch radiologische Röntgendiagnostik erfasst.

## **2. Methoden der Untersuchung**

### **2.1 Patientenuntersuchung**

Retrospektiv wurden alle Patienten mit einer Pilon tibial Fraktur, die an der Charité Berlin Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie in einem Zeitraum vom 01.01.2005 bis 31.12.2009 versorgt wurden, erfasst.

Die hier vorgestellten Daten stammen aus dem elektronischen Dokumentationsmaterial der Universitätsklinik Charité Berlin, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie. Es wurden mit Hilfe der Operationsprotokolle und der Röntgendiagnostik retrospektiv Pilon tibial Frakturen in einem Zeitraum von Januar 2005 bis Dezember 2009 herausgefiltert. Alle Patienten, die in diesem Zeitraum an einer Pilon tibial Fraktur behandelt wurden, wurden zur Nachuntersuchung einbestellt und nach folgenden Kriterien nachuntersucht.

Auswärtig erfolgte Erstbehandlung und Minderjährigkeit waren Ausschlusskriterien zur Nachuntersuchung. Ebenfalls wurden Malleolarfrakturen (Unterscheidungskriterien siehe 1.2) vom nachzuuntersuchenden Kollektiv ausgeschlossen.

Durch dieses Verfahren konnten im Zeitraum von Januar 2005 bis Dezember 2009 61 Patienten identifiziert werden. Von diesen 61 Patienten mussten zwölf Patienten nach radiologischer Frakturkontrolle ausgeschlossen werden, da es sich bei den Frakturen nicht um Pilon tibial Frakturen handelte, sondern um Malleolarfrakturen. Ferner war Minderjährigkeit ein weiteres Ausschlusskriterium. Daher wurden weitere zwei Patienten mit Pilon Frakturen ausgeschlossen. Von den verbleibenden 47 Patienten konnten 40 Patienten erreicht werden. Drei der ehemaligen Patienten sind im Verlauf verstorben und zwei Patienten sind inhaftiert. Weitere fünf Patienten wollten an der Nachuntersuchung nicht teilnehmen, da diesen der Aufwand nach Berlin (Berlin nicht der aktuelle Wohnsitz) zu kommen zu hoch war. Zwei weitere Patienten kamen aus gesundheitlichen Gründen nicht zur vereinbarten Nachuntersuchung und konnten auch zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr erreicht werden. Ein auswärtig vorbehandelter Patient wurde von der Nachuntersuchung ausgeschlossen.

Retrospektiv konnten somit 27 Pilon tibial Frakturen nachuntersucht werden, die in einem Zeitraum von Januar 2005 bis Dezember 2009 in der Universitätsklinik Charité Berlin behandelt wurden. Von diesen Patienten fielen 13 Frakturen auf das rechte Bein und 14 auf das linke Bein. Eine minderjährige Patientin wurde von der Studie ausgeschlossen. Der Zeitraum zwischen

Unfall und Nachuntersuchung der betroffenen Patienten reichte von 24 Monaten bis zu 82 Monaten. Im Durchschnitt betrug dieser Zeitraum 44,5 Monate bzw. 3,7 Jahre. Das Patientenalter betrug im Durchschnitt 43,6 Jahre mit einem Minimum von 18 Jahren und einem Maximum von 69 Jahren. Davon fielen 74,1% (20) der Frakturen auf Männer und 25,9% (7) auf Frauen zurück.

19 der Pilon tibial Frakturen (70,3%) wurden offen osteosynthetisch versorgt. Acht Frakturen (29,7%) konnten durch ein minimalinvasives Verfahren, durch Schraubenosteosynthesen, versorgt werden. Ein Patient wurde primär mit einer Arthrodesese versorgt. Der Anteil an offenen Frakturen lag bei 29,6 % (8 offene Frakturen) und der Anteil der Frakturen mit geschlossenem Weichteilschaden lag bei 70,4% (19 Frakturen). Davon entfielen sechs der offenen Frakturen auf die C-Frakturen (75%) und zwei der offenen Frakturen auf die B-Frakturen (25%). Klassifiziert wurden die Pilon tibial Frakturen nach dem ABC Prinzip der AO.

Die Patientennachuntersuchung gliederte sich in einen subjektiven Teil, einen klinischen Teil mit inspektorischer Begutachtung, Bewegungsmessung nach neutral Null Methode, sowie einen radiologischen Teil. Letzterer diente der Erfassung der postoperativen knöchernen Verhältnisse und der Beurteilung von Achsenstellung, Frakturstellung sowie des sich bereits ausgebildeten Arthrosegrades.

## **2.2 klinische Untersuchung**

Zur Erfassung des subjektiven und des klinischen Teils wurde der standardisierte AOFAS-Hindfoot-Score (American Orthopedic Foot and Ankle Society) verwendet (s. 3.2 und Anhang). Ferner erfolgte die Untersuchung der Patienten bezüglich der postoperativen Weichteilverhältnisse (Schwellungen), der pDMS (periphere Durchblutung, Motorik, Sensibilität) und der Range of Motion (ROM). Weiterhin wurden die Patienten auf Achsfehlstellungen sowie das Auftreten postoperativer Deformitäten untersucht. Die klinische Nachuntersuchung der Patienten nach Pilon tibial Frakturen diente ebenfalls der Erfassung der Komplikationen dieser schweren Frakturen.

### 2.3 radiologische Untersuchung

Zur radiologischen Diagnostik gehörte das Anfertigen von Röntgenbildern des oberen Sprunggelenkes. Dazu gehörte das OSG anterior-posterior Strahlengang sowie in sagittaler Ebene. Die radiologische Diagnostik erfolgte beidseits im Strahlengang unter Belastung. Die Gegenseite dient hierbei als Referenz zur fakturierten Seite. Ferner zeigt das Röntgenbild die radiologischen Veränderungen, die zwischen zwei Aufnahmezeitpunkten eingetreten sind. Gemeint sind hierbei unter anderem die Progression degenerativer Veränderungen (Arthroseggrad) sowie mögliche Achsdeviationen. Nachteil dieser Methode ist, dass sich Knorpel im Röntgenbild nicht direkt darstellen lässt. Eine Gelenkspaltverschmälerung wird somit indirekt als Indikator zur Knorpeldestruktion gesehen. Daher ist die Anfertigung von Belastungsrontgenaufnahmen wichtig, denn durch sie werden Gelenkspaltverschmälerungen deutlich und Gelenkinstabilitäten sichtbar. Ferner demaskieren sich unter Belastung Achsfehlstellungen (varus/valgus), die posttraumatischer Genese sein können.

Ausgewertet wurde der Arthroseggrad nach Kellgren und Lawrence (34). Dabei dienten folgende radiologische Zeichen einer Arthrose der Klassifizierung:

- subchondrale Sklerosierung
- osteophytäre Anbauten
- Gelenkspaltverschmälerung mit Unregelmäßigkeiten und Inkongruenz der Gelenkfläche
- Deformierung der Epiphyse
- Arthrotische Geröllzysten im Talus oder der Tibia
- Sequesterbildung (als Zeichen einer Knochennekrose)

Die Einteilung der Arthrose erfolgte nach Kellgren und Lawrence (34):

Stadium 1    - keine Osteophyten  
                  - keine Gelenkspaltverschmälerung  
                  - geringe subchondrale Sklerosierung

Stadium 2    - geringe Gelenkspaltverschmälerung  
                  - angedeutete Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche  
                  - beginnende Osteophytenbildung

- Stadium 3     - ausgeprägte Osteophytenbildung  
                   - deutliche Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche  
                   - Gelenkspaltverschmälerung  
                   - geringe subchondrale Sklerosierung
- Stadium 4     - ausgeprägte Gelenkspaltverschmälerung bis zur vollständigen Destruktion  
                   - Deformierung/Nekrose der Gelenkpartner

Unter Berücksichtigung der Gesamtergebnisse aus den Untersuchungsabschnitten wurde bei jeder Pilon tibial Fraktur eine Bewertung vorgenommen. Die Einstufung erfolgte in Anlehnung an den AOFAS Score in die Kategorien gut, befriedigend, schlecht und sehr schlecht. Die entsprechenden Arthrosegrade wurden nach Kellgren und Lawrence (34) folgendermaßen klassifiziert:

- Stadium 1     = gut  
 Stadium 2     = befriedigend  
 Stadium 3     = schlecht  
 Stadium 4     = sehr schlecht

Die Relevanz der mechanischen Beinachsen für Fehlstellungen in der koronaren Ebene wurde bereits durch Mikulicz im vergangenen Jahrhundert erkannt: „Die Druckverteilung auf die Gelenke und damit die Bewegung derselben durch die Belastung sind allein abhängig von der Stellung der mechanischen Achsen und unabhängig vom Verlauf der anatomischen Achsen des Knochens“ (35).

Die Bestimmung der varus bzw. valgus Stellung der distalen Tibiaachse wurde wie folgt vorgenommen: Grundlage bildete das Röntgenbild vom OSG ap im Stehen. Dabei ist der Zentralstrahl des Röntgengerätes auf das OSG gerichtet. Zur Bestimmung der distalen anatomischen Tibiaachse wurde der Mittelpunkt der Tibia, welcher direkt am oberen Bildrand liegt, gemessen und auf dem Röntgenbild mit einem weichen Bleistift markiert. Der zweite tibiale Messpunkt wurde 5cm distal des ersten Messpunktes eingezeichnet, wobei darauf zu achten war, dass die Festlegung dieses Punktes noch im Kortikalisbereich der Tibia erfolgte. Nach Markierung der beiden Punkte auf dem Röntgenbild konnten die beiden Mittelpunkte

verbunden werden und somit die distale anatomische Tibiaachse bestimmt werden. Die Verbindungslinie wird bis zum unteren Bildrand durchgezogen und die Länge x eingezeichnet. Anschließend wird der Winkel zwischen der distalen tibialen Gelenkfläche und der distalen anatomischen Tibiaachse gemessen. Der gemessene Winkel beträgt nach Palay im Mittel  $90^\circ$  ( $87-93^\circ$ ), wobei Varus  $> 91^\circ$  und Valgus  $< 91^\circ$  sind, daher ergeben sich am distalen Unterschenkel nahezu rechtwinklige Verhältnisse. (36, 37).

s. Abbildung:

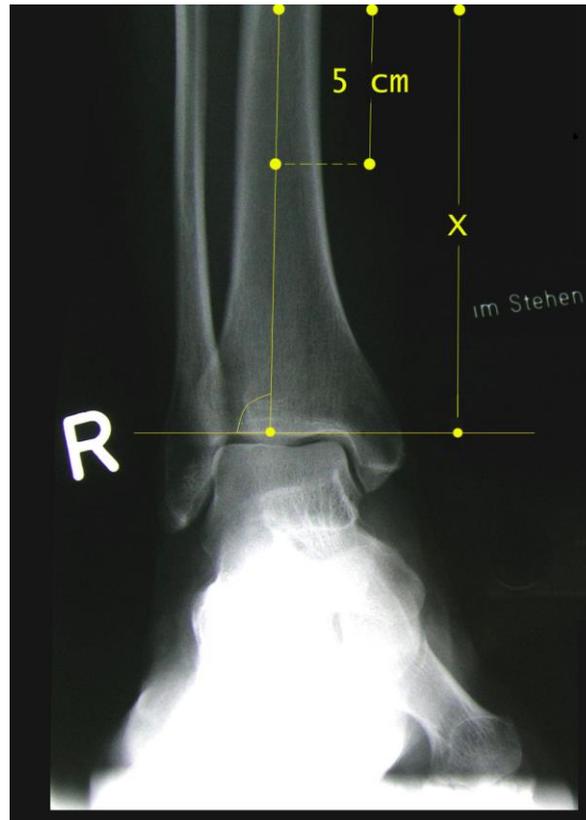


Abb. 10: Winkelbestimmung zwischen der distalen tibialen Gelenkfläche und der distalen anatomischen Tibiaachse (36)

## 2.4 Statistik

Die erfassten Daten wurden aufgezeichnet und mit Hilfe des SPSS 13.0 Programmes ausgewertet.

Die Summe der erfassten Messwerte einer Gruppe dividiert durch die Anzahl der Messwerte wird als Mittelwert bzw. arithmetisches Mittel bezeichnet.

Mittels des Kolmogorow-Smirnov-Testes wurde überprüft, ob eine Normalverteilung im Sinne einer Gauß'schen Verteilungskurve vorliegt. Die anschließende Auswertung dieser Arbeit erfolgte mit dem Mann-Whitney U Test zum Vergleich für kontinuierliche unabhängige Variablen zwischen zwei Gruppen. Kategorische Daten wurden mit dem Fisher's exact Test ausgewertet. Mit dem Spearman Korrelationskoeffizienten konnten Korrelationen überprüft werden. Das statistische Signifikanzniveau der ausgewerteten Ergebnisse liegt bei  $p < 0,005$ .

## 2.5 osteosynthetische Verfahren

Zur Versorgung der Pilon tibial Frakturen kamen verschiedene osteosynthetische Verfahren zur Anwendung.

Ein Unterschied war zum einen die einzeitige operative Behandlung, bei der eine sofortige definitive Bruchstabilisierung erreicht werden konnte. Dem gegenüber stand das zweizeitige Vorgehen, wo zunächst provisorische Verfahren zur Ruhigstellung und Reposition eingesetzt wurden bis bei guten Weichteilverhältnissen die endgültige Stabilisierung durchgeführt werden konnte. Zu diesen provisorischen Maßnahmen zählten je nach Frakturform bzw. Frakturschwere und begleitendem Weichteilschaden der Fixateur externe, die Osteosynthese der Gelenkflächen mittels K-Drähten und die Kombination der genannten Methoden. Nach Weichteilkonsolidierung wurde dann die endgültige interne Osteosynthese mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese nach den Prinzipien der AO durchgeführt. Alternativ kam ebenfalls die endgültige Stabilisierung durch einen Fixateur externe mit perkutaner K-Drahtosteosynthese zur Anwendung. Dieses Verfahren kam bei schwerem Weichteilschaden mit einer komplexen knöchernen Zertrümmerung des Tibiaplafonds zum Tragen. Hierbei ließ sich mit Hilfe des Fixateur externe die Fraktur distrahieren und reponieren. Ferner konnte mit diesem Verfahren eine Achsabweichung korrigiert werden.

Zur Anwendung kam ebenfalls die Minimalosteosynthese. Hierunter versteht man eine gewebs- und weichteilschonende Rekonstruktion der tibialen Gelenkfläche unter Verwendung von kleinen Osteosyntheseimplantaten. Darunter fielen Schrauben, Drähte sowie kleine Platten. Die Reposition der Fraktur und deren Fixation erfolgte perkutan oder durch Stichinzisionen. Mit diesem Verfahren konnte auf eine knöcherne Freilegung und ggf. auf eine Deperiostierung verzichtet werden.

## 2.6 Unfallhergang

Bei den nachuntersuchten Patienten zeigte sich als häufigste Unfallursache der Verkehrsunfall mit 37,03%. Unmittelbar danach steht der Sturz aus großer Höhe mit 33,33% als Unfallursache. Zu den sonstigen Unfallursachen zählten 2x der Sportunfall, 1x ein Fahrradunfall und 1x ein direktes Anpralltrauma (Tab. 1).

Unfallursache	Anzahl	Prozentangabe (n=27)
Sturz auf ebenem Untergrund	4	14,81
Sturz aus Höhe	9	33,33
Verkehrsunfall	10	37,03
Sonstige	4	14,81
<b>Insgesamt</b>	<b>27</b>	<b>100</b>

Tab. 1: Unfallursachen (eig. Erhebung)

## 2.7 Einteilung des Schweregrades

Der Schweregrad und das Ausmaß der Weichteilschädigung bei offenen oder geschlossenen Frakturen darf nicht unterschätzt werden. Hierbei kann die Beurteilung des Schweregrades bei geschlossenen Frakturen schwieriger sein als bei offenen Verletzungen.

Das Ausmaß der Verletzung ist wichtig und bestimmt maßgeblich die Langzeitprognose und das Langzeitergebnis einer Fraktur. Zusammen mit der angefertigten radiologischen Diagnostik kann der Schweregrad festgelegt werden. Die Röntgenaufnahmen dienen hierbei als indirekter Indikator für das Ausmaß der Verletzung (Fremdkörper, eingeschlossene Luft).

Daher sollte die Beurteilung des Schweregrades durch einen erfahrenen Chirurgen erfolgen, da dies entscheidend für die weitere Behandlung bzw. Behandlungsplanung, mit Wahl des Implantates und Anlage eines Fixateur externe, ist.

Offene Frakturen wurden anhand der Krankenakten und der Operationsberichte retrospektiv nach Oestern und Tscherne in 4 verschiedene Schweregrade eingeteilt (38).

Grad 1: die Haut wurde von innen nach außen durchspießt, es besteht keine oder nur eine leichte Kontusion der Haut

- Grad 2: es besteht eine Hautwunde mit umliegender Haut- und Weichteilkontusion mit mäßiger Kontamination
- Grad 3: es besteht ein ausgeprägter Weichteilschaden, oft in Kombination mit rekonstruktionspflichtigen Verletzungen von Gefäßen und/oder Nerven, jede Fraktur mit Ischämie gehört in diese Gruppe
- Grad 4: subtotale und totale Amputationen

offener Weichteilschaden	Anzahl	Prozentangabe (n=27)
1.-gradig offen	1	3,7
2.-gradig offen	3	11,11
3.-gradig offen	4	14,81
4.-gradig offen		
<b>insgesamt offen</b>	<b>8</b>	<b>29,62</b>

Tab. 2: offener Weichteilschaden (eig. Erhebung)

Insgesamt lag bei acht Frakturen ein offener Weichteilschaden vor. Das entspricht bei 27 Frakturen einem Prozentsatz von 29,7%. Hierbei entfiel der größte Anteil an offenen Frakturen mit 75% auf die C-Frakturen. Die restlichen 25% entfielen auf die B-Frakturen.

Ferner wurde eine Einteilung des Weichteilschadens ebenfalls anhand der Krankenakten und der Operationsberichte retrospektiv nach Gustillo und Anderson in drei Schweregrade vorgenommen (39).

- Grad 1: es bestehen oberflächliche Hautabschürfungen oder Kontusionen
- Grad 2: tiefe, kontaminierte Hautabschürfungen und lokalisierte Haut- und Muskelpellungen, drohendes Kompartmentsyndrom
- Grad 3: ausgiebige Weichteilkontusion, Zerstörung von Muskelgewebe und subkutanes Decollement, manifestes Kompartmentsyndrom

geschlossener Weichteilschaden	Anzahl	Prozentangabe (n=27)
1.-gradig geschlossen	4	14,81
2.-gradig geschlossen	13	48,15
3.-gradig geschlossen	2	7,41
<b>insgesamt geschlossen</b>	<b>19</b>	<b>70,37</b>

Tab. 3: geschlossener Weichteilschaden (eig. Erhebung)

Insgesamt lag bei den nachuntersuchten Pilon tibial Frakturen 19x ein geschlossener Weichteilschaden vor. Das entspricht bei 27 Frakturen einem Prozentsatz von 70,3%. Die Verteilung des geschlossenen Weichteilschadens der Pilon Frakturen lag dabei bei 8 B-Frakturen (42,1%) und 11 C-Frakturen (57,9%).

#### Verteilung zwischen offenem und geschlossenem Weichteilschaden

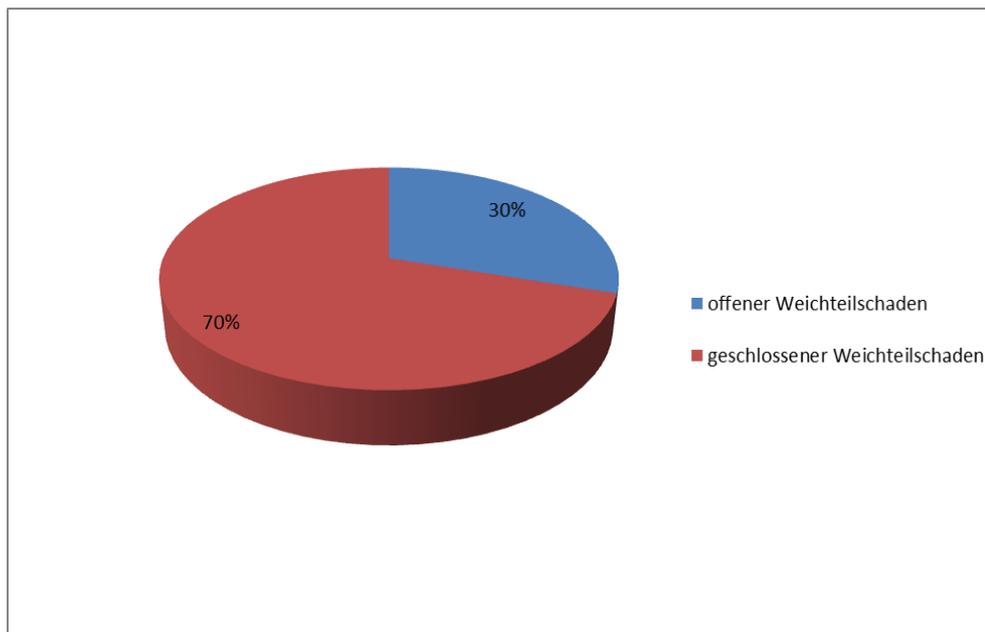


Abb. 11: Verteilung zwischen offenem vs. geschlossenem Weichteilschaden (eig. Erhebung)

Von 27 Pilon tibial Frakturen waren 19 Frakturen mit geschlossenem Weichteilschaden (70,3%) und acht Frakturen mit offenem Weichteilschaden (29,7%) zu finden. Dabei fielen bei den geschlossenen Frakturen über zwei Drittel (68%) auf einen 2. gradigen Weichteilschaden. Bei den offenen Frakturen zeigte sich in 50% der Fälle ein 3. gradig offener Weichteilschaden.

## Lokale Begleitverletzungen

Insgesamt 13 Patienten (48,15%) erlitten zusätzlich eine Fibulafraktur. Davon waren 18,5% mit einer Syndesmosenruptur assoziiert. Ferner kam es bei sechs Patienten zu Bandverletzungen im Bereich des oberen Sprunggelenkes. Aus den Operationsberichten ging nicht immer klar hervor, ob es sich um Bandrupturen oder um knöcherne Bandausrisse handelte (Tab. 4, 5).

Acht Patienten hatten neben der Pilon tibial Fraktur noch weitere Frakturen (Mehrfachnennungen sind möglich). Darunter fielen:

- 1x Flake fracture des Talus
- 2x Talus Fraktur
- 2x Calcaneusfraktur
- 3x Patellafraktur
- 1x Lisfranc Luxation
- 1x komplexes Fußtrauma
- 2x Tibiakopffraktur
- 1x distale Unterschenkelfraktur der Gegenseite
- 1x Unterschenkelschaftfraktur der Gegenseite

lokale Begleitverletzungen	Anzahl	Prozentangabe (n=27)
Fibulafraktur	13	48,15
Syndesmosenruptur	5	18,5
Bandverletzungen	6	22,22
sonstige Begleitverletzungen	8	29,63

Tab. 4: lokale Begleitverletzungen (eig. Erhebung)

<b>Fibulafraktur</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Prozentangabe (n=27)</b>
Infrasyndesmal	0	0
Transsyndesmal	7	25,92
Suprasyndesmal	4	14,81
Proximal	2	7,41
davon Mehrfragmentär	4	14,81
<b>Insgesamt</b>	<b>13</b>	<b>48,15</b>

Tab. 5: Fibulafraktur (eig. Erhebung)

Bei den Fibulafrakturen zeigte sich bezüglich des Verteilungsmusters auf B- und C-Frakturen folgendes Ergebnis: Von den 13 Fibulafrakturen konnten fünf den B-Frakturen und acht den C-Frakturen zugeordnet werden. Das entspricht bei den B-Frakturen einem Prozentsatz von 38,5% der Fibulafrakturen und bei den C-Frakturen einem Prozentsatz von 61,5% der Fibulafrakturen. An der Gesamtmenge der B-Frakturen waren 50% der Pilon tibial Frakturen mit einer Fibulafraktur assoziiert. Bei den C-Frakturen lag dieser Prozentsatz bei 47,1%.

#### Einteilung der Frakturen nach dem ABC-Prinzip der AO

Die Einteilung der Frakturen wurde anhand der Unfallröntgenbilder vorgenommen und nach dem von Heim beschriebenen Verfahren klassifiziert (5).

Die Tabellen 6 und 7 zeigen die Verteilung der unterschiedlichen Schweregrade der Frakturen. Davon fielen 37 % auf B-Frakturen und 63% auf C-Frakturen.

<b>B-Frakturen = 10</b>	<b>B1 = 4</b>	B1.1 = 1
		B1.2 = 3
		B1.3 = 0
	<b>B2 = 4</b>	B2.1 = 1
		B2.2 = 3
		B2.3 = 0
	<b>B3 = 2</b>	B3.1 = 0
		B3.2 = 1
		B3.3 = 1

Tab. 6: B-Frakturen (eig. Erhebung)

<b>C-Frakturen = 17</b>	<b>C1 = 4</b>	C1.1 = 4
		C1.2 = 0
		C1.3 = 0
	<b>C2 = 4</b>	C2.1 = 0
		C2.2 = 4
		C2.3 = 0
	<b>C3 = 9</b>	C3.1 = 3
		C3.2 = 2
		C3.3 = 4

Tab. 7: C-Frakturen (eig. Erhebung)

Gesamtfrakturverteilung der B und C Frakturen

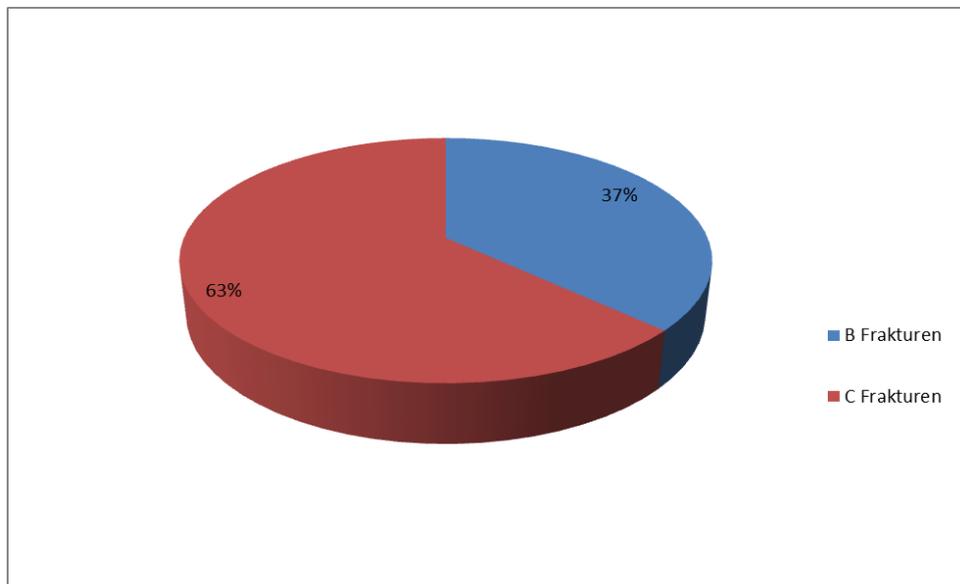


Abb. 12: Frakturverteilung der B & C Frakturen gesamt (eig. Erhebung)

## Gesamtfrakturverteilung der B und C Frakturen im Einzelnen

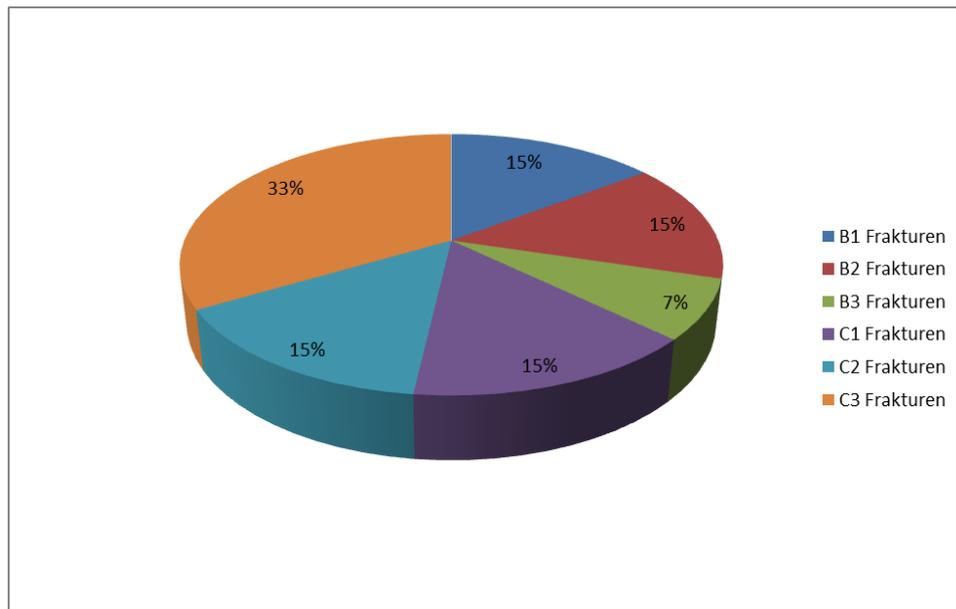


Abb. 13: Frakturverteilung der B & C Frakturen im Einzelnen (eig. Erhebung)

### 2.8 operative Versorgung

Eine initiale Ruhigstellung nach Reposition und Stabilisierung der Fraktur wurde in der Klinik durch folgende Maßnahmen erreicht: 11x Unterschenkelgips gespalten, 16x durch Fixateur externe, einmal Minimalosteosynthese der Tibia mittels K-Drähten in Kombination mit einem Fixateur externe und einmal durch Minimalosteosynthese der Tibia durch Schrauben in Kombination durch Fixateur externe. Zwei posttraumatische Kompartmentsyndrome wurden durch eine Fasziotomie behandelt.

Alle Pilon tibial Frakturen wurden durch eine operative Versorgung behandelt, deren Ziel die Wiederherstellung der Gelenkanatomie war. Die Dauer der planmäßig durchgeführten endgültigen osteosynthetischen Versorgung betrug im Durchschnitt 173,8 Minuten.

Von den 27 Frakturen mussten 16 noch am Unfalltag transfixiert werden. In zwei Fällen war zusätzlich eine Dermatofasziotomie erforderlich. Gründe dafür waren die Frakturschwere im Allgemeinen mit: einer Gelenkinstabilität, intolerable Achsabweichung, Frakturen mit großem Weichteilschaden und offene Frakturen. Die restlichen elf Frakturen wurden nach initialer Ruhigstellung und Weichteilkonsolidierung später durch eine geplante Osteosynthese versorgt.

Die Tab. 8 gibt eine Übersicht der verwendeten Osteosyntheseverfahren an der distalen Tibia.

Implantate	Patienten	davon Versorgung mittels Fixateur externe	davon Versorgung mittels Spongiosaplastik
Schrauben	9	3	
1 Platte	4	5	3
2 Platten	4	3	3
Schrauben + Platte	7	3	4
K-Draht	1	1	
Schrauben + K- Draht	1		
Arthrodese	1	1	1
<b>Insgesamt</b>	<b>27</b>	<b>16</b>	<b>11</b>

Tab. 8: verwendete Implantate + Spongiosa (eig. Erhebung)

Von den 13 Fibulafrakturen wurden zehn osteosynthetisch versorgt, sechs davon mittels 1/3 Rohrplatte und vier mittels LCDC Platte. In drei Fällen wurde keine osteosynthetische Versorgung durchgeführt, einmal bei primärer Arthrodese sowie 2mal bei proximaler Fibulafaktur. Bei elf Pilon tibial Frakturen (40,7%) wurde eine Spongiosaplastik durchgeführt, wobei sowohl allogenes als auch autogenes Knochenmaterial verwendet wurde. Hierbei entfiel der größte Anteil an verwendeter Spongiosaplastik auf die C-Frakturen. Bei insgesamt zehn der 17 C-Frakturen (59%) wurde die Versorgung durch Spongiosaplastiken ergänzt. Lediglich bei einer der zehn B-Frakturen (10%) kam die Versorgung mittels Spongiosaplastik zur Anwendung. Bei sieben Frakturen (3mal 2° offen und 4mal 3° offen) musste eine plastische Hautdeckung durchgeführt werden. Verwendet wurde dabei 6mal Spalthaut und einmal ein Schwenklappen mit Spalthaut. Die initiale Hautdeckung erfolgte mittels Epigard.

Am zweiten postoperativen Tag konnten die Patienten bei komplikationslosem Verlauf mit Bewegungsübungen des Sprunggelenkes beginnen, sofern sie nicht noch temporär zur Weichteilkonsolidierung durch einen Fixateur externe ruhiggestellt waren. Dieser Beginn der Beübung verzögerte sich oft um Tage bis Wochen entsprechend der Weichteilverhältnisse, der Osteosyntheseart (Transfixation) und des Allgemeinzustandes der Patienten. Mit der

Teilbelastung von 15kg konnte durchschnittlich 1,5 Wochen nach Osteosynthese begonnen werden. Die Vollbelastung wurde im Durchschnitt nach 14 Wochen erreicht.

## 3. Ergebnis

### 3.1 Komplikationen

Im Rahmen der präoperativen Weichteilschädigung und der operativen Versorgung kam es in acht Fällen zu Komplikationen der Weichteile. Hierzu zählten zwei Hautnekrosen, vier Weichteilinfektionen und in sieben Fällen musste eine plastische Deckung der Weichteile erfolgen.

In 7,4% der Fälle (2x) wurde eine frühzeitige prophylaktische Fasziotomie durchgeführt. Zu einer Nervenschädigung kam es in einem Fall:

- Schädigung des N. peroneus superficialis

Ein Implantatversagen kam bei 7,4% (zwei Patienten, alle C-Frakturen) der osteosynthetisch versorgten Patienten vor. Dieses gelockerte Material musste entfernt werden.

Zu einer Ostitis kam es in 3,7% der Fälle. Dabei handelte es sich um einen Patienten mit 3° offener C-Fraktur.

Eine Ausbildung avaskulärer Nekrosen konnte dreimal beobachtet werden. Das entspricht bei 27 Frakturen insgesamt 11,1%, wobei alle avaskulären Nekrosen bei C-Frakturen aufgetreten sind.

In einem Fall 3,7 % kam es zu einer verzögerten Knochenheilung.

Aufgrund von Weichteil- oder knöchernen Komplikationen wurden bei acht Patienten (29,6%) Sekundäreingriffe notwendig. Darunter fielen Eingriffe wie:

- 1x autologe Spongiosaplastik, wegen Pseudarthrose
- 1x Antibiotikaketteneinlage
- 5x Debridement
- 2x vorzeitige Materialentfernung
- 7x Hauttransplantation
- 1x Lappenplastik
- 1x Unterschenkelamputation

Als weitere postoperative Komplikationen sind in sieben Fällen (25,9%) das Auftreten von sensiblen Defiziten zu nennen. Darunter fielen:

- 2x Hyperästhesie (bei C-Frakturen)
- 5x Hypästhesie (4x bei C- und 1x bei B-Fraktur)

- 1x Metatarsalgie Metatarsale-Köpfchen II-III
- 1x Synostose
- 1x posttraumatischer Pes planovalgus
- 1x Flexionsdefizit des Dig. Pedes I

Ferner beschrieben 20 Patienten (74%) eine persistierende Schwellneigung des betroffenen Gelenkes. Der Großteil der persistierenden Schwellneigung zeigte sich nach C-Frakturen. Hier beschrieben 16 Patienten (94,1%) der C-Frakturen eine Schwellneigung. Während bei den B-Frakturen nur vier Patienten (40%) der B-Frakturen eine Schwellneigung aufwiesen.

Weitere postoperative Komplikationen sowie eine Aufstellung der Verteilungen sind in der Tabelle 28 und 29 auf Seite 71 - 72 zu entnehmen.

### **3.2 Nachuntersuchungsergebnisse**

Die Nachuntersuchungsergebnisse stützen sich auf den AOFAS Score. Durch dieses Bewertungssystem können subjektive als auch objektive Faktoren erfasst werden. Weiterhin ist eine Erfassung von Funktion, Aligment und Schmerzen möglich.

Insgesamt kann ein maximaler Score von 100 Punkten erreicht werden. Dabei fallen 50 Punkte in den Bereich „Funktion“, 40 Punkte in „Schmerzfreiheit“ und zehn Punkte in „Aligment“. 100 Punkte werden nur dann erreicht, wenn der Patient schmerzfrei ist, volle Range of Motion besitzt und ein gutes Aligment zeigt.

Die im AOFAS Score erreichten Punkte werden nach Kitaoka et al., 1994 (40) unterteilt:

- 90-100 Punkte: hervorragendes Ergebnis
- 80-89 Punkte: gutes Ergebnis
- 70-79 Punkte: befriedigendes Ergebnis
- unter 70 Punkte: schlechtes Ergebnis

Die klinische Untersuchung wird durch die Range of Motion, nach neutral Null Methode, ergänzt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die prozentualen Verteilungen und die erreichten Punkte der nachuntersuchten Patienten bezüglich ihrer Häufigkeit im AOFAS Ankle-Hindfoot Score

dargestellt. Aus der Evaluierung des AOFAS Scores ausgenommen wurde der Patient bei welchem eine sekundäre Unterschenkelamputation durchgeführt wurde.

<b>AOFAS Ankle-Hindfoot Scale</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Prozentangabe (n=26)</b>	<b>Punkte</b>
<b>Schmerz</b>			
kein Schmerz	12	46,15	40
mild und gelegentlich	4	15,38	30
moderat und täglich	9	34,61	20
stark und fast immer	1	3,85	0
<b>Funktion</b>			
keine Einschränkungen	11	42,31	10
keine Einschränkungen im täglichen Leben, Einschränkungen bei sportlichen Aktivitäten	8	30,77	7
Einschränkungen im täglichen Leben, Einschränkungen bei sportlichen Aktivitäten	7	26,92	4
schwere Einschränkungen im täglichen Leben und bei sportlichen Aktivitäten, UAG's, Rollstuhl, Rollator	0	0	0
<b>maximale Laufstrecke</b>			
mehr als 1800m	20	76,92	5
900-1800m	4	15,38	4
300-900m	2	7,69	2
weniger als 300m	0	0	0
<b>Bodenbeschaffenheit</b>			
keine Beschwerden auf jeglichem Untergrund	14	53,84	5
einige Probleme auf unebenem Untergrund, Treppen, Leitern	9	34,61	3
schwere Probleme auf unebenem Untergrund, Treppen, Leitern	3	11,54	0
<b>Gangabnormalitäten</b>			
keine	20	76,92	8
leicht	5	19,23	4
markant	1	3,85	0
<b>Beweglichkeit OSG (Flexion/Extension)</b>			
normale oder leichte Einschränkungen (30° und mehr)	20	76,92	8
moderate Einschränkungen (15-29°)	4	15,38	4
schwere Einschränkungen (weniger als 15°)	2	7,69	0
<b>Beweglichkeit USG (Inversion/Eversion)</b>			
normale oder leichte Einschränkungen (75-100%)	20	76,92	6
moderate Einschränkungen (25-75%)	4	15,38	3

schwere Einschränkungen (weniger als 25%)	2	7,69	0
<b>Rückfußstabilität (anteroposterior, varus-valgus)</b>			
Stabil	25		8
Instabil	1	3,85	0
<b>Alignement</b>			
plantigrader Fuß, keine Mittelfußdeformitäten	23	88,46	10
plantigrader Fuß, dezente Mittelfußdeformitäten, keine Symptome	3	11,54	5
kein plantigrader Fuß, schweres Malalignment, symptomatisch	0	0	0

Tab. 9: prozentuale Verteilungen sowie erreichter Score der nachuntersuchten Patienten und deren Häufigkeit im AOFAS Ankle-Hindfoot Score (n=26; ausgenommen Patient mit sekundärer Unterschenkelamputation) (eig. Erhebung)

Im AOFAS Score wurden insgesamt im Mittel 82,5 Punkte erreicht. Das entspricht insgesamt einem guten Ergebnis. Unterschiede bezüglich der erreichten Punkte werden in der Aufteilung der Frakturklassifikationen deutlich. Bei den B-Frakturen konnte im AOFAS Score im Durchschnitt ein Punktwert von 89,8 Punkten bei zehn Patienten erreicht werden. Bezüglich der C-Frakturen konnte im Durchschnitt ein Punktwert von 77,3 Punkten bei 16 Patienten erreicht werden. Darin eingeschlossen ist die Patientin bei der ein Jahr postoperativ nach Pilon tibial Fraktur eine OSG Prothese implantiert wurde. Die Patientin erhielt im AOFAS Score eine Punktzahl von 96 Punkten.

Nachfolgendes Diagramm zeigt die Häufigkeit der Punkteverteilung und deren Stellenwert als Ergebnis im AOFAS Score.

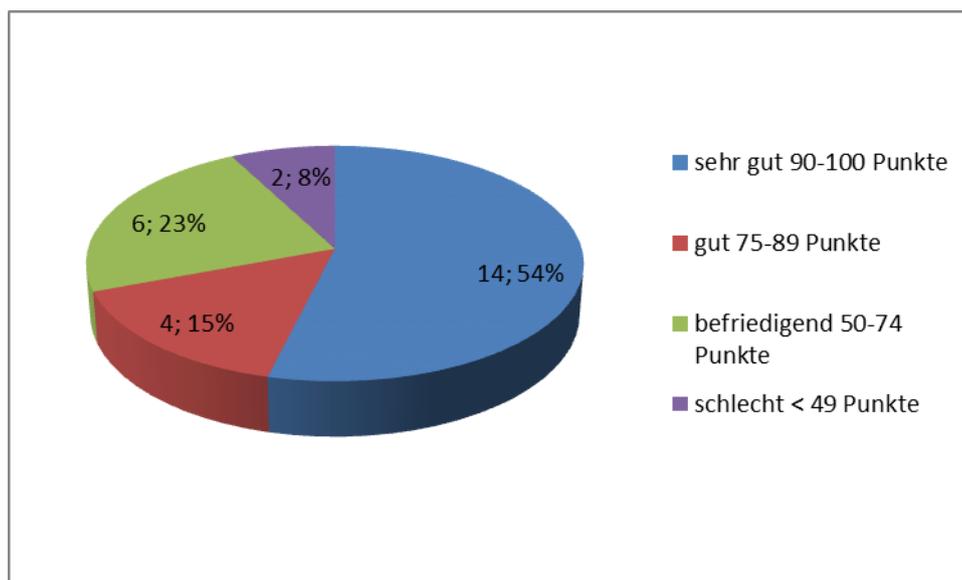


Abb. 14: Verteilung der Ergebnisse im AOFAS Score (n=26, ausgenommen 1 Unterschenkelamputation) (eig. Erhebung)

Hierbei wird deutlich, dass in über 50% der Fälle ein sehr gutes postoperatives Outcome erreicht werden konnte. Bei den acht Patienten, bei denen ein befriedigender oder schlechter AOFAS Score erreicht wurde waren in sieben Fällen mit einer C-Fraktur und in einem Fall mit einer B-Fraktur assoziiert. In vier Fällen (50%) lag eine offene Fraktur vor.

### Beweglichkeitsmessung

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Frakturklassifikationen, das Ergebnis des AOFAS Score und die Beweglichkeitsmessungen im Vergleich zueinander. Die gemessenen Bewegungsumfänge wurden in drei Ergebniskategorien (gut, befriedigend, schlecht) eingeteilt.

Patient	Klassifikation nach AO	AOFAS Score Punkte	Beweglichkeit OSG	Beweglichkeit USG
1	43 C 1.1	100	10/0/40	3/3
2	43 C 2.2	75	5/0/30	3/3
3	43 C 3.3	90	10/0/30	3/3
4	43 C 1.1	100	15/0/40	3/3
5	43 C 2.2	91	5/0/30	3/3
6	43 C 1.1	90	15/0/30	3/3
7	43 B 3.2	77	10/0/35	3/3
8	43 B 2.1	80	5/0/30	3/3
9	43 B 1.2	100	10/0/30	3/3
10	43 C 2.2	30	5/0/15	Arthrodese
11	43 B 2.2	100	10/0/30	3/3
12	43 C 3.3	46	Arthrodese	Arthrodese
13	43 B 1.2	100	15/0/40	3/3
14	43 C 2.2	55	0/0/15	1/3
15	43 C 3.1	96	10/0/20 OSG TEP	3/3
16	43 C 3.1	68	5/0/15	2/3

17	43 C 3.3	68	0/0/20	3/3
18	43 C 3.2	67	5/0/20	3/3
19	43 B 1.2	100	15/0/40	3/3
20	43 B 2.2	100	15/0/30	3/3
21	43 B 2.2	100	15/0/35	3/3
22	43 B 1.1	85	5/0/30	3/3
23	43 C 3.3		US Amputation	
24	43 B 3.3	56	5/0/30	2/3
25	43 C 3.1	64	0/0/35	2/3
26	43 C3.2	97	20/0/40	3/3
27	43 C1.1	100	10/0/45	3/3

Tab. 10: gezeigt sind die Frakturklassifikationen, das Ergebnis des AOFAS Score und die Beweglichkeitsmessungen (n=27) (eig. Erhebung)

Die Beweglichkeit des oberen Sprunggelenkes nach operativer Versorgung lag im Durchschnitt bei einer ROM von Ext/Flex 9/0/30°. Aus dem Patientenkollektiv ausgeschlossen war der Patient bei dem eine Unterschenkelamputation durchgeführt wurde. Die Beweglichkeit des oberen Sprunggelenkes nach AOFAS Score ist im folgenden Diagramm dargestellt. Hierzu wurde in drei Beweglichkeitsgrade unterteilt (40):

- gut, normale oder leichte Einschränkungen (30° und mehr)
- befriedigend, moderate Einschränkungen (15-29°)
- schlecht, schwere Einschränkungen (weniger als 15°)

### Beweglichkeit des oberen Sprunggelenkes

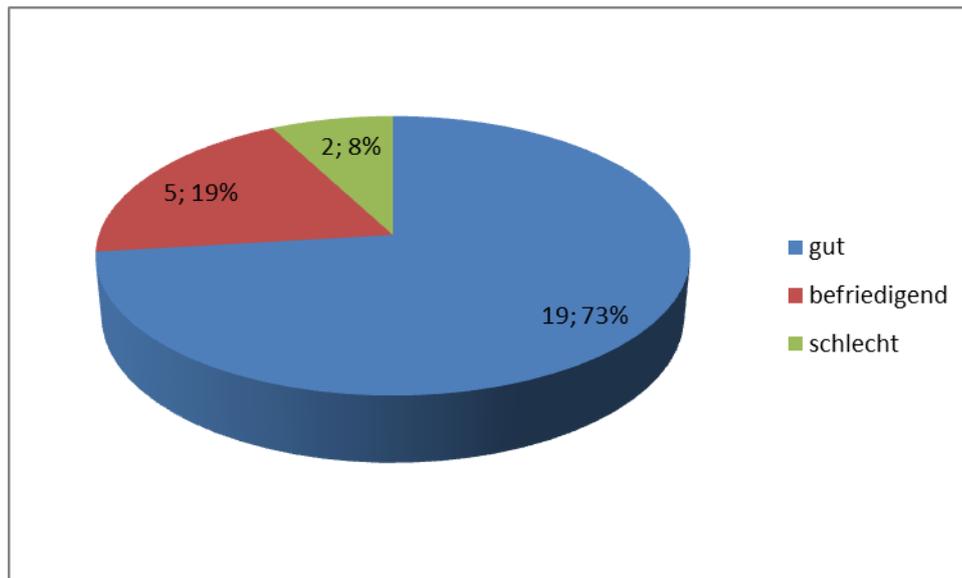


Abb. 15: Beweglichkeit des oberen Sprunggelenkes (n=26, ausgenommen 1 Unterschenkelamputation) (eig. Erhebung)

In 76% der Fälle war postoperativ eine gute Beweglichkeit des oberen Sprunggelenkes zu verzeichnen. Die beiden schlechten Beweglichkeitsergebnisse traten beide bei C-Frakturen mit offenem Weichteilschaden auf.

Die Patientin mit Implantation einer OSG Prothese kam auf eine Beweglichkeit von Ext/Flex 10/0/20° und somit auf ein befriedigendes Ergebnis.

Trennt man die Beweglichkeitsmessungen bezüglich der Frakturschwere so kommt man auf folgende Ergebnisse:

Die B-Frakturen zeigten in der Nachuntersuchung eine durchschnittliche Beweglichkeit von Ext/Flex 10,5/0/33°. Alle der zehn B-Frakturen zeigten eine gute Beweglichkeit des OSG mit 30° und mehr Beweglichkeit.

Alle der C-Frakturen, ausgenommen waren hierbei eine Unterschenkelamputation und eine OSG Arthrorese, zeigten in der Nachuntersuchung eine durchschnittliche Beweglichkeit von Ext/Flex 7,5/0/28°. Im direkten Vergleich zu den B-Frakturen besteht bei den C-Frakturen im Durchschnitt ein 3° Extensionsdefizit sowie ein 5° Flexionsdefizit. Die einzelne Verteilung der Beweglichkeitsmessungen der C-Frakturen ist in nachfolgendem Diagramm dargestellt.

### Verteilung der Beweglichkeit des oberen Sprunggelenkes der C-Frakturen

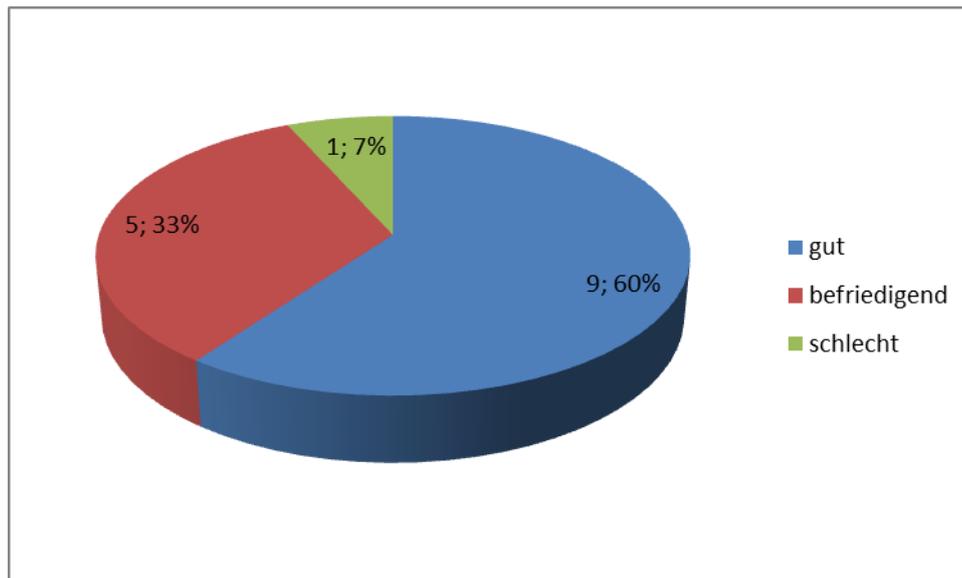


Abb. 16: Verteilung der Beweglichkeit des oberen Sprunggelenkes bei C-Frakturen (n=15, ausgenommen 1 Unterschenkelamputation sowie eine OSG Arthrodese) (eig. Erhebung)

Die Beweglichkeit des unteren Sprunggelenkes nach operativer Versorgung lag bei 83,3% bei einer guten Beweglichkeit. In drei Fällen (12,5%) wurde ein befriedigendes Ergebnis und nur in einem Fall (4,2%) ein schlechtes Ergebnis erzielt. Aus dem Patientenkollektiv ausgeschlossen waren eine Unterschenkelamputation und zwei primär durchgeführte USG-Arthrodesen. Die Beweglichkeit des unteren Sprunggelenkes nach AOFAS Score ist im folgenden Diagramm dargestellt. Hierzu wurde nach AOFAS Score in drei Beweglichkeitsgrade unterteilt (40):

- gut, normale oder leichte Einschränkungen (75-100%, 3/3)
- befriedigend, moderate Einschränkungen (25-75%, 2/3)
- schlecht, schwere Einschränkungen (weniger als 25%, 1/3)

### Beweglichkeit des unteren Sprunggelenkes

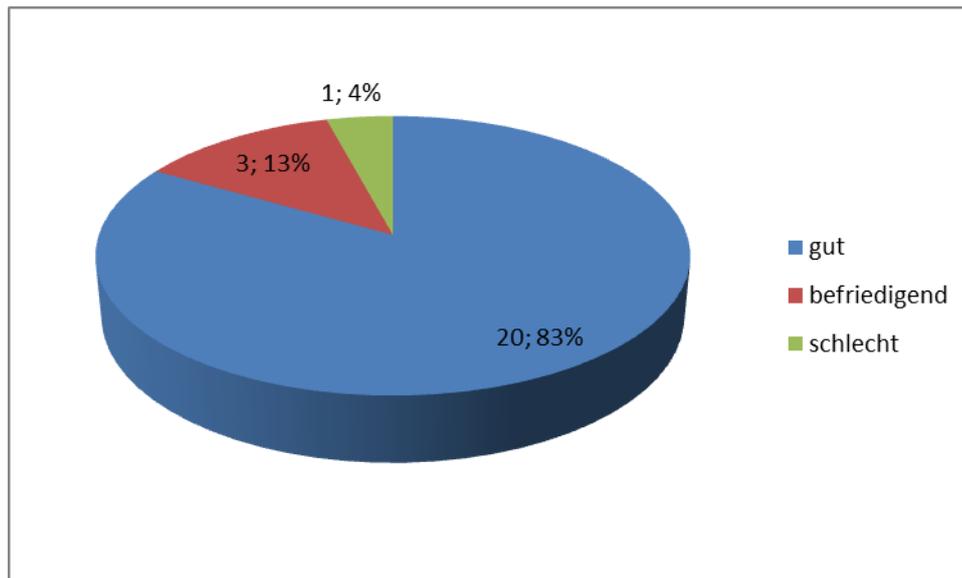


Abb. 17: Beweglichkeit des unteren Sprunggelenkes (n=24, ausgenommen 1 Unterschenkelamputation sowie 2 primär durchgeführte USG-Arthrodesen) (eig. Erhebung)

Im Vergleich zwischen B- und C-Frakturen stellt sich folgendes Ergebnis dar:

### Vergleich der Beweglichkeit des unteren Sprunggelenkes zwischen B- und C-Frakturen

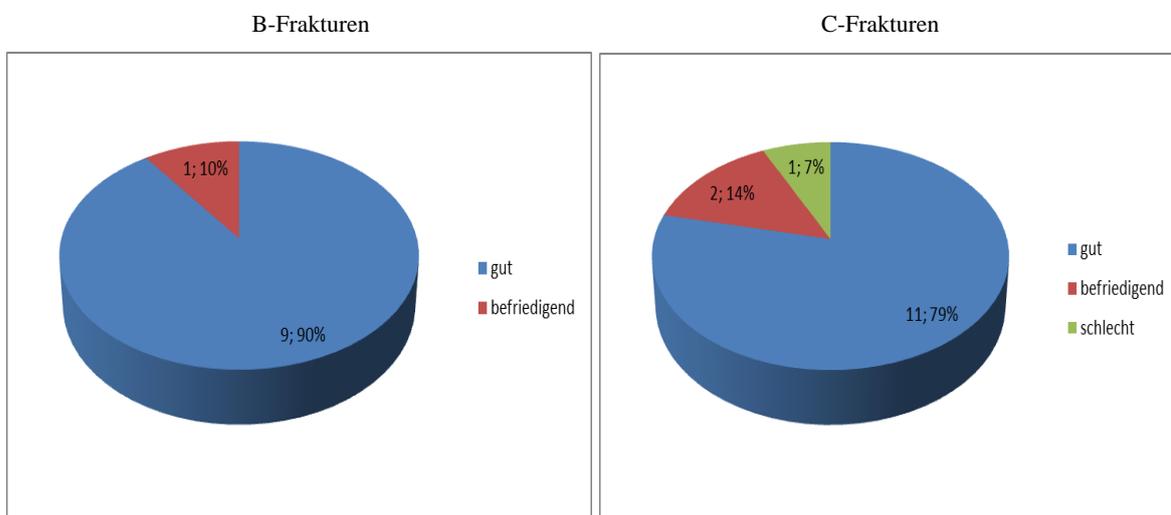


Abb. 18: Vergleich der Beweglichkeit des unteren Sprunggelenkes zwischen B- und C-Frakturen (n=24, ausgenommen 1 Unterschenkelamputation sowie 2 primär durchgeführte USG-Arthrodesen) (eig. Erhebung)

Es zeigt sich das bei dem überwiegenden Patientenkollektiv (20 Patienten, 83,3%) eine gute postoperative Beweglichkeit des unteren Sprunggelenkes vorliegt. Das schlechte Ergebnis der

USG Beweglichkeitsmessung zeigte sich bei einer C-Fraktur mit offenem Weichteilschaden und begleitender Talus- und Lisfrancluxationsfraktur.

### 3.3 radiologische Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der radiologischen Nachuntersuchung hinsichtlich der Arthroseausbildung und der Frakturstellung sind im Folgenden dargestellt (n=24). Ausgenommen waren eine Unterschenkelamputation, eine OSG Arthrodeese sowie eine OSG TEP. Die Einstufung der postoperativen Ergebnisse erfolgte wie in 2.3 beschrieben nach Kellgren (34).

- Stadium I = gut
- Stadium II = befriedigend
- Stadium III = schlecht
- Stadium IV = sehr schlecht

Dabei zeigte sich bei der radiologischen Nachuntersuchung das bei der Hälfte der Versorgten Pilon Tibial Frakturen eine Arthrose II° nach Kellgren vorliegt. Eine axiale Dislokation der Tibia in der Coronarebene über die von Paley (37) beschriebenen Normwerte hinaus wurde als Repositionsverlust gewertet und trat in sieben Fällen (28%) auf.

- 2x Varus (4-5°; 4,5°)
- 5x Valgus (4-7°; 5,2°)

Patienten bei denen ein Stadium I nach Kellgren (34) nachgewiesen wurde, wurde dieses nicht als Arthrose gewertet, es sei denn es kam zu einem Repositionsverlust.

Patient	Klassifikation nach AO	Arthroseinteilung nach Kellgren (34)	Frakturstellung (Repositionsverlust)
1	43 C 1.1	I	
2	43 C 2.2	II	5° varus
3	43 C 3.3	II	5° valgus
4	43 C 1.1	I	
5	43 C 2.2	III	4° valgus
6	43 C 1.1	II	4° valgus

7	43 B 3.2	II	
8	43 B 2.1	II	
9	43 B 1.2	I	
10	43 C 2.2	III	6° valgus
11	43 B 2.2	I	
12	43 C 3.3	Arthrodesse	
13	43 B 1.2	I	
14	43 C 2.2	IV	7° valgus
15	43 C 3.1	OSG TEP	
16	43 C 3.1	II	
17	43 C 3.3	II	
18	43 C 3.2	IV	
19	43 B 1.2	I	
20	43 B 2.2	I	
21	43 B 2.2	I	4° varus
22	43 B 1.1	II	
23	43 C 3.3	US Amputation	
24	43 B 3.3	II	
25	43 C 3.1	II	
26	43 C3.2	II	
27	43 C1.1	II	

Tab. 11: Arthroseinteilung und Frakturstellung (eig. Erhebung)

### Verteilung der Arthroseausbildung nach Kellgren

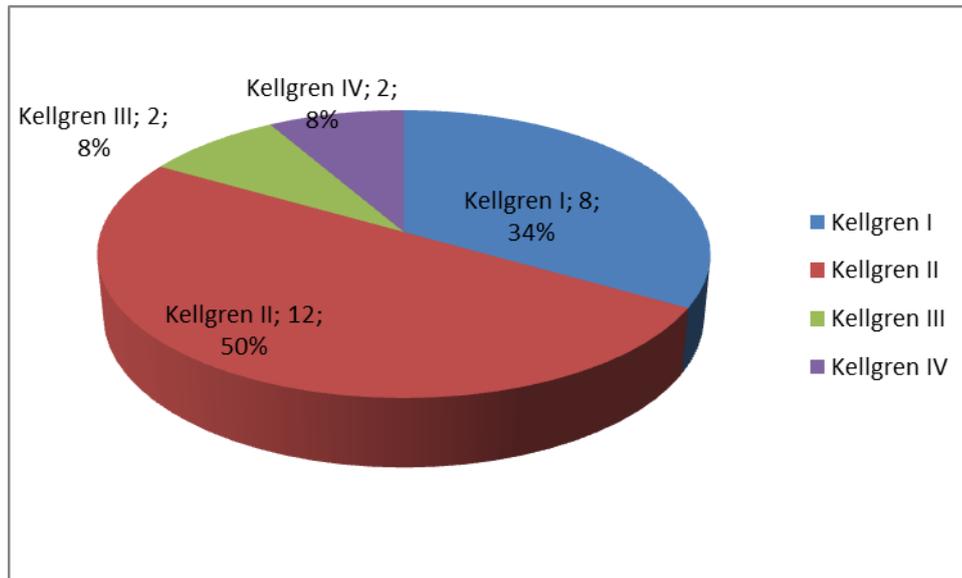


Abb. 19: Verteilung der Arthroseausbildung nach Kellgren mit Angabe der Fallzahlen und der Prozentwerte (n=24, ausgenommen wurden 1 Unterschenkelamputation, 1 OSG Arthrodese sowie 1 OSG TEP) (eig. Erhebung)

Tabelle 12 zeigt die Verteilung der Arthroseausbildung bezüglich der Frakturschwere. So lässt sich in unserer Studie zeigen, dass in der Gruppe der B-Frakturen 60% leichte und 40% mittelgradige Arthrosen zur Ausbildung kommen. Die Arthroserate der C-Frakturen hingegen ist deutlicher ausgeprägt. Hier finden sich 14,3% leichte, 57,1% mittelgradige und 28,6% schwere posttraumatische Arthrosen.

Zusammenfassend haben die B-Frakturen bezüglich der Ausbildung einer posttraumatischen Arthrose eine bessere Prognose als die C-Frakturen.

Arthrosegrad (34)	Klassifikation der Pilon Frakturen	
	B- Frakturen	C- Frakturen
I°	6 (60%)	2 (14,3%)
II°	4 (40%)	8 (57,1%)
III°	0	2 (14,3%)
IV°	0	2 (14,3%)

Tab. 12: Verteilung der Arthroseausbildung bezüglich der Frakturklassifikation (n=24, ausgenommen wurden 1 Unterschenkelamputation, 1 OSG Arthrodese sowie 1 OSG TEP) (eig. Erhebung)

## Repositionsverlust

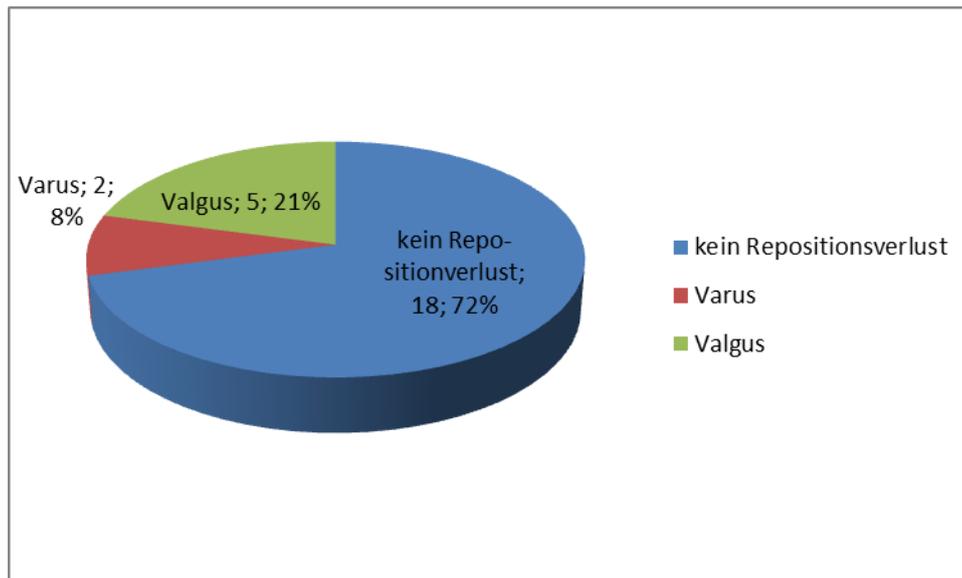


Abb. 20: Repositionsverlust unter Angabe der Fallzahlen und der Prozentwerte (n=24, ausgenommen wurden 1 Unterschenkelamputation, 1 OSG Arthrorese sowie 1 OSG TEP) (eig. Erhebung)

In der radiologischen Nachuntersuchung fiel eine Synostose zwischen Fibula und Tibia auf, diese fand sich auf Höhe der Metaphyse. Sie war mit einer Arthroseausbildung IV° nach Kellgren assoziiert und zeigte in der Beweglichkeitsmessung eine ROM Ext/Flex des OSG von 5/0/20°. Im AOFAS Score erreichte der Patient 67 von 100 Punkten.

Die einzelnen Arthrosezeichen zeigten sich in folgenden Häufigkeiten (n=24):

- subchondrale Sklerosierung 8x
- Gelenkspaltverschmälerungen 12x gering; 2x deutlich
- angedeutete Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche 7x
- Osteophytenbildung 4x gering, 2x ausgeprägt
- deutliche Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche 2x
- ausgeprägte Gelenkspaltverschmälerung bis zu vollständigen Destruktion 1x
- Deformierung/Nekrose der Gelenkpartner 1x

### 3.4 Gesamtergebnis

In den Abbildungen 21 bis 25 sind alle Teilergebnisse der klinischen und radiologischen Untersuchungen und deren Gesamtergebnis zusammenfassend dargestellt. Die Gesamteinstufung erfolgte nach den zuvor erläuterten Kriterien (siehe Kapitel 3.2 – 3.3).

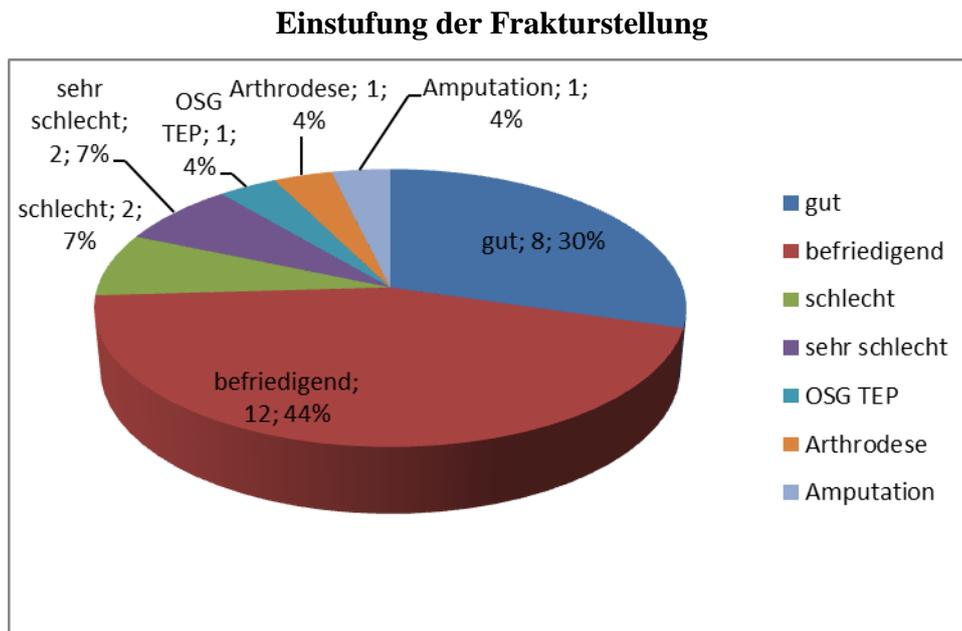


Abb. 21: Einstufung der Frakturstellung mit Angabe der Fallzahlen und der Prozentwerte (n=27) (eig. Erhebung)

### Ergebnisse im Vergleich mit Fallzahlen

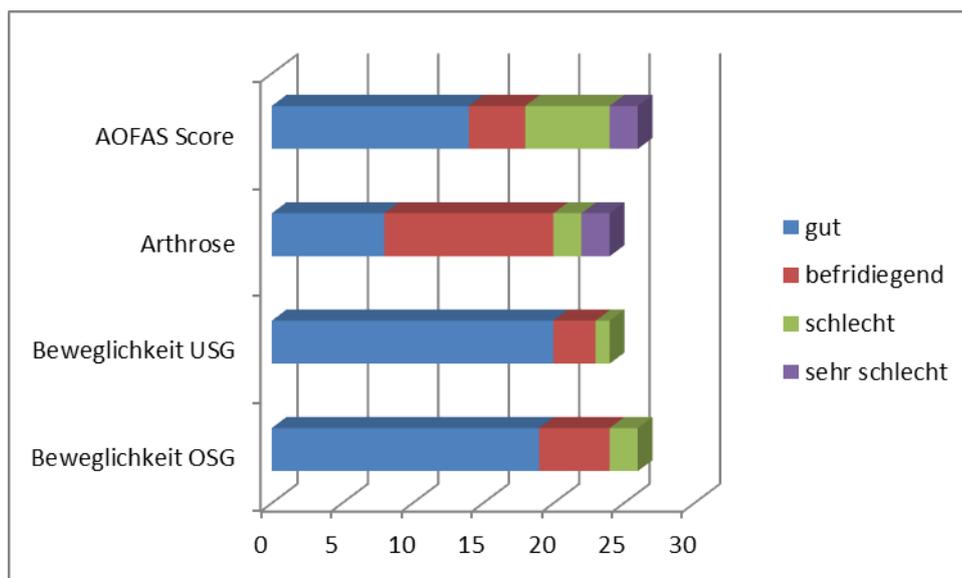


Abb. 22: Zusammenfassung der Ergebnisse (Y-Achse: einzelne Untersuchungsabschnitte; X-Achse: Bewertungen mit Fallzahlen) (eig. Erhebung)

## Ergebnisse im Vergleich in Prozent

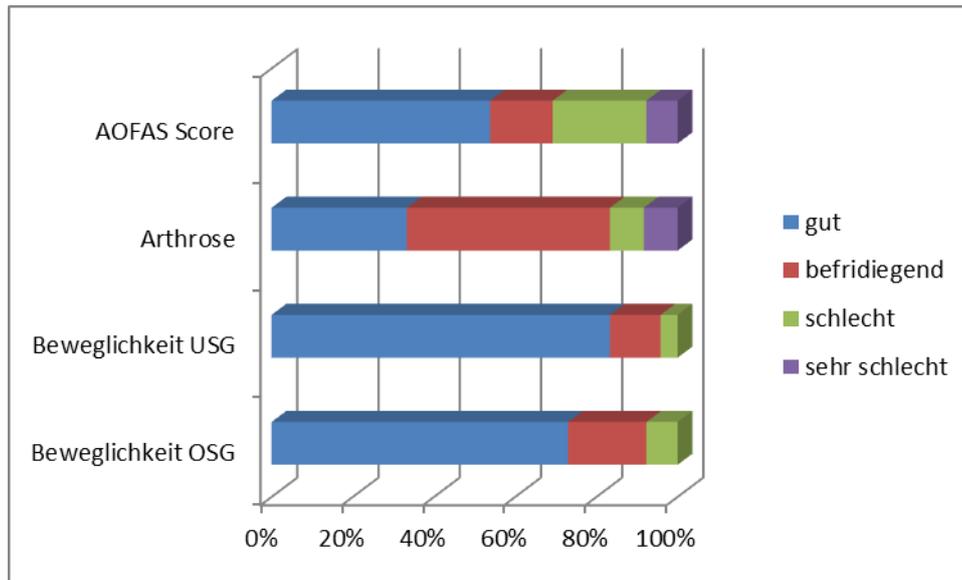


Abb. 23: Zusammenfassung der Ergebnisse (Y-Achse: einzelne Untersuchungsabschnitte; X-Achse: Bewertungen in Prozent) (eig. Erhebung)

## Darstellung der postoperativen Repositionsergebnisse mit Fallzahlen

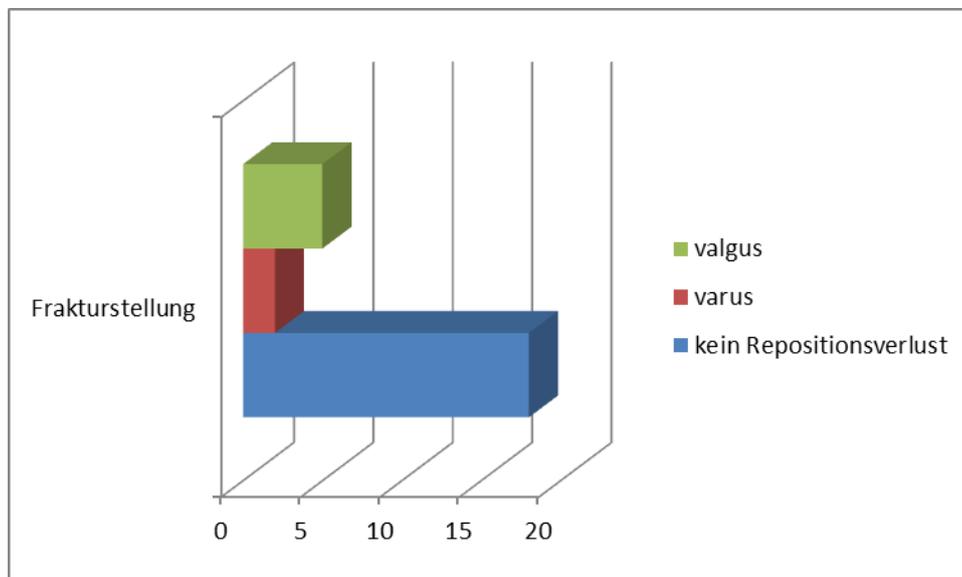


Abb. 24: Zusammenfassung der Repositionsergebnisse (n=25, ausgenommen 1 Unterschenkelamputation und 1 OSG TEP; Y-Achse: Frakturstellung; X-Achse: Bewertungen in Fallzahlen) (eig. Erhebung)

## Darstellung der postoperativen Repositionsergebnisse in Prozent

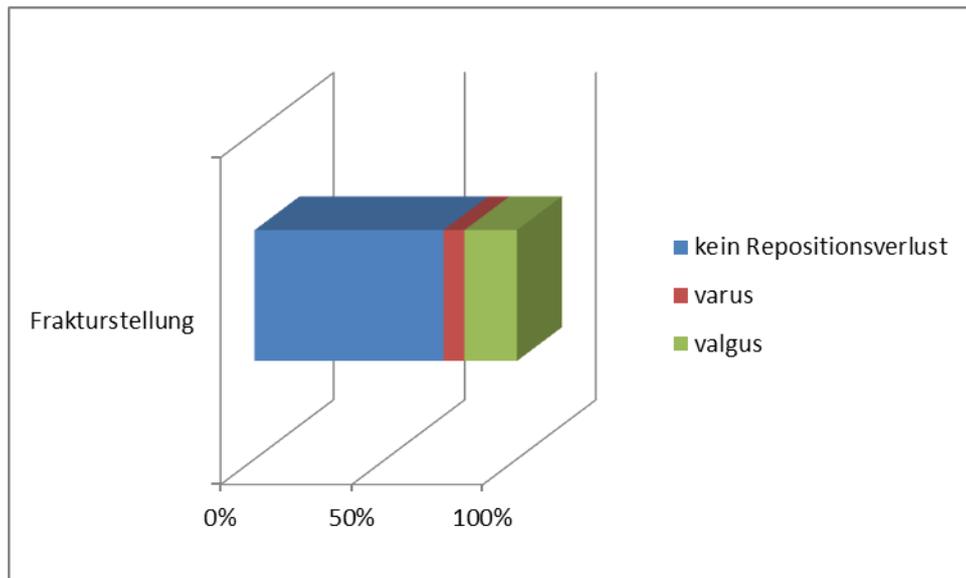


Abb. 25: Zusammenfassung der Repositionsergebnisse (n=25, ausgenommen 1 Unterschenkelamputation und 1 OSG TEP; Y-Achse: Frakturstellung; X-Achse: Bewertungen in Prozent) (eig. Erhebung)

### 3.5 Fallübersicht

Patientennummer	Pat. Alter	OP Zeitpunkt	OP Dauer in Minuten	Zeit bis Nachuntersuchung in Monaten	Klassifikation nach AO	Offene Fraktur
1	51	Jul 07	96	53	43 C 1.1	
2	47	Okt 07	90	50	43 C 2.2	Ja
3	48	Jul 08	174	41	43 C 3.3	
4	45	Sep 06	145	63	43 C 1.1	
5	32	Aug 08	205	40	43 C 2.2	Ja
6	18	Apr 05	102	80	43 C 1.1	
7	36	Feb 05	151	82	43 B 3.2	
8	36	Jun 06	122	66	43 B 2.1	Ja
9	52	Aug 07	126	52	43 B 1.2	
10	54	Jun 08	189	42	43 C 2.2	
11	66	Jan 06	250	71	43 B 2.2	
12	56	Sep 09	382	27	43 C 3.3	Ja
13	26	Aug 07	75	52	43 B 1.2	
14	50	Okt 09	128	26	43 C 2.2	Ja
15	53	Dez 09	194	24	43 C 3.1	
16	49	Dez 09	278	24	43 C 3.1	
17	23	Nov 09	210	25	43 C 3.3	
18	52	Feb 09	173	34	43 C 3.2	
19	26	Sep 09	112	26	43 B 1.2	
20	59	Jul 08	167	41	43 B 2.2	
21	44	Sep 07	93	51	43 B 2.2	
22	47	Mai 08	133	43	43 B 1.1	
23	54	Jul 09	324	29	43 C 3.3	Ja
24	32	Mrz 09	179	33	43 B 3.3	Ja
25	18	Sep 08	236	39	43 C 3.1	Ja
26	34	Mrz 08	214	45	43 C3.2	
27	69	Apr 08	144	44	43 C1.1	

Tab. 13: Fallübersicht der Patienten mit OP Zeitpunkt, OP Dauer, Zeit bis zur Nachuntersuchung, Klassifikation nach AO sowie offener Frakturen (eig. Erhebung)

Patientennummer	Fibula FX	Spongiosa-plastik	Unfallursache	Seite	AOFAS Score Punkte
1			Sturz aus Höhe	rechts	100
2			Verkehrsunfall	links	75
3	ja	ja	Sturz aus Höhe	rechts	90
4			Sturz auf Ebene	rechts	100
5		ja	Verkehrsunfall	rechts	91
6			Verkehrsunfall	rechts	90
7	ja		Sturz aus Höhe	links	77
8			sonstiges	links	80
9			Sturz auf Ebene	links	100
10	ja	ja	Sturz aus Höhe	links	30
11	ja		Sturz auf Ebene	rechts	100
12		ja	Verkehrsunfall	links	46
13			Verkehrsunfall	rechts	100
14	ja		Sturz aus Höhe	links	55
15			Verkehrsunfall	rechts	96
16	ja	ja	Sturz aus Höhe	links	68
17	ja	ja	Sturz aus Höhe	rechts	68
18	ja	ja	Sturz aus Höhe	links	67
19			sonstiges	links	100
20	ja		Verkehrsunfall	rechts	100
21			Verkehrsunfall	links	100
22	ja		Sturz auf Ebene	links	85
23	ja	ja	Sturz aus Höhe	rechts	
24	ja	ja	sonstiges	rechts	56
25	ja	ja	Verkehrsunfall	rechts	64
26		ja	Verkehrsunfall	links	97
27			sonstiges	links	100

Tab. 14: Fallübersicht der Patienten mit Fibulafaktur, Spongiosaplastik, Unfallmechanismus, betroffener Seite sowie AOFAS Score (eig. Erhebung)

Patientennummer	Beweglichkeit OSG	Beweglichkeit USG	Kellgren	Frakturstellung	Repositionsverlust
1	10/0/40	frei	I		Nein
2	5/0/30	frei	II	5° varus	Ja
3	10/0/30	frei	II	5° valgus	Ja
4	15/0/40	frei	I		Nein
5	5/0/30	frei	III	4° valgus	Ja
6	15/0/30	frei	II	4° valgus	Ja
7	10/0/35	frei	II		Nein
8	5/0/30	frei	II		Nein
9	10/0/30	frei	I		Nein
10	5/0/15	Arthrodesese	III	6° valgus	Ja
11	10/0/30	frei	I		Nein
12	Arthrodesese	Arthrodesese	Arthrodesese		Nein
13	15/0/40	frei	I		Nein
14	0/0/15	1/3	IV	7° valgus	Ja
15	10/0/20 OSG TEP	frei			Ja
16	5/0/15	2/3	II		Nein
17	0/0/20	frei	II		Nein
18	5/0/20	frei	IV		Nein
19	15/0/40	frei	I		Nein
20	15/0/30	frei	I		Nein
21	15/0/35	frei	I	4° varus	Ja
22	5/0/30	frei	II		Nein
23	US Amputation				Ja
24	5/0/30	2/3	II		
25	0/0/35	2/3	II		Nein
26	20/0/40	frei	II		Nein
27	10/0/45	frei	II		Nein

Tab. 15: Fallübersicht der Patienten mit Beweglichkeit des OSG bzw. USG, der Arthroseausbildung nach Kellgren, der postoperativen Frakturstellung und des Repositionsverlustes (eig. Erhebung)

Patienten- nummer	WT-Infekt	KS	Ostitis	av. Nekrose	Arthrose	Re-OP
1	nein	nein	nein	nein	ja	nein
2	nein	nein	nein	nein	ja	Ja
3	nein	nein	nein	nein	ja	Ja
4	nein	nein	nein	nein	nein	nein
5	nein	nein	nein	nein	ja	Ja
6	nein	nein	nein	nein	ja	nein
7	nein	nein	nein	nein	ja	nein
8	nein	nein	nein	nein	ja	nein
9	nein	nein	nein	nein	nein	nein
10	nein	nein	nein	nein	ja	nein
11	nein	nein	nein	nein	nein	nein
12	ja	ja	nein	ja	ja	Ja
13	nein	nein	nein	nein	nein	nein
14	nein	nein	nein	nein	ja	nein
15	nein	nein	nein	ja	ja	Ja
16	nein	nein	nein	nein	ja	nein
17	nein	nein	nein	nein	ja	nein
18	ja	nein	nein	nein	ja	Ja
19	nein	nein	nein	nein	nein	nein
20	nein	nein	nein	nein	nein	nein
21	nein	nein	nein	nein	nein	nein
22	nein	nein	nein	nein	ja	nein
23	ja	nein	ja	ja	ja	Ja
24	ja	ja	nein	nein	ja	Ja
25	nein	nein	nein	nein	ja	nein
26	nein	nein	nein	nein	ja	nein
27	nein	nein	nein	nein	ja	nein

Tab. 16: Fallübersicht der Patienten mit postoperativen Komplikationen wie: Weichteilinfekt (WT-Infekt), Knochensequestern (KS), Ostitis, avaskulärer Nekrose (av. Nekrose), Arthrose und Reoperationen (Re-OP) (eig. Erhebung)

Patientennummer	verzögerte Frakturheilung	Nonunion	Schwellneigung
1	nein	nein	ja
2	nein	nein	ja
3	nein	nein	ja
4	nein	nein	ja
5	nein	nein	ja
6	nein	nein	ja
7	nein	nein	nein
8	nein	nein	nein
9	nein	nein	nein
10	nein	nein	ja
11	nein	nein	ja
12	nein	nein	ja
13	nein	nein	nein
14	nein	nein	ja
15	nein	nein	ja
16	nein	nein	ja
17	nein	nein	ja
18	nein	nein	ja
19	nein	nein	nein
20	nein	nein	ja
21	nein	nein	nein
22	nein	nein	ja
23	ja	ja	nein
24	nein	nein	ja
25	nein	nein	ja
26	nein	nein	ja
27	nein	nein	ja

Tab. 17: Fallübersicht der Patienten mit postoperativen Komplikationen wie: verzögerter Frakturheilung, Nonunion und postoperativer Schwellneigung (eig. Erhebung)

### 3.6 statistische Ergebnisse

In Tabelle 18 wurde der statistische Zusammenhang zwischen der Frakturklassifikation und dem AOFAS-Score, der Beweglichkeit (Plantarflexion und Dorsalextension) sowie der Operationsdauer gegenübergestellt. Bezüglich der einzelnen Parameter gab es keinen signifikanten Zusammenhang im nachuntersuchten Patientenkollektiv.

Allerdings lässt sich ein Trend zwischen der Schwere der Fraktur (Frakturklassifikation) und der erreichten Punkte im AOFAS-Score sowie der OP Dauer erkennen.

	Klassifikation der Pilon Frakturen		Mann-Whitney U Test
	B- Frakturen	C- Frakturen	P
AOFAS	89,8 ± 15,1	77,3 ± 21,5	0,077
Plantarflexion	33,0 ± 4,2	26,6 ± 12,2	0,22
Dorsalextension	10,5 ± 4,4	7,2 ± 6,0	0,135
OP Dauer	140,8 ± 49,7	193,2 ± 79,4	0,066

Tab. 18: Untersuchung Zusammenhänge zwischen der Frakturklassifikation und dem AOFAS Score, der Plantarflexion des OSG, der Dorsalextension des OSG und der OP Dauer (eig. Erhebung)

Eine Signifikanz lässt sich zwischen der Frakturschwere (Frakturklassifikation) und der Ausbildung einer posttraumatischen Arthrose erkennen (s. Tabelle 19). Und zwar zwischen den mit B- und C-Klassifizierten Frakturen und deren posttraumatischer Arthroseausbildung.

		Klassifikation der Pilon Frakturen		Fisher exact Test
		B- Frakturen	C- Frakturen	P
Arthrose	ja	4	15	0,00511
	nein	6	1	

Tab. 19: Untersuchung Zusammenhang zwischen der Frakturklassifikation und der Ausbildung einer OSG Arthrose (eig. Erhebung)

Keine Signifikanz hingegen bestand zwischen der Frakturstärke (Frakturklassifikation) und dem Auftreten von Fibulafrakturen (s. Tabelle 20).

		Klassifikation der Pilon Frakturen		Fisher exact Test
Fibulafraktur		B- Frakturen	C- Frakturen	P
	ja	5	7	0,28192
	nein	5	10	

Tab. 20: Untersuchung Zusammenhang zwischen der Frakturklassifikation und Fibulafraktur (eig. Erhebung)

Zwischen der Frakturstärke (Frakturklassifikation) und der noch bestehenden Schwellneigung lässt sich eine statistische Signifikanz erkennen (s. Tabelle 21). Es zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen den mit B- und C-Klassifizierten Frakturen und dem Vorliegen einer Schwellneigung.

		Klassifikation der Pilon Frakturen		Fisher exact Test
Schwellneigung		B- Frakturen	C- Frakturen	P
	ja	4	16	0,00402
	nein	6	1	

Tab. 21: Untersuchung Zusammenhang zwischen der Frakturklassifikation und der Ausbildung einer postoperativen Schwellneigung (eig. Erhebung)

In Tabelle 22 wurde der statistische Zusammenhang zwischen der Frakturstärke (Frakturklassifikation) und dem Repositionsverlust berechnet. Es zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang im nachuntersuchten Patientenkollektiv.

Allerdings lässt sich auch hier ein Trend zwischen der Schwere der Fraktur (Klassifikation der Pilon Frakturen) und dem Repositionsverlust erkennen. Vermutlich wäre auch hier bei einem größeren Patientenkollektiv eine Signifikanz bezüglich der Schwere der Fraktur und des Repositionsverlustes zu erwarten.

		Klassifikation der Pilon Frakturen		Fisher exact Test
		B- Frakturen	C- Frakturen	P
Repositionsverl.	ja	1	8	0,05187
	nein	9	9	

Tab. 22: Untersuchung Zusammenhang zwischen der Frakturklassifikation und der Ausbildung eines Repositionsverlustes (eig. Erhebung)

Keine statistische Signifikanz zeigte sich hingegen zwischen der Frakturschwere und der Anzahl bzw. der Notwendigkeit an Re-Operationen (s. Tabelle 23).

		Klassifikation der Pilon Frakturen		Fisher exact Test
		B- Frakturen	C- Frakturen	P
Re-Operation	ja	3	5	0,33448
	nein	7	12	

Tab. 23: Untersuchung Zusammenhang zwischen der Frakturklassifikation und der Notwendigkeit einer Re-Operation (eig. Erhebung)

Ebenfalls zeigte sich keine statistische Signifikanz zwischen dem Auftreten von avaskulären Nekrosen und der vorliegenden Frakturschwere (s. Tabelle 24).

		Klassifikation der Pilon Frakturen		Fisher exact Test
		B- Frakturen	C- Frakturen	P
Avask. Nekrose	ja	0	3	0,23248
	nein	10	14	

Tab. 24: Untersuchung Zusammenhang zwischen der Frakturklassifikation und der Ausbildung einer avaskulären Nekrose (eig. Erhebung)

Tabelle 25 dient der Darstellung des statistischen Zusammenhanges zwischen dem Auftreten einer posttraumatischen Arthrose und dem Vorhandensein einer offenen Fraktur. Hier zeigte sich kein eindeutiger statistisch signifikanter Zusammenhang im nachuntersuchten Patientenkollektiv.

Bezüglich des Auftretens einer posttraumatischen Arthrose im Zusammenhang mit dem Vorhandensein einer offenen Fraktur lässt sich ein Trend erkennen. Auch bei dieser Berechnung wäre bei einem größeren Patientenkollektiv eine eindeutige Signifikanz zu erwarten.

		offene Fraktur		Fisher exact Test
Arthrose		ja	Nein	P
	ja	8	12	0,05674
	nein	0	7	

Tab. 25: Untersuchung Zusammenhang zwischen der Ausbildung einer postoperativen Arthrose und offener Fraktur (eig. Erhebung)

Die statistische Berechnung zwischen dem Auftreten einer posttraumatischen Arthrose und dem Vorliegen einer Fibulafraktur ergab keinen signifikanten Zusammenhang (s. Tabelle 26). Es besteht demnach keine statistische Relevanz bezüglich dem Auftreten einer posttraumatischen Arthrose und dem parallelen Vorliegen einer Fibulafraktur.

		Fibulafraktur		Fisher exact Test
Arthrose		ja	Nein	P
	ja	10	10	0,22319
	nein	2	5	

Tab. 26: Untersuchung Zusammenhang zwischen der Ausbildung einer postoperativen Arthrose und Fibulafraktur (eig. Erhebung)

Tabelle 27 zeigt die Untersuchung des Zusammenhanges zwischen der Ausbildung einer posttraumatischen Arthrose und intraoperativ verwendeter Spongiosaplastik. Diesbezüglich zeigt sich ein deutlicher statistisch signifikanter Zusammenhang. Bei intraoperativ verwendeter Spongiosaplastik kam es im postoperativen Verlauf zu einem vermehrten Auftreten einer posttraumatischen Arthrose.

		Spongiosaplastik		Fisher exact Test
Arthrose		Ja	Nein	P
	ja	11	9	0,01288
	nein	0	7	

Tab. 27: Untersuchung Zusammenhang zwischen der Ausbildung einer postoperativen Arthrose und intraoperativer Spongiosaplastik (eig. Erhebung)

Als letztes wurde überprüft, ob es einen statistischen Zusammenhang zwischen der Ausbildung einer postoperativen Arthrose und der Zeit bis zur Nachuntersuchung gibt. Hierfür wurde der Spearman Korrelationskoeffizient angewendet. Es ließ sich ein  $p = 0138$  berechnen. Daraus lässt sich Schlussfolgern, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Ausbildung einer posttraumatischen Arthrose und der Zeit bis zur Nachuntersuchung besteht.

### 3.7 spezielle Fallbetrachtung

Beispiel für eine osteosynthetische Versorgung einer Pilon tibial Fraktur

(Fall Nr. 15 aus der Fallübersicht)

- multifragmentäre Gelenkfraktur mit Dissoziation der Gelenkfläche, Fraktur auf die distale Metaphyse begrenzt (AO 43 C3.1)
- 55jährige Patientin, welche auf einem Zebrastreifen von einem Taxi an der rechten unteren Extremität erfasst wurde
- Geschlossene Fraktur mit II° Weichteilschaden
- mit Syndesmosenruptur

**1a** Unfalltag, nach geschlossener Reposition und Ruhigstellung im Weißgips (gespalten)

**1b** postoperative Versorgung 4d nach Trauma, es zeigte sich intraoperativ eine multifragmentäre chondrale Delaminierung

**1c** 3 Monate postoperativ

**1d** 6 Monate postoperativ

**1e** 12 Monate postoperativ, posttraumatische Osteonekrose des ventralen Tibiaplafonds und konsekutiver sagittaler Dezentrierung, sekundäre dTFG-Instabilität

**1f** 6 Wochen nach OSG TEP Implantation, 14 Monate nach Trauma

**1g 6 Monate nach OSG TEP Implantation**

AOFAS Score prä OSG TEP 27 Punkte

ROM prä OSG TEP Ext/Flex 0/0/10

AOFAS Score post OSG TEP 96 Punkte

ROM post OSG TEP Ext/Flex 10/0/20



Abb. 26: **1a** CT vom Unfalltag, nach geschlossener Reposition und Ruhigstellung im Weißgips (gespalten)

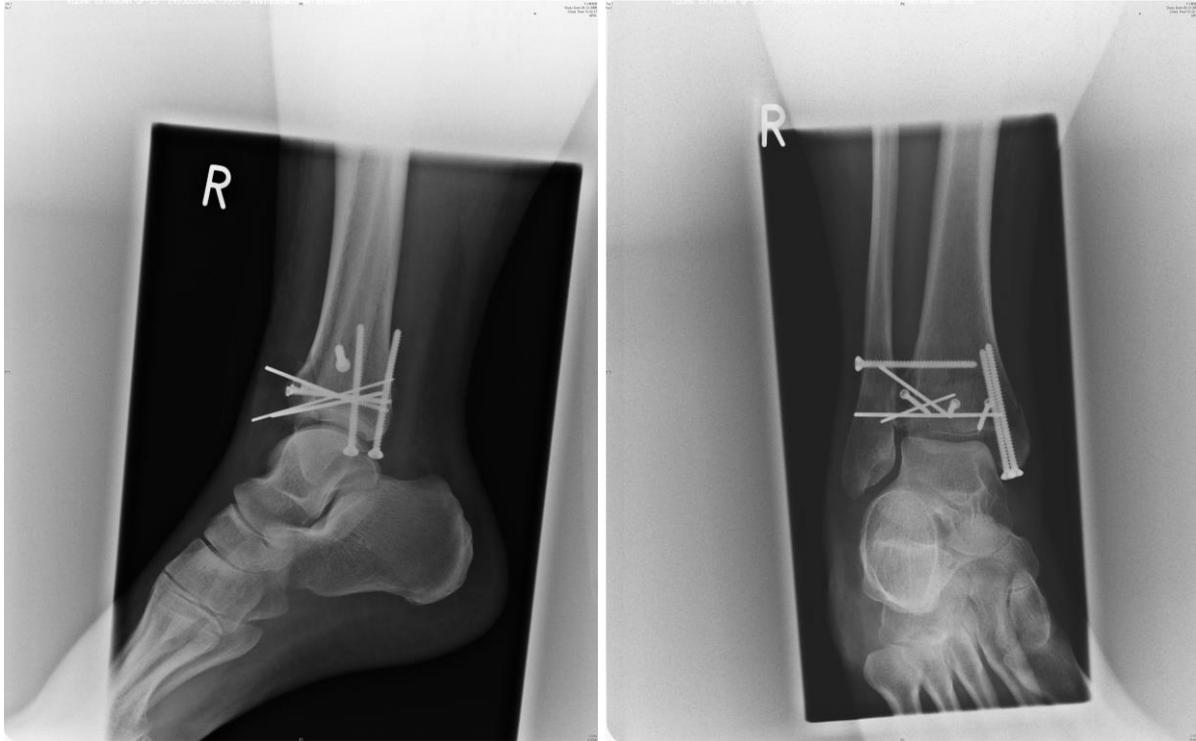


Abb. 28: **1b** postoperative Versorgung 4d nach Trauma, es zeigte sich intraoperativ eine multifragmentäre chondrale Delaminierung

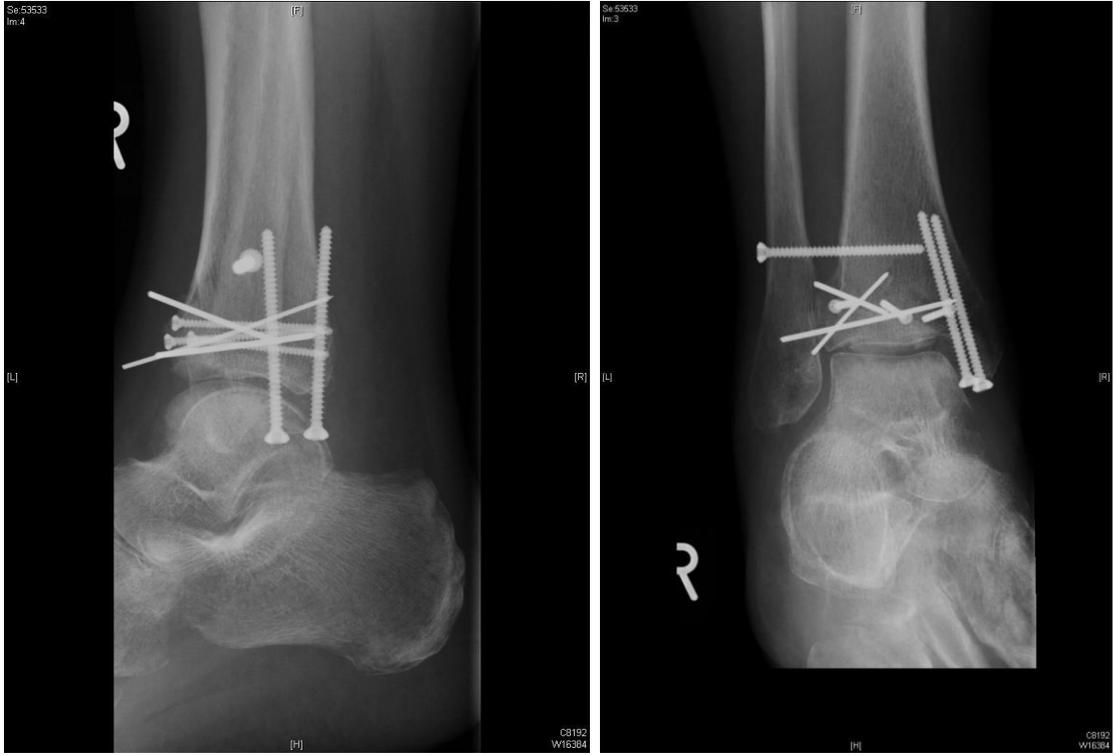


Abb. 28: **1c** 3 Monate postoperativ



Abb. 29: **1d** 6 Monate postoperativ



Abb. 30: **1e** 12 Monate postoperativ, posttraumatische Osteonekrose des ventralen Tibiaplafonds und konsekutiver sagittaler Dezentrierung, sekundäre dTFG-Instabilität

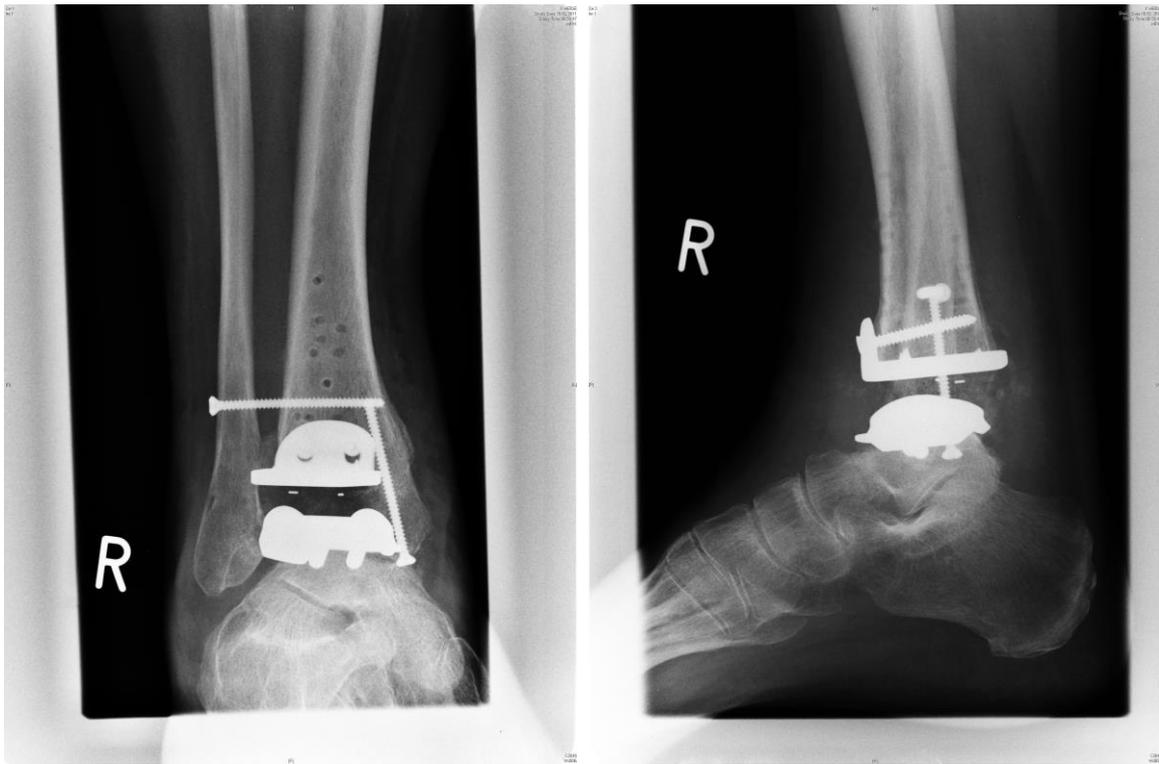


Abb. 31: **1f** 6 Wochen nach OSG TEP Implantation, 14 Monate nach Trauma



Abb. 32: **1g** 6 Monate nach OSG TEP Implantation

Aktuell hat die Patientin einen AOFAS Score post OSG TEP von 96 Punkten und eine Range of Motion (ROM) post OSG TEP von Ext/Flex 10/0/20 Grad nach Neutral Null Methode.

## 4. Diskussion

### 4.1 Diskussion der Methoden

Ein Schwerpunkt bei der Befragung der Patienten lag auf der Evaluation der postoperativen Beweglichkeit des oberen Sprunggelenkes sowie der Erfassung der postoperativen Beschwerden hinsichtlich der Aktivitäten des täglichen Lebens. Um diese relevanten subjektiven und klinischen Beurteilungen auswerten zu können, nutzten wir den AOFAS Score.

In der klinischen Untersuchung zeigte sich, dass Pilon Tibial Frakturen häufig auch mit Beschwerden und Mobilitätseinschränkungen im Bereich des unteren Sprunggelenkes, im Sinne einer Anschlussarthrose des unteren Sprunggelenkes, vergesellschaftet sind. Daher erfolgte eine Einstufung der Beweglichkeit des unteren Sprunggelenkes auch mittels des AOFAS Scores. Der Vorteil war eine Gesamteinstufung der Beweglichkeit des Rückfußes und nicht nur des direkt betroffenen oberen Sprunggelenkes. Da in der Literatur verschiedene Bewegungsmaßstäbe für das obere Sprunggelenk existieren, so beispielsweise bei Ayeni (41) wo 50-75% Einschränkung von der normalen Beweglichkeit als befriedigend oder wie bei Oviada und Beals (43) 50% Einschränkung noch als gut klassifiziert werden, nutzten wir die vom AOFAS Score vorgegebene Einteilung. Ergänzt wurde die klinische Untersuchung durch eine Funktionsprüfung der betroffenen Extremität mit äußerer Untersuchung auch in Bezug auf neurologische Defizite, wie Hypästhesien oder Parästhesien.

Die Einteilung der Pilon tibial Frakturen hinsichtlich des Auftretens einer posttraumatischen Arthrose erfolgte nach der Einteilung von Kellgren und Lawrence (34). Die Einteilung erfolgte anhand von Röntgenbildern, die unter Belastung im Stehen, aufgenommen wurden. Denn durch die Druckaufnahme in den Gelenken ist eine Gelenkspaltverschmälerung im Sinne einer posttraumatischen Arthrose prognostisch und klinisch besser zu beurteilen.

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Arthrosegrad und dem Nachuntersuchungszeitraum fand sich nicht ( $p = 0.138$ ) für den Korrelationskoeffizienten nach Spearman. Das kann darin begründet liegen, dass der Zeitraum zwischen operativer Therapie und Nachuntersuchung nicht ausreichend bemessen war. Daher ist anzunehmen, dass in einigen Fällen eine Progredienz der Arthrose bzw. eine Verschlechterung der Ergebnisse zu erwarten ist. Auch wenn im Gegensatz dazu manche Autoren von einem kurzen Zeitintervall bis zur Entwicklung einer posttraumatischen Arthrose sprechen. In diesem Zusammenhang werden

Zeiträume von einem bis zwei Jahren genannt, wonach es zu keiner neuen Arthrosenbildung kommen soll (29, 32).

In der statistischen Auswertung können Werte einer zu bestimmenden Zielgröße von weiteren Parametern, Drittvariablen, abhängig sein. Diese Drittvariablen können einen Zusammenhang zwischen den auszuwertenden Parametern verdecken oder vortäuschen. Um dieses Risiko zu minimieren wurden mögliche Störvariablen, soweit diese bekannt waren, miteingefasst. Zu den möglichen Störvariablen gehören unter anderem die Frakturklassifikation, Begleitverletzungen wie Fibulafaktur oder verwendete Spongiosaplastik sowie die Ausbildung einer posttraumatischen Arthrose. Talusfrakturen und Ostitis wurden aufgrund ihrer Seltenheit als mögliche Einflussfaktoren nicht berücksichtigt. Auch das Vorliegen von Knochensequestern als mögliche Komplikation wurde nicht weiter verfolgt. Zu der Gesamtzahl an Komplikationen bei Pilon Tibial Frakturen fanden jedoch die Talusfrakturen, die Ostitis und die Ausbildung von Knochensequestern Berücksichtigung.

## **4.2 Diskussion der Komplikationen**

Im eigenen Patientengut zählten Weichteilkomplikationen mit 30% zu den häufigsten festgestellten Komplikationen. Dazu zählten mit 30% sekundäre Deckungen (Mesh-Graft) sowie Hautnekrosen (20% der B-Frakturen, 35% der C-Frakturen) und 15% Weichteilinfektionen. Bezüglich der Rate an Weichteilkomplikationen lassen sich in der Literatur sehr unterschiedliche Daten finden (siehe Tabelle). Besonders hohe Raten an Weichteilkomplikationen wurden bei Frakturen mit großem Frakturschweregrad und erheblichem Weichteilschaden angegeben. Teeny und Wiss 1993 berichten über 50% Weichteilkomplikationen bei Trümmerfrakturen (29). Rommens et al. beschrieben 1994, dass es bei rund 67% der C-Frakturen zu einer Weichteilkomplikation gekommen ist (28). Andere Autoren berichten ebenfalls über relativ hohe Infekt- und Weichteilkomplikationen ohne dabei genaue Zahlen anzugeben. Auch bei diesem Patientenkollektiv handelte es sich um Patienten mit einem hohen Initialtrauma und dementsprechend großer Knochen- und Weichteilschädigung (28, 42).

Nur wenige Autoren berichten bei großer Knochen- und Weichteilschädigung über niedrige Raten an Weichteilkomplikationen. So beschreibt Welz 1982 6% an Weichteilkomplikationen und Leone et al. 1993 9% (44, 45). Interessant ist das bei beiden Patientenkollektiven indirekte Repositionsmanöver und limitierte Osteosynthesen zum Tragen kamen.

Eine regelmäßige Nachuntersuchung dieser komplikationsreichen Verletzung ist sinnvoll. Denn trotz erheblicher Beschwerden suchten einige Patienten von sich aus keine ärztliche Hilfe. Durch die erfolgten Nachuntersuchungen konnten den Patienten weitere Behandlungskonzepte vorgeschlagen und durchgeführt werden. In der Häufigkeit der Sekundäreingriffe spiegelt sich die hohe Komplikationsrate wieder. Im eigenen Patientenkollektiv betrug die Rate an Sekundäreingriffen 29,6%. Bei den B-Frakturen betrug die Rate an Sekundäreingriffen 10% und bei den C-Frakturen 41,1%.

Rommens et al. berichten ebenfalls über sekundäre Weichteil- und Knocheneingriffe. Diese fanden sich insbesondere nach Plattenosteosynthesen und in Abhängigkeit des vorliegenden Weichteilschadens. Bei Frakturen ohne Weichteilschaden waren 21% und bei Frakturen mit großem Weichteilschaden waren 75% Sekundäreingriffe notwendig (28).

Dass es bei schweren Pilon tibial Frakturen zur Ausbildung einer Synostose zwischen Tibia und Fibula kommen kann, wird in Publikationen selten beschrieben. Heim wies 1991 auf die negative Funktionalität von Synostosen hin. So kann es durch die Synostose zu einer Blockade der Syndesmose kommen und somit die Dorsalextension des Fußes deutlich einschränken (5). Im eigenen Patientengut fand sich bei einem Patienten eine Synostose (3,7%), welche mit einer schlechten ROM (Range of Motion) des oberen Sprunggelenkes assoziiert war.

In der Literatur werden am häufigsten die Ostitis bzw. die Osteomyelitis als auch avaskuläre Nekrosen als knöcherne Komplikationen beschrieben. Dies lässt sich vermutlich durch die schwierige und langwierige Behandlung und die daraus resultierende schlechte Prognose erklären. Der Zusammenhang zwischen dem Schweregrad der Fraktur und Knocheninfektionen ist gut belegt (13, 21, 29, 32). Verschiedene Autoren (s. unten) berichten nach starker Weichteilschädigung über mehr Knocheninfektionen. In der nachfolgenden Tabelle werden im Vergleich verschiedener Studien die Unterschiede in der Ostitis-Rate verdeutlicht.

Knöcherne Komplikationen kamen im eigenen Patientenkollektiv in 11% der Fälle vor. All diese Infektionen traten nach Osteosynthese auf und zeigten in der Anamnese eine schwere Weichteilschädigung bzw. eine offene Fraktur. Bei diesen Patienten kam es zu einem schlechteren Gesamtergebnis in der Nachuntersuchung.

Zusammenhänge zwischen operativer Technik, Weichteilhandhabung und Komplikationen sind ebenfalls in der Literatur gut belegt. So führt eine ausgedehnte Weichteilfreilegung, insbesondere

Periostfreilegungen bei Trümmerfrakturen, bei der Osteosynthese zu vermehrten Störungen in der Frakturheilung (28, 28). Iatrogen hervorgerufene Störungen der Vaskularisation durch Knochendenudierung erhöhen die Gefahr von Nekrosen und Knocheninfekten (13). Sind die Weichteile schlecht durchblutet resultieren daraus häufig Nekrosen und Infektionen (1, 2, 38). Ebenso erhöhen ausgedehnte Operationen bei hohem Weichteilschaden das Infektionsrisiko (45). Viele Publikationen berichten über signifikant höhere Knocheninfektionen nach größeren Osteosyntheseeingriffen als nach minimalinvasiven Techniken und Fixateur externe (13, 32). Knocheninfektionen als auch Weichteilnekrosen und Wundinfektionen werden durch eine insuffiziente Osteosynthese und eine daraus resultierende Frakturinstabilität begünstigt. Dadurch erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für Sekundäreingriffe. Denn eine gute und zeitgerechte knöcherne Heilung setzt eine stabile Frakturversorgung voraus (1, 29).

Im eigenen Patientenkollektiv zeigten sich signifikante Zusammenhänge zwischen den knöchernen Komplikationen, der Frakturklassifikation sowie einer offenen Fraktur. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass eine schwere Pilon tibial Fraktur (C-Fraktur) ggf. mit offenem Weichteilschaden auf Kosten der Weichteil- und Knochenperfusion geht. Nach minimalinvasiven Osteosynthesetechniken hingegen, wo die Perfusion der Frakturfragmente durch geringes Weichteiltrauma erhalten blieb, zeigten sich im eigenen Patientengut keine knöchernen Komplikationen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass große Spongiosadefekte die knöcherne Konsolidierung beeinträchtigen können. Dies zeigt sich vor allem, wenn dadurch die Stabilität der Frakturversorgung in Gefahr ist. Da dieser Zusammenhang seit langem bekannt ist, ist die Auffüllung von Spongiosadefekten bei Osteosyntheseeingriffen obligat (5).

Im eigenen retrospektiv nachuntersuchten Patientenkollektiv zeigte sich ein weiterer signifikanter Zusammenhang zwischen den Spongiosaplastiken und der Ausbildung einer postoperativen Arthrose. Ursachen dafür könnten die damit verbundenen Knochenfreilegungen, die Deperiostierung einiger Frakturfragmente und das Weichteiltrauma sein.

Die vier Behandlungsrichtlinien der AO bezüglich der Versorgung von Pilon Tibial Frakturen berücksichtigen den vorhandenen Weichteilschaden leider nicht. Diese Tatsache sollte zu einer Überarbeitung der operativen Versorgungsstrategien zugunsten des primären Weichteilmanagements führen. Die operative Taktik sollte zu einem zweizeitigen Vorgehen modifiziert werden. Erst nach Konsolidierung der Weichteile, durch primäre Stabilisierung und Reposition mittels z.B. Fixateur externe, kann im Intervall die Frakturversorgung erfolgen (5).

Damit sollte bei der operativen Versorgung der Pilon Tibial Fraktur die primäre Weichteilkonsolidierung angestrebt und die operative Ausversorgung, auch bei initialer geringer Weichteilschädigung, im Intervall erfolgen.

### Komplikationen nach operativ behandelten Pilon tibial Frakturen

Autoren	WT-Infekte	KS	Ostitis	av. Nek.	Arthrose
De-las-Heras-Romero et. al. 2017 (46)	23%				36%
Imren et. al. 2017 (47)	43%			2%	20%
Duckworth et. al. 2016 (48)	17%	1%			
Viberg et. al. 2016 (49)	20%				
Lomax et. al. 2015 (50)	6%				27%
Bhattacharyya et. al. 2005 (51)	32%				16%
Sirkin et. al. 2004 (52)	5%				
Patterson et. al. 1999 (53)	0%				
Wyrsh et. al. 1996 (54)	33%				
Breitfuß et al. 1988 (56)			10%		50%
Etter u. Ganz 1991 (57)			2%		64%
Heim und Näser 1976 (30)	4%		2%		
Hendrich u. Sieweke 1993 (13)	9%		9%		
Höntzsch et al. 1990 (42)			33%		28%
Muhr u. Breitfuß 1993 (58)		10%	13%		
Nast-Kolb et al. 1993 (32)	18%		5%		
Ovadia u. Beals 1986 (43)	10%		7%	2%	
Rommens et al. 1994 (28)	30%		10%		
Rüedi et al. 1968 (9)	10%		4%		
Teeny u. Wiss 1993 (29)	27%		18%		
Waddell 1993 (59)	24%		0%		
Welz 1982 (45)	7%		9%		
<b>eigene Untersuchungen</b>	<b>14,8%</b>	<b>7,4%</b>	<b>3,7%</b>	<b>11,1%</b>	<b>74%</b>
	10% B-FX 17% C-FX	10% B-FX 6% C-FX	6% C-FX	18% C-FX	40% B-FX 94% C-FX

Tab. 28: Komplikationen nach operativ behandelten Pilon tibial Frakturen (eig. Zusammenstellung, in Anlehnung an 62)

WT-Infekte = Weichteilinfekte, KS = Kompartmentsyndrom, av. Nek. = avaskuläre Nekrose

<b>Autoren</b>	<b>Repositionsverlust</b>	<b>Re-OP</b>	<b>verzögerte Frakturheilung</b>	<b>Nonunion</b>
De-las-Heras-Romero et. al. 2017 (46)	10%		17%	2%
Imren et. al. 2017 (47)		12%	9%	
Duckworth et. al. 2016 (48)	6%	40%		9%
Viberg et. al. 2016 (49)	3%		6%	6%
Lomax et. al. 2015 (50)		27%	8%	8%
Bhattacharyya et. al. 2005 (51)				21%
Sirkin et. al. 2004 (52)			3%	6%
Patterson et. al. 1999 (53)			4%	4%
Wyrsh et. al. 1996 (54)		16%	2%	
Bonar u. Marsh 1993 (20)	10% Achse			
Bone et al. 1993 (18)	5%		15%	
Bourne et al. 1983 (10)	21% Achse		14%	
Etter u. Ganz 1991 (57)		7%	15%	
Höntzsch et al. 1990 (42)				4%
Möller u. Krebs 1982 (60)	26% Achse		17%	
Muhr u. Breituß 1993 (58)	6% Achse			
Ovadia u. Beals 1986 (43)			4%	2%
Rommens et al. 1994 (28)	20%		16%	
Rüedi et al. 1968 (9)	4%	10%		1%
Teeny u. Wiss 1993 (29)	12% Achse		17%	
Waddell 1993 (59)			21%	
<b>eigene Untersuchungen</b>	<b>33%</b> 10% B-FX 30% C-FX	<b>30%</b> 10% B-FX 41% C-FX	<b>4%</b> 6% C-FX	<b>4%</b> 6% C-FX

Tab. 29: Komplikationen nach operativ behandelten Pilon tibial Frakturen (eig. Zusammenstellung, in Anlehnung an 62)  
Re-OP = Re-Operation

### 4.3 Diskussion der subjektiven, klinischen und radiologischen Ergebnisse

Signifikante Korrelationen gab es im eigenen Patientenkollektiv zwischen einer hohen Frakturschwere und der Ausbildung einer posttraumatischen Arthrose, der Schwellneigung und eines Repositionsverlustes. Weitere signifikante Korrelationen gab es zwischen der Ausbildung

einer posttraumatischen Arthrose und angewendeter Spongiosaplastik sowie bei Vorhandensein von offenen Frakturen (siehe Tab. 18-27, Seite 58-62).

Zwischen einer hohen Frakturschwere und dem erhobenen AOFAS Score, der postoperativen Beweglichkeit, der Operationsdauer und der Anzahl bzw. der Notwendigkeit von Re-Operationen hingegen ist die Korrelation eher geringer ausgeprägt (siehe Tab. 18-27, Seite 58-62). Aufgrund des relativ kleinen nachuntersuchten Patientenkollektives ist keine eindeutige Signifikanz darstellbar. Vermutlich wäre bei einem größeren Patientenkollektiv eine Signifikanz bezüglich der Schwere der Fraktur und des AOFAS-Score sowie der OP Dauer zu erwarten. Ein Trend des Zusammenhanges zwischen Frakturschwere und der erreichten Punktezahl im AOFAS Score lässt sich bereits in unserem Patientenkollektiv erkennen.

Diese Endergebnisse sind nicht überraschend und stimmen mit den in der Literatur gemachten Angaben überein, bei denen die Unfallursache bzw. der dabei entstandene Weichteilschaden die spätere Arthroserate und die Gesamtprognose beeinflusste (28, 32, 46, 50, 56).

Bei den eigenen Nachuntersuchungen zeigten sich in allen Teilbereichen mehrheitlich gute Endergebnisse. Die Frakturen ließen sich hauptsächlich dem Arthrosegrad II (nach Kellgren) zuordnen. Jedoch zeigt sich das die B-Frakturen in der Ausbildung einer posttraumatischen Arthrose (mittelgradige bis schwere Arthrose) mit 40% eine bessere Prognose gegenüber den C-Frakturen mit 57,1% mittelgradiger und 28,6% schwerer Arthrose aufweisen.

Der posttraumatische Gelenkverschleiß muss somit mit dem Schweregrad der Verletzung (Frakturklassifikation) in Zusammenhang gebracht werden. Wie in den Ergebnissen gezeigt besteht hier ein signifikanter Zusammenhang von  $p=0,00511$ .

Spongiosaplastiken waren signifikant mit schlechteren Endergebnissen bezüglich der OSG Beweglichkeit bzw. der Ausbildung einer postoperativen Arthrose assoziiert. Weiterhin zeigte sich, dass weniger Osteosynthesematerial mit weniger postoperativen Komplikationen (Infekte) verbunden war. Sämtliche knöchernen Komplikationen waren mit schlechteren Endergebnissen assoziiert.

In der nachfolgenden Tabelle sind die postoperativen Ergebnisse nach Pilon tibial Fraktur verschiedener Autoren zusammengestellt. Viele dieser Autoren hatten ihre postoperativen Ergebnisse in drei Gruppen (gut, mäßig, schlecht) unterteilt. Da einige noch *sehr gute* von *guten* Ergebnissen unterschieden, wurden diese zur besseren Vergleichbarkeit in *gut* zusammengefasst. Mit Hilfe der Tabelle soll ein Vergleich der postoperativen Ergebnisse unter Berücksichtigung der Frakturschwere und der operativen Technik aufgezeigt werden.

Im direkten Vergleich mit anderen Studien zeigten sich im eigenen Patientenkollektiv überdurchschnittlich gute Endergebnisse im AOFAS Score (Gesamtbewertung: 69% gut, 23% befriedigend, 8% schlecht) sowie im Bezug auf die Beweglichkeit (Gesamtbewertung: 73% gut, 19% befriedigend, 8% schlecht). Diese guten Ergebnisse sind in erster Linie darauf zurückzuführen, dass in älteren Studien mehrheitlich Plattenosteosynthesen mit deutlich erhöhtem ossären Infektrisiko durchgeführt wurden. Wohingegen in unserem Patientengut auch minimalinvasive Verfahren zum Tragen kamen.

Bei genauerer Betrachtung der Studien fällt auf, dass zur Beurteilung der Spätergebnisse unterschiedliche Scores zur Erfassung verwendet wurden. Somit relativiert sich die Vergleichbarkeit der Studien. Doch durch die moderneren schonenderen Operationstechniken, modifiziertes Instrumentarium, verbesserte Antibiotikatherapien und durch konsequentes Weichteilmanagement sowie eine frühfunktionelle physiotherapeutische Nachbehandlung ist die Versorgung der Pilon Tibial Frakturen wesentlich verbessert worden. Hierdurch lassen sich auch die stets besser werdenden Ergebnisse nachvollziehen.

Diese Ergebnisse stimmen zuversichtlich für die osteosynthetische Versorgung von Pilon Tibial Frakturen, da in Zukunft die zweizeitige minimalinvasive Osteosynthese bei der operativen Versorgung als Standard angewendet und in den unfallchirurgischen Abteilungen als solches durchgeführt werden kann.

## Zusammenstellung der Ergebnisse nach operativ behandelten Pilon tibial Frakturen

Autoren	Frakturschwere	Weichteilschaden
De-las-Heras-Romero et. al. 2017 (46)	55% B; 45% C FX (K2)	15% offen
Imren et. al. 2017 (47)	56% B; 44% C FX (K2)	0% offen
Duckworth et. al. 2016 (48)	102 Typ C FX (K2)	14% offen
Viberg et. al. 2016 (49)	13% B; 87% C FX (K2)	23% offen
Lomax et. al. 2015 (50)	38% B; 62% C FX (K2)	0% offen
Bhattacharyya et. al. 2005 (51)	32% B; 68% C FX (K2)	21% offen
Sirkin et. al. 2004 (52)	23% Typ II, 12% Typ III (K1)	39% offen
Patterson et. al. 1999 (53)	100% C FX (K2)	27% offen
Wyrsh et. al. 1996 (54)	20% Typ II, 44% Typ III (K1)	26% offen
Blauth et. al. 2001 (55)	n15 FX	n/a
Bone et al. 1993 (18)	fast nur Trümmerfrakturen	50% offen
Bourne et al. 1983 (10)	50% Typ III (K1)	22% offen
Breitfuß et al. 1988 (56)	40% Typ II, 56% Typ III (K1)	keine offen
Etter u. Ganz 1991 (57)	1/2 Sportunfälle	12% offen
Helfet et al. 1994 (19)	76% Typ II, 24% Typ III (K1)	53% offen
Hendrich u. Sieweke 1993 (13)	18% B, 77% C (K2)	alle offen
Nast-Kolb et al. 1993 (32)	84% C2 und C3 (K2)	17% offen 23% geschloss. WTS
Rommens et al. 1994 (28)	67% Typ C (K2)	23% offen 45% schwerer WTS
Teeny u. Wiss 1993 (29)	45% Typ II, 50% Typ III (K1)	20% offen
Waddell 1993 (59)	Sturz aus Höhe	18% offen
Welz 1982 (45)	45% Trümmerfrakturen	33% schwerer WTS (offen und geschloss.)
eigene Untersuchungen	<b>37% B-Frakturen 63% C-Frakturen</b>	<b>29,6% offen 70,4% geschlossen</b>

Tab. 30: Zusammenstellung der Ergebnisse nach operativ behandelten Pilon tibial Frakturen (eig. Zusammenstellung, in Anlehnung an 62)

K = Klassifikation (K1 siehe Abb. 6, Seite 17, K2 siehe Seiten 18-21), WTS = Weichteilschaden

<b>Autoren</b>	<b>Therapie</b>	<b>Ergebnis</b>
De-las-Heras-Romero et. al. 2017 (46)	Fix. Ext. + OS	47% gut; 53% schlecht
Imren et. al. 2017 (47)	Fix. Ext. + OS (49% Fix. Ext.)	79.7 ± 1.06 Punkte AOFAS
Duckworth et. al. 2016 (48)	Fix. Ext. + OS (71,6% primäre OS)	79% Schmerzen (32% mild; 28% moderat; 19% immer)
Viberg et. al. 2016 (49)	OS	73 Punkte AOFAS (16 Pat. kein return to Job)
Lomax et. al. 2015 (50)	Fix. Ext. + OS	25% Schmerzen + spätere OP
Bhattacharyya et. al. 2005 (51)	Fix. Ext. + OS	n/a
Sirkin et. al. 2004 (52)	OS	n/a
Patterson et. al. 1999 (53)	OS	n/a
Wyrsh et. al. 1996 (54)	Fix. Ext + OS	n/a
Blauth et. al. 2001 (55)	OS	75% gut
Bone et al. 1993 (18)	Fix. Ext. + Minim. OS	30% gut, 45% mäßig, 25% schlecht
Bourne et al. 1983 (10)	OS	80% der leichten und 44% der schweren Frakturen befriedigend bis gut
Breitfuß et al. 1988 (56)	OS Fix. Ext. + Minim. OS	50% schlecht und Arthrose 24 Arthrodesen
Etter u. Ganz 1991 (57)	OS, Minim. OS	66% objektiv und 76% subjektiv gut
Helfet et al. 1994 (19)	OS	60% gut, 10% mäßig, 30% schlecht
Hendrich u. Sieweke 1993 (13)	Fix. Ext. + Minim. OS	50% gut (64% subjektiv gut) 50% Arthrose
Hourlier 1981 (16)	OS	53% gut, 18% mäßig, 29% schlecht
Nast-Kolb et al. 1993 (32)	Minim. OS	72% gut, 2/3 keine oder leichte Arthrose
Rommens et al. 1994 (28)	OS Fix. Ext. + Minim. OS	ohne WTS: 86% gut mit WTS: 56% gut
Teeny u. Wiss 1993 (29)	OS	25% gut, 25% mäßig, 50% schlecht
Waddell 1993 (59)	OS	74% gute Beweglichkeit 68% keine / geringe Schmerzen
Welz 1982 (45)	OS + Minim. OS	79% gut
eigene Untersuchungen	<b>OS</b> <b>Fix. Ext. + Minim. OS</b>	<b>AOFAS</b> 69% gut 23% befriedigend 8% schlecht <b>Beweglichkeit</b> 73% gut 19% befriedigend 8% schlecht <b>radiologische Ergebnisse</b>

		<b>34% Kellgren I</b> <b>50% Kellgren II</b> <b>8% Kellgren III</b> <b>8% Kellgren IV</b>
--	--	--

Tab. 31: Zusammenstellung der Ergebnisse nach operativ behandelten Pilon tibial Frakturen (eig. Zusammenstellung, in Anlehnung an 62)

OS = Osteosynthese, Minim. OS = Minimalosteosynthese, Fix. Ext. = Fixateur externe, WTS = Weichteilschaden

## 5. Zusammenfassung

Die anatomische Rekonstruktion des Tibiaplafonds ist für die Vermeidung einer posttraumatischen Arthrose Grundvoraussetzung. Ebenfalls sind Frakturheilung, die frühe Mobilisation des betroffenen Gelenkes und eine ausreichende Stabilität der Fraktur Voraussetzung für ein gutes funktionelles Ergebnis. Mangelhafter Gabelschluss, Stufen in der Gelenkfläche von >2mm (vor allem ventral gelegen) und Achsabweichungen verschlechtern das Outcome deutlich (5, 46, 47, 49).

Durch den Wandel der Unfallursachen, von der klassischen Skifahrerverletzung, zu einer Vielzahl traumatisierender Mechanismen die schwere Weichteilschäden hervorrufen, kommt es trotz Befolgung der AO-Leitlinien und anatomischer Rekonstruktion der Gelenkfläche zur Ausbildung schwerer Arthrosen (21, 28, 32, 46, 47, 50, 56). Auslöser dafür sind avaskuläre Knochennekrosen, vor allem die subchondralen Nekrosen (19, 47).

Auch im eigenen Patientenkollektiv war dies der Fall, es zeigte sich das sich bei über 2/3 der nachuntersuchten Patienten eine posttraumatische Arthrose entwickelt hat. Dabei fielen 50% auf eine Arthrose II°, 8% auf III° und 8% auf eine posttraumatische Arthrose IV° nach Kellgren (34).

Im Verlauf der letzten Jahre wurden die Indikation und die Rolle der Osteosynthese verstärkt diskutiert. Manche Autoren empfehlen die Osteosynthese nach den Richtlinien der AO und andere wiederum bevorzugen Techniken wie Extension, Minimalosteosynthesen, Fixateur externe oder eine Kombination dieser Techniken (14, 31, 32, 46, 47, 49, 51, 53, 54, 55, 61).

Andere Autoren orientierten sich wiederum an den Weichteilverhältnissen bei Ihrer Entscheidung und wieder andere orientierten sich am Schweregrad der Verletzung (13, 17, 28, 49, 50, 52, 53).

Die Wahl der Versorgungsverfahren spielt eine ebenso entscheidende Rolle wie die Gesamtsituation des Patienten (Alter, Allgemeinzustand, Polytrauma). Daher kann eine zweizeitige Versorgung bei schwerem Weichteilschaden hilfreich sein, um bei der endgültigen Versorgung bessere Voraussetzungen für die Wundheilung zu haben (28, 47, 49, 52, 53, 54, 55).

Die Osteosynthese gemäß der Empfehlung der AO beinhaltet je nach Schwere des Weichteilschadens ein zweizeitiges Vorgehen. Erstens mit temporärer Frakturreduktion durch Calcaneusextension und Anlage eines Fixateur externe. Im Rahmen der endgültigen Versorgung kommen die bereits beschriebenen Techniken zum Einsatz (Kapitel 1.8 Behandlung von Pilon Tibial Frakturen). Bei großen Defekten der Knochensubstanz erfolgt eine Spongiosaplastik,

welche durch die Frakturzone eingebracht wird, ohne dabei die Weichteile zu kompromittieren. Die Osteosyntheseimplantate sind so zu wählen, dass sie bei einer frakturüberbrückenden Osteosynthese ausreichende Gesamtstabilität für eine frühe Beübung garantieren. Ansonsten kann auch ein Fixateur externe die Fraktur überbrücken und eine Platte ersetzen. Die gelenkbildenden Fragmente sollten jedoch mit Hilfe von minimalinvasiven Techniken reponiert und durch Schrauben, möglichst atraumatisch, durch die Platte gefasst werden (5).

In den eigenen Untersuchungsergebnissen gab es Zusammenhänge zwischen knöchernen Komplikationen und schlechten funktionellen Ergebnissen. In dem untersuchten Patientengut kam es nach erfolgter Osteosynthese zu 11% knöchernen Komplikationen. Als Folge kommt es bei dem zugrundeliegenden Patientengut zu unbefriedigenden Gesamtergebnissen. Es musste bei einem Patienten im postoperativen Verlauf eine Unterschenkelamputation durchgeführt werden. Weiterhin wurden eine OSG Arthrodesen und eine Implantation einer OSG TEP durchgeführt. Bei der Unterschenkelamputation wurde kein AOFAS Score erhoben. Die Arthrodesen kam auf eine Punktzahl im AOFAS Score von 46 (von 100) und vor der Implantation der OSG TEP wurde eine Punktzahl von 27 (von 100) im AOFAS Score erhoben.

Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass die Komplikationsrate im eigenen Patientengut einen negativen Einfluss auf das Endergebnis hat. Möglicherweise lässt sich die Komplikationsrate durch die Wahl einer schonenden minimalinvasiven operativen Technik mit indirekten Repositionstechniken in naher Zukunft verringern.

## 6. Literaturverzeichnisse

- 1 Tscherne H, Gotzen L, (1983) Management offener Frakturen. Hefte Unfallheilkd 162: 10-31
- 2 Tscherne H, Rojczyk M (1983) Behandlung geschlossener Frakturen mit Weichteilschaden. Hefte Unfallheilkd 162: 39-45
- 3 Claudi BF, Oedekoven G (1991) "Biologische" Osteosynthesen. Chirurg 62: 367-377
- 4 Destot E (1911) traumatisme du pied et rayons X. Masson & Cie, Paris
- 5 Heim U (1991) Die Pilon-tibial-Fraktur. Springer, Berlin-Heidelberg-New York
- 6 Lambotte A (1913) Chirurgie operatoire des fractures. Masson & Cie, Paris
- 7 Böhler L (1951) Die Technik der Knochenbruchbehandlung, Band II/2, 10-13. Aufl. Maudrich, Wien, S 1910-1934 (Nachdruck 1977)
- 8 Zwipp H (1994) Chirurgie des Fußes, Springer-Verlag Wien GmbH, S 67
- 9 Rüedi T, Matter P, Allgöwer M (1968) Die intraartikulären Frakturen des distalen Unterschenkels. Helv Chir Acta 35: 556-582
- 10 Bourne RB, Rorabeck CH, Macnab J (1983) Intra-articular fractures of the distal tibia: the pilon fracture. J Trauma 23: 591-596
- 11 Mast JW (1993) Pilon fractures of the distal tibia: a test of surgical judgement. In: Tscherne H, Schatzker J (Hrsg) Major fractures of the pilon, the talus, and the calcaneus. Current concepts of treatment. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, S 7 - 27
- 12 Folwaczny EK, Sturmer KM (1999) Verletzung des oberen Sprunggelenks bei Unterschenkelfraktur. Unfallchirurg 102: 611 - 618
- 13 Hendrich V, Sieweke W (1993) offene Gelenkfrakturen am distalen Unterschenkel. Unfallchirurg 96: 253-258
- 14 Jahna H, Wittich H, Hartenstein H, (1979) Der distale Stauchungsbruch der Tibia: Ergebnisse von 583 frischen Fällen. Hefte Unfallheilkd 137
- 15 Müller ME, Nazarian S, Koch P (1987) Classification AO des fractures. Springer, Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo
- 16 Hourlier H (1981) Fractures récentes du pilon tibial. Thesis, Amiens
- 17 Songis-Mortreux M (1975) Les fractures du pilon tibial. Thesis, Lille
- 18 Bone L, Stegemann P, McNamara K, Seibel R (1993) External fixation of severely comminuted and open pilon fractures. In: Tscherne H, Schatzker J (Hrsg) Major fractures

- of the pilon, the talus, and the calcaneus. Current concepts of treatment. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, S 53-58
- 19 Helfet DL, Koval K, Pappas J, Sanders RW, DiPasquale T (1994) intraarticular “pilon” fracture of the tibia. *Clin Orthop* 298: 221-228
  - 20 Bonar SK, Marsh JL (1993) Unilateral external fixation for severe pilon fractures. *Foot Ankle* 14: 57-64
  - 21 Müller K-H, Prescher W (1978) Posttraumatische Osteomyelitis nach distalen intraartikulären Unterschenkelfrakturen (Frakturen des Pilon tibial). *Hefte Unfallheilkd* 131: 163-183
  - 22 Lauge-Hansen N (1948) fractures of the ankle: analytic historical survey as the basis of new experimental roentgenologic and clinical investigations. *Arch Surg* 56: 259-276
  - 23 Weber BG (1965) Behandlung der Sprunggelenksstauchungsbrüche nach biomechanischen Gesichtspunkten. *Hefte Unfallheilkd* 81: 176 - 179
  - 24 Rüedi T, Allgöwer M (1979) The operative treatment of intra-articular fractures of the lower end of the tibia. *Clin Orthop* 138: 105-110
  - 25 Rüedi T (1983) Die Frakturen des Pilon tibial. *Unfallheilkunde* 86: 259-261
  - 26 Bartonicek J, Rammelt S, Tucek M, Nanka O (2015b) Posterior malleolar fractures of the ankle. *Eur J trauma Emerg Surg* 41(6): 587-600
  - 27 Hahn MP, Thies JW (2004) Pilon-tibiale Frakturen. *Chirurg* 75:221-230
  - 28 Rommes PM, Claes P, De Boodt P, Stappaerts KH, Broos PL (1994) Therapeutisches Vorgehen und Langzeitergebnisse bei der Pilonfraktur in Abhängigkeit vom primären Weichteilschaden. *Unfallchirurg* 97: 39-46
  - 29 Teeny SM, Wiss DA (1993) Open reduction and internal fixation of tibial plafond fractures. *Clin Orthop* 292: 108-117
  - 30 Heim U, Näser M (1976) Die operative Behandlung der Pilon tibial-Fraktur. Technik der Osteosynthese und Resultate bei 128 Patienten. *Arch Orthop Unfall-Chir* 86: 341-356
  - 31 Müller ME, Allgöwer M, Willenegger H (1963) Technik der operativen Frakturenbehandlung. Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg
  - 32 Nast-Kolb D, Betz A, Rödel C, Schweiberer L (1993) Die Minimalosteosynthese der Pilon tibial Fraktur. *Unfallchirurg* 96: 517-523
  - 33 Tornetta P, Weiner L, Bergmann M, Watnik N, Steuer J, Kelley M, Yang E (1993) Pilon fractures: treatment with combined internal and external fixation. *J Orthop*

- Trauma 7: 489-496
- 34 Kellgren JH, Lawrence JS (1957) Radiological Assessment of osteo-arthritis, *Ann. Rheum. Dis*, 16, 494
- 35 Danzig LA, Newell JD, Guerra JJR, Resnik D (1981) Osseous landmarks of the normal knee. *Clin Orthop* 156: 201-206
- 36 Boack DH, Manegold S, Sudik C, Arbeitsheft Januar (2006), pre Manual Report
- 37 Paley D, Herzenberg J, Tetsworth K, McKie J, Bhave A (1994) Deformity planning for frontal and sagittal plane corrective osteotomies. *Orthop Clin North Am* 25: 425-465
- 38 Oestern H-J, Tschernke H (1983) Pathophysiologie und Klassifikation des Weichteilschadens. *Hefte Unfallheilkd* 162: 1-9
- 39 Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am*. 1976;58:453–458.
- 40 Kitaoka HB, Alexander U, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M (1994) Clinical Rating Systems for Ankle-Hindfoot, Midfoot, Hallux, and Lesser, Foot & Ankle International / Vol. 15, No. 7 /July 1994: 349-353
- 41 Ayeni JP (1988) Pilon fractures of the tibia: a study based on 19 cases. *Injury* 19: 109 – 114
- 42 Höntzsch D, Karnatz N, Jansen T (1990) Ein- oder zweizeitige (mit Fixateur externe) Versorgung der schweren Pilon-Tibial-Fraktur. *Akt Traumatol* 20: 199-204
- 43 Ovadia DN, Beals RK (1986) Fractures of the tibial plafond. *J Bone Joint Surg [Am]* 68/4: 543-551
- 44 Leone VJ, Ruland RT, Meinhard BP (1993) The management of the soft tissues in pilon fractures. *Clin Orthop* 292: 315-320
- 45 Welz K (1982) Besondere Aspekte und Ergebnisse der Behandlung von Pilon-Tibial-Frakturen. *Orthop Traumatol* 29: 632-643
- 46 De-las-Heras-Romero J, Lledo-Alvarez AM, Lizaur-Utrille A, Lopez-Prats FA (2017) Quality of life and prognostic factors after intra-articular tibial pilon fractures. *Injury*.doi:10.1016/j.injury.2017.03.023
- 47 Imren Y, Desteli EE, Erdil M, Ceylan HH, Tuncay I, Sen C (2017) Mid-term results of minimally invasive plate osteosynthesis and circular external fixation in the treatment of complex distal tibial fractures. *J Am Podiatr Med Assoc* 107:3-10

- 48 Duckworth AD, Jefferies JG, Clement ND, White TO (2016) Type C tibial pilon fractures: short- and long term outcome following operative intervention. *Bone Joint J* 98-B(8):1106-1111
- 49 Viberg B, Kleven S, Hamborg-Petersen E, Skov O (2016) Complications and functional outcome after fixation of distal tibia fractures with locking plate – a multicentre study. *Injury* 47(7):1514-1518
- 50 Lomax A, Singh A, Madeley NJ, Senthil Kumar C (2015) Complications and early results after operative fixation of 68 pilon fractures of the distal tibia. *Scott Med J* 60(2):79-84
- 51 Bhattacharyya T, Crichlow R, Gobezie R, Kim E, Vrahas MS (2005) Complications associated with the posterolateral approach for pilon fractures. *J Orthop Trauma* 20(2):104-107
- 52 Sirkin M, Sanders R, DiPasquale T, Herscovici Jr D. A staged protocol for soft tissue management in the treatment of complex pilon fractures. *J Orthop Trauma* 2004; 18:S32-8
- 53 Patterson MJ, Cole JD. Two-staged delayed open reduction and internal fixation of severe pilon fractures. *J Orthop Trauma* 1999; 13:85-91
- 54 Wyrsh B, McFerran MA, McAndrew M, Limbird TJ, Harper MC, Johnson KD, Schwartz HS, Operative treatment of fractures of the tibial plafond. A randomized, prospective study. *J Bone Joint Surg Am* 1996;78:1646-57
- 55 Blauth M, Bastian L, Krettek C, Knop C, Evans S, Surgical options for the treatment of severe tibial pilon fractures: a study of the three techniques, *J Orthop Trauma* 2001; 15:153-60.
- 56 Breitfuß H, Muhr G, Neumann K, Korthaus C (1988) Prognose und Therapie geschlossener, distaler, intraartikulärer Unterschenkelbrüche. *Unfallchirurg* 91: 557-564
- 57 Etter C, Ganz R (1991) Long-term results of tibial plafond fractures treated with open reduction and internal fixation. *Arch Orthop Trauma Surg* 110: 277-283
- 58 Muhr G, Breitfuß H (1993) Komplikationen after pilon fractures. In: Tscherne H, Schatzker J (Hrsg) Major fractures of the pilon, the talus, and the Calcaneus. Current concepts of treatment. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, S 65-67
- 59 Waddell JP, Johnston DWC, Neidre A (1993) Fractures of the tibial plateau: a review of ninety-five patients and comparison of treatment methods. In: Tscherne H, Schatzker J

- (hrsg) Major fractures of the pilon, the talus, and Calcaneus. Current concepts of treatment. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, S 43-48
- 60 Möller BN, Krebs B (1982) Intra-articular fractures of the distal tibia. Acta Orthop Scand 53: 991-996
- 61 Maurer G, Lechner F (1965) Konservative und operative Behandlungsmöglichkeiten bei Stauchungsbrüchen des distalen Unterschenkels. Unfallheilkunde 68: 201-213
- 62 De Muynck L (2005) Pilon-tibial-Frakturen: Behandlung, Komplikationen und Ergebnisse, Inaugural-Dissertation Philipps-Universität Marburg

## 7. Anhang

### 7.1 Untersuchungsbögen

<b>AOFAS Ankle-Hindfoot Scale</b>	
<b>Schmerz</b>	
kein Schmerz	
mild und gelegentlich	
moderat und täglich	
stark und fast immer	
<b>Funktion</b>	
keine Einschränkungen	
keine Einschränkungen im täglichen Leben, Einschränkungen bei sportlichen Aktivitäten	
Einschränkungen im täglichen Leben, Einschränkungen bei sportlichen Aktivitäten	
schwere Einschränkungen im täglichen Leben und bei sportlichen Aktivitäten, UAG´s, Rollstuhl, Rollator	
<b>maximale Laufstrecke</b>	
mehr als 1800m	
900-1800m	
300-900m	
weniger als 300m	
<b>Bodenbeschaffenheit</b>	
keine Beschwerden auf jeglichem Untergrund	
einige Probleme auf unebenem Untergrund, Treppen, Leitern	
schwere Probleme auf unebenem Untergrund, Treppen, Leitern	
<b>Gangabnormalitäten</b>	
keine	
leicht	
markant	
<b>Beweglichkeit OSG (Flexion/Extension)</b>	
normale oder leichte Einschränkungen (30° und mehr)	
moderate Einschränkungen (15-29°)	
schwere Einschränkungen (weniger als 15°)	
<b>Beweglichkeit USG (Inversion/Eversion)</b>	
normale oder leichte Einschränkungen (75-100%)	
moderate Einschränkungen (25-75%)	

schwere Einschränkungen (weniger als 25%)	
<b>Rückfußstabilität (anteroposterior, varus-valgus)</b>	
Stabil	
Instabil	
<b>Alignement</b>	
plantigrader Fuß, keine Mittelfußdeformitäten	
plantigrader Fuß, dezente Mittelfußdeformitäten, keine Symptome	
kein plantigrader Fuß, schweres Malalignment, symptomatisch	

## 8. Eidesstattliche Erklärung

„Ich, Alexander Springer, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Mittelfristige klinische und radiologische Ergebnisse nach osteosynthetischer Versorgung von Pilon tibial Frakturen“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; [www.icmje.org](http://www.icmje.org)) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass mir die Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis bekannt ist und ich mich zur Einhaltung dieser Satzung verpflichte.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

## **9. Tabellarischer Lebenslauf**

"Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht."



## **10. Danksagung**

Mein ganz besonderer Dank gebührt an dieser Stelle Dr. med. Sebastian Manegold für die Überlassung dieser Arbeit, die ausnahmslose Unterstützung zu jeder Zeit, für die Verbesserungsvorschläge, die Anregungen, und insbesondere für die Geduld und die passenden Worte, immer zur richtigen Zeit.

Außerdem bedanke ich mich bei Herrn PD Dr. med. Sven Märdian für seine ausdauernde Unterstützung, die mir diese Arbeit ermöglicht haben.

Weiterhin gilt mein Dank dem Personal der unfallchirurgischen Ambulanz des Virchow-Klinikums des Zentrums für Muskuloskeletale Chirurgie der Charité für die unkomplizierte Unterstützung bei der Datenerhebung und den klinischen Nachuntersuchungen.

Allen Patienten, die an der Studie beteiligt waren, danke ich herzlich für ihren Einsatz und ihre Geduld.

Ganz besonders danke ich meinen Eltern, die immer Ansporn und Vorbild waren und ohne die meine bisherige Entwicklung nicht möglich gewesen wäre.

Mein allergrößter Dank gilt natürlich meiner Frau Cordula und meinen Kindern Elias und Charlotte die mich nicht nur durch ihren unerschöpflichen Optimismus und Tatkraft unterstützt haben, sondern die unter Hintanstellung ihrer persönlichen Interessen immer Verständnis für mich und meine Arbeit aufbrachten und mir dadurch die notwendige Kraft gaben.