

Aus der Abteilung Unfallchirurgie,
Plastische und Wiederherstellungschirurgie
(Prof. Dr. med. K. M. Stürmer)

im Zentrum Chirurgie
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

**Langzeitergebnisse nach intraartikulären
Stauchungsbrüchen des distalen Tibiaendes
(Pilonfrakturen)**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät der
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Dominik Krüger

aus
Berlin

Göttingen 2010

Dekan: Prof. Dr. med. C. Frömmel

I. Berichterstatter: Prof. Dr. med. K. Dresing

II. Berichterstatterin: Prof. Dr. med. A. K. Hell

Tag der mündlichen Prüfung: 09.05.2011

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung – Stand der Wissenschaft	6
1.1	Name	6
1.2	Definition	6
1.3	Historisches	7
1.4	Frakturklassifikationen	8
1.5	Inzidenz	10
1.6	Funktionelle Anatomie	11
1.6.1	Knöchernen Strukturen	11
1.6.2	Ligamentäre Strukturen	15
1.6.3	Muskulatur	18
1.6.4	Arterielle Versorgung	21
1.6.5	Nervale Strukturen	22
1.7	Biomechanik	23
1.8	Pathomechanismus, Frakturmorphologie und Unfallursache	25
1.9	Diagnostik	27
1.9.1	Klinische Untersuchung	27
1.9.2	Bildgebende Verfahren	28
1.9.3	Weitere diagnostische Maßnahmen	29
1.10	Therapie	29
1.10.1	Konservative Therapie	29
1.10.2	Operative Behandlung	29
1.10.3	Alternative Operationstaktiken	32
1.11	Nachbehandlung	32
1.12	Metallentfernung	33
1.13	Komplikationen	33
1.14	Prognose	34
1.15	Aufgabenstellung dieser Arbeit	35
2.	Material und Methoden	36
2.1	Daten	36
2.2	Datenbank	36
2.3	Patienten, Einschluss- und Ausschlusskriterien	36
2.4	Operationsstrategien	37
2.5	Fragebogen	38

2.6	Nachuntersuchung	39
2.7	Radiologische Auswertung	39
2.8	Bewertungs-Scores	40
2.9	Statistik	40
3.	Ergebnisse	41
3.1	Alter, Geschlecht, Unfallursache	41
3.2	Frakturklassifikation	50
3.3	Begleitverletzungen	54
3.3.1	Fibula	54
3.3.2	Lokale und stauchungsbedingte Begleitverletzungen	57
3.3.3	Ligamentäre Begleitverletzungen	58
3.3.4	Weichteilverletzungen	59
3.4	Frakturversorgung	61
3.4.1	Behandlungsstrategie	61
3.4.2	Osteosynthesematerial	66
3.4.3	Operationsdauer	69
3.5	Folgeoperationen und Komplikationen	71
3.5.1	Ursachen der Folgeoperationen und Komplikationen	73
3.5.1.1	Wundverschluss	73
3.5.1.2	Thrombosen, Kompartmentsyndrome, Arthrodesen	75
3.5.1.3	Infektionen	75
3.5.1.4	Reosteosynthesen	78
3.5.1.5	(Teil-)Materialentfernung	81
3.5.1.6	Übersicht der Folgeoperationen / Komplikationen	84
3.6	Nachuntersuchung	91
3.6.1	Gesamtzufriedenheit	92
3.6.2	Schmerzen	96
3.6.3	Beurteilung der Funktion	101
3.6.4	Gesamtergebnisse	114
4	Fallbeispiele	117

5	Diskussion	119
5.1	Demographische Daten	119
5.2	Frakturklassifikation	122
5.3	Zusammenspiel demographischer Daten und der Frakturklassifikation	124
5.4	Begleitverletzungen	124
5.4.1	Fibulafraktur	124
5.4.2	Lokale und stauchungsbedingte Begleitverletzungen	125
5.4.3	Ligamentäre Begleitverletzungen	127
5.4.4	Weichteilverletzungen	128
5.4.5	Ausmaß der Verletzung und beteiligte Strukturen	129
5.5	Behandlungsstrategie	130
5.6	Folgeoperationen und Komplikationen	135
5.6.1	Wundverschluss	135
5.6.2	Infektionen	136
5.6.3	Arthrodesen	139
5.6.4	Pseudarthrosen	140
5.6.5	Kompartmentsyndrome, Thrombosen, Amputationen	141
5.7	Gesamtergebnis	142
5.7.1	Scores	142
5.7.2	Schmerzen	144
5.7.3	Beweglichkeit	145
5.7.4	Arbeit und Freizeit	146
6	Zusammenfassung	147
7	Zukunft in der Behandlung von Pilonfrakturen	151
8	Fazit	154
9	Anhang	155
9.1	Patientenfragebogen	155
9.2	Bewertungsschemata	160
10	Literaturverzeichnis	169

1 Einleitung – Stand der Wissenschaft

1.1 Name

Das Wort „Pilon“ stammt aus dem Französischen und bedeutet übersetzt „Kolben“, „Keule“ oder „Stößel“. Der Begriff wurde für Frakturen der distalen Tibia mit artikulärer Beteiligung durch den aus Lyon stammenden Radiologen Etienne Destot geprägt, der diese besondere Form der Verletzung im Jahre 1911 erstmals benannt und definiert hat (Destot 1911).

Heute finden sich in der Literatur für intraartikuläre Stauchungsbrüche des distalen Tibiaendes neben dem Begriff „Pilonfraktur“ auch die Bezeichnungen „Pilon-tibial-Fraktur“ oder „Pilon-tibiale-Fraktur“.

Im angloamerikanischen Sprachraum findet sich neben der häufig gebrauchten Bezeichnung „fractures of the tibial plafond“ gelegentlich auch die Bezeichnung „pylon“, dessen Schreibweise sich aus der angelsächsischen Betonung des gelesenen französischen Wortes „pilon“ ableitet. Die Übersetzung bezeichnet jedoch einen „Mast“, ein „Pylon“ oder „Pfeiler“, weshalb diese Schreibweise nicht die eigentliche Bedeutung des Ursprungswortes wiedergibt (Michelson et al. 2004).

1.2 Definition

Definiert werden die Pilonfrakturen als Frakturen der distalen Tibiametaphyse, die die gewichttragenden, also horizontal stehenden Anteile der distalen Tibiagelenkfläche einschließen. Der Kernpunkt der Verletzung liegt oberhalb der Malleolen (Ditzen et al. 2001, Möllenhoff und Walz 1998).

Abzugrenzen hiervon sind die Malleolarfrakturen, sowie Kantenabbrüche und Fragmentausrisse wie dem sogenannten hinteren Volkmann'schen Dreieck oder dem Tubercule de Tillaux-Chaput.

Fragmentausrisse des vorderen Syndesmosenbandes werden nur dann als Pilon-tibiale-Frakturen (Heim 1991) bezeichnet, wenn sie größer und eindeutig artikulär sind. Kantenabbrüche des sogenannten hinteren Volkmann'schen Dreiecks gelten als Pilonfraktur (Heim 1991), wenn die Tibiagelenkfläche eine gleichzeitige zentrale Impression aufweist oder die Fibula intakt geblieben ist. Weiterhin werden hintere Kantenabbrüche von einigen Autoren (Böhler 1951, Jahna et al. 1979, Rüedi 1968)

nur dann den Pilonfrakturen zugerechnet, wenn sie in der sagittalen Ebene mindestens ein Drittel der Gelenkfläche ausmachen.

Supramalleoläre Frakturen mit nicht dislozierter Gelenkfissur zählen nach der Klassifikation der langen Röhrenknochen der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen nicht zu den Pilon-tibiale-Frakturen.

1.3 Historisches

Destot unterschied erstmals zwischen Malleolarfrakturen und Frakturen der Tibia mit Beteiligung des distalen Gelenkanteils. Erste systematische Klassifikationen der Pilonfrakturen erfolgten durch Lorenz Böhler (1951) und seine Schüler Trojan und Jahna (1956), was zu einer klinischen Eigenständigkeit der Verletzungen führte (Ditzen et al. 2001).

Die Behandlung erfolgte anfangs durch eine geschlossene Reposition mit anschließender Ruhigstellung im Gips, ein operatives Vorgehen wurde nur bei sehr großen Fragmenten und diaphysären Brüchen empfohlen. Die Langzeitergebnisse waren oft schlecht.

Noch 1943 schreibt Böhler (Seite 1330) über die Stauchungs- und Trümmerbrüche am unteren Ende des Schienbeines mit zentraler Verrenkung des Sprungbeines: "Weil die Gelenkfläche des Schienbeines bei diesen Brüchen stark zertrümmert ist, gelingt es nicht immer, sie vollständig einzurichten. Der Knorpelbelag ist oft abgeschält. Deshalb ist der Gelenkspalt meist verschmälert und oft unregelmäßig. Die Beweglichkeit ist gewöhnlich eingeschränkt und die Belastung erzeugt häufig Schmerzen".

In verschiedenen Arbeiten (Hübner 1965, Kett et al. 1965, Riede et al. 1969) konnte nachgewiesen werden, dass geringe Frakturdislokationen und kleine Gelenkstufen zur arthrotischen Zerstörung des Gelenks führten und die schlechten Ergebnisse der konservativen Behandlung begründeten.

Die Technik der Behandlung wurde durch das Einbringen eines Extensionsdrahtes in das Fersenbein in Dislokationsrichtung mit anschließender Extension von Jahna (1979) perfektioniert. Aber auch hier zeigten sich nur anfangs gute Ergebnisse. Insbesondere bei dislozierten Frakturen erwiesen sich die Resultate als unbefriedigend.

Die exakte Wiederherstellung der Gelenkfläche gewann durch die Ergebnisse verschiedener Arbeiten (Allgöwer 1963, Rüedi et al. 1968, Heim und Näser 1976)

zunehmend an Bedeutung, so dass sich ein Therapiewandel hin zur operativen Behandlung vollzog, insbesondere nachdem Rüedi und Allgöwer (1969) eine Arbeit mit überwiegend guten postoperativen Ergebnissen veröffentlichten.

Bereits 1963 hatte M. Allgöwer (S. 586 – 594) erstmals das taktische Vorgehen und die einzelnen Schritte des operativen Vorgehens beschrieben und das Augenmerk auf die Defektauffüllung mit autologer Spongiosa gelenkt. Die operative Technik wurde schließlich durch die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) präzisiert und die 1991 novellierten Richtlinien zur operativen Behandlung und Klassifikation entwickelten sich zu den heute mit am häufigsten verwendeten Richtlinien (Müller 1991).

Im weiteren Verlauf zeigte sich, dass neben der exakten anatomischen Rekonstruktion auch eine suffiziente Versorgung der Weichteile entscheidend für die Prognose ist.

1.4 Frakturklassifikationen

Die Frakturklassifikation dieser Arbeit erfolgte an Hand der AO Klassifikation von Frakturen der langen Röhrenknochen von Müller et al. (1990). Dementsprechend fallen die Pilonfrakturen in das Segment 43. In diesem Segment werden die Typen A, B und C unterschieden, wobei die Frakturen vom Typ A extraartikulär liegen, und somit nicht zu den Pilonfrakturen zählen. Die Frakturtypen B und C, auf die sich hier bezogen wird, werden weiter in die Gruppen B1, B2 und B3, sowie C1, C2 und C3 unterteilt (Abb. 1.01). Jedem Frakturtyp, bzw. jeder Gruppe kommen bestimmte Eigenschaften zu, die im Folgenden erläutert werden:

B Partielle Gelenkfraktur, mit anatomischer Verbindung zur Diaphyse

B1 einfacher Spaltbruch

B2 Impressionsfraktur

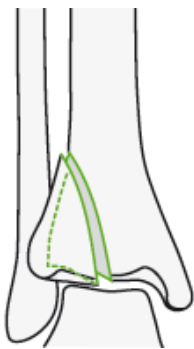
B3 Trümmerfraktur

C Vollständige Gelenkfraktur

C1 artikulär einfach, metaphysär einfach

C2 artikulär einfach, metaphysär multifragmentär

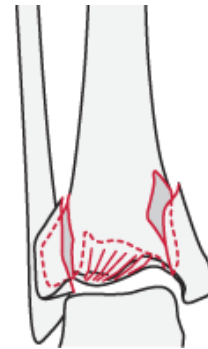
C3 artikulär multifragmentär



B1



B2



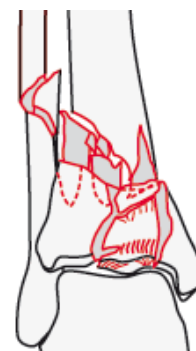
B3



C1



C2



C3

Abb. 1.01 ▲ Frakturklassifikation für intraartikuläre Frakturen des distalen Unterschenkels nach der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, Bild: Müller (2004)

Die Klassifikation der Fibulafrakturen erfolgte nach der „Klassifikation von Knöchelbrüchen nach Weber“ (Weber 1972). Dort werden unterschieden (Abb. 1.02):

- Typ-A Fibulaläsion distal der Syndesmose
- Typ-B Fibulaläsion in Höhe der Syndesmose
- Typ-C Fibulaläsion proximal der Syndesmose

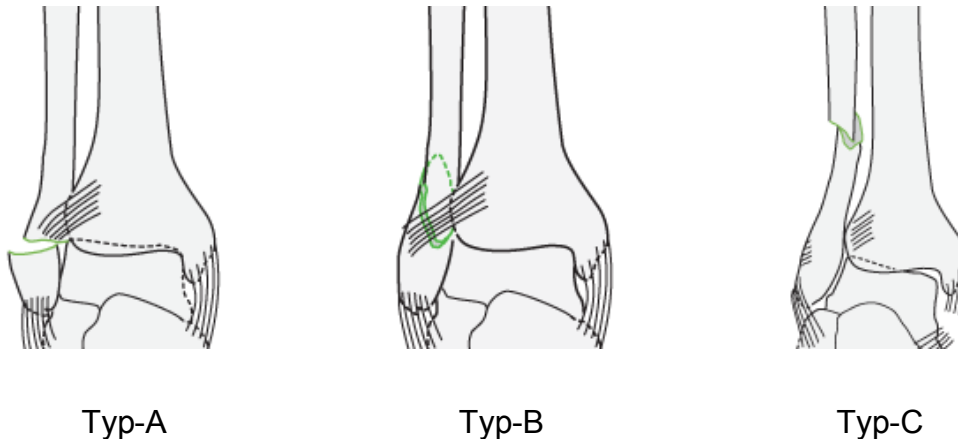


Abb. 1.02 ▲ Klassifikation der Fibulafrakturen nach der Klassifikation von Knöchelbrüchen nach Weber (Weber 1972), Bild: Müller (2004)

1.5 Inzidenz

Nach einer epidemiologischen Untersuchung der Extremitätenfrakturen von Meisinger et al. (2002) liegt die Häufigkeit von Unterschenkelfrakturen (einschließlich Malleolarfrakturen) je nach Geschlecht zwischen 19% und 22% aller Extremitätenfrakturen.

Die Inzidenz der Pilonfraktur liegt bei steigender Tendenz bei weniger als 10% aller Frakturen der unteren Extremität (Hahn und Thies 2002, Patterson und Cole 1999), nach Ditzen et al. (2001), sowie Helfet et al. (1994) sogar bei weniger als 1%. Der Anteil der Pilonfrakturen an den Tibiafrakturen wird von verschiedenen Autoren (Folwaczny und Stürmer 1999, Heim und Näser 1976, Möllenhoff und Walz 1998, Patterson und Cole 1999, Rüedi et al. 1968, Rüter 1978) mit 2-15% angegeben. Aus den Statistiken des Statistischen Bundesamtes lassen sich Pilonfrakturen nicht herausrechnen.

1.6 Funktionelle Anatomie

1.6.1 Knöcherne Strukturen

Das obere Sprunggelenk (OSG) bildet die Verbindung zwischen Unterschenkel und Fuß. Im OSG artikulieren die Ossa cruris mit dem Talus. Die Trochlea tali wird dabei an drei Seiten von der Malleolengabel umfasst (Abb. 1.03 und 1.04). Diese wird aus der sich distal verbreiternden Tibia und den distalen Zinken von Tibia und Fibula gebildet, wobei die Fibula etwa 1cm weiter nach distal reicht.

Die distale laterale Tibia besitzt eine seichte Aushöhlung, die Incisura fibularis tibiae, in die sich die Fibula legt. Weiter distal liegt auf der medialen Seitenfläche der Fibula die Facies articularis malleoli, die mit der lateralen Fläche der Sprungbeinrolle artikuliert.

Daraus resultiert bei grober Betrachtung ein Scharniergelenk, dessen quere Drehachse durch die Mitte der Trochlea tali verläuft. Dies ermöglicht eine Dorsalflexion des Fußes von etwa 25° und eine Plantarflexion von etwa 30° (Frick et al. 1992).

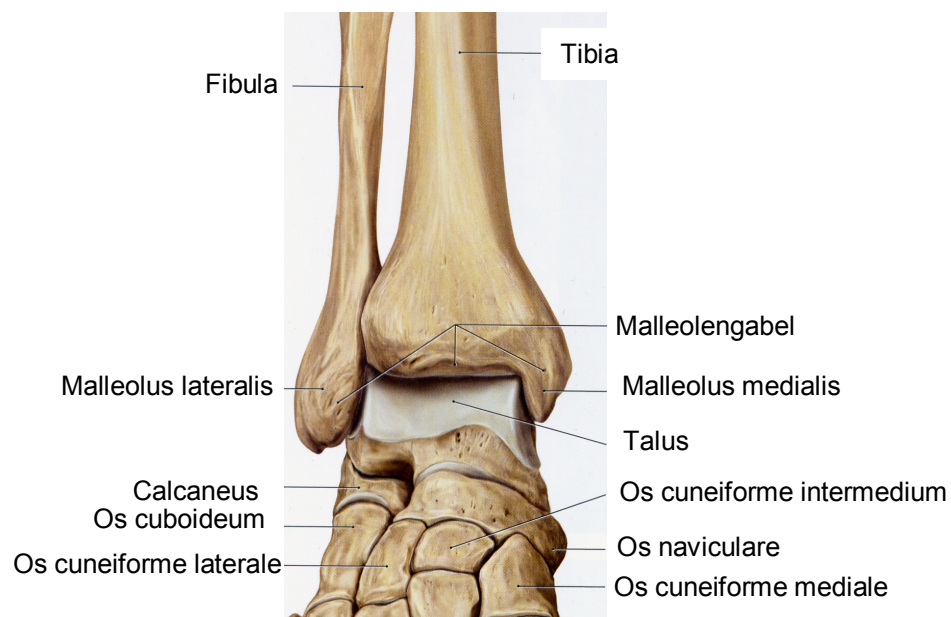


Abb. 1.03 ▲ Articulatio talocruralis, Ansicht von ventral, Bild: Schünke et al. 2007, S. 448

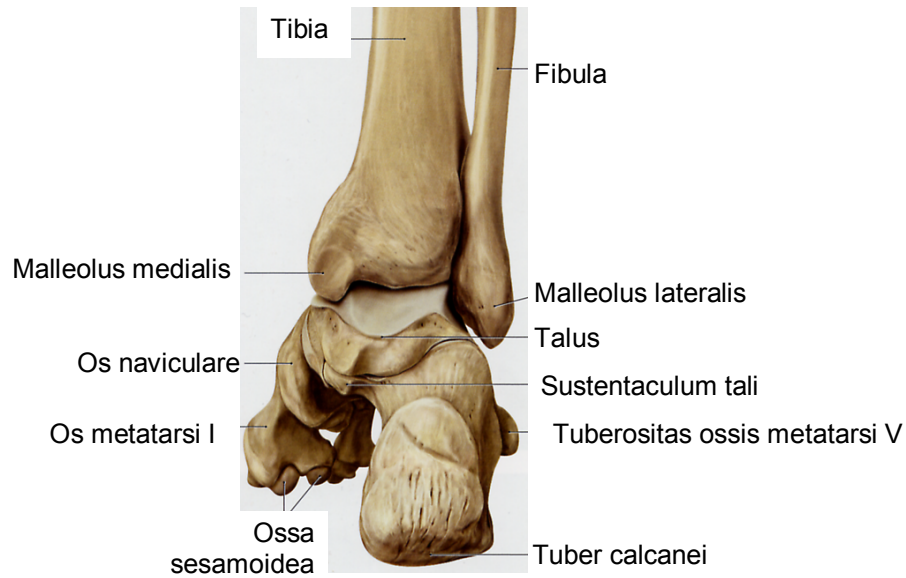


Abb. 1.04 ▲ Articulatio talocruralis, Ansicht von dorsal, Bild: Schünke et al. 2007, S. 448

Der Talus besteht aus Corpus, Trochlea, Collum und Caput. Dabei liegt die Gelenkrolle, Trochlea tali, dem Corpus tali auf (Abb. 1.05).

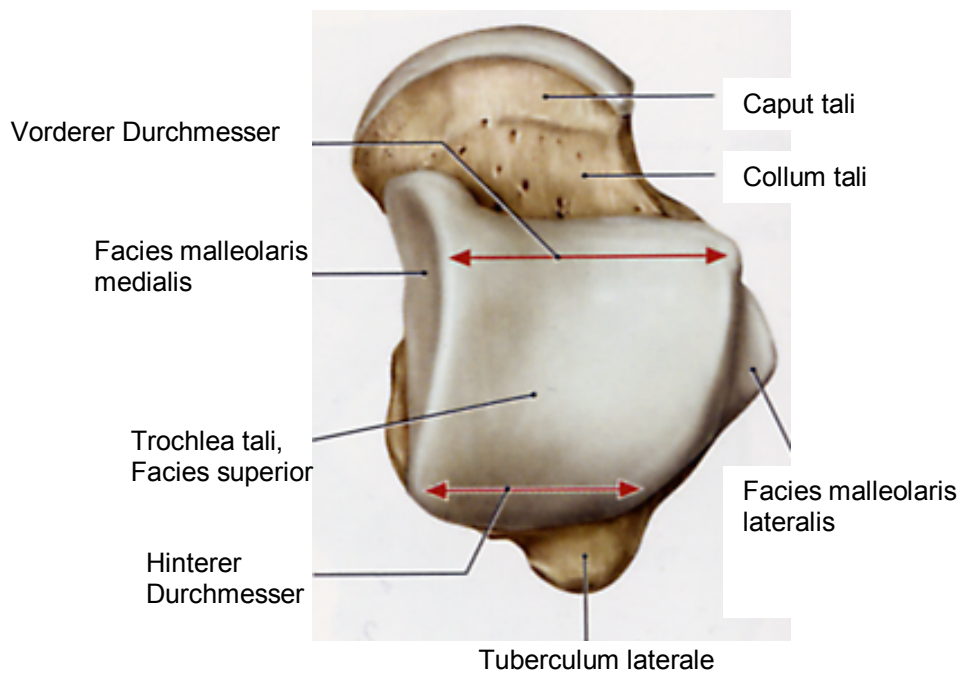


Abb. 1.05 ▲ rechter Talus, Ansicht von kranial, Bild: Schünke et al. 2007, S. 452

Die Form der Trochlea tali ist ungleichförmig. Sie ist vorn breiter als hinten, so dass bei der Dorsalflexion des Fußes der vordere breitere Anteil der Talusrolle die Malleolengabel auseinanderdrängt, bei der Plantarflexion der schmalere hintere Anteil der Talusrolle eine weniger feste knöcherner Führung resultieren lässt. Weiterhin entspricht die Form der Trochlea tali in querer Richtung dem Ausschnitt eines horizontalliegenden Kegels, dessen Basis nach lateral gerichtet ist (Abb. 1.06).

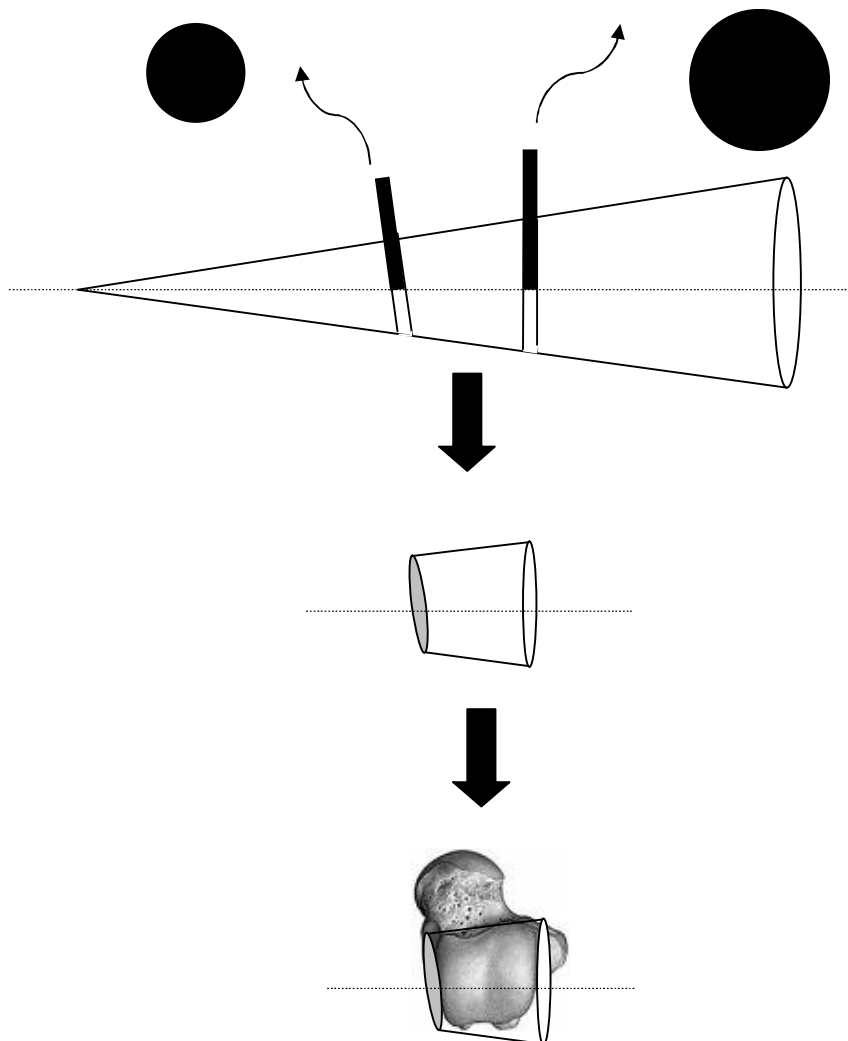


Abb. 1.06 ▲ Form der Trochlea tali, Bild: Zwipp H (1994), Seite 37

Das untere Sprunggelenk (USG) besteht aus zwei Anteilen, der Articulatio subtalaris und der Articulatio talocalcaneonavicularis, die funktionell eine Einheit bilden. Es ermöglicht die Supination und die Pronation des Fußes. Der Bewegungsumfang ist individuell sehr unterschiedlich und beträgt jeweils bis zu 30° (Frick et al.1992, Abb. 1.07).

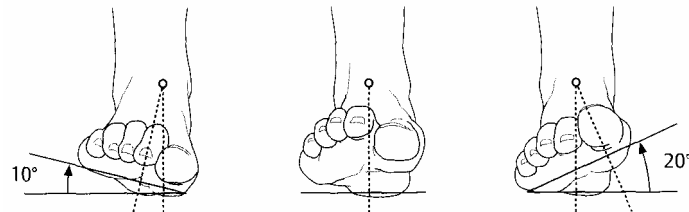


Abb. 1.07 ▲ rechter Fuß mit Bewegungsumfang des unteren Sprunggelenks, von links nach rechts: Pronation, Neutralstellung, Supination, Bild: Schünke et al. 2007, S. 457

Die Kombination der Bewegungen des oberen und unteren Sprunggelenks sowie der Bewegungen im queren Fußwurzelgelenk erlauben eine größere Gesamtbeweglichkeit des Fußes gegenüber dem Unterschenkel. Es wird eine Plantarflexion von über 60° und eine Dorsalflexion von etwa 45° möglich (Frick et al. 1992, Abb. 1.08).

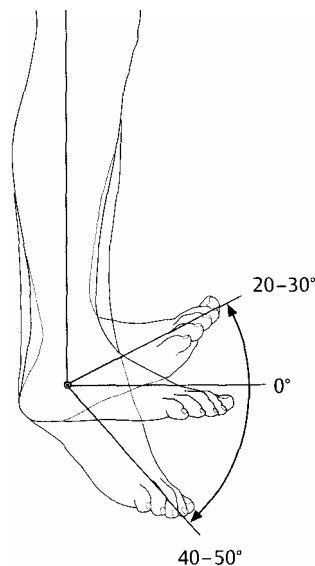


Abb. 1.08 ▲ rechter Fuß mit Bewegungsumfang des oberen Sprunggelenks, Bild: Schünke et al. 2007, S 457

1.6.2 Ligamentäre Strukturen

Die beiden Unterschenkelknochen werden durch die Membrana interossea cruris (Abb. 1.09) fest miteinander verbunden, so dass sie sich kaum voneinander entfernen können, weiterhin dient diese Faserplatte als Muskelursprungsfeld.

Am distalen Ende werden Tibia und Fibula durch die Ligg. tibiofibularis anterior, posterior, interosseum und transversale, sowie den distalen, verstärkten Anteilen der Membrana interossea verbunden. Diese Bandstrukturen bilden den Syndesmosenkomplex (Grass et al. 2000, Abb. 1.09).

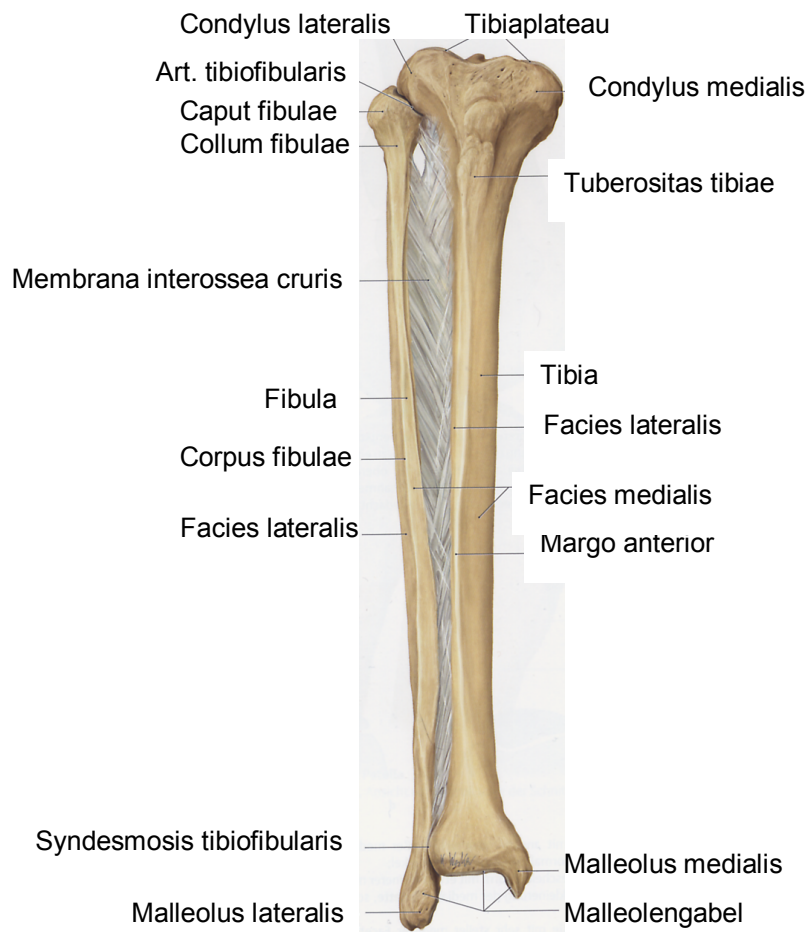


Abb. 1.09 ▲ Ossa cruris des rechten Beins mit Membrana interossea cruris und Syndesmose, Ansicht von ventral, Bild: Schünke et al. 2007, S. 414

Durch die kräftigen Kollateralbänder werden die knöchernen Anteile von Unterschenkel und Fuß fest miteinander verbunden. Das mediale Kollateralband, Ligamentum mediale (deltoideum) besteht aus mehreren Anteilen, der Pars tibiotalaris anterior, Pars tibiotalaris posterior, der Pars tibionavicularis, und der Pars tibiocalcanea (Abb. 1.10).

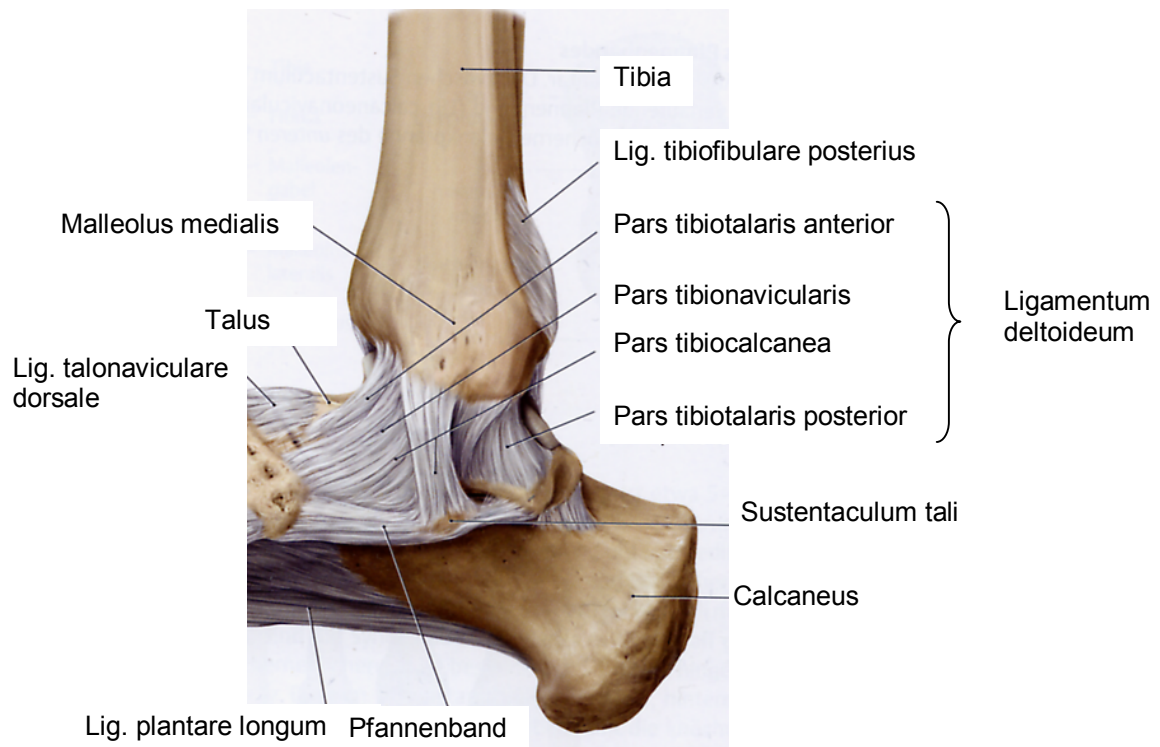


Abb. 1.10 ▲ Rechter distaler Unterschenkel und Fuss mit Ligamentum deltoideum, Ansicht von medial, Bild: Schünke et al. 2007, S. 454

Das laterale Kollateralband ist in drei Anteile gegliedert, das Lig. talofibulare anterius und posterius und das Lig. calcaneofibulare (Abb. 1.11).

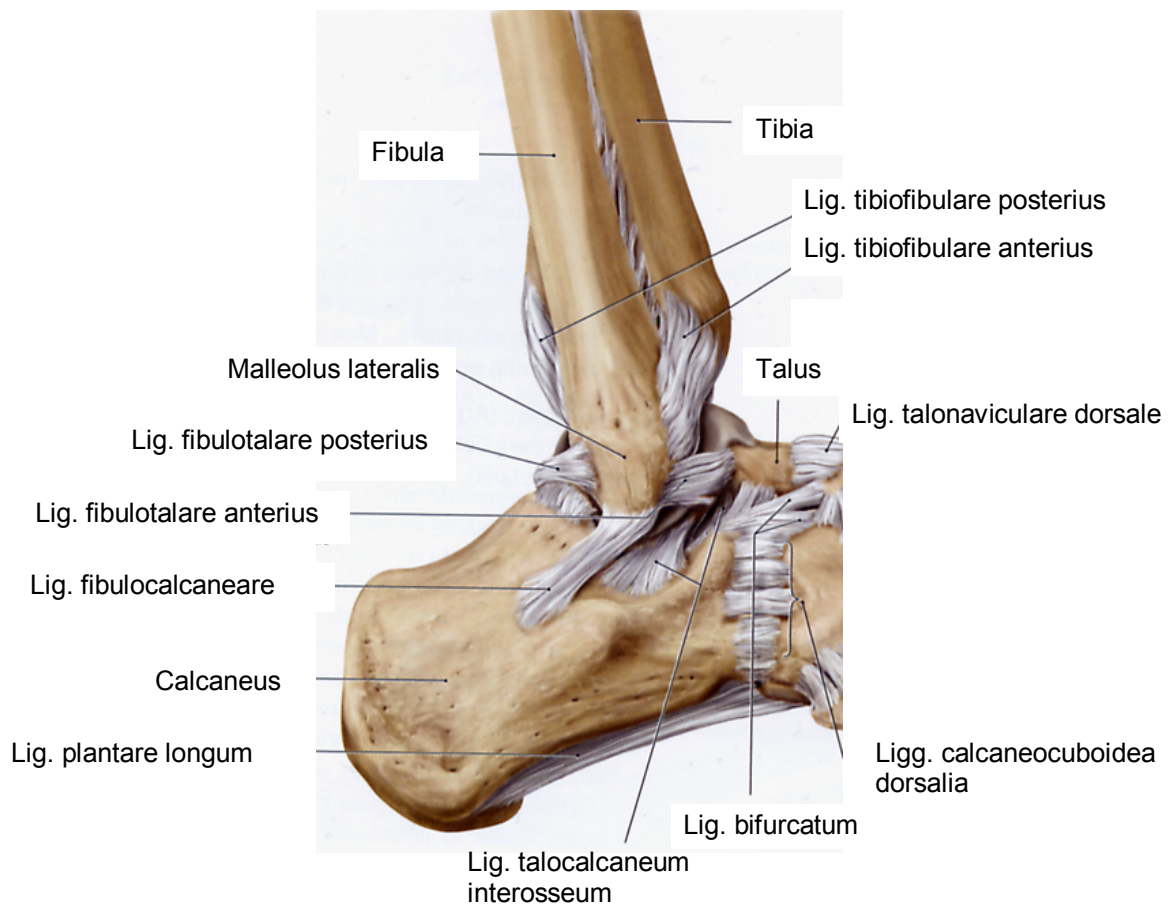


Abb. 1.11 ▲ Rechter distaler Unterschenkel und Fuss mit lateralen Außenbändern, Ansicht von lateral, Bild: Schünke et al. 2007, S. 454

1.6.3 Muskulatur

Die Unterschenkelmuskulatur ist in vier Gruppen gegliedert. An der Vorder-Seiten-Fläche liegt die vordere Gruppe der Extensoren (Abb. 1.12), bestehend aus M. tibialis anterior, M. extensor digitorum longus und M. extensor hallucis longus, fibulär liegt die Fibularisgruppe (Abb. 1.13), bestehend aus M. fibularis longus und M. fibularis brevis.

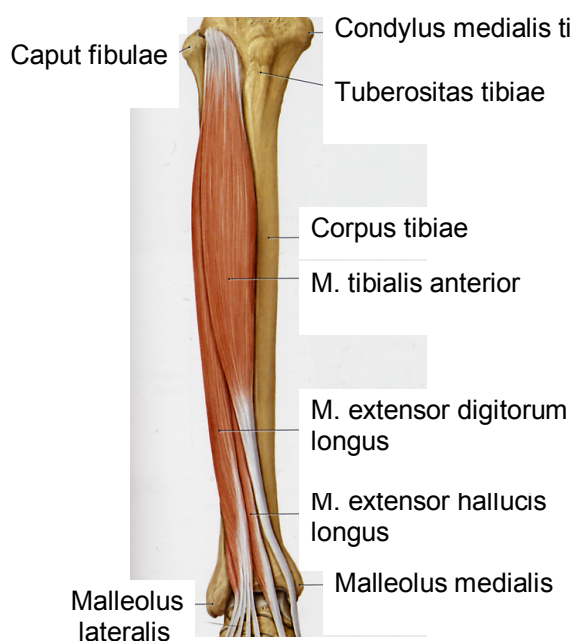


Abb. 1.12 ▲ Extensorengruppe, rechter Unterschenkel, Ansicht von ventral, Bild: Schünke et al. 2007, S. 481

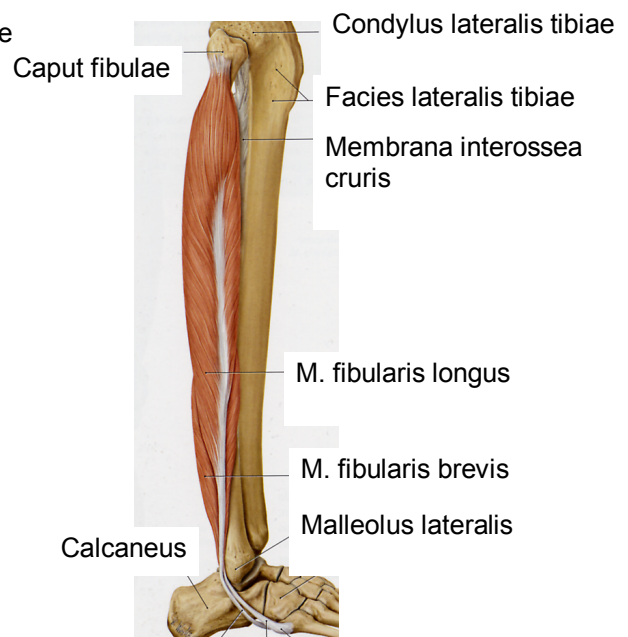


Abb. 1.13 ▲ Fibularisgruppe, rechter Unterschenkel, Ansicht von lateral, Bild: Schünke et al. 2007, S. 481

Die Flexoren an der Hinterfläche bestehen aus den oberflächlichen Flexoren mit M. gastrocnemius caput mediale, M. gastrocnemius caput laterale und M. soleus (Abb. 1.14), sowie den tiefen Flexoren mit M. tibialis posterior, M. flexor hallucis longus und M. flexor digitorum longus (Abb. 1.15).

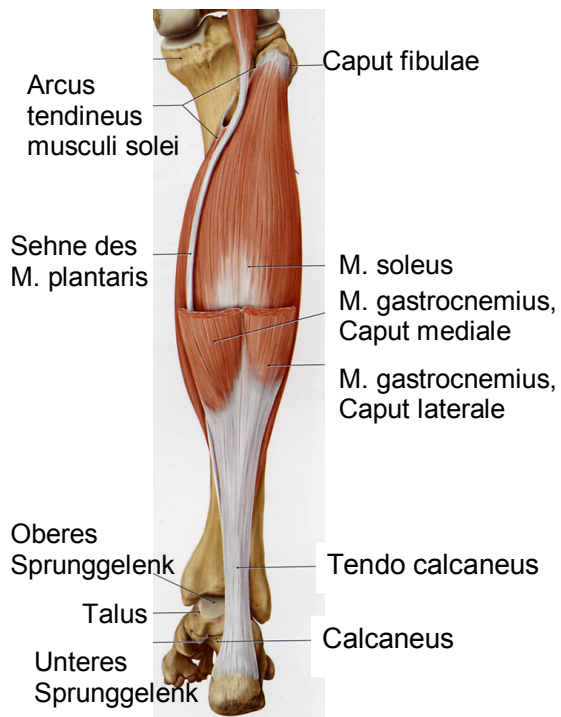


Abb. 1.14 ▲ Oberflächliche Flexoren, rechter Unterschenkel, Ansicht von dorsal, Bild: Schünke et al. 2007, S. 483

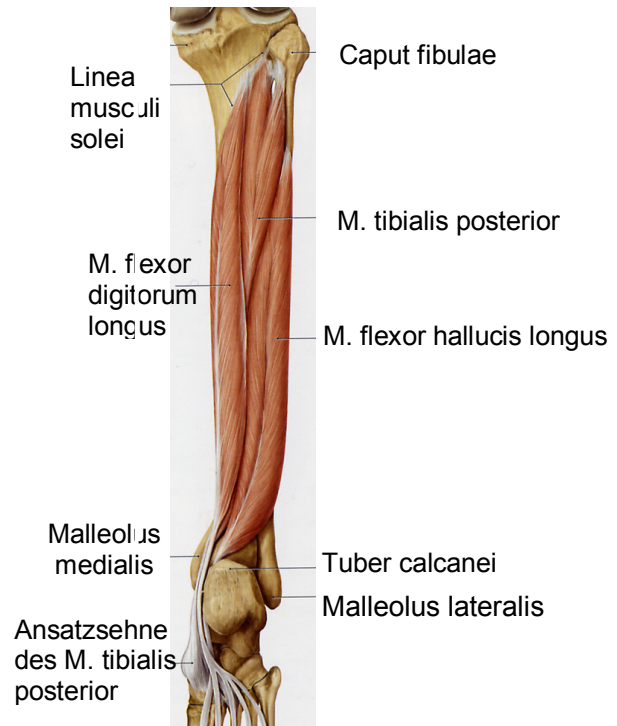


Abb. 1.15 ▲ Tiefe Flexoren, rechter Unterschenkel, Ansicht von dorsal, Bild: Schünke et al. 2007, S. 485

Die Muskulatur wird oberflächlich von der Fascia cruris umhüllt. Von ihr gehen die Septa intermuscularia anterius und posterius ab, die mit der Fibula in Verbindung stehen. Durch diese Zwischenmuskelsepten werden drei Logen voneinander abgegrenzt (Abb. 1.16).

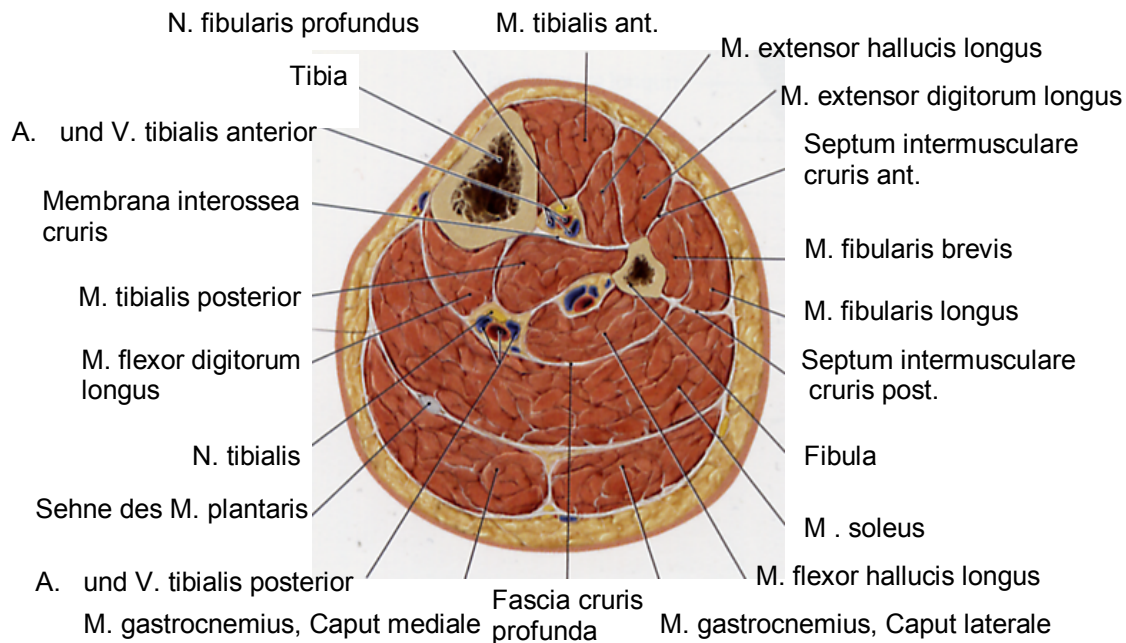


Abb. 1.16 ▲ Muskellogen des Unterschenkels, Querschnitt durch einen rechten Unterschenkel, Ansicht von proximal, Bild: Schünke et al. 2007, S. 516

In der Loge zwischen Fibula und den beiden Septa intermuscularia verlaufen die Muskeln der Fibularisgruppe. In der Kammer zwischen Tibia, Membrana interossea cruris, Fibula und Septum intermusculare anterior cruris liegen die Muskeln der vorderen Gruppe der Extensoren. Die Flexoren des Unterschenkels verlaufen in der Loge dorsal von Tibia, Membrana interossea cruris, Fibula, und Septum intermusculare posterius cruris.

Am oberen Sprunggelenk wird die Faszie durch Faserzüge verstärkt. Diese sind die Retinacula musculorum extensorum superior und inferior, sowie die Retinacula musculorum fibularium superior und inferior. Diese Faserzüge verhindern ein Abheben der Muskulatur von der Unterlage während der Kontraktion (Frick et al. 1992).

1.6.4 Arterielle Versorgung

Die A. poplitea teilt sich in Höhe der Kniekehle in ihre beiden Endäste, die Aa. tibialis anterior und posterior. Die A. tibialis anterior gelangt durch die Membrana interossea cruris von dorsal nach ventral und verläuft in der Extensorenloge nach distal, wo sie als A. dorsalis pedis auf dem Fußrücken weiter verläuft (Abb. 1.17).

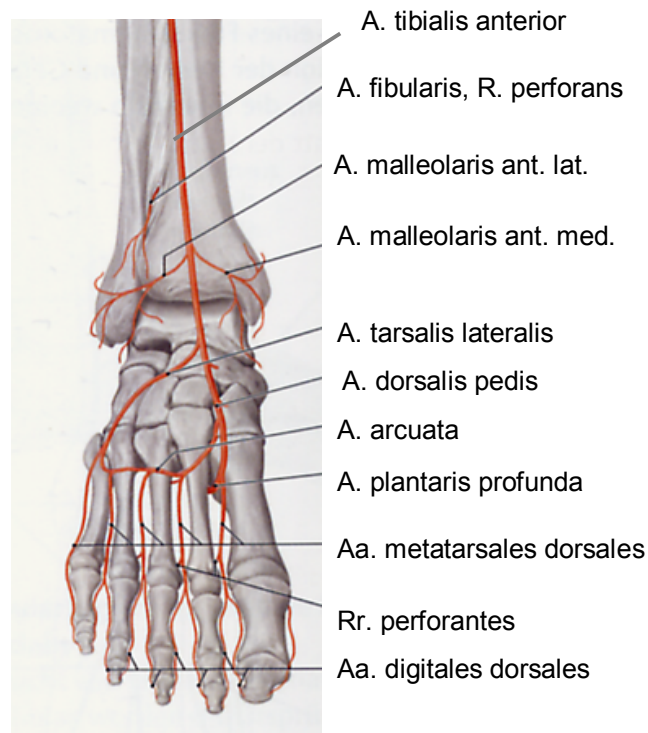


Abb. 1.17 ▲ Arterien im Bereich des Sprunggelenks, rechter distaler Unterschenkel und Fuß, Ansicht von ventral, Bild: Schünke et al. 2007, S. 562

Im Bereich der Malleolengabel gibt sie die A. malleolaris anterior lateralis ab, die zum Arteriennetz auf dem lateralen Knöchel verläuft. Über den R. perforans anastomosiert sie direkt mit der A. fibularis.

Als weiteren Ast gibt die A. tibialis anterior die A. malleolaris anterior medialis ab, die das Rete malleolare mediale speist und mit der A. tibialis posterior in Verbindung steht. Die A. tibialis posterior verläuft in der Flexorenloge distalwärts. Im weiteren Verlauf liegt sie medial der Achillessehne, sowie hinter und unter dem Malleolus medialis, bevor sie sich weiter aufteilt. Ihre Äste stehen mit den Gefäßnetzen der beiden Knöchel in Verbindung.

Die A. fibularis ist ein Ast der A. tibialis posterior. Sie verläuft längs der Fibula nach distal zum Calcaneus. Über den R. perforans steht sie mit dem Rete malleolare

laterale in Verbindung, der R. communicans bildet eine Anastomose mit der A. tibialis posterior. Die Aa. nutriciae fibularis (Ast der A. fibularis) bzw. tibialis (Ast der A. tibialis posterior) versorgen die Markräume von Tibia und Fibula, sowie die metaphysären und gelenknahen Spongiosazonen (Frick et al. 1992).

1.6.5 Nervale Strukturen

Der N. ischiadicus teilt sich in Höhe des distalen Femur in den N. fibularis communis und den N. tibialis. Der N. fibularis communis teilt sich wiederum distal des Fibulaköpfchens in den N. fibularis profundus, der die vordere Gruppe der Extensoren innerviert und in der Extensorenloge nach distal verläuft, und den N. fibularis superficialis, der die Fibularisgruppe innerviert und in der Fibularisloge distalwärts zieht (Abb. 1.18). Der N. tibialis verläuft in der Tiefe der Flexorenkammer und innerviert sämtliche Muskeln der tiefen und oberflächlichen Flexoren (Frick et al. 1992).

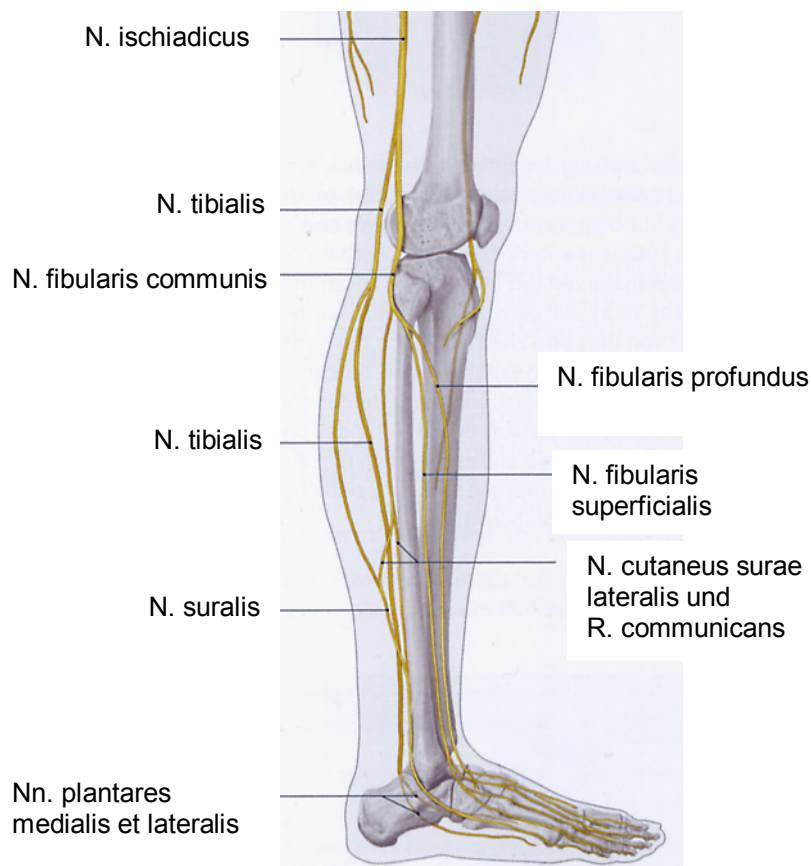


Abb. 1.18 ▲ Nerven im Bereich des Sprunggelenks, rechter Unterschenkel und Fuß, Ansicht von lateral, Bild: Schünke et al. 2007, S. 525

1.7 Biomechanik

Im OSG artikuliert die distale Tibia vor allem mit der Facies superior des Talus. Die Gelenkkkräfte werden im OSG in erster Linie über die distale Tibia und die Facies superior der trochlea tali übertragen, aber auch die mediale und fibulotalare Facette des Talus beteiligen sich an der Kraftübertragung, für die intakte Kollateralbänder und eine unversehrte Syndesmose Voraussetzung sind (Koebke 2004). Die auf den Talus einwirkenden Kräfte werden über die Articulationes subtalaris, talonavicularis und talocalcanearis anterior weitergeleitet (Abb. 1.19).

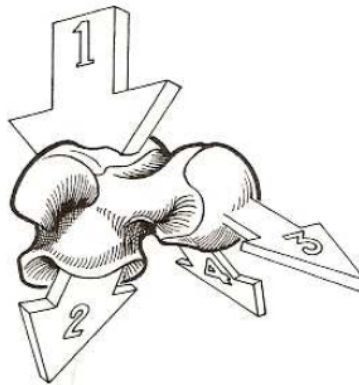


Abb. 1.19 ▲ Kräfteverteilung im Sprunggelenk, 1 = von proximal auf die Talusrolle einwirkenden Kräfte, 2 = auf die Articulatio subtalaris weitergeleiteten Kräfte, 3 = auf die Articulatio talonavicularis weitergeleiteten Kräfte, 4 = auf die Articulatio talocalcanearis anterior weitergeleiteten Kräfte, Bild: Kapandji IA (2001), Seite 175

Die Gelenkflächen von Tibia und Talus sind nicht vollständig kongruent und zusätzlich verläuft die Drehachse des Gelenks (Abb. 1.20) in der Frontalebene schräg nach lateral abfallend (Hohmann et al. 1985, Zwipp 1994).

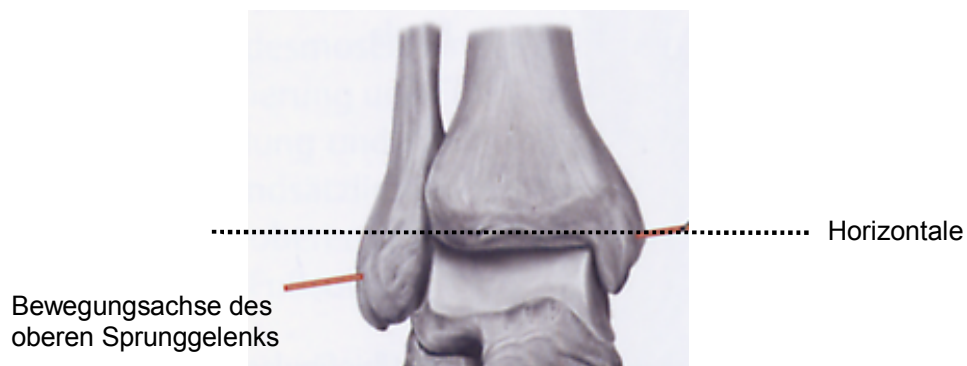


Abb. 1.20 ▲ Articulatio talocruralis mit Drehachse des oberen Sprunggelenks, Ansicht von ventral, Bild: Schünke et al. 2007, S. 456

Daraus ergibt sich, dass sich das Momentandrehzentrum des OSG und damit auch der Flächenkontakt, insbesondere bei Veränderungen der Stellung des Gelenks, verändern.

Die Kontaktfläche umfasst sowohl bei unbelasteter wie auch bei belasteter Bewegung nur einen Bruchteil der zur Verfügung stehenden Gelenkfläche, woraus ein relativ hoher Flächendruck resultiert (Koebke 2004).

Weiterhin findet bei Plantarflexion in der Horizontalen eine Rotationsbewegung des Talus nach medial, bzw. nach lateral bei Dorsalextension statt. Somit resultiert aus der Dorsal- bzw. Plantarflexion eine komplexe dreidimensionale Bewegung des Talus (Grass et al. 2003).

Bis zu 17% der auf den Unterschenkel eingeleiteten Kraft wird von der distalen Fibula übernommen (Otto 2003), was vor allem unter dynamischen Bedingungen von Bedeutung ist (Rammelt et al. 2004) und eine Eigenschaft darstellt, die bei einer insuffizienten tibiofibularen Syndesmose verloren geht (Grass et al. 2000).

Bei der Dorsalextension kommt es außerdem durch die vorn breitere Talusrolle zu einem Aufdehnen der Malleolengabel, sowie einer Außenrotation mit proximal und dorsal gerichteter Translation der Fibula (Koebke 2004).

Die straffe knöcherne und ligamentäre Führung bietet eine große Stabilität des Gelenks mit einem nur geringen Bewegungsspielraum der beteiligten Anteile. Die Insuffizienz dieser Strukturen führt zu einer pathologischen Beweglichkeit der beteiligten Elemente und zu veränderten statischen und dynamischen Bedingungen mit zum Teil erheblichen Auswirkungen. So führt die Lateralisation des Talus um 1mm, zu einer 40%igen Verringerung der tibiotalaren Kontaktfläche und damit zu einem gesteigerten Flächendruck (Rammelt et al. 2004), was eine wesentliche Ursache für eine Früharthrose nach operativer Behandlung sein könnte, bislang aber noch nicht hinreichend geklärt werden konnte (Grass et al. 2000). Auch die Verkippung des Talus im Sinne einer Valgisierung, wie sie bei mit Verkürzung verheilten Fibulafrakturen beobachtet wird, führt zu Störungen des Bewegungsablaufes im Sprunggelenk. Eine resultierende Verringerung des Gelenkflächenkontaktes wiederum hat höhere Belastungswerte an den verbleibenden Auflagezonen zur Folge. Diese unphysiologischen Verhältnisse

können dann an den mechanisch überlasteten Gelenkabschnitten Ursache für schwere posttraumatische Arthrosen sein (Martinek und Egkher 1978).

1.8 Pathomechanismus, Frakturmorphologie und Unfallursache

Die Verletzungen der distalen Tibiagelenkfläche entstehen vor allem durch axiale Stauchungskräfte der Kette Rückfuß - Unterschenkel. Dabei wird die Gewalt direkt über den Talus gegen die tibiale Gelenkfläche gerichtet.

Die Folgen sind schwere Kompressionen und ausgedehnte Zertrümmerungen der Gelenkfläche. Die Stauchungskräfte führen im Bereich der distalen Metaphyse zusammen mit Rotationskräften zu erheblichen Zertrümmerungen des metaphysären Knochens mit ausgeprägter axialer Fehlstellung (Mutschler und Haas 1999).

Stehen zum Zeitpunkt der Krafteinwirkung Tibia und Fuß nicht rechtwinklig zueinander, kommt es neben dem Stauchungseffekt auch zu Abscherungs-, Biegungs- und Rotationseffekten (Möllenhoff und Walz 1998).

Morphologie und Ausmaß der Verletzung werden maßgeblich von der Stellung des Fußes und der Richtung der einwirkenden Kräfte zum Unfallzeitpunkt beeinflusst (Rammelt et al. 2004).

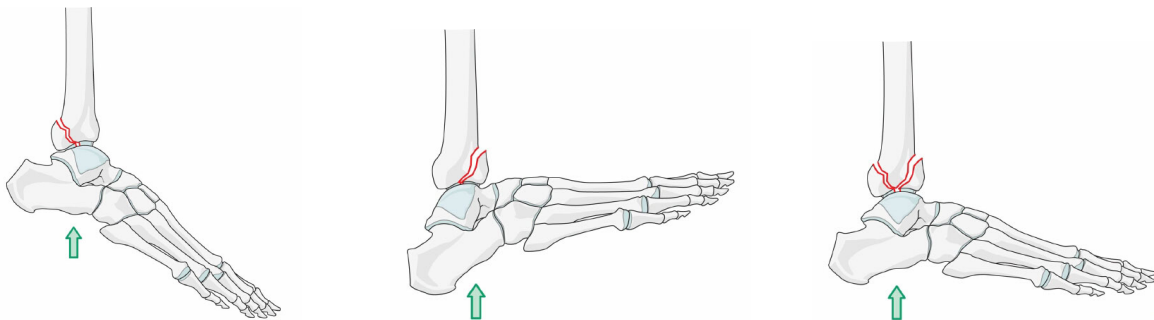


Abb. 1.21 ▲ Darstellung des Pathomechanismus von Pilonfrakturen bei Plantarflexion, Dorsalflexion und in Neutralstellung (von links nach rechts) des Sprunggelenks, Bild: Rüedi et al. 2007, Seite 857

So kommt es bei einer Plantarflexionsstellung des Fußes zu einer Frakturierung und Impaktierung des dorsalen Anteils der Tibia und umgekehrt bei einer Dorsalextensionsstellung des Fußes zur Frakturierung und Impaktierung des ventralen Anteils der Tibia (Ditzen et al. 2001; Abb. 1.21). Zusätzlich wirkt bei der Aufstauchung in Dorsalextensionsstellung ein Zuggurtungsmechanismus der

Wadenmuskulatur, der ein ventrales Ausweichen des Talus verhindert und zu Kompressionskräften an der distalen Tibiagelenkfläche führt (Hahn und Thies 2002). In Neutralstellung des Fußes resultiert aus der axialen Gewalteinwirkung eine Y-Fraktur mit mehreren ventralen und dorsalen Fragmenten und zentraler Impaktierung der Gelenkfläche (Abb. 1.21).

Hahn und Thies (2002), sowie Topliss et al. (2005) beschreiben darüber hinaus sechs Fragmente, die, je nach Ausmaß der Krafteinwirkung, mit einer gewissen Konstanz auftreten können. Dazu gehören ein anterolaterales Fragment, das oft durch die vordere Syndesmose im Verbund mit der Fibula bleibt, ein anteriores Fragment, ein mediales Malleolarfragment, ein posteriores und ein posterolaterales Fragment, sowie ein zentrales Fragment.

Ebenso hängen Art und Umfang der ggf. begleitenden Malleolarverletzungen von der Stellung des Fußes zum Unfallzeitpunkt ab. Diese Verletzungen von knöchernen und ligamentären Strukturen werden detailliert in der Klassifikation von Frakturen des oberen Sprunggelenks von Lauge-Hansen (1948, 1950) beschrieben. Dort wird zwischen Supinations-Adduktions-Frakturen, Pronation-Abduktions-Frakturen, Supinations-Eversions-Frakturen und Pronations-Eversions-Frakturen unterschieden, die jeweils mit spezifischen Verletzungsmustern einhergehen.

Weiterhin stellt die Frakturmorphologie einen indirekten Hinweis für die Schwere der Verletzungen des Weichteilmantels dar. Dabei gehen komplexere Frakturtypen auch mit schwereren Weichteilschädigungen einher (Hahn und Thies 2002), die ihrerseits wieder die Frakturheilung negativ beeinflussen, da die Frakturheilung maßgeblich von der Vitalität des Weichteilmantels und der Vaskularität im Bereich der Frakturzone abhängig ist (Endres et al. 2003).

Daraus resultieren im Wesentlichen drei Mechanismen, die ursächlich für Pilon-tibiale-Frakturen sind:

- Hochenergetische axiale Stauchungen, wie sie bei Stürzen oder Sprüngen aus großer Höhe oder durch Pedalcrashes mit Fahrzeugen entstehen
- niederenergetische Stauchungen mit zusätzlicher Rotationskomponente, wie sie bei Distorsionen, z.B. beim Skifahren entstehen
- direkte Gewalteinwirkungen, wie sie bei Anprall- oder Überrolltraumen entstehen können, sowie Kombinationsverletzungen.

Ein Wandel von überwiegend niederenergetischen Traumen hin zu hochenergetischen Ursachen konnte in der Vergangenheit beobachtet werden (Conroy et al. 2003, Ditzen et al. 2001, Endres et al. 2003).

1.9 Diagnostik

1.9.1 Klinische Untersuchung

Zu Beginn stehen die Analysen von Unfallhergang, Vorerkrankungen und Verletzungen, sowie wichtige Begleitumstände, die erste Hinweise auf diese Fraktur liefern können. Es folgt die klinische Beurteilung von Schmerzen und Fehlstellungen, Gefühls- und Bewegungsstörungen, Schwellung und Belastungsunfähigkeit samt eines neurovaskulären Status und einer ersten Einschätzung des Weichteilschadens. Ein besonderes Augenmerk sollte auf Anzeichen für ein Kompartmentsyndrom gelegt werden. Achsfehlstellungen sind im Rahmen der orientierenden Erstuntersuchung bereits präklinisch zur Entlastung der umgebenden Weichteile zu reponieren.

Bei einer Stauchungsverletzung muss auch immer daran gedacht werden, dass es zu weiteren Verletzungen in der Kraftkette Vorfuß – Wirbelsäule gekommen sein kann (Ditzen et al. 2001).

Betrifft die Fraktur, wie es häufig der Fall ist, mehrfach- oder polytraumatisierte Patienten, hat sich die lokale Diagnostik in das diagnostische Gesamtgefüge einzuordnen.

1.9.2 Bildgebende Verfahren

Als bildgebende Standarddiagnostik gelten Röntgenbilder des Sprunggelenks in mindestens zwei Ebenen (anterior-posterior und seitlich, Abb. 1.22a-b). Einige Autoren empfehlen zur besseren Darstellung des Innenknöchels und der hinteren Tibiakante zusätzliche Schrägaufnahmen in 15° bzw. 20° Innenrotation (Hahn und Thies 2002, Möllenhoff und Walz 1998, Stürmer 1999a), sowie Schrägprojektionen in 45° (Ditzen et al. 2001, Helfet et al. 1994, Mast et al. 1988, Stürmer 1999a).

Weiterhin sind Röntgenaufnahmen des gesamten Unterschenkels erforderlich, um das gesamte Ausmaß der Fraktur und Achsfehlstellungen zu erkennen und hohe Fibulafrakturen auszuschließen. Auch Vergleichsaufnahmen der kontralateralen Seite werden zur adäquaten präoperativen Planung empfohlen (Helfet et al. 1994, Mast et al. 1988).

Einstauchungs- und aufkantungsbedingte Fehlstellungen sind in den Standardaufnahmen häufig nicht ausreichend zu klären. Die Computertomographie (CT) gibt hier die differenziertesten Aussagen und bekommt mehr und mehr Bedeutung zur Klassifikation und präoperativen Planung, so dass die CT heute von einigen Autoren (Hahn und Thies 2002, Tornetta und Gorup 1996) als Erstdiagnostik empfohlen wird, bzw. als nützliche und etablierte Zusatzdiagnostik angesehen wird, insbesondere bei komplexeren Frakturen (Ditzen et al. 2001, Helfet et al. 1994, Möllenhoff und Walz 1998,). In der Göttinger Klinik wird die Schnittbilddiagnostik mit CT empfohlen (Abb. 1.22c).



Abb. 1.22a ▲



Abb. 1.22b ▲

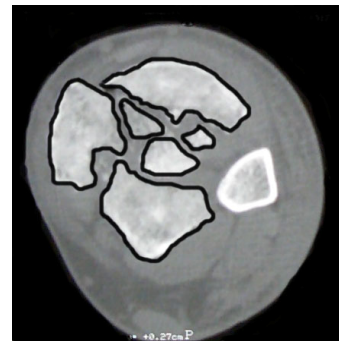


Abb. 1.22c ▲

Abb. 1.22a Röntgenaufnahme Sprunggelenk anterior-posterior, **Abb. 1.22b** Röntgenaufnahme Sprunggelenk seitlich, **Abb. 1.22c** Computertomographie einer Pilonfraktur des linken Unterschenkels, abgebildet sind die sechs häufig vorkommenden Fragmente

1.9.3 Weitere diagnostische Maßnahmen

Sollte der Verdacht auf eine Gefäßverletzung vorliegen, so ist die Diagnostik mittels Dopplersonographie Methode der ersten Wahl. Nur bei unklaren Situationen ist die Angiographie indiziert.

Aufgrund der nicht seltenen Komplikation eines Kompartmentsyndroms wird die Diagnostik durch Druckmessungen der Unterschenkelloggen komplettiert, wobei allerdings die klinische Beurteilung stets Priorität besitzt (Hahn und Thies 2002).

1.10 Therapie

Für die Behandlung von Pilonfrakturen gelten in erster Linie die generellen Grundsätze für die Behandlung von Gelenkverletzungen. Dazu gehört die Wiederherstellung von Form und Funktion durch anatomische Reposition und stabile Fixation unter Berücksichtigung der Besonderheiten dieser Frakturen.

1.10.1 Konservative Therapie

Das konservative Vorgehen wurde im Laufe der Jahre weitgehend vom operativen abgelöst und wird heute lediglich noch bei nicht dislozierten einfachen Spaltfrakturen empfohlen. Die Behandlung erfolgt dabei durch geschlossene Reposition und Ruhigstellung mittels Oberschenkelgipsverband für die ersten 6-7 Wochen. Im Anschluss mittels Sarmiento-Gehgipsverband (Hahn und Thies 2002, Möllenhoff und Walz 1998, Ditzen et al. 2001, Mutschler und Haas 1999).

1.10.2 Operative Behandlung

Indiziert ist die operative Behandlung von Pilon-tibiale-Frakturen bei Vorliegen von dislozierten Gelenkfragmenten, Gelenkinstabilität, Achsabweichungen und offenen Frakturen (Hahn und Thies 2002, Möllenhoff und Walz 1998, Ditzen et al. 2001, Stürmer 1999a).

Um der optimalen Behandlung des prognostisch wichtigen Weichteilschadens Rechnung zu tragen wird heute von den meisten Autoren ein mehrzeitiges Verfahren bevorzugt (Blauth et al. 2001, Borelli und Catalano 1999, Endres et al. 2003, Hahn und Thies 2002, Kilian et al. 2002, Möllenhoff und Walz 1998).

Um die Ruhigstellung des Verletzungsgebietes sicherzustellen, sollte beim zweizeitigen Vorgehen zum frühestmöglichen Zeitpunkt die Anlage eines

gelenkübergreifenden Fixateur externe angestrebt werden (Borelli und Ellis 2002). Eine Alternative stellt die nicht gelenküberbrückende Fixation mittels Drähten oder Schrauben dar. Die Zugbelastung und weniger stabile Behandlung mittels Calcaneusextension wird heute mehr und mehr verlassen. Eine primäre Achsen- oder Längenwiederherstellung wird nur insoweit empfohlen, wie unnötige Zugbeanspruchungen der Weichteile dabei vermieden werden können (Hahn und Thies 2002).

Die eigentliche Gelenkrekonstruktion sollte zu einem Zeitpunkt erfolgen, bei dem die Weichteile einen mehrstündigen Eingriff erlauben. Die Operationstaktik erfolgt nach den klassischen vier Schritten der Behandlungsprinzipien der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen mit dem Ziel einer übungstabilen Osteosynthese.

Heute kann durch neuere Verfahren der Haut- und Weichteilverschluss am Ende der Operation zunächst zurückgestellt werden, da mittels Vakuumverband die Weichteile dicht abgedeckt werden können.

Die Osteosynthese kann in 4 Schritte eingeteilt werden, die normalerweise durchlaufen werden (Sommer und Rüedi 2003):

Osteosynthese der Fibula (Länge und Rotation)

Der Zugang erfolgt über eine laterale Inzision, posterior der lateralen Begrenzung der Fibula (Abb. 1.23a). Durch Rekonstruktion von Achse und Länge der Fibula wird die laterale Säule wiederhergestellt und mittels Schrauben und Platten, zumeist einer Drittelrohrplatte, fixiert. Die stabile Fixation schützt zugleich vor sekundären Valgusdeformitäten. Durch die häufig noch intakten Syndesmosenbänder bleibt ein distales Tibiafragment (Tubercule de Tillaux-Chaput) mit der Fibula verbunden, was das ursprüngliche Niveau und die Position der Tibiagelenkfläche anzeigt, und den Aufbau dieser erheblich erleichtert.

Rekonstruktion der Tibiagelenkfläche

Der Zugang erfolgt hier über eine mediale oder anteromediale Inzision (Abb. 1.23b). Zwischen den Inzisionen muss eine 7cm breite Hautbrücke bestehen bleiben, um Hautdurchblutungsstörungen zu vermeiden (Helfet et al. 1994, Möllenhoff und Walz 2002, Mutschler und Haas 1999).

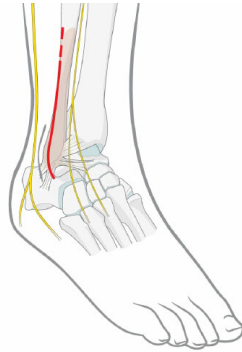


Abb. 1.23a ▲

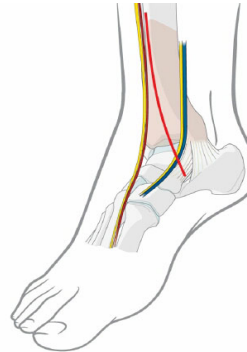


Abb. 1.23b ▲

Abb. 1.23a Rechter distaler Unterschenkel und Fuß mit operativem Zugang (rote Linie) für die Fibulaosteosynthese **Abb. 1.23b** Rechter distaler Unterschenkel und Fuß mit operativem Zugang (rote Linie) für die Rekonstruktion der Tibiagelenkfläche, Bilder: Rüedi et al. 2007, Seite 866

Die Reposition der Gelenkfragmente dient der möglichst genauen anatomischen Wiederherstellung der tibialen Gelenkfläche und erfolgt unter Durchleuchtungskontrolle. Die trochlea tali dient dabei als Formschablone für die anatomische Kongruenz. Zur vorübergehenden Sicherung werden die reponierten Fragmente mittels Kirschner-Drähten und Repositionszangen provisorisch fixiert und nach Abschluss der Repositionsmaßnahmen gegen Schrauben ausgetauscht.

Spongiosaplastik

Verbleibende oder entstandene Knochendefekte werden dann mit zuvor vom Beckenkamm gewonnener autologer Spongiosa oder synthetischem Knochen aufgefüllt.

Mediale Abstützung

Mittels Plattenosteosynthese wird nun der wiederhergestellte Gelenkblock mit der Diaphyse verbunden. Die mediale Abstützung sichert zugleich vor sekundären Varusdeformitäten. Je nach Fraktursituation ist eine weitere anteriore oder anterolaterale Fixation notwendig. Ein Wundverschluss sollte nicht erzwungen werden.

1.10.3 Alternative Operationstaktiken

Die Frakturmorphologie und das Ausmaß des Weichteilschadens, sowie begleitende Frakturen haben neben oft schlechten Ergebnissen der Behandlung immer wieder zu Modifikationen und alternativen, sowie individuellen Behandlungsstrategien geführt.

Der einzeitigen Behandlung, bei der eine sofortige definitive Stabilisierung des Bruches erfolgt, steht ein mehrzeitiges Management der Versorgung gegenüber. Durch ein mehrzeitiges Vorgehen kann das Problem der suffizienten Weichteilversorgung und sekundären Weichteilschädigung getrennt von der Fraktursituation behandelt werden.

Bei diesem mehrzeitigen Vorgehen stehen primär provisorische Maßnahmen im Vordergrund, die zu einem späteren Zeitpunkt ergänzt werden. Zu diesen provisorischen Maßnahmen gehören die Anlage eines Fixateur externe, der eine vorübergehende Stabilität bietet und ein Abheilen des Weichteilschadens ermöglicht, oder eine Calcaneusextension, dessen Weichteilzug die Fragmentreposition unterstützt - aber auch die singuläre Fibulaosteosynthese zur Längenwiederherstellung oder eine Minimalosteosynthese der Gelenkfläche. Bei der Minimalosteosynthese, die auch zur definitiven Versorgung angewandt wird, erfolgt die Rekonstruktion der Gelenkfläche perkutan oder durch Stichinzisionen unter Verwendung kleiner Implantate, vor allem von Schrauben und Drähten. Der exakten Rekonstruktion der metaphysären Fragmente kommt dabei eine geringere Bedeutung zu. Alternativ zu der konventionellen Osteosynthese wird auch das Verfahren der „biologischen Osteosynthese“ angewandt, bei dem die physiologischen Abläufe der Frakturheilung im Vordergrund stehen und unter Wahrung der verbliebenen Blutversorgung eine atraumatische Wiederherstellung von Längen und Achsen angestrebt wird.

Aber auch Kombinationen der Vorgehensweisen, sowie Veränderungen der Reihenfolge der Operationsschritte kommen zur Anwendung.

1.11 Nachbehandlung

Die Ausbehandlung erfolgt nach Möllenhoff und Walz (1998), Hahn und Thies (2002), sowie Mutschler und Haas (1999) im Fixateur externe oder im Gipsverband mit 90°-Stellung im OSG, je nach Weichteilsituation. Heute wird die funktionelle Behandlung gipsfrei angestrebt.

Nach der operativen Versorgung stehen abschwellende Maßnahmen, sowie eine Thromboseprophylaxe nach den interdisziplinären Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft der wissenschaftlichen medizinischen Fachgesellschaften zur stationären und ambulanten Thromboembolie-Prophylaxe in der Chirurgie und der perioperativen Medizin im Vordergrund.

Bei erreichter übungsstabiler Osteosynthese wird nach ein bis zwei Tagen mit der aktiven und passiven Mobilisierung des oberen Sprunggelenks und der angrenzenden Gelenke begonnen und in der Gehschule an Unterarmgehstützen auf Fuß-Boden-Kontakt und Abrollübungen des Fußes gesteigert.

Nach der Wundheilung kann auf eine Teilbelastung mit Beingewicht (10-12 kg) gesteigert werden. Eine weitere Belastungssteigerung auf das halbe Körpergewicht erfolgt in der Regel nach 6-8 Wochen, bei komplexeren Frakturen nach 12 Wochen. Nach 10-14 Wochen erfolgt eine Steigerung bis zur Vollbelastung.

Es sollten regelmäßige Röntgenkontrollen erfolgen, die den Verlauf der knöchernen Konsolidierung der Fraktur dokumentieren. Entsprechend dem Heilungsverlauf und dem Schweregrad der Fraktur sollte die Entlastungszeit angepasst werden (Sommer und Rüedi 2003).

Anschließend folgen intensive krankengymnastische Übungen und Gangschulungen bis zum vollständigen Muskelaufbau und vollständiger Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk und den angrenzenden Gelenken.

1.12 Metallentfernung

Der Entschluss über die Metallentfernung wird in erster Linie vom Wunsch des Patienten abhängig gemacht. Die Indikation wird nach Pilon-tibiale-Frakturen eher zurückhaltend gestellt, auch wenn verschiedene Umstände eine Metallentfernung notwendig machen (Hahn und Thies 2002). Grundsätzlich finden die Leitlinien zur Implantatentfernung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie Anwendung (Stürmer 1999b).

1.13 Komplikationen

Bei der Behandlung von Pilonfrakturen können zahlreiche Komplikationen auftreten, die meisten sind Folgen von Weichteilproblemen. Bei erzwungenem Wundverschluss kann es zu Wundheilungsstörungen mit Hautnekrosen und Infektionen kommen.

Wunddehiszenzen, Hautnekrosen und oberflächliche Infektionen sind Frühkomplikationen, die durch inadäquates Management zu tiefen Infektionen führen können, die Anlass zu Arthrodesen und Amputationen geben können (Sommer und Rüedi 2003).

Verzögerte Knochenheilung und Pseudarthrosen hängen von dem Ausmaß der Verletzung und der erreichten Stabilität ab. Unzureichende oder fehlerhafte Osteosynthesen und Implantatversagen können zu Gelenkinkongruenzen, Deformitäten, Gelenkflächeneinbrüchen und Arthrosebildung führen, ebenso wie metaphysäre Defekte oder verzögerte Knochenbruchheilung. Weiterhin kann auch ein zu früher Beginn mit Teil- oder Vollbelastung, auch durch Incompliance des Patienten, zu Implantatlockerung oder Implantatbruch mit Deformitäten und Pseudarthrosenbildung führen.

Sämtliche Komplikationen sind immer wieder Ursache für Folgeoperationen wie Debridements, Reosteosynthesen, Arthrodesen oder einem prothetischen Ersatz.

Es findet sich eine enge Korrelation der Komplikationen mit dem Unfallmechanismus, der Unfallenergie, dem Ausmaß der Schädigung und auch mit der Erfahrung des Chirurgen (Sommer und Rüedi 2003).

1.14 Prognose

Pilonfrakturen unterliegen einer allgemein eher schlechten Prognose (Pollak et al. 2003), die hinsichtlich Komplikationen und posttraumatischer Arthrose direkt proportional dem Schweregrad der Verletzung ist (Hahn und Thies 2002).

Die Prognose von Pilon-tibiale-Frakturen ist im Wesentlichen von zwei Faktoren abhängig. Zum einen von dem Schweregrad der Verletzung selbst. Dieser misst sich an dem Ausmaß der Gelenkzerstörung und der Zahl der beteiligten Komponenten, sowohl knöcherner und ligamentärer, aber auch am Ausmaß des Weichteilschadens. Zum anderen von der sorgfältigen Planung und Durchführung der Operationen. Dabei spielen der Zeitpunkt und die Technik der Versorgung eine entscheidende Rolle (Meyer-Wölbert et al. 1999, Hahn und Thies 2002, Stürmer 1999a).

1.15 Aufgabenstellung dieser Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, Langzeitergebnisse nach intraartikulären Stauchungsbrüchen des distalen Tibiaendes (Pilonfrakturen) retrospektiv zu analysieren. Dabei sollen Frakturmorphologie und Behandlungsstrategie den Schwierigkeiten der Behandlung und den Langzeitbehandlungsergebnissen gegenübergestellt werden.

2 Material und Methoden

2.1 Daten

Sämtliche zur Auswertung herangezogene Daten wurden aus den Dokumentationsmaterialien der Abteilung für Unfallchirurgie, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Göttingen gewonnen. Für die Datenerhebung und Auswertung liegt ein Votum der Ethikkommission vor.

Es wurden alle zur Verfügung stehenden Daten aus den Krankenakten und den elektronischen OP-Datenbanken, sowie sämtliche Informationen der bildgebenden Medien aus der diagnostischen Radiologie herangezogen.

2.2 Datenbank

Alle erhobenen Informationen wurden in eine eigens dafür angelegte Datenbank übertragen. Die Datenbank wurde mittels der Software „File Maker Pro 6“ und Nachfolgeversionen erstellt. Mit dieser Datenbank war es möglich sämtliche Informationen zu verwalten und weiterzuverarbeiten.

Mit der Datenbank konnten bis zu 894 Einzelinformationen über jede Fraktur erfasst werden. Alle Daten wurden umgehend anonymisiert.

2.3 Patienten, Einschluss- und Ausschlusskriterien

Mit Hilfe der elektronischen Diagnoserfassung wurden alle Patienten mit Pilonfrakturen, distalen Tibiafrakturen, trimalleolären Sprunggelenkfrakturen oder Sprunggelenkfrakturen im Zeitraum vom 01.01.1996 – 31.12.2005 ermittelt und hinsichtlich der unter Kap. 1.2 beschriebenen Definition verglichen. Daraus resultierten insgesamt 129 Pilon-tibiale-Frakturen von 125 Patienten, die in dem genannten Zeitraum in der Abteilung für Unfallchirurgie, Plastische und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Göttingen behandelt wurden.

Als Einschlusskriterien galten alle der Definition entsprechenden Frakturen, sowie eine abgeschlossene Behandlung und ein Nachuntersuchungszeitpunkt, der mindestens 1 Jahr nach dem Unfallereignis lag. Ausschlusskriterien waren Frakturen die nicht den Einschlusskriterien entsprachen, sowie ein Alter des Patienten von unter 14 Jahren.

Da nicht von allen Patienten alle Daten ermittelbar waren, beziehen sich die einzelnen Aspekte der Auswertung nicht immer auf alle 129 Frakturen, sondern nur auf die entsprechende, zur Verfügung stehende Zahl.

Für die weitere Befragung und Nachuntersuchung wurde versucht möglichst alle Patienten zu erreichen. Dafür stand allerdings nur ein Teil der Patienten zur Verfügung.

2.4 Operationsstrategien

Einzeitige Verfahren:

OSTEOSYNTHESE: Einzeitiges Osteosyntheseverfahren mittels offener Reposition und interner Fixation. Das operationstaktische Vorgehen richtet sich dabei nach den klassischen vier Schritten der Behandlungsprinzipien der AO.

OSTEOSYNTHESE + FIXATEUR EXTERNE (FE): Einzeitiges Osteosyntheseverfahren mittels offener Reposition und interner Fixation. Das operationstaktische Vorgehen richtet sich dabei nach den klassischen vier Schritten der Behandlungsprinzipien der AO. Zusätzliche temporäre Stabilisierung der erreichten Osteosynthese durch einen gelenkübergreifenden Fixateur externe.

MINIMALOSTEOSYNTHESE: Einzeitiges Osteosyntheseverfahren mittels Minimalosteosynthese, vorwiegend perkutan oder durch Stichinzisionen unter Verwendung kleiner Implantate, vor allem von Schrauben und Drähten.

MINIMALOSTEOSYNTHESE + FIXATEUR EXTERNE (FE): Einzeitiges Osteosyntheseverfahren mittels Minimalosteosynthese, vorwiegend perkutan oder durch Stichinzisionen unter Verwendung kleiner Implantate, vor allem von Schrauben und Drähten. Zusätzliche temporäre Stabilisierung der erreichten Osteosynthese durch einen gelenkübergreifenden Fixateur externe.

Zweizeitige Verfahren:

FIXATEUR EXTERNE (FE) → OSTEOSYNTHESE: Zweizeitiges Operationsverfahren mittels primärer temporärer Stabilisation der Frakturzone durch einen gelenkübergreifenden Fixateur externe und sekundäre offene Reposition und interne Fixation nach den klassischen vier Schritten der Behandlungsprinzipien der AO.

CALCANEUS-DRAHT-EXTENSION (CDE) → OSTEOSYNTHESE: Zweizeitiges Operationsverfahren mittels primärer Calcaneusdrahtextension durch Einschlagen eines Fersenbeindrahtes in den Calcaneus mit anschließender Extensionsbehandlung und geschlossener Reposition der Gelenkfragmente. Sekundär offene Reposition und interne Fixation nach den klassischen vier Schritten der Behandlungsprinzipien der AO.

FIBULA + FIXATEUR EXTERNE (FE) → OSTEOSYNTHESE: Zweizeitiges Operationsverfahren mittels primärer Osteosynthese der Fibula unter Schonung der Weichteile mit zusätzlicher temporärer Stabilisation durch einen gelenkübergreifenden Fixateur externe und sekundäre offene Reposition und interne Fixation nach den Behandlungsprinzipien der AO.

2.5 Fragebogen

Zur Erfassung der Langzeitergebnisse wurden die dokumentierten Patientendaten durch eine Befragung der Patienten mittels eines selbstentwickelten Fragebogens erweitert (siehe Anlage). Dazu wurden die Fragen bestehender Bewertungsschemata (diese werden unter Kap. 2.8 erläutert) übernommen und durch eigene Fragen ergänzt.

Den ermittelbaren Patienten wurde ein Fragebogen zugeschickt, der 26 Fragen bezüglich Schmerzen, Funktionalität und Zufriedenheit umfasste. Die Fragen waren in der Form gestaltet, dass die Patienten bei jeder Frage zwischen verschiedenen Antwortmöglichkeiten auswählen konnten; es war jeweils nur eine Antwort zu jeder Frage möglich. Die Patienten haben die Fragen rein subjektiv nach eigenem Ermessen beantwortet. Eine eingehende Erläuterung zu den einzelnen Antwortmöglichkeiten bestand nicht. Es wurde lediglich zu Beginn des Fragebogens

darauf hingewiesen wie der Bogen auszufüllen ist. Weiterhin wurden die Begriffe „leichte Belastung“, „starke Belastung“ und „alltägliche Tätigkeiten“ erläutert.

Eine Bewertung der Ergebnisse erfolgte entweder im Zusammenhang mit den Nachuntersuchungsergebnissen oder unabhängig von diesen. Die Befragung mittels Fragebogen fand grundsätzlich vor einer Nachuntersuchung statt.

2.6 Nachuntersuchung

Alle Patienten, die einen Fragebogen ausgefüllt haben, wurden zu einem Nachuntersuchungstermin in die unfallchirurgische Poliklinik des Universitätsklinikums Göttingen eingeladen.

Dort erfolgte eine äußere Beurteilung der Haut- und Narbenverhältnisse einschließlich einer Bewertung des Fußgewölbes, sowie der Achsausrichtungen und Gelenkstabilität von Unterschenkel und Fuß. Weiterhin wurden Durchblutung, Sensibilität, Motorik und Kraft überprüft.

Darüber hinaus erfolgte eine Bewertung des Gangbildes und der Notwendigkeit von Gehhilfen, Schuherhöhungen, Schuheinlagen und anderen Hilfsmitteln. Anschließend wurden die Beweglichkeiten des oberen und unteren Sprunggelenks nach der Neutral-Null-Methode gemessen, weiterhin die Beinumfangs, Fußumfangs und die Beinlängen insgesamt. Umfangsmessungen erfolgten nach dem Standardmessblatt für untere Gliedmaßen.

Zum Schluss wurden die Patienten noch um eine subjektive Einschätzung der Gesamtfunktionalität und –zufriedenheit im Alltag gebeten, sowie ggf. um Auskunft über weitere Behandlungen bezüglich dieser Verletzungen.

2.7 Radiologische Auswertung

Eine radiologische Beurteilung der zur Verfügung stehenden Bilder erfolgte zur Klassifizierung der Frakturen nach den oben genannten Definitionen, sofern dies nicht bereits im Rahmen der Diagnostik und prä- und postoperativen Planung erfolgt ist. Weiterhin wurden die bereits klassifizierten Frakturen auf Übereinstimmung mit den dieser Arbeit zugrunde liegenden Definitionen überprüft.

Eine weitere Beurteilung der Bilder erfolgte, um die entsprechenden radiologischen Kriterien der Bewertungsschemata zu ergänzen. Hierzu wurden die jeweils zuletzt angefertigten Röntgenbilder bei Behandlungsabschluss herangezogen. Neue Röntgenbilder wurden nicht angefertigt.

2.8 Bewertungs-Scores

Den Auswertungskriterien sowohl des Fragebogens, als auch der Nachuntersuchung wurden mehrere Bewertungs-Scores (siehe Anlage) zugrunde gelegt: Score nach Phillips et al. (Phillips et al. 1985), Score nach Olerud und Molander (Olerud und Molander 1984), Score nach Weber (Weber 1972) und die Ankle-Hindfoot-Scale (Kitaoka et al. 1994).

Jeder Score beurteilt verschiedene Aspekte wie z.B. Schmerzen oder die Beweglichkeit im Sprunggelenk, die sich zwischen den einzelnen Scores unterscheiden. Die einzelnen Aspekte werden zusätzlich entweder subjektiv durch den Patienten oder objektiv durch eine Untersuchung bewertet. Außerdem unterscheidet sich auch die Gewichtung, mit der jeder Einzelaspekt in die Gesamtbewertung eingeht. Den Patienten wurde die entsprechende Gewichtung nicht mitgeteilt.

Die Bewertung folgte einem dem jeweiligen Score zugrunde liegenden Schema. Die daraus ermittelte Punktzahl konnte dann relativ ins Verhältnis gesetzt werden, oder wurde in scorespezifische Kategorien eingeteilt.

2.9 Statistik

Die deskriptive Zusammenfassung von Daten erfolgte an Hand statistischer Kennwerte durch Bestimmung der Lagemaße der zentralen Tendenz, sowie von Streuungsmaßen.

Als Signifikanztests wurden für Gruppenvergleiche Vierfeldertests mit einem Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ verwendet, für Vergleiche zweier Stichprobenmittelwerte t-Tests ($\alpha = 5\%$). Alle Berechnungen wurden mittels der Software SPSS 13.0 durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Alter, Geschlecht, Unfallursache

Von den 129 untersuchten Frakturen entfielen 71,32% auf Männer und 28,68% auf Frauen (Abb. + Tab. 3.01).

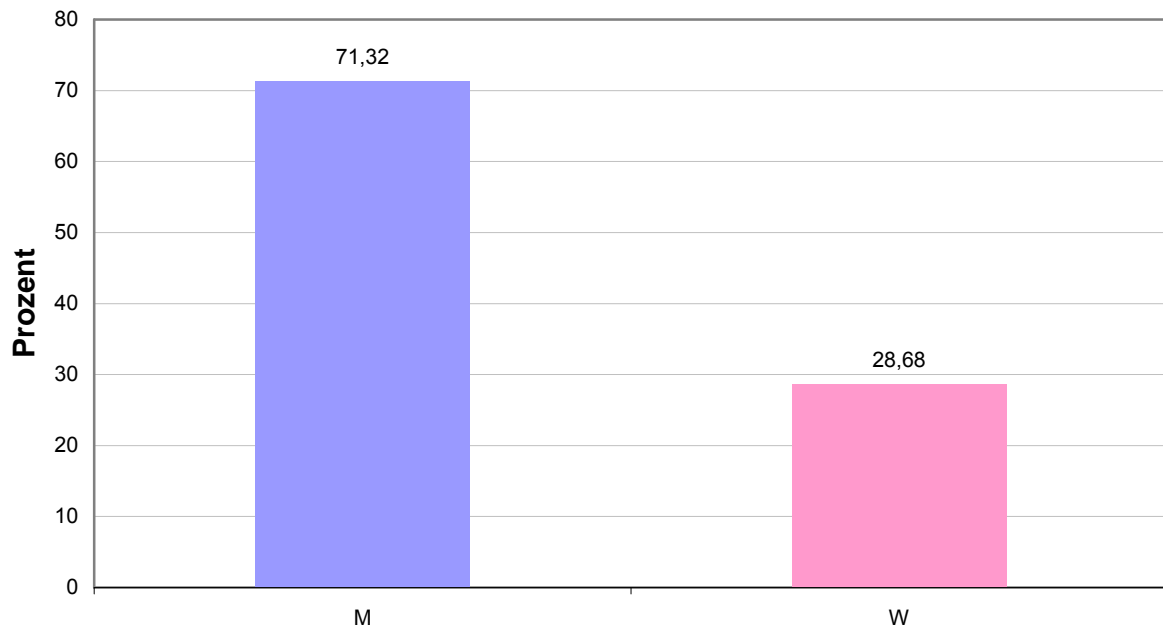


Abb. 3.01 ▲ (n=129) Geschlechtsverteilung der Frakturen, M = Männer, W = Frauen

Tab. 3.01 ▼ Geschlechtsverteilung der Frakturen in Prozent und absoluten Zahlen

	%	absolut
Männer	71,32	92
Frauen	28,68	37

Die Patienten waren zu 59,52% auf der rechten, und zu 37,3% auf der linken Seite betroffen. Patienten mit beidseitigen Pilon-tibiale Frakturen fanden sich bei 3,17% (Abb. + Tab. 3.02).

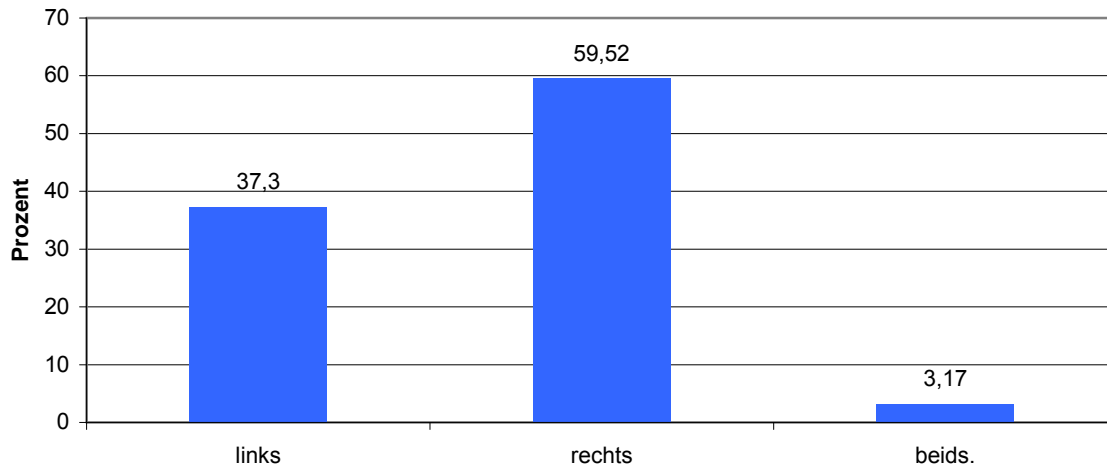


Abb. 3.02 ▲ (n=126) Seitenverteilung der Pilonfrakturen

Tab. 3.02 ▼ Seitenverteilung der Pilonfrakturen in Prozent und absoluten Zahlen

	%	absolut
links	37,3	47
rechts	59,52	75
beidseits	3,17	4

Das Alter der untersuchten Patienten betrug $42,93 \pm 14,62$ Jahre [14-76]. Bei Männern lag es bei $41,91 \pm 12,84$ Jahren [14-74], bei Frauen bei $44,3 \pm 18,26$ Jahren [15-76]. Ein Viertel aller Frakturen (27,2%) ereignete sich bei Patienten im fünften Lebensjahrzehnt, die Hälfte aller Frakturen (48%) zwischen dem 30. und 50. Lebensjahr (Abb. 3.03 + Tab. 3.03).

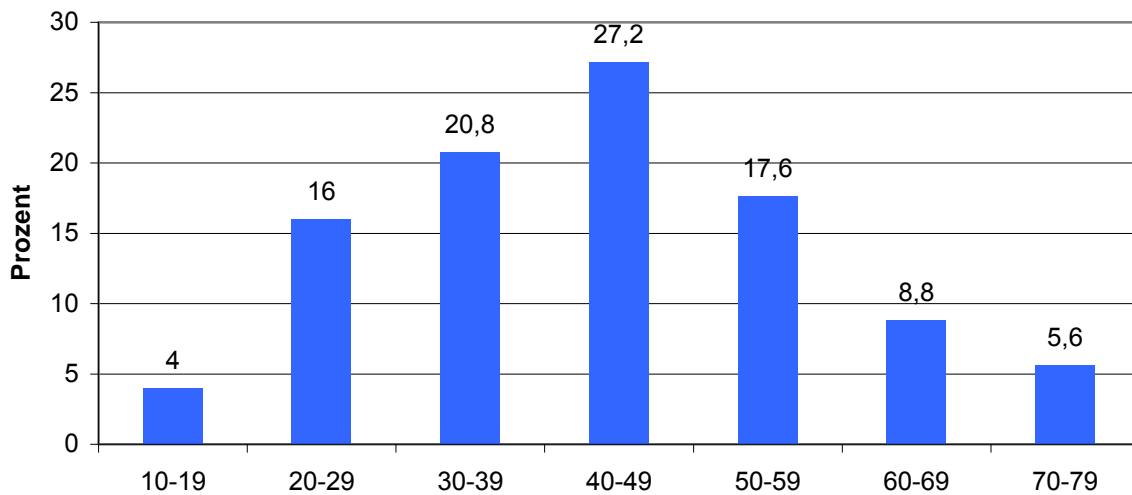


Abb. 3.03 ▲ (n=125) Alter der Patienten zum Zeitpunkt des Unfallgeschehens, eingeteilt in Lebensdekaden

Tab. 3.03 ▼ Alter der Patienten zum Zeitpunkt des Unfallgeschehens, eingeteilt in Lebensdekaden, Angaben in Prozent und absoluten Zahlen

	%	absolut
10-19	4	5
20-29	16	20
30-39	20,8	26
40-49	27,2	34
50-59	17,6	22
60-69	8,8	11
70-79	5,6	7

Bis zu einem Alter von 60 Jahren waren Männer signifikant häufiger von Pilonfrakturen betroffen als Frauen. Ab einem Alter von 60 Jahren waren Frauen anteilmäßig häufiger als Männer betroffen, allerdings nicht signifikant (Abb. + Tab. 3.04).

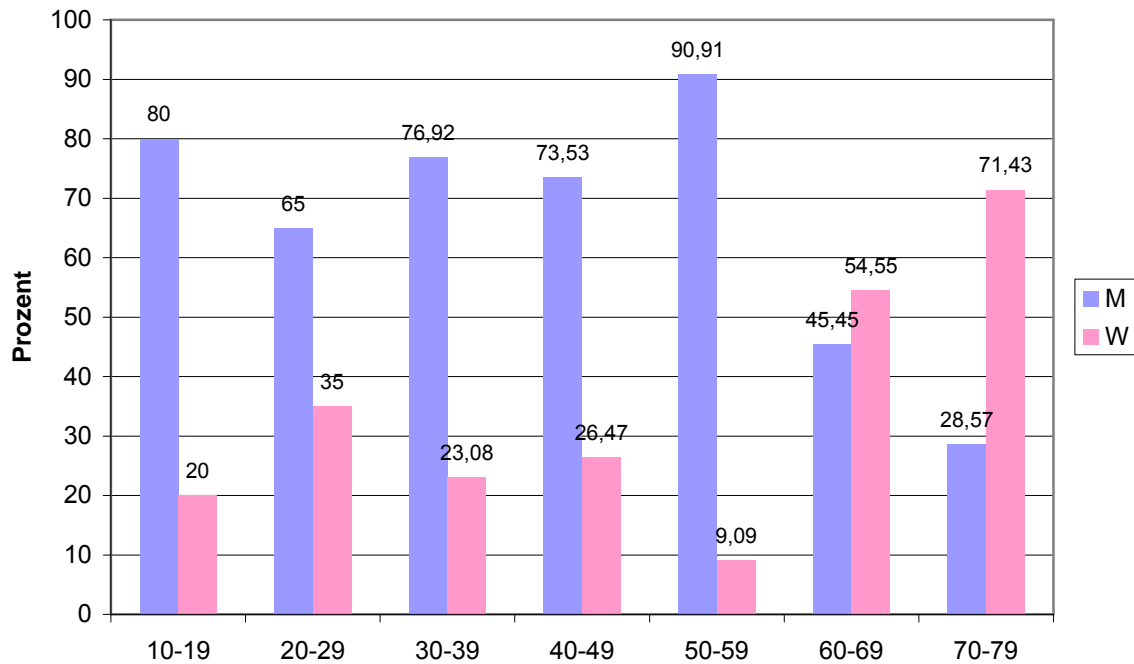


Abb. 3.04 ▲ (n = 125) Alter der Patienten zum Unfallzeitpunkt (eingeteilt in Lebensdekaden) in Gegenüberstellung zum Geschlecht, M=Männer, W=Frauen

Tab. 3.04 ▼ Alter der Patienten zum Unfallzeitpunkt (eingeteilt in Lebensdekaden) in Gegenüberstellung zum Geschlecht, Angaben in Prozent und absoluten Zahlen

	Männer		Frauen	
	%	absolut	%	absolut
10-19	80	4	20	1
20-29	65	13	35	7
30-39	76,92	20	23,08	6
40-49	73,53	25	26,47	9
50-59	90,91	20	9,09	2
60-69	45,45	5	54,55	6
70-79	28,57	2	71,43	5

Der prozentuale Anteil an Frakturen in den einzelnen Lebensdekaden beschreibt für Männer (n=89) einen eingipfligen Verlauf mit einem Maximum im fünften Lebensjahrzehnt (Abb. + Tab. 3.05). Die entsprechende Kurve für Frauen (n=36) zeigt einen dreigipfligen Verlauf, ebenfalls mit einem Maximum im fünften Lebensjahrzehnt.

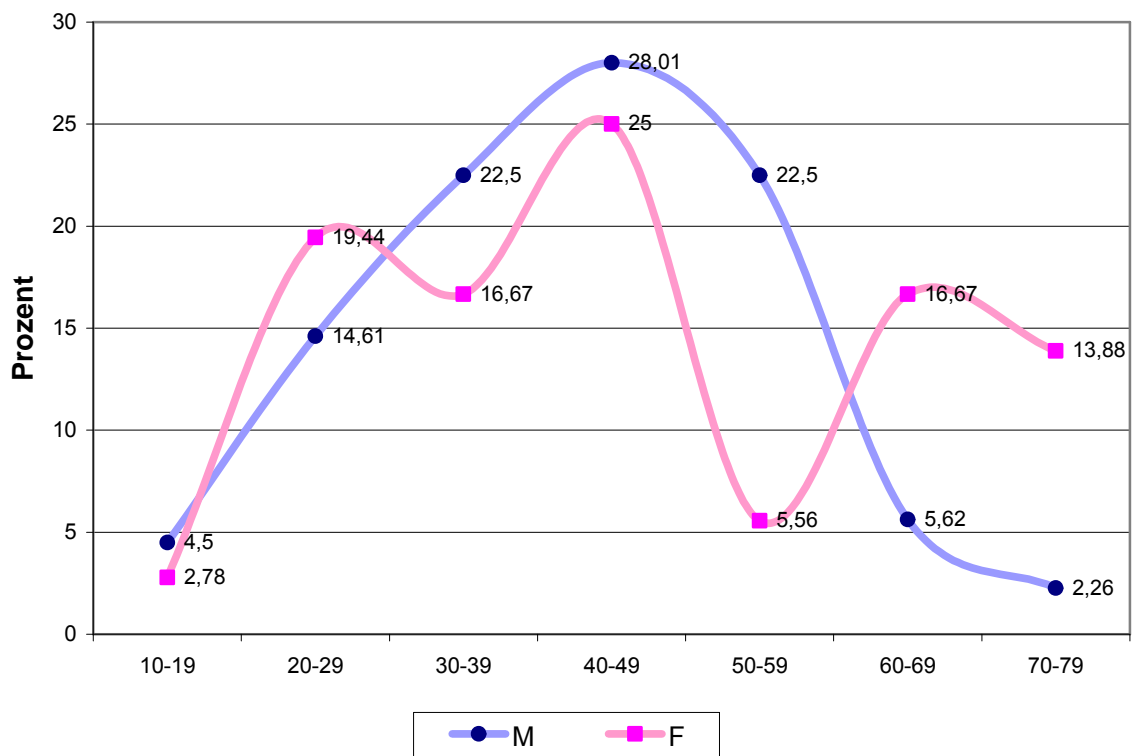


Abb. 3.05 ▲ Prozentualer Anteil an Frakturen in den einzelnen Lebensdekaden, getrennt nach Geschlecht. M=Männer, F=Frauen

Tab. 3.05 ▼ Prozentualer und absoluter Anteil an Frakturen in den einzelnen Lebensdekaden, getrennt nach Geschlecht

	Männer		Frauen	
	%	absolut	%	absolut
10-19	4,50	4	2,78	1
20-29	14,61	13	19,44	7
30-39	22,50	20	16,67	6
40-49	28,01	25	25,00	9
50-59	22,50	20	5,56	2
60-69	5,62	5	16,67	6
70-79	2,26	2	13,88	5

Die Unfallmechanismen lassen sich im Wesentlichen in zwei Gruppen zusammenfassen (Abb. + Tab. 3.06). In der Gruppe „axiale Stauchung“ ist die Fraktur vor allem durch eine hochenergetische axiale Stauchung von Rückfuß und Unterschenkel entstanden. Zu dieser Gruppe gehören als Ursachen Sprünge, Stürze und Verkehrsunfälle.

In der Gruppe „Distorsion“ ist die Fraktur vor allem auch durch Rotationskräfte, also durch eine Distorsion des Sprunggelenks mit niederenergetischer axialer Stauchung entstanden. Die Gruppe der Distorsionen schließt die Sportverletzungen und Umknicktraumen ein.

Zwei Drittel (67,24%) aller Frakturen sind durch axiale Stauchung entstanden, ein Drittel (32,76%) durch eine Sprunggelenkdistorsion.

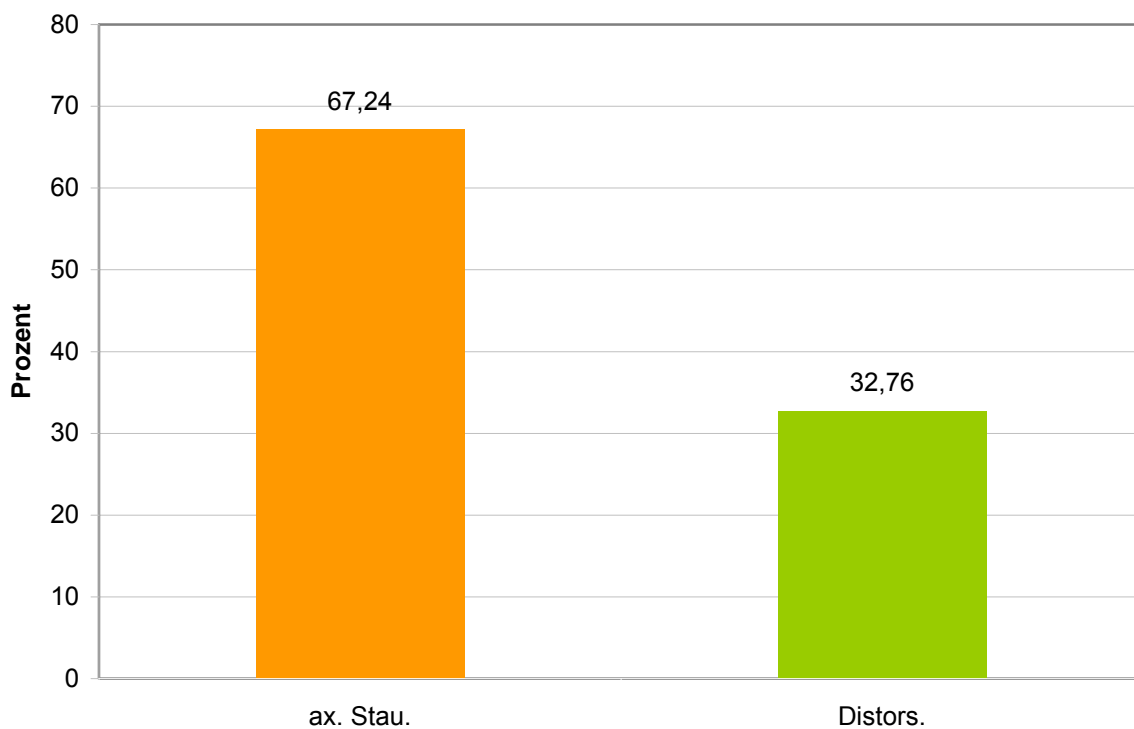


Abb. 3.06 ▲ (n = 116) Einteilung der Unfallmechanismen der Frakturen nach axialer Stauchung (ax. Stauch), bzw. Distorsion (Distors.)

Tab. 3.06 ▼ Einteilung der Unfallmechanismen der Frakturen nach axialer Stauchung, bzw. Distorsion

	%	absolut
axiale Stauchung	67,24	78
Distorsion	32,76	38

Bei den Männern lag den Verletzungen zu 75% der Mechanismus der axialen Stauchung zugrunde, zu 25% der Mechanismus der Distorsion. Bei den Frauen waren Frakturen durch axiale Stauchung und Distorsionen annähernd gleichhäufig (Abb. + Tab. 3.07). Männer erlitten signifikant häufiger als Frauen Frakturen durch den Mechanismus der axialen Stauchung.

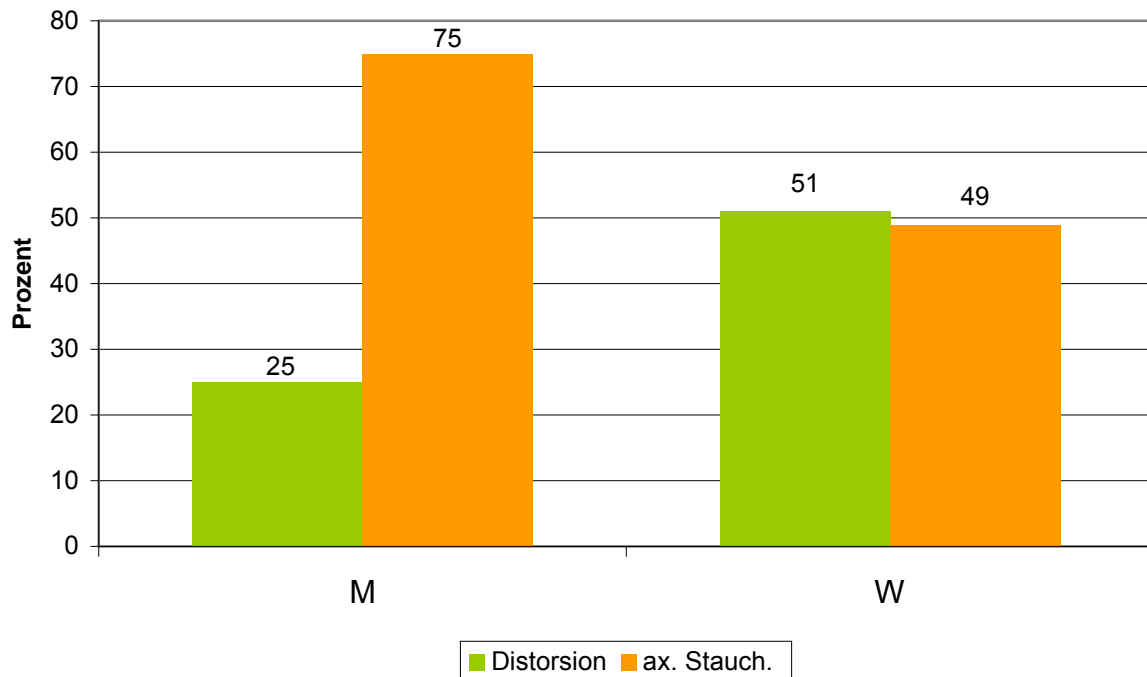


Abb. 3.07 ▲ (n=115) Unfallmechanismus der Frakturen getrennt nach Geschlecht, ax.Stauch. = axiale Stauchung, M = Männer, W = Frauen, Angaben in Prozent

Tab. 3.07 ▼ Unfallmechanismus der Frakturen getrennt nach Geschlecht, Angaben in Prozent und absoluten Zahlen

	Distorsion		Axiale Stauchung	
	%	absolut	%	absolut
Männer	25	20	75	60
Frauen	51	18	49	17

Bei Verletzungen durch den Mechanismus der axialen Stauchung lag das Alter bei $42,39 \pm 1,597$ Jahren [15-76], bei Verletzungen durch den Mechanismus einer Distorsion bei $44,11 \pm 2,673$ Jahren [14-73]. Der Unterschied ist nicht signifikant.

Ein Drittel aller Frakturen (32,23%) lässt sich auf einen Verkehrsunfall zurückführen, d.h. die Verletzung haben sich die betroffenen Personen mit einem Fahrzeug zugezogen. 68% der Verkehrsunfälle ereigneten sich mit einem Pkw, 13% mit Motorrädern. An den restlichen 19% der Verkehrsunfälle waren Fahrräder, Motorroller oder Lkw beteiligt.

28,93% der Patienten haben die Fraktur im Rahmen eines Umknicktraumas erlitten. Ein Drittel der Patienten (32,23%) erlitt die Verletzung durch einen Sprung oder einen Sturz. Sprünge und Stürze unterscheiden sich hinsichtlich der Ursache, nicht jedoch hinsichtlich des Pathomechanismus. Die Hälfte aller Sprünge erfolgte in suizidaler Absicht.

Bei zwei Dritteln aller Stürze konnte die ungefähre Sturzhöhe ermittelt werden; diese betrug 4,0 Meter [0,5m – 15m].

Bei den Sportverletzungen handelte es sich bei zwei von drei Verletzungen um einen Skiunfall, bei einer Verletzung um einen Sturz mit Distorsion beim Hockeyspielen.

Bei den Männern war die Hauptunfallursache der Verkehrsunfall. Bei den Frauen ein Umknicktrauma.

Bei der Hälfte der Frakturen (45,45%) handelte es sich um Einzelverletzungen, ein Drittel (30,58%) ist im Rahmen von Mehrfachverletzungen entstanden und ein Viertel der Frakturen (23,97%) im Rahmen eines Polytraumas (Abb. + Tab. 3.08).

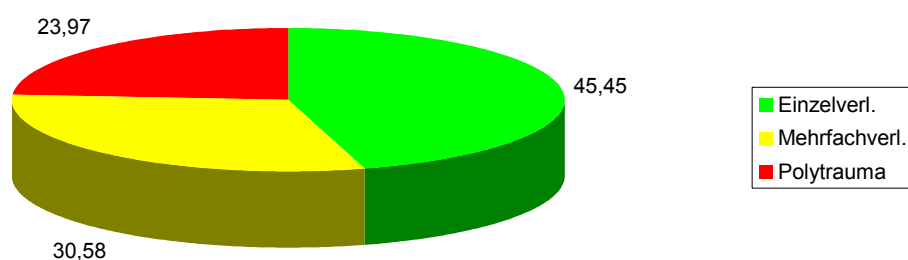


Abb. 3.08 ▲ (n=121) Art der Verletzung, bei der die Pilonfraktur erlitten wurde, Angaben in Prozent, Einzelverl. = Einzelverletzung, Mehrfachverl. = Mehrfachverletzung

Tab. 3.08 ▼ Art der Verletzung, bei der die Pilonfraktur erlitten wurde, Angaben in Prozent und absoluten Zahlen

	%	absolut
Einzelverletzung	45,45	55
Mehrfachverletzung	30,58	37
Polytrauma	23,97	29

Bei den Frauen waren 58,3% der Frakturen Einzelverletzungen, bei den Männern sind 60% der Frakturen im Rahmen von Mehrfachverletzungen oder Polytraumen entstanden.

Ein Drittel der Frakturen (29,6%) ist im Rahmen eines Arbeitsunfalls entstanden, 70,4% der Frakturen waren Freizeitunfälle (Abb. + Tab. 3.09). Von allen Arbeitsunfällen handelte es sich in 30% um Wegeunfälle, und 70% der Verletzungen sind im Rahmen der Ausübung der beruflichen Tätigkeit entstanden.

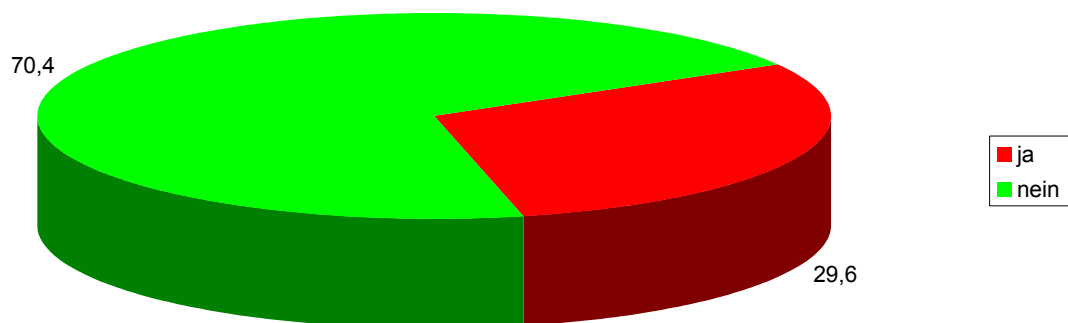


Abb. 3.09 ▲ (n=125) Aufteilung der Unfälle in Arbeitsunfälle u. Freizeitunfälle, Angaben in Prozent, ja = während der Arbeitszeit, nein = Freizeitunfall

Tab. 3.09 ▼ Aufteilung der Unfälle in Arbeitsunfälle und Freizeitunfälle

	%	absolut
Arbeitsunfall	29,6	37
Freizeitunfall	70,4	88

3.2 Frakturklassifikation

62% der Frakturen (n=75) sind Typ-C-Verletzungen, 38% (n=46) Typ-B-Verletzungen. Der häufigste Frakturtyp ist C3 mit 42,98%. Der zweithäufigste Typ ist mit 16,53% die B1-Fraktur. Alle anderen Frakturtypen liegen zwischen acht und zwölf Prozent (Abb. + Tab. 3.10).

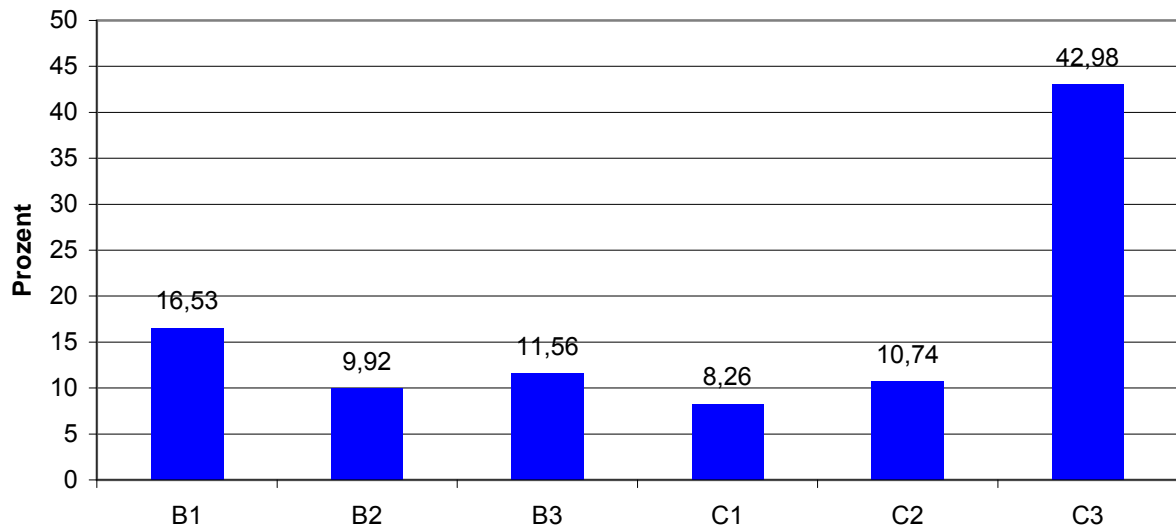


Abb. 3.10 ▲ (n=121) Prozentuale Verteilung der Frakturen getrennt nach der Frakturklassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

Tab. 3.10 ▼ Prozentuale und absolute Verteilung der Frakturen getrennt nach der Frakturklassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

	%	absolut
B1	16,53	20
B2	9,92	12
B3	11,56	14
C1	8,26	10
C2	10,74	13
C3	42,98	52

Prozentual verteilen sich die Frakturen bei Männern und Frauen annähernd gleich auf die einzelnen Klassifikationsgruppen (Abb. + Tab. 3.11). Ein deutlicher Unterschied im Kurvenverlauf zeigt sich jedoch bei den B1-Frakturen und weniger ausgeprägt auch bei den C3-Frakturen.

Typ-B-Verletzungen waren insgesamt bei Frauen häufiger, Typ-C-Verletzungen bei Männern. Ein signifikanter Unterschied besteht nicht.

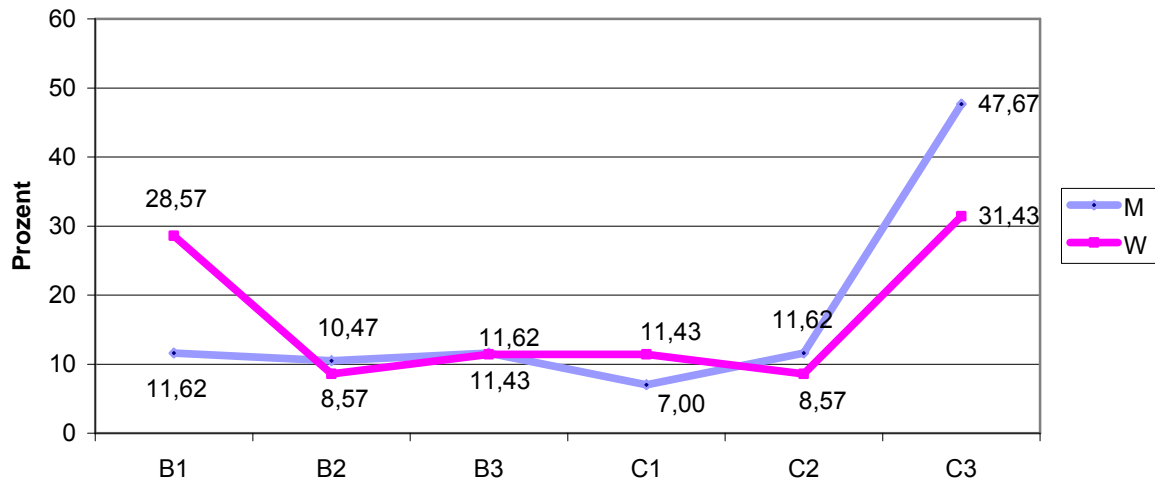


Abb. 3.11 ▲ Prozentuale Verteilung der Frakturen nach der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, getrennt nach Geschlecht, M = Männer (n=86), W = Frauen (n=35)

Tab. 3.11 ▼ Prozentuale und absolute Verteilung der Frakturen nach der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, getrennt nach Geschlecht

	Männer		Frauen	
	%	absolut	%	absolut
B1	11,62	10	28,57	10
B2	10,47	9	8,57	3
B3	11,62	10	11,43	4
C1	7,00	6	11,43	4
C2	11,62	10	8,57	3
C3	47,67	41	31,43	11

Der Anteil an Frakturen der durch den Mechanismus der axialen Stauchung entstanden ist steigt innerhalb des jeweiligen Frakturtyps (B oder C) von Subtyp 1 nach 3 an, entsprechend nimmt der Anteil an Distorsionen innerhalb der Frakturtypen von Subtyp 1 nach 3 ab (Abb. + Tab. 3.12).

Innerhalb der B-Frakturen ist der Mechanismus der axialen Stauchung annähernd ebenso häufig (46%), wie der der Distorsion (54%). Innerhalb der C-Frakturen ist der Mechanismus der axialen Stauchung mit 76% deutlich häufiger als der der Distorsion.

Der Vergleich von B- und C-Frakturen zeigt bei den Typ-C-Frakturen gegenüber den Typ-B-Frakturen signifikant mehr Frakturen, die durch den Mechanismus der axialen Stauchung entstanden sind, als durch den Mechanismus der Distorsion.

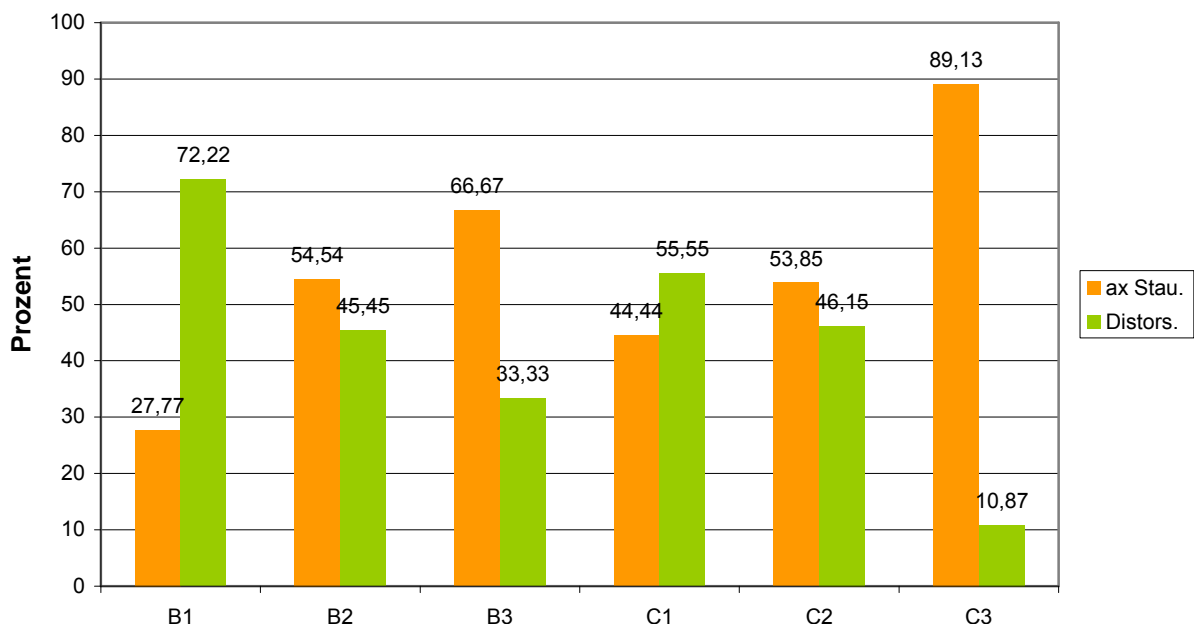


Abb. 3.12 ▲ (n=109) Prozentuale Verteilung der Frakturen nach der Klassifikation der AO, getrennt nach Unfallmechanismus, ax. Stau. = axiale Stauchung, Distors. = Distorsion

Tab. 3.12 ▼ Prozentuale und absolute Verteilung der Frakturen nach der Klassifikation der AO, getrennt nach Unfallmechanismus

	axiale Stauchung		Distorsion	
	%	absolut	%	absolut
B1	27,77	5	72,22	13
B2	54,54	6	45,45	5
B3	66,67	8	33,33	4
C1	44,44	4	55,55	5
C2	53,85	7	46,15	6
C3	89,13	41	10,87	5

Einzelverletzungen waren zu 56% Typ-B-Verletzungen. Die Pilonfrakturen Polytraumatisierter waren zu 85% Typ-C-Verletzungen.

Bei Typ-B-Frakturen lag das Alter bei $40,80 \pm 2,078$ Jahren [16-72], bei den Typ-C-Frakturen bei $44,47 \pm 1,744$ Jahren [14-76]. Der Unterschied ist nicht signifikant.

Mit zunehmendem Alter steigt der Anteil an Typ-C-Verletzungen an (Abb. + Tab. 3.13).

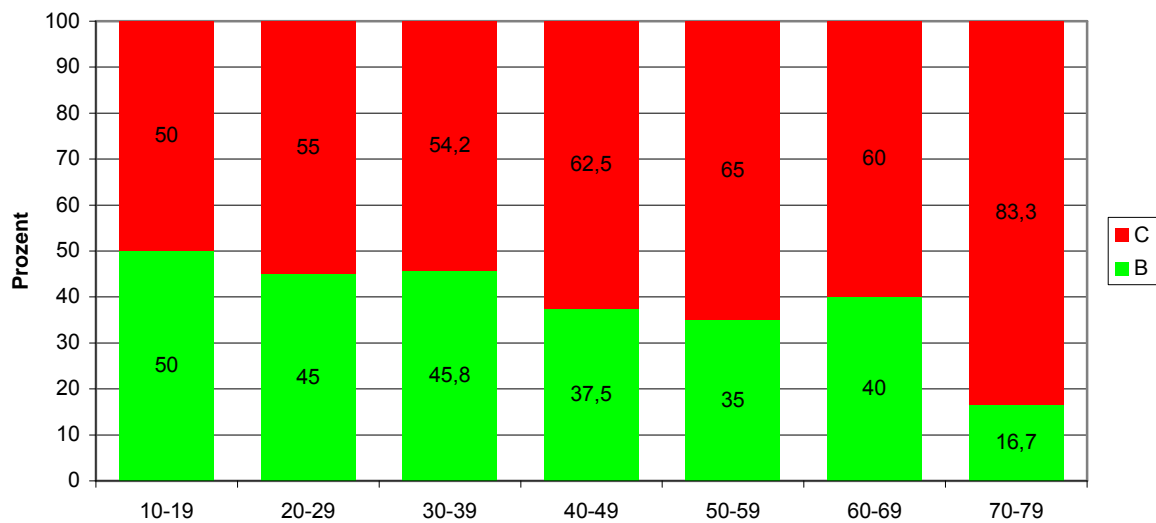


Abb. 3.13 ▲ (n = 116) Klassifikation der Frakturen nach der AO-Klassifikation getrennt nach Altersgruppen (in Jahren), B = Typ-B-Verletzungen, C = Typ-C-Verletzungen

Tab. 3.13 ▼ Klassifikation der Frakturen nach der AO-Klassifikation getrennt nach Altersgruppen (in Jahren), B = Typ-B-Verletzungen, C = Typ-C-Verletzungen

	10-19		20-29		30-39		40-49		50-59		60-69		70-79	
	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut
B	50	2	45	9	45,8	11	37,5	12	35	7	40	4	16,7	1
C	50	2	55	11	54,2	13	62,5	20	65	13	60	6	83,3	5

3.3 Begleitverletzungen

3.3.1 Fibula

Der Anteil an ipsilateralen Fibulafrakturen bei Pilonfrakturen lag bei 78,05% (Abb. + Tab. 3.14).

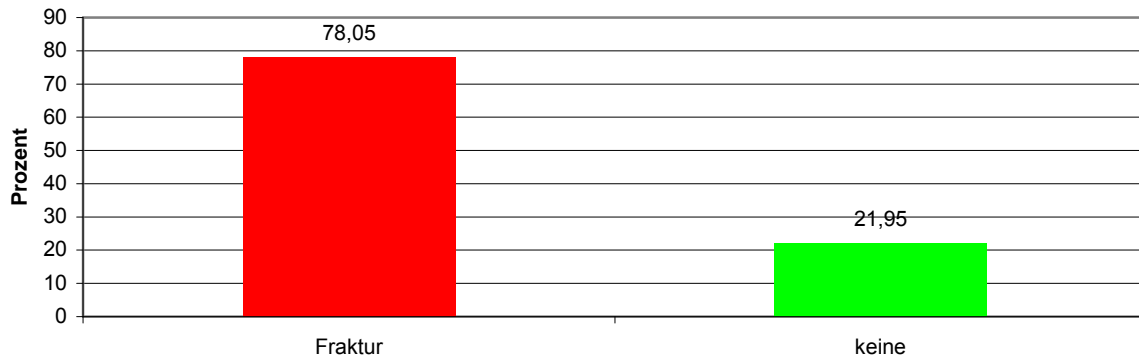


Abb. 3.14 ▲ (n=123) Prozentualer Anteil an gleichzeitigen und gleichseitigen Fibulafrakturen bei Pilonfrakturen, Fraktur = Fibulafraktur, keine = keine Fibulafraktur

Tab. 3.14 ▼ Prozentualer und absoluter Anteil an gleichzeitigen und gleichseitigen Fibulafrakturen bei Pilonfrakturen

	%	Absolut
Fibulafraktur	78,05	96
keine Fibulafraktur	21,95	27

Die Klassifikation der Fibulafrakturen (nach Weber) ergab 2% Typ A-Frakturen, ein Drittel (36,46%) Typ-B-Frakturen und 61,46% Typ-C-Frakturen (Abb. + Tab. 3.15).

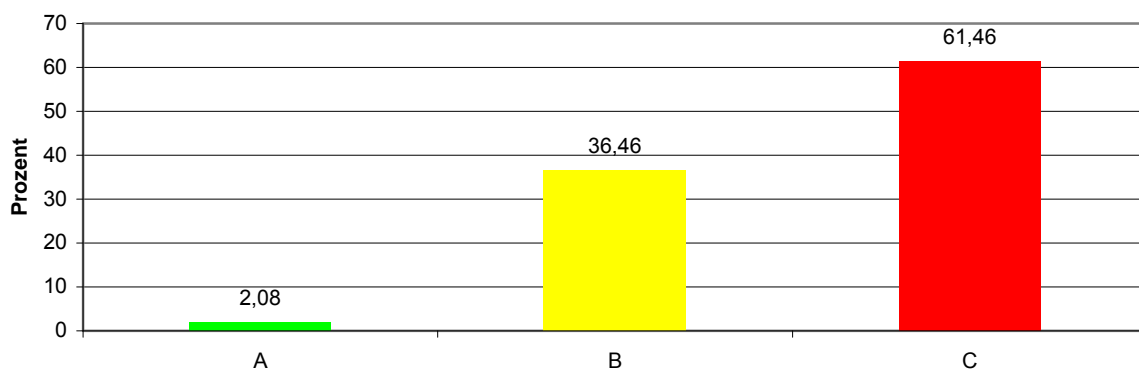


Abb. 3.15 ▲ (n=96) Prozentuale Verteilung und Klassifikation einer gleichseitigen Fibulafraktur bei Pilonfrakturen nach der Klassifikation nach Weber (1972), A = Fibulafraktur Typ A, B = Fibulafraktur Typ B, C = Fibulafraktur Typ C

Tab. 3.15 ▾ Prozentuale und absolute Verteilung und Klassifikation einer gleichseitigen Fibulafaktur bei Pilonfrakturen nach der Klassifikation nach Weber (1972), A = Fibulafaktur Typ A, B = Fibulafaktur Typ B, C = Fibulafaktur Typ C

	%	absolut
A	2,08	2
B	36,46	35
C	61,46	59

Die Häufigkeit einer Fibulafaktur bei Distorsionsverletzungen betrug 89,47% und bei axialer Stauchung 76,39% (Abb. + Tab. 3.16). Dieser Unterschied ist nicht signifikant.

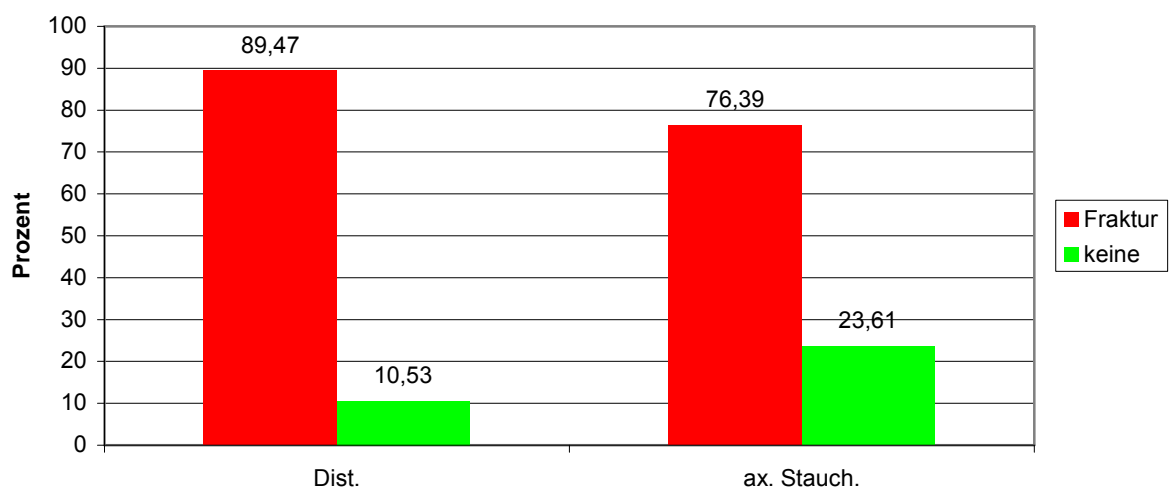


Abb. 3.16 ▲ (n=110) Häufigkeiten einer gleichseitigen Fibulafaktur bei Pilonfrakturen in Abhängigkeit vom Unfallmechanismus, Angaben in Prozent, Dist. = Distorsion, ax. Stauch. = axiale Stauchung, Fraktur = Fibulafaktur, keine = keine Fibulafaktur

Tab. 3.16 ▾ Häufigkeiten einer gleichseitigen Fibulafaktur bei Pilonfrakturen in Abhängigkeit vom Unfallmechanismus

	Fibulafaktur		keine Fibulafaktur	
	%	absolut	%	absolut
Distorsion	89,47	34	10,53	4
axiale Stauchung	76,39	55	23,61	17

Fibula-Typ-B-Frakturen traten häufiger bei Pilonfrakturen auf die durch den Mechanismus der Distorsion (38,24%) entstanden sind, als bei Pilonfrakturen die durch den Mechanismus der axialen Stauchung (32,73%) entstanden sind. Fibula-Typ-C-Frakturen häufiger bei Pilonfrakturen die durch axiale Stauchung (65,45%) entstanden sind, als bei Pilonfrakturen, die durch eine Distorsion (58,82%) entstanden sind (Abb. + Tab. 3.17). Die Unterschiede sind nicht signifikant.

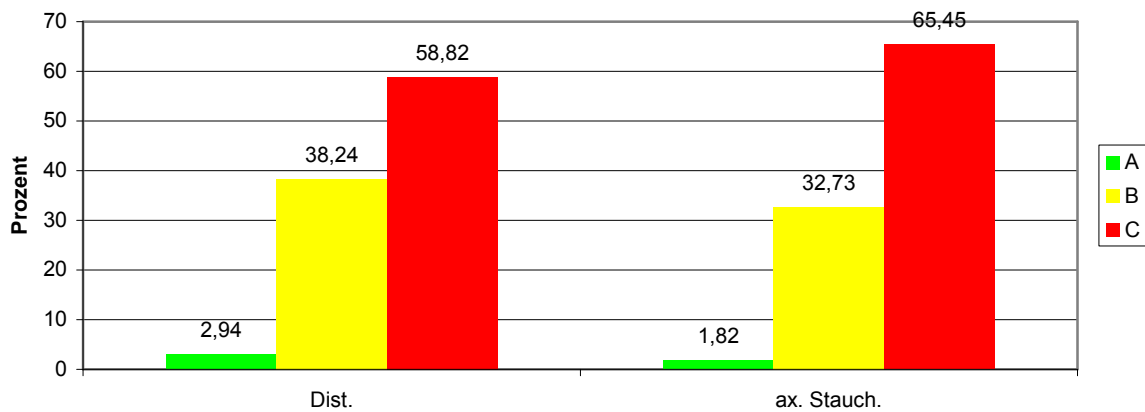


Abb. 3.17 ▲ (n=89) Klassifikation der Fibulafraktur in Abhängigkeit vom Unfallmechanismus, Angaben in Prozent, Distors. = Distorsion, ax. Stauch = axiale Stauchung, A, B, C = Frakturklassifikation der Fibulafraktur nach Weber (1972)

Tab. 3.17 ▼ Klassifikation der Fibulafraktur in Abhängigkeit vom Unfallmechanismus, Angaben in Prozent und absoluten Zahlen. A, B, C = Frakturklassifikation der Fibulafraktur nach Weber

	A		B		C	
	%	absolut	%	absolut	%	absolut
Distorsion	2,94	1	38,24	13	58,82	20
axiale Stauchung	1,82	1	32,73	18	65,45	36

3.3.2 Lokale und stauchungsbedingte Begleitverletzungen

46,51% der Patienten hatten sich zusätzlich zur Pilonfraktur und ggf. neben einer Fibulafaktur mindestens eine weitere ipsilaterale lokale oder stauchungsbedingte knöcherne Begleitverletzung zugezogen (Abb. + Tab. 3.18).

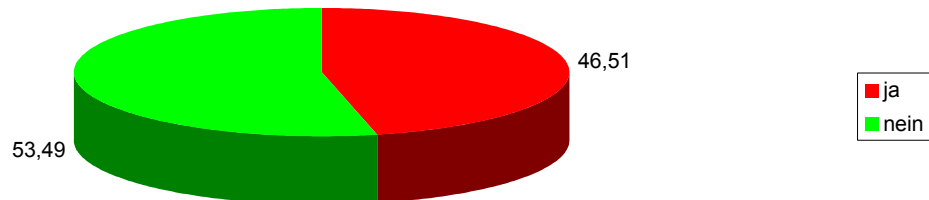


Abb. 3.18 ▲ (n=129) Häufigkeiten von lokalen oder stauchungsbedingten Begleitverletzungen (Frakturen) bei Pilonfrakturen, Angaben in Prozent, ja = mindestens eine Begleitverletzung, nein = keine knöcherne Begleitverletzung

Tab. 3.18 ▼ Häufigkeiten von lokalen oder stauchungsbedingten Begleitverletzungen (Frakturen) bei Pilonfrakturen, Angaben in Prozent und absoluten Zahlen, ja = mindestens eine Begleitverletzung, nein = keine knöcherne Begleitverletzung

ja		nein	
%	absolut	%	absolut
46,51	60	53,49	69

Bei einem Drittel der Pilonfrakturen (33,33%) trat eine Fraktur des Malleolus medialis auf. Frakturen von Mittelfuß, Calcaneus, Talus, Tibiakopf, Femur und Becken traten bei jeweils weniger als 5% der Pilonfrakturen auf. Wirbelsäulenverletzungen kamen bei 12,4% aller Pilonfrakturen begleitend vor (Abb. + Tab. 3.19). Insgesamt gab es bei den Pilon-Typ-C-Verletzungen signifikant mehr ipsilaterale lokale oder stauchungsbedingte Begleitverletzungen als bei den Typ-B-Verletzungen.

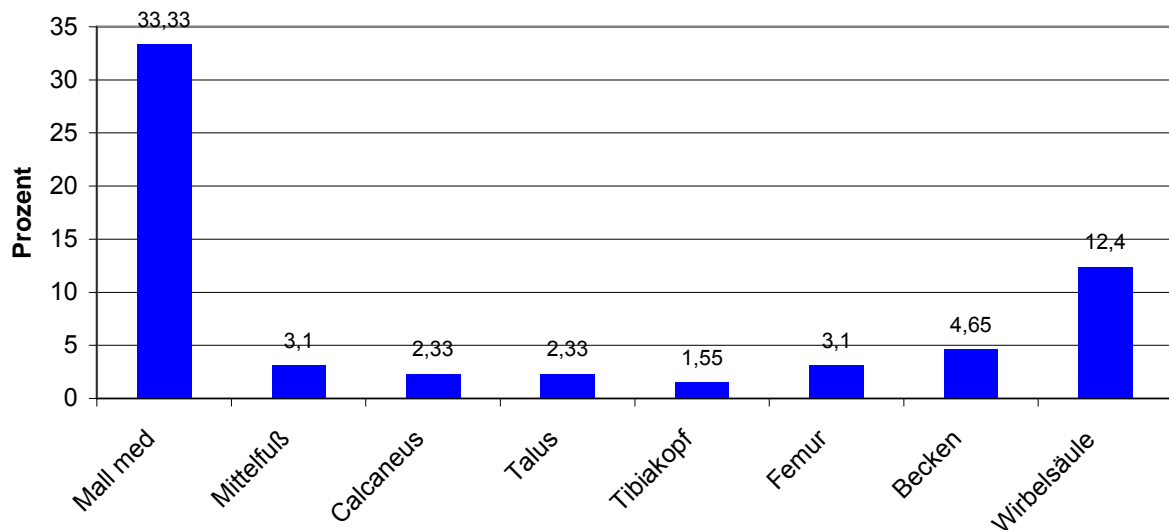


Abb. 3.19 ▲ (n=129) Prozentuale Häufigkeiten von lokalen oder stauchungsbedingten Begleitverletzungen (Frakturen) bei Pilonfrakturen, Mall. med. = Malleolus medialis

Tab. 3.19 ▼ Prozentuale und absolute Häufigkeiten von lokalen oder stauchungsbedingten Begleitverletzungen (Frakturen) bei Pilonfrakturen

	%	Absolut
Malleolus medialis	33,33	43
Mittelfuß	3,1	4
Calcaneus	2,33	3
Talus	2,33	3
Tibiakopf	1,55	2
Femur	3,1	4
Becken	4,65	6
Wirbelsäule	12,4	16

3.3.3 Ligamentäre Begleitverletzungen

Zu einer Ruptur der Syndesmose oder einem knöchernen Syndesmosenausriß kam es bei 33,06% aller Frakturen.

Zu 28,39% bei Frakturen die durch axiale Stauchung verursacht wurden, und zu 47,37% bei Frakturen, die durch Distorsionen entstanden sind (Abb. + Tab. 3.20). Damit waren Syndesmosenverletzungen bei Distorsionen signifikant häufiger als bei Verletzungen durch den Mechanismus der axialen Stauchung. Hinsichtlich der Frakturklassifikation der Pilonfrakturen (Typ B oder C) oder der Fibulafrakturen (Typ B oder C) zeigten sich in Bezug auf Syndesmosenverletzungen keine signifikanten Unterschiede.

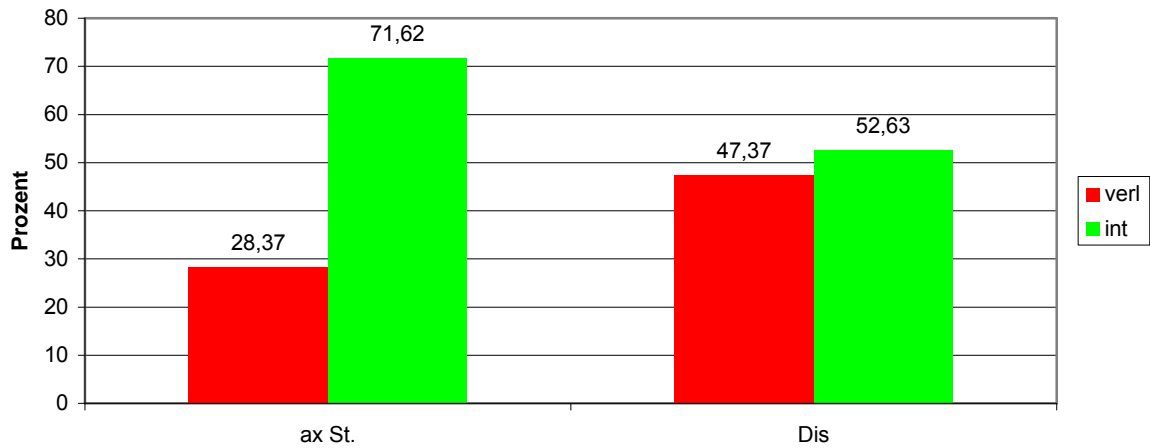


Abb. 3.20 ▲ (n=112) Prozentuale Häufigkeiten von Syndesmosenverletzungen (verl. = Syndesmose verletzt, int. = Syndesmose intakt) in Abhängigkeit vom Unfallmechanismus (ax. St. = axiale Stauchung, Dis = Distorsion)

Tab. 3.20 ▼ Prozentuale und absolute Häufigkeiten von Syndesmosenverletzungen in Abhängigkeit vom Unfallmechanismus

	Syndesmose verletzt		Syndesmose intakt	
	%	absolut	%	absolut
axiale Stauchung	28,37	21	71,62	53
Distorsion	47,37	18	52,63	20

3.3.4 Weichteilverletzungen

Um offene Frakturen handelte es sich bei 30,65% der Frakturen, zwei Drittel (69,35%) waren geschlossene Frakturen (Abb. + Tab. 3.21).

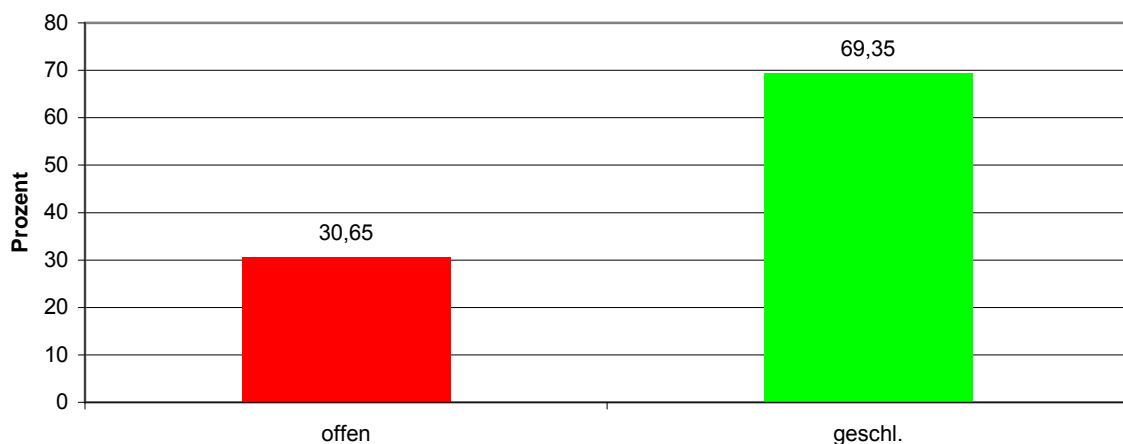


Abb. 3.21 ▲ (n=124) Prozentuale Verteilung von offenen und geschlossenen Verletzungen bei Pilonfrakturen, offen = offene Fraktur, geschl. = geschlossene Fraktur

Tab. 3.21 ▼ Prozentuale und absolute Verteilung von offenen und geschlossenen Verletzungen bei Pilonfrakturen

	%	absolut
Offene Fraktur	30,65	38
Geschlossene Fraktur	69,35	86

Der Anteil an offenen Verletzungen steigt innerhalb des jeweiligen Frakturtyps des Pilon von Subtyp 1 nach 3 von 10% auf bis zu 44,9% an (Abb. + Tab. 3.22). Eine Ausnahme bildet die Gruppe B2, wo der Anteil der offenen Verletzungen über denen der Gruppe B3 liegt. Zwischen den B- und C-Frakturen insgesamt zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich offener oder geschlossener Frakturen.

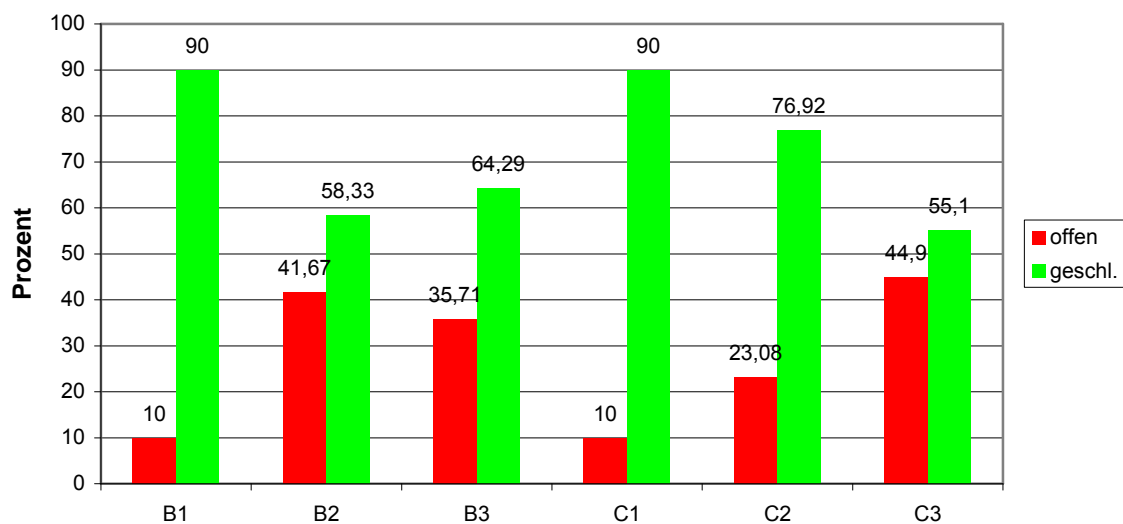


Abb. 3.22 ▲ (n=124) Prozentuale Verteilung von offenen und geschlossenen Verletzungen bei Pilonfrakturen, getrennt nach Frakturklassifikation, offen = offene Fraktur, geschl. = geschlossene Fraktur

Tab. 3.22 ▼ Prozentuale und absolute Verteilung von offenen und geschlossenen Verletzungen bei Pilonfrakturen, getrennt nach Frakturklassifikation

	Offene Fraktur		Geschlossene Fraktur	
	%	absolut	%	absolut
B1	10	2	90	18
B2	41,67	5	58,33	7
B3	35,71	5	64,29	9
C1	10	1	90	9
C2	23,08	3	76,92	10
C3	44,9	22	55,1	27

3.4 Frakturversorgung

3.4.1 Behandlungsstrategie

Für die operative Behandlung der Pilonfrakturen fanden sieben verschiedene Strategien Anwendung, von denen vier ein einzeitiges und drei ein zweizeitiges Regime verfolgten. 81% der Frakturen wurden in einem einzeitigen Verfahren versorgt, 19% in einem zweizeitigen Verfahren (Abb. + Tab. 3.23).

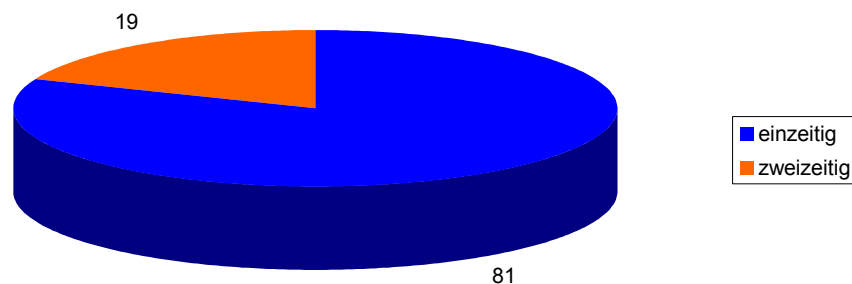


Abb. 3.23 ▲ (n=126) Prozentuale Verteilung der Behandlungsstrategien. Angaben in Prozent, einzeitig = einzeitige Behandlungsstrategie, zweizeitig = zweizeitige Behandlungsstrategie

Tab. 3.23 ▼ Prozentuale und absolute Verteilung der Behandlungsstrategien

	%	Absolut
einzeitige Strategie	81	102
zweizeitige Strategie	19	24

58,73% (74 Frakturen) der Frakturen wurden mittels offener Reposition und interner Fixierung (OSTEOSYNTHESE), 3,17% (4 Frakturen) mit einer minimalen Osteosynthese (MINIMALOSTEOSYNTHESE), 16,67% (21 Frakturen) durch Osteosynthese und zusätzliche Stabilisierung durch einen Fixateur externe (OSTEOSYNTHESE + FE) und 2,38% (3 Frakturen) durch eine Minimalosteosynthese und eine zusätzliche Stabilisierung durch einen Fixateur externe (MINIMALOSTEOSYNTHESE + FE) während einer Operation ohne primäre provisorische Maßnahmen versorgt (einzeitige Behandlungsstrategien).

12,7% (16 Frakturen) erhielten zunächst einen Fixateur externe und wurden der Osteosynthese erst zu einem späteren Zeitpunkt zugeführt (FE → OSTEOSYNTHESE). Bei einem dieser Patienten erfolgte jedoch später keine

Osteosynthese, sondern es musste dann eine Arthrodese durchgeführt werden. 3,17% der Frakturen wurden primär durch eine Calcaneus-Draht-Extension (CDE) versorgt und später osteosynthetisch versorgt (CDE → OSTEOSYNTHESE) und 3,17% (4 Frakturen) der Frakturen wurden primär durch einen Fixateur externe und eine Osteosynthese der Fibula versorgt und dann ebenfalls später der Tibiaosteosynthese zugeführt (FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE). Auch hier erfolgte bei einem Patienten später keine Osteosynthese, sondern gleich eine Arthrodese (Abb. + Tab. 3.24).

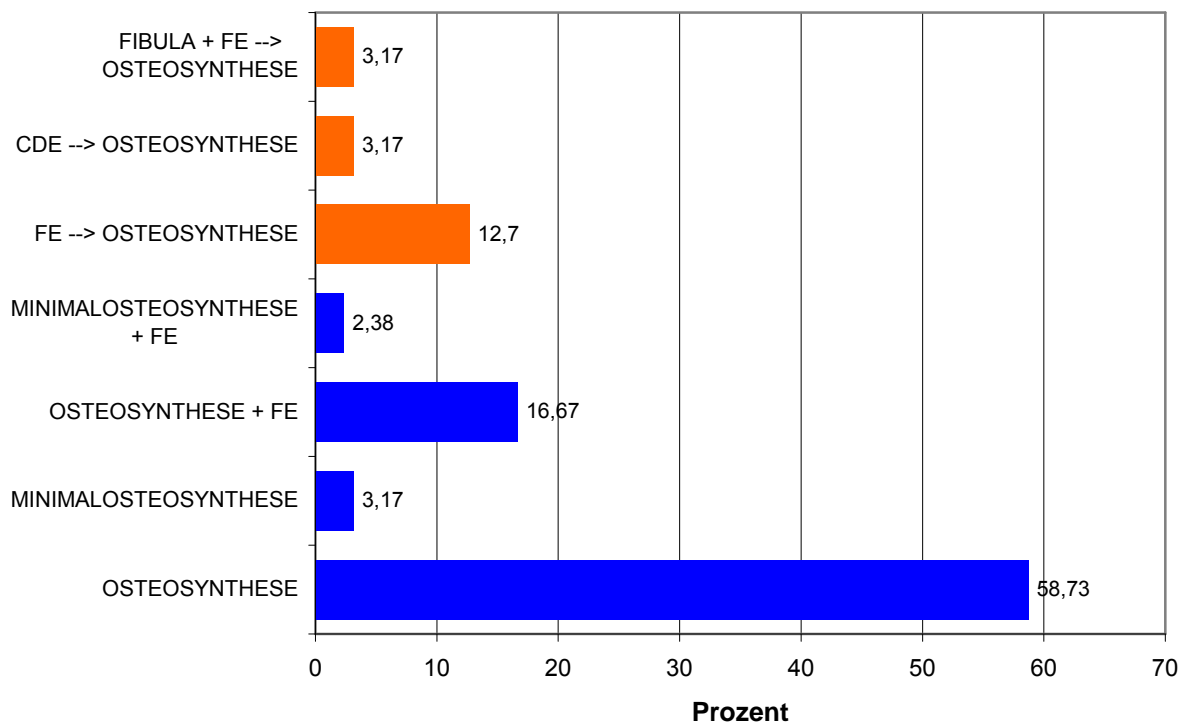


Abb. 3.24 ▲ (n=126) Häufigkeiten der angewandten Behandlungsstrategien, Angaben in Prozent, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

Tab. 3.24 ▼ Häufigkeiten der angewandten Behandlungsstrategien, Angaben in Prozent und absoluten Zahlen, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

	%	absolut
■ OSTEOSYNTHESE	58,73	74
■ MINIMALLOSTEOSYNTHESE	3,17	4
■ OSTEOSYNTHESE + FE	16,67	21
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE + FE	2,38	3
■ FE → OSTEOSYNTHESE	12,7	16
■ CDE → OSTEOSYNTHESE	3,17	4
■ FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE	3,17	4

Der Zeitpunkt der osteosynthetischen Tibiagelenflächenrekonstruktion lag, je nach Behandlungsstrategie, zwischen 0 und 43 Tagen (Abb. + Tab. 3.25).

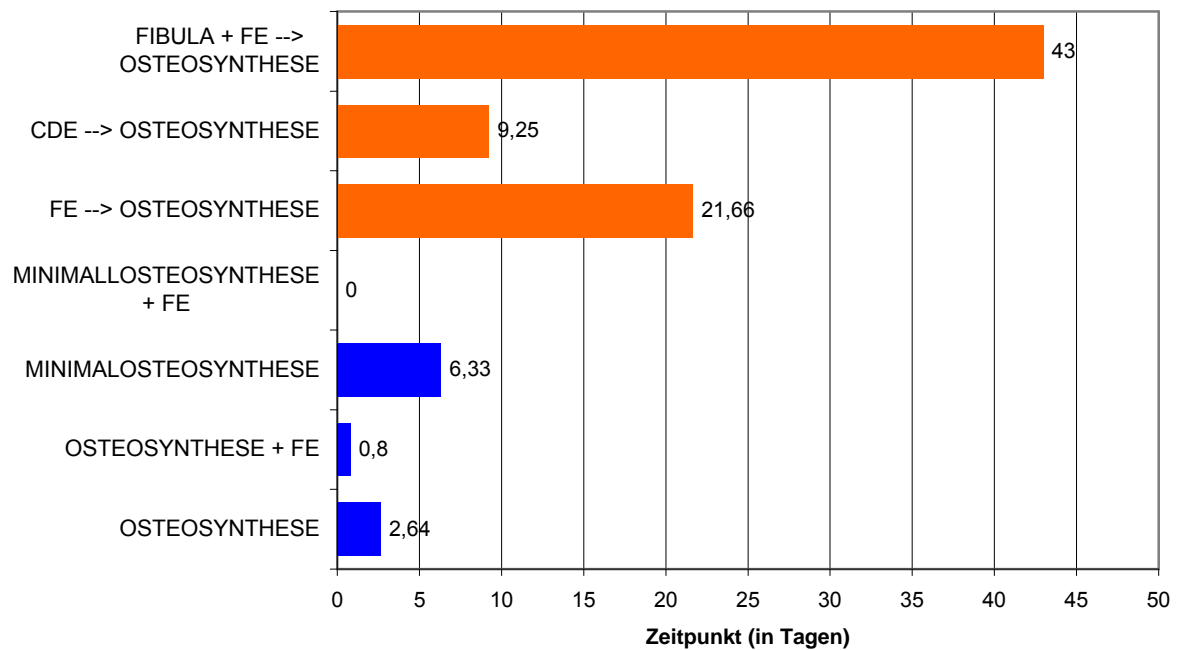


Abb. 3.25 ▲ (n=126) Zeitpunkt der Tibiagelenflächenrekonstruktion, getrennt nach Behandlungsstrategie, Angaben in Tagen, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

Tab. 3.25 ▼ Zeitpunkt der Tibiagelenflächenrekonstruktion, getrennt nach Behandlungsstrategie, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

Behandlungsstrategie	Zeitpunkt der Osteosynthese (in Tagen)
■ OSTEOSYNTHESE	2,64 ± 8,47 [0-64]
■ OSTEOSYNTHESE + FE	0,8 ± 2,21 [0-9]
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE	6,33 ± 3,05 [3-9]
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE + FE	0
■ FE → OSTEOSYNTHESE	21,66 ± 20,24 [3-68]
■ CDE → OSTEOSYNTHESE	9,25 ± 7,71 [2-20]
■ FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE	43,0 ± 28,01 [2-58]

Die verschiedenen Behandlungsstrategien fanden je nach Klassifikation der Fraktur zu unterschiedlichen Anteilen Anwendung (Abb. + Tab. 3.26). Am häufigsten in allen

Frakturgruppen wurde die primäre Osteosynthese angewandt mit mindesten 42% (C3-Frakturen) und einem Maximum von 100% bei B2-Frakturen. Eine Minimalosteosynthese erfolgte ausschließlich bei B1-Frakturen. Eine Osteosynthese mit zusätzlicher Fixateur-externe-Stabilisierung erfolgte außer bei den B2-Frakturen jeweils zwischen 10 und 24%. Eine Minimalosteosynthese mit zusätzlicher Fixateur externe Versorgung wurde nur bei B3- und C3-Frakturen angewandt. Eine primäre Stabilisierung mit einem Fixateur externe und einer späteren Versorgung mittels Osteosynthese kam mit jeweils etwa einem Viertel nur bei C2 und C3 Frakturen zur Anwendung. Eine Calcaneus-Draht-Extension mit späterer Osteosynthese erfolgte bei B1, C1 und C3 Frakturen. Eine primäre Stabilisierung durch einen Fixateur externe mit gleichzeitiger Fibulaversorgung und späterer Osteosynthese kam bei 6% der C3-Frakturen zur Anwendung.

Bei den Typ-C-Frakturen erfolgte signifikant häufiger ein zweizeitiges Behandlungsregime im Vergleich zu den Typ-B-Frakturen.

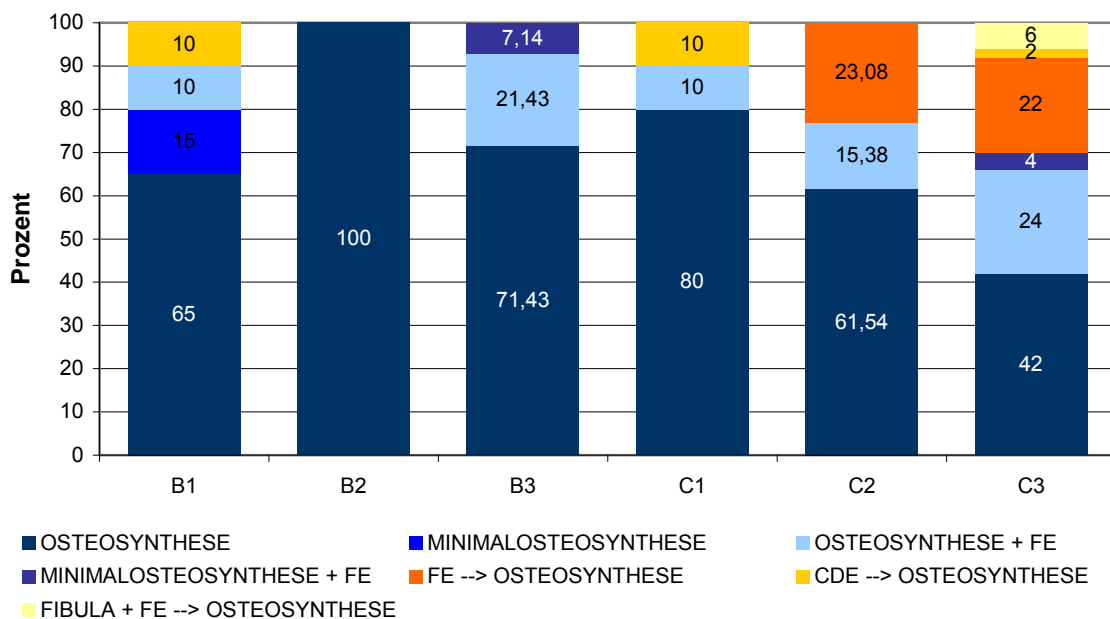


Abb. 3.26 ▲ (n=119) Prozentuale Verteilung der Behandlungsstrategien, getrennt nach Frakturklassifikation

Tab. 3.26 ▼ Prozentuale und absolute Verteilung der Behandlungsstrategien, getrennt Frakturklassifikation, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

	■ OSTEOSYNTHESE		■ MINIMAL-OSTEOSYNTHESE		■ OSTEOSYNTHESE + FE		■ MINIMAL-OSTEOSYNTHESE + FE		■ FE --> OSTEOSYNTHESE		■ CDE --> OSTEOSYNTHESE		■ FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE	
	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut
B1	65	13	15	3	10	2	0	0	0	0	10	2	0	0
B2	100	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3	71,43	10	0	0	21,43	3	7,14	1	0	0	0	0	0	0
C1	80	8	0	0	10	1	0	0	0	0	10	1	0	0
C2	61,54	8	0	0	15,38	2	0	0	23,08	3	0	0	0	0
C3	42	21	0	0	24	12	4	2	22	11	2	1	6	3

Die typische, durch die AO beschriebene vierschrittige Operationstaktik zur Versorgung von Pilonfrakturen fand bei 81,36% der Frakturen Anwendung. Bei 18,64% wurde von dieser Taktik abgewichen. Von den Fibulafrakturen wurden 11,70% keiner osteosynthetischen Versorgung zugeführt.

Bei den Pilon-Typ-B-Frakturen wurde in 12% der Fälle von der durch die AO beschriebenen Taktik abgewichen, bei den Typ-C-Frakturen in 23% der Fälle. Der Unterschied war nicht signifikant.

3.4.2 Osteosynthesematerial

Die operative Versorgung der Tibiagelenkfläche erfolgte entweder mit einer reinen Schraubenosteosynthese oder mit einer kombinierten Schrauben- und Plattenosteosynthese.

Häufiger Anwendung fand die kombinierte Schrauben- und Plattenosteosynthese mit 61,4%. 38,6% wurden mit einer reinen Schraubenosteosynthese versorgt (Abb. + Tab. 3.27).

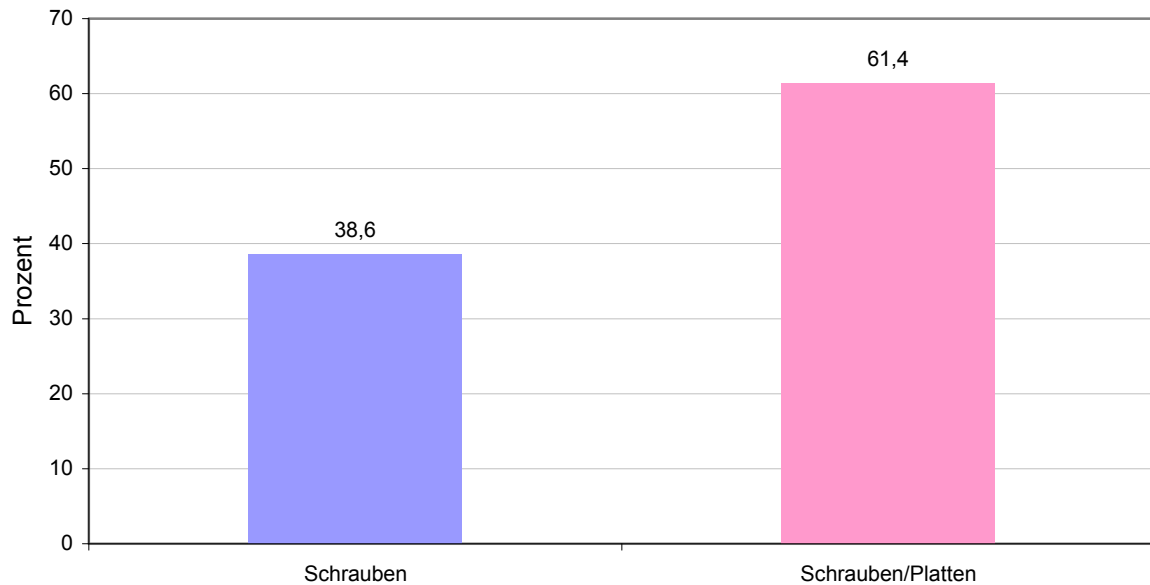


Abb. 3.27 ▲ (n=127) Verwendete Osteosynthesematerialien zur Tibiagelenkflächenosteosynthese

Tab. 3.27 ▼ Verwendete Osteosynthesematerialien zur Tibiagelenkflächenosteosynthese

	%	absolut
Schrauben	38,6	49
Schrauben/Platten	61,4	78

Die verwendeten Implantate unterschieden sich je nach Frakturgruppe (Abb. + Tab. 3.28). Bei den Typ-C-Frakturen war die kombinierte Schrauben- und

Plattenosteosynthese mit insgesamt 80,4% das bevorzugte Verfahren und signifikant häufiger als bei den Typ-B-Frakturen, bei denen eine Materialkombination mit Schrauben und Platten nur in insgesamt 33% der Fälle angewandt wurde.

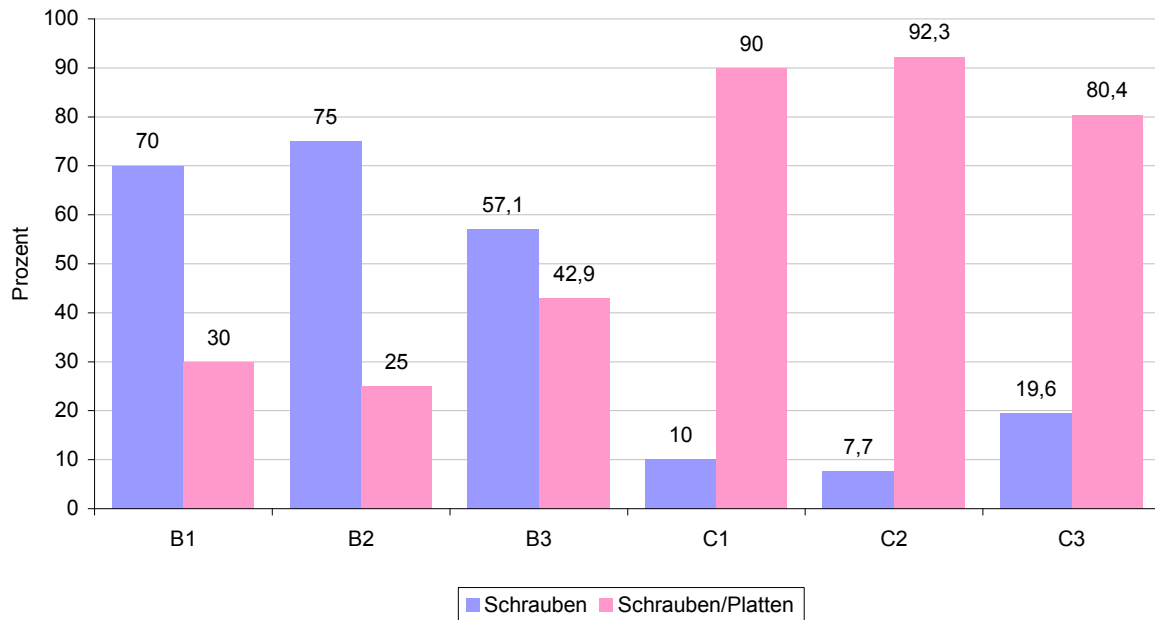


Abb. 3.28 ▲ (n=120) Verwendete Implantate zur Tibiagelenkflächenosteosynthese, getrennt nach Frakturklassifikation

Tab. 3.28 ▼ Verwendete Implantate zur Tibiagelenkflächenosteosynthese, getrennt nach Frakturklassifikation

	Schrauben		Schrauben/Platten	
	%	absolut	%	Absolut
B1	70	14	30	6
B2	75	9	25	3
B3	57,1	8	42,9	6
C1	10	1	90	9
C2	7,7	1	92,3	12
C3	19,6	10	80,4	41

In 83,1% der Fälle in denen eine Plattenosteosynthese angewandt wurde, wurde eine Platte (Abb. + Tab. 3.29) zur medialen Abstützung verwendet. Eine zusätzliche

laterale oder ventrale Platte war in 16,9% der Fälle notwendig. Zu 7% wurde zusätzlich eine laterale Platte verwendet, und zu 9,9% zusätzlich eine ventrale Platte.

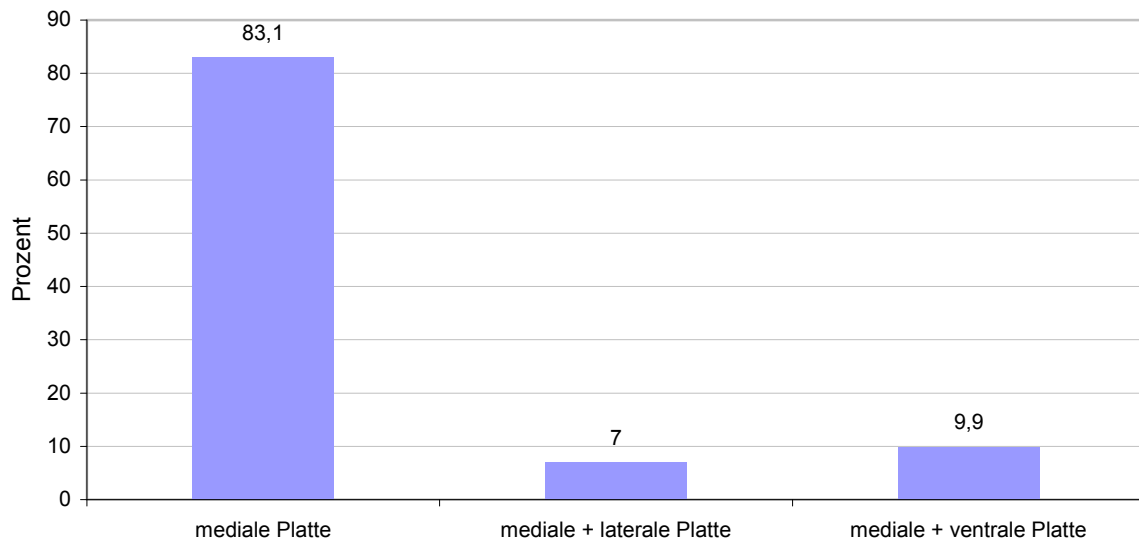


Abb. 3.29 ▲ (n=71) Anzahl und Lage der zur Plattenosteosynthese verwendeten Implantate

Tab. 3.29 ▼ Anzahl und Lage der zur Plattenosteosynthese verwendeten Implantate

	%	absolut
Mediale Platte	83,1	59
Mediale + laterale Platte	7,0	5
Mediale + ventrale Platte	9,9	7

Die häufigste Anwendung fand die LCDCP (limited contact dynamic compression plate) mit 48,08% bei allen mit nur einer Platte versorgten Frakturen. Die T-Platte fand bei 25% Anwendung und die Drittelrohrplatte bei 19,23% der mit nur einer Platte versorgten Frakturen. Andere Implantate wurden insgesamt zu weniger als 8% verwendet.

Wurden zwei Platten verwendet, wurden zur medialen Abstützung meist eine LCDCP oder eine Drittelrohrplatte (jeweils 45,45%) benutzt. Als zweite Platte zur lateralen bzw. ventralen Abstützung kamen am häufigsten eine T-Platte (54,55%) oder eine Drittelrohrplatte (36,36%) zur Anwendung.

3.4.3 Operationsdauer

Die durchschnittliche Operationsdauer der Osteosynthesen bei den einzelnen Klassifikationsgruppen variiert von 02:09 Stunden bei B2-Frakturen, bis zu 02:45 Stunden bei C3-Frakturen (Abb. + Tab. 3.30). Die Operationen der B-Frakturen dauerten durchschnittlich 144 Minuten, die der C-Frakturen 163 Minuten. Damit dauerten Operationen bei Typ-C-Frakturen signifikant länger.

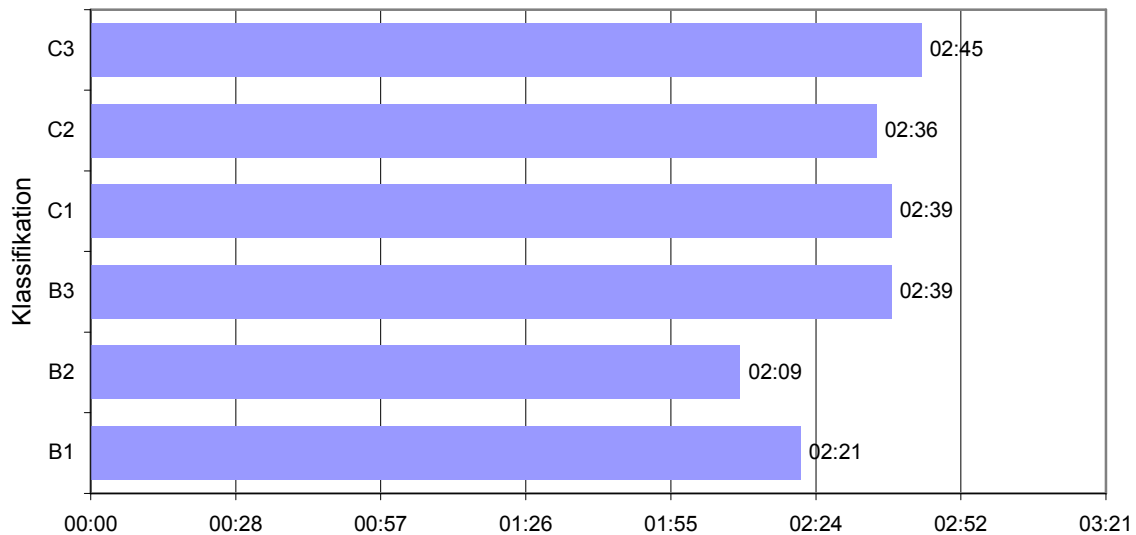


Abb. 3.30 ▲ (n=98) Durchschnittliche Operationsdauer der Tibiagelenflächenosteosynthese in Stunden, getrennt nach Frakturklassifikation

Tab. 3.30 ▼ Durchschnittliche Operationsdauer der Tibiagelenflächenosteosynthese in Stunden, getrennt nach Frakturklassifikation

Klassifikation	OP-Dauer in Stunden
B1	02:21
B2	02:09
B3	02:39
C1	02:39
C2	02:36
C3	02:45

Am kürzesten waren mit einer Dauer von im Mittel 01:32 Stunden die Operationen die mittels Minimalosteosynthese versorgt wurden. Am längsten dauerten die Operationen nach dem Verfahren der Osteosynthese und zusätzlicher Stabilisierung durch einen Fixateur externe (OSTEOSYNTHESE + FE) mit 04:44 Stunden (Abb. Tab. 3.31). Die Operationen der einzeitigen Verfahren dauerten im Durchschnitt 03:13 Stunden, die der zweizeitigen Verfahren mit 03:40 Stunden durchschnittlich 27 Minuten länger, womit die Operationen der zweizeitigen Verfahren signifikant länger dauerten.

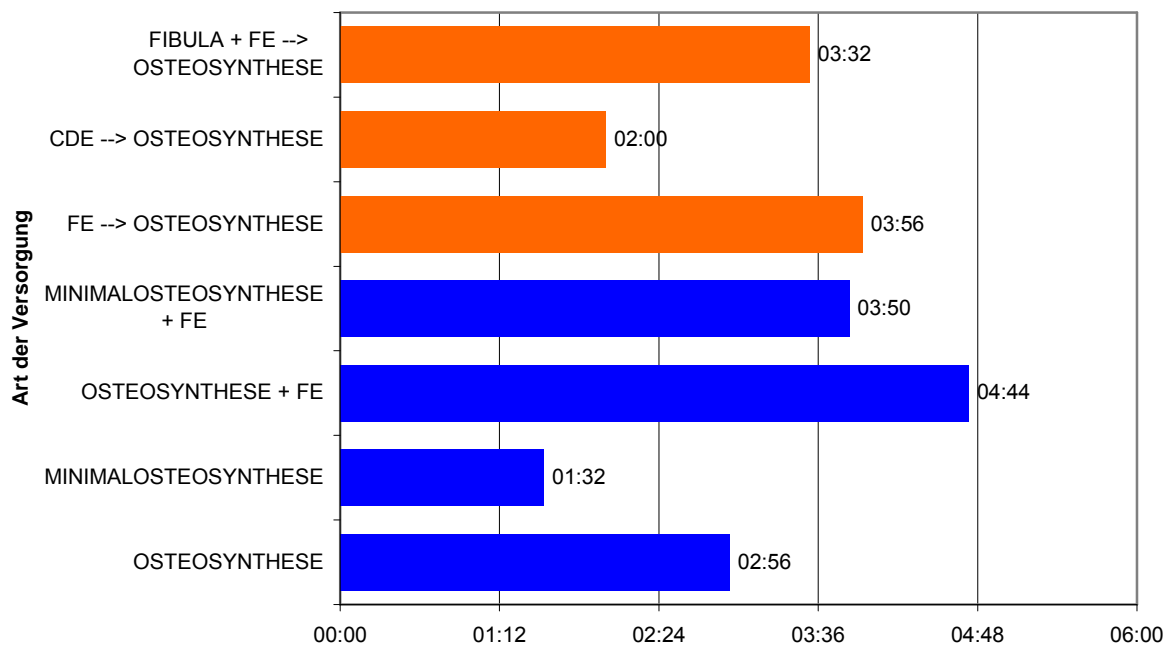


Abb. 3.31 ▲ (n=98) Durchschnittliche Dauer der Tibiagelenflächenosteosynthese in Stunden, getrennt nach Behandlungsstrategie, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

Tab. 3.31 ▼ Durchschnittliche Dauer der Tibiagelenflächenosteosynthese in Stunden, getrennt nach Behandlungsstrategie, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

	n	Osteosynthesedauer
■ OSTEOSYNTHESE	60	02:56 (01:15 – 06:15)
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE	3	01:32 (01:20 – 01:45)
■ OSTEOSYNTHESE + FE	13	04:44 (01:55 – 07:55)
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE + FE	3	03:50 (02:40 – 04:30)
■ FE → OSTEOSYNTHESE	14	03:56 (01:40 – 07:00)
■ CDE → OSTEOSYNTHESE	2	02:00 (01:59 – 02:01)
■ FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE	3	03:32 (02:18 – 05:53)

3.5 Folgeoperationen und Komplikationen

Die Operationshäufigkeit pro Fraktur betrug $3,08 \pm 2,03$ [1-11], bei Typ-B-Frakturen 2,48 und bei Typ-C-Frakturen 3,37. Damit mussten Typ-C-Frakturen signifikant häufiger operiert werden als Typ-B-Frakturen. (Abb. + Tab. 3.32).

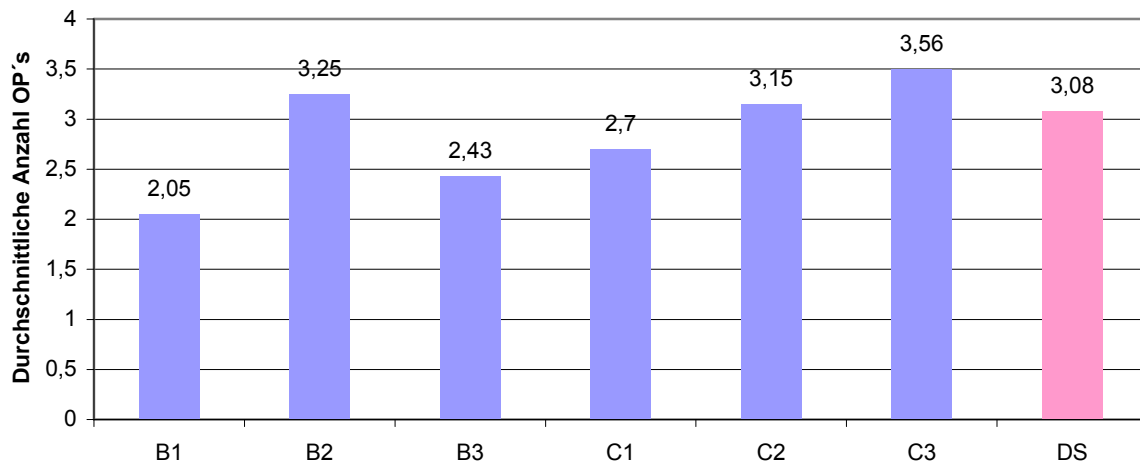


Abb. 3.32 ▲ (n=121) Durchschnittliche Operationshäufigkeit pro Fraktur, getrennt nach Frakturklassifikation, DS = Gesamtdurchschnitt

Tab. 3.32 ▼ Durchschnittliche Operationshäufigkeit pro Fraktur, getrennt nach Frakturklassifikation

Klassifikation	n	Operationshäufigkeit
B1	20	$2,05 \pm 1,19$ [1-5]
B2	12	$3,25 \pm 2,09$ [1-9]
B3	14	$2,43 \pm 1,39$ [1-5]
C1	10	$2,70 \pm 2,26$ [1-8]
C2	13	$3,15 \pm 2,27$ [1-8]
C3	52	$3,56 \pm 2,06$ [1-11]
Durchschnitt		$3,08 \pm 2,03$ [1-11]

Die Anzahl an notwendigen Operationen in Abhängigkeit von der Art der Versorgung variiert von 1 – 5 (Abb. + Tab. 3.33). Frakturen, die nach einem einzeitigen Verfahren behandelt wurden, wurden $2,86 \pm 2,05$ [1-11] mal operiert, Frakturen, die nach einem zweizeitigen Verfahren behandelt wurden $3,92 \pm 1,74$ [2-8] mal. Somit wurden Frakturen mit Anwendung einer zweizeitigen Strategie signifikant häufiger operiert.

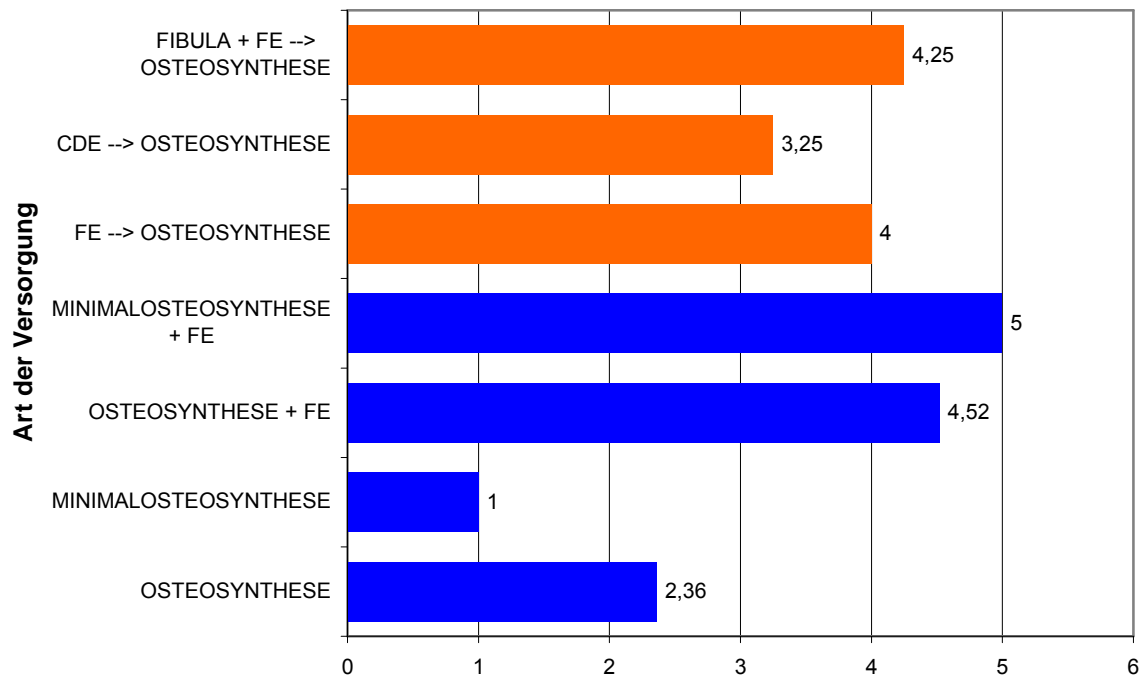


Abb. 3.33 ▲ (n=126) Durchschnittliche Anzahl an Operationen zur Therapie der Pilonfraktur, getrennt nach Behandlungsstrategie, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

Tab. 3.33 ▼ Durchschnittliche Anzahl an Operationen zur Therapie der Pilonfraktur, getrennt nach Behandlungsstrategie, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

Operationsverfahren	n	Operationshäufigkeit
■ OSTEOSYNTHESE	74	$2,36 \pm 1,53$ [1-9]
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE	4	$1 \pm 0,0$ [1]
■ OSTEOSYNTHESE + FE	21	$4,52 \pm 2,75$ [1-11]
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE + FE	3	$5 \pm 1,0$ [4-6]
■ FE --> OSTEOSYNTHESE	16	$4,0 \pm 2,03$ [2-8]
■ CDE --> OSTEOSYNTHESE	4	$3,25 \pm 0,96$ [2-4]
■ FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE	4	$4,25 \pm 0,96$ [3-5]

3.5.1 Ursachen der Folgeoperationen und Komplikationen

3.5.1.1 Wundverschluss

Ein primärer Wundverschluss war bei 60,48% der Frakturen möglich, bei 39,52% der Frakturen nicht möglich (Abb. + Tab. 3.34).

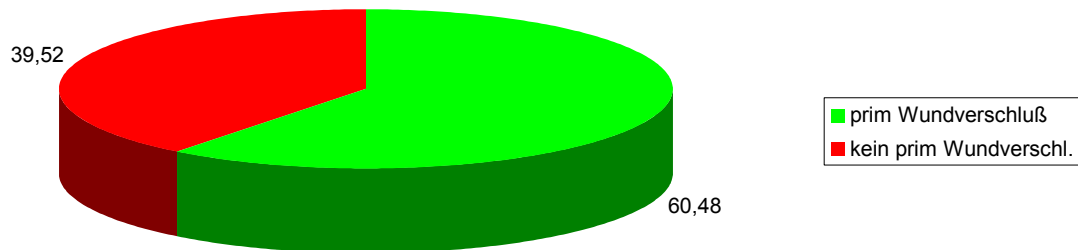


Abb. 3.34 ▲ (n=124) Prozentualer Anteil an Frakturen bei denen ein primärer Wundverschluss bzw. kein primärer Wundverschluss erreicht werden konnte. Prim Wundverschluss = Primärer Wundverschluss möglich, kein prim Wundverschl. = kein primärer Wundverschluss möglich

Tab. 3.34 ▼ Frakturen bei denen ein primärer Wundverschluss bzw. kein primärer Wundverschluss erreicht werden konnte.

	%	absolut
primärer Wundverschluss	60,48	75
kein primärer Wundverschluss	39,52	49

Bei Frakturen, die nicht primär verschlossen werden konnten, folgte bei 44,9% der Frakturen eine Spalthauttransplantation, bei 18,38% der Frakturen eine Sekundärnaht. 12,24% der Frakturen wurden primär mit synthetischem Hautersatzmaterial gedeckt und so zur Ausheilung gebracht. Weitere 8,16% wurden mittels eines Vollhauttransplantates versorgt.

Bei 16,26% der nicht primär verschlossenen Frakturen war mehr als eine Operation notwendig, um einen endgültigen Wundverschluss zu erreichen.

Bei den Frakturen, die nicht primär verschlossen werden konnten, zeigt sich in Abhängigkeit von der Klassifikation ein Anstieg der Häufigkeit von den B1-Frakturen (10%) zu den C3-Frakturen (57,89%); eine Ausnahme bilden die B2-Frakturen, die mit 33,33% nicht primär verschlossenen Frakturen über dem Wert der B3-Frakturen

lagen (Abb. + Tab. 3.35). Bei den Typ-B-Frakturen war ein primärer Wundverschluss in 78% der Fälle möglich, bei den Typ-C-Frakturen bei 49%. Damit war bei den Typ-B-Frakturen signifikant häufiger ein primärer Wundverschluss zu erreichen, als bei den Typ-C-Frakturen.

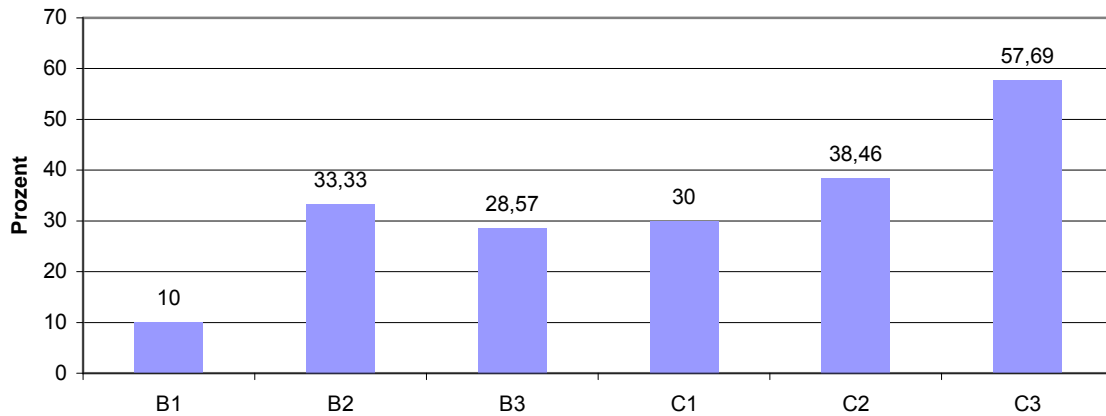


Abb. 3.35 ▲ (n=48) Anteil an Frakturen, bei denen kein primärer Wundverschluss möglich war, getrennt nach Frakturklassifikation

Tab. 3.35 ▼ Frakturen, bei denen kein primärer Wundverschluss möglich war, getrennt nach Frakturklassifikation

	%	absolut
B1	10	2
B2	33,33	4
B3	28,57	4
C1	30	3
C2	38,46	5
C3	57,69	30

Bei Frakturen, die nach einer einzeitigen Behandlungsstrategie versorgt wurden, war ein primärer Wundverschluss in 61,4% der Fälle zu erreichen, bei Frakturen die nach einer zweizeitigen Behandlungsstrategie versorgt wurden, war dies in 56,5% der Fälle möglich. Der Unterschied ist nicht signifikant.

Auf jede primär nicht verschlossene Wunde folgten $1,02 \pm 0,622$ [0-3] Operationen bis zum endgültigen Wundverschluss.

3.5.1.2 Thrombosen, Kompartmentsyndrome, Arthrodesen

Bei einem Patienten kam es zur Ausbildung einer Thrombose. Drohende Kompartmentsyndrome, die operativ gespalten werden mussten traten bei 7,75% aller Frakturen auf. Arthrodesen wurden bei 12,5% aller Frakturen durchgeführt.

3.5.1.3 Infektionen

Infektionen traten mit einer Häufigkeit von 13,39% bei der Versorgung von Pilonfrakturen auf. Es kam zu 8,66% (n=11) Weichteilinfektionen, 3,14% (n=4) Hautinfektionen und 1,57% (n=2) Knocheninfektionen (Abb. + Tab. 3.36).

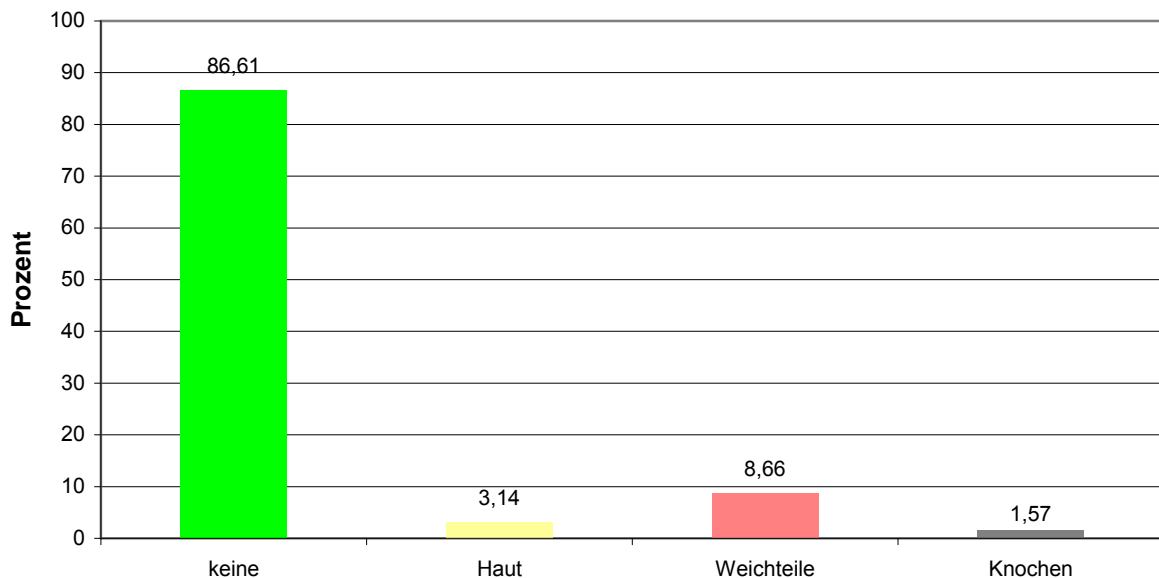


Abb. 3.36 ▲ (n=127) Prozentuale Häufigkeiten von Infektionen. Keine = keine Infektion, Haut = Hautinfektion, Weichteile = Weichteilinfektion, Knochen = Knocheninfektion

Tab. 3.36 ▼ Prozentuale und absolute Häufigkeiten von Infektionen. Keine = keine Infektion, Haut = Hautinfektion, Weichteile = Weichteilinfektion, Knochen = Knocheninfektion

	%	absolut
keine	86,61	110
Haut	3,14	4
Weichteile	8,66	11
Knochen	1,57	2

Alle Infektionen traten bei Patienten auf, deren Fraktur mit C2 oder C3 klassifiziert wurde. Damit waren Infektionen signifikant häufiger bei Typ-C-Verletzungen, als bei Typ-B-Verletzungen.

Bei Patienten mit offenen Frakturen traten Infektionen zu 15,36% auf, bei Patienten mit geschlossenen Frakturen zu 10,47%. Der Unterschied war nicht signifikant. 66,66% aller Infektionen ereignete sich bei mehrfachverletzten oder polytraumatisierten Patienten. Weiter ereigneten sich 65% aller Infektionen bei Patienten die im Behandlungsverlauf mit einem Fixateur externe behandelt wurden.

Bei den Patienten die eine Infektion hatten, lag der durchschnittliche body mass index (BMI) bei 30,44 - bei Patienten die keine operationspflichtige Infektion hatten, bei 26,07. Damit war der BMI bei Patienten mit Infektion signifikant höher, als bei Patienten, bei denen keine Infektion aufgetreten ist. Pro Infektion erfolgten $2,06 \pm 1,29$ [1-5] Operationen zur Sanierung der Infektion.

Die Rate der Infektionen lag bei Frakturen, die mittels primärer Osteosynthese und gleichzeitiger Stabilisierung mit einem Fixateur extern versorgt wurden bei 38,1%. Bei Frakturen, die mittels Minimalosteosynthese und gleichzeitiger Stabilisierung mit einem Fixateur extern versorgt wurden lag die Infektionsrate bei 33,33%.

Bei dem zweizeitigen Vorgehen mit primärer Fibulaosteosynthese und externer Fixation und sekundärer Osteosynthese zeigten sich Infektionen in 25% der Fälle.

Bei dem Verfahren der primären Osteosynthese, sowie dem Verfahren der primären Transfixation und sekundären Osteosynthese lag die Infektionsrate jeweils zwischen 6% und 7%. Bei der Strategie der Minimalosteosynthese, sowie der Strategie der primären Extension und sekundären Osteosynthese gab es jeweils keine Infektionen (Abb. + Tab. 3.37).

Insgesamt gab es bei den mittels eines einzeitigen Verfahrens behandelten Frakturen mehr Infektionen als bei den mittels eines zweizeitigen Verfahrens behandelten Frakturen, der Unterschied war jedoch nicht signifikant.

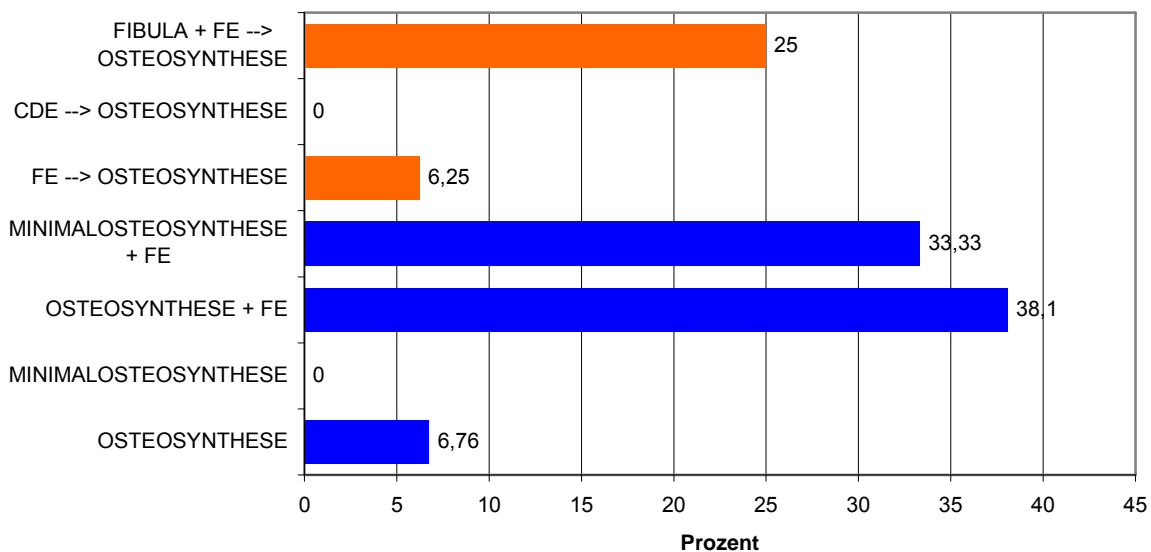


Abb. 3.37 ▲ (n=126) Häufigkeiten von Infektionen in Abhängigkeit von der Behandlungsstrategie, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

Tab. 3.37 ▼ Häufigkeiten von Infektionen in Abhängigkeit von der Behandlungsstrategie, Angaben in Prozent und absoluten Zahlen, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

	%	absolut	Frakturen
■ OSTEOSYNTHESE	6,76	5	74
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE	0	0	4
■ OSTEOSYNTHESE + FE	38,1	8	21
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE + FE	33,33	1	3
■ FE → OSTEOSYNTHESE	6,25	1	16
■ CDE → OSTEOSYNTHESE	0	0	4
■ FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE	25	1	4

3.5.1.4 Reosteosynthesen

Reosteosynthesen waren bei 17,6% der Frakturen notwendig (Abb. + Tab. 3.38).

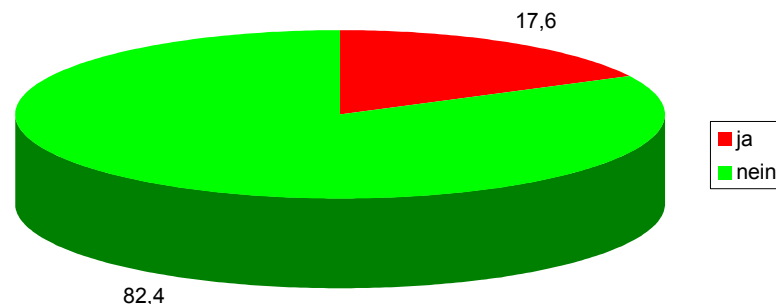


Abb. 3.38 ▲ (n=125) Prozentualer Anteil an Frakturen, die einer Reosteosynthese zugeführt werden mussten, ja = Reosteosynthese notwendig, nein = keine Reosteosynthese notwendig

Tab. 3.38 ▼ Prozentualer und absoluter Anteil an Frakturen, die einer Reosteosynthese zugeführt werden mussten

	%	absolut
Reosteosynthese	17,6	22
Keine Reosteosynthese	82,4	103

40,91% (n=9) der Reosteosynthesen erfolgte aufgrund von Pseudarthrosenbildungen. Bei 9 Frakturen (40,91% der Reosteosynthesen) bestand nach der osteosynthetischen Versorgung eine Frakturinstabilität. Bei 4 Frakturen (18,18% der Reosteosynthesen) zeigte sich nach der Osteosynthese eine nicht anatomische Gelenkstellung, die Grund für eine Reosteosynthese war.

Die Zahl der Reosteosynthesen variierte zwischen den Versorgungsarten (Abb. + Tab 3.39). Bei minimalosteosynthetisch versorgten Frakturen, primär mittels Fixateur externe und sekundär osteosynthetisch versorgten Frakturen, sowie Frakturen die primär mittels Extension und sekundär osteosynthetisch versorgt wurden, waren keine Reosteosynthesen notwendig.

Bei der alleinigen primären Osteosynthese waren bei 21,62% der Frakturen Reosteosynthesen erforderlich, bei Osteosynthesen mit gleichzeitiger Transfixierung waren Reosteosynthesen bei 23,81% der Frakturen erforderlich. Ebenso waren bei Frakturen die eine primäre Fibulaosteosynthese mit gleichzeitiger externer

Stabilisierung und eine sekundäre osteosynthetische Versorgung erhalten haben, bei 25% der Frakturen Reosteosynthesen erforderlich.

Bei der Versorgung mittels Minimalosteosynthese und gleichzeitiger externer Stabilisierung waren bei 66,66% der Frakturen Reosteosynthesen erforderlich.

Reosteosynthesen waren insgesamt signifikant häufiger notwendig bei Frakturen, die mittels eines einzeitigen Verfahrens behandelt wurden, als bei Frakturen, die mittels eines zweizeitigen Verfahrens behandelt wurden.

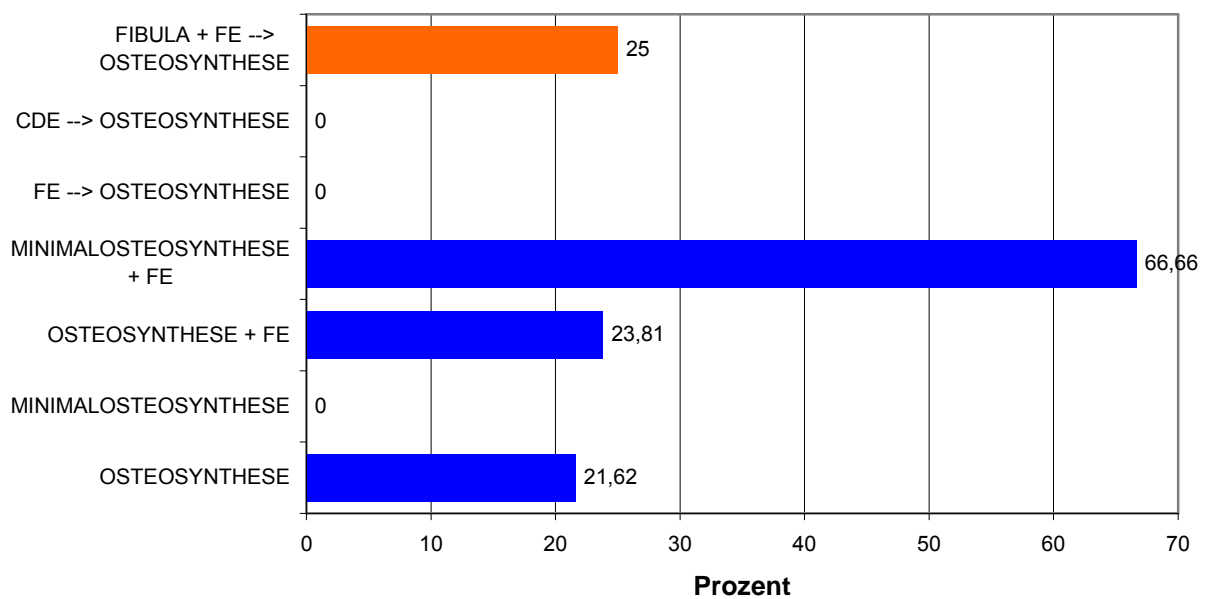


Abb. 3.39 ▲ (n=126) Häufigkeiten von Reosteosynthesen in Abhängigkeit von der Behandlungsstrategie, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

Tab. 3.39 ▼ Häufigkeiten von Reosteosynthesen in Abhängigkeit von der Behandlungsstrategie, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

	%	absolut	Frakturen
■ OSTEOSYNTHESE	21,62	16	74
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE	0	0	4
■ OSTEOSYNTHESE + FE	23,81	5	21
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE + FE	66,66	2	3
■ FE --> OSTEOSYNTHESE	0	0	16
■ CDE --> OSTEOSYNTHESE	0	0	4
■ FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE	25	1	4

Pseudarthrosen kamen nur bei Frakturen vor, die mittels primärer Osteosynthese oder primärer Osteosynthese mit gleichzeitiger externer Stabilisierung versorgt wurden (6,76% bzw. 9,52%). Bei allen anderen Arten der Versorgung kamen keine Pseudarthrosenbildungen vor (Abb. + Tab. 3.40).

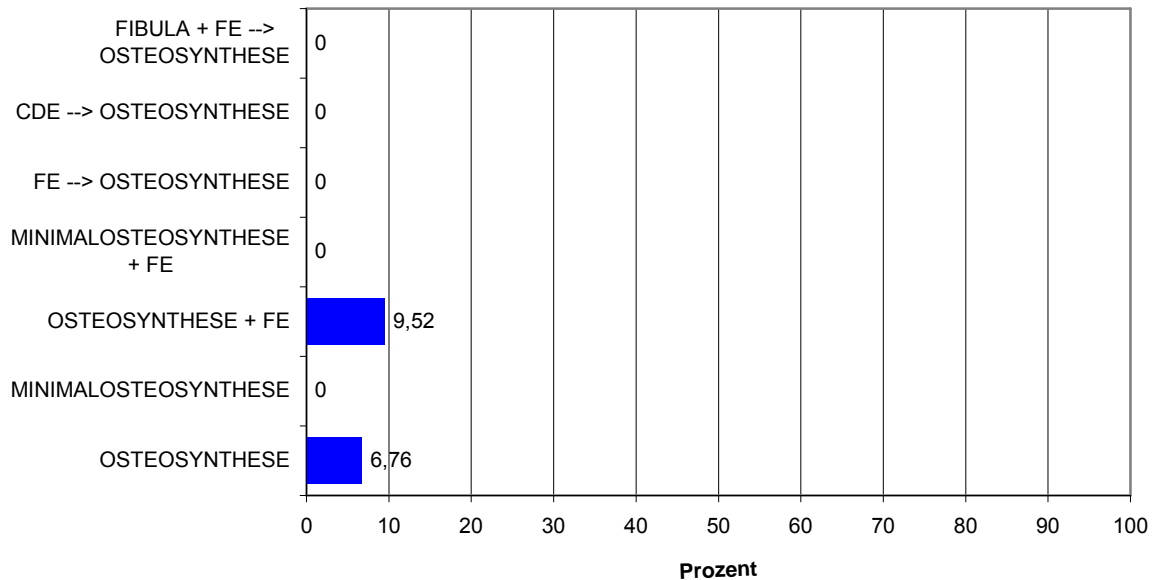


Abb. 3.40 ▲ (n=126) Häufigkeiten einer Pseudarthrosenbildung in Abhängigkeit von der Behandlungsstrategie, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

Tab. 3.40 ▼ Häufigkeit von Pseudarthrosenbildung in Abhängigkeit von der Behandlungsstrategie, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

	%	absolut	Frakturen
■ OSTEOSYNTHESE	6,76	5	74
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE	0	0	4
■ OSTEOSYNTHESE + FE	9,52	2	21
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE + FE	0	0	3
■ FE --> OSTEOSYNTHESE	0	0	16
■ CDE --> OSTEOSYNTHESE	0	0	4
■ FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE	0	0	4

Der Unterschied zwischen den häufiger vorkommenden Pseudarthrosen bei einzeitigen Verfahren gegenüber den zweizeitigen Verfahren war nicht signifikant.

3.5.1.5 (Teil-)Materialentfernung

Bei zwei Dritteln aller Frakturen (62,99%) wurde eine (Teil-)Materialentfernung durchgeführt (Abb. + Tab. 3.41).

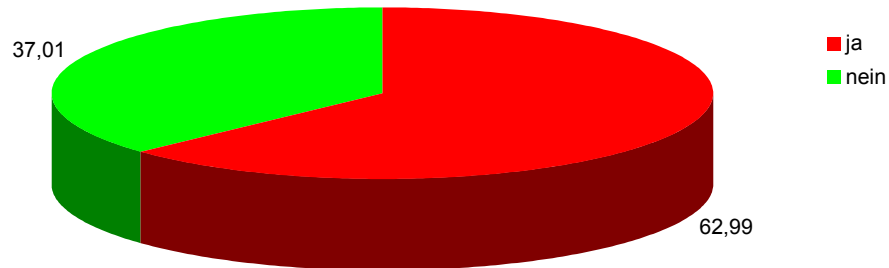


Abb. 3.41 ▲ (n=127) Prozentualer Anteil an Patienten, bei denen eine (Teil-)Materialentfernung durchgeführt wurde, nein = keine (Teil-)Materialentfernung, ja = durchgeführte (Teil-)Materialentfernung

Tab. 3.41 ▼ Prozentualer und absoluter Anteil an Patienten, bei denen eine (Teil-)Materialentfernung durchgeführt wurde

	%	Absolut
(Teil-)Materialentfernung	62,99	80
Keine (Teil-)Materialentfernung	37,01	47

Drei Viertel (72,5%) aller (Teil-)Materialentfernungen erfolgte aufgrund von Beschwerden, die auf die Implantate zurückzuführen waren (Abb. + Tab. 3.42).

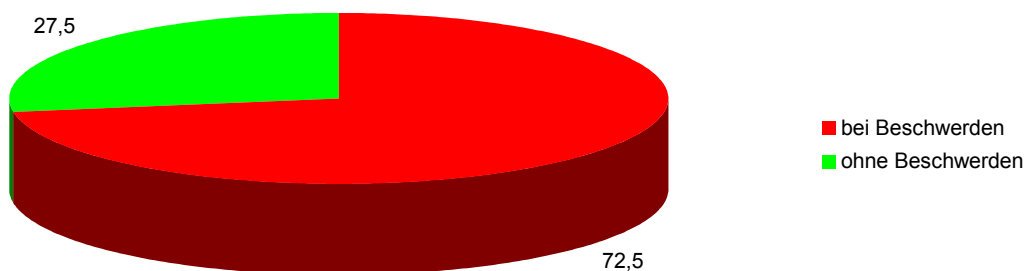


Abb. 3.42 ▲ (n=80) Prozentuale Verteilung der Indikationen bei durchgeführter (Teil-)Materialentfernung, bei Beschwerden = Indikation der Materialentfernung ist auf das Implantat zurückzuführen, ohne Beschwerden = Indikation ist nicht auf Beschwerden durch Implantate zurückzuführen

Tab. 3.42 ▾ Prozentuale und absolute Verteilung der Indikationen bei durchgeführter (Teil-)Materialentfernung, bei Beschwerden = Indikation der Materialentfernung ist auf das Implantat zurückzuführen, ohne Beschwerden = Indikation ist nicht auf Beschwerden durch Implantate zurückzuführen

	%	absolut
bei Beschwerden	72,5	58
ohne Beschwerden	27,5	22

Der häufigste Grund für eine implantatbedingte (Teil-)Materialentfernung war mit 55,17% Schmerz im Bereich des Implantats. Am zweithäufigsten war die Ursache eine Bewegungsumfangseinschränkung, die durch das Implantat bedingt war (25,86%). Eine Infektion war bei 6,9% der erforderlichen Materialentfernungen Ursache, und bei 10,34% war eine Materialwanderung mit (drohender) Perforation Grund der (Teil-)Materialentfernung. Neurologische Symptome im Sinne von ständigen Kribbelparästhesien waren bei 1,72% Grund der Materialentfernung (Abb. + Tab. 3.43).

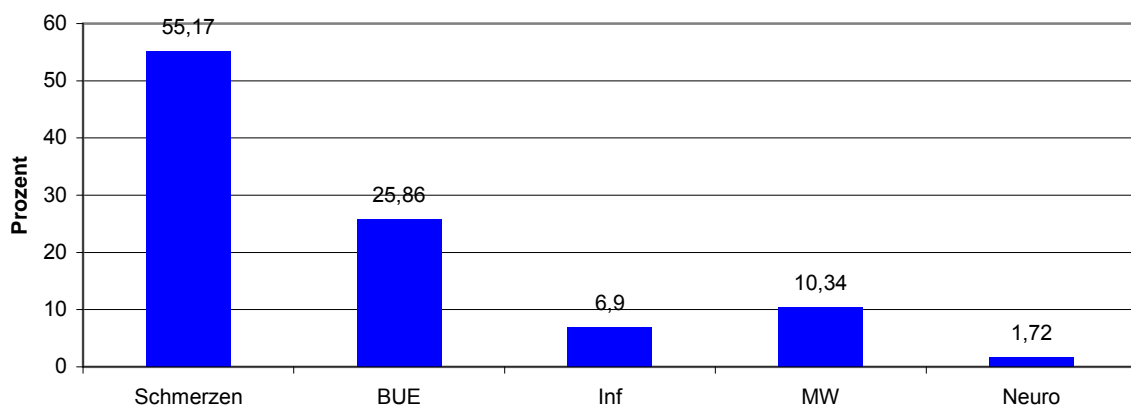


Abb. 3.43 ▲ (n=58) Ursachen für implantatbedingte (Teil-)Materialentfernungen, BUE = Bewegungsumfangseinschränkungen, Inf = Infektion, MW = Materialwanderung mit (drohender) Perforation, Neuro = Nervenirritationen

Tab. 3.43 ▾ Ursachen für implantatbedingte (Teil-) Materialentfernungen

	%	absolut
Schmerzen	55,17	32
Bewegungsumfangseinschränkungen	25,86	15
Infektionen	6,9	4
Materialwanderungen mit (drohender) Perforation	10,34	6
Nervenirritationen	1,72	1

Eine implantatbedingte Materialentfernung war bei allen mittels Minimalosteosynthese und gleichzeitiger externer Stabilisierung versorgten Frakturen erforderlich. Bei den mittels primärer Osteosynthese und gleichzeitiger externer Stabilisierung versorgten Frakturen war eine Materialentfernung bei 52,38% notwendig, bei Frakturen die einer primären Osteosynthese zugeführt wurden, zu 41,89%. Bei den mittels primärer Transfixierung und sekundärer Osteosynthese versorgten Frakturen erfolgte eine Materialentfernung in 37,5% der Fälle. Bei den Behandlungsstrategien der primären Extension mit sekundärer Osteosynthese und primären Fibulaosteosynthese mit gleichzeitiger externer Stabilisierung und sekundärer Osteosynthese war bei jeweils 75% der Fälle eine Materialentfernung erforderlich. Bei den mittels Minimalosteosynthese versorgten Frakturen waren keine (Teil-) Materialentfernungen erforderlich (Abb. + Tab. 3.44).

Hinsichtlich der implantatbedingten (Teil-)Materialentfernungen gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen ein- und zweizeitigen Verfahren.

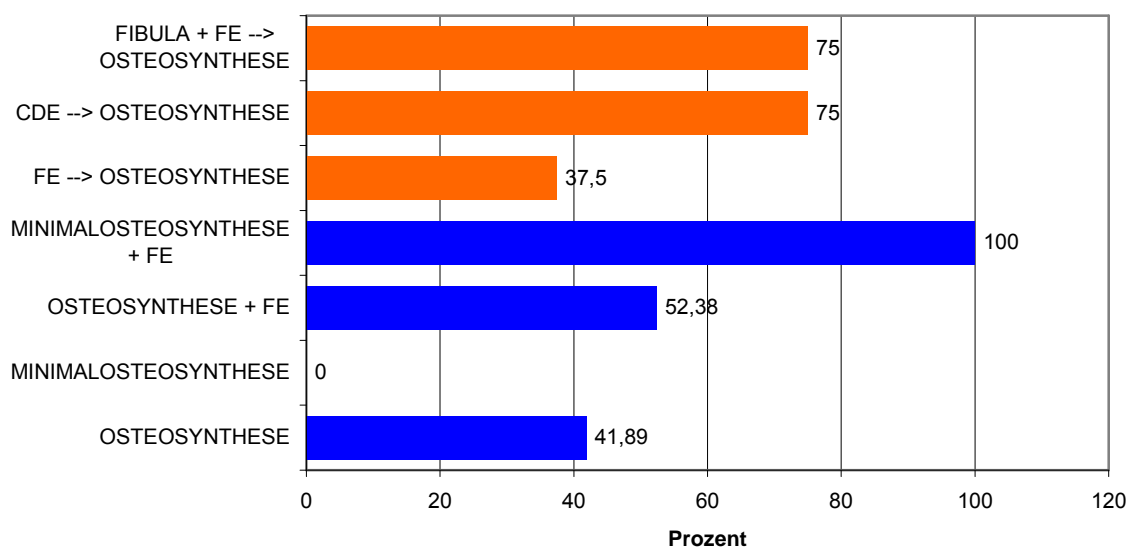


Abb. 3.44 ▲ (n=126) Implantatbedingte Materialentfernungen in Abhängigkeit von der Behandlungsstrategie, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

Tab. 3.44 ▼ Implantatbedingte Materialentfernungen in Abhängigkeit von der Behandlungsstrategie, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

	%	absolut	Frakturen
■ OSTEOSYNTHESE	41,89	31	74
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE	0	0	4
■ OSTEOSYNTHESE + FE	52,38	11	21
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE + FE	100	3	3
■ FE --> OSTEOSYNTHESE	37,5	6	16
■ CDE --> OSTEOSYNTHESE	75	3	4
■ FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE	75	3	4

3.5.1.6 Übersicht der Folgeoperationen / Komplikationen

Im Folgenden werden die Folgeoperationen (Abb. + Tab. 3.45) und Komplikationen (Abb. + Tab. 3.46) in einer Übersicht aufgeschlüsselt, geordnet nach Häufigkeiten.

Folgeoperationen: Schmerzbedingte Materialentfernungen erfolgten bei 24,81% aller Frakturen, Spalthautdeckungen bei nicht möglichem primärem Wundverschluss bei 19,38%. Arthrodesen wurden bei 12,5% der Frakturen durchgeführt, eine (Teil-)Materialentfernung bei implantatbedingten Bewegungsumfangseinschränkungen bei 11,63%. Alle anderen Folgeoperationen erfolgten zu jeweils weniger als 10%.

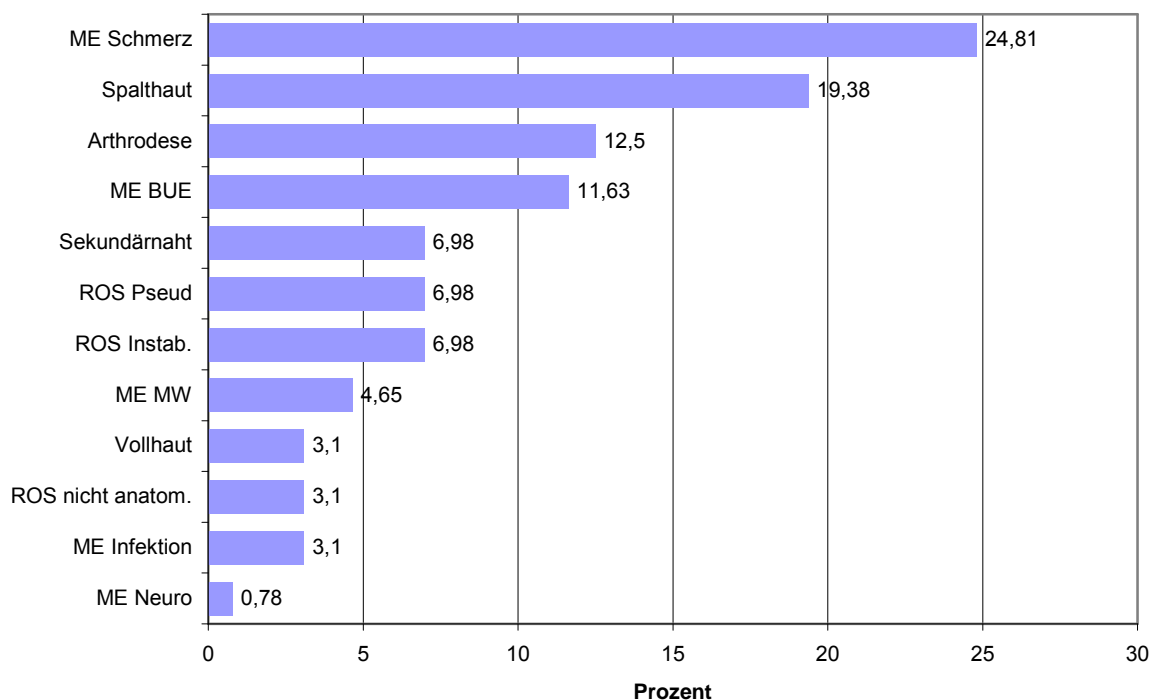


Abb. 3.45 ▲ Häufigkeiten der Folgeoperationen, bezogen auf alle Frakturen, **Arthrodesese** = durchgeführte Arthrodesese, **ME BUE** = Materialentfernung aufgrund implantatbedingter Bewegungsumfangseinschränkungen, **ME Infektion** = Materialentfernung aufgrund einer Infektion, **ME MW** = Materialentfernung bei Materialwanderung mit (drohender) Perforation, **ME Neuro** = implantatbedingte Materialentfernung aufgrund neurologischer Symptome, **ME Schmerz** = Materialentfernung aufgrund implantatbedingter Schmerzen, **ROS Instab.** = Reosteosynthese bei Frakturinstabilität, **ROS nicht anatom.** = Reosteosynthese bei nicht anatomischer Gelenkstellung, **ROS Pseud.** = Reosteosynthese bei Pseudarthrose, **Sekundärnaht** = durchgeführte Sekundärnaht, **Spalthaut** = Spalthauttransplantation, **Vollhaut** = Vollhauttransplantation

Tab. 3.45 ▼ Folgeoperationen, bezogen auf alle Frakturen (Legende siehe Abb. 3.45)

Folgeoperation	%	Folgeoperation	%
ME Neuro	0,78	ROS Pseud	6,98
ME Infektion	3,1	Sekundärnaht	6,98
ROS nicht anatom.	3,1	ME BUE	11,63
Vollhaut	3,1	Arthrodesese	12,5
ME MW	4,65	Spalthaut	19,38
ROS Instab.	6,98	ME Schmerz	24,81

Komplikationen: Weichteilinfektionen traten bei 8,66% der Frakturen auf, und (drohende) Kompartmentsyndrome, die operativ gespalten werden mussten, bei 7,75% der Patienten. Haut- und Knocheninfektionen, sowie Thrombosen traten bei jeweils weniger als 4% der Frakturen auf.

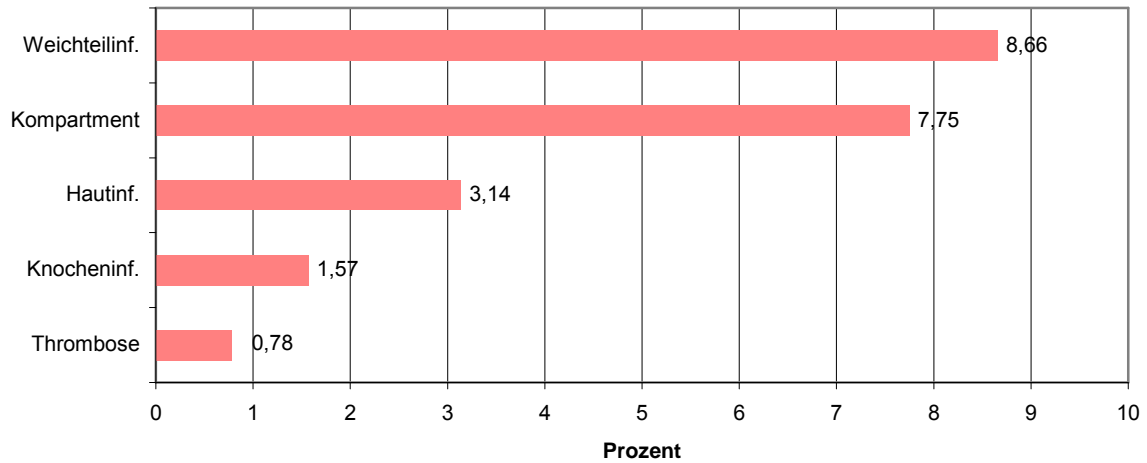


Abb. 3.46 ▲ Häufigkeiten der aufgetretenen Komplikationen, bezogen auf alle Frakturen, **Hautinf.** = Hautinfektion, **Knocheninf.** = Knocheninfektion, **Kompartment** = (drohendes) Kompartmentsyndrom, **Weichteilinf.** = Weichteilinfektion

Tab. 3.46 ▼ Häufigkeiten der aufgetretenen Komplikationen, bezogen auf alle Frakturen

Komplikation	%
Thrombose	0,78
Knocheninfektion	1,57
Hautinfektion	3,14
Kompartment	7,75
Weichteilinfektion	8,66

In Abhängigkeit von der Frakturklassifikation differieren die Komplikations- und Folgeoperationshäufigkeiten (Abb. + Tab. 3.47).

Bei den B-Frakturen waren (Teil-)Materialentfernungen der häufigste Grund für eine Folgeoperation, bei den C-Frakturen ein nicht erreichter primärer Wundverschluss. Bei den B-Frakturen waren Kompartmentsyndrome die häufigste Komplikation, bei den C-Frakturen Infektionen.

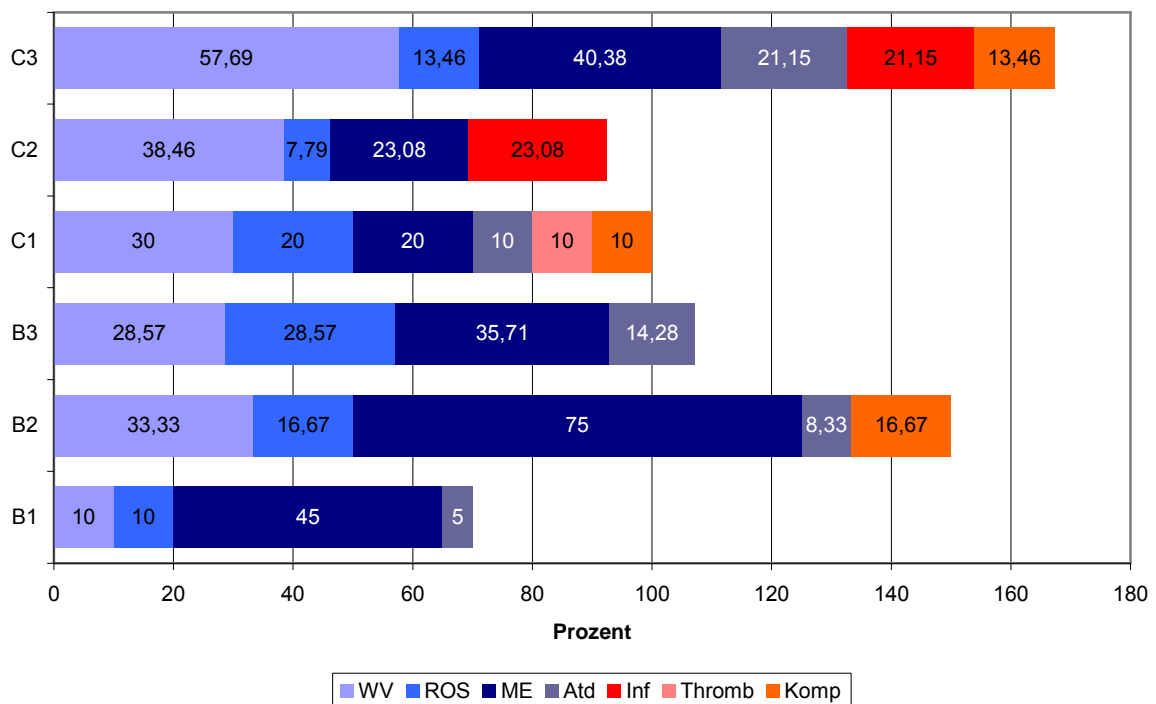


Abb. 3.47 ▲ Komplikations- und Folgeoperationshäufigkeiten, getrennt nach Frakturklassifikation, Folgeoperationen (Blautöne): **Atd** = Arthrodese, **ME** = (Teil-)Materialentfernung, **WV** = Folgeoperation bei nicht erreichtem primärem Wundverschluss, **ROS** = Reosteosynthese, Komplikationen (Rottöne): **Inf** = Infektion, **Thromb** = Thrombose, **Komp** = (drohendes) Kompartmentsyndrom

Tab. 3.47 ▼ Komplikations- und Folgeoperationshäufigkeiten, getrennt nach Frakturklassifikation, (Legende siehe Abb. 3.47)

	WV		ROS		ME		Atd.		Inf		Throm		Komp	
	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	Absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut
B1	10	2	10	2	45	9	5	1	0	0	0	0	0	0
B2	33,33	4	16,67	2	75	8	8,33	1	0	0	0	0	16,67	2
B3	28,57	4	28,57	4	35,71	5	14,28	2	0	0	0	0	0	0
C1	30	3	20	2	20	2	10	1	0	0	10	1	10	1
C2	38,46	5	7,79	1	23,08	3	0	0	23,08	3	0	0	0	0
C3	57,69	30	13,46	7	40,38	21	21,15	11	21,15	11	0	0	13,46	7

Aus der Summe der Folgeoperationen und Komplikationen ergibt sich pro Fraktur in jeder Frakturgruppe ein Wert zwischen 0,69 und 1,33 Folgeoperationen und 0 und 0,35 Komplikationen (Abb. + Tab. 3.48). Als Folgeoperationen bzw. Komplikationen gelten hier die unter Abb. 3.47 aufgeführten Komplikationen/Folgeoperationen. Es zeigten sich signifikant mehr Folgeoperationen und signifikant mehr Komplikationen bei den Typ-C-Frakturen, als bei den Typ-B-Frakturen.

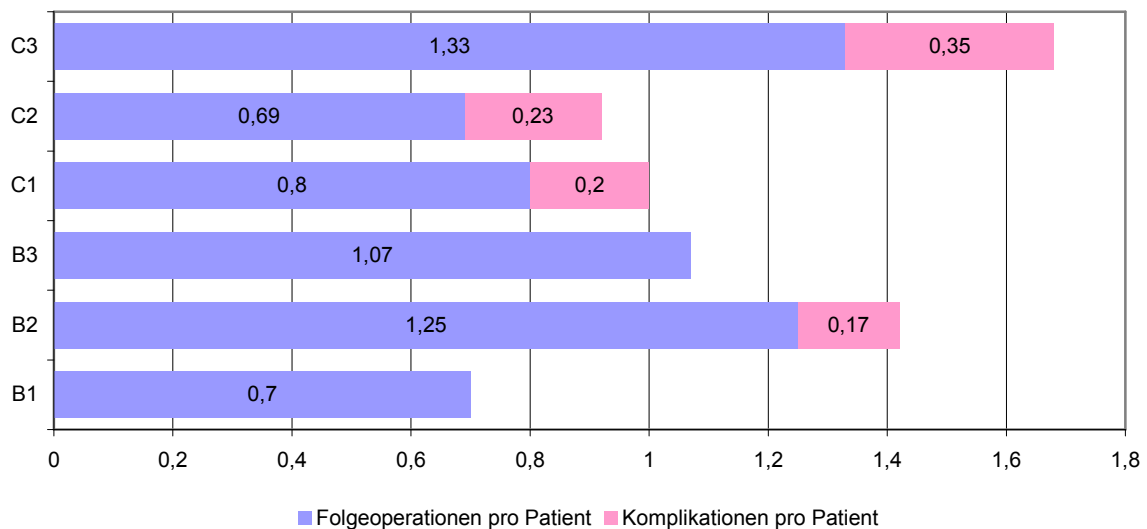


Abb. 3.48 ▲ Folgeoperations- und Komplikationshäufigkeiten pro Patient, getrennt nach Frakturklassifikation, Angaben in absoluten Zahlen

Tab. 3.48 ▼ Folgeoperations- und Komplikationshäufigkeiten pro Patient, getrennt nach Frakturklassifikation, Angaben in absoluten Zahlen

	Folgeoperationen	Komplikationen	Folgeoperationen pro Patient	Komplikationen pro Patient
B1	14	0	0,70	0
B2	15	2	1,25	0,17
B3	15	0	1,07	0
C1	8	2	0,8	0,2
C2	9	3	0,69	0,23
C3	69	18	1,33	0,35

Je nach Behandlungsstrategie ergibt sich pro Fraktur ein Wert zwischen 0 und 2,3 Folgeoperationen bzw. 0 und 0,7 Komplikationen (Abb. + Tab. 3.49). Als Folgeoperationen bzw. Komplikationen gelten hier ebenfalls die unter Abb. 3.47 aufgeführten Komplikationen/Folgeoperationen. Zwischen den einzeitigen und zweizeitigen Behandlungsstrategien zeigten sich hinsichtlich der Folgeoperations- und Komplikationsraten keine signifikanten Unterschiede.

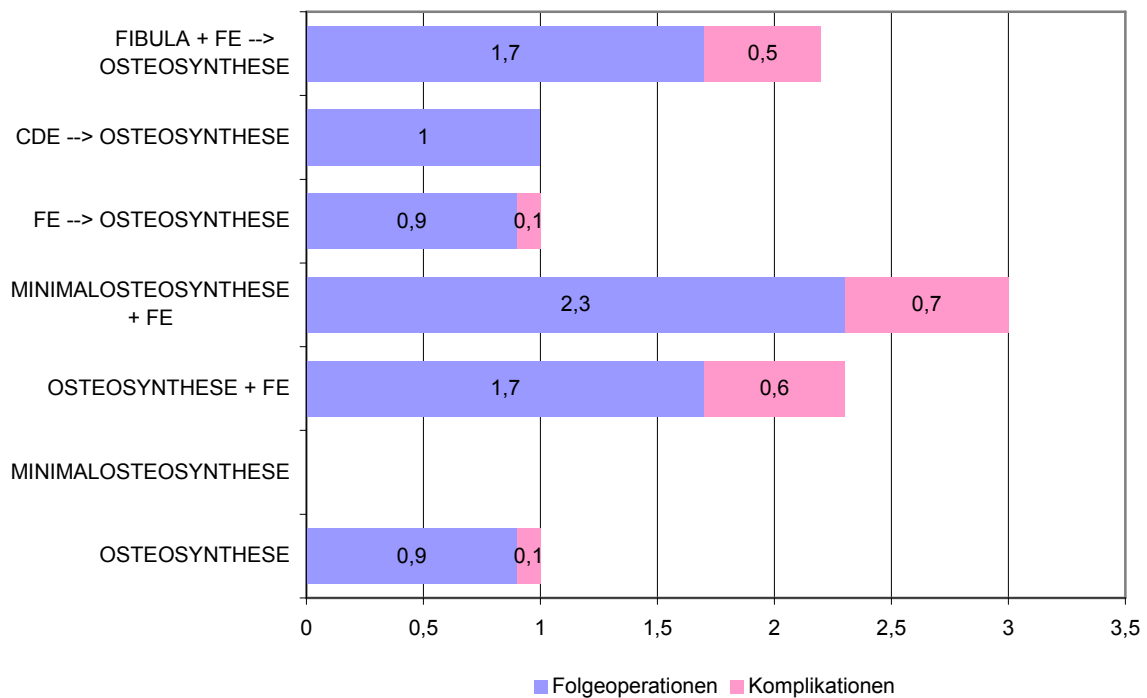


Abb. 3.49 ▲ Folgeoperations- und Komplikationshäufigkeiten pro Patient, getrennt nach Behandlungsstrategie, Angaben in absoluten Zahlen

Tab. 3.49 ▼ Folgeoperations- und Komplikationshäufigkeiten pro Patient, getrennt nach Behandlungsstrategie, Angaben in absoluten Zahlen

	Folgeoperationen	Komplikationen
OSTEOSYNTHESE	0,9	0,1
MINIMALOSTEOSYNTHESE	0	0
OSTEOSYNTHESE + FE	1,7	0,6
MINIMALOSTEOSYNTHESE + FE	2,3	0,7
FE → OSTEOSYNTHESE	0,9	0,1
CDE → OSTEOSYNTHESE	1	0
FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE	1,7	0,5

Die Zahl der Patienten innerhalb jeder Frakturgruppe mit Folgeoperationen/Komplikationen, unabhängig von der Anzahl, variiert zwischen 50% und 100% (Abb. + Tab. 3.50). Als Folgeoperation/Komplikation gewertet wurden hier die unter Abb. 3.47 aufgeführten Folgeoperationen/Komplikationen. Zwischen den Typ-B-Verletzungen und den Typ-C-Verletzungen besteht in dieser Hinsicht kein signifikanter Unterschied.

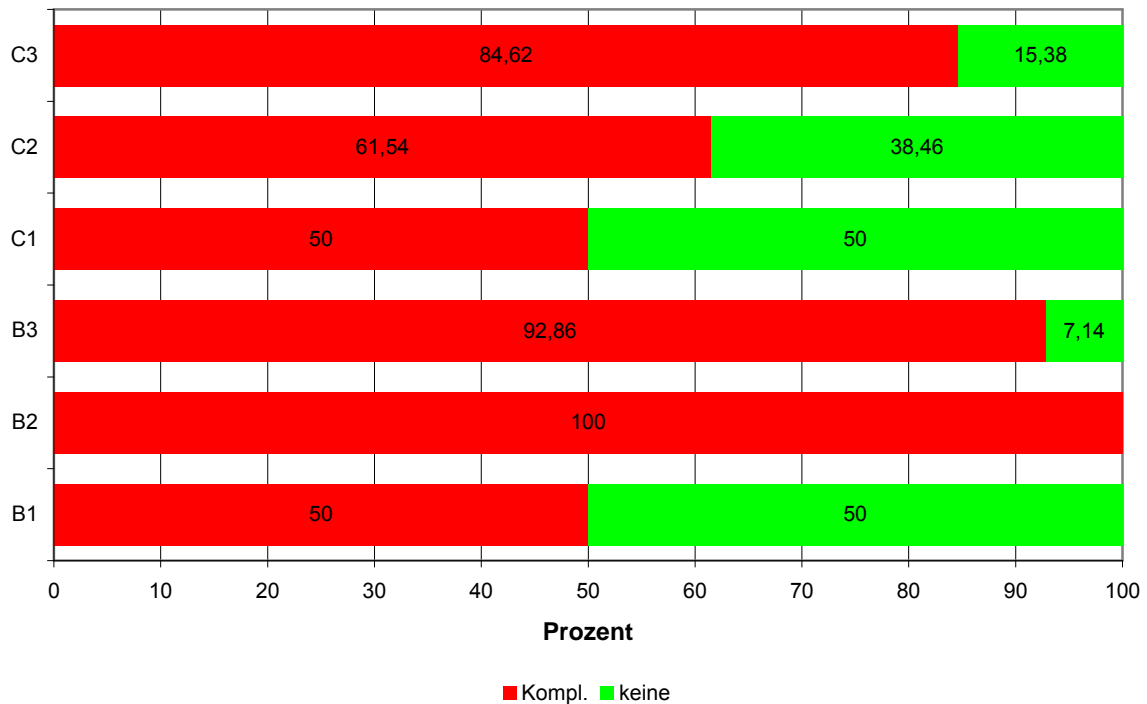


Abb. 3.50 ▲ (n=121) Patienten mit und ohne Folgeoperationen/Komplikationen, getrennt nach Frakturklassifikation, Kompl. = mindestens eine Folgeoperation/Komplikation, keine = keine Folgeoperation/Komplikation

Tab. 3.50 ▼ Patienten mit und ohne Folgeoperationen/Komplikationen, getrennt nach Frakturklassifikation

	Folgeoperation/Komplikation		keine Folgeoperation/Komplikationen	
	%	absolut	%	absolut
B1	50	10	50	10
B2	100	12	0	0
B3	92,86	13	7,14	1
C1	50	5	50	5
C2	61,54	8	38,46	5
C3	84,62	44	15,38	8

Die Zahl der Patienten mit Folgeoperationen/Komplikationen, unabhängig von der Anzahl, variiert zwischen je nach Behandlungsstrategie zwischen 0% und 100% (Abb. + Tab. 3.51). Als Folgeoperation/Komplikation gewertet wurden auch hier die unter Abb. 3.47 aufgeführten Folgeoperationen/Komplikationen. Zwischen den einzeitigen und zweizeitigen Behandlungsstrategien zeigten sich in dieser Hinsicht keine signifikanten Unterschiede.

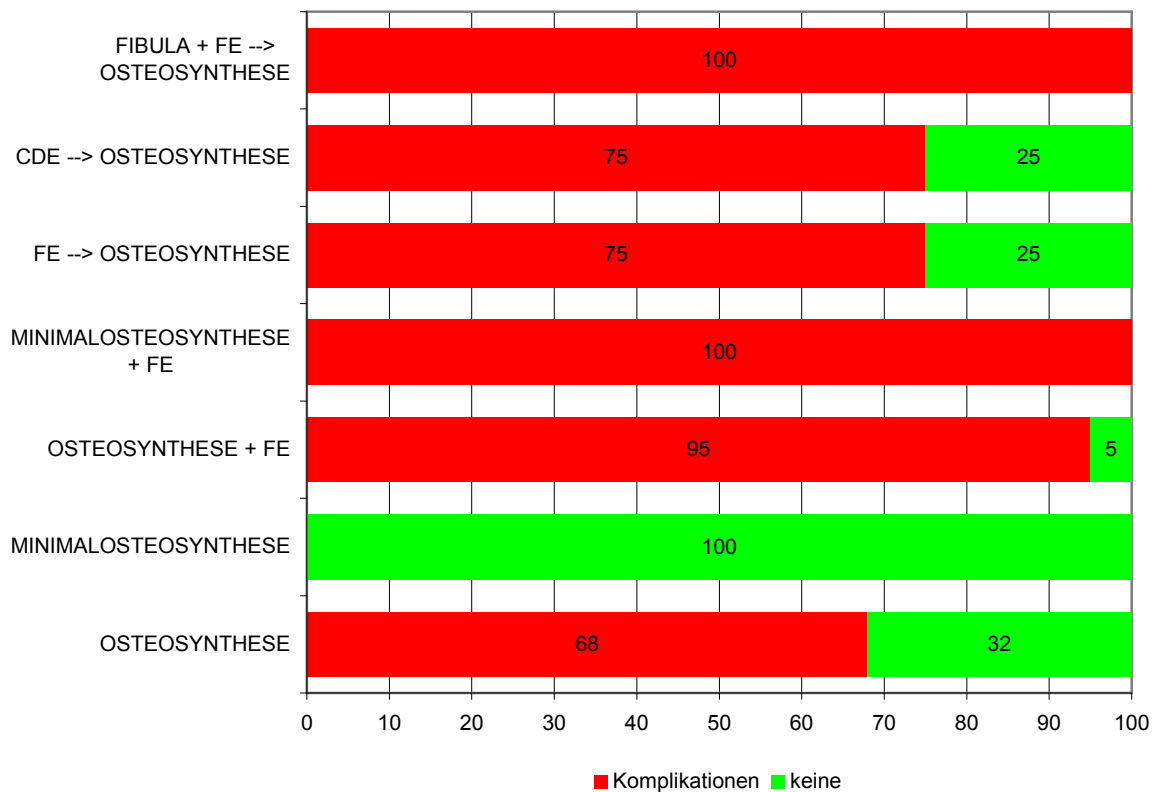


Abb. 3.51 ▲ (n=121) Patienten mit und ohne Folgeoperationen/Komplikationen, getrennt nach Behandlungsstrategie, Komplikation = mindestens eine Folgeoperation/Komplikation, keine = keine Folgeoperation/Komplikation

Tab. 3.51 ▼ Patienten mit und ohne Folgeoperationen/Komplikationen, getrennt nach Behandlungsstrategie, Komplikation = mindestens eine Folgeoperation/Komplikation, keine = keine Folgeoperation/Komplikation

	Komplikationen (%)	Keine (%)
OSTEOSYNTHESE	68	32
MINIMALOSTEOSYNTHESE	0	100
OSTEOSYNTHESE + FE	95	5
MINIMALOSTEOSYNTHESE + FE	100	0
FE → OSTEOSYNTHESE	75	25
CDE → OSTEOSYNTHESE	75	25
FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE	100	0

3.6 Nachuntersuchung

Einen Fragebogen zur Beurteilung der Behandlungsergebnisse füllten 64 Personen aus (51,2%). 61 Patienten füllten keinen Fragebogen aus. Die Gründe hierfür waren vielfältig. Die Adressen oder Telefonnummern der Patienten waren nicht ermittelbar (27 Patienten), die Patienten waren zum Zeitpunkt der Datenerfassung bereits verstorben (8 Patienten), die Patienten waren aus psychischen oder physischen Gründen nicht in der Lage die ihnen gestellten Aufgaben zu erfüllen (3 Patienten), die Patienten waren nicht willens die Fragen zu beantworten (23 Patienten). Die Patienten, die die Fragen nicht beantworten wollten, haben dies bereits im Vorfeld bekannt gegeben und daraufhin gar keinen Fragebogen erhalten (4 Patienten), oder haben den ihnen zugeschickten Fragebogen nicht zurückgeschickt (19 Patienten).

Darüber hinaus konnten nicht alle Patienten die einen Fragebogen ausgefüllt hatten zu einem Nachuntersuchungstermin erscheinen. Die Gründe hierfür waren ebenfalls variabel. Die Patienten sind verzogen und der neue Wohnort war zu weit entfernt und damit der Aufwand für einen Nachuntersuchungstermin zu hoch, was im Ermessen des Betroffenen lag (17 Patienten), die Patienten sind aufgrund der physischen oder psychischen Verfassung nicht in der Lage gewesen einen Nachuntersuchungstermin wahrzunehmen (5 Patienten), die Patienten waren nicht Willens, eine weitere Untersuchung über sich ergehen zu lassen (6). Insgesamt konnten 36 Patienten nachuntersucht werden (29%).

Der Zeitpunkt der Nachuntersuchung lag bei 2254 ± 1004 [374-4233] Tagen, was 6,18 Jahren entspricht.

3.6.1 Gesamtzufriedenheit

28,57% der Befragten urteilten bezüglich der Gesamtzufriedenheit sehr zufrieden zu sein und 46,03% zufrieden zu sein. 25,4% urteilten mäßig zufrieden, unzufrieden oder sehr unzufrieden zu sein (Abb. + Tab. 3.52).

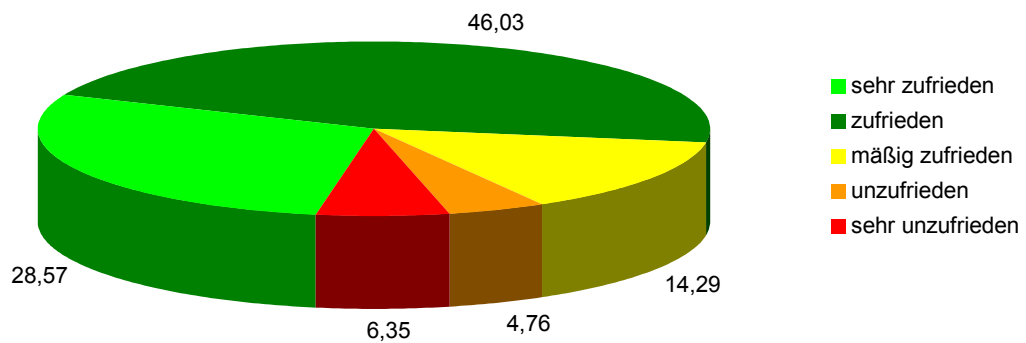


Abb. 3.52 ▲ (n=63) Subjektives Empfinden der Patienten bezüglich der Gesamtzufriedenheit, Angaben in Prozent

Tab. 3.52 ▼ Subjektives Empfinden der Patienten bezüglich der Gesamtzufriedenheit

	%	Absolut
sehr zufrieden	28,57	18
zufrieden	46,03	29
mäßig zufrieden	14,29	9
unzufrieden	4,76	3
sehr unzufrieden	6,35	4

Nach dem Score nach Olerud und Molander (Olerud und Molander 1984) erreichte die Hälfte (46,88%) der nach diesem Score untersuchten Patienten (n=64) mit $58,91 \pm 24,57$ [5-100] Punkten ein „mäßiges“ Gesamtergebnis (31-60 von 100 Punkten). 12,5% erreichten ein „sehr gutes“ Ergebnis (91-100 von 100 Punkten), 26,55% ein „gutes“ Ergebnis (61-90 von 100 Punkten) und 14,06% ein „schlechtes“ Ergebnis (0-30 von 100 Punkten). (Abb. + Tab. 3.53).

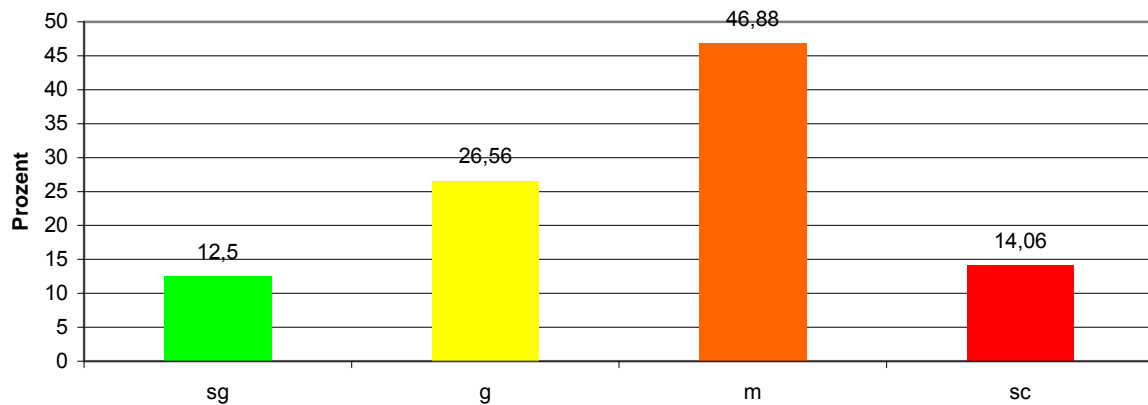


Abb. 3.53 ▲ (n=64) Nachuntersuchungsergebnisse nach dem Score von Olerud und Molander (1984) hinsichtlich des Gesamtergebnisses. sg = sehr gut, g = gut, m = mäßig, sc = schlecht

Tab. 3.53 ▼ Nachuntersuchungsergebnisse nach dem Score von Olerud und Molander (1984) hinsichtlich des Gesamtergebnisses

	% absolut	
sehr gut	12,5	8
Gut	26,56	17
Mäßig	46,88	30
schlecht	14,06	9

Die Ergebnisse der Auswertung bezüglich des Gesamtergebnisses nach dem Score nach Olerud und Molander (1984) unterscheiden sich zwischen den einzelnen Gruppen der Frakturklassifikation (Abb. + Tab. 3.54). B-Frakturen erreichten durchschnittlich 66 Punkte, und damit ein „gutes“ Ergebnis. C-Frakturen erreichten durchschnittlich 57 Punkte, und damit ein „mäßiges“ Ergebnis. Der Unterschied war nicht signifikant.

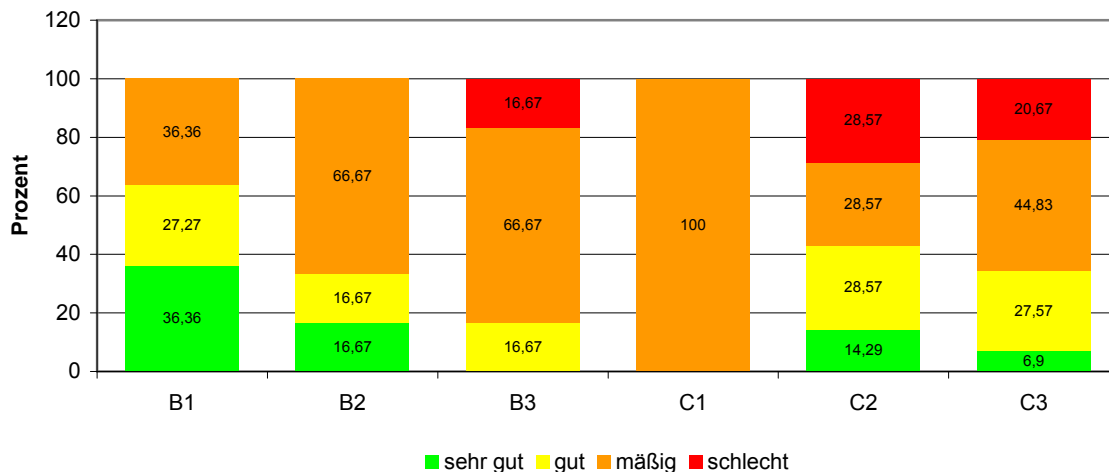


Abb. 3.54 ▲ (n=61) Gesamtergebnis nach dem Score von Olerud und Molander (1984), getrennt nach Frakturklassifikation

Tab. 3.54 ▼ Gesamtergebnis nach dem Score von Olerud und Molander (1984), getrennt nach Frakturklassifikation

	sehr gut		gut		Mäßig		schlecht	
	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut
B1	36,36	4	27,27	3	36,36	4	0	0
B2	16,67	1	16,67	1	66,67	4	0	0
B3	0	0	16,67	1	66,67	4	16,67	1
C1	0	0	0	0	100	2	0	0
C2	14,29	1	28,57	2	28,57	2	28,57	2
C3	6,9	2	27,57	8	44,83	13	20,67	6

14,29% der Befragten fühlten sich in ihrer Lebensqualität seit dem Unfall nicht eingeschränkt, 15,87% kaum eingeschränkt, 39,68% eingeschränkt und 30,16% stark eingeschränkt. Insgesamt 69,84% eingeschränkt oder stark eingeschränkt (Abb. + Tab. 3.55).

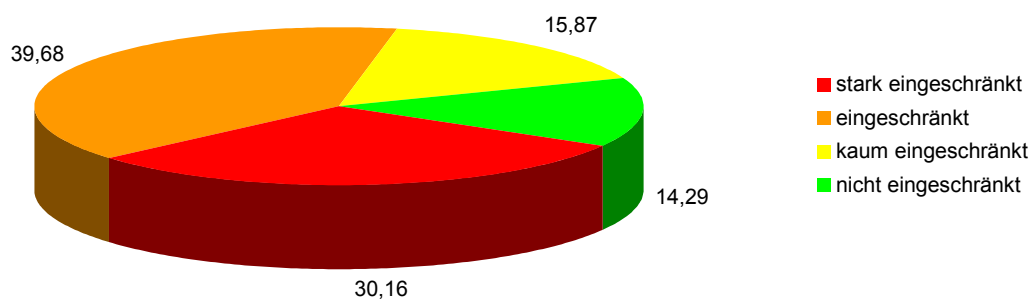


Abb. 3.55 ▲ (n=63) Subjektives Empfinden der Patienten bezüglich der Einschränkung der Lebensqualität durch die Verletzung, Angaben in Prozent

Tab. 3.55 ▼ Subjektives Empfinden der Patienten bezüglich der Einschränkung der Lebensqualität durch die Verletzung

	%	Absolut
stark eingeschränkt	30,16	19
eingeschränkt	39,68	25
kaum eingeschränkt	15,87	10
nicht eingeschränkt	14,29	9

3.6.2 Schmerzen

Hinsichtlich der Gesamtzufriedenheit bezüglich der Schmerzen (Abb. + Tab. 3.56) zeigte sich nach dem Weber-Score (Weber 1972) bei 10,93% der Patienten ein „sehr gutes“ Ergebnis (=keine Schmerzen). Bei 59,38% der Patienten ein „gutes“ Ergebnis (=wenig oder leichte Schmerzen) und bei 29,59% ein „schlechtes“ Ergebnis (=starke Schmerzen).

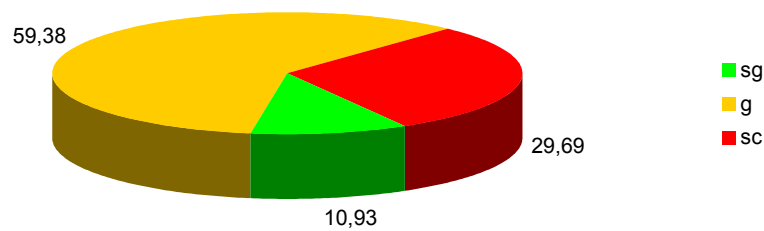


Abb. 3.56 ▲ (n=64) Schmerzsituation nach dem Weber-Score (Weber 1972), Angaben in Prozent, sg = sehr gut (keine Schmerzen), g = gut (wenig oder leichte Schmerzen), sc = schlecht (starke Schmerzen)

Tab. 3.56 ▼ Schmerzsituation nach dem Weber-Score (Weber 1972), sehr gut = keine Schmerzen, gut = wenig oder leichte Schmerzen, schlecht = starke Schmerzen

	%	absolut
sehr gut	10,93	7
gut	59,38	38
schlecht	29,69	19

Aufgeschlüsselt nach Frakturklassifikation zeigt sich ein Anstieg der schlechten Ergebnisse von Frakturtyp B1 nach C2. Bei Patienten mit C3-Frakturen zeigten sich wieder weniger schlechte Ergebnisse (Abb. + Tab. 3.57). Insgesamt gab es bei den Typ-C-Verletzungen nicht signifikant mehr „schlechte“ Ergebnisse, als bei den Typ-B-Frakturen.

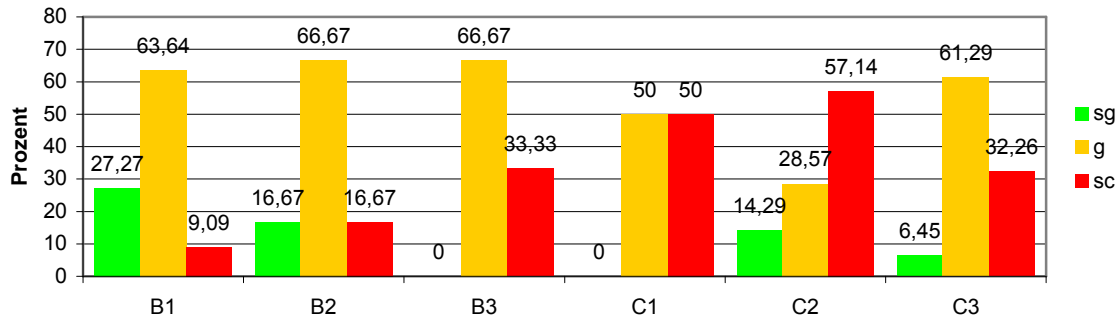


Abb. 3.57 ▲ (n=63) Schmerzsituation nach dem Weber-Score (Weber 1972), getrennt nach Frakturklassifikation, sg = keine Schmerzen, g = wenig oder leichte Schmerzen, sc = starke Schmerzen

Tab. 3.57 ▼ Schmerzsituation nach dem Weber-Score (Weber 1972), getrennt nach Frakturklassifikation, sehr gut = keine Schmerzen, gut = wenig oder leichte Schmerzen, schlecht = starke Schmerzen

	sehr gut		gut		schlecht	
	%	absolut	%	absolut	%	absolut
B1	27,27	3	63,64	7	9,09	1
B2	16,67	1	66,67	4	16,67	1
B3	0	0	66,67	4	33,33	2
C1	0	0	50	1	50	1
C2	14,29	1	28,57	2	57,14	4
C3	6,45	2	61,29	19	32,26	10

Nach der Ankle-Hindfoot-Scale (Kitaoka et al. 1994) liegt der Anteil der mit „keine Schmerzen“ beurteilten Patienten bei 14,06%, der Anteil mit „starke Schmerzen“ bei 10,94%. Der zwischen diesen Punkten liegende Anteil verteilt sich gleichmäßig auf „wenig Schmerzen“ (35,94%) und „moderate Schmerzen“ (39,06%). (Abb. + Tab. 3.58).

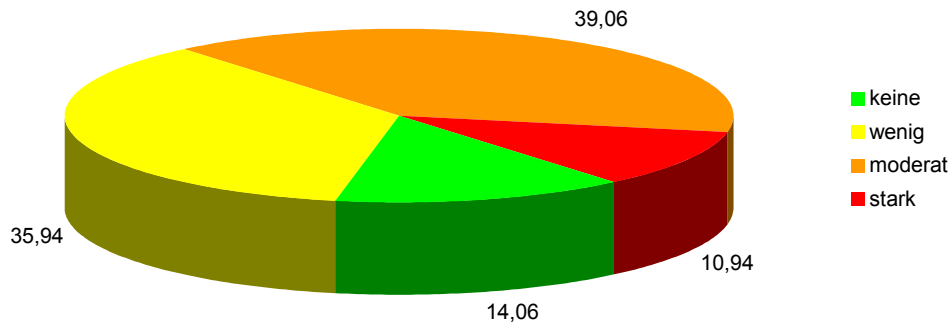


Abb. 3.58 ▲ (n=64) Schmerzsituation nach der Ankle-Hindfoot-Scale (Kitaoka et al. 1994), Angaben in Prozent, keine = keine Schmerzen, wenig = wenig Schmerzen, moderat = moderate Schmerzen, stark = starke Schmerzen

Tab. 3.58 ▼ Schmerzsituation nach der Ankle-Hindfoot-Scale (Kitaoka et al. 1994)

	%	absolut
Keine Schmerzen	14,06	9
Wenig Schmerzen	35,94	23
Moderate Schmerzen	39,06	25
Starke Schmerzen	10,94	7

Unterteilt nach Frakturklassifikation zeigt sich auch hier eine Zunahme der schlechteren Ergebnisse von B1 nach C2, sowie ein Absinken der schlechten Ergebnisse in der Gruppe C3 (Abb. + Tab. 3.59). Der Anteil an Patienten mit keinen oder wenig Schmerzen war bei den Typ-B-Frakturen größer, als bei den Typ-C-Frakturen, der Unterschied aber nicht signifikant.

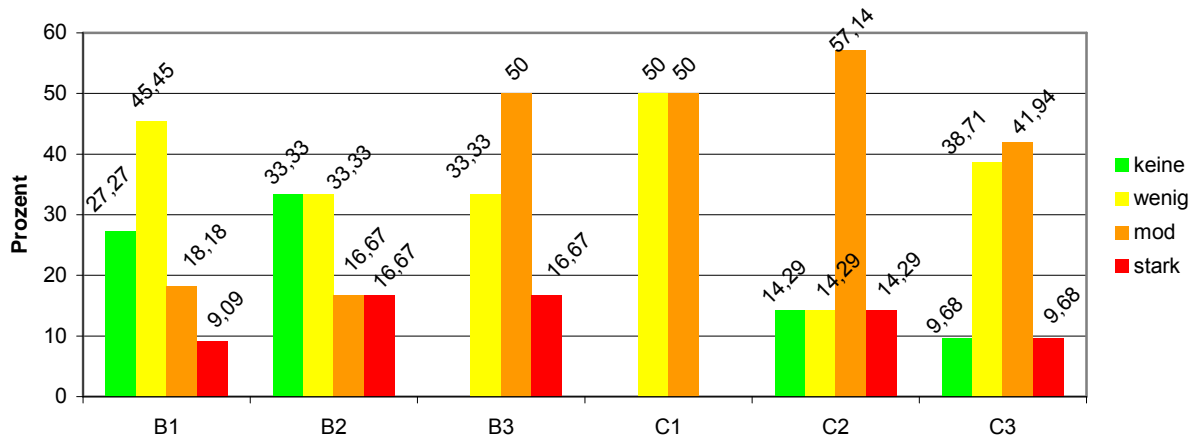


Abb. 3.59 ▲ (n=63) Schmerzsituation nach der Ankle-Hindfoot-Scale, getrennt nach Frakturklassifikation, keine = keine Schmerzen, wenig = wenig Schmerzen, mod = moderate Schmerzen, stark = starke Schmerzen

Tab. 3.59 ▼ Schmerzsituation nach der Ankle-Hindfoot-Scale, getrennt nach Frakturklassifikation

	Keine Schmerzen % absolut	Wenig Schmerzen % absolut	Moderate Schmerzen % absolut	Starke Schmerzen % absolut
B1	27,27	3 45,45	5 18,18	2 9,09
B2	33,33	2 33,33	2 16,67	1 16,67
B3	0	0 33,33	2 50	3 16,67
C1	0	0 50	1 50	1 0
C2	14,29	1 14,29	1 57,14	4 14,29
C3	9,68	3 38,71	12 41,94	13 9,68

12,5% der befragten Patienten gaben an, zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung regelmäßig Schmerzmedikamente einzunehmen, 31,25% gaben an, bei Bedarf Schmerzmedikamente einzunehmen (Abb. + Tab. 3.60). Wenig mehr als die Hälfte (56,25%) der Patienten nahm keine Schmerzmedikamente ein.

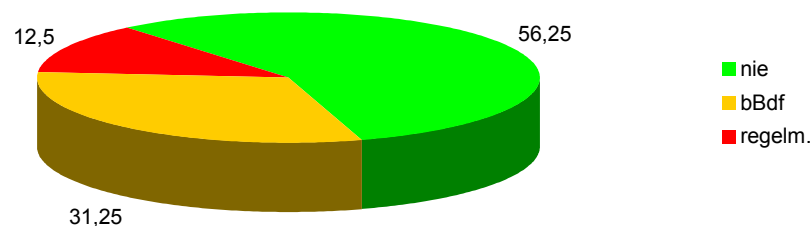


Abb. 3.60 ▲ (n=64) Analgetikabedarf, Angaben in Prozent, bBdf. = Analgetikaeinnahme bei Bedarf, regelm. = regelmäßige Analgetikaeinnahme, nie = keine Analgetikaeinnahme

Tab. 3.60 ▾ Analgetikabedarf

	%	absolut
nie	56,25	36
bei Bedarf	31,25	20
regelmäßig	12,5	8

Der Analgetikabedarf variiert je nach Frakturklassifikation. Patienten mit Typ-B-Frakturen nahmen zu 39,13% regelmäßig oder bei Bedarf Schmerzmedikamente ein, Patienten mit Typ-C-Frakturen zu 47,5% (Abb. + Tab. 3.61). Hinsichtlich des Analgetikabedarfs bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Typ-B- und den Typ-C-Verletzungen.

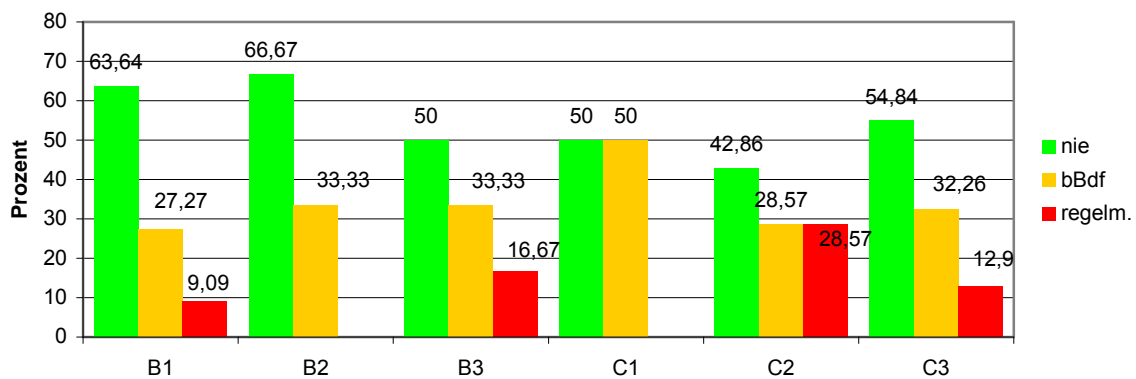


Abb. 3.61 ▲ (n=63) Analgetikabedarf getrennt nach Frakturklassifikation, bBdf. = Analgetikaeinnahme bei Bedarf, regelm. = regelmäßige Analgetikaeinnahme, nie = keine Analgetikaeinnahme

Tab. 3.61 ▾ Analgetikabedarf getrennt nach Frakturklassifikation

	nie		bei Bedarf		Regelmäßig	
	%	absolut	%	absolut	%	absolut
B1	63,64	7	27,27	3	9,09	1
B2	66,67	4	33,33	2	0	0
B3	50	3	33,33	2	16,67	1
C1	50	1	50	1	0	0
C2	42,86	3	28,57	2	28,57	2
C3	54,84	17	32,26	10	12,9	4

3.6.3 Beurteilung der Funktion

Ein Drittel der Patienten (31,75%) beurteilte die Gesamtzufriedenheit bezüglich der Funktion nach dem Phillips-Score (Phillips et al. 1985) mit „zufrieden“, die Hälfte (50,79%) urteilte mit „bedingt zufrieden“ und ein Fünftel (17,46%) mit „unzufrieden“ (Abb. + Tab. 3.62).

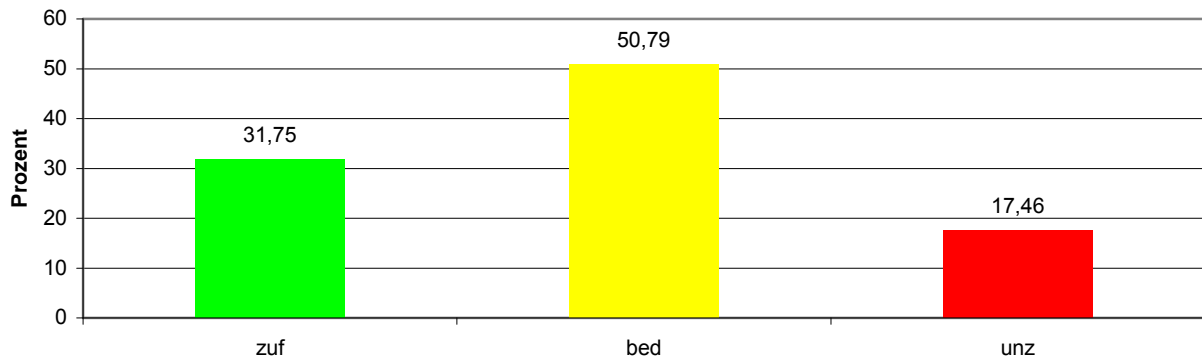


Abb. 3.62 ▲ (n=63) Zufriedenheit der Patienten bezüglich der Funktion des Sprunggelenks nach dem Score nach Phillips et al. (1985), zuf = zufrieden, bed = bedingt zufrieden, unz = unzufrieden

Tab. 3.62 ▼ Zufriedenheit der Patienten bezüglich der Funktion des Sprunggelenks nach dem Score nach Phillips et al. (1985)

	%	absolut
zufrieden	31,75	20
bedingt zufrieden	50,79	32
unzufrieden	17,46	11

Nach dem Weber-Score (Weber 1972) in Bezug auf die Funktion im oberen Sprunggelenk (Dorsalextension/Plantarflexion) können 5,56% der untersuchten Patienten mit „sehr gut“ und 77,78% der Patienten mit „gut“ beurteilt werden. 16,67% müssen mit „schlecht“ beurteilt werden (Abb. + Tab. 3.63).

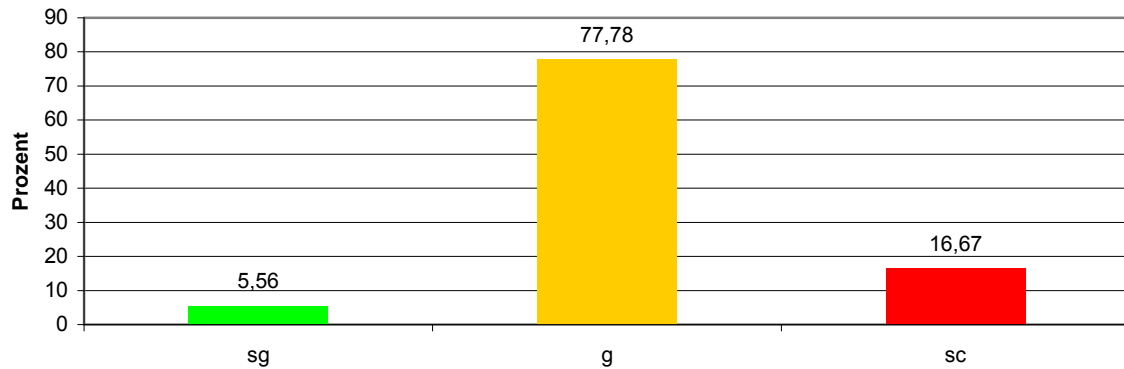


Abb. 3.63 ▲ (n=36) Ergebnisse der Beweglichkeit im Oberen Sprunggelenk nach dem Weber-Score (Weber 1972), sg = sehr gute Beweglichkeit, g = gute Beweglichkeit, sc = schlechte Beweglichkeit

Tab. 3.63 ▼ Ergebnisse der Beweglichkeit im Oberen Sprunggelenk nach dem Weber-Score (Weber 1972)

	%	absolut
sehr gut	5,56	2
gut	77,78	28
schlecht	16,67	6

Aufgeschlüsselt nach Frakturklassifikation liegen alle sehr guten Ergebnisse bezüglich der Beweglichkeit des oberen Sprunggelenks nach dem Weber-Score (Weber 1972) in der Gruppe B1, und die schlechten Ergebnisse jeweils in den Subtypen 2 und 3 der Gruppen B und C (Abb. + Tab. 3.64).

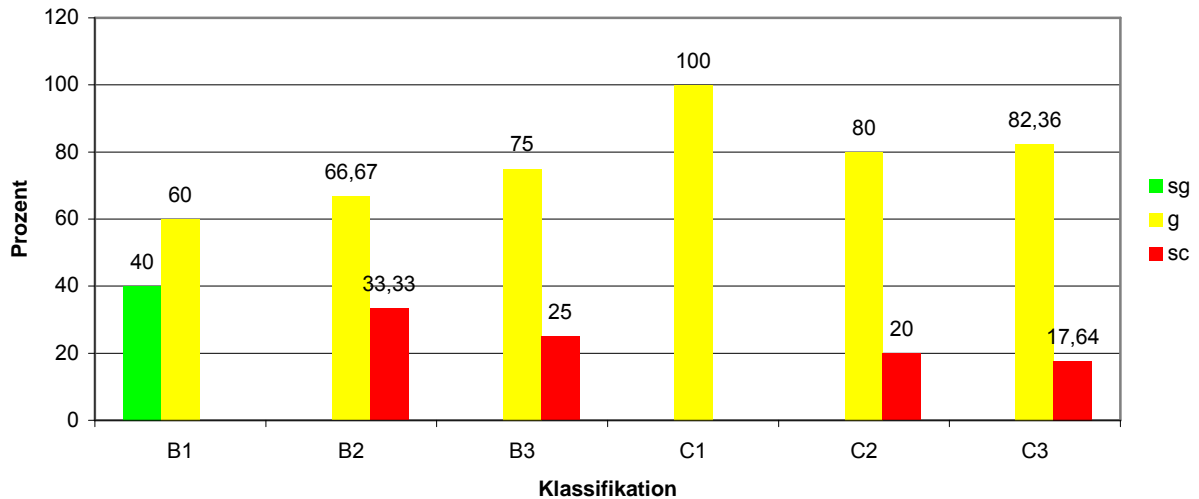


Abb. 3.64 ▲ (n=36) Ergebnisse der Beweglichkeit im Oberen Sprunggelenk nach dem Weber-Score (Weber 1972), getrennt nach Frakturklassifikation, sg = sehr gute Beweglichkeit, g = gute Beweglichkeit, sc = schlechte Beweglichkeit

Tab. 3.64 ▼ Ergebnisse der Beweglichkeit im Oberen Sprunggelenk nach dem Weber-Score (Weber 1972), getrennt nach Frakturklassifikation

	sehr gut		gut		schlecht	
	%	absolut	%	absolut	%	absolut
B1	40	2	60	3	0	0
B2	0	0	66,67	2	33,33	1
B3	0	0	75	3	25	1
C1	0	0	100	2	0	0
C2	0	0	80	4	20	1
C3	0	0	82,36	14	17,64	3

Nach der Beurteilung des USG (nach dem Score nach Weber) sind 11,11% der untersuchten Patienten mit „sehr gut“ und 33,33% der Patienten mit „gut“ zu bewerten. 55,56% der untersuchten Patienten müssen mit „schlecht“ beurteilt werden (Abb. + Tab. 3.65).

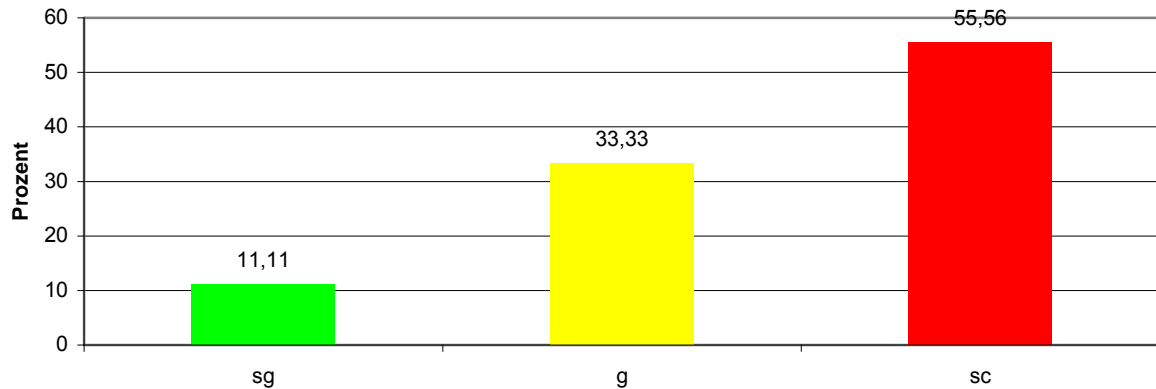


Abb. 3.65 ▲ (n=36) Ergebnisse der Beweglichkeit im Unteren Sprunggelenk nach dem Weber-Score (Weber 1972), sg = sehr gute Beweglichkeit, g = gute Beweglichkeit, sc = schlechte Beweglichkeit

Tab. 3.65 ▼ Ergebnisse der Beweglichkeit im Unteren Sprunggelenk nach dem Weber-Score (Weber 1972)

	%	absolut
sehr gut	11,11	4
gut	33,33	12
schlecht	55,56	20

Bei den Typ-B-Verletzungen zeigten sich hinsichtlich der Beurteilung des USG (nach dem Score nach Weber) 50% „schlechte“ Ergebnisse, bei den Typ-C-Frakturen 58%. Der Unterschied war nicht signifikant (Abb. + Tab. 3.66).

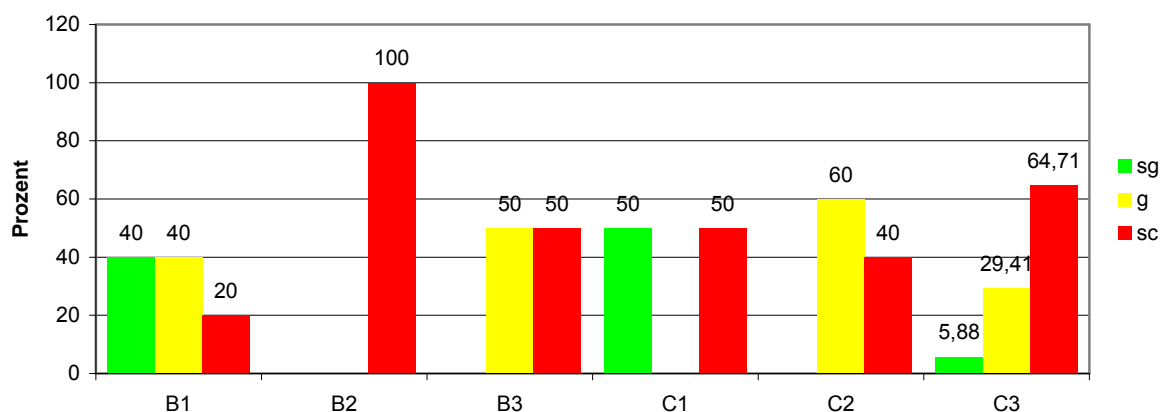


Abb. 3.66 ▲ (n=36) Ergebnisse der Beweglichkeit im Unteren Sprunggelenk nach dem Weber-Score (Weber 1972), getrennt nach Frakturklassifikation, sg = sehr gute Beweglichkeit, g = gute Beweglichkeit, sc = schlechte Beweglichkeit

Tab. 3.66 ▾ Ergebnisse der Beweglichkeit im Unteren Sprunggelenk nach dem Weber-Score (Weber 1972), getrennt nach Frakturklassifikation

	sehr gut		gut		schlecht	
	%	absolut	%	absolut	%	absolut
B1	40	2	40	2	20	1
B2	0	0	0	0	100	3
B3	0	0	50	2	50	2
C1	50	1	0	0	50	1
C2	0	0	60	3	40	2
C3	5,88	1	29,41	5	64,71	11

Die Differenz in der Dorsalextension (DE) betrug bei den nachuntersuchten Patienten im Vergleich zur gesunden Gegenseite $6,44 \pm 4,81$ [0-20] Grad. Die Differenz bei der Plantarflexion (PF) betrug $16,81 \pm 14,84$ [0-55] Grad. Die Differenz des Gesamtbewegungsumfangs (BU) betrug $23,25 \pm 17,25$ [0-60] Grad (Abb. + Tab. 3.67).

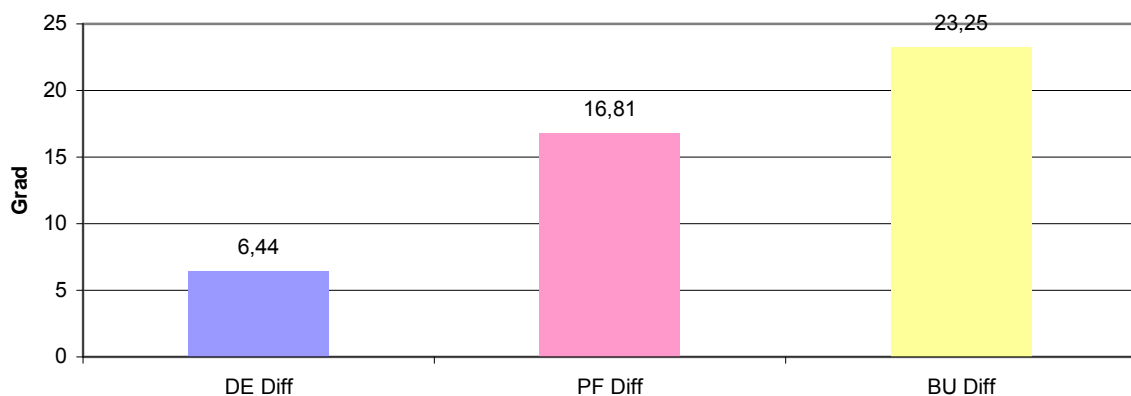


Abb. 3.67 ▲ (n=36) Bewegungsumfangsdifferenzen des verletzten Sprunggelenks im Vergleich zur gesunden Gegenseite, Angaben in Grad, DE Diff = Dorsalextensionsdifferenz, PF Diff = Plantarflexionsdifferenz, BU Diff = Gesamtbewegungsumfangsdifferenz

Tab. 3.67 ▾ Bewegungsumfangsdifferenzen des verletzten Sprunggelenks im Vergleich zur gesunden Gegenseite, Angaben in Grad

	Grad
Dorsalextensionsdifferenz	6,44
Plantarflexionsdifferenz	16,81
Bewegungsumfangsdifferenz	23,25

Prozentual betrug die Differenz zur gesunden Gegenseite bei der Dorsalextension $57,11 \pm 41,44$ [0-100] %, $35,89 \pm 28,85$ [0-92] % bei der Plantarflexion. Der Gesamtbewegungsumfang war um $40,42 \pm 27,82$ [0-89] % im Vergleich zur gesunden Gegenseite eingeschränkt (Abb. + Tab. 3.68).

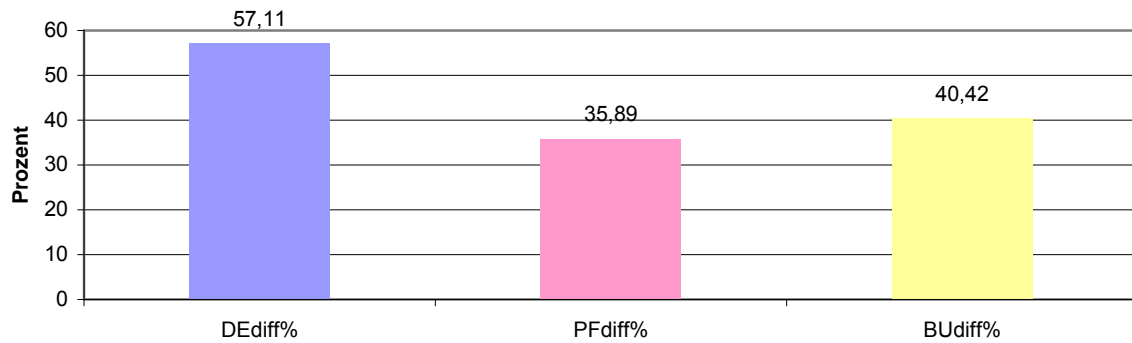


Abb. 3.68 ▲ (n=36) Bewegungsumfangsdifferenzen des verletzten Sprunggelenks im Vergleich zur gesunden Gegenseite, DE Diff % = Dorsalextensionsdifferenz, PF Diff % = Plantarflexionsdifferenz, BU Diff % = Gesamtbewegungsumfangsdifferenz

Tab. 3.68 ▼ Durchschnittliche Bewegungsumfangsdifferenzen des verletzten Sprunggelenks im Vergleich zur gesunden Gegenseite

	%
Dorsalextensionsdifferenz	57,11
Plantarflexionsdifferenz	35,89
Bewegungsumfangsdifferenz	40,42

Differenzen zeigen sich hinsichtlich der Frakturklassifikation (Abb. + Tab 3.69). So zeigt sich die größte Bewegungsumfangsdifferenz bei Patienten mit B2-Frakturen, gefolgt von den C2-Frakturen. Die kleinste Differenz zeigt sich bei den B1-Frakturen. Bei Typ-B-Frakturen betrug die Differenz $34,17 \pm 9,64$ [0-83]%, bei den Typ-C-Frakturen $42,09 \pm 5,19$ [7-83]%. Der Unterschied zwischen B- und C-Frakturen war nicht signifikant.

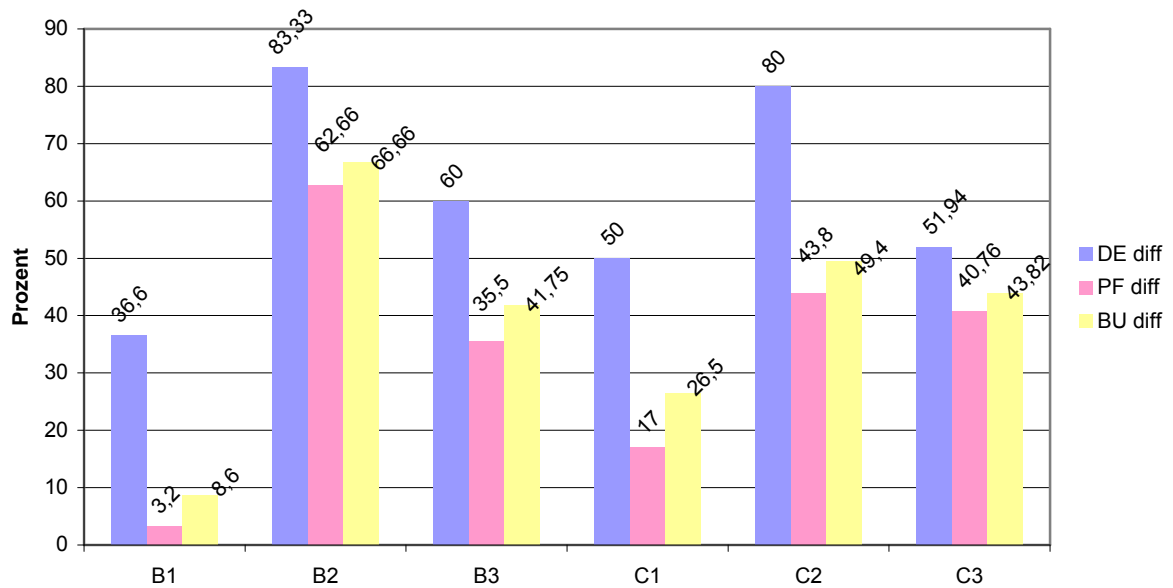


Abb. 3.69 ▲ (n=36) Prozentuale Bewegungsumfangsdifferenzen des verletzten Sprunggelenks im Vergleich zur gesunden Gegenseite, getrennt nach Frakturklassifikation, DE Diff = Dorsalextensionsdifferenz, PF Diff = Plantarflexionsdifferenz, BU Diff = Gesamtbewegungsumfangsdifferenz

Tab. 3.69 ▼ Prozentuale Bewegungsumfangsdifferenzen des verletzten Sprunggelenks im Vergleich zur gesunden Gegenseite, getrennt nach Frakturklassifikation, DE Diff = Dorsalextensionsdifferenz, PF Diff = Plantarflexionsdifferenz, BU Diff = Gesamtbewegungsumfangsdifferenz

	DE Diff. %	PF Diff. %	BU Diff. %
B1	36,6	3,2	8,6
B2	83,33	62,66	66,66
B3	60	35,5	41,75
C1	50	17	26,5
C2	80	43,8	49,4
C3	51,94	40,76	43,82

Die Bewegungsumfangsdifferenzen liegen bei der Pronation und Supination mit $56,94 \pm 34,64$ [0-100] % bzw. $55,56 \pm 33,33$ [0-100] % jeweils bei knapp über der Hälfte (Abb. + Tab. 3.70).

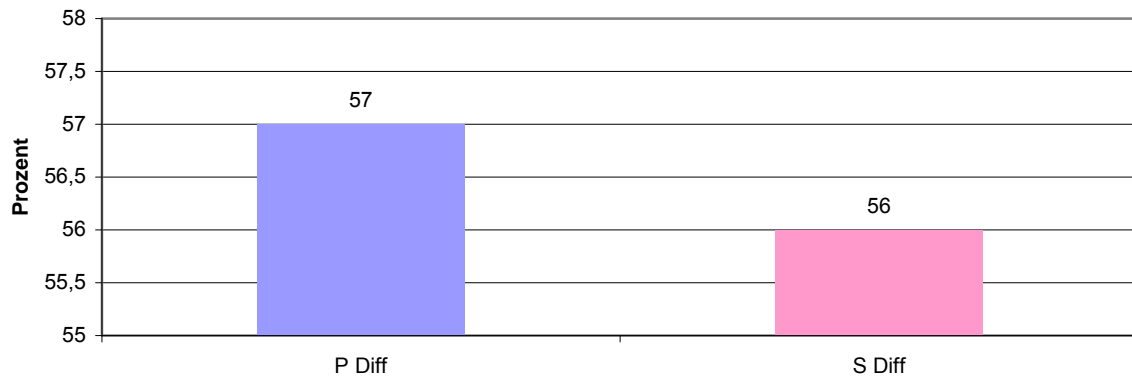


Abb. 3.70 ▲ (n=36) Prozentuale Bewegungsumfangsdifferenzen des verletzten Sprunggelenks im Vergleich zur gesunden Gegenseite, P Diff = Pronationsdifferenz, S Diff = Supinationsdifferenz

Tab. 3.70 ▼ Prozentuale Bewegungsumfangsdifferenzen des verletzten Sprunggelenks im Vergleich zur gesunden Gegenseite

	%
Pronationsdifferenz	57
Supinationsdifferenz	56

Die Differenz zur Gegenseite ist in der Gruppe B1 sowohl für die Supination, als auch für die Pronation am geringsten, und in der Gruppe B2 am größten (Abb. + Tab. 3.71). Bei Typ-B-Frakturen betrug die Gesamtdifferenz von Pro- und Supination im Vergleich zur gesunden Gegenseite $53,13 \pm 10,22$ [0-100]%, bei den Typ-C-Frakturen $55,68 \pm 7,01$ [0-100]%. Der Unterschied zwischen B- und C-Frakturen war nicht signifikant.

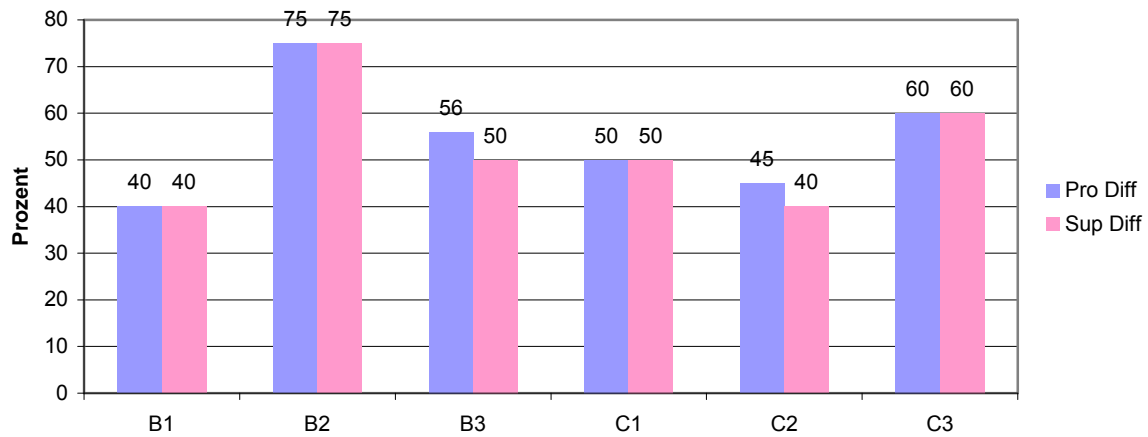


Abb. 3.71 ▲ (n=36) Prozentuale Bewegungsumfangsdifferenzen des verletzten Sprunggelenks im Vergleich zur gesunden Gegenseite, getrennt nach Frakturklassifikation, Pro Diff = Pronationsdifferenz, Sup Diff = Supinationsdifferenz

Tab. 3.71 ▼ Prozentuale Bewegungsumfangsdifferenzen des verletzten Sprunggelenks im Vergleich zur gesunden Gegenseite, getrennt nach Frakturklassifikation

	Pronationsdifferenz in %	Supinationsdifferenz in %
B1	40	40
B2	75	75
B3	56	50
C1	50	50
C2	45	40
C3	60	60

Ein Drittel der Patienten (32,81%) gab zum Zeitpunkt der Befragung an, in der Gesamtgehstrecke keine Einschränkung zu haben. 42,19% gaben an, mindestens 500m gehen zu können, jedoch dann aufgrund der Beschwerden zu einer Pause gezwungen zu werden. Ein Viertel der Patienten (25,01%) kann nach eigenen Angaben nur weniger als 500m gehen, bevor sie das Weitergehen unterbrechen müssen. Bei 4,69% liegt die maximale schmerzfreie Gehstrecke unter 50m (Abb. + Tab. 3.72).

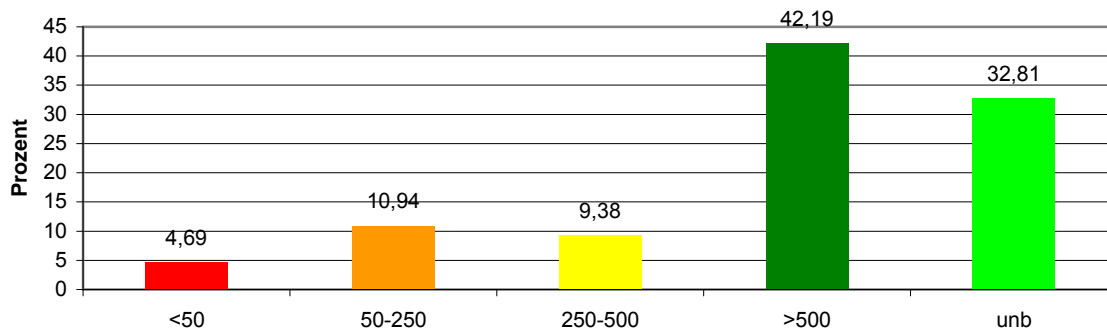


Abb. 3.72 ▲ (n=36) Schmerzfreie Gehstrecke nach dem Score nach Philipps et al. (1985), Distanzen in Metern, unb. = uneingeschränkte Gehstrecke im Vergleich zu der Situation vor der Verletzung

Tab. 3.72 ▼ Schmerzfriehen Gehstrecke nach dem Score nach Philipps et al. (1985), Distanzen in Metern, unbegrenzt = uneingeschränkte Gehstrecke im Vergleich zu der Situation vor der Verletzung

	%	absolut
< 50m	4,69	3
50-250m	10,94	7
250-500m	9,38	6
> 500m	42,19	27
unbegrenzt	32,81	21

In der Gruppe der mit B1 klassifizierten Frakturen ist die Gehstrecke bei 54,54% ohne Einschränkungen (im Vergleich zu der Situation vor dem Unfall). 27,27% können über 500m ohne Pause gehen. Insgesamt können 81,81% mindestens 500m ohne Einschränkung gehen. In der Gruppe B2 sind dies 100%, der Anteil derjenigen, die völlig ohne Einschränkung gehen können sinkt auf ein Drittel (33,33%).

In den Gruppen B3 und C1 gab es keine Patienten, die unbegrenzt weit gehen konnten. In der Gruppe C2 gaben 28,57% der Patienten an, nur weniger als 50m ohne Pause gehen zu können. In der gleichen Gruppe konnten 42,86% ohne Einschränkung gehen (Abb. + Tab. 3.73). Bei den B-Frakturen lag der Anteil an Patienten die mindestens 500 Meter gehen konnten bei 83%, bei den Typ-C-Frakturen bei 70%. Der Unterschied war nicht signifikant.

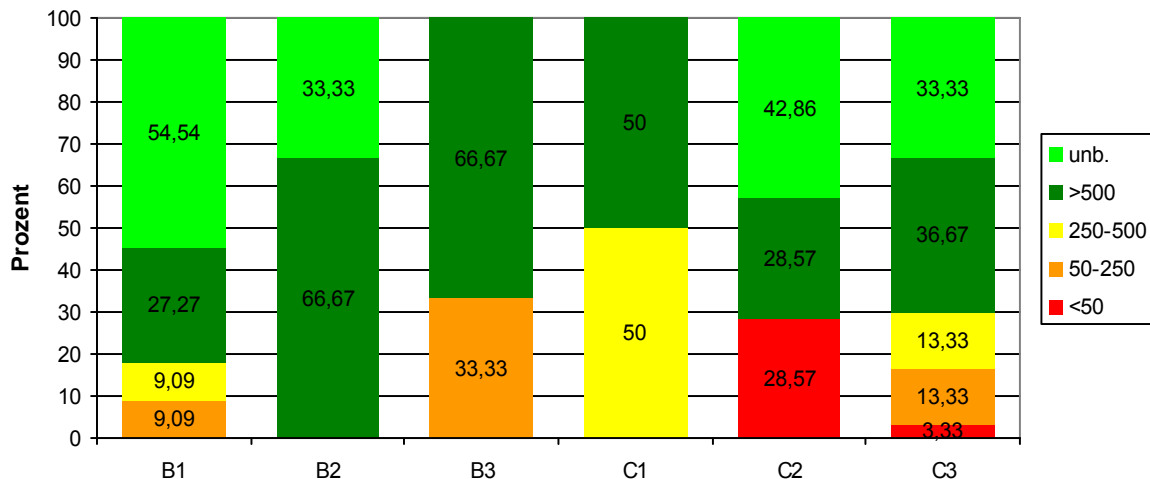


Abb. 3.73 ▲ (n=62) Schmerzfreie Gehstrecke nach dem Score nach Phillips et al. (1985), Distanzen in Metern, unb. = uneingeschränkte Gehstrecke im Vergleich zu der Situation vor der Verletzung

Tab. 3.73 ▼ Schmerzfreie Gehstrecke nach dem Score nach Philipps et al. (1985), Distanzen in Metern, unbegrenzt = uneingeschränkte Gehstrecke im Vergleich zu der Situation vor der Verletzung

	< 50		50 - 250		250 – 500		> 500		unbegrenzt	
	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut
B1	0	0	9,09	1	9,09	1	27,27	3	54,54	6
B2	0	0	0	0	0	0	66,67	4	33,33	2
B3	0	0	33,33	2	0	0	66,67	4	0	0
C1	0	0	0	0	50	1	50	1	0	0
C2	28,57	2	0	0	0	0	28,57	2	42,86	3
C3	3,33	1	13,33	4	13,33	4	36,67	11	33,33	10

Patienten, die mittels Minimalosteosynthese behandelt wurden, hatten zum Zeitpunkt der Befragung alle keine Einschränkungen bezüglich der Gehstrecke. Nach der zweizeitigen Versorgung mittels Fibulaosteosynthese und gleichzeitiger externer Stabilisierung mit sekundärer Osteosynthese hatte die Hälfte keine Einschränkungen und die Hälfte konnte über 500m gehen.

Bei der Versorgung mittels primärer Extension und sekundärer Osteosynthese konnten alle Patienten schmerzfrei über 500m gehen, niemand unbegrenzt.

Bei den anderen Versorgungsarten kamen auch jeweils Gehstrecken unter 500m vor (Abb. + Tab. 3.74).

Zwischen den ein- und zweizeitigen Verfahren bestand bezüglich der Gehstrecke über bzw. unter 500 Metern kein signifikanter Unterschied.

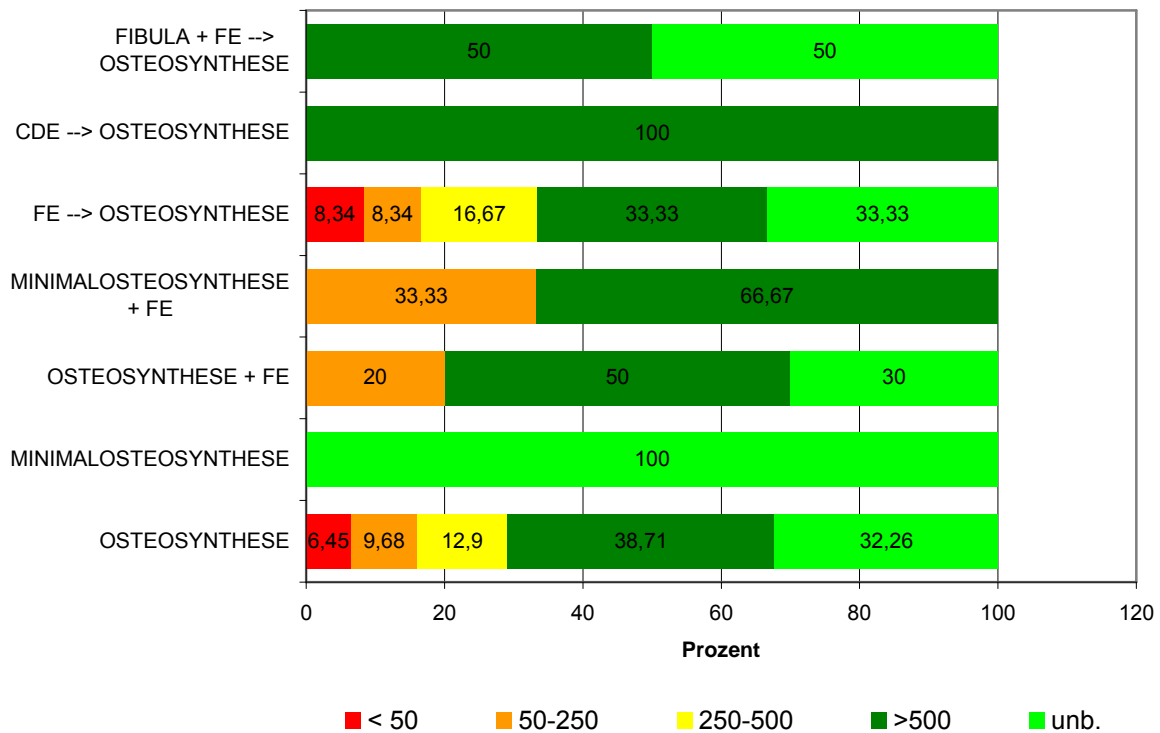


Abb. 3.74 ▲ (n=64) Maximale schmerzfreie Gehstrecke getrennt nach Behandlungsstrategie, Distanzen in Metern, unb. = uneingeschränkte Gehstrecke im Vergleich zu der Situation vor der Verletzung

Tab. 3.74 ▼ Maximale schmerzfreie Gehstrecke getrennt nach Behandlungsstrategie, Distanzen in Metern, unbegrenzt = uneingeschränkte Gehstrecke im Vergleich zu der Situation vor der Verletzung

	< 50		50 – 250		250 - 500		> 500		unbegrenzt	
	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut
OSTEOSYNTHESE	6,45	2	9,68	3	12,9	4	38,71	12	32,26	10
MINIMALOSTEOSYNTHESE	0	0	0	0	0	0	0	0	100	2
OSTEOSYNTHESE + FE	0	0	20	2	0	0	50	5	30	3
MINIMALOSTEOSYNTHESE + FE	0	0	33,33	1	0	0	66,67	2	0	0
FE → OSTEOSYNTHESE	8,34	1	8,34	1	16,67	2	33,33	4	33,33	4
CDE → OSTEOSYNTHESE	0	0	0	0	0	0	100	2	0	0
FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE	0	0	0	0	0	0	50	2	50	2

17,45% der Patienten benötigen zum Zeitpunkt der Befragung regelmäßig eine Gehhilfe (Stock, Krücke), 82,54% benötigen zum Gehen keine Gehhilfe (Abb. + Tab. 3.75). Von den Patienten mit Typ-C-Verletzung benötigten 29% eine Gehhilfe, von den Patienten mit Typ-B-Verletzung benötigten 10% eine Gehhilfe. Der Unterschied war nicht signifikant.

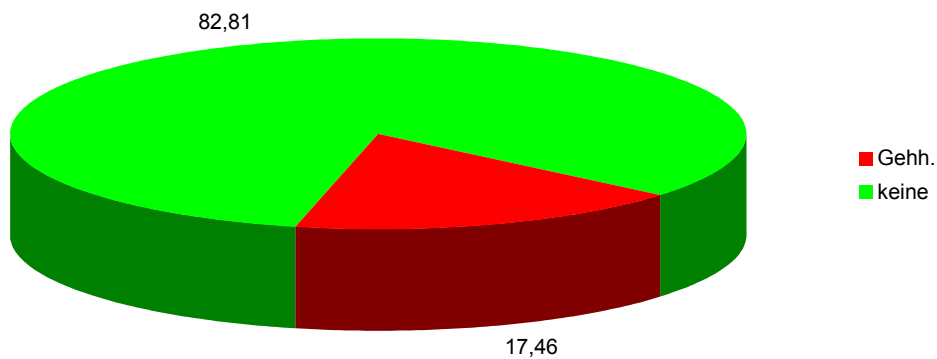


Abb. 3.75 ▲ (n=64) Prozentuale Häufigkeit der Notwendigkeit einer Gehilfe zum Zeitpunkt der Befragung, Gehh. = Notwendigkeit einer Gehilfe, keine = keine Notwendigkeit einer Gehilfe

Tab. 3.75 ▼ Notwendigkeit einer Gehilfe zum Zeitpunkt der Befragung

	%	absolut
Gehilfe	17,46	11
keine Gehilfe	82,81	53

Nach dem Score nach Weber (1972) sind nach Angaben der Patienten 39,06% aller Befragten beruflich nicht eingeschränkt, 34,38% eingeschränkt arbeitsfähig und 26,56% der Patienten mussten ihren Beruf wechseln (Abb. + Tab. 3.76).

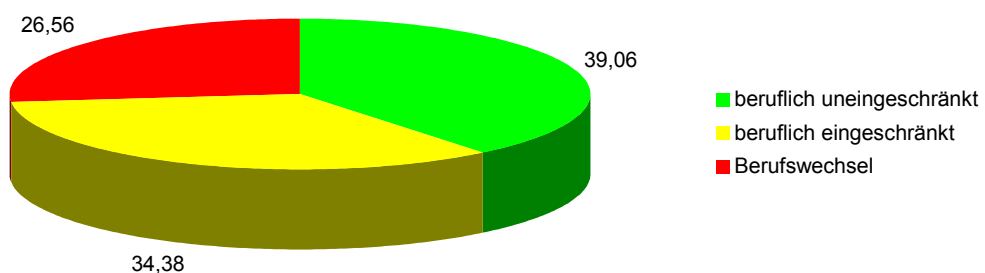


Abb. 3.76 ▲ (n=64) Prozentuale Häufigkeiten verletzungsbedingter beruflicher Einschränkungen

Tab. 3.76 ▼ Häufigkeiten verletzungsbedingter beruflicher Einschränkungen

	%	absolut
beruflich uneingeschränkt	39,06	25
beruflich eingeschränkt	34,38	22
Berufswechsel	26,56	17

3.6.4 Gesamtergebnisse

In der Gesamtauswertung der Scores (Abb. + Tab. 3.77) ergaben sich für die Ankle-Hindfoot-Scale (Kitaoka et al. 1994) $64,86 \pm 18,31$ [22-100] Punkte, für den Score nach Phillips et al. (1985) $55,53 \pm 21,68$ [8-96] Punkte und den Score nach Olerud und Molander (Olerud und Molander 1984) $58,91 \pm 24,57$ [5-100] Punkte.

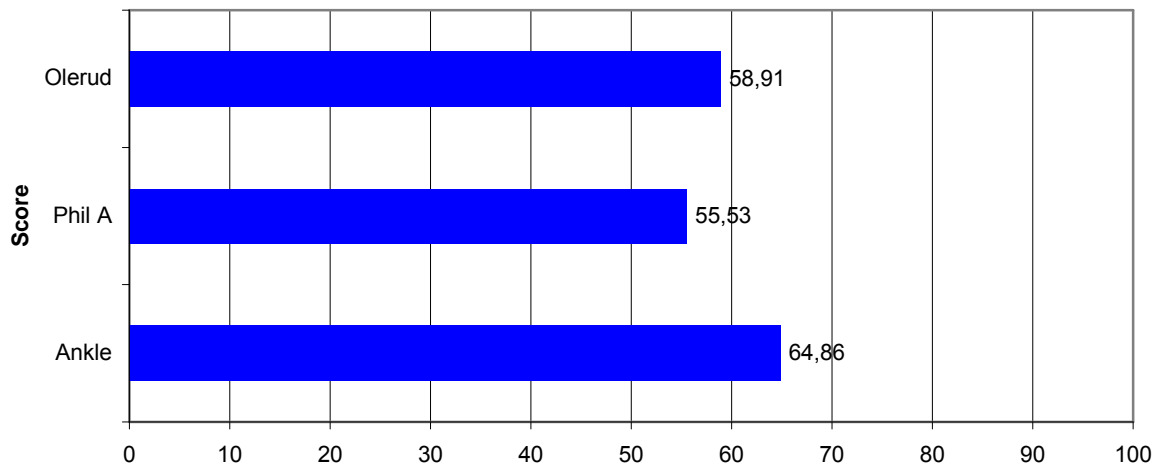


Abb. 3.77 ▲ Durchschnittliche Gesamtpunktzahl der Auswertung der Bewertungsschemata, maximale Gesamtpunktzahl jeweils 100, Olerud = Score nach Olerud und Molander (1984), Phil A = Score nach Phillips et al. (1985), Teil A, Ankle = Ankle-Hindfoot-Scale (Kitaoka et al. 1994)

Tab. 3.77 ▼ Durchschnittliche Gesamtpunktzahl der Auswertung der Bewertungsschemata

	Punkte	Frakturen
Ankle Hindfoot Score	64,86	36
Phillips Score (Teil A)	55,53	36
Score nach Olerud und Molander	58,91	64

Nach dem Score von Olerud und Molander, in Abhängigkeit von der Art der Versorgung, erreichten die mittels Minimalosteosynthese versorgten Frakturen 95 Punkte und damit ein „sehr gutes“ Gesamtergebnis. Die mittels der zweizeitigen Behandlungsstrategie der primären Extension und sekundären Osteosynthese versorgten Frakturen erreichten mit durchschnittlich 65 Punkten ein „gutes“ Ergebnis. Die anderen Versorgungsarten kamen mit einer Punktzahl kleiner 61 und größer 30 auf ein „mäßiges“ Ergebnis. Der Gesamtdurchschnitt aller untersuchten Frakturen zeigt auch ein „mäßiges“ Ergebnis (Abb. + Tab. 3.78).

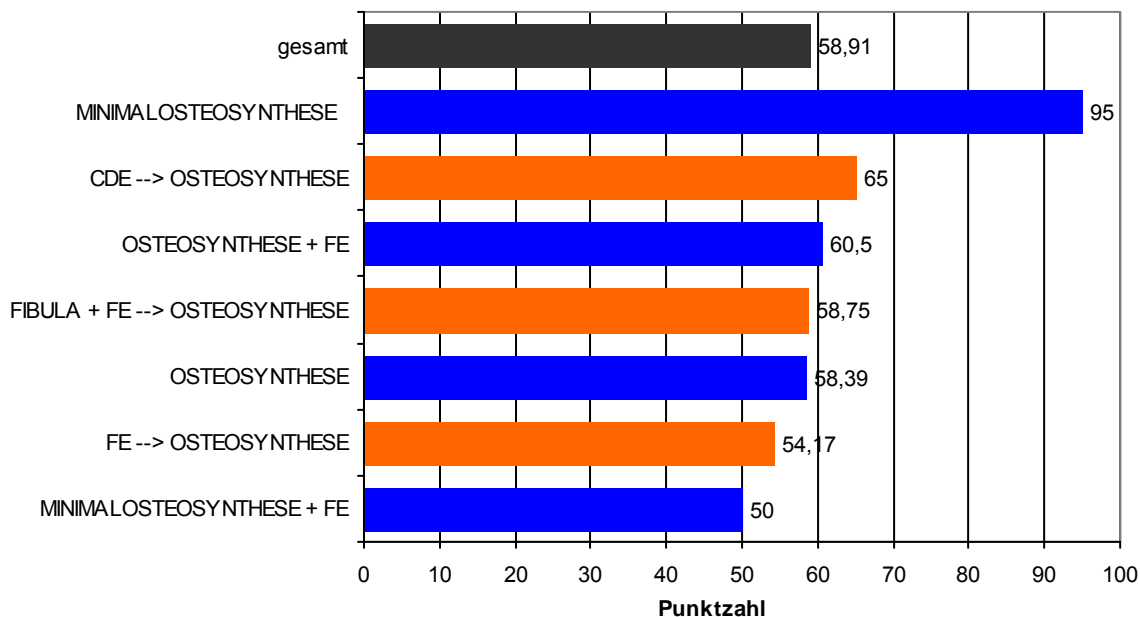


Abb. 3.78 ▲ (n=64) Auswertung nach dem Score von Olerud und Molander (1984), getrennt nach Behandlungsstrategien, maximal erreichbare Gesamtpunktzahl 100 Punkte, gesamt = Gesamtdurchschnitt aller Frakturen, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

Tab. 3.78 ▼ Auswertung nach dem Score von Olerud und Molander (1984), getrennt nach Behandlungsstrategien, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

	Punkte
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE + FE	50,00 ± 20,00 [30-70]
■ FE --> OSTEOSYNTHESE	54,17 ± 23,44 [15-80]
■ OSTEOSYNTHESE	58,39 ± 27,43 [5-100]
■ FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE	58,75 ± 14,93 [40-75]
■ OSTEOSYNTHESE + FE	60,50 ± 22,29 [40-100]
■ CDE --> OSTEOSYNTHESE	65,00 ± 14,14 [55-75]
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE	95,00 ± 07,07 [90-100]
■ Gesamtdurchschnitt	58,91 ± 24,57 [5-100]

Unterschiede in Bezug auf das Gesamtergebnis zeigen sich bei dem Vergleich mit der Ankle Hindfoot Scale (Kitaoka et al. 1994). So zeigt die Auswertung nach der Ankle Hindfoot Scale ein besseres Ergebnis für die Behandlungsstrategie der primären Osteosynthese, als für das Verfahren der primären Fibulaosteosynthese mit gleichzeitiger externer Stabilisierung und sekundären Osteosynthese. Ebenso ein besseres Ergebnis für die Minimalosteosynthese und gleichzeitige externe Stabilisierung, als für die primäre externe Stabilisierung und sekundäre Osteosynthese. Bei dem Score nach Olerud und Molander verhält es sich genau andersherum (Abb. + Tab. 3.79).

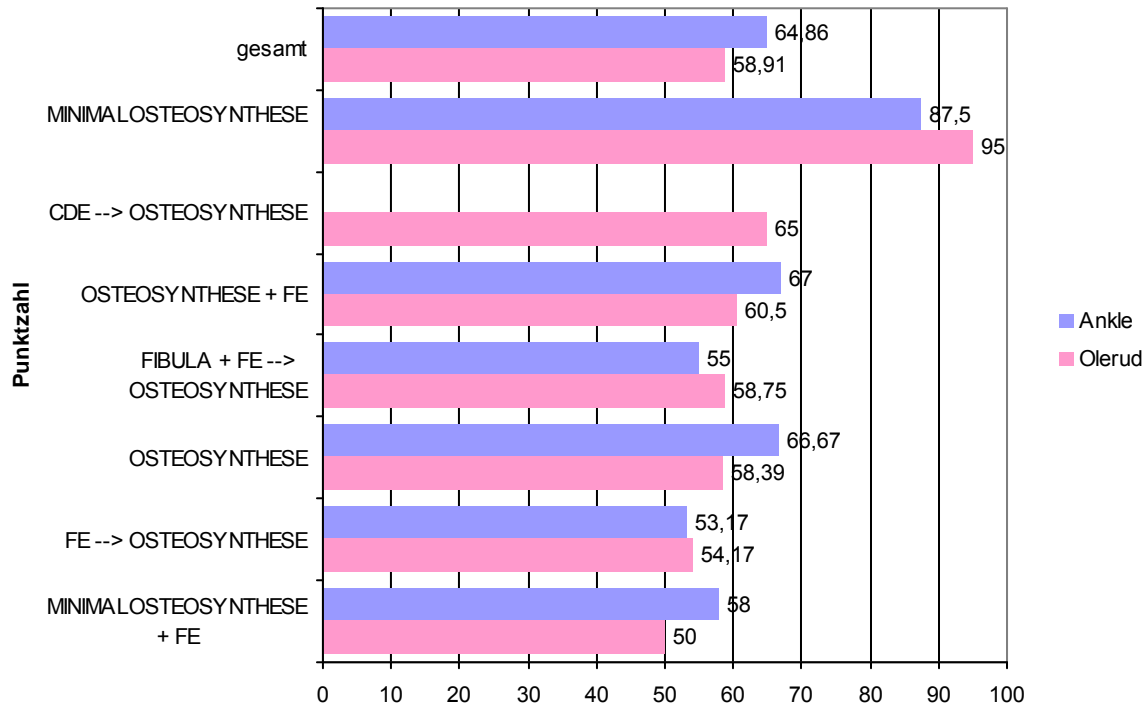


Abb. 3.79 ▲ (n=64 für Score nach Olerud und Molander, n=36 für Ankle-Hindfoot-Scale), Auswertung der Bewertungsschemata nach dem Score von Olerud und Molander (1984) und Kitaoka et al. (1994), getrennt nach Behandlungsstrategie, Ankle = Ankle-Hindfoot-Scale (Kitaoka et al. 1994), Olerud = Score nach Olerud und Molander (1984), gesamt = Gesamtdurchschnitt aller Frakturen

Tab. 3.79 ▼ Auswertung der Bewertungsschemata nach dem Score von Olerud und Molander (1984) und Kitaoka et al. (1994), getrennt nach Behandlungsstrategie, gesamt = Gesamtdurchschnitt aller Frakturen, ■ = zweizeitige Behandlungsstrategien, ■ = einzeitige Behandlungsstrategien

Art der Versorgung	Punkte nach Score von Olerud und Molander	Punkte nach Ankle Hindfoot Scale
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE + FE	50	58
■ FE --> OSTEOSYNTHESE	54,17	53,17
■ OSTEOSYNTHESE	58,39	66,67
■ FIBULA + FE → OSTEOSYNTHESE	58,75	55
■ OSTEOSYNTHESE + FE	60,5	67
■ CDE --> OSTEOSYNTHESE	65	
■ MINIMALOSTEOSYNTHESE	95	87,5
Gesamtdurchschnitt	58,91	64,86

4 Fallbeispiele

Fallbeispiel 1

Patient männlich, 52 Jahre, Sturz von einer Leiter. Offene Fraktur, Klassifikation 43C3 (Abb. 4.01). Primäre osteosynthetische Versorgung nach 03:25 Stunden und zusätzliche Stabilisation im Fixateur externe vom proximalen Unterschenkel auf den Vorfuß im Bereich Mittelfußknochen I und V. (Abb. 4.02).



Abb. 4.01 ▲

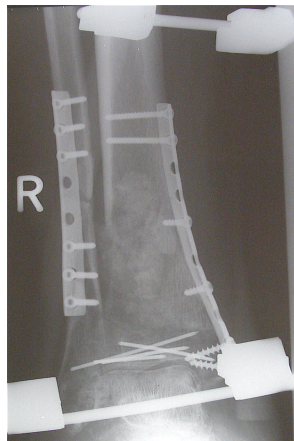


Abb. 4.02 ▲



Abb. 4.03 ▲

Lateral kein primärer Wundverschluss möglich, es verbleibt ein 12x3cm großer Defekt, der nach elf Tagen mit Spalthaut vom Oberschenkel gedeckt wird. Nach sieben Wochen Pininfekt mit konsekutiver Pinumsetzung am Mittelfußknochen I. Nach zwölf Wochen autogene Spongiosatransplantation vom Beckenkamm bei Nonunion. Sechs Wochen später Beginn mit Belastungsaufbau. Vollbelastung nach elf Wochen.

Nachuntersuchung nach 8,4 Jahren. Bewegungsumfangsdifferenz im oberen Sprunggelenk im Vergleich zur gesunden Gegenseite 50%. Patient seit dem Unfall berentet. Das kosmetische Ergebnis zeigt Abb. 4.03.

Fallbeispiel 2

Patient männlich, 50 Jahre, Pkw-Frontalzusammenstoß, Polytrauma, offene Fraktur, Klassifikation 43C3. Primäre plattenosteosynthetische Versorgung der Fibula und temporäre Stabilisation der tibialen Gelenkfläche mittels Fixateur externe vom proximalen Unterschenkel auf den Vorfuß im Bereich Mittelfußknochen I und V (Abb. 4.04).



Abb. 4.04 ▲



Abb. 4.05 ▲

Nach 58 Tagen Rekonstruktion der tibialen Gelenkfläche mit Spongiosatransplantation vom Beckenkamm (Abb. 4.05). Primärer Wundverschluss. Zwischenzeitlich mehrfache Operationen an der unteren Extremität der Gegenseite. Komplikationsloser Verlauf. Materialentfernung nach 2,9 Jahren. Leichte Schmerzen beim Gehen auf unebenem Gelände. Rückkehr in den alten Beruf.

5 Diskussion

5.1 Demographische Daten

Bei den eigenen Patienten handelte es sich in 71% der Fälle um Männer und in 29% der Fälle um Frauen. Der Anteil an Männern liegt im Schrifttum (Tab. 5.01) zwischen 62% und 95% ($\bar{x} = 73,57\%$), der Anteil an Frauen entsprechend bei 5-38% ($\bar{x} = 24,43\%$). Somit liegen auch die eigenen Ergebnisse (Pilonstudie Göttingen 2010) zwischen diesen Angaben und entsprechen dem Mittelwert der Literatur.

Tab. 5.01 ▼ Geschlechtsverteilung von Pilonfrakturen in der Literatur, M = Männer, W = Frauen, n = Anzahl untersuchter Frakturen

	n	M	W
Barei et al. (2006)	40	95%	5%
Bhattacharyya et al. (2005)	19	89%	11%
Borens et al. (2006)	17	88%	12%
Conroy et al. (2003)	32	81%	19%
Williams et al. (2004)	32	81%	19%
Teeny und Wiss (1993)	60	80%	20%
Pollak et al. (2003)	103	78%	22%
Okcu und Aktuglu (2004)	60	75%	25%
Marsh et al. (2003)	56	74%	26%
Topliss et al. (2005)	126	73%	27%
Sands et al. (1998)	64	72%	28%
Pilonstudie Göttingen (2010)	129	71%	29%
Patterson und Cole (1999)	22	71%	29%
Wyrsh et al. (1996)	39	69%	31%
Sirkin et al. (1999)	56	68%	32%
Helfet et al. (1994)	32	66%	34%
Bone et al. (1993)	20	65%	35%
Kilian et al. (2002)	107	65%	35%
Babis et al. (1997)	67	62%	38%

Häufiger waren die Patienten auf der rechten (59,52%), als auf der linken Seite (37,3%) betroffen. Bei Borens et al. (2006) waren die Patienten zu 70% auf der rechten und 30% auf der linken Seite betroffen. Bei Teeny und Wiss (1993) waren 57% der Frakturen rechts und 43% links. Das Überwiegen der rechten Seite ist möglicherweise auf die häufigen Pedalcrashes zurückzuführen, bei denen das Gas-, bzw. Bremspedal mit dem rechten Fuß bedient wird und somit beim Aufprall die Energie über diesen Fuß auf das Sprungbein übertragen wird, welches dann wie ein

Keil wirkt, der die Tibiagelenkfläche zerstört. Patienten mit beidseitigen Pilon-tibiale-Frakturen fanden sich bei den eigenen Patienten bei 3,17%. Der Anteil an beidseitigen Pilonfrakturen liegt in der Literatur (Tab. 5.02) zwischen 2% und 8% (\bar{x} = 5,11%). Einige Autoren (Pollak et al. 2003) haben eine gleichzeitige kontralaterale Pilonfraktur als Ausschlusskriterium gewertet. Die beidseitige Fraktur stellt insbesondere ein Problem bei der Wiederaufnahme der Belastung dar, da es keine gesunde Extremität gibt, die zur Entlastung der verletzten Seite dienen kann.

Tab. 5.02 ▼ Häufigkeit beidseitiger Pilonfrakturen in der Literatur, n = Anzahl untersuchter Frakturen

	n	beidseitige Fraktur
Endres et al. (2003)	50	2,00%
Pilonstudie Göttingen (2010)	126	3,17%
Teeny und Wiss (1993)	60	3,30%
Topliss et al. (2005)	126	3,30%
Patterson und Cole (1999)	22	4,80%
Sirkin et al. (1999)	56	5,36%
Sands et al. (1998)	64	6,30%
Marsh et al. (2003)	56	7,10%
Pollak et al. (2003)	103	8,00%

Das Alter der eigenen Patienten betrug $42,93 \pm 14,62$ Jahre [14-76]. Bei Männern lag es bei $41,91 \pm 12,84$ Jahren [14-74], bei Frauen bei $44,3 \pm 18,26$ Jahren [15-76]. In der Literatur (Tab. 5.03) liegt das durchschnittliche Alter zwischen 35 und 49 Jahren (\bar{x} = 41,14 Jahre) bei den größten Kollektiven zwischen 40 und 45 Jahren - die eigenen Ergebnisse entsprechen so dem Mittelwert der Literatur. Die Unterschiede sind hier auch durch die Größe der Kollektive und den Einzugsbereich der Krankenhäuser, sowie die Aufgabenstellungen der Untersuchungen bedingt.

Tab. 5.03 ▼ Durchschnittliches Alter der Patienten mit Pilonfrakturen in der Literatur, n = Anzahl untersuchter Frakturen, Alter in Jahren

	n	Alter
Teeny und Wiss (1993)	60	35
Sands et al. (1998)	64	37
Sirkin et al. (1999)	56	37
Barei et al. (2006)	40	38
Helfet et al. (1994)	32	38
Williams et al. (2004)	32	38
Wyrsh et al. (1996)	39	38
Okcu und Aktuglu (2004)	60	39
Blauth et al. (2001)	51	40
Shih-Hao et al. (2007)	128	40
Babis et al. (1997)	67	42
Kilian et al. (2002)	107	42
Pilonstudie Göttingen (2010)	125	43
Bone et al. (1993)	20	44
Conroy et al. (2003)	32	44
Pollak et al. (2003)	103	44
Endres et al. (2003)	50	45
Topliss et al. (2005)	126	45
Bhattacharyya et al. (2005)	19	46
Borens et al. (2006)	17	48
Patterson und Cole (1999)	22	49

Die Unfallursachen resultieren, wie in Kap. 1.8 beschrieben, aus drei Mechanismen, wobei es wiederum für jeden Mechanismus verschiedene Ursachen geben kann. Der exakte Pathomechanismus der Frakturen lässt sich allerdings nur schwer eruieren. Die Stellung des Fußes und die Richtungen der einwirkenden Kräfte zum Unfallzeitpunkt können retrospektiv praktisch nur der Anamnese und der Frakturmorphologie entnommen werden. Eine genaue Zuordnung zu einem Unfallmechanismus wird dementsprechend erschwert, insbesondere dort, wo zwischen einem Überwiegen von axialer Stauchung beziehungsweise Rotationskräften unterschieden wird.

Je nach Aufschlüsselung der Ursachen, Fragestellung der Arbeit und Einzugsgebiet der Krankenhäuser variieren die Angaben bezüglich der Unfallursachen in der Literatur erheblich. Wie in dieser Arbeit auch, sehen aber die meisten Autoren (Blauth et al. 2001, Borens et al. 2006, Conroy et al. 2003, Ditzen et al. 2001, Endres

et al. 2004, Kilian et al. 2002, Mutschler und Haas 1999, Rüter et al. 1995, Shih-Hao et al. 2007, Teeny und Wiss 1993) mit 60-70% heute die axiale hochenergetische Stauchung bei Verkehrsunfällen und Stürzen als hauptsächliche Ursachen. Damit unterscheiden sich die neueren Untersuchungen wesentlich von historischen Arbeiten (Rüedi et al. 1968), wo oftmals insbesondere niederenergetische Ursachen im Vordergrund standen.

5.2 Frakturklassifikation

Am häufigsten werden in der Literatur die AO-Klassifikation und die Klassifikation nach Rüedi und Allgöwer (1979) verwendet. Andere Klassifikationssysteme sind in der Literatur nur sehr vereinzelt, meist in älteren Arbeiten, zu finden. Die Frakturklassifikation soll es ermöglichen das Gesamtausmaß der Verletzungen einzuschätzen, eine Behandlungsstrategie festzulegen und eine prognostische Einschätzung vorzunehmen.

Die Definition der Pilonfrakturen und die Zuordnung entsprechend den Klassifikationsgruppen sind allerdings äußerst anspruchsvoll und in der Literatur keinesfalls immer einheitlich. Weiterhin werden durch die Standardverfahren der bildgebenden Diagnostik nicht immer alle Aspekte zur Klassifikation der Frakturen erfasst, so dass sich das Gesamtausmaß der Verletzung erst intraoperativ zeigt. Auch werden in der AO-Klassifikation nicht alle Parameter erfasst, die das Behandlungsergebnis mutmaßlich beeinflussen. Weiterhin gibt es bislang keine Einigung darüber, wie das therapeutische Vorgehen von der Klassifikation der Fraktur abhängig gemacht wird. Dies zeigt sich in dieser Arbeit insbesondere bei den C3-Frakturen, bei denen insgesamt sechs verschiedene Behandlungsstrategien zur Anwendung kamen.

Entsprechend der Unfallursachen und der Fragestellungen der Arbeiten unterscheiden sich auch die Angaben zu den Frakturklassifikationen in den verschiedenen Untersuchungen. Wie auch in dieser Arbeit waren (entsprechend der Klassifikation der AO) die Frakturen meistens ($\bar{x} = 80,52\%$) mit 43C zu klassifizieren (Tab. 5.04). In dieser Arbeit waren es 62% Typ-C-Verletzungen. Der häufigste Frakturtyp war je nach Kollektiv C2 oder C3. Lediglich Conroy et al. (2003) hatten zu fast zwei Dritteln 43B-Frakturen und nur etwa ein Drittel 43C-Frakturen, obwohl es

sich in dieser Untersuchung insbesondere um Frakturen mit schwerem Weichteilschaden handelte, der, wie bereits erwähnt, einen indirekten Indikator für die Schwere der Verletzung darstellt. Insbesondere bei Borens et al. (2006) und Okcu und Aktuglu (2004), sowie bei Blauth et al. (2001) gilt zu beachten, dass die Fragestellungen der Arbeiten die hohen Anteile an Typ-C-Frakturen begründen. Würde man Untersuchungen, die sich insbesondere mit einem „schwerem Weichteilschaden“ oder einem „schweren Ausmass der Verletzung“ beschäftigen aus den Berechnungen weglassen, würde der Anteil an Typ-C-Verletzungen wahrscheinlich deutlich unter 80% sinken.

Tab. 5.04 ▾ Frakturklassifikation nach der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen in der Literatur, n = Anzahl untersuchter Frakturen

	n	43B	43C
Borens et al. (2006)	17	0%	100%
Okcu und Aktuglu (2004)	60	0%	100%
Williams et al. (2004)	32	6%	94%
Blauth et al. (2001)	51	8%	92%
Topliss et al. (2005)	126	8%	92%
Kilian et al. (2002)	107	18%	82%
Barei et al. (2006)	40	24%	76%
Pollak et al. (2003)	103	26%	74%
Sands et al. (1998)	64	26%	74%
Bhattacharyya et al. (2005)	19	32%	68%
Pilonstudie Göttingen (2010)	121	38%	62%
Endres et al. (2003)	50	42%	58%
Conroy et al. (2003)	32	66%	34%

Prognostisch zeigen sich hinsichtlich der Klassifikation zum Teil deutliche Unterschiede. So steigt in dieser Arbeit die Zahl der notwendigen Operationen von durchschnittlich 2,05 bei B1-Frakturen auf 3,5 bei C3-Frakturen an. Die Folgeoperations- und Komplikationsrate steigt ebenso von 0,7 pro Patient bei B1-Frakturen auf 1,68 bei C3-Frakturen. Die Zahl der komplikationsfreien Verläufe sinkt innerhalb der Gruppen B und C von Subtyp 1 nach 3, also mit zunehmender Komplexität der Fraktur. Infektionen traten nur bei Frakturen auf, die mit C2 oder C3 klassifiziert wurden.

Nach dem Score von Olerud und Molander erreichten die B-Frakturen im Mittel 66 ± 25 [0-100] Punkte und damit ein „gutes“ Ergebnis, die C-Frakturen mit 57 ± 24 [5-

100] Punkten nur ein „mäßiges“ Ergebnis, was der herkömmlichen Annahme entspricht, dass sich die Resultate von der Gruppe B zur Gruppe C, und innerhalb der Untergruppen 1-3 verschlechtern (Müller 1991).

5.3 Zusammenspiel demographischer Daten und der Frakturklassifikation

Es wird gezeigt, dass Männer vor allem höherenergetische Stauchungsfrakturen erleiden, die in komplexeren Frakturmustern münden, wohingegen Frauen häufiger niederenergetische Frakturen mit zusätzlicher Rotationskomponente erleiden, die häufiger einfachere Frakturmorphologien aufweisen. Eine statistische Signifikanz besteht nicht. Im höheren Alter findet sich dahingegen generell häufiger eine niederenergetische Frakturform mit Rotationskomponente. Bedingt werden diese Sachverhalte auch durch ein generell höheres Risikoverhalten von Männern gegenüber Frauen und eine zunehmende Brüchigkeit des Knochens im Alter.

5.4 Begleitverletzungen

5.4.1 Fibulafraktur

Die Häufigkeit einer ipsilateralen Fibulafraktur betrug im eigenen Patientenkollektiv 78%. Die Angaben in der Literatur (Tab. 5.05) liegen zwischen 75% und 93% (\bar{x} = 83,26%). Damit sind Fibulafrakturen im Zusammenhang mit Pilonfrakturen eher die Regel als die Ausnahme.

Tab. 5.05 ▼ Häufigkeit von gleichseitigen Fibulafrakturen bei Pilonfrakturen in der Literatur, n = Anzahl der untersuchten Frakturen

	n	Fibulafraktur
Shih-Hao et al. (2007)	128	75%
Babis et al. (1997)	67	76%
Pilonstudie Göttingen (2010)	123	78%
Blauth et al. (2001)	51	80%
Helfet et al. (1994)	34	82%
Topliss et al. (2005)	126	84%
Barei et al. (2006)	40	91%
Okcu und Aktuglu (2004)	60	91%
Wyrsh et al. (1996)	39	92%
Marsh et al. (2003)	56	93%

Die Bedeutung der Fibulafraktur im Zusammenhang mit Pilonfrakturen ist allerdings nur wenig beschrieben. In der Frakturklassifikation der AO findet sie keine Beachtung. Allerdings wird bei Barei et al. (2006) beschrieben, dass die gleichzeitige Fibulafraktur bei Pilonfrakturen eine Bedeutung für die (radiologische) Schwere der Verletzung besitzt. Weiterhin konnte dort gezeigt werden, dass Fibulafrakturen signifikant häufiger mit Typ-C-Verletzungen, als mit Typ-B-Verletzungen assoziiert waren. Diese Signifikanz konnte bei den eigenen Patienten nicht gezeigt werden.

Auch wird der korrekten Achsen- und Längenwiederherstellung der Fibula für die Biomechanik des Gelenks und für die Prognose des Endergebnisses bei der Behandlung von Sprunggelenk- und Malleolarfrakturen eine große Bedeutung beigemessen (Grass et al. 2003, Lorez und Hintermann 1999, Otto 2003, Rammelt et al. 2004).

Im eigenen Patientengut konnte gezeigt werden, dass die Patienten die keine Fibulafraktur erlitten hatten, insgesamt ihr Behandlungsergebnis besser bewerteten als die Patienten, die eine Fibulafraktur erlitten hatten, auch wenn dieses Ergebnis nicht signifikant war. Außerdem war bei Patienten die eine Fibulafraktur erlitten hatten die Dorsalextension, Plantarflexion, Pronation und Supination durchschnittlich stärker eingeschränkt, als bei Patienten, die keine ipsilaterale Fibulafraktur erlitten hatten.

5.4.2 Lokale und stauchungsbedingte knöcherne Begleitverletzungen

Abhängig vom Pathomechanismus der Fraktur kommt es neben Verletzungen der distalen Tibia auch zu Verletzungen anderer, unmittelbar benachbarter, knöcherner Strukturen. Neben der Fibula ist dies oft der Malleolus medialis. Nach der Lauge-Hansen-Klassifikation von Frakturen des oberen Sprunggelenks (Lauge-Hansen 1948, 1950) kommt es bei jeder möglichen Frakturform des Sprunggelenks bei ausreichender Intensität und Dauer der einwirkenden Kraft auch zu einer Fraktur des Malleolus medialis.

Im eigenen Patientengut frakturierte der Innenknöchel bei einem Drittel aller Pilonfrakturen. Die Häufigkeiten dieser Frakturen im Zusammenhang mit Pilonfrakturen werden in der Literatur nicht beziffert. Allerdings wird im Schrifttum

darauf verwiesen, dass die medialen Strukturen des Sprunggelenks von besonderer Bedeutung für die Gelenkstabilität sind und in ihrer Gesamtheit, also einschließlich der ligamentären Strukturen, als primäre Stabilisatoren des Gelenks gesehen werden können (Rammelt et al. 2004). Neben der Schädigung des Gelenkknorpels haben Verletzungen der Sprunggelenkinnenseite mit die größte Bedeutung im Hinblick auf Arthroseentstehung im oberen Sprunggelenk (Meyer-Wölbert et al. 1999).

Die Auswertungen dieser Arbeit zeigen allerdings auch, dass Patienten, die eine Fraktur des Malleolus medialis erlitten haben, das Behandlungsergebnis insgesamt nicht schlechter beurteilten, als diejenigen, ohne Fraktur des Malleolus medialis. Die Beweglichkeit im Sprunggelenk bei Patienten ohne Innenknöchelfraktur war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung insgesamt sogar stärker eingeschränkt, als bei Patienten mit Fraktur des Innenknöchels. Nach Lorez und Hintermann (1999) verschlechtert sich die Prognose von Malleolarverletzungen bei Beteiligung des Malleolus medialis. Dort konnte gezeigt werden, dass Knorpelschäden des Malleolus medialis zu einer signifikant schlechteren sagittalen Beweglichkeit und signifikant schlechteren klinischen Resultaten führten.

Auch wird immer wieder in der Literatur betont, dass es bedingt durch den Verletzungsmechanismus zu sprunggelenkfernen Verletzungen durch Weiterleitung der Stauchungsenergie kommt. Ihre Häufigkeiten werden in der Literatur oft nicht detailliert beschrieben; bei den eigenen Patienten zeigten sich aber vor allem auch Wirbelsäulenverletzungen in größerem Umfang (12,4%). Dabei bleibt aber offen, wie groß der Anteil an Verletzungen der Wirbelsäule ist, der durch eine Weiterleitung der Stauchungsenergie entstanden ist, und wie groß der Anteil an Verletzungen der Wirbelsäule ist, der unabhängig davon im Rahmen von Mehrfachverletzungen oder Polytraumen entstanden ist.

Weitere Begleitverletzungen sind ipsilaterale Frakturen von Talus oder Calcaneus. Diese traten in dieser Untersuchung mit jeweils 2,33% gemeinsam mit Pilonfrakturen auf. Bei Endres et al. (2003, 2004) fanden sich Frakturen dieser Knochen bei 8%. Um den Einfluss von diesen Verletzungen auf das Behandlungsergebnis auszuschließen, wurden Patienten mit Frakturen oder anderen Operationen der gleichen Extremität bei Shih-Hao et al. (2007) aus den Untersuchungen

ausgeschlossen. Der Einfluss dieser Verletzungen auf das Behandlungsergebnis kann in dieser Arbeit wegen der geringen Anzahl nicht schlüssig beurteilt werden. Bemerkenswert kann aber, dass der mittlere Punktwert nach dem Score von Olerud und Molander bei Patienten mit Frakturen des Talus lediglich bei 35 lag.

5.4.3 Ligamentäre Begleitverletzungen

Auf die anatomischen und biomechanisch bedeutenden ligamentären Strukturen, sowie die Bedeutung von deren Suffizienz für einen intakten Bewegungsablauf, wurde bereits hingewiesen.

Die retrospektive Untersuchung der einzelnen verletzten Anteile und ihre Bedeutung für den komplexen Zusammenhang bei Pilonfrakturen war allerdings nicht möglich. Lediglich Verletzungen der distalen tibiofibulären Syndesmose konnten beurteilt werden.

Neben der biomechanisch bedeutenden Syndesmose im intakten Sprunggelenk, kommt der tibiofibulären Syndesmose bei Pilonfrakturen eine weitere besondere Bedeutung zu. Ist sie bei der Fraktur intakt geblieben und mit einem Tibiafragment verbunden, so erleichtert dies den Wiederaufbau der tibialen Gelenkfläche, da Position und Niveau, nach Wiederherstellung der Achsen- und Längenverhältnisse der Fibula, exakt bestimmt werden können.

Im eigenen Patientenkollektiv ist diese syndesmale Verbindung in zwei Dritteln der Fälle intakt geblieben. Große Unterschiede bestanden allerdings bei dem Vergleich von Syndesmosenverletzung und Unfallmechanismus. Dabei waren bei Distorsionsverletzungen signifikant häufiger Syndesmosenverletzungen zu beobachten.

Das Auftreten von Syndesmosenverletzungen bei Pilonfrakturen wird in der Literatur zwar regelmäßig beschrieben, ebenso wie eine häufige Unversehrtheit der Syndesmose, jedoch nicht näher beziffert.

Die funktionsgerechte Wiederherstellung der distalen Syndesmose hat nach Grass et al. (2000) eine eminente Bedeutung für die dynamische Führung des Talus unter Lastbedingungen und damit für die Entstehung von Inkongruenzarthrosen im oberen Sprunggelenk bei Syndesmoseninstabilität.

In dieser Auswertung beurteilte ein Drittel der Patienten mit Syndesmosenverletzung (33%) das Gesamtergebnis ihrer Behandlung mit „gut“ oder „sehr gut“ und zwei Drittel mit „mäßig“ oder „schlecht“. Bei den Patienten ohne Syndesmosenverletzung urteilten 41% mit „gut“ oder „sehr gut“ und 59% mit „mäßig“ oder „schlecht“. D.h., das Behandlungsergebnis der Patienten ohne Syndesmosenverletzung war durchschnittlich besser, obwohl es sich bei diesen Patienten zu zwei Dritteln (64%) um Typ-C-Verletzungen handelte. Die Unterschiede waren allerdings nicht signifikant und in Bezug auf die Schmerzen gaben auch 61% der Patienten mit Syndesmosenverletzung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung an, wenig oder keine Schmerzen zu haben. Entsprechend urteilten 39% der Patienten moderate oder starke Schmerzen zu haben. Bei den Patienten die keine Syndesmosenverletzung erlitten hatten lag der Anteil an Patienten die keine oder wenig Schmerzen hatten nur bei 46%, der Anteil mit moderaten oder starken Schmerzen bei 54%. Aber auch hier konnte kein signifikanter Unterschied gesehen werden.

Nach Lorez und Hintermann (1999) hat eine Mitverletzung der Syndesmose keinen signifikanten Einfluss auf das Endresultat. Sie untersuchten allerdings auch die Bedeutung von Begleitverletzungen bei Malleolarfrakturen. Grass et al. (2000) wiederum weisen darauf hin, dass eine subtile intraoperative Diagnostik und Therapie der begleitenden Syndesmosenverletzung unabdingbar scheint, um die Folgen einer chronischen Syndesmoseninstabilität zu vermeiden.

5.4.4 Weichteilverletzungen

Eine Einteilung des Weichteilschadens in verschiedene Schweregrade an Hand der Krankenakten und Operationsberichte war retrospektiv nicht sicher möglich. Allerdings konnte auf Grundlage der Dokumentationsmaterialien zwischen offenen und geschlossenen Frakturen unterschieden werden. Es zeigten sich im eigenen Patientenkollektiv 69% geschlossene und 31% offene Frakturen. In der Literatur (Tab. 5.06) liegen diese Werte zwischen 16-80% für offene Frakturen (\bar{x} = 33,6%) und 20-84% für geschlossene Frakturen. Die eigenen Ergebnisse entsprechen somit dem Mittelwert der Literatur.

Tab. 5.06 ▼ Häufigkeitsverteilung von offenen und geschlossenen Frakturen in der Literatur, n = Anzahl der untersuchten Frakturen

	n	offen	geschlossen
Babis et al. (1997)	67	16%	84%
Borens et al. (2006)	17	18%	82%
Bhattacharyya et al. (2005)	19	21%	79%
Endres et al. (2003)	50	24%	76%
Kilian et al. (2002)	107	25%	75%
Wyrsh et al. (1996)	39	26%	74%
Okcu und Aktuglu (2004)	60	27%	73%
Sands et al. (1998)	64	27%	73%
Topliss et al. (2005)	126	28%	72%
Patterson und Cole (1999)	22	29%	71%
Shih-Hao et al. (2007)	128	30%	70%
Pilonstudie Göttingen (2010)	124	31%	69%
Blauth et al. (2001)	51	37%	63%
Marsh et al. (2003)	56	39%	61%
Pollak et al. (2003)	103	39%	61%
Sirkin et al. (1999)	56	40%	60%
Helfet et al. (1994)	34	56%	44%
Bone et al. (1993)	20	60%	40%
Teeny und Wiss (1993)	60	80%	20%

Der Weichteilschaden ist unstrittig mitentscheidend für die Beurteilung, die Therapiewahl und das Ergebnis von Pilonfrakturen.

Hier konnte gezeigt werden, dass offene Verletzungen mit steigender Unfallenergie, also jeweils innerhalb der Frakturgruppe 43B oder 43C von Subtyp 1 nach 3 signifikant zunehmen. Dies entspricht der Aussage von Hahn und Thies (2002), dass die Frakturmorphologie einen indirekten Hinweis für die Schwere der Verletzungen des Weichteilmantels darstellt und dabei komplexere Frakturtypen auch mit schwereren Weichteilschädigungen einhergehen.

Im eigenen Patientengut konnte weiterhin gezeigt werden, dass offene Verletzungen häufiger mit Infektionen einhergingen, auch wenn dieser Unterschied hier nicht signifikant war, und dass offene Frakturen insgesamt auch mehr Folgeoperationen nach sich zogen.

5.4.5 Ausmaß der Verletzung und beteiligte Strukturen

Lange et al. (1984) stellten fest, dass die Summe der knöchernen Einzelläsionen die Hauptbedeutung für die posttraumatische Arthroseentstehung bei Sprunggelenkfrakturen hat. Die Auswirkung der Einzelläsionen auf die Entwicklung

von Beschwerden und welche verletzten Sprunggelenkanteile die Rehabilitation am meisten beeinträchtigen, ist unklar. Der Heilungserfolg richtet sich nach dem Ausmaß der Gelenkzerstörung und eine schlechte Prognose ergibt sich erst aus der Kombination mehrerer Verletzungskomponenten (Meyer-Wölbert 1999).

Untersucht man die Frakturen hinsichtlich der Klassifikation (Typ B oder C), der Beteiligung der Fibula und des Malleolus medialis (Fraktur oder nicht), sowie einer Syndesmosenbeteiligung (verletzt oder intakt) und des Weichteilschadens (offen oder geschlossen) zeigt sich, dass das Behandlungsergebnis tendenziell schlechter wird, je mehr Strukturen gleichzeitig betroffen sind. Signifikante Unterschiede zeigten sich jedoch nicht.

5.5 Behandlungsstrategie

Auch wenn in der Literatur zu Pilonfrakturen mehrheitlich ein zweizeitiges Vorgehen in der Behandlung angestrebt wird, und die klassischen vier Schritte bei der Rekonstruktion der Gelenkfläche operationstaktisch meistens Anwendung finden, gibt es zahlreiche Varianten in den Behandlungsstrategien. In dieser Untersuchung fanden sieben verschiedene Taktiken Anwendung, wobei es weitere Differenzen innerhalb jeder Strategie geben konnte hinsichtlich der konsequenten Anwendung des vierschrittigen Vorgehens bei der Rekonstruktion der Gelenkfläche oder der verwendeten Materialien.

Vergleiche der Gruppen untereinander und mit der Literatur werden weiter dahingehend erschwert, dass es zum Teil große Unterschiede in der Größe der Vergleichsgruppen, ebenso wie in Bezug auf demographische Daten, die Frakturklassifikation und andere Parameter gab.

In der eigenen Untersuchung wurde die überwiegende Zahl an Frakturen (59%) in einem einzeitigen Verfahren mittels primärer offener Reposition und interner Fixation (OSTEOSYNTHESE) versorgt. Diese Strategie war in dieser Untersuchung eines der Verfahren mit der geringsten Folgeoperations- und Komplikationshäufigkeit und mit einem der größten Anteile an komplikationsfreien Patienten. Die Infektionsrate betrug 6,8%, was eine der niedrigsten Infektionsraten dieser Untersuchung im Vergleich zu den anderen Strategien war. Die Arthrodeserate betrug 6,76%, die Pseudarthroserate 6,8% und die Amputationsrate 0%. Nach dem Bewertungsschema von Olerud und Molander konnten diese Frakturen in der

Auswertung mit 58 Punkten, also einem „mäßigen“ Ergebnis bewertet werden, was dem durchschnittlichen Ergebnis aller einzeitigen Verfahren entspricht.

Conroy et al. (2003) zeigten in ihrer Arbeit an 32 Patienten die innerhalb von 24 Stunden mittels offener Reposition und interner Fixation behandelt wurden, dass dieses Verfahren zu guten funktionellen Langzeitergebnissen mit niedrigen Infektions- (13%), Amputations- (6%), Arthrodesen- (0%) und Pseudarthrosenraten (0%) führte.

Zu beachten ist, dass es sich bei Conroy et al. (2003) um zwei Drittel Typ-B-Verletzungen handelte. Die Auswertung der Ergebnisse von Conroy et al. (2003) erfolgte weiterhin nach dem SF36-Schema (short form 36), einem zwar validierten, aber für den Gesamtgesundheitszustand stehenden Schema nach der Norm der US-amerikanischen Bevölkerung. Ein Bewertungsschema zur Nachuntersuchung von Sprunggelenkfrakturen wurde nicht benutzt. Nach den gleichen Auswertungskriterien erfolgte die Arbeit von Sands et al. (1998). Die Arthrodesen- und Infektionsraten lagen hier jeweils bei 5%. Kilian et al. (2002) wiesen in ihrer Untersuchung bei alleiniger interner Fixierung die niedrigsten Infektionsraten nach.

Bei einem weiteren einzeitigen Verfahren wurde zusätzlich zur Osteosynthese ein Fixateur externe angelegt (OSTEOSYNTHESE + FE). Es war mit 17% das insgesamt zweithäufigste angewendete Verfahren dieser Untersuchung. Die Infektionsrate lag hier mit 38% signifikant höher als bei der alleinigen OSTEOSYNTHESE und zeigte die höchste Infektionsrate dieser Untersuchung. Die Operationsdauer war mit durchschnittlich 4 Stunden und 44 Minuten die längste im Vergleich aller Strategien. Auch die Arthrodeserate war mit 25% signifikant höher als bei der OSTEOSYNTHESE. Die Pseudarthrosenrate lag ebenfalls höher, hier jedoch nicht signifikant. Nach diesem Operationsverfahren kam es zu $4,5 \pm 2,75$ [1-11] Operationen pro Fraktur. Diese Strategie zeigte eine der höchsten Folgeoperations- und Komplikationsraten dieser Untersuchung. Zu bemerken ist hier, dass es bei der Anwendung dieses Verfahrens auch signifikant mehr offene Verletzungen und signifikant mehr Typ-C-Verletzungen gab, als bei der alleinigen OSTEOSYNTHESE. Dennoch konnte ein Gesamtergebnis erreicht werden, dass mit 60,5 Punkten nach dem Score von Olerud und Molander zwar einem „mäßigen“ Ergebnis entsprach, aber über dem der alleinigen OSTEOSYNTHESE lag.

Bone et al. (1993) berichten in ihrer Untersuchung an 20 Patienten die nach dieser Strategie behandelt wurden, bis auf zwei oberflächliche Infektionen mit konsekutiver Pinumsetzung, über keine Infektionen und eine Arthrodeserate von 10%. Insgesamt über 30% gute oder sehr gute Ergebnisse, 45% mäßige Ergebnisse und 25% schlechte Ergebnisse. Die Bewertung erfolgte hier nach eigenen Kriterien der Autoren.

Das insgesamt beste Ergebnis dieser Untersuchung konnte mittels MINIMALOSTEOSYNTHESE erreicht werden. Die Patienten konnten nach dem Score von Olerud und Molander mit $95,0 \pm 7,07$ [90-100] Punkten bewertet werden, einem „sehr guten“ und damit dem besten Ergebnis dieser Untersuchung. Mit einer Operationsdauer von im Mittel 1 Stunde und 32 Minuten war dies zusätzlich das schnellste Operationsverfahren. Weiterhin mussten alle Patienten lediglich einmal operiert werden, was kein anderes Verfahren erreichte. Ebenfalls unerreicht waren die Infektions-, Arthrodes- und Pseudarthroseraten von jeweils 0%.

Dieses Verfahren wurde allerdings auch nur bei 3% (n=4) der Patienten angewendet. Alle Frakturen waren mit Typ B1 klassifiziert, offene Frakturen lagen in 25% der Fälle vor.

Als zweizeitiges Verfahren kam eine Strategie zur Anwendung, bei der in einem ersten Schritt die Rekonstruktion der Fibula und die Anlage eines Fixateur externe erfolgte. In einem zweiten Schritt wurde der Fixateur externe entfernt und die Rekonstruktion der tibialen Gelenkfläche durchgeführt. Dieses Verfahren erfolgte in der eigenen Untersuchung bei 3,17% der Frakturen. Die Infektionsrate lag bei 25%, ebenso wie die Arthrodeserate. Damit lagen sie deutlich über denen des einzeitigen Verfahrens mittels OSTEOSYNTHESE. Pseudarthrosen entwickelten sich allerdings bei keinem Patienten. Die Folgeoperations- und Komplikationsrate war die dritthöchste im Vergleich aller sieben Strategien.

Mit 59 Punkten nach dem Score von Olerud und Molander liegt auch hier ein durchschnittliches Ergebnis mit 50% guten und 50% mäßigen Ergebnissen vor.

Patterson und Cole (1999) werteten in einer Untersuchung 22 Patienten aus, die nach der gleichen Strategie behandelt wurden. Die Auswertung zeigte dort 77% gute, 14% mäßige und 9% schlechte Ergebnisse. Es gab keine Infektionen und die Arthrodeserate lag bei 9%. Sie sahen einen wesentlichen Vorteil bei den geringen

Weichteilkomplikationen. Auch Sirkin et al. (1999) berichten in ihrer Untersuchung von nur 5,3% Wundkomplikationen und führen diese geringe Rate auf ihr zweizeitiges Behandlungsprotokoll mit primärer Fibularekonstruktion und zusätzlicher Stabilisierung durch einen Fixateur externe und sekundärer offener Reposition und interner Fixation der Tibiagelenkfläche nach abschwellen der Weichteile zurück.

Hier ist bei dem Vergleich sowohl die geringe Fallzahl (n=4) im eigenen Kollektiv zu beachten, als auch die unterschiedlichen Auswertungsschemata. Patterson und Cole benutzten zur Auswertung einen modifizierten Score nach Kriterien von Burwell und Charnley (1965). Sirkin et al. (1999) verglichen ihre Zahlen mit den Kollektiven anderer Autoren und untersuchten nicht die Langzeitergebnisse der Frakturheilung.

Das Verfahren der primären Stabilisierung mittels Fixateur externe und sekundären Osteosynthese war mit 12,7% die häufigste zweizeitige Operationsstrategie dieser Untersuchung.

Das Gesamtergebnis war mit 54 Punkten nach dem Score von Olerud und Molander ebenfalls „mäßig“. Infektionen und Arthrodesen traten in 6,25% der Fälle auf, Pseudarthrosen entwickelten sich keine. In Bezug auf Infektionen, Arthrodesen und Pseudarthrosen unterschieden sich diese Ergebnisse damit nicht signifikant zu denen der primär mittels OSTEOSYNTHESE versorgten Frakturen. Schon aber hinsichtlich der Operationszeit. Diese betrug mit 3 Stunden und 56 Minuten genau 60 Minuten mehr. Und auch die durchschnittliche Operationshäufigkeit unterschied sich. Während die Frakturen der zweizeitigen Strategie mit primärer Fixateur externe Anlage und sekundärer Osteosynthese $4,0 \pm 2,03$ [2-8] mal operiert werden mussten, war dies bei der einzeitigen OSTEOSYNTHESE nur $2,4 \pm 1,53$ [1-9] mal pro Fraktur notwendig. Dennoch zeigte dieses Verfahren eine der geringsten Folgeoperations- und Komplikationsraten dieser Untersuchung.

In dieser Arbeit wurde die überwiegende Zahl an Frakturen (81%) in einem einzeitigen Verfahren versorgt. Nach dem Score von Olerud und Molander konnten diese Frakturen in der Auswertung durchschnittlich mit 59,89 Punkten, also einem „mäßigen“ Ergebnis, bewertet werden, was dem Gesamtdurchschnitt aller Frakturen dieser Arbeit (58,91 Punkte) entspricht. Nach diesen Verfahren musste $2,86 \pm 2,05$ [1-11] mal pro Fraktur operiert werden. Pro Patient kam es zu 1,38

Folgeoperationen/Komplikationen. Arthrodesen waren in 11% der Fälle notwendig, Infektionen kamen bei 14% vor und Pseudarthrosen bei 6,9%.

19% der Frakturen wurden nach einem zweizeitigen Verfahren behandelt. Nach dem Score von Olerud und Molander konnten diese Frakturen in der Auswertung durchschnittlich mit 56,39 Punkten bewertet werden, also mit 3,5 Punkten weniger als bei den einzeitigen Verfahren. Nach diesem Verfahren musste $3,92 \pm 1,74$ [2-8] mal pro Fraktur operiert werden, was signifikant mehr ist, als es bei den einzeitigen Verfahren der Fall war. Pro Patient kam es zu 1,29 Folgeoperationen/Komplikationen. Infektionen kamen bei 8% vor, Arthrodesen bei 12,5% und Pseudarthrosen bei 0%.

Zwischen den einzeitigen und den zweizeitigen Verfahren zeigten sich hinsichtlich der Folgeoperations- und Komplikationshäufigkeiten keine signifikanten Unterschiede. Allerdings waren in der Gruppe der Patienten, die mittels eines zweizeitigen Verfahrens behandelt wurden signifikant mehr offene Verletzungen und signifikant mehr Typ-C-Verletzungen.

Diese Vergleiche zeigen, dass es zwar zum Teil beträchtliche Unterschiede hinsichtlich einzelner Aspekte zwischen den Operationsverfahren gibt, diese Unterschiede sich aber relativieren, je mehr Parameter in die Beurteilung mit einbezogen werden. Weiterhin gibt es bei den einzelnen Operationsverfahren zusätzlich Unterschiede bzw. Modifikationen, wie bei dem verwendeten Osteosynthesematerial oder der Konsequenz in der Einhaltung des vierschrittigen Vorgehens bei der Osteosynthese. Unter Einbeziehung demographischer Daten, der Frakturklassifikation und weiterer beteiligter Strukturen, sowie der Langzeitresultate in Bezug auf Beweglichkeit oder Schmerzen, ergeben sich noch weitaus mehr Unterschiede hinsichtlich der Vergleichsgruppen. Es unterscheiden sich aber auch die zur Beurteilung herangezogenen Parameter in ihrer Bedeutung, sowohl für den Verlauf der Behandlung und das objektivierbare Gesamtergebnis, aber auch für das subjektive Ergebnis des Patienten.

5.6 Folgeoperationen und Komplikationen

Die Zahl und der Umfang an Folgeoperationen und Komplikationen beeinflussen die Ergebnisse einer Behandlungsstrategie ebenso, wie die funktionellen Resultate. Ausmaß und Bedeutung der Folgeoperationen und Komplikationen sind jedoch nur schwierig zu beurteilen und zu vergleichen, da jeder Untersuchung zumeist andere Kriterien zugrunde gelegt werden. Meist werden nur wenige, wenn auch bedeutende Komplikationen zur Auswertung herangezogen. Die Bedeutung jeder einzelnen Komplikation für das Gesamtergebnis bleibt jedoch weiterhin unklar, ebenso wie die Bedeutung anderer, nicht beachteter Komplikationen. Einen Einfluss auf die Komplikationsrate haben viele Aspekte. Dazu gehören der Frakturtyp, weitere lokale Begleitverletzungen, das Ausmass der Verletzungen, der Weichteilschaden, die Knochenqualität und der Operationszeitpunkt, aber auch das Operationsverfahren und das perioperative Management.

5.6.1 Wundverschluss

Ein primärer Wundverschluss konnte bei 40% aller Frakturen nicht erreicht werden. Bei Blauth et al. (2001) waren dies 49%, bei Bhattacharyya et al. (2005) 0%. Im eigenen Kollektiv folgten auf jede Fraktur ohne primären Wundverschluss $1,02 \pm 0,622$ [0-3] weitere Operationen zur Deckung der Wunde, womit dieser Umstand an Bedeutung gewinnt.

Bei den einzeitigen Operationsstrategien war ein primärer Wundverschluss bei 61% zu erreichen, bei den zweizeitigen Strategien nur bei 57%, obwohl es bei diesen bereits zu einem Anschwellen der Weichteile gekommen war; ein signifikanter Unterschied konnte nicht festgestellt werden. Zu beachten ist hier, dass es bei den zweizeitigen Strategien signifikant mehr Typ-C-Verletzungen gab, als bei den einzeitigen Verfahren.

Ein signifikanter Unterschied konnte in diesem Zusammenhang hinsichtlich der Frakturtypen festgestellt werden. Während bei Patienten mit B-Frakturen ein primärer Wundverschluss in 78% der Fälle erreicht werden konnte, war dies bei Typ-C-Frakturen nur bei 49% der Fall.

Die höhere Rate an nicht erreichtem primären Wundverschluss bei Blauth et al. (2001) korreliert auch mit einer höheren Anzahl an Typ-C-Verletzungen. Bhattacharyya et al. (2005) konnten bei allen Patienten einen primären

Wundverschluss erreichen, verwendeten in ihrer Untersuchung allerdings auch einen posterolateralen Zugang, der in dieser Hinsicht durch den stärkeren Weichteilmantel von Vorteil ist.

5.6.2 Infektionen

Eine der bedeutendsten Komplikationen überhaupt sind Infektionen. Nicht zuletzt von den Infektionen wird der Erfolg oder das Versagen einer Behandlungsstrategie abhängig gemacht, da die Folgen bis hin zu Amputationen führen können. In der eigenen Untersuchung traten Infektionen mit einer Häufigkeit von 13,4% auf. Auf jede infizierte Fraktur folgten $2,06 \pm 1,29$ [1-5] Operationen zur Sanierung des Infektes. In der Literatur (Tab. 5.07) werden Infektionen mit einer Häufigkeit zwischen 0% und 32% angegeben ($\bar{x} = 13,73\%$). In einigen Vergleichsgruppen lagen die Infektionsraten noch höher. In der eigenen Untersuchung kam es zu 8,66% (n=11) Weichteilinfektionen, 3,14% (n=4) Hautinfektionen und 1,57% (n=2) Knocheninfektionen.

Tab. 5.07 ▼ Häufigkeiten von Infektionen in der Literatur, n = Anzahl untersuchter Frakturen

	n	Infektionen
Bone et al. (1993)	20	0,00%
Patterson und Cole (1999)	22	0,00%
Shih-Hao et al. (2007)	128	9,40%
Endres et al. (2003)	50	10,00%
Conroy et al. (2003)	32	13,00%
Pilonstudie Göttingen (2010)	127	13,40%
Babis et al. (1997)	67	13,40%
Wyrsh et al. (1996)	39	18,00%
Teeny und Wiss (1993)	60	18,30%
Blauth et al. (2001)	51	25,00%
Bhattacharyya et al. (2005)	19	32,00%

Die Häufigkeiten von Infektionen hängen von mehreren Faktoren ab. Zum einen davon, wie eine Infektion definiert wird. In dieser Untersuchung war dies die Notwendigkeit einer operativen Intervention.

Weitere Faktoren waren, ob es sich um offene oder geschlossene Frakturen handelte, wobei Infektionen häufiger bei offenen Verletzungen auftraten, wenn auch

nicht signifikant. Bei Teeny und Wiss (1993) waren zwar Infektionen bei geschlossenen Frakturen häufiger als bei offenen, aber auch hier konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Weiter ereigneten sich 65% aller Infektionen bei Patienten, die im Behandlungsverlauf mit einem Fixateur externe behandelt wurden. Infektionen waren damit signifikant häufiger bei Frakturen, die mit einem Fixateur externe behandelt wurden, als bei Patienten, die im Behandlungsverlauf ohne Fixateur externe behandelt wurden. Auch konnte in der eigenen Untersuchung festgestellt werden, dass der durchschnittliche body mass index (BMI) mit 30 Punkten bei Patienten mit Infektionen mehr als vier Punkte über dem derjenigen Patienten lag, die keine Infektionen hatten. Damit war der BMI bei Patienten mit Infektion signifikant höher, als bei Patienten, bei denen keine Infektion aufgetreten ist.

Auch traten alle Infektionen bei Patienten auf, deren Fraktur entweder mit 43C2 oder 43C3 klassifiziert wurde. Damit waren Infektionen signifikant häufiger bei Typ-C-Verletzungen, als bei Typ-B-Verletzungen. Auch Teeny und Wiss (1993) zeigten in ihren Ergebnissen, dass alle tiefen Infektionen nur bei Frakturen der Gruppe III nach der Klassifikation von Rüedi und Allgöwer auftraten und keine tiefen Infektionen in den Gruppen I und II.

Aber auch zwischen den Behandlungsstrategien zeigten sich zum Teil deutliche Unterschiede hinsichtlich der Infektionsrate. Die höchste Infektionsrate dieser Untersuchung lag mit 38,1% bei dem Verfahren OSTEOSYNTHESE + FE. Bei den Strategien MINIMALOSTEOSYNTHESE und CDE → OSTEOSYNTHESE gab es jeweils keine Infektionen.

Batthacharyya et al. (2005) zeigten in ihrer Untersuchung an 19 Patienten bei 32% Wundkomplikationen und damit keinen Vorteil eines posterolateralen Zugangs gegenüber anderen Zugängen.

Blauth et al. (2001) wiesen in ihrer Untersuchung 25% Infektionen nach. Auch wenn der Unterschied nicht signifikant war, stellten sie fest, dass es zu weniger Infektionen bei Patienten in der Gruppe kam, die mit einem zweizeitigen Verfahren behandelt wurden. Niedrigere Infektionsraten bei einem zweizeitigen Vorgehen gegenüber einem einzeitigen Vorgehen konnten auch andere Autoren in ihren Untersuchungen

feststellen (Höntzsch et al. 1990). Ebenso zeigen die eigenen Ergebnisse eine Infektionsrate von 14% bei den einzeitigen Strategien gegenüber 8% bei den zweizeitigen Taktiken. Aber auch hier ist der Unterschied nicht signifikant.

Babis et al. (1997) führen ihre Infektionsrate von 13,4% nicht nur auf die Schwere der Verletzungen zurück, sondern auch auf die Tatsache, dass nicht alle Patienten prophylaktisch Antibiotika erhalten haben. Die Göttinger Klientel erhielt immer eine perioperative Antibiotikaphylaxe.

Patterson und Cole (1999) berichteten in ihrer Untersuchung an 22 Patienten mit Typ-C-Verletzungen über keine oberflächlichen oder tiefen Infektionen und ebenso über keine Wundheilungsstörungen. Sie führen dies darauf zurück, dass sie ein zweizeitiges Verfahren angewandt haben, bei dem sie im ersten Schritt die tibiale Gelenkfläche unberührt gelassen haben und so unter anderem durch eine optimale Durchblutung der Frakturzone diese Rate erzielen konnten. Auch in der Untersuchung von Bone et al. (1993) kam es bis auf zwei oberflächliche Pininfektionen, die durch eine Pinumsetzung zur Ausheilung gebracht werden konnten, zu keinen Infektionen. Sie behandelten alle 20 Pilonfrakturen mittels einer einzeitigen Gelenkrekonstruktion und zusätzlicher Stabilisierung durch einen gelenkübergreifenden Fixateur externe. Die offenen Frakturen primär, die geschlossenen nach im Mittel fünf Tagen.

Bei Sirkin et al. (1999) zeigten sich in ihrer Untersuchung nur 5,3% Wundkomplikationen. Sie führen diese geringe Rate ebenfalls auf ihr zweizeitiges Behandlungsprotokoll zurück.

5.6.3 Arthrodesese

Ein weiterer häufig für die Gesamtbeurteilung herangezogener Aspekt ist die Arthrodeserate. Sie beträgt in der Literatur (Tab. 5.08) zwischen 0% und 23% (\bar{x} = 6,02%). In der eigenen Untersuchung lag sie bei 12,5%.

Tab. 5.08 ▼ Häufigkeiten von Arthrodesesen in der Literatur, NU = durchschnittlicher Zeitpunkt der Nachuntersuchung, n = Anzahl untersuchter Frakturen

	n	Arthrodeserate	NU (in Jahren)
Conroy et al. (2003)	32	0,00%	4,2
Okcu und Aktuglu (2004)	60	0,00%	5,6
Sands et al. (1998)	64	3,00%	3,4
Shih-Hao et al. (2007)	128	4,70%	10
Endres et al. (2003)	50	6,00%	2,3
Borens et al. (2006)	17	6,25%	1,4
Kilian et al. (2002)	107	8,00%	16,9
Patterson und Cole (1999)	22	9,00%	1,8
Bone et al. (1993)	20	10,00%	1,5
Pilonstudie Göttingen (2010)	129	12,50%	6,2
Marsh et al. (2003)	56	13,00%	6,6
Bhattacharyya et al. (2005)	19	16,00%	1,5
Teeny und Wiss (1993)	60	18,33%	2,5
Blauth et al. (2001)	51	23,00%	5,7

Arthrodesesen sind auch heute noch Operationen, die bei schmerzhafter posttraumatischer Arthrose mit anhaltenden Schmerzzuständen im oberen und/oder unteren Sprunggelenk indiziert sind, wenn die Schmerzen unter konservativen Maßnahmen mit Analgetika nicht rückläufig sind, und nach Infiltration der betroffenen Gelenke mit Lokalanästhetika bei den Patienten eine vorübergehende Beschwerdefreiheit erreicht werden konnte (Dresing und Stürmer 2000).

Da die Arthrodesese die Funktionalität des Gelenks insgesamt stark beeinflusst, kommt ihr eine besondere Bedeutung für die Auswertung der Gesamtergebnisse nach Pilonfrakturen zu. Die Arthrodeseraten hängen von verschiedenen Faktoren ab.

Zum einen von der Klassifikation der Fraktur. So waren 69% aller Frakturen, bei denen eine Arthrodesese durchgeführt wurde Typ-C-Verletzungen. Es wurde bei 8,7% der B-Frakturen und bei 14,9% der C-Frakturen eine Arthrodesese durchgeführt. Bei Teeny und Wiss (1993) wurde bei 10% der Frakturen der Typen I und II nach der

Klassifikation von Rüedi und Allgöwer eine Arthrodesis durchgeführt, und bei 26% des Typs III.

Zum anderen hängt die Arthrodeserate von der Art der Frakturversorgung ab. Bei Frakturen die mittels eines einzeitigen Verfahrens behandelt wurden, wurde in dieser Arbeit in 10,8% der Fälle eine Arthrodesis durchgeführt. Bei Frakturen, bei denen eine zweizeitige Strategie verfolgt wurde, waren Arthrodesen in 12,5% der Fälle erforderlich. Der Unterschied war nicht signifikant. Blauth et al. (2001) dagegen stellten in ihrer Untersuchung signifikant weniger Arthrodesen bei den Frakturen fest, die mittels eines zweizeitigen Verfahrens behandelt wurden. Der Vergleich in dieser Untersuchung wurde aber zwischen Minimalosteosynthese und Langzeitstabilisierung mittels Fixateur externe einerseits und Minimalosteosynthese und Kurzzeitstabilisierung durch einen Fixateur externe mit sekundärer medialer Stabilisation andererseits geführt.

Aber auch Komplikationen im Behandlungsverlauf spielen eine Rolle. So wurden in dieser Untersuchung Arthrodesen bei 29,4% aller Patienten mit Infektionen durchgeführt und nur bei 7,6% der Patienten, bei denen keine Infektion im Verlauf der Behandlung aufgetreten ist.

Ganz wesentlich wird die Arthrodeserate aber auch vom Zeitpunkt der Nachuntersuchung bestimmt, da ein Großteil der Arthrodesen erst spät, zum Teil erst nach Jahren, erfolgt. In dieser Untersuchung im Mittel nach 365 Tagen, das längste Intervall betrug 3,05 Jahre.

5.6.4 Pseudarthrosen

Eine weitere Komplikation bei der Behandlung von Pilonfrakturen stellen Pseudarthrosen dar. In der eigenen Untersuchung kamen sie in 7,1% der Fälle vor, 71% davon bei C3-Frakturen. Bei Kilian et al. (2002) traten Pseudarthrosen bei 16% auf, hier ausschließlich bei Typ-C-Verletzungen. Weiterhin wird darauf verwiesen, dass bei 80% der aseptischen Pseudarthrosen im Primäreingriff keine Spongiosaplastik durchgeführt wurde.

Bei Bhattacharyya et al. (2005) lag die Pseudarthrosenrate bei 21%, obwohl hier versucht wurde durch einen posterolateralen Zugang die Weichteile zu schonen und die Durchblutung in der Frakturzone weniger zu beeinflussen. Maßgeblich scheint hier aber das Ausmaß der Zerstörung der Metaphyse zu sein. Das häufigere

Auftreten bei den anderen genannten Autoren kann hier durch die geringen Fallzahlen, bzw. den größeren Anteil an Typ-C-Frakturen bedingt sein.

5.6.5 Kompartmentsyndrome, Thrombosen, Amputationen

Auch wenn Kompartmentsyndrome insgesamt eher selten im Zusammenhang mit Sprunggelenkfrakturen beschrieben werden (Joseph et al. 2000), treten sie regelmäßig im Zusammenhang mit Pilonfrakturen auf. Die Entwicklung eines Kompartmentsyndroms erfordert eine sofortige chirurgische Behandlung, um irreparable Schäden an Muskeln oder Nerven zu vermeiden (Gabisan und Gentile 2004), auch wenn die Inzidenz von Infektionen steigt.

Im eigenen Kollektiv kam es bei 7,75% der Frakturen zu (drohenden) Kompartmentsyndromen, die operativ behandelt werden mussten. Andere Autoren (Blauth et al. 2001, Borens et al. 2006, Patterson und Cole 1999) berichten ebenfalls über Raten von 5-8% (Tab. 5.09).

Bei Blauth et al. (2001) hatten drei von vier Patienten mit Kompartmentsyndrom einen drittgradig geschlossenen Weichteilschaden, ein vierter eine drittgradig offene Fraktur. In der eigenen Untersuchung handelte es sich in 60% der Fälle bei denen sich ein Kompartmentsyndrom entwickelte, um offene Frakturen, in 40% um geschlossene Frakturen. Weiterhin kam es bei 30% der Patienten mit Kompartmentsyndrom zu Infektionen, im Gegensatz zu einer 11%igen Infektionsrate bei Frakturen, bei denen sich kein Kompartmentsyndrom entwickelt hat.

Bei allen Patienten wurde postoperativ grundsätzlich eine konsequente Thromboembolieprophylaxe durchgeführt. Eine Thrombose entwickelte in der eigenen Untersuchung nur ein Patient, der allerdings auch eine vollständige Zerreißung der A. tibialis posterior hatte. Bei diesem Patienten musste eine End-zu-End-Anastomose der Arterie und in der Folge eine zweimalige Thrombektomie durchgeführt werden. Damit lag der Anteil an Thrombosen bei weniger als 1%.

In der Literatur finden sich dazu nur selten detaillierte Angaben, bei Kilian et al. (2002) fanden sich Thrombosen in 2,8% der Fälle, bei Sands et al. (1998) in 4,7% (Tab. 5.09). Bei beiden lag der Anteil an Typ-C-Verletzungen höher als in der eigenen Untersuchung. Babis et al. (1997) berichten über eine Thromboserate von 1,5%.

Amputationen mussten bei den Patienten der vorliegenden Untersuchung keine vorgenommen werden. Bei Conroy et al. (2003) waren dies 6,25%. In dieser Untersuchung handelte es sich allerdings auch ausschließlich um schwere, offene Frakturen. Bei Pollak et al. (2003) lag die Rate bei 4,85% und bei Wyrsh et al. (1996) bei 7,69% (Tab. 5.09). Meist lag diesen Fällen eine schwere Infektion zugrunde.

Tab. 5.09 ▼ Häufigkeiten von (drohenden) Kompartmentsyndromen, Amputationen und Thrombosen in der Literatur

	Kompartment-syndrom	Amputation	Thrombose
Babis et al. (1997)			1,50%
Blauth et al. (2001)	7,80%		
Borens et al. (2006)	5,88%		
Conroy et al. (2003)		6,25%	
Helfet et al. (1994)		2,90%	
Kilian et al. (2002)			2,80%
Patterson und Cole (1999)	4,80%		
Pilonstudie Göttingen (2010)	7,75%	0,00%	0,80%
Pollak et al. (2003)		4,85%	
Sands et al. (1998)			4,69%
Wyrsh et al. (1996)		7,69%	

5.7 Gesamtergebnis

5.7.1 Scores

Zur Beurteilung der Behandlungsergebnisse wird in der Literatur eine Vielzahl von Bewertungsschemata verwendet. Jeder Score beurteilt dabei verschiedene Aspekte die sich zwischen den einzelnen Scores unterscheiden. Gleiche Aspekte werden zusätzlich oft durch unterschiedliche Methoden ermittelt. Die einzelnen Gesichtspunkte werden weiterhin entweder subjektiv durch den Patienten oder objektiv durch eine Untersuchung bewertet. Die subjektive Einschätzung der Patienten wird wiederum durch individuelle Erwartungen beeinflusst. Außerdem unterscheidet sich auch die Gewichtung, mit der jeder Einzelaspekt in die Gesamtbewertung eingeht. Darüber hinaus sind die Grenzen der Resultate, also ob

die Ergebnisse „gut“ oder „schlecht“ sind, willkürlich festgelegt worden. Die Validität ist oft nicht untersucht.

In der Literatur (Suk et al. 2005, Krämer und Maichl 1993) findet sich kein Bewertungsschema, das speziell für die Nachuntersuchung von Pilonfrakturen entwickelt wurde. Zumeist wird auf häufig verwendete oder praktikable Schemata zur Beurteilung des Sprunggelenks zurückgegriffen. Um den besonderen Eigenheiten der Pilonfrakturen Rechnung zu tragen, werden die Scores darüber hinaus zusätzlich oft modifiziert oder ausschließlich eigene Kriterien zur Bewertung zugrunde gelegt, was einen Vergleich der Literatur nur eingeschränkt, oder gar nicht ermöglicht.

Um die Ergebnisse besser mit der Literatur und auch untereinander vergleichen zu können, wurden in dieser Arbeit insgesamt vier Scoringssysteme verwendet.

Die Entscheidung für den Score nach Olerud und Molander erfolgte auf der Grundlage, dass die Behandlungsergebnisse ausschließlich durch den Patienten bewertet werden. Dies ermöglichte auch eine Bewertung derjenigen Patienten, die zwar bereit waren Auskünfte über ihr Behandlungsergebnis zu geben, aber nicht nachuntersucht werden konnten. Dies bedingt aber auch, dass mögliche objektivierbare Kriterien zur Beurteilung nicht berücksichtigt werden.

Die Ankle Hindfoot Scale wurde ausgesucht, da sie ein Messinstrument ist, das von einer offiziellen Dachorganisation, der AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society), entwickelt wurde und somit von einem größeren Kollektiv von Arbeitsgruppen begründet und akzeptiert wurde. Darüber hinaus ist sie im angloamerikanischen Sprachraum etabliert (Schuh und Hausel 2000). Weiterhin dient die Ankle Hindfoot Scale der Beurteilung von Erkrankungen von Sprunggelenk und Rückfuß und berücksichtigt damit die Komplexität der Bewegungsabläufe von Unterschenkel und Fuß, was auch einen Vergleich mit den schwierig abgrenzbaren Malleolarverletzungen oder anderen Erkrankungen dieser Region ermöglicht. Auf der anderen Seite ist die Ankle Hindfoot Scale auch ein rein klinisches Bewertungsschema, welches das objektivierbare Kriterium des radiologischen Ergebnisses nicht berücksichtigt.

Die Scores nach Weber und nach Phillips et al. wurden ausgewählt, da sie zusätzlich zum klinischen Ergebnis auch das radiologische Ergebnis berücksichtigen bzw. eine Einteilung nach Arthritisgraden beinhalten. Weiterhin empfehlen die Leitlinien der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie zu Sprunggelenkfrakturen (Stürmer 1999a) den Score nach Weber als klinisch-wissenschaftlichen Ergebnis-Score.

Der direkte Vergleich der Bewertungsschemata in Bezug auf die Art der Versorgung zeigt die Diskrepanzen zwischen den Scores. Je nach verwendetem Score kann das Behandlungsergebnis zugunsten des einen oder anderen Verfahrens ausfallen. Allerdings ist in dieser Untersuchung bei diesem Vergleich zu beachten, dass die Fallzahlen der bewerteten Frakturen zwischen den Scores zum Teil erheblich variieren.

5.7.2 Schmerzen

Gelegentliche oder regelmäßige Schmerzen beeinflussen das Empfinden und die Lebensqualität eines Patienten erheblich. So verwundert es nicht, dass viele Bewertungsschemata den „Schmerz“ als wichtigstes Kriterium zur Beurteilung des Behandlungsergebnisses heranziehen, und dass, je nachdem wie schwer dieses Kriterium in die Wertung eingeht, auch die Gesamtergebnisse zwischen den Scores differieren.

In dieser Untersuchung gaben nur 14% an, zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung keine zu Schmerzen zu haben. 36% berichteten über wenig Schmerzen. Insgesamt urteilten also 50% mäßige oder starke Schmerzen zu haben. Dennoch zeigt der Score nach Weber bei 70% der Patienten hinsichtlich des Schmerzes ein „gutes“ oder „sehr gutes“ Ergebnis.

Weiterhin berichteten 44% der Befragten regelmäßig oder bei Bedarf Schmerzmedikamente einzunehmen. Dabei geht aus dieser Form der Befragung nicht hervor, wie häufig „regelmäßig“ oder „bei Bedarf“ ist, welche Medikamente eingenommen werden und in welcher Dosierung.

Dennoch zeigt sich eine Korrelation zwischen der Beurteilung der Schmerzsituation und dem Analgetikabedarf. So gab keiner der schmerzfreien Patienten an, Analgetika einzunehmen, weder bei Bedarf, noch regelmäßig. Bei den Patienten mit

wenig oder leichten Schmerzen waren 65% nicht auf Analgetika angewiesen. 32% nahmen bei Bedarf Schmerzmedikamente und nur 3% regelmäßig. Bei den Patienten mit starken Schmerzen gaben 37% an regelmäßig Analgetika einzunehmen, weitere 42% bei Bedarf. Trotz starker Schmerzen gaben auch 21% an, nie Analgetika einzunehmen.

Die Behandlungsstrategie, also ein einzeitiges oder ein zweizeitiges Vorgehen, ergab keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Schmerzfreiheit. Zu dem gleichen Ergebnis kamen auch Blauth et al. (2001) in ihrer Auswertung. Auch der Vergleich keine oder wenig Schmerzen einerseits und moderate oder starke Schmerzen andererseits ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Behandlungsstrategien. Es zeigte sich aber, dass das Behandlungsergebnis in Bezug auf die Schmerzen bei den B-Frakturen nur bei 17,4% der Frakturen als „schlecht“ beurteilt werden musste, im Gegensatz 37,5% bei den C-Frakturen. Hinsichtlich des Analgetikabedarfs bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Typ-B- und den Typ-C-Verletzungen.

5.7.3 Beweglichkeit

Die Messung der Bewegungsumfänge im Sprunggelenk stellt eine rein objektive Möglichkeit der Beurteilung des Behandlungsergebnisses dar. Die Gewichtung für das Gesamtergebnis ist auch hier zwischen den Scores unterschiedlich. So beträgt die Beweglichkeit im oberen und unteren Sprunggelenk anteilmäßig am Gesamtergebnis bei der Ankle-Hindfoot-Scale und dem Score nach Phillips et al. insgesamt 14%. Nach dem Score nach Weber sind dies jeweils 16,6%, also insgesamt ein Drittel.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen im Vergleich zur gesunden Gegenseite eine Bewegungsumfangsdifferenz von 40% im oberen Sprunggelenk und eine Einschränkung von jeweils mehr als der Hälfte für die Pro- und Supination. Der Unterschied zwischen B- und C-Frakturen hinsichtlich der Bewegungsumfangsdifferenzen war nicht signifikant.

Nach dem Score nach Weber können aber dennoch 78% der Ergebnisse für die Bewegung im oberen Sprunggelenk mit „gut“ beurteilt werden, während 56% der Ergebnisse für die Beweglichkeit im unteren Sprunggelenk mit „schlecht“ beurteilt werden muss.

Blauth et al. (2001) zeigten in ihrer Arbeit, dass die Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk bei den Patienten die mittels eines zweizeitigen Verfahrens behandelt wurden tendenziell besser waren, ohne einen signifikanten Unterschied festzustellen. Die eigenen Ergebnisse zeigen eine gegenläufige Tendenz mit einer Bewegungsumfangsdifferenz von 53% bei den zweizeitigen Strategien gegenüber einer Bewegungsumfangsdifferenz von 37% bei den einzeitigen Strategien. Auffällig ist hier, dass in den Gruppen B und C der Frakturklassifikation jeweils insbesondere der Subtyp 2 die größten Bewegungsumfangsdifferenzen aufweist.

5.7.4 Arbeit und Freizeit

Eine besondere Bedeutung für das objektive Behandlungsergebnis und die subjektive Gesamtzufriedenheit der Patienten hat die Rückkehr in Beruf und Freizeit. Während 39% der Patienten beruflich nach dem Unfall völlig uneingeschränkt waren, berichteten 34% über Einschränkungen und immerhin 27% mussten ihren Beruf wechseln. Diese Angaben beruhen auf den Aussagen der Patienten. Hier kann nicht beurteilt werden, was Einschränkungen sind und welchen Umfang sie haben. Letztendlich konnten aber 73% in ihren vorherigen Beruf zurückkehren. Blauth et al. (2001) berichten von 80%, Marsh et al. (2003) von 55%. Entscheidend für diese Quoten ist aber auch, welche Berufe zuvor ausgeübt worden sind. In der eigenen Untersuchung waren von den Patienten, von denen der Beruf ermittelt werden konnte, 59% in handwerklichen Berufen tätig oder hatten Berufe, die überwiegend im Stehen ausgeübt werden.

6 Zusammenfassung

Intraartikuläre Stauchungsbrüche der distalen Tibia gehören zu den schwerwiegendsten Verletzungen der unteren Extremität. Aufgrund der Komplexität von Morphologie und Biomechanik des Gelenks und der oft verheerenden Ausmaße der Zerstörung der beteiligten Anteile gelten Pilonfrakturen bis heute als schwierig zu behandeln. Die Prognose dieser Verletzungen bleibt weiterhin eher mäßig.

Ursache der Frakturen sind überwiegend hochenergetische axiale Stauchungen von Rückfuß und Unterschenkel durch Stürze oder Verkehrsunfälle. Es sind vor allem Männer im mittleren Alter betroffen.

Die Definition der Pilonfrakturen war in der Vergangenheit nicht immer einheitlich, die Abgrenzung zu den Malleolarfrakturen nicht immer eindeutig. Weiterhin erfassen die Definitionen ein großes Spektrum an Frakturen unterschiedlichsten Ausmaßes und die Zuordnung der Frakturen zu den entsprechenden Klassifikationen bleibt weiterhin schwierig.

Zusätzlich kommt es praktisch immer zu Beteiligungen weiterer ligamentärer und knöcherner Strukturen, sowie zu Verletzungen der Weichteile. Die große Zahl an möglichen beteiligten Strukturen und die Breite des Ausmaßes der Zerstörung dieser Strukturen führen zu zahllosen individuellen Verletzungsmustern. Allein die Bedeutung und Prognose dieser zusätzlich verletzten Anteile beeinflussen das Behandlungsergebnis maßgeblich und können nicht unabhängig von den eigentlichen Pilonfrakturen gesehen werden. Diesem Umstand wird oftmals nicht Rechnung getragen.

Unstrittig scheint, dass das Gesamtergebnis der Behandlung mit der Zahl der beteiligten Strukturen und dem Ausmaß der Zerstörung dieser Strukturen schlechter wird. Aber auch die Behandlungsstrategie scheint ihren Einfluss auf den Behandlungserfolg zu haben.

Unterschiedlichste Therapiestrategien wurden in der Vergangenheit zur Behandlung herangezogen und werden bis heute weiter verändert. Im Laufe der Jahre wurden

diese Taktiken zwar mehr und mehr zu einheitlicheren Strategien zusammengeführt, die große Individualität dieser Verletzungen und die Übertragung Erfolg versprechender Strategien in der Behandlung anderer Verletzungen führten jedoch immer wieder zu Modifikationen und dem Versuch, der Verletzung auf neuen Wegen Herr zu werden.

Unter besonderer Berücksichtigung des prognostisch wichtigen Weichteilschadens wird heute mehrheitlich ein zweizeitiges Management der Verletzung bevorzugt und minimalinvasive Techniken und weichteilschonende Verfahren gewinnen an Bedeutung. Die Vielfalt der Verletzungsmuster andererseits verlangt oft aber ein individuelles Vorgehen. Richtlinien für die Anwendung bestimmter Verfahren bestehen nicht.

Der Erfolg oder das Versagen der Behandlungsstrategien wird insbesondere durch zwei Faktoren beeinflusst. Neben dem funktionellen Gesamtergebnis der Behandlung sind dies vor allem mögliche Komplikationen im Behandlungsverlauf. Hier sind insbesondere Infektionen, Arthrodesen und Pseudarthrosen zu nennen.

Zum Teil bestehen große Unterschiede hinsichtlich der Behandlungserfolge zwischen den verschiedenen Therapiestrategien. Die Ergebnisse werden aber auch durch das Ausmaß der Verletzung, beteiligte Strukturen, aufgetretene Komplikationen und die zur Auswertung herangezogenen Bewertungsschemata beeinflusst.

Zwischen 1996 und 2005 wurden 125 Patienten mit 129 Pilonfrakturen in der unfallchirurgischen Abteilung des Universitätsklinikums Göttingen operativ versorgt. In einer retrospektiven Untersuchung wurden demographische Daten, Art und Schwere der Fraktur und des Weichteilschadens, sowie das zeitliche und operative Management der Verletzungen erfasst.

Von 36 dieser Patienten konnte zusätzlich das klinische Behandlungsergebnis nachuntersucht werden und insgesamt 64 der Patienten hinsichtlich des Ergebnisses befragt werden. Der durchschnittliche Zeitpunkt der Nachuntersuchung lag bei 6,2 Jahren.

Die Hauptursache der Frakturen war der Mechanismus der hochenergetischen axialen Stauchung. Nach der Klassifikation der AO handelte es sich um 38% Typ-B-Verletzungen und 62% Typ-C-Verletzungen, sowie um 69% geschlossene und 31% offene Verletzungen. Bei 78% der Frakturen ist es zusätzlich zu einer Fibulafraktur gekommen, bei einem Drittel war der Malleolus medialis frakturiert. Zu Syndesmosenverletzungen kam es ebenfalls bei einem Drittel der Frakturen. Insgesamt 47% der Patienten erlitten zusätzlich zur Pilonfraktur und Fibulafraktur mindestens eine lokale oder stauchungsbedingte Begleitverletzung.

Für die operative Versorgung der Frakturen fanden sieben Behandlungsstrategien Anwendung. 81% der Frakturen wurden mittels einer von vier einzeitigen und 19% mittels einer von drei zweizeitigen Strategien behandelt. In der Gruppe der Patienten, die mittels eines zweizeitigen Verfahrens behandelt wurden, fanden sich signifikant häufiger Typ-C-Verletzungen und offene Frakturen.

Im Durchschnitt erfolgten drei Operationen pro Fraktur, neben den strategisch geplanten Eingriffen bedingt durch Komplikationen und weitere Maßnahmen. So erfolgte bei 40% der Frakturen kein primärer Wundverschluss und bei 88% davon eine weitere Operation. 13% der Patienten entwickelten eine revisionspflichtige Infektion, der Großteil eine Weichteilinfektion, häufiger bei offenen Verletzungen, allerdings ausschließlich bei C2- und C3-Frakturen. Bei 18% der Frakturen war eine Reosteosynthese erforderlich, bedingt durch Pseudarthrosenbildung, nicht anatomische Gelenkstellungen oder Frakturinstabilitäten. Materialentfernungen wurden bei 63% der Patienten durchgeführt, bei 73% davon bestand die Notwendigkeit auf Grund von implantatbedingten Schmerzen, Bewegungseinschränkungen, oder Infektionen.

Insgesamt kam es zu 1,07 Folgeoperationen und 0,21 Komplikationen pro Patient, wobei 76% eine oder mehrere Folgeoperationen/Komplikationen erlitten und 24% der Patienten einen komplikationsfreien Verlauf aufwiesen.

Das Behandlungsergebnis wurde anhand vier verschiedener klinischer und radiologischer Bewertungsschemata ermittelt. Daraus ergab sich im oberen Sprunggelenk eine durchschnittliche Bewegungsumfangsdifferenz von 57% gegenüber der gesunden Gegenseite. Auch die Pro- und Supination waren jeweils zu

etwas mehr als der Hälfte eingeschränkt. Ein Drittel der Patienten ist seit dem Unfall in der Gehleistung nicht eingeschränkt, weitere 42% berichten über keine Einschränkungen bei Gehstrecken von 500 Metern. Weiterhin sind 14% der Patienten völlig schmerzfrei, insgesamt berichteten 50% über keine oder wenig Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. 17% der Patienten sind seit dem Unfall auf eine Gehhilfe angewiesen. 73% konnten in ihren alten Beruf zurückkehren, 34% der Patienten berichten über Einschränkungen im Berufsleben.

Hinsichtlich der aufgetretenen Komplikationen im Behandlungsverlauf und der subjektiven und objektiven Behandlungsergebnisse zeigten sich zum Teil deutliche Unterschiede in Bezug auf die Frakturklassifikation und das Behandlungsverfahren.

Eine eindeutige Überlegenheit konnte keinem Therapieverfahren zugesprochen werden, insbesondere dann nicht, wenn mehr Parameter zur Beurteilung herangezogen wurden. Es zeigten sich aber oftmals Tendenzen oder große Unterschiede im Bezug auf einzelne Aspekte. Prognostisch ungünstig zeigte sich vor allem das Ausmaß der Verletzung.

Insgesamt berichteten 86% der Patienten über eine Einschränkung der Lebensqualität seit dem Unfall, aber auch 75% urteilten mit dem Gesamtergebnis zufrieden oder sehr zufrieden zu sein.

Im Durchschnitt ergab sich ein „mäßiges“ Behandlungsergebnis mit 12,5% „sehr guten“, 26,6% „guten“, 46,9% „mäßigen“ und 14% „schlechten“ Ergebnissen.

7 Zukunft in der Behandlung von Pilonfrakturen

In der Osteosynthese mit Metallimplantaten hat sich in den letzten Jahren ein Paradigmenwechsel vollzogen (Frigg und Ulrich 2003).

Bei der klassischen Kompressions-Plattenosteosynthese wurden Kompression und Schienung miteinander kombiniert. Durch Kompression wurden die Frakturfragmente aneinander gepresst und eine Ruhigstellung der Frakturzone erreicht. Durch Schienung wurde die oft nur ungenügende Belastbarkeit der Frakturzone mittels einer Platte erhöht (Perren et al. 2003). Es wurde eine direkte Frakturheilung ohne überbrückenden Kallus bei gleichzeitiger Stabilität erreicht.

Das Freilegen der Frakturzone, das Abschieben der gefäßführenden Weichteile vom Knochen und die Kompression durch die Implantate stören allerdings die für die Frakturheilung bedeutende Blutversorgung des Knochens und die physiologischen Stoffwechselbedingungen (Frigg und Ulrich 2003). Die biologischen Aspekte der Frakturheilung, der Erhalt der Blutversorgung und die Schonung der Weichteile durch kleinere Zugänge, indirekte Repositionstechniken und neue Implantate, rücken vermehrt in den Vordergrund. Dabei wird ein Verlust der biomechanischen Stabilität der Primärosteosynthese in Kauf genommen (Babst und Sommer 2003).

Die weichteilschonende Behandlung in der Versorgung von Pilonfrakturen hat durch die schwache Weichteildeckung im Bereich des distalen Unterschenkels eine besondere Bedeutung, und diesem Umstand wird vermehrt durch eine zweizeitige Behandlungsstrategie und minimalinvasive Techniken (MIPO = Minimalinvasive perkutane Osteosynthese) Rechnung getragen.

Dennoch scheint es manchmal unumgänglich dem oft verheerenden Ausmass der knöchernen Verletzungen nur mit einer Vielzahl von Implantaten (Platten, Schrauben, Drähten) gerecht zu werden. Diese aber beeinträchtigen die Durchblutung der knöchernen Strukturen und umgebenden Weichteile, und müssen für eine Vielzahl von Problemen, wie Pseudarthrosenbildungen, Infektionen und Materialbrüche verantwortlich gemacht werden (Klaue und Conier 2003).

Neuere Implantate in der operativen Frakturbehandlung versuchen diesem Umstand entgegen zu wirken. Präformierte Implantate, die anhand anatomischer Studien und CT-basierter Daten entwickelt wurden, sollen den anatomischen Gegebenheiten des Knochens gerecht werden und intraoperative Anmodellierungen, und mit ihnen einhergehende Stabilitätsverluste, ersparen (Fuchs et al. 2006).

Durch geringere Gewindesteigungen der Schrauben werden größere Kerndurchmesser erreicht, was zu höherer Stabilität führt. Durch Gewinde am Schraubenkopf und eine entsprechende Gewindebohrung in den Plattenlöchern werden die Schrauben winkelstabil in den Platten verankert (Abb. 7.01). Durch diesen Umstand können die Platten im Sinne eines Fixateur interne ohne Auflagefläche auf dem Periost im Knochen verankert werden, die Durchblutung des Periostes wahren und dennoch die notwendige Stabilität erreichen (Fuchs et al. 2006).

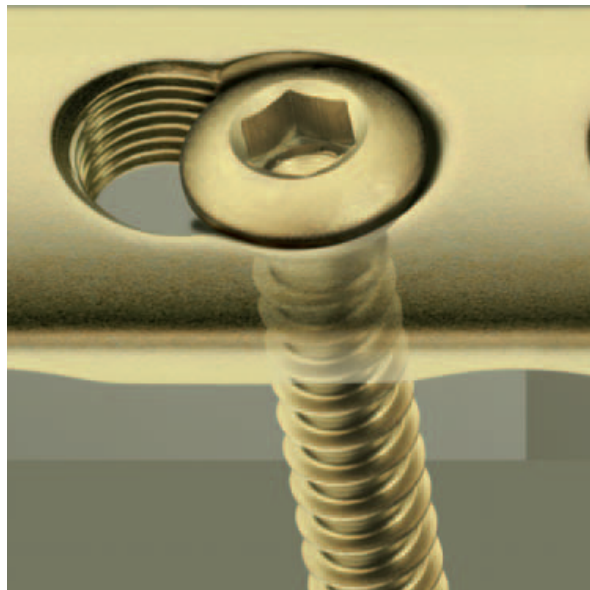


Abb. 7.01 ▲ Winkelstabile Schraube mit Gewinde am Schraubenkopf und entsprechender Gewindebohrung im Plattenloch, Bild: Fa. Synthes, Locking compression plate

Die Anwendung zweizeitiger Behandlungsstrategien, minimalinvasiver Techniken und neuer Implantate ermöglicht eine Stabilität der Frakturregion bei gleichzeitiger Vitalität der Gewebe. Die Strategie wird mit dem Begriff der „biologischen Osteosynthese“ beschrieben.

Eine Untersuchung von Queitsch et al. (2006), bei der distale Unterschenkelfrakturen, mit einem großen Anteil an Pilonfrakturen, in einem zweizeitigen Vorgehen mit Fixateur externe und winkelstabilen Implantaten behandelt wurden, zeigte ein gutes funktionelles Ergebnis bei geringer Komplikationsrate.

Es ist davon auszugehen, dass biologische Osteosynthesen und winkelstabile Implantate in Zukunft weiter Einzug in die Behandlung von Pilonfrakturen halten werden.

8 Fazit

Pilonfrakturen sind schwerwiegende intraartikuläre Frakturen des distalen Tibiaendes mit oft ausgedehnten Zerstörungen der Gelenkfläche, die vorwiegend durch hochenergetische Stauchung entstehen. Gleichzeitige Fibulafrakturen sind die Regel, weitere knöcherne Begleitverletzungen und ausgedehnte Weichteilschäden sind häufig.

Ziel der Behandlung ist die passgenaue Rekonstruktion der tibialen Gelenkfläche und die stabile Verbindung mit der Diaphyse unter Schonung der Weichteile, um die Gelenkfunktion wiederherzustellen und arthrotische Deformitäten sowie Weichteilkomplikationen zu vermeiden.

Hierzu hat sich ein Vorgehen bestehend aus Fibulaosteosynthese, Gelenkrekonstruktion, Spongiosaauffüllung und medialer Stabilisierung etabliert, zunehmend in zweizeitigen Behandlungsstrategien.

Sowohl die Behandlungsstrategie als auch das Verletzungsausmaß bestimmen die Häufigkeit von Komplikationen im Behandlungsverlauf und die funktionellen Langzeitergebnisse.

Typ-B-Frakturen (nach der AO-Klassifikation) zeigten weniger Komplikationen und Folgeoperationen, sowie bessere funktionelle Ergebnisse als Typ-C-Frakturen. Einzeitige Verfahren zeigten tendenziell bessere Gesamtergebnisse und kürzere Operationszeiten als zweizeitige Strategien, allerdings auch höhere Komplikations- und Folgeoperationsraten pro Patient mit mehr Infektionen und Pseudarthrosen.

Minimalosteosynthesen erbrachten sehr gute Ergebnisse und keine Komplikationen, jedoch nur bei einfachen Spaltbrüchen. Bei komplexeren Frakturmustern zeigten die minimalinvasiven Techniken eher schlechte Ergebnisse mit hohen Komplikations- und Folgeoperationsraten. Verfahren mit externer Stabilisierung ergaben höhere Infektionsraten. Beim Standardverfahren der primären offenen Reposition und internen Stabilisierung zeigten sich nur wenige Behandlungsschwierigkeiten, jedoch auch nur durchschnittliche Behandlungsergebnisse.

Die Prognose der Verletzungen richtet sich vor allem nach dem Verletzungsausmaß und ist insgesamt durch die häufigen ausgedehnten Zerstörungen eher mäßig. Nicht selten bleiben große Bewegungseinschränkungen und regelmäßige Schmerzen bestehen.

Die bisherigen Erfolge und neue vielversprechende Ansätze geben Hoffnung, die Prognose der Verletzungen in der Zukunft weiter zu verbessern.

9 Anhang

9.1 Fragebogen

Patientenfragebogen zur subjektiven Beurteilung

Bitte kreuzen Sie aus jedem der folgenden 26 Fragen-Blöcke die Antwort an, die am besten und häufigsten für Sie persönlich zutrifft. Beziehen Sie Ihre Antworten immer nur auf die Verletzung Ihres Sprunggelenkes, andere Verletzungen oder Einschränkungen beachten Sie bitte nicht. Es kann jeweils immer nur eine Antwort angekreuzt werden.

Erklärung einiger Begriffe: Starke Belastung: z.B.: Sport, heben und tragen schwerer Gegenstände (über 20kg); leichte Belastung: z.B.: Gehen längerer Strecken, Fahren mit Bus, Bahn oder Auto; alltägliche Tätigkeiten: z.B.: aufstehen, ankleiden, duschen, kochen, bügeln, Gehen kurzer Strecken

- ich habe keine Beschwerden
- ich habe nur wenige Beschwerden bei starker Beanspruchung des Fußes
- ich habe leichte Beschwerden beim normalen Gehen
- ich habe Beschwerden bei aktiver Bewegung des Fußes, aber ohne Belastung des Fußes
- ich habe einen Spontanschmerz schon in Ruhe

- ich habe keine Schmerzen
- ich habe Schmerzen beim Gehen auf unebenen Oberflächen
- ich habe Schmerzen beim Gehen auf ebenen Oberflächen, draußen
- ich habe Schmerzen beim Gehen innerhalb meines Hauses
- ich habe durchgehend starke Schmerzen

- ich habe immer Schmerzen, nach jeder Aktivität
- ich habe einige Zeit nach leichter Aktivität Schmerzen
- ich habe längere Zeit nach leichter Aktivität Schmerzen
- ich habe einige Zeit nach stärkerer Aktivität Schmerzen
- ich habe längere Zeit nach stärkerer Aktivität Schmerzen

- ich habe keine Schmerzen
- ich habe nur wenig Schmerzen, gelegentlich
- meine Schmerzen sind moderat, täglich
- ich habe fast immer starke Schmerzen

- ich benötige regelmäßig Schmerzmedikamente
- ich benötige Schmerzmittel manchmal, bei Bedarf
- ich benötige nie Schmerzmittel

- ich habe keine Probleme beim Gehen, Laufen, Fersengang, Kantengang, tiefe Hocke
- ich bin bei nur einer der genannten Gangarten beeinträchtigt
- ich bin bei mehr als einer dieser Gangarten beeinträchtigt
- ich hinke deutlich
- ich hinke sehr schwer, brauche gelegentlich einen Gehstock

- ich kann ohne Probleme springen
- Springen ist nicht möglich

- ich brauche beim Gehen keine Hilfen
- ich brauche zum Gehen einen Tape-Verband oder andere Stützverbände
- ich brauche zum Gehen einen Stock oder Krücken

- ich kann ohne Probleme rennen
- Rennen ist für mich nicht möglich

- ich habe keine Schwierigkeiten beim Gehen auf allen Oberflächen
- ich habe einige Schwierigkeiten beim Gehen auf unebenem Gelände, bei Stufen, Schrägen, Leitern
- ich habe starke Schwierigkeiten beim Gehen auf unebenem Gelände, bei Stufen, Schrägen, Leitern

- Beim Treppengehen habe ich keine Probleme
- Beim Treppengehen bin ich beeinträchtigt
- Treppengehen ist für mich unmöglich

- ich bin nicht in der Lage, Treppen aufwärts zu gehen
- Beim Treppen Aufwärtssteigen benutze ich den gesunden Fuß zuerst
- Beim Treppen Aufwärtssteigen muss ich das Treppengeländer benutzen
- Beim Treppen Aufwärtssteigen habe ich keine Probleme

- ich bin nicht in der Lage Treppen abwärts zu Gehen
- Beim Treppen Abwärtssteigen benutze ich den gesunden Fuß zuerst
- Beim Treppen Abwärtssteigen muss ich das Treppengeländer benutzen
- Beim Treppen Abwärtssteigen habe ich keine Probleme

- ich kann ohne Probleme in die Hocke gehen
- in die Hocke zu gehen ist für mich nicht möglich

- ich kann alle beruflichen und außerberuflichen Aktivitäten voll durchführen
- ich kann alle beruflichen Aktivitäten voll durchführen, bin aber in außerberufl. Aktivitäten eingeschränkt
- ich kann alle beruflichen Aktivitäten durchführen, nicht aber die außerberuflichen Aktivitäten
- meine beruflichen Aktivitäten sind vermindert
- meine beruflichen Aktivitäten sind so sehr gestört, dass ich meinen Beruf wechseln musste

- Alle Aktivitäten sind ohne Einschränkungen oder Hilfsmittel möglich
- ich habe keine Einschränkungen bei alltäglichen Tätigkeiten, aber bei Freizeitaktivitäten
- ich habe Einschränkungen bei alltäglichen und Freizeitaktivitäten, ich brauche eine Gehhilfe
- ich habe starke Einschränkungen bei allen Aktivitäten, brauche Krücken, Gehwagen, Rollstuhl o.ä.

- Arbeiten u. Tätigkeiten des alltäg. Lebens sind möglich wie vor dem Unfall
- Das Arbeiten und Tätigkeiten des alltäglichen Lebens sind nur noch verlangsamt möglich
- ich musste meinen Arbeitsplatz wechseln od. kann nur noch in Teilzeit arbeiten
- meine Arbeitsfähigkeit ist schwer beeinträchtigt

- meine Freizeitaktivitäten sind eingeschränkt
- keine meiner Aktivitäten sind eingeschränkt

- ich benötige zum Gehen keine Gehhilfe
- ich benötige zum Gehen einen Stock
- ich benötige zum Gehen eine Krücke
- ich benötige zum Gehen zwei Krücken
- ich benötige einen Gehwagen

- mein Fußgelenk ist versteift
- mein Fußgelenk ist nicht versteift

- mein Bein/Fuß ist immer geschwollen
- mein Bein/Fuß ist nur abends geschwollen
- mein Bein/Fuß ist nie geschwollen

- ich kann unbegrenzt weit gehen, Schmerzen treten nicht auf
- ich kann etwas mehr als 500m gehen, bevor Schmerzen mich zu einer Pause zwingen
- ich kann ca. zwischen 200 und 300m gehen, bevor Schmerzen mich zu einer Pause zwingen
- ich kann ca. zwischen 150 und 200m gehen, bevor Schmerzen mich zu einer Pause zwingen
- ich kann ca. zwischen 50 und 150m gehen, bevor Schmerzen mich zu einer Pause zwingen
- ich kann nur weniger als 50m gehen, bevor Schmerzen mich zu einer Pause zwingen

- ich bin mit der Funktion meines Beines / Fußes sehr zufrieden
- ich bin mit der Funktion meines Beines / Fußes nur bedingt zufrieden
- ich bin mit der Funktion meines Beines / Fußes unzufrieden

- insgesamt bin ich mit dem Ergebnis der Behandlung sehr zufrieden
- insgesamt bin ich mit dem Ergebnis der Behandlung zufrieden
- insgesamt bin ich mit dem Ergebnis der Behandlung mäßig zufrieden
- insgesamt bin ich mit dem Ergebnis der Behandlung unzufrieden
- insgesamt bin ich mit dem Ergebnis der Behandlung sehr unzufrieden

- meine Lebensqualität wurde durch den Unfall nicht eingeschränkt
- meine Lebensqualität wurde durch den Unfall kaum eingeschränkt
- meine Lebensqualität wurde durch den Unfall leicht eingeschränkt
- meine Lebensqualität wurde durch den Unfall stark eingeschränkt

- ich fühle mich nicht eingeschränkt
- ich fühle mich am stärksten eingeschränkt, weil ich ständig eine Gehhilfe benötige
- ich fühle mich am stärksten eingeschränkt, weil ich alleine nicht mehr zu recht komme
- ich fühle mich am stärksten eingeschränkt, weil ich kein Sport mehr treiben kann
- ich fühle mich durch die verminderte Arbeitsfähigkeit am stärksten eingeschränkt
- ich fühle mich durch die verminderte Beweglichkeit meines Fußes am stärksten eingeschränkt
- ich fühle mich durch die Schmerzen am stärksten eingeschränkt

9.2 Bewertungsschemata

Score nach Olerud und Molander (Olerud und Molander 1984)

Klinischer Score für die Beurteilung von Sprunggelenkfrakturen. 100% subjektiv.

Kriterium	Bewertungsmöglichkeit	Pkt.
Schmerz	keiner	25
	Gehen auf unebener Oberfläche	20
	Gehen auf ebener Oberfläche draußen	10
	Gehen im Haus	5
	Konstant und stark	0
Steifheit	keine	10
	steif	0
Schwellung	keine	10
	nur abends	5
	immer	0
Springen	möglich	5
	nicht möglich	0
Hilfen	keine Hilfen	10
	Tape, Verband	5
	Stock, Krücken	0
Arbeit / Aktivitäten d. täglichen Lebens	wie vor dem Unfall	20
	Verlust an Geschwindigkeit	15
	Wechsel zu leichterem Job, Teilzeitarbeit	10
	schwere Beeinträchtigung der arbeitsfähigkeit	0
Rennen	möglich	5
	unmöglich	0
Treppengehen	keine Probleme	10
	beeinträchtigt	5
	unmöglich	0
Hocken	keine Probleme	5
	unmöglich	0

Auswertung:

Punkte	Resultat
91-100	sehr gut
61-90	gut
31-60	mäßig
0-30	schlecht

Kriteriengewichtung in % von 100 Punkten

Schmerz	25%
Arbeit / Aktivitäten des täglichen Lebens	20%
Steifheit	10%
Schwellung	10%
Treppensteigen	10%
Gehhilfen	10%
Laufen / Rennen	5%
Hüpfen	5%
Kauern	5%

Score nach Weber (Weber 1972)

Klinischer und radiologischer Score für die Nachuntersuchung nach Läsionen des oberen Sprunggelenks. 70% subjektiv, 30% objektiv

Kriterium	Bewertungsmöglichkeit	Pkt.
Schmerzen	keine Beschwerden	0
	wenig Beschwerden bei starker Beanspruchung	1
	leichte Beschwerden bei beim Normalgang	2
	Beschwerden ohne Belastung bei aktiver Bewegung	3
	Spontanschmerz schon in Ruhe	4
Gehleistung	normaler Gang aller Qualitäten (Gehen, Laufen, Fersen-, Haken-, Kantengang, tiefe Hocke)	0
	Behinderung bei einer Gangqualität, kein Hinken	1
	Behinderung bei zwei Gangqualitäten, Spur Hinken	2
	deutliches Hinken	3
	Schweres Hinken, allenfalls Stockhilfe	4
Aktivität	volle berufliche und außerberufliche Aktivität	0
	normale berufliche, beschränkte, aber noch vorh. Außerberufliche Aktivität	1
	normale berufliche, aber aufgehobene außerberufliche Aktivität	2
	teilweise verminderte berufliche Aktivität	3
	so sehr gestörte berufliche Aktivität, daß wechsel des Berufes erfolgte	4
Röntgenbild (anatomisch)	Anatomisch perfekt ohne Arthrose	0
	Anatomisch perfekt mit Spur Verkalkung eines Lig., aber ohne Arthrose	1
	Anatomische Unstimmigkeit nur medial	2
	anatomische Unstimmigkeit lateral = Arthrose	3
	Hinterkantenstufe = Arthrose, Dystrophie	4
OSG	volle Funktion, Seitengleichheit	0
	Einbuße von höchstens 10°	1

	Einbuße von mehr als 10°, aber dorsalflexion bis zu 90° möglich	2
	nicht fixierter Spitzfuß mit erhaltener Dorsalflexion bis zu 95°	3
	im OSG weitgehend versteifter Fuß, störender Spitzfuß	4
USG	volle Funktion, Seitengleichheit	0
	leichte Einbuße, eben knapp erkennbar	1
	Einbuße nicht mehr als die Hälfte	2
	Einbuße mehr als die Hälfte	3
	Kontraktes USG	4

Resultate:

Punkte	Resultat
0	sehr gut
1-2	gut
3-4	schlecht

Kriteriengewichtung in % von 24 Punkten:

Schmerz	16,60%
Gehleistung	16,60%
Aktivität	16,60%
Röntgenbild	16,60%
OSG	16,60%
USG	16,60%

Score nach Phillips et al. (Phillips et al. 1985)

Score zur Beurteilung der Ergebnisse nach Sprunggelenkfrakturen. Teil A: Klinischer Score (100 Punkte), Teil B: radiologischer Score (35 Punkte), Teil C: Aktivitäts-Score (15 Punkte). Teil A: 80% subjektiv, 20% objektiv, Teil B und C: 100% objektiv.

A. klinischer Score

Schmerzen	immer, nach jeder Aktivität	0
	für eine Zeit nach leichter Aktivität	10
	längere Zeit nach leichter Aktivität	20
	für eine Zeit nach schwererer Aktivität	35
	längere Zeit nach schwererer Aktivität	40
	keine	50
Schmerzmedikation	Benötigung von Schmerzmitteln regelmäßig	0
	Benötigung von Schmerzmitteln bei Bedarf	2
	keine Benötigung von Schmerzmitteln	4
Funktion, Treppensteigen auf	nicht in der Lage zum Treppensteigen	0
	Benutzen des gesunden Fußes zuerst	1
	Benötigung der Hilfe des Treppengeländers	2
	normales Treppensteigen	3
Funktion, Treppensteigen ab	nicht in der Lage zum Treppenabsteigen	0
	Benutzen des gesunden Fußes zuerst	1
	Benötigung der Hilfe des Treppengeländers	2
	normales Treppenabsteigen	3
Funktion, Gehstrecke	< 50m	0
	< 250m	2
	< 500m	3
	etwas mehr als 500m	5
	unbegrenzt	6
Funktion, Aktivitäten	Freizeitaktivitäten beschränkt	0
	keine Aktivitäten begrenzt	3

Funktion, Gehhilfen	Benötigung eines Gehwagens	0
	Benötigung von Krücken	1
	Benötigung einer Krücke	2
	Benötigung eines Stocks	4
	keine Benötigung von Gehhilfen	8
Funktion, Zufriedenheit	unzufrieden	0
	bedingt zufrieden	2
	sehr zufrieden	3
Gang	Hinken / Humpeln	0
	Außenrotationsgang	3
	normaler Gang	6
Bewegungsumfang (Vgl. norm. Seite) Dorsalflexion	Differenz >20°	0
	Differenz 10-20°	2
	Differenz <10°	4
	keine Differenz	7
Bewegungsumf. (Vgl. norm. Seite) Plantarflexion	Differenz >20°	0
	Differenz <20°	2
	keine Differenz	3
Supination	Differenz > 0°	0
	keine Differenz	2
Pronation	Differenz > 0°	0
	keine Differenz	2

B. anatomisch

Talocruraler Winkel (Diff. zu normal)	< 5°	6/0
medialer Spalt	< 4mm	6/0
Integrität der tib.-fib. Syndesmose	beide Indikatoren normal	6/0
Dislokation Mall. Med.	< 2mm	6/0
Größe des hinteren Knöchelfragments	< 25%	6/0
Dislokation Mall. Lat.	< 2mm	1/0

Verkürzung des Mall. lat. im Vgl. Gegenseite	< 2mm	1/0
talare Neigung	< 2mm	1/0
talare Subluxation		1/0
anteromediale Ecke - Kontinuität d. Gelenkfl.		1/0

C. Arthritis

Arthritis	keine radiologischen Veränderungen	0
Abweichungen (Nicht-Passen, Synostose)	keine Abweichungen	1
Osteoporose, Irregularitäten der Gelenkfläche	zwei oder mehr Abweichungen	3
deg. Veränderungen	kaum	6
	mäßig	9
	stark	12

Kriteriengewichtung in % von 100 Punkten (Teil A):

Schmerz	54%
Treppensteigen	6%
Gehstrecke	6%
Aktivitäten d. tgl. Lebens	3%
Gehhilfen	8%
Subjektive Patientenbewertung	3%
Gang allgemein	6%
Bewegungsausmass	14%

Ankle-Hindfoot-Scale (Kitaoka et al. 1994)

nach der „American Orthopaedic Foot and Ankle Society“ (AOFAS, 1994), Klinischer Score zur Beurteilung der Ergebnisse nach Sprunggelenkfrakturen.

Schmerzen	keine	40
	wenig, gelegentlich	30
	moderat, täglich	20
	stark, fast immer	0
Funktion	Aktivität ohne Einschränkung und ohne Hilfsmittel	10
	keine Einschränkungen bei alltgl. Tätigkeiten, Einschränkungen bei Freizeitakt., keine Hilfs-m.	7
	Einschränkungen bei alltgl. Tätigkeiten und bei Freizeitaktivitäten, Benutzen eines Gehstocks	4
	starke Einschränkungen bei alltgl. Und Freizeitaktivitäten, Stock, Krücken, Gehwagen, Rollstuhl	0
Gehstrecke	mehr als 300m	5
	ca. 200 - 300m	4
	ca. 50 - 150m	2
	weniger als 50m	0
Gehen, Oberfläche	keine Schwierigkeiten auf allen Oberflächen	5
	einige Schwierigkeiten beim Gehen auf unebener Oberfläche, Stufen, Schrägen, Leiter	3
	starke Schwierigkeiten beim Gehen auf unebener Oberfläche, Stufen, Schrägen, Leiter	0
Gangabnormalitäten	keine, gering	8
	deutliche	4
	markant	0
Sagittale Bewegung (Flexion, Extension)	normal oder leichte Einschränkung (30° oder mehr Bewegungsumfang)	6
	moderate Einschränkung (15 - 29° Bewegungsumfang)	3
	starke Einschränkung (weniger als 15° Bewegungsumfang)	0

Rückfuß Beweglichkeit (Inversion, Eversion)	normal oder leichte Einschränkung (75% - 100% des normalen)	8
	moderate Einschränkung (25% - 74% des normalen)	4
	starke Einschränkung (weniger als 25% des normalen)	0
Knöchel-Rückfuß-Stabil. (ant.post., varus-valgus)	stabil	8
	definitiv instabil	0
Alignment, Ausrichtung	Fuß und Knöchel-Rückfuß sind gut ausgerichtet	10
	Ausrichtung von Fuß und Knöchel-Rückfuß in Ordnung, wenige Grade Abweichung beobachtbar, keine Symptome	5
	schlechte Ausrichtung des Fußes, starke Abweichungen der Ausrichtung, Symptome	0

Kriteriengewichtung in % von 100 Punkten:

Schmerzen	40%
Funktion	10%
Gehstrecke	5%
Gehen	5%
Gangabnormalitäten	8%
Sagittale Bewegung	6%
Rückfuß Beweglichkeit	8%
Knöchel-Rückfuß-Stabilität	8%
Ausrichtung	10%

10 Literaturverzeichnis

1. Allgöwer M: Unterschenkelfrakturen. In: Müller ME, Allgöwer M, Willenegger H (Hrsg) Technik der operativen Frakturbehandlung, Springer, Berlin Göttingen Heidelberg, 1963, Seite 586-594
2. Babis GC, Vayanos ED, Papaioannou N, Pantazopoulos T (1997): Results of Surgical Treatment of Tibial Plafond Fractures. Clin Orthop 341:99-105
3. Babst R, Sommer C (2003): Editorial. Therap Umsch 60(12):711
4. Barei DP, Nork SE, Bellabarba C, Sangeorzan BJ (2006): Is the Absence of an Ipsilateral Fibular Fracture Predictive of Increased Radiographic Tibial Pilon Fracture Severity? J Orthop Trauma 20:6-10
5. 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
6. Blauth M, Bastian L, Krettek C, Knop C, Evans S (2001): Surgical Options for the Treatment of Severe Tibial Pilon Fractures: A Study of Three Techniques. J Orthop Trauma 15(3):153-160
7. Böhler L: Die Technik der Knochenbruchbehandlung im Frieden und im Kriege. 3 Bände, 9.-11. umgearbeitete u. vermehrte Aufl., Verlag Wilhelm Maudrich, 1943
8. Böhler L: Die Technik der Knochenbruchbehandlung. 12.-13. Aufl., Maudrich, Wien, 1951 (Nachdruck 1977)
9. Bone L, Stegemann P, McNamara K, Seibel R (1993): External Fixation of Severely Comminuted and Open Tibial Pilon Fractures. Clin Orthop 292:101-107
10. Borelli J, Catalano L (1999): Current Controversies in Orthopaedic Trauma : Open Reduction and Internal Fixation of Pilon Fractures. J Orthop Trauma 13:573-582
11. Borelli J, Ellis E (2002): Pilon fractures: assessment and treatment. Orthop Clin North Am 33:231-245
12. Borens O, Kloen P, Richmond J, Roederer G, Levine DS, Helfet DL (2006): Minimally invasive treatment of pilon fractures with low profile plate: preliminary results in 17 cases. Arch Orthop Trauma Surg, Sep 2
13. Burwell HN, Charnley AD (1965): The treatment of displaced fractures of the ankle by rigid internal fixation and early joint movement. J Bone Joint Surg 47B:634-659

14. Conroy J, Agarwal M, Giannoudis PV, Matthews SJE (2003): Early internal fixation and soft tissue cover of severe open tibial pilon fractures. *Int Orthop* 27(3): 343-347
15. Destot E: Traumatismes du pied et rayons X. Masson & Cie, 1911
16. Ditzen W, Friedrich C, Börner M (2001): Pilonfrakturen. *Trauma Berufskrankh* 3:316-325
17. Dresing K, Stürmer KM (2000): Die Knochen-Dübel-Arthrodese (KDA) des OSG/USG mit gekühlter Diamantfräse in Press-fit-Technik. *Unfallchirurg* 103:645-655
18. Endres T, Grass R, Biewener A, Illert T, Zwipp H (2003): Minimal traumatisierende Versorgung der Pilon-tibiale-Frakturen. *Trauma Berufskrankh* 5[Suppl 2]:258-268
19. Endres T, Grass R, Biewener A, Barthel S, Zwipp H (2004): Vorteile der minimal-invasiven Reposition, Retention und Ilizarov-(Hybrid)Fixation bei Pilon-tibiale-Frakturen unter besonderer Berücksichtigung von C2-/C3-Frakturen. *Unfallchirurg* 107:273-284
20. Folwaczny EK, Stürmer KM (1999): Verletzungen des oberen Sprunggelenks bei Unterschenkelfraktur. *Unfallchirurg* 102:611-618
21. Frick H, Leonhardt H, Starck D: Allgemeine Anatomie, Spezielle Anatomie I, Thieme, Stuttgart - New York, 1992
22. Frigg R, Ulrich D (2003): Neue Implantate als Voraussetzung biologischer Osteosynthesen. *Therap Umsch* 60(12):723-728
23. Fuchs T, Meffert R, Raschke MJ (2006): Innovationen in der operativen Frakturbehandlung – Winkelstabilität. *Orthop Unfallchir up2date* 1(2):167-186
24. Gabisan GG, Gentile DR (2004): Acute Peroneal Compartment Syndrome Following Ankle Inversion Injury – A Case Report. *Am J Sports Med* 32:1059-1061
25. Grass R, Herzmann K, Biewener A, Zwipp H (2000): Verletzungen der unteren tibiofibularen Syndesmose. *Unfallchirurg* 103:520-532
26. Grass R, Biewener A, Rammelt S, Zwipp H (2003 a): Aktuelle Überlegungen zur Behandlung von OSG-Frakturen. *Trauma Berufskrankh* 5:141-148
27. Grass R, Biewener A, Rammelt S, Zwipp H (2003 b): Frakturen des oberen Sprunggelenks. *Trauma Berufskrankh* 5[Suppl 2]:272-276
28. Hahn MP, Thies JW (2002): Pilon-tibiale-Frakturen. *Unfallchirurg* 73:1115-1132

29. Heim U: Die Pilon-tibial-Fraktur. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1991
30. Heim U, Näser M (1976): Die operative Behandlung der Pilon tibial-Fraktur. Technik der Osteosynthese und Resultate bei 129 Patienten. Arch Orthop Unfallchir 86:341-356
31. Helfet DL, Koval K, Pappas J, Sanders RW, DiPasquale T (1994): Intraarticular „Pilon“ Fracture of the Tibia. Clin Orthop 298:221-228
32. Höntzsch D, Karnatz N, Jansen T (1990): Ein- oder zweizeitige (mit Fixateur externe) Versorgung der schweren Pilon-Tibial-Fraktur. Akt Traumatol 20:199-204
33. Hohmann G, Hackenbroch M, Lindemann K: Spezielle Orthopädie Band VII. Orthopädie in Praxis und Klinik. 2. neubearbeitete Aufl. Thieme Stuttgart New York, 1985
34. Hübner L (1965): Über Verletzungen am unteren Ende des Schienbeins. Hefte Unfallheilkd 81:125
35. Jahna H, Wittich H, Hartenstein H (1979): Der distale Stauchungsbruch der Tibia: Ergebnisse von 583 frischen Fällen. Hefte Unfallheilkd 137:1-136
36. Joseph J, Giannoudis PV, Hinsche A, Cohen A (2000): Compartment syndrome following isolated ankle fracture. Int Orthop 24(3):173-175
37. Kapandji IA: Funktionelle Anatomie der Gelenke, Thieme, Stuttgart New York 2001
38. Kett K, Aichner R, Wesseley E (1965): Der Einfluss der Reposition des malleolus lateralis bei der Behandlung bimalleolärer Knochenbrüche, Monatsschr Unfallheilkd 68:82-89
39. Kilian O, Bundner MS, Horas U, Heiss C, Schnettler R (2002): Langzeitergebnisse nach operativer Versorgung von Pilon-tibial-Frakturen. Eine retrospektive Untersuchung. Chirurg 73:65-72
40. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M (1994): Clinical Rating Systems for the Ankle-Hindfoot, Midfoot, Hallux and Lesser Toes. Foot Ankle Int 15(7):349-353
41. Klaue K, Conier P (2003): Neue Pilonplatte. Trauma Berufskrankh 5[Suppl2]: 269-271
42. Koebke J (2004): Klinische Anatomie und Biomechanik des Sprunggelenkes unter besonderer Berücksichtigung der Endoprothetik. FussSprungg 2:2-6
43. Krämer KL, Maichl FP: Scores, Bewertungsschemata und Klassifikationen in Orthopädie und Traumatologie. Thieme Stuttgart - New York, 1993

44. Lange S, Mechsner K, Langenscheidt P (1984): Die sekundäre Arthrose nach operativ versorgten Sprunggelenksfrakturen. Fortschr Röntgenstr 140:69
45. Lauge-Hansen N (1948): Fractures of the ankle. Analytic historic survey as the basis of new experimental. Roentgenologic and clinical investigations. Arch Surg 56:259-317
46. Lauge-Hansen N (1950): Fractures of the ankle. II. Combined surgical and roentgenologic exploration. Arch Surg 60:957-985
47. Lorez LG, Hintermann B (1999): Bedeutung von Begleitverletzungen bei Malleolarfrakturen – Prospektive Untersuchung. Unfallchirurg 102:949-954
48. Marsh JL, Weigel DP, Dirschl DR (2003): Tibial Plafond Fractures: How Do These Ankles Function Over Time? J Bone Joint Surg Am 85:287-295
49. Martinek H, Egkher E (1978): Untersuchungen zur Biomechanik des oberen Sprunggelenks bei Verkürzungen des Außenknöchels. Arch Orth Traum Surg 91:39-43
50. Mast JW, Spiegel PG, Pappas JN (1988): Fractures of the Tibial Pilon. Clin Orthop 230:68-82
51. Meisinger C, Wildner M, Stieber J, Heier M, Sangha O, Döring A (2002): Epidemiologie der Extremitätenfrakturen. Orthopade 31:92-99
52. Meyer-Wölbert B, Schmidt R, Benesch S, Fels T, Becker HP (1999): Die prognostische Bedeutung verletzter Anteile bei Sprunggelenkfrakturen. Chirurg 70:1323-1329
53. Michelson J, Moskovitz P, Labropoulos P (2004): The Nomenclature for Intra-articular Vertical Impact Fracture of the tibial plafond: Pilon Versus Pylon. Foot Ankle Int 25(3):149-50
54. Möllenhoff G, Walz M (1998): Pilon-Tibial-Fraktur. Unfallchirurg 101:395-401
55. Müller ME: The comprehensive classification of fractures of long bones. In: Müller ME, Allgöwer R, Schneider R, Willenegger H. Manual of internal fixation. Springer, Berlin Heidelberg New York, 1991, Seite 118 - 150
56. Müller ME (2004): Müller AO Classification of Fractures – Long Bones. AO Publishing 2004/I
57. Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J : The comprehensive classification of fractures of long bones. Springer New York, 1990
58. Mutschler W, Haas NP: Praxis der Unfallchirurgie. Thieme, Stuttgart, 1999

59. Okcu G, Aktuglu K (2004): Intra-articular fractures of the tibial plafond. J Bone Joint Surg (Br) 86-B:868-875
60. Olerud C, Molander H (1984): A scoring scale for symptoms evaluation after ankle fractures. Arch Orthop Trauma Surg 103:190-194
61. Otto W (2003): Sinn und Unsinn der additiven Fibulaosteosynthese. Trauma Berufskrankh 5[Suppl 2]:245-247
62. Patterson MJ, Cole JD (1999): Two-Stage Delayed Open Reduction and Internal Fixation of Severe Pilon Fractures. J Orthop Trauma 13:85-91
63. Perren SM, Perren T, Schneider E (2003): Biologie und Osteosynthese – Ein Widerspruch? Therap Umsch 60(12):713-721
64. Phillips WA, Schwartz HS, Keller CS, Woodward HR, Spiegel PG, Laros GS (1985): A prospective randomized study of the management of severe ankle fractures. J Bone Joint Surg 67-A:67-78
65. Pollak AN, McCarthy ML, Bess RS, Agel J, Swionkowski MF (2003): Outcomes After Treatment of High-Energy Tibial Plafond Fractures. J Bone Joint Surg Am 85:1893-1900
66. Queitsch C, Kienast B, Fuchs S, Seide K (2006): Distale Unterschenkelfraktur: Zweizeitiges Vorgehen mit Fixateur externe und winkelstabiler Platte. Zentralbl Chir 131:194-199
67. Rammelt S, Grass R, Biewener A, Zwipp H (2004): Anatomie, Biomechanik und Klassifikation der Sprunggelenkfrakturen. Trauma Berufskrankh 6[Suppl 4]:384-392
68. Riede V, Willeneger H, Schenk R (1969): Experimenteller Beitrag zur Klärung der sekundären Arthrose bei Frakturen des oberen Sprunggelenks, Helv Chir Acta 35:552
69. Rüedi T, Allgöwer M (1969): Fractures of the lower end of the tibia into the ankle joint. Injury 1:92-99
70. Rüedi T, Allgöwer M (1979): The operative treatment of intra-articular fractures of the lower end of the tibia. Clin Orthop 138:105-110
71. Rüedi T, Matter P, Allgöwer M (1968): Die Intraartikulären Frakturen des distalen Unterschenkelendes, Helv Chir Acta 35:556-582
72. Rüedi T, Buckley RE, Moran CG: AO Principles of Fracture Management, Thieme, Stuttgart, 2007

73. Rüter A (1978): Einteilung und Behandlung der Frakturen des Pilon tibial. Hefte Unfallheilkd 131:143-157
74. Rüter A, Trentz O, Wagner M: Unfallchirurgie. Urban und Schwarzenberg, 1995
75. Sands A, Grujic L, Byck DC, Agel J, Benirschke S, Swiontkowski F (1998): Clinical and Functional Outcomes of Internal Fixation of Displaced Pilon Fractures. Clin Orthop Relat Res 347:131-137
76. Schuh A, Hausel M (2000): Die Schwierigkeit in der Beurteilung von Nachuntersuchungsergebnissen bei plattenosteosynthetisch versorgter Kalkaneusfraktur – Gibt es einen praktikablen Score? Unfallchirurg 103:295-300
77. Schünke M, Schulte E, Schumacher U: Prometheus – LernAtlas der Anatomie, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, 2. Auflage, Thieme, Stuttgart New York, 2007
78. Shih-Hao C, Po-Hui W, Yih-Shiunn L (2007): Long-term results of pilon fractures. Arch Orthop Trauma Surg 127:55-60
79. Sirkin M, Sanders R, DiPasquale T, Herscovici Jr., D (1999): A Staged Protocol for Soft Tissue Management in the Treatment of Complex Pilon Fractures. J Orthop Trauma 13(2):78-84
80. Sommer C, Rüedi TP: Tibia: distal (Pilon). In: Rüedi TP, Murphy WM (eds) AO principles of fracture management. Thieme, Stuttgart New York 2003, Seite 543 - 562
81. Stürmer KM (1999a): Hrsg. Sprunggelenksfraktur. Leitlinien Unfallchirurgie. 2. Auflage, Thieme, Stuttgart – New York 1999, S.197-207
82. Stürmer KM (1999b): Hrsg. Implantatentfernung. Leitlinien Unfallchirurgie. 2. Auflage, Thieme, Stuttgart – New York 1999, S.12-19
83. Suk M, Hanson BP, Norvell DC, Helfet DL: Musculoskeletal outcomes measures and instruments - 155 instruments evaluated and assessed. Thieme, 2005
84. Teeny SM, Wiss DA (1993): Open Reduction and Internal Fixation of Tibial Plafond Fractures – Variables Contributing to Poor Results and Complications. Clin Orthop 292:108-117
85. Topliss CJ, Jackson M, Atkins RM (2005): Anatomy of pilon fractures of the distal tibia. J Bone Joint Surg (Br) 87-B:692-697
86. Tornetta P, Gorup J (1996): Axial Computed Tomography of Pilon Fractures. Clin Orthop Relat Res 323:273-276

87. Trojan E, Jahna H (1956): Zur Behandlung der Stauchungsbrüche am distalen Unterschenkelende. *Klin Med* 11:313-317
88. Weber BG: Die Verletzungen des oberen Sprunggelenkes. 2. Aufl., Huber, Bern Stuttgart Wien, 1972
89. Williams TM, Nepola JV, DeCoster TA, Hurwitz SR, Dirschl DR, Marsh JL (2004): Factors Affecting Outcome in Tibial Plafond Fractures. *Clin Orthop Relat Res* 423:93-98
90. Wyrsh B, McFerran MA, McAndrew M, Limbird TJ, Harper MC, Johnson KD, Schwartz HS (1996): Operative Treatment of Fractures of the Tibial Plafond. A Randomized, Prospective Study. *J Bone Joint Surg Am* 78:1646-1657
91. Zwipp H: Chirurgie des Fußes. Springer, Wien - New York, 1994