

Aus dem Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie

Eduardus-Krankenhaus Köln

Chefarzt: Privatdozent Dr. med. A. Jubel

Die Aussagekraft des konventionellen Röntgenbildes bei
oberen Sprunggelenksfrakturen.

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Sabrina Boxberg
aus Bergisch Gladbach

promoviert am 23. November 2016

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. h. c. Th. Krieg

1. Berichterstatter: Privatdozent Dr. med A. Jubel

2. Berichterstatter: Universitätsprofessor Dr. med L.-P. Müller

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Privatdozent Dr. med. Axel Jubel

Weitere Personen waren an der geistigen Herstellung der vorlegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/ eines Promotionsberater in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Köln, den 29.03.2016

Sabrina Boxberg

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Daten wurden im Eduardus Krankenhaus in Köln erhoben. An der Auswertung der Daten der Operationsberichte war ich maßgeblich beteiligt. Bei der Auswertung der Röntgenbilder und CT-Aufnahmen, sowie der statistischen Analyse unterstütze mich Herr Privatdozent Dr. med. Axel Jubel.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	1
1. Einleitung	2
1.1 Anatomie des oberen Sprunggelenks	3
1.2 Verletzungen des oberen Sprunggelenks	5
1.2.1 Häufigkeit	5
1.2.2 Ätiologie und Pathomechanismus	6
1.3 Klassifikationen	6
1.3.1 Die pathologisch-anatomische Einteilung nach Danis und Weber	6
1.3.2 Die AO-Klassifikation.....	8
1.3.3 Die genetische Einteilung nach Lauge-Hansen	10
1.3.4 Klinische Klassifikationen.....	13
1.4 Klinik.....	14
1.5 Radiologische Diagnostik	15
1.5.1 Aufnahmetechniken	15
1.5.2 Darstellung des oberen Sprunggelenkes im Röntgenbild.....	16
1.6 Therapie	19
1.6.1 Konservativ.....	19
1.6.2 Operativ.....	20
1.6.3 Frühfunktionelle Nachbehandlung	24
1.7 DRG-System	25
1.8 Probleme in der Klinik	28
1.9 Fragestellung	28
2 Material und Methode	29
2.1 Material.....	29
2.1.1 Patientenkollektiv	29

2.1.2	Alters- und Geschlechtsverteilung.....	31
2.1.3	Röntgenaufnahmen.....	32
2.1.4	Operationsberichte.....	33
2.1.5	Computertomographie-Aufnahmen.....	33
2.2	Methode	34
2.2.1	Statistische Auswertung.....	34
2.2.2	Einstufung in die DRG.....	35
3	Ergebnisse	38
3.1	Gesamtübersicht der Ergebnisse.....	38
3.1.1	Verletzungsmuster im Operationsbericht.....	38
3.1.2	Verletzungsmuster auf den Röntgenbilder	40
3.1.3	Verletzungsmuster im Vergleich Operationsberichte und Röntgen	41
3.1.4	Verletzungsmuster in der CT-Diagnostik.....	43
3.1.5	Verletzungsmuster im Vergleich Operationsberichte und CT-Diagnostik.....	44
3.2	Ergebnisse im Vergleich Röntgenbilder und Operationsberichte	45
3.2.1	Einfache Außenknöchelfrakturen	46
3.2.2	Mehrfragmentäre Außenknöchelfraktur.....	47
3.2.3	Innenknöchelfrakturen.....	48
3.2.4	Frakturen des hinteren Volkmannndreiecks	49
3.2.5	Knöcherner Syndesmosenaurisse.....	50
3.2.6	Überblick der statistischen Auswertung des Röntgenbildes	51
3.3	Ergebnisse im Vergleich CT und Operationsberichte	51
3.3.1	Einfache Außenknöchelfrakturen	52
3.3.2	Mehrfragmentäre Außenknöchelfraktur.....	53
3.3.3	Innenknöchelfraktur	54
3.3.4	Fraktur des hinteren Volkmannndreiecks	55

3.3.5	Knöcherner Syndesmosenauriss	56
3.3.6	Überblick der statistischen Auswertung der CT-Diagnostik	57
3.4	Vergleich der statistischen Auswertung der Röntgenbilder und des CTs	58
3.5	Fallpauschalen des Patientenkollektivs.....	61
4	Diskussion.....	62
4.1	Patientenkollektiv.....	63
4.2	Epidemiologische Daten	63
4.3	Ergebnisse der Röntgen-Diagnostik	64
4.4	Vergleich der Ergebnisse der Röntgen-Diagnostik mit anderen Autoren	65
4.5	Ergebnisse der CT-Diagnostik	68
4.6	Vergleich der Ergebnisse der Röntgen- und CT-Diagnostik	69
4.7	Vergleich der Ergebnisse des Röntgen-CT-Vergleichs mit anderen Autoren.....	69
4.8	Problematik im Abrechnungssystem DRG	73
4.9	Problematik des Abrechnungssystem DRG im Vergleich mit anderen Autoren.....	74
4.10	Einschränkungen der vorliegenden Untersuchung	74
4.11	Schlussfolgerung.....	76
5	Zusammenfassung	78
6	Anhang.....	80
6.1	Abbildungsverzeichnis.....	80
6.2	Tabellenverzeichnis.....	81
6.3	Literaturverzeichnis.....	84
7	Lebenslauf	97

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
a.p.	anterior-posterior
CT	Computertomographie
Art.	Articulatio
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
PPV	Positiv prädiktiver Wert
NPV	Negativ prädiktiver Wert
OAR	Ottawa ankle Rules
OSG	Oberes Sprunggelenk
DRG	diagnosis-related group
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences

1. Einleitung

Die Frakturen des oberen Sprunggelenkes gehören zu den häufigsten Verletzungen des älteren Menschen [84]. Die Inzidenz liegt bei 128 Frakturen pro 100.000 Menschen, wobei 20-30% der Frakturen bei älteren Menschen über 65 Jahren auftreten [35, 102]. Mit der hohen Inzidenz steht sie an der dritten Stelle der knöchernen Frakturen [57].

Eine exakte anatomische Rekonstruktion ist notwendig um eine posttraumatische Arthrose zu vermeiden [69, 93]. Bis zu 78% der Patienten mit fortgeschrittener Sprunggelenksarthrose weisen eine posttraumatische Genese auf [103, 117]. Diese tritt insbesondere im Alter zwischen 50 und 90 Jahren auf [117].

Voraussetzung für ein gutes Therapieergebnis sind die korrekten präoperativen Indikationsstellungen und präzisen Planungen [22]. Für eine optimale Versorgung ist die exakte Analyse der Frakturform erforderlich [93]. Dadurch bekommt die radiologische Diagnostik einen hohen Stellenwert [22]. Das konventionelle Röntgenbild des oberen Sprunggelenkes in 2 Ebenen gilt als Standarddiagnostik [19, 91]. Bei komplexen Verletzungen und unklaren Befunden wird gelegentlich auch die Computertomographie hinzu gezogen [91]. Die derzeit vorliegenden Leitlinien definieren allerdings keine genauen Indikationen für den Gebrauch der CT [77].

Im Abrechnungssystem DRG wird die Erlöszahlung für jeden Patienten über Fallpauschalen ermittelt [40]. Es gibt für jedes Krankenhaus einen Basisfallwert, der jedes Jahr neu festgelegt wird [40, 121]. Die Krankheiten werden zu einer DRG zugeordnet [40]. Aus der DRG und dem Basisfallwert errechnet sich die Fallpauschale des Patienten, die an das Krankenhaus zu zahlen ist [59]. Als Grundlage für die Einstufung werden die verfügbaren schriftlichen bildgebenden Befunde, entweder das Röntgenbild oder die CT-Aufnahme verwendet [40].

Ziel dieser Arbeit ist es, die Zuverlässigkeit des präoperativen Röntgenbildes in zwei Ebenen bei oberen Sprunggelenksfrakturen bei älteren Patienten zu überprüfen. Im Eduardus-Krankenhaus in Köln wurde beobachtet, dass nicht alle

knöchernen Verletzungen des oberen Sprunggelenkes zuverlässig auf dem Röntgenbild erkannt werden können. Dies betrifft vor allem die mehrfragmentären Frakturen. In der derzeitigen Literatur wird diskutiert, dass die mehrfragmentären Frakturen aufgrund der Osteoporose vermehrt bei älteren Menschen auftreten [66]. Alle Röntgenbilder der Patienten die sich im Zeitraum von 2008 bis 2013 im Alter von über 60 Jahren im Eduardus-Krankenhaus mit einer Fraktur des oberen Sprunggelenkes vorstellten wurden einer Analyse unterzogen.

1.1 Anatomie des oberen Sprunggelenks

Das Sprunggelenk verbindet den Unterschenkel mit dem Fuß [16]. Es besteht aus zwei Anteilen: dem oberen Sprunggelenk (Tibia, Fibula und Talus) und dem unteren Sprunggelenk (Talus, Kalkaneus und den Fußwurzelknochen) [10, 129]. Der Unterschenkel, bestehend aus Tibia und Fibula wird proximal durch die Membrana interossea als derbe Bindegewebsmembran und distal durch die Syndesmosis tibiofibularis verbunden [129]. Der proximale Anteil des oberen Sprunggelenkes wird durch die Malleolengabel (distales Tibia- und Fibulaende) und der distale Anteil durch die Trochlea tali gebildet. Die Trochlea tali wird medial und lateral von der Malleolengabel umgeben und so stabilisiert [129]. Funktionell handelt es sich um ein Scharniergelenk mit einer Bewegungsachse für Dorsalextension und Plantarflexion [16]. Deren Bewegungsumfänge können für die Dorsalextension mit 20° und für die Plantarflexion mit 30° betragen [16]. Gesichert wird das obere Sprunggelenk (OSG) vom medialen (Lig. deltoideum) und lateralen Bandapparat, welcher besonders in der Plantarflexion wichtig ist, da die Trochlea tali im hinteren Bereich schmaler und dadurch die Knochenführung geringer wird [104]. Der laterale Bandapparat umfasst die drei Bänder Lig. Talofibulare anterius und posterius, so wie das Lig. calcaneofibulare, die in die Gelenkkapsel mit einziehen [104].

1. Einleitung

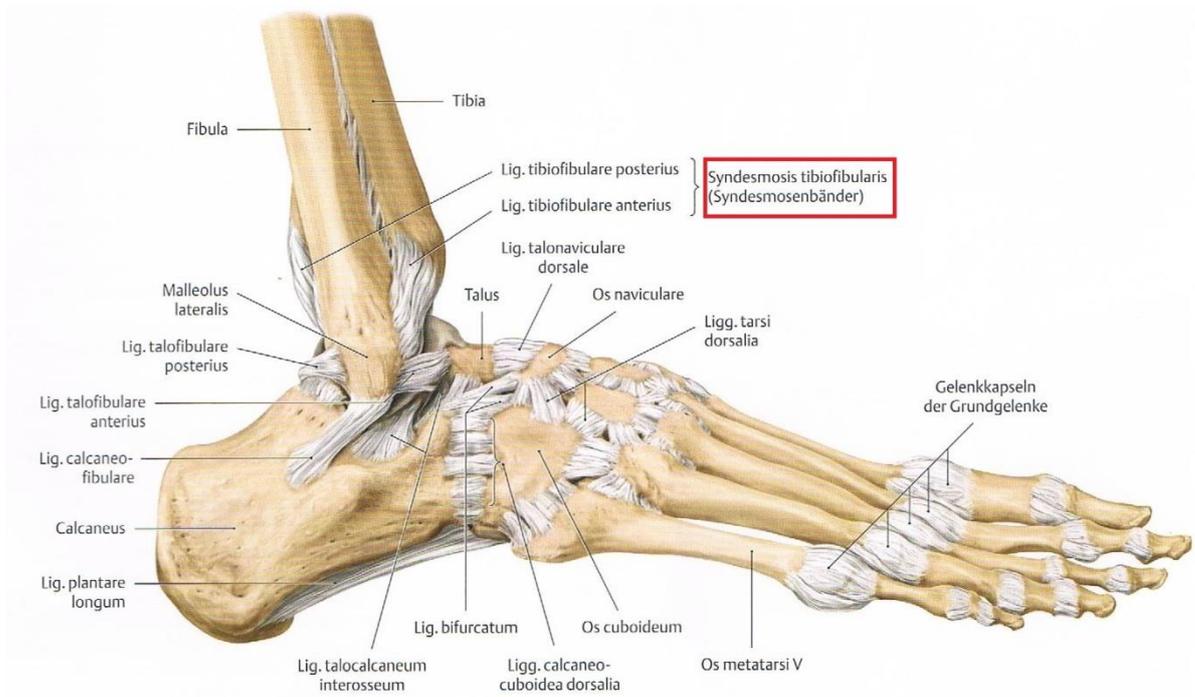


Abbildung 1: Der laterale Bandapparat eines rechten Fußes aus Prometheus [104]

Die Malleolengabel selber liegt außerhalb der Gelenkkapsel [33]. Weiterhin ziehen die Lig. Tibiofibulares anterius und posterius zur Syndesmose und verstärken sie [104]. Diese Syndesmose ist zu einem sehr großen Anteil für die Stabilität des oberen Sprunggelenkes zuständig, da sie die Malleolengabel zusammenhält und axial auftretende Kräfte abfedert [16, 51, 81].

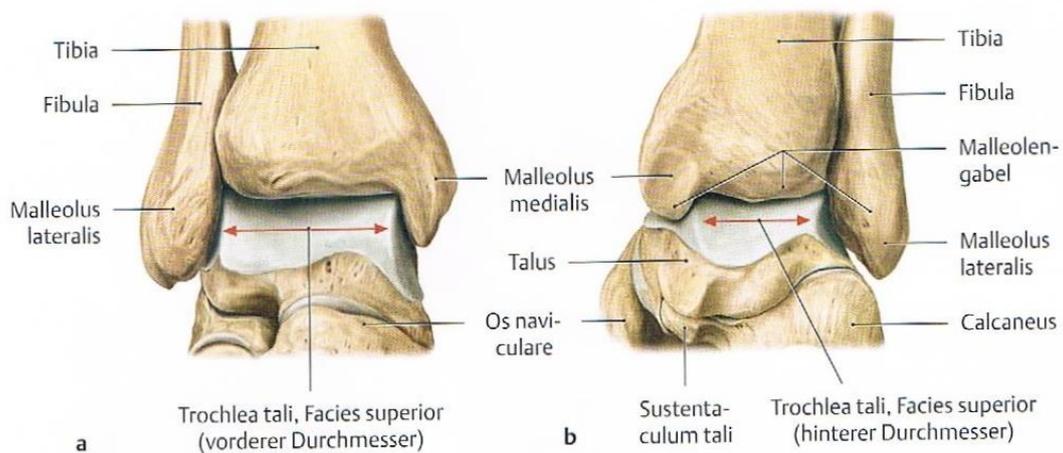


Abbildung 2: Artikulierende Skelettelemente des oberen Sprunggelenks aus Prometheus a: von vorne b: von hinten [104]

1.2 Verletzungen des oberen Sprunggelenks

1.2.1 Häufigkeit

Die Frakturen am oberen Sprunggelenk zählen zu den fünf häufigsten Frakturen des Menschen, mit einer Inzidenz von 1-1,5 pro 1000 Einwohnern, wobei 20-30% der Frakturen in den Altersgruppen über 65 Jahren auftreten [57, 102]. Bei älteren Menschen stehen sie an erster Stelle der häufigsten Frakturen [84]. Kannus konnte feststellen, dass die Inzidenz von Sprunggelenksfrakturen bei älteren Menschen (Alter über 60 Jahren) in Finnland von 1970 bis 1994 bei Frauen um 163% und bei Männern um 200% gestiegen ist, was in dem Ausmaß nicht ausreichend durch den demographischen Wandel erklärbar ist [62, 64]. In darauffolgenden Untersuchungen wurde allerdings eine Stabilisierung der Inzidenz in der Zeit von 1996 bis 2006 deutlich [63]. Dies wurde auf eine zunehmend „gesündere“ ältere Bevölkerung zurückgeführt [63]. Frauen und Männern sind gleich häufig betroffen, allerdings in unterschiedlichen Altersgruppen [51]. Während bei den Frauen die Frakturen des Malleolus lateralis gehäuft im höheren Alter (>45 Jahre) auftreten, erscheinen diese beim Mann im jüngeren Alter (<45 Jahre) [51]. Die Frakturen des Malleolus medialis treten im jüngeren Alter geschlechtsunabhängig auf und im höheren Alter, wie die bi- und „trimalleolären“ Frakturen fast ausschließlich nur bei Frauen [51]. Die älteren Patienten stellen eine größere Herausforderung an die Behandlung von Frakturen dar°[11, [46]]. Dies ist bedingt durch die reduzierte Knochenqualität und Mobilität sowie weiteren Komorbiditäten, wie beispielsweise Diabetes mellitus [13, 47, 87, 110]. Insbesondere bei älteren Frauen steigt aufgrund des erhöhten BMI und der postmenopausalen Osteoporose die Zahl der Sprunggelenksfrakturen [8, 47, 55]. Postmenopausale Frauen weisen eine zerrissene Mikroarchitektur und eine verminderte Festigkeit des Knochens auf, so dass vermehrt Knochenbrüche durch nur leichte äußere Einwirkungen, so genannte „Low-energy“-Unfälle, auftreten [23, 47, 55, 105].

1.2.2 Ätiologie und Pathomechanismus

80% der Frakturen am oberen Sprunggelenk entstehen durch indirekte Verletzungen [65, 74, 92]. Häufig handelt es sich dabei um Sportverletzungen mit Fehlritten und Stürzen [77]. Frakturen durch Hochrasanztraumen wie Verkehrsunfälle und Stürze aus hoher Höhe sind nur in 10 % der Fälle ursächlich [118]. Frakturen des Innen- und Außenknöchels durch direkte Gewalteinwirkung sind sehr selten [92, 118]. Für das Verständnis der Frakturform sind die Fußstellung, sowie die Auslenkung des Fußes während des Unfalls von großer Bedeutung [92, 101].

Der dänische Chirurg Lauge-Hansen stellte dafür eine Frakturklassifikation (siehe Kapitel 1.3.3.) auf, die eine genaue Analyse des Verletzungsausmaßes zulässt [92, 101]. In den meisten Fällen handelt es sich um Supinationstraumen, bei denen die Zerstörung am Außenknöchel beginnt [83, 92, 127]. Beim pronierten Fuß steht der breitere Teil der Talusrolle in der Malleolengabel, wodurch eine erhöhte Vorspannung im Bereich der Syndesmose entsteht und die Zerstörung am Innenknöchel beginnt [92]. Die Richtung der einwirkenden Gewalt auf das Sprunggelenk ist die zweite wichtige Komponente für die Entstehung der Frakturen [92, 101, 118]. Bei seitlicher Kraft ist die Supination immer mit einer Adduktion und die Pronation mit einer Abduktion kombiniert [51, 92].

1.3 Klassifikationen

1.3.1 Die pathologisch-anatomische Einteilung nach Danis und Weber

Die im deutschen Sprachraum am häufigsten verwendete Klassifikation ist die Einteilung nach Danis und Weber [118]. Weber modifizierte 1966 die pathologisch-anatomische Einteilung der Sprunggelenksfraktur von dem belgischen Chirurgen Danis (1947). Hierbei werden drei verschiedene Frakturtypen unterschieden, die sich auf die Höhe der Fibulafrakturen in Bezug auf die Syndesmose unterscheiden [92, 118]. Die Sprunggelenksfraktur vom Typ Weber-A befindet sich distal der Syndesmose, die wie die Membrana interossea dabei intakt bleibt

und so das Sprunggelenk weiterhin stabilisieren kann [24, 118]. Dieser Frakturtyp tritt mit einer Häufigkeit von etwa 10% auf [15]. Liegt die Fraktur auf Höhe der Syndesmose handelt es sich um eine Fraktur vom Typ Weber-B [24, 65]. Diese ist mit einer Häufigkeit von 62% die häufigste unter den drei Frakturtypen [15, 129]. Die Syndesmose selber kann dabei intakt, teilweise oder komplett zerrissen sein [65]. Ist letzteres der Fall wird das Sprunggelenk instabil [51]. Bei der Fraktur vom Typ Weber-C ist das Gelenk ebenfalls instabil [44]. Die Fraktur verläuft proximal der Syndesmose, die dabei rupturiert oder knöchern ausreißt [51]. Die Fraktur vom Typ Weber-C tritt mit einer Häufigkeit von etwa 28% auf [15]. Eine Sonderform der Weber-C-Fraktur stellt die Maisonneuve-Fraktur dar, bei der eine hohe Fibulafraktur auftritt [24]. Diese Frakturform ist eine seltene Fraktur und tritt mit einer Häufigkeit von 7% auf [58]. Je höher die Fraktur der Fibula liegt, umso instabiler werden der Bandapparat und somit auch das gesamte Sprunggelenk [51].

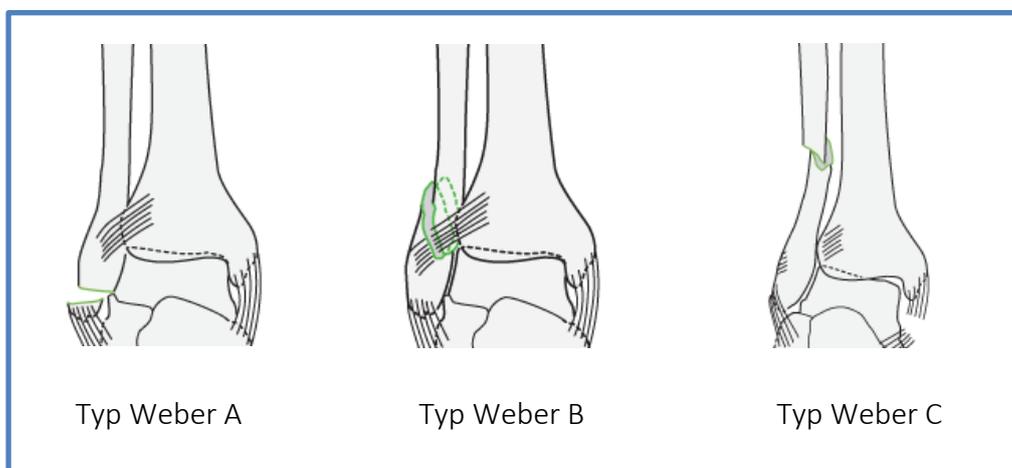


Abbildung 3: Klassifikation nach Danis und Weber

[6]

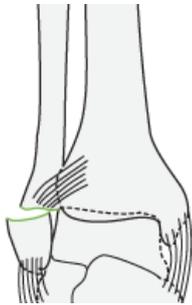
Insgesamt lässt die Klassifikation mit Ausnahme der Fraktur vom Typ Weber C keine definitive Aussage über die Stabilität und somit über die Operationsindikation zu, da die medialen Strukturen hier nicht berücksichtigt werden [92].

1.3.2 Die AO-Klassifikation

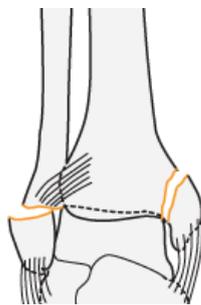
Die Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) nutzte als Grundlage die Danis-Weber-Klassifikation und erweiterte diese um jeweils zwei weitere Untergruppen, die eine Differenzierung in stabile und instabile Frakturen ermöglicht, da sie auch das mediale Verletzungsmuster darstellt [57, 82]. Malleolarfrakturen werden mit der Ziffer 44 beschrieben [57]. Auch bei der AO-Klassifikation werden die Frakturen in drei Typen im Bezug zur Syndesmose unterteilt [82]. Typ A-Frakturen befinden sich infrasyndesmal, Typ B-Frakturen transsyndesmal und Typ C-Frakturen suprasyndesmal [82]. A1- und B1-Frakturen stellen isolierte Außenknöchelfrakturen dar [57]. Ab den Frakturen A2- und B2 treten mediale Läsionen hinzu (Innenknöchelfraktur oder Deltabandruptur) [57]. Bei den Typ C-Frakturen handelt es sich um suprasyndesmale Fibulafrakturen [57]. Bei der Fraktur vom Typ C2 handelt es sich um eine mehrfragmentäre suprasyndesmale Fibulafraktur, die mit einer medialen Läsion und einer Fraktur des hinteren Volkmandriecks kombiniert sein kann [57]. Die C3-Fraktur geht mit einer proximalen Fibulafraktur und einer medialen Läsion einher und wird auch Maisonneuve-Fraktur genannt [57]. Da es insgesamt 27 mögliche Frakturtypen gibt wird diese AO-Klassifikation eher selten im Klinikalltag verwendet [57, 68].

44 Malleolarfrakturen

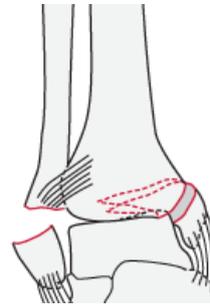
44-A1



44-A2



44-A3



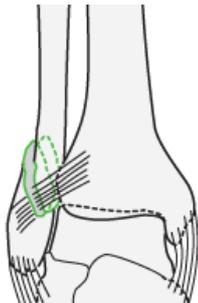
44-A Infrasyndesmale Verletzung

44-A1 isolierte Außenknöchelfraktur

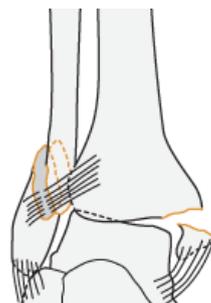
44-A2 Außenknöchel- und Innenknöchelfraktur

44-A3 Außenknöchelfraktur und Innenknöchelfraktur nach dorsomedial ziehend

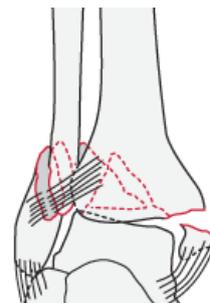
44-B1



44-B2



44-B3



44-B Transsyndesmale Verletzung

44-B1 isolierte Außenknöchelfraktur

44-B2 Außenknöchelfraktur mit medialer Läsion

44-B3 Außenknöchelfraktur mit medialer Läsion und Fraktur des Volkmandreiecks

44-C1



44-C2



44-C3



44-C Suprasyndesmale Verletzung

44-C1 einfache Fibulafraktur mit medialer Läsion

44-C2 mehrfragmentäre Fibulafraktur mit medialer Läsion

44-C3 proximale mit medialer Läsion

Abbildung 4: AO-Klassifikation der Malleolarfrakturen [6]

1.3.3 Die genetische Einteilung nach Lauge-Hansen

Sprunggelenksfrakturen bieten ein breites Spektrum an Verletzungsmustern [94]. Für das Verständnis des Verletzungsmechanismus entwickelte der dänische Chirurg Lauge-Hansen 1942 die nach ihm benannte Klassifikation [94, 108, 111]. Hierzu ist es notwendig den Unfallmechanismus mit den radiologischen Befunden zu kombinieren [27, 29]. Nach Lauge-Hansen werden vier verschiedene Verletzungsmechanismen beschrieben [92]. Die Frakturklassifikation berücksichtigt zwei Komponenten:

1. die Position des Fußes zum Zeitpunkt des Unfalls (Pro- oder Supination)
2. die Richtung der Gewalteinwirkung (Abduktion, Adduktion oder Außenrotation)[93].

Es sind drei verschiedene Röntgenaufnahmen notwendig um die Klassifikation anzuwenden [101]. Die anteroposteriore (a.-p.), die laterale und eine Aufnahme in 20°-Innenrotation im a.-p.-Strahlengang, die auch „mortise view“ oder „Gabelaufnahme“ genannt wird [83, 101]. Wichtig für das Verständnis ist die Übersetzung in der deutschen Darstellung der Klassifikation der Außenrotation („external rotation“) mit „Eversion“ [92]. Im deutschen Klinikalltag wird die Klassifikation aufgrund ihrer Komplexität eher selten verwendet, obwohl hiermit 95% aller Malleolarfrakturen zu geordnet werden können [92]. Die Malleolarfrakturen lassen sich in vier Gruppen mit jeweils unterschiedlichen Schwerestadien einordnen [92].

Richtung der Gewalteinwirkung	Stellung des Fußes zum Unfallzeitpunkt	
	Supination	Pronation
seitlich	Supination-Adduktion	Pronation-Abduktion
Außenrotation des Talus	Supination-Eversion	Pronation-Eversion

Tab. 1: Genetische Einteilung der Sprunggelenksfrakturen nach Lauge-Hansen

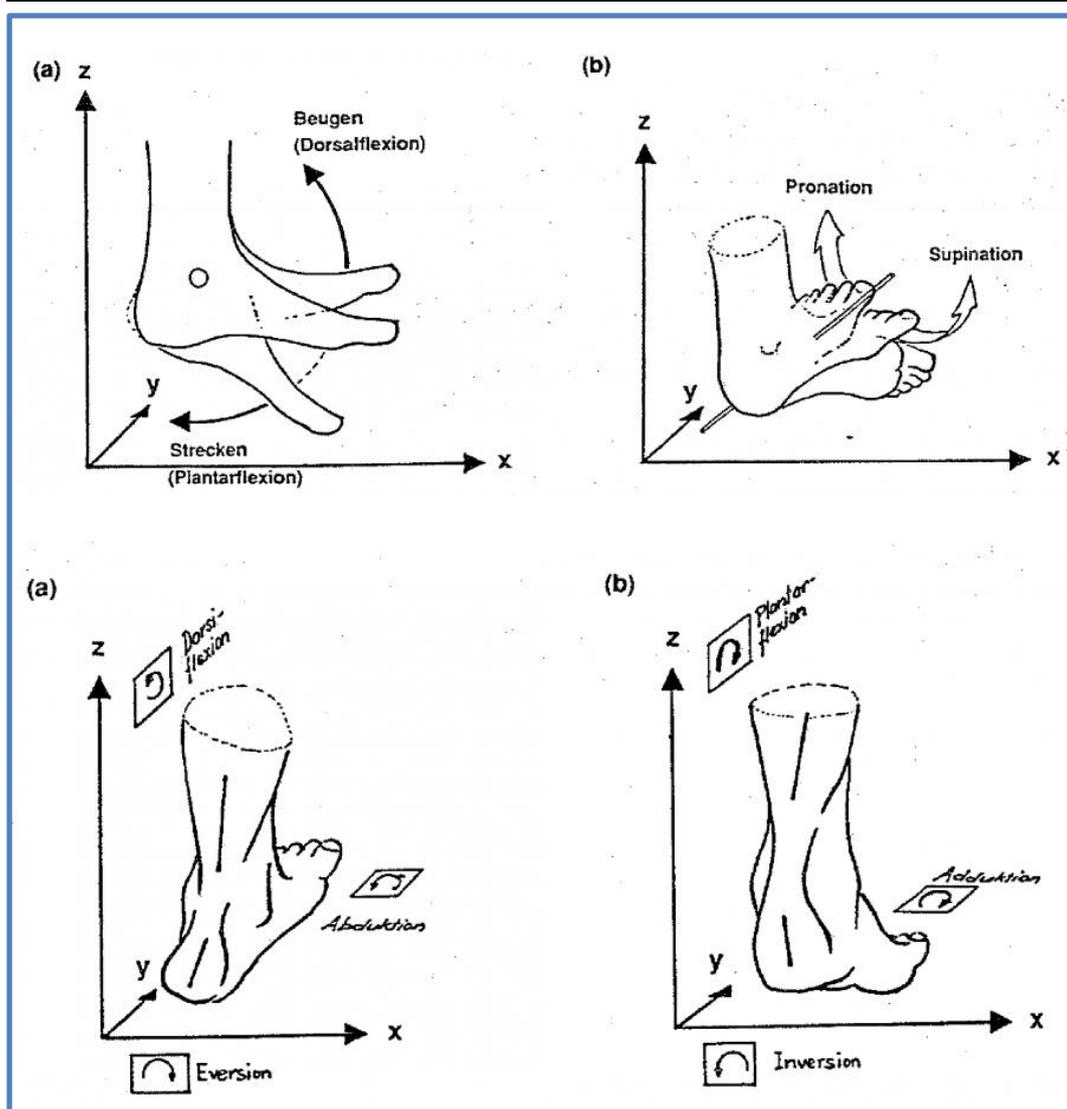


Abbildung 5: oben a) Fußstellung in Dorsalextension und Plantarflexion ; oben b) Pronation und Supination
 unten a) Abduktion und Eversion; unten b) Adduktion und Inversion [33]

Die Supinations-Adduktions-Fraktur

Bei einem Trauma in Supination/Adduktion werden die lateralen Strukturen angespannt und es kommt häufig zu einer Ruptur der lateralen Kollateralbänder oder zu einer Fraktur des Malleolus lateralis unterhalb der Syndesmose (Stadium I) [92]. Bei weiterer Adduktion entsteht eine schräge bis senkrechte Fraktur des Malleolus medialis, da der Talus gegen diesen gedrückt wird [82]. Es resultiert eine instabile Knöchelgabel (Stadium II), häufig mit einer Impression des medialen Tibiaplateaus [82].

Die Pronations-Abduktions-Fraktur

Diese Fraktur entsteht in umgekehrter Richtung [92]. Durch einen Abduktionsstress kommt es zu Beginn zu einer Querfraktur des Innenknöchels oder einer Ruptur des Lig. deltoideum (Stadium I) [92]. Bei fortgesetzter Abduktion kommt es zu einem knöchernen Ausriss der vorderen und hinteren Syndesmose (Stadium II), gefolgt von einer schrägen oder spiralförmigen Fraktur der Fibula auf Höhe oder proximal der Syndesmose (Stadium III) [82].

Die Supinations-Eversions-Fraktur

Diese Form ist mit 2/3 aller Verletzungen die häufigste Sprunggelenksfraktur [127]. Bei Supination und Außenrotation werden zuerst die vordere Syndesmose und die lateralen Strukturen angespannt [118]. Es kommt zu einem knöchernen Ausriss des vorderen Syndesmosebandes (Stadium I) [118]. Der knöcherne Ausriss an der Tibia wird „Tubercule de Tilleaux-Chaput“ und an der Fibula „Wagstaffe-Fragment“ bezeichnet [92]. Weiterhin kommt es dann zu einer typischen Spiralfaktur der Fibula auf Syndesmosenhöhe (Stadium II) [92]. Bei weiterer Außenrotation des Talus folgt die Ruptur des hinteren Syndesmosebandes oder die Fraktur des Volkmann-Dreiecks (Stadium III) [92]. Wenn die Gewalteinwirkung noch weiter anhält kommt es abschließend zu einer Fraktur des Innenknöchels und eventuell einer Deltabandruptur (Stadium IV) [92].

Die Pronations-Eversions-Fraktur

Diese Fraktur folgt dem gleichen Mechanismus wie der Supinations-Eversions-Fraktur, nur entgegengesetzt [92]. Die Fraktur beginnt aufgrund der Pronationsstellung des Fußes mit einer Anspannung der medialen Strukturen und des Lig. deltoideum und einer Fraktur des Innenknöchels (Stadium I) [132]. Bei weiterer Außenrotation folgt die Ruptur des vorderen Syndesmosebandes oder ein knöcherner Ausriss desselben an Tibia oder an der Fibula (Stadium II) [92].

Nach Sprengung der Syndesmose entsteht eine hohe Fibulafraktur die als Quer- oder Schrägfraktur verläuft (Stadium III) [94]. Zum Schluss rupturiert die hintere Syndesmose, gegebenenfalls mit einer Verletzung des hinteren Volkmann-Dreiecks (Stadium IV) [92]. Eine Sonderform dieser Fraktur stellt die Maisonneuve-Verletzung dar [92]. Diese geht mit einer knöchernen Verletzung auf Höhe des Innenknöchels sowie einer kompletten Syndesmosenruptur einher [82]. Zusätzlich rupturiert die Membrana interossea bis nach weit proximal, mit entsprechender hohen Fibulafraktur [82]. Da die Lauge-Hansen-Klassifikation die Sprunggelenksfrakturen anhand des Verletzungsmechanismus und der konventionellen Röntgendiagnostik einteilt, besitzt sie einige Limitationen [43, 53, 98]. So kann eine Kombination aus einer proximalen Spiralfaktur der Fibula, einer senkrechten Scherfrakturen des medialen Malleolus und einer Fraktur des hinteren Volkmann-Dreiecks hier nicht mit dem System klassifiziert werden [43]. Dennoch dient diese Klassifikation als nützlicher Leitfaden für die Diagnose und Operationsplanung [43].

1.3.4 Klinische Klassifikationen

Weiterhin hat sich im klinischen Sprachgebrauch in Deutschland die rein deskriptive Einteilung in unimalleoläre, bimalleoläre und in die anatomisch nicht korrekten „trimalleolären“ Sprunggelenksfrakturen etabliert [132]. Die kräftige hintere Tibiakante wird als „dritter Knöchel“ gesehen, sodass eine zusätzliche Fraktur dieser als „trimalleoläre“ Fraktur bezeichnet wird [132]. Tritt eine Fraktur der hinteren Tibiakante auf, handelt es sich um einen knöchernen Ausriss der hinteren Syndesmose und wird als „hinteres Volkmann-Dreieck“ bezeichnet [132]. Diese Verletzung entsteht häufig durch einen Unfall mit höherer Gewalteinwirkung [112]. Weitere wichtige Verletzungen sind die knöchernen Ausrisse der vorderen Syndesmose°[132]. Diese sind radiologisch anhand des ventralseitigen Ausriss an der distalen Tibia, welches „Tubercule de Tillaux-Chaput“ genannt wird, und dem dorsalseitigen fibularen Ausriss, das sog. „Wagstaffe-Fragment“ zu erkennen°[49].

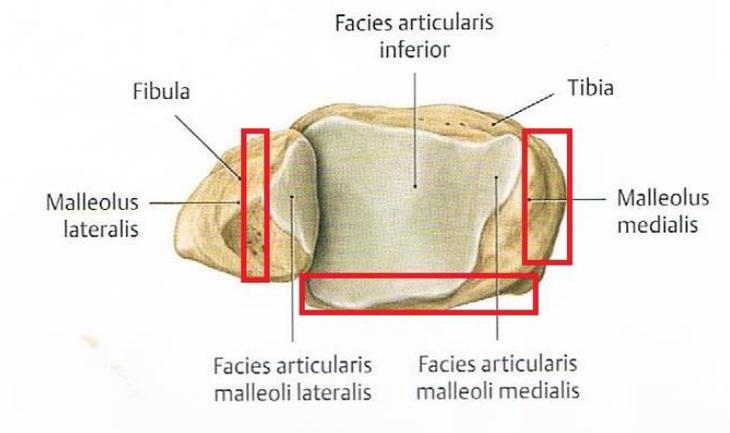


Abbildung 6: Hinteres Volkmandreieck in rot (Ansicht von oben auf das obere Sprunggelenk) [104]

1.4 Klinik

In der klinischen Untersuchung erscheinen die Sprunggelenksfrakturen in der Regel mit einer lokalen Schwellung, einem subkutanem Hämatom und einem Druckschmerz über dem Außen- beziehungsweise Innenknöchel [24]. Das Bewegungsausmaß des oberen Sprunggelenkes ist schmerzbedingt eingeschränkt beurteilbar [92]. Weiterhin sind bei Luxationsfrakturen Fehlstellungen des Gelenkes zu beobachten [92]. Beim Palpieren der Fibula sollte der gesamte Verlauf des Knochens berücksichtigt werden, um eine hohe Fibulafraktur nicht zu übersehen [82]. Das Fehlen eines Druckschmerzes ist allerdings kein Ausschlusskriterium für das Vorliegen einer hohen Fibulafraktur [92]. Wichtig ist die Überprüfung der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität [118]. Hierzu sollten die Fußpulse über der Arteria tibialis posterior, sowie der Arteria dorsalis pedis, welche die Arteria tibialis anterior fortsetzt, palpirt werden [128]. Die Motorik wird anhand der Durchführung von Pronation, Supination, Extension und Flexion, sowie der Zehenbewegung getestet [1]. Insbesondere kann ein Supinationstrauma zu einer Kompression des Nervus peroneus profundus führen und somit die Folge eines Funktionsausfalles der Dorsalextension des Fußes inklusive der Zehenstreckung bewirken [1]. Darüber hinaus sollte man die Belastbarkeit des Sprunggelenkes testen [77].

1.5 Radiologische Diagnostik

Das primäre bildgebende Verfahren bei den akuten Verletzungen des oberen Sprunggelenkes ist das konventionelle Röntgenbild [93]. Um unnötige Strahlenexpositionen zu vermeiden wurden 1992 die Ottawa ankle rules (OAR) aufgestellt, die die Anzahl an Röntgenaufnahmen ohne Frakturachweis des oberen Sprunggelenkes reduzieren sollen [82]. Demnach ist das konventionelle Röntgenbild indiziert, wenn der Patient weniger als vier Schritte direkt nach dem Trauma gehen kann und eine erhöhte Schmerzempfindlichkeit im Bereich des Talus, der Malleolen, des Os naviculare und der Mittelfußknochen besteht [4, 32, 82].

1.5.1 Aufnahmetechniken

Für die Mehrzahl der akuten Verletzungen werden die nativen Röntgenaufnahmen am unbelasteten Fuß durchgeführt [91]. In den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie werden die Standardaufnahmen des oberen Sprunggelenkes in zwei Ebenen, anteroposterior und seitlich, empfohlen [18, 77, 78]. Überlagerungsfreie Darstellung des Malleolus lateralis, des hinteren Sprunggelenkes und der Syndesmose sind Kriterien für ein auswertbares Röntgenbild [92]. Für die Aufnahme im anteroposterioren (a.-p.) Strahlengang muss der Unterschenkel um 20° innenrotiert werden, umso die korrekte Stellung der Knöchelgabel einschätzen zu können (sogenannte „mortise view“ oder Gabelaufnahme) [48, 91, 122]. Bei Verdacht auf eine hohe Fraktur der Fibula (Maisonnette-Fraktur), wie etwa bei zusätzlichen Schmerzen im proximalen Unterschenkel, Sprengung der Malleolengabel oder Innenknöchelfraktur ohne sichtbare distale Fibulafraktur, sollte auch immer eine Gesamtaufnahme des betroffenen Unterschenkels angefertigt werden [91]. Die knöchernen Ausrisse der vorderen Syndesmose sind radiologisch gut darstellbar [49]. Der knöchernen Ausriss an der Tibia wird „Tubercule de Tillaux-

Chaput“ und der knöcherne Ausriss an der Fibula „Wagstaffe-Fragment“ genannt°[49]

1.5.2 Darstellung des oberen Sprunggelenkes im Röntgenbild



Abbildung 7: Seitliche Röntgenaufnahme des oberen Sprunggelenkes

a = Tibia; b = Malleolus medialis; c = Talus; d = Calcaneus; e = Os naviculare;
f = Malleolus lateralis (rote Umrandung); g = Fibula (rote Umrandung)

Bei der seitlichen Aufnahme sind folgende knöchernen Strukturen zu sehen: Malleolus lateralis überlagert von der Tibia mit Malleolus medialis, Talus,

Calcaneus, Os naviculare [20, 122]. Außen- und Innenknöchel können anhand ihrer Lage unterschieden werden, wobei der Außenknöchel tiefer als der Innenknöchel zieht [122]. Weiterhin ist die vordere und hintere Tibiakante von Bedeutung um eine Abtrennung eines vorderen oder hinteren Kantenfragmentes der Tibia (Volkman-Dreieck) zu identifizieren [122].



Abbildung 8: Oberes Sprunggelenk im a.p.-Strahlengang mit 20° Innenrotation

**a = Fibula; b = Malleolus lateralis; c = Tibia; d = Malleolus medialis;
e = Trochlea tali**

Die Gabelaufnahme im a.p. Strahlengang lässt die Beurteilung des Gelenkspaltes zu [122]. Dieser sollte überall gleich breit sein und nicht mehr als 5 mm betragen [122]. Auf dieser Aufnahme sind die Fibula mit Malleolus lateralis und die Tibia mit Malleolus medialis zu sehen. Sie stehen in Verbindung mit der Trochlea tali. Der laterale Anteil der Tibia wird von der Fibula überlagert (Art.

Tibiofibulare distale) [122]. Der fibulotibiale Abstand in Millimetern auf dieser Höhe wurde von Chaput auch „ligne claire“ genannt und ist ein Maß für die Syndesmosenintegrität [91]. Ein erhöhter Abstand über 5 mm ist ein Hinweis auf eine Syndesmoseninsuffizienz [91, 122]. Die tibiofibulare Überlappung ist ein weiterer Parameter für die richtige Stellung von Tibia und Fibula zueinander°[91]. Hier sollte die Breite bei der sich Tibia und Fibula im Röntgenbild überlagern nicht weniger als 1mm im a.p.-Strahlengang betragen [91, 122].



Abbildung 9: Oberes Sprunggelenk im a.p.-Strahlengang zur Beurteilung der korrekten Stellung der Malleolengabel: Strecke AB= tibiofibulare Überlappung; Strecke BC= "ligne claire" nach Chaput (=Weite des fibulotibialen Abstandes); Strecke DE = medialer Gelenkspalt

Bei komplizierteren Frakturen mit Gelenkbeteiligung oder unklarem Befund sollte zum konventionellen Röntgenbild eine CT gemacht werden um eine genauere Operationsindikation und – planung zu stellen [91].

1.6 Therapie

1.6.1 Konservativ

Isolierte Außen- und Innenknöchelfrakturen können konservativ-funktionell behandelt werden, wenn sie stabil und nicht disloziert sind und weiterhin keine relevante Gabelinstabilität besteht [24, 85, 92]. Wenn die Indikation zur konservativen Therapie gestellt wird, müssen vorher knöcherne und ligamentäre Syndesmoseninstabilitäten, wie beispielsweise eine Fraktur des hinteren Volkmanndreiecks, und Verletzungen der medialen Strukturen (Lig. deltoideum, Innenknöchel) ausgeschlossen werden [79, 92, 97]. Darüber hinaus sollten die Befunde keine Mehrfragmentfrakturen oder Gelenkstufen aufweisen [31, 132]. Die typischen klinischen Zeichen wie Schmerzen, Schwellung und kleinflächige Blutungen der Haut geben nicht genug Aussage über die Stabilität des Sprunggelenks, so dass eine Stabilitätsprüfung unter dem Bildwandler durchgeführt werden muss [92]. Dabei übt man eine seitliche Translation auf den Talus bei fixierter Sprunggelenkgabel aus [132]. Kann der Talus über 2mm verschoben werden ist dies ein Zeichen einer Instabilität des Gelenkes [92, 97]. Andere Instabilitätszeichen sind ein medialer Gelenkspalt über 4mm, ein lateraler Gelenkspalt über 5mm und eine verringerte Überlappung von Tibia und Fibula im Vergleich zur Gegenseite [94].

Bei der konservativen Therapie erfolgt die Ruhigstellung in einem gespaltenen Unterschenkelliegegips und die Versorgung mit Unterarmgehstützen [24, 51]. Ziel der Ruhigstellung ist eine ausreichende Schmerzbehandlung, sowie die Abschwellung der Weichteile [77]. Nach Abschwellung der Weichteile kann nach circa einer Woche auf einen Castverband umgestellt und mit 20 kg Teilbelastung mobilisiert werden [77]. Dabei sind radiologische Kontrollen in zwei Ebenen nach vier, sieben und elf Tagen, sowie drei und sechs Wochen notwendig um die

korrekte anatomische Stellung zu kontrollieren [77]. Die Dauer der konservativen Therapie beträgt in etwa sechs Wochen und ist abhängig von der knöchernen Durchbauung der Fraktur [57]. Da die Mobilität der Patienten stark eingeschränkt ist, verliert die konservative Therapie in Deutschland zunehmend an Bedeutung und wird nur bei Patienten mit wesentlichen Kontraindikationen gegen eine operative Therapie angewendet [92].

1.6.2 Operativ

Alle instabilen Frakturen des Innen- und Außenknöchels (Abstand der Frakturstücke über zwei mm, Achsabweichung und Längendifferenz) und Brüche des Volkmann-Dreiecks mit Beteiligung der Gelenkfläche sollten operativ behandelt werden [24, 57, 73]. Da eine Stufenbildung in der Gelenkfläche und eine Inkongruenz der Knöchelgabel mit einem schlechten Ergebnis korreliert [11] und zur Arthrose führen können ist eine genaue anatomische Rekonstruktion der Gelenkfläche und der Gelenkfläche notwendig [32]. Besteht nach dem Unfall eine starke Schwellung im Operationsgebiet, wird drei bis fünf Tage abgewartet bis diese zurückgegangen ist, um die umliegenden Weichteile durch die Operation nicht weiter zu schädigen [57]. Bei Luxationsfrakturen mit starken Weichteilschäden oder schlechtem Allgemeinzustand des Patienten wird vorübergehend bis zur endgültigen operativen Versorgung ein Fixateur externe angebracht [77, 130].

Nach Abklingen der Schwellung wird die Operation gemäß der AO-Richtlinien durchgeführt [77]. Es werden vorwiegend Platten und Zugschrauben zur Osteosynthese genutzt [57, 106]. Bei Frakturen des Malleolus lateralis wird ein lateraler Längsschnitt über dem Knöchel verwendet [6]. Die Frakturen vom Typ Weber-A mit disloziertem Knochenfragment oder Längenverkürzung werden in der Regel mit einer Plattenosteosynthese mittels Drittelrohrplatte versorgt [6].



Abbildung 10: Plattenosteosynthese [6]

Weber-B-Frakturen erfordern meist eine kombinierte operative Versorgung mit Zugschrauben und Drittelrohrplatte [57]. Hier muss unter Bildwandlerkontrolle durch Zug an der distalen Fibula mit einem Einzinkerhaken die Stabilität der Syndesmose getestet werden [6, 56]. Besteht eine Instabilität der Syndesmose wird die Fibula nach exakter Reposition in der Gegenseite der Tibia mit einer Stellschraube fixiert [6]. Bei knöchernen Syndesmosenaustrissen werden Zugschrauben zur Refixation genutzt [57]. Bei der Weber-C-Fraktur wird das gleiche Verfahren verwendet [57]. Da hier von einer Syndesmosenverletzung ausgegangen werden muss, werden ein bis zwei Stellschrauben verwendet [6]. Diese müssen nach sechs Wochen entfernt und das Gelenk mit Vollbelastung beübt werden [57]. Der Zugang bei Frakturen am Malleolus medialis erfolgt auf der medialen Seite mit einem Längsschnitt über dem Innenknöchel [24]. Hier folgt dann in der Regel eine Osteosynthese mittels Schrauben oder einem Draht [24].

Auch bei dieser Fraktur muss die Syndesmose überprüft und gegeben falls mit einer Stellschraube gesichert werden [6].

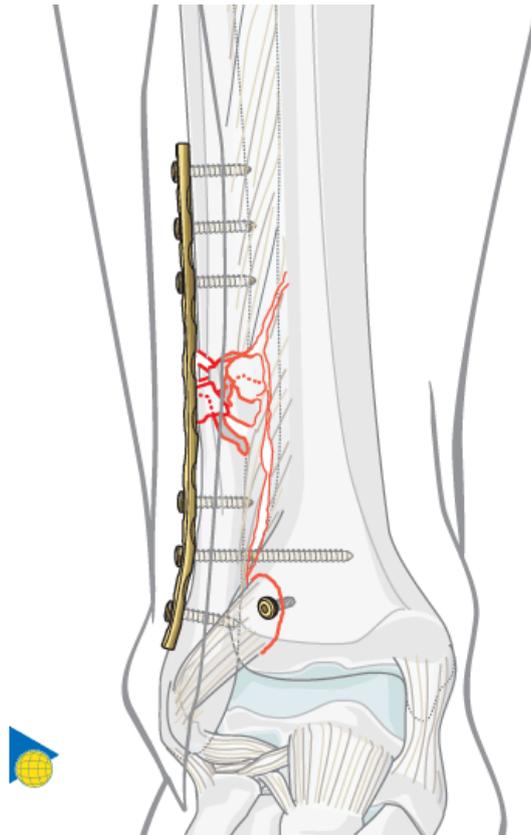


Abbildung 11: Plattenosteosynthese mit Zugschraube und Stellschraube [6]

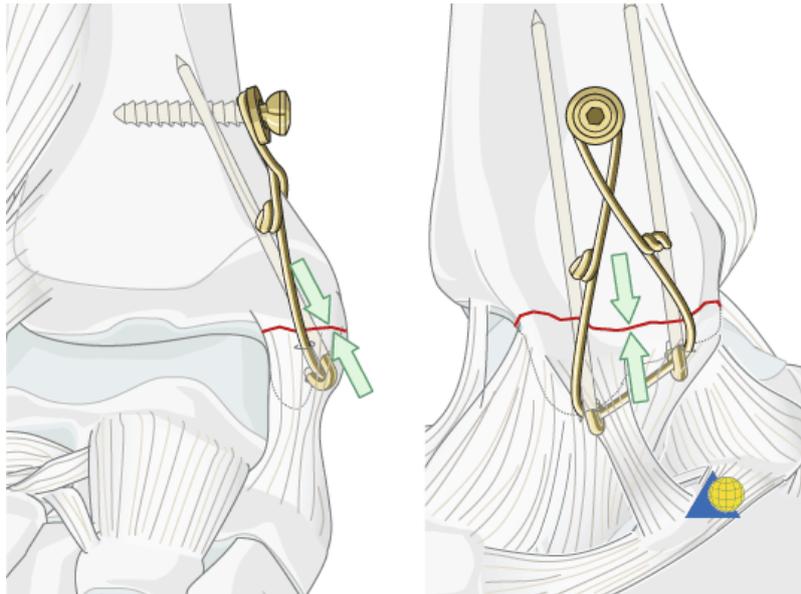


Abbildung 12: Zuggurtung mit Kirschnerdraht am Malleolus medialis [6]

Frakturen des hinteren Volkmann-Dreiecks mit einer Beteiligung von mehr als 1/5 der Gelenkfläche sollten operativ versorgt werden [57, 100]. Hier kann ein mediodorsaler Zugang gewählt werden, da diese Fraktur in der Regel selten isoliert auftritt und eine Beteiligung des Innenknöchels nicht selten ist [57]. Für die Funktion des Gelenks ist hier eine anatomische Rekonstruktion der Gelenkfläche Ziel der Operation [57]. Die Osteosynthese erfolgt nach Reposition des Fragments entweder direkt oder indirekt mittels Schrauben [24]. Bei mehreren Fragmenten ist ein zusätzlicher dorsolateraler Zugang meist unvermeidlich [6].

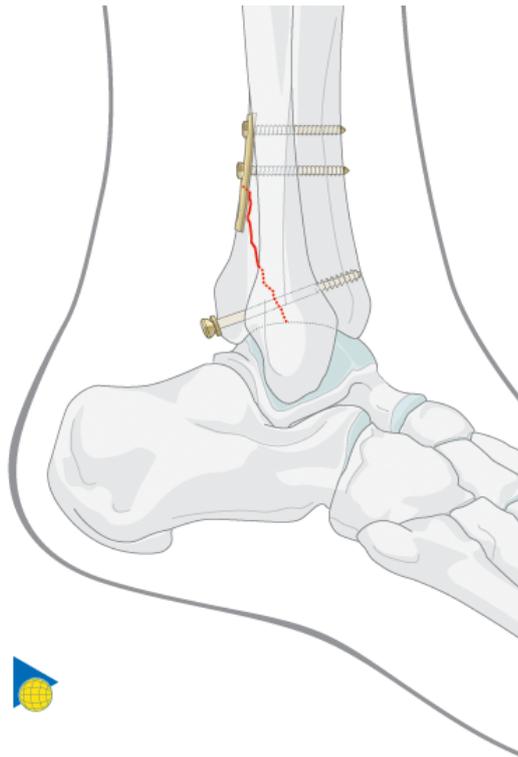


Abbildung 13: Versorgung mittels Schraube bei Fraktur des hinteren Volkmann Dreiecks [6]

1.6.3 Frühfunktionelle Nachbehandlung

Die frühfunktionelle Nachbehandlung ist eine Methode die sowohl bei der konservativen, als auch bei der operativen Versorgung möglich ist [82]. Sie erhöht durch die frühe Mobilisation die Chancen den normalen Bewegungsumfang wieder zu erreichen [77, 118]. Frisch operierte Patienten mit isolierten, einfachen und stabilen Osteosynthese der Sprunggelenksfrakturen am Außen- oder Innenknöchel können früh funktionell nachbehandelt werden [82, 113]. An Unterarmgehstützen dürfen sie sofort Abrollbewegungen durchführen [57]. Das Sprunggelenk wird zur Vermeidung von weiteren Traumatisierungen in einer Sprunggelenksschiene (Aircast-Schiene) stabilisiert [5, 34, 82]. Abhängig von der Frakturheilung kann die Belastung gesteigert werden [77]. Zu Beginn ist eine Teilbelastung von 10-20 kg möglich [24]. Unter krankengymnastischer Anleitung sollte das Gelenk beübt werden [77]. Die Vollbelastung sollte nach der sechsten postoperativen Woche erreicht werden [24]. Postoperative Röntgenkontrollen

werden nach der zweiten und sechsten Woche durchgeführt, um unzureichend korrigierte Stellungen früh korrigieren zu können [24].

Bei nicht stabil versorgten, sowie komplexen Frakturen (bi-/trimalleolären Frakturen, Trümmerzonen) und bei Patienten mit ungenügender Compliance kann ein Unterschenkelgips notwendig sein, der für sechs Wochen getragen werden muss [34, 82, 113]. Hier ist zunächst eine Teilbelastung von 15-20 kg möglich [82]. Nach entfernen des Gipses ist auch hier eine Vollbelastung anzustreben [82].

1.7 DRG-System

Das DRG-System ist ein Abrechnungssystem für Krankenhäuser bei dem der Aufenthalt des Patienten über Fallpauschalen und nicht mehr über Tagespauschalen abgerechnet wird und unabhängig von der Verweildauer der Patienten ist [40, 95]. Es wurde 2004 eingeführt um die stationäre Verweildauer und die Kosten zu senken [2, 95]. DRG bedeutet „diagnosis-related groups“ [40]. Die DRG setzt sich aus drei Komponenten zusammen [50, 119]. An erster Stelle steht die „major diagnosis category“ (MDC) und besteht aus 23 Hauptkategorien [50, 119]. Hauptkategorien untergliedern sich anhand der Organsysteme und werden von A bis Z beziffert [50]. Die zweite Stelle steht für die Partition, so dass die Zahlen 01-39 für die chirurgische, 40-59 für die sonstige und 60-99 für die medizinische Partition kodiert [50]. Die MDC und die Partition ergeben zusammen die Basis-DRG [50]. An der dritten Stelle wird der Schweregrad der DRG angegeben, wobei A der schwerwiegendste und somit kostenaufwändigere Fall und D der geringere, kostengünstigere Fall ist [50].

DRG-Zusammensetzung

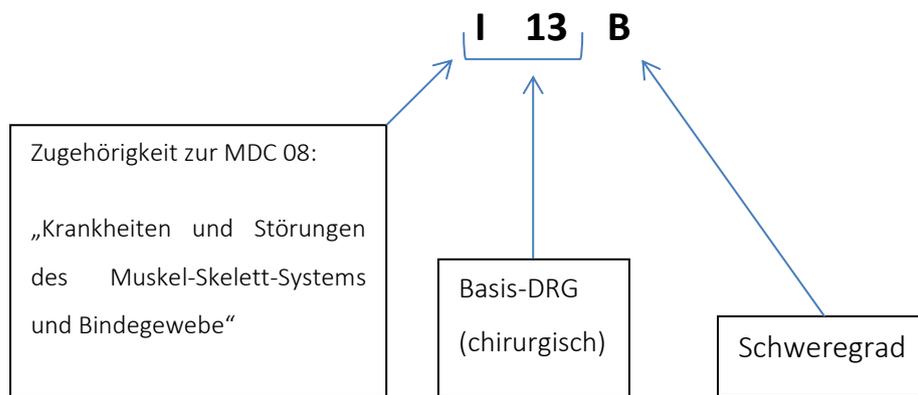


Abbildung 14: Erläuterung der DRG-Zusammensetzung [37]

Die Diagnosen werden einer DRG zugeordnet und mit einer Bewertungsrelation versehen [40]. Die Bewertungsrelation beschreibt das Kostengewicht des Patienten [40]. Das bedeutet, liegt der Wert unter 1,0, ist der Patient weniger aufwändig als der Durchschnitt [40]. Liegt der Wert demnach über 1,0 ist der Patient aufwändiger und die Krankenkasse muss eine höhere Fallpauschale bezahlen [40]. Die Bewertungsrelation wird so mit einem festgelegten Basisfallwert der entsprechenden Klinik multipliziert und die Fallpauschale ermittelt [40].

Fallpauschalenkatalog 2014

DRG	Bezeichnung	Bewertungsrelation
I13F	Bestimmte Eingriffe an Humerus, Tibia, Fibula und Sprunggelenk , ohne aufwändige Osteosynthese, ohne Mehrfacheingriff, ohne komplexe Diagnose, ohne komplexe Prozedur, ohne schweren Weichteilschaden, ohne mäßig komplexen Eingriff, ohne Pseudarthrose	0,768
I13E	Bestimmte Eingriffe an Humerus, Tibia, Fibula und Sprunggelenk mit mäßig komplexem Eingriff oder bei Pseudarthrose	1,051
I13D	Bestimmte Eingriffe an Humerus, Tibia, Fibula und Sprunggelenk mit komplexem Eingriff oder schwerem Weichteilschaden oder komplexer Osteotomie bei mäßig komplexem Eingriff oder Pseudarthrose	1,297
I13C	Bestimmte Eingriffe an Humerus, Tibia, Fibula und Sprunggelenk mit best. Mehrfacheingr. od. kompl. Diagn. od. best. kompl. Osteotomie bei kompl. Eingriff od. schw. Weichteilschaden, oder bestimmte Eingriffe bei Endoprothese der oberen Extremität	1,628
I13B	Bestimmte Eingriffe an Humerus, Tibia, Fibula und Sprunggelenk mit komplexem Mehrfacheingriff oder aufwändiger Osteosynthese ohne komplizierenden Eingriffen am Humerus	2,145

Tabelle 2: Fallpauschalenkatalog 2014 [53]

Für jedes Krankenhaus gibt es einen Basisfallwert, der jedes Jahr festgelegt wird [40, 121]. Diesen Wert multipliziert man mit der Bewertungsrelation der festgelegten DRG, umso auf die Fallpauschale des Patienten zukommen, den die Krankenkasse an das Krankenhaus zu zahlen hat [59]. Die korrekte Kodierung der Frakturen des Außenknöchels sind somit entgeltrelevant [37]. Als Grundlage für die Einstufung werden die verfügbaren Befunde, entweder das Röntgenbild oder die CT-Aufnahme verwendet [40]. Hier ist das Problem, dass die mehrfragmentären Frakturen auf dem Röntgenbild nicht zu erkennen sind und oftmals kein CT gemacht wurden ist. Wenn der Medizinische Dienst der Krankenversicherung nun die Abrechnungen überprüft werden die

Mehrfragmentfrakturen als einfache Fraktur zurückgestuft und abgerechnet, weil im Röntgenbefund keine mehrfragmentäre Fraktur dokumentiert wurde [40].

1.8 Probleme in der Klinik

Für die Abrechnung der Krankenkassen erfolgt die Einteilung der Patienten in eine DRG anhand des intraoperativen Befundes. Demnach wird postoperativ die DRG vom Operateur verschlüsselt. Bei einer mehrfragmentären Fraktur würde es demnach die Verschlüsselung in die kostenaufwändigere DRG I13E geben. Wenn jedoch der Medizinische Dienst der Krankenversicherung (MDK) die Abrechnungen überprüft nimmt dieser die vorliegenden Befunde zur Hand die einen visuellen Nachweis für die mehrfragmentäre Fraktur liefern. Aus Beobachtungen der Unfallchirurgen im Eduardus-Krankenhaus wurde festgestellt, dass die mehrfragmentären Frakturen jedoch nicht auf dem konventionellen Röntgenbild zu erkennen sind. So wurden die mehrfragmentären Frakturen durch die Begutachtung des MDK in die einfache DRG I13F zurückgestuft. Dadurch wird dem Krankenhaus eine geringere Fallpauschale gezahlt als ihm eigentlich zu steht.

1.9 Fragestellung

Werden alle knöchernen Verletzungen bei oberen Sprunggelenksfrakturen des älteren Menschen im konventionellen Röntgenbild in zwei Ebenen erkannt?

2 Material und Methode

2.1 Material

2.1.1 Patientenkollektiv

Der Zeitraum dieser retrospektiven Untersuchung erstreckte sich über 4,5 Jahre von Januar 2008 bis Juli 2013. Es wurden alle Röntgenbilder und Krankenakten der Patienten mit Sprunggelenksfrakturen, die in diesem Zeitraum im Eduardus-Krankenhaus in Köln behandelt wurden, ausgewertet. Die epidemiologischen Daten wurden aus dem klinischen Dokumentationssystem Orbis entnommen. Die Patienten wurden anhand der ICD-10-Codes S82.6 (Außenknöchelfrakturen), S82.81 (Bimalleolarfrakturen) und S82.82 (Trimalleolarfrakturen) im Orbis gesucht. Es wurden in der Zeit 280 Patienten mit Sprunggelenksfrakturen identifiziert. Da insbesondere die mehrfragmentären Frakturen untersucht werden sollten und diese bei älteren Menschen im Alter von 60-90 Jahren auftreten, wurden alle Patienten mit dem Geburtsjahr ab 1952 abwärts betrachtet. So konnten 116 Patienten im Alter von 59 bis 90 Jahren identifiziert werden. Da unter den ICD-10-Codes auch alleinige Metallentfernungen aufgeführt wurden, konnte von den 116 Patienten 14 Patienten mit Metallentfernungen ausgeschlossen werden. Weitere 15 Patienten wurden ausgeschlossen, da bei ihnen keine präoperativen Röntgenbilder mehr vorhanden waren und weitere drei Patienten bei denen der Operationsbericht fehlte. Es erfolgte somit die Aufnahme von 84 Patienten (n=84) in die Untersuchung.

Gruppe	Definition der Gruppe	Fallzahlen
Gesamtes Kollektiv	Alle Sprunggelenksfrakturen aus der Datenbank im Zeitraum 01/2008 bis 07/2013	280
Ausschluss	Patienten jünger als 59 Jahre	164
Einschluss	Patienten im Alter über 59	116
Ausschluss	Ausschließlich Metallentfernungen	14
	Fehlende Röntgenbilder	15
	Fehlende Operationsberichte	3
Untersuchtes Kollektiv		84

Tabelle 3: Einschlusskriterien der Untersuchung

2.1.2 Alters- und Geschlechtsverteilung

Die Altersverteilung zum Zeitpunkt der Frakturbehandlung ist in Abbildung 15 mit einer Gauß'schen Normalverteilung dargestellt. Das mittlere Alter lag bei 69,9 Jahren mit einer Standardabweichung von 7,408, wobei der jüngste Patient nach Einschlusskriterium 59 Jahre und der älteste Patient 90 Jahre alt waren.

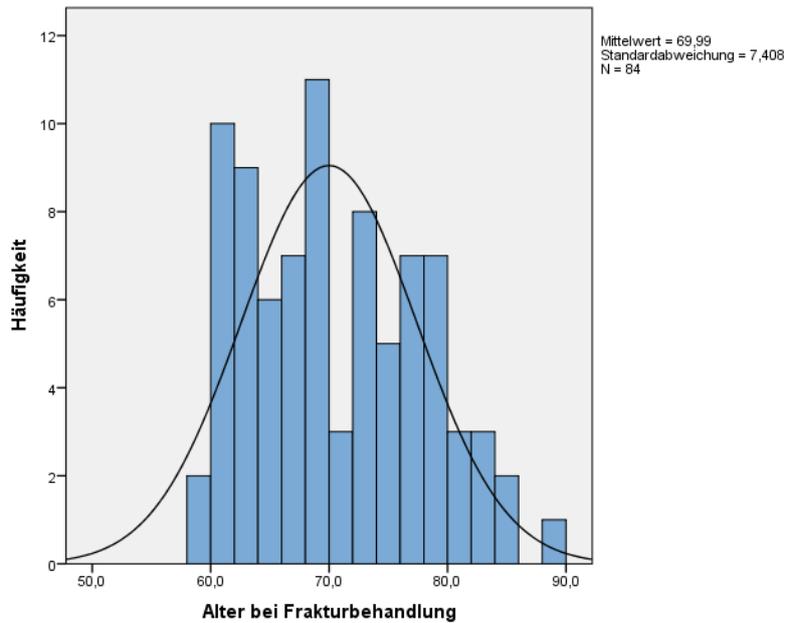


Abbildung 15: Alter in Jahren bei Frakturbehandlung

Unter den 84 Patienten waren 59 Frauen und 25 Männer. Das mittlere Alter zum Unfallzeitpunkt für die beiden Geschlechter stellt Abbildung 16 dar. Hier ist zu sehen, dass das mittlere Alter bei Frakturbehandlung bei den weiblichen Patienten bei 70,5 Jahren und bei den männlichen bei 66 Jahren lag.

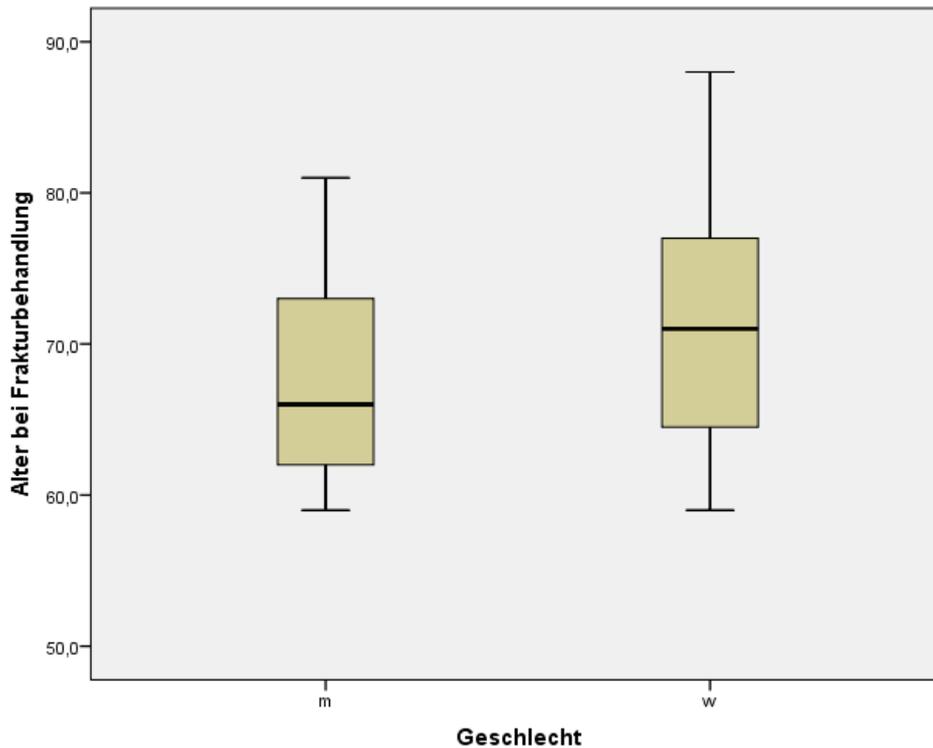


Abbildung 16: Alter bei Frakturbehandlung in Abhängigkeit vom Geschlecht. m = männlich, w = weiblich

2.1.3 Röntgenaufnahmen

Bei jedem Patienten wurden die präoperativ angefertigten Röntgenaufnahmen ausgewertet. Standardmäßig wurden die Röntgenaufnahmen im seitlichen und anterior-posterioren Strahlengang aufgenommen. In der a.-p.-Projektion wurde die Aufmerksamkeit auf den Außen- und Innenknöchel, sowie auf die Weite der Gelenkspalten gelegt, um Frakturen und eine mögliche Syndesmoseninstabilität zu identifizieren. Auf dem seitlichen Bild wurde nach einer Beteiligung des hinteren Volkmann-Dreiecks gesucht. Weiterhin wurde darauf geachtet, ob mehrfragmentäre Frakturen oder knöcherne Syndesmosenaustrisse zu erkennen waren. Bei einer Syndesmosenbeteiligung wurden auf Dislokationen und auf die Breite des Gelenkspaltes geachtet. Abgesprengte Fragmente in Projektion auf den Syndesmosenspalt wurden als knöcherner Ausriss der Syndesmose gewertet.

Die präoperativen Röntgenbilder wurden von einem erfahrenen Facharzt für Unfallchirurgie analysiert. Gesucht wurde nach folgenden Verletzungen:

- Außenknöchelfraktur
- Außenknöchelfraktur, mehrfragmentär
- Innenknöchelfraktur
- Fraktur des hinteren Volkmanndreiecks
- Knöcherner Ausriss der Syndesmose

2.1.4 Operationsberichte

Die Durchsicht der Operationsberichte erfolgte zur Festlegung der exakten intraoperativen Diagnose. Diese Operationsberichte wurden vom Chefarzt und zwei Oberärzten der Klinik verfasst. Wie auch bei den Röntgenbildern erfolgte eine Einteilung der Verletzungen in die Gruppen Außen-, Innenknöchel, hinteres Volkmann-Dreieck, Mehrfragmentfrakturen und knöcherne Syndesmosenausrisse.

2.1.5 Computertomographie-Aufnahmen

Zusätzlich wurden, wenn vorhanden, präoperative CT-Aufnahmen ausgewertet. Da diese nicht bei allen Patienten vorlagen wurden hier die Aufnahmen von 11 Patienten betrachtet. Auch diese wurden zusammen mit einem erfahrenen Facharzt der Klinik auf die fünf Verletzungsgruppen.

2.2 Methode

2.2.1 Statistische Auswertung

In der statistische Auswertung wurden alle Patientendaten mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS (IBM SPSS Statistics 22) anonymisiert dokumentiert. Es wurden Kreuztabellen zur Beurteilung diagnostischer Tests erstellt und somit die Sensitivität, Spezifität, der positiv prädiktive Wert, negativ prädiktive Wert, die Prävalenz so wie die Genauigkeit berechnet.

Verfahren	positiv	negativ	Summe
positiv	a (richtig positiv)	b (falsch positiv)	a+b
negativ	c (falsch negativ)	d (richtig negativ)	c+d
Summe	a+c	b+d	Gesamtfallzahl

Tabelle 4: Beispiel Kreuztabelle

Sensitivität

Die Sensitivität eines diagnostischen Verfahrens gibt an, bei wie vielen erkrankten Personen das angewandte Verfahren die Erkrankung tatsächlich erkennt [126]. Je höher die Sensitivität ist, desto sicherer wird die Krankheit erfasst[126]. Sie berechnet sich wie folgt:

$$\text{Sensitivität} = a/(a+c)$$

Spezifität

Die Spezifität hingegen bezeichnet die Fähigkeit eines Tests gesunde Personen auch als gesund zu definieren und wird wie folgt berechnet [115]:

$$\text{Spezifität} = d/(b+d)$$

Positiv prädiktiver Wert

Der positiv prädiktive Wert (PPV) gibt an, bei wie vielen Testpersonen mit positivem Testergebnis die Krankheit wirklich vorliegt [126]. Hier steigt der Wert

je mehr richtig-positive Befunde vorliegen [126]. Dieser Wert berechnet sich aus den richtig positiv Getesteten an allen positiv getesteten Personen:

$$PPV = a/(a+b)$$

Negativ prädiktiver Wert

Ein weiterer Wert für die Aussagekraft für diagnostische Testverfahren ist der negativ prädiktive Wert (NPV) [45]. Er gibt die Wahrscheinlichkeit an, wie viele von den negativ getesteten Personen auch tatsächlich gesund sind [45].

$$NPV = d/(c+d)$$

Prävalenz

Wie viele Personen aus dem Patientenkollektiv erkrankt sind, zeigt die Prävalenz mit folgender Formel [126]:

$$\text{Prävalenz} = (a + c)/\text{Gesamtfallzahl}$$

Genauigkeit

Als letzter Wert entspricht die Genauigkeit allen richtigen Ergebnissen, sowohl richtig-positiv als auch richtig-negativ [126].

$$\text{Genauigkeit} = (a + d)/\text{Gesamtfallzahl}$$

2.2.2 Einstufung in die DRG

Die Fallpauschale eines jeden Patienten errechnet sich aus der Bewertungsrelation der DRG und dem Basisfallwert des Krankenhauses. Der Basisfallwert wird jedes Jahr von den Krankenkassen festgelegt. So lag der Basisfallwert für das Eduardus-Krankenhaus in Köln in den Jahren 2010 bis 2013 bei 2.912 Euro [59]. Diesen Wert multipliziert man mit der Bewertungsrelation der festgelegten DRG, umso auf die Fallpauschale des Patienten zukommen, den die Krankenkasse an das Krankenhaus zu zahlen hat [59].

Fallpauschalenkatalog 2014

DRG	Bezeichnung	Bewertungsrelation
I13F	Bestimmte Eingriffe an Humerus, Tibia, Fibula und Sprunggelenk, ohne aufwändige Osteosynthese, ohne Mehrfacheingriff, ohne komplexe Diagnose, ohne komplexe Prozedur, ohne schweren Weichteilschaden, ohne mäßig komplexen Eingriff, ohne Pseudarthrose	0,768
I13E	Bestimmte Eingriffe an Humerus, Tibia, Fibula und Sprunggelenk mit mäßig komplexem Eingriff oder bei Pseudarthrose	1,051

Tabelle 5: Fallpauschalenkatalog 2014

Bei „einfachen“ Frakturen des Sprunggelenks wird die Einstufung in die **DRG I13F** vorgenommen: *Bestimmte Eingriffe an Humerus, Tibia, Fibula und Sprunggelenk ohne aufwändige Osteosynthese, ..., ohne mäßig komplexem Eingriff, ohne Pseudarthrose*. Hier liegt die Bewertungsrelation bei 0,768. Man berechnet die Fallpauschale wie folgt:

$$\text{Basisfallwert Eduardus-Krankenhaus} \times \text{Bewertungsrelation} = \text{Fallpauschale}$$

$$\text{Beispielhaft: } 2.912 \text{ Euro} \times 0,768 = \mathbf{2.236,41 \text{ Euro}}$$

So erhält das Krankenhaus für eine „einfache“ Fraktur des oberen Sprunggelenks eine Fallpauschale von 2.236,41 Euro.

Für mehrfragmentäre Frakturen wird der Patient in die **DRG I13E** (*Bestimmte Eingriffe an Humerus, Tibia, Fibula und Sprunggelenk mit mäßig komplexen Eingriff oder bei Pseudarthrose*) eingestuft und die Fallpauschale berechnet sich aus:

$$\text{Beispielhaft: } 2.912 \text{ Euro} \times 1,051 = \mathbf{3.060,51 \text{ Euro}}$$

Die Fallpauschale für mehrfragmentäre Frakturen beträgt somit 3.060,51 Euro.

Das macht in dieser Rechnung eine Differenz von 824,10 Euro, die dem Krankenhaus pro Patient mit einer mehrfragmentären Fraktur weniger bezahlt wird.

3 Ergebnisse

3.1 Gesamtübersicht der Ergebnisse

3.1.1 Verletzungsmuster im Operationsbericht

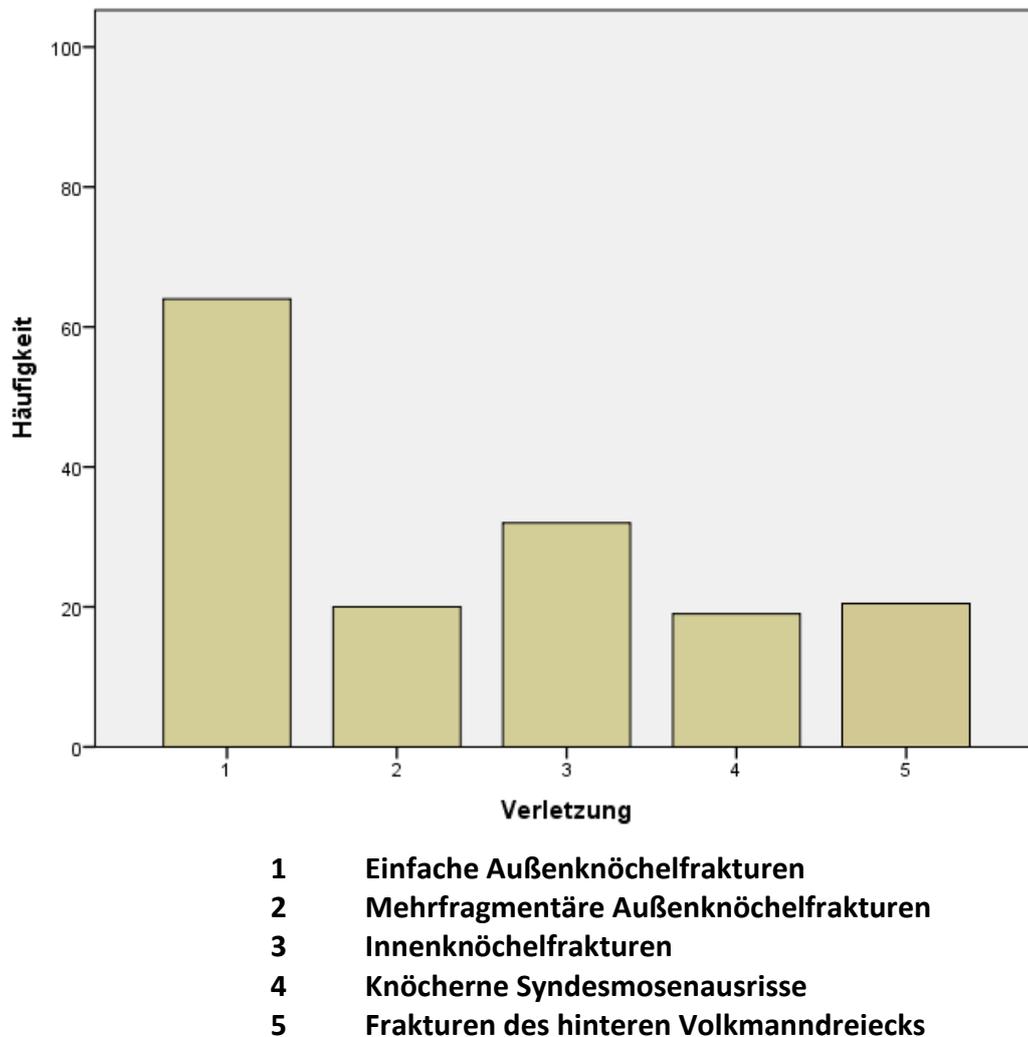


Abbildung 17: Häufigkeit der Verletzungen im Operationsbericht

Die präzise Verletzung jedes Patienten wurde anhand des intraoperativen Befundes festgelegt. In Abbildung 17 ist das Verletzungsmuster des Patientengutes abgebildet. Da die Sprunggelenksfrakturen immer mit einer Außenknöchelfraktur einhergehen wurde hier bei allen Patienten (n=84) eine Außenknöchelfraktur dokumentiert. Bei 64 Patienten konnte eine einfache Außenknöchelfraktur und bei 20 Patienten eine mehrfragmentäre

Außenknöchelfraktur festgestellt werden. Innenknöchelfrakturen traten bei 32 Patienten, Frakturen des hinteren Volkmannsdreiecks bei 21 Patienten und knöcherner Syndesmosenaurisse bei 19 Patienten auf.

3.1.2 Verletzungsmuster auf den Röntgenbildern

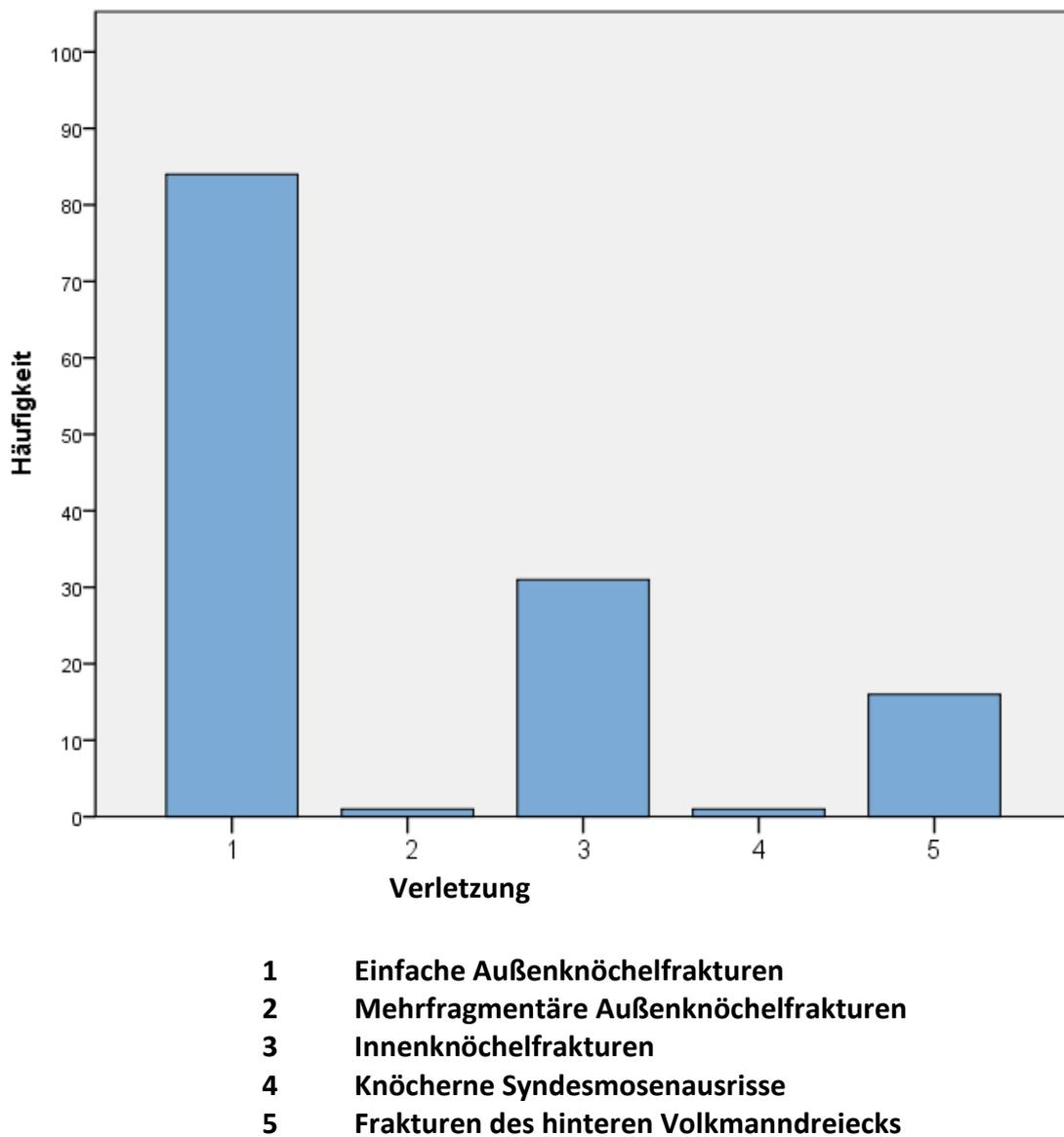
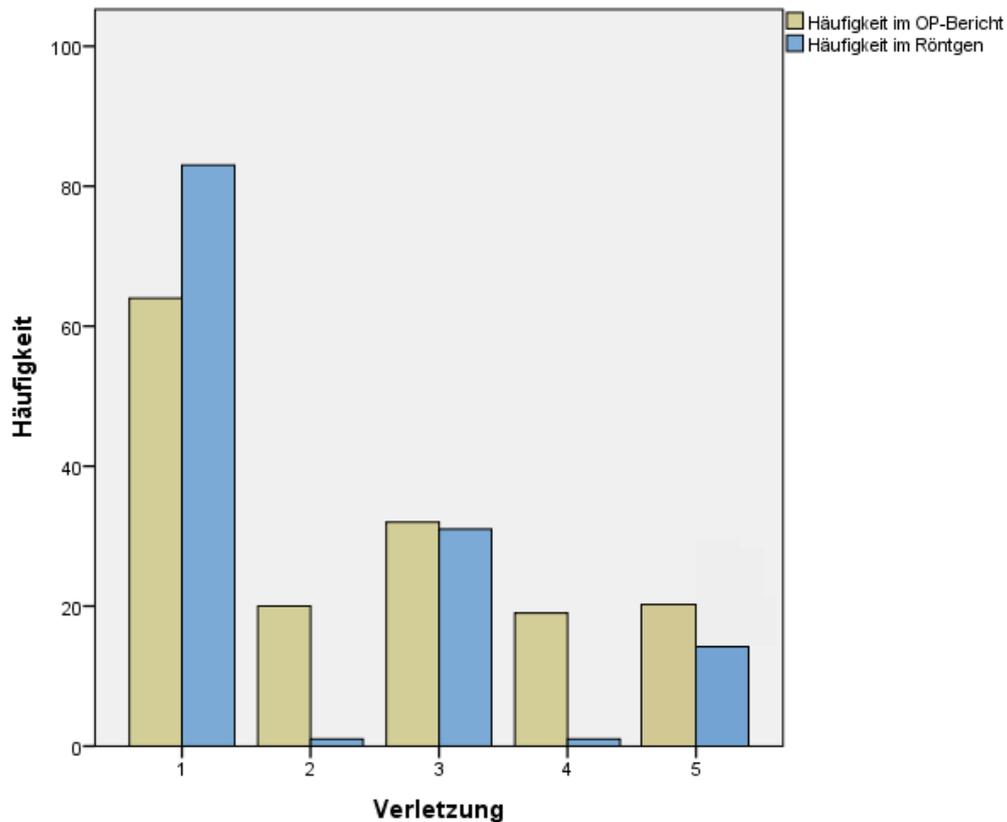


Abbildung 18: Häufigkeiten der Verletzungen auf dem Röntgenbild

In Abbildung 18 ist das Verletzungsmuster dargestellt, das anhand der konventionellen Röntgenaufnahme festgestellt wurde. Bei allen 84 Patienten konnten die Außenknöchelfrakturen auf dem Röntgenbild erkannt werden. Eine Außenknöchelfraktur wurde als mehrfragmentär beschrieben. Bei 31 Patienten konnten zusätzlich eine Innenknöchelfraktur, bei 16 Patienten eine Fraktur des

hinteren Volkmannsdreiecks und bei einem Patient ein knöcherner Syndesmosenauriss erkannt werden.

3.1.3 Verletzungsmuster im Vergleich Operationsberichte und Röntgen



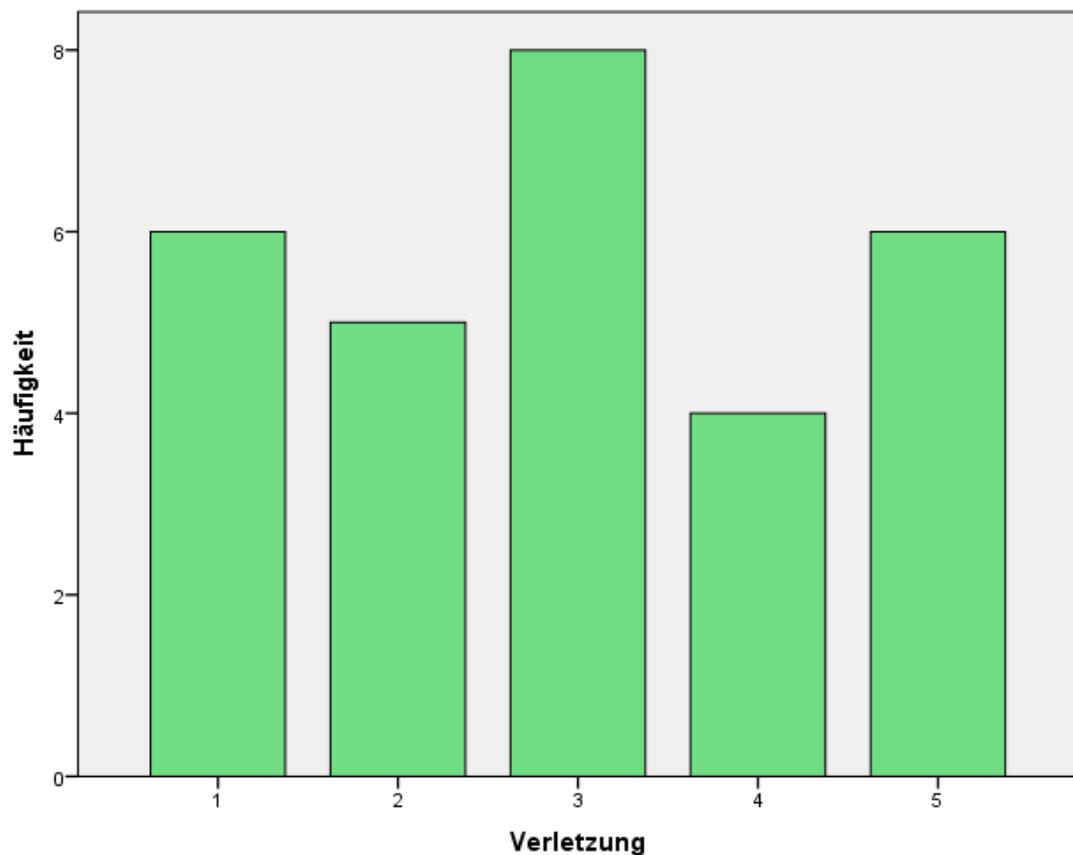
- 1 Einfache Außenknöchelfrakturen**
- 2 Mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen**
- 3 Innenknöchelfrakturen**
- 4 Knöcherne Syndesmosenaurisse**
- 5 Frakturen des hinteren Volkmannsdreiecks**

Abbildung 19: Verletzungsmuster im Vergleich Operationsberichte mit Röntgen

In Abbildung 19 ist der Vergleich der vorgestellten Verletzungen der Operationsberichte mit den Röntgenbildern dargestellt. Auf den Röntgenbildern konnten 83 einfache Außenknöchelfrakturen gesehen werden, wohingegen im Operationsbericht 64 dokumentiert wurden. Während in den Operationsberichten 20 mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen festgehalten wurden, konnte eine auf dem Röntgenbild identifiziert werden. Ebenso wurden

19 knöcherne Syndesmosenaurisse in den Operationsberichten dokumentiert während einer auf dem Röntgenbild zu erkennen war.

3.1.4 Verletzungsmuster in der CT-Diagnostik

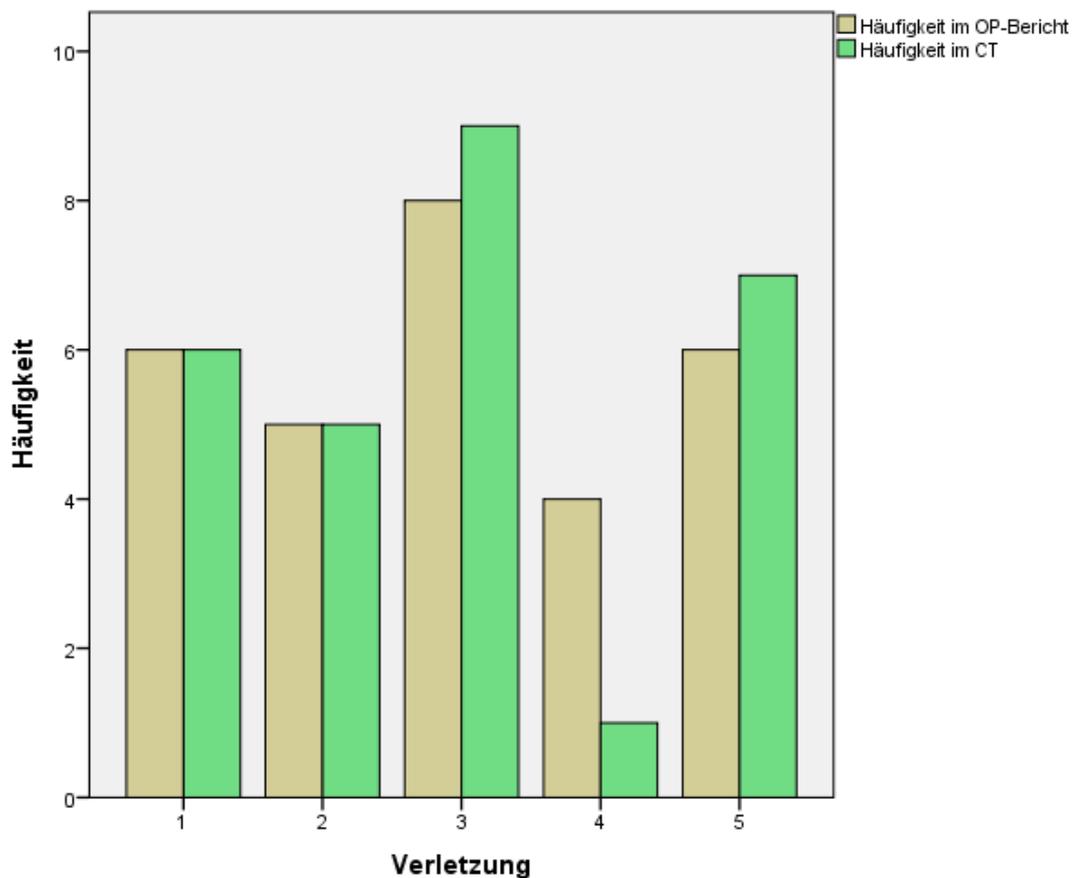


- 1 Einfache Außenknöchelfrakturen**
- 2 Mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen**
- 3 Innenknöchelfrakturen**
- 4 Knöcherner Syndesmosenaustriss**
- 5 Frakturen des hinteren Volkmannsdreiecks**

Abbildung 20: Häufigkeiten der Verletzungen im CT

In Abbildung 20 ist das Verletzungsmuster im CT dargestellt. Bei 11 Patienten wurden präoperativ CT-Aufnahmen angefertigt. Hier konnten sechs einfache Außenknöchelfrakturen, fünf mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen, neun Innenknöchelfrakturen, ein knöcherner Syndesmosenaustriss und sieben Frakturen des hinteren Volkmannsdreiecks nachgewiesen werden.

3.1.5 Verletzungsmuster im Vergleich Operationsberichte und CT-Diagnostik



- 1 Einfache Außenknöchelfrakturen**
- 2 Mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen**
- 3 Innenknöchelfrakturen**
- 4 Knöcherner Syndesmosenaurisse**
- 5 Frakturen des hinteren Volkmannsdreiecks**

Abbildung 21: Frakturverteilung im Vergleich Operationsberichte mit CT

In Abbildung 21 ist der Vergleich der Frakturverteilung der Operationsberichte mit den CT-Aufnahmen. Ein Unterschied ist bei den knöchernen Syndesmosenaurissen zu erkennen. Während in den Operationsberichten vier auftraten wurde eine im CT identifiziert.

3.2 Ergebnisse im Vergleich Röntgenbilder und Operationsberichte

Bei den 84 Patienten wurden die Ergebnisse der Röntgendiagnostik mit den Befunden aus den Operationsberichten verglichen. Die folgenden Tabellen zeigen Kreuztabellen mit deren Variablen die Werte Sensitivität, Spezifität, positiv prädiktiver Wert, negativ prädiktiver Wert, Genauigkeit und Prävalenz für die einzelnen Gruppen errechnet wurden.

3.2.1 Einfache Außenknöchelfrakturen

		Einfache Außenknöchelfrakturen im OP		Gesamtsumme
		ja	Nein	
Einfache Außenknöchelfrakturen im Röntgen	Ja	64	19	83
	Nein	0	1	1
Gesamtsumme		64	20	84

Tabelle 6: Kreuztabelle der einfachen Außenknöchelfrakturen, Vergleich Röntgenbefund und intraoperativer Befund

Auswertung der einfachen Außenknöchelfrakturen im Röntgenbild

Sensitivität:	100%	Positiv prädiktiver Wert:	77,1%
Spezifität:	5%	Negativ prädiktiver Wert:	100%
Genauigkeit:	77,3%	Prävalenz:	76,1%

Tabelle 7: Statistische Auswertung einfache Außenknöchelfrakturen im Röntgen

Tabelle 6 zeigt die Kreuztabelle der einfachen Außenknöchelfrakturen im Vergleich von den intraoperativen Befunden mit den Röntgenbildern. Es wurden alle einfachen Außenknöchelfrakturen auf dem Röntgenbild erkannt, so dass eine Sensitivität von 100% erhoben wurde. Die Spezifität erzielte einen Wert von 5%. Die einfachen Außenknöchelfrakturen traten mit einer Prävalenz von 76,1% auf.

3.2.2 Mehrfragmentäre Außenknöchelfraktur

		Mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen im OP		Gesamtsumme
		ja	Nein	
Mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen im Röntgen	Ja	0	1	1
	Nein	20	63	83
Gesamtsumme		20	64	84

Tabelle 8: Kreuztabelle der mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen, Vergleich Röntgenbefund und intraoperativen Befund

Auswertung der mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen im Röntgenbild

Sensitivität:	0%	Positiv prädiktiver Wert:	0%
Spezifität:	98,4%	Negativ prädiktiver Wert:	75,9%
Genauigkeit:	75%	Prävalenz:	23,8%

Tabelle 9: Statistische Auswertung mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen im Röntgen

Tabelle 8 stellt die Kreuztabelle der mehrfragmentären Frakturen im Vergleich von Operationsbericht mit den Röntgenbildern dar. Da auf den Röntgenbildern die mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen praktisch nicht erkannt wurden ergeben hier die Sensitivität und der positiv prädiktive Wert 0%. Die Spezifität und der negativ prädiktive Wert weisen Werte von 98,4% und 75,9% auf. Die Genauigkeit liegt bei 75%. Die Werte werden in Tabelle 9 abgebildet.

3.2.3 Innenknöchelfrakturen

		Innenknöchelfraktur im OP		Gesamtsumme
		ja	Nein	
Innenknöchelfraktur im Röntgen	Ja	31	0	31
	nein	1	52	53
Gesamtsumme		32	52	84

Tabelle 10: Kreuztabelle der Innenknöchelfrakturen, Vergleich Röntgenbefund und intraoperativer Befund

Auswertung der Innenknöchelfrakturen im Röntgenbild

Sensitivität:	96,8%	Positiv prädiktiver Wert:	100%
Spezifität:	100%	Negativ prädiktiver Wert:	98,1%
Genauigkeit:	98,8%	Prävalenz:	38,0%

Tabelle 11: Statistische Auswertung Innenknöchelfrakturen im Röntgen

Tabelle 10 zeigt die Kreuztabelle von Innenknöchelfrakturen im Vergleich OP mit den Röntgenbildern. 32 Innenknöchelfrakturen wurden auf dem Röntgenbild richtig erkannt. So erhält man eine Sensitivität von 96,8%. Auch die Genauigkeit erzielt einen Wert von 98,8%.

3.2.4 Frakturen des hinteren Volkmann-dreiecks

		Frakturen des hinteren Volkmann-dreiecks im OP		Gesamtsumme
		ja	Nein	
Frakturen des hinteren Volkmann- dreiecks im Röntgen	Ja	16	0	16
	nein	5	63	68
Gesamtsumme		21	63	84

Tabelle 12: Kreuztabelle der Frakturen des hinteren Volkmann-Dreiecks, Vergleich Röntgenbefund und intraoperativer Befund

Auswertung der Frakturen des hinteren Volkmann-dreiecks im Röntgenbild

Sensitivität:	76,2%	Positiv prädiktiver Wert:	100%
Spezifität:	100%	Negativ prädiktiver Wert:	92,8%
Genauigkeit:	94%	Prävalenz:	25%

Tabelle 13: Statistische Auswertung der Frakturen des hinteren Volkmann-dreiecks im Röntgen

Die Ergebnisse der Röntgendiagnostik bei Frakturen des hinteren Volkmann-dreiecks werden in Tabelle 12 und 13 aufgeführt. Die Sensitivität für die Röntgendiagnostik beträgt 76,2% und der positiv prädiktive Wert 100%. Die Spezifität und der negativ prädiktive Wert liegen beide über 90%.

3.2.5 Knöcherne Syndesmosenaurisse

Verfahren		Knöcherner Syndesmosenauriss im OP		Gesamtsumme
		ja	nein	
Knöcherner Syndesmosenauriss im Röntgen	Ja	1	0	1
	nein	18	65	83
Gesamtsumme		19	65	84

Tabelle 14: Kreuztabelle der knöchernen Syndesmosenaurisse, Vergleich Röntgenbefund und intraoperativer Befund

Auswertung der knöchernen Syndesmosenaurisse im Röntgenbild

Sensitivität:	5%	Positiv prädiktiver Wert:	100%
Spezifität:	100%	Negativ prädiktiver Wert:	78,3%
Genauigkeit:	78,5%	Prävalenz:	22,6%

Tabelle 15: Statistische Auswertung der knöchernen Syndesmosenaurisse im Röntgen

Der Nachweis eines knöchernen Syndesmosenaurisses auf dem Röntgenbild ist mit einer Sensitivität von 5% bewertet. Wohingegen 65 Fälle als intakt richtig eingestuft wurden und somit eine Spezifität von 100% erzielte.

3.2.6 Überblick der statistischen Auswertung des Röntgenbildes

Überblick der statistischen Auswertung des Röntgenbildes

	Sensitivität	Spezifität	PPV	NPV	Genauigkeit	Prävalenz
Außenknöchel, einfach	100	5	77,1	100	77,3	76,1
Außenknöchel, mehrfragmentär	0,00	98,4	0,00	75,9	75	23,8
Innenknöchel	96,8	100	100	98,1	98,8	38,0
Hinteres Volkmandreieck	76,2	100	100	92,8	94	25
Knöcherner Syndesmosenauriss	5	100	100	78,3	78,5	22,6

Tabelle 16: Überblick der statistischen Auswertung des Röntgenbildes in Prozent

Tabelle 16 zeigt einen Überblick der statistischen Auswertung der Röntgenbilder. Der Nachweis einer Innenknöchelfraktur im konventionellen Röntgenbild kann mit einer Sensitivität von 96,1% angegeben werden. Die Fraktur des hinteren Volkmandreiecks wird mit einer Sensitivität von 76,2% erkannt. Beim Nachweis von mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen und knöchernen Syndesmosenaurissen erreichte die Röntgendiagnostik eine Sensitivität von 0% und 5%.

3.3 Ergebnisse im Vergleich CT und Operationsberichte

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Computertomographie mit den Ergebnissen aus den Operationsberichten verglichen. Auch hier wurden dieselben

Werte wie bereits zuvor bei der Auswertung der Röntgenbilder ermittelt. Bei elf Patienten wurden präoperativ CT-Aufnahmen angefertigt.

3.3.1 Einfache Außenknöchelfrakturen

Verfahren		Einfache Außenknöchelfrakturen im OP		Gesamtsumme
		ja	nein	
Einfache Außenknöchelfrakturen im CT	Ja	6	0	6
	nein	0	5	5
Gesamtsumme		6	5	11

Tabelle 17: Kreuztabelle der einfachen Außenknöchelfrakturen, Vergleich CT und intraoperativer Befund

Auswertung der einfachen Außenknöchelfrakturen im CT

Sensitivität:	100%	Positiv prädiktiver Wert:	100%
Spezifität:	100%	Negativ prädiktiver Wert:	100%
Genauigkeit:	100%	Prävalenz:	54%

Tabelle 18: Statistische Auswertung einfache Außenknöchelfrakturen im CT

Tabelle 17 zeigt den Vergleich der einfachen Außenknöchelfrakturen im Vergleich von den intraoperativen Befunden mit den CT-Aufnahmen. Es wurden alle einfachen Außenknöchelfrakturen im CT erkannt, so dass eine Sensitivität von 100% erreicht wurde.

3.3.2 Mehrfragmentäre Außenknöchelfraktur

Verfahren		Mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen im OP		Gesamtsumme
		ja	nein	
Mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen im CT	Ja	5	0	5
	nein	0	6	6
Gesamtsumme		5	6	11

Tabelle 19: Kreuztabelle der mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen, Vergleich CT und intraoperativer Befund

Auswertung der mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen im CT

Sensitivität:	100%	Positiv prädiktiver Wert:	100%
Spezifität:	100%	Negativ prädiktiver Wert:	100%
Genauigkeit:	100%	Prävalenz:	45,4%

Tabelle 20: Statistische Auswertung mehrfragmentärer Außenknöchelfrakturen im CT

In Tabelle 19 ist der Vergleich zwischen Operationsberichte und der CT-Diagnostik zu sehen. Der Nachweis von mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen im CT erreicht eine Sensitivität von 100%. Es wurden alle mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen im CT erkannt. Zusätzlich sind die Werte für Spezifität, PPV und NPV mit 100% anzugeben.

3.3.3 Innenknöchelfraktur

Verfahren		Innenknöchelfraktur im OP		Gesamtsumme
		ja	nein	
Innenknöchelfraktur im CT	Ja	9	0	9
	nein	0	2	2
Gesamtsumme		9	2	11

Tabelle 21: Kreuztabelle der Innenknöchelfrakturen, Vergleich CT und intraoperativer Befund

Auswertung Innenknöchelfrakturen im CT

Sensitivität:	100%	Positiv prädiktiver Wert:	100%
Spezifität:	100%	Negativ prädiktiver Wert:	100%
Genauigkeit:	100%	Prävalenz:	81%

Tabelle 22: Statistische Auswertung Innenknöchelfrakturen im CT

In Tabelle 21 ist zusehen, dass die CT alle 9 Innenknöchelfrakturen nachweisen konnte und somit eine Sensitivität von 100% erreicht.

3.3.4 Fraktur des hinteren Volkmandreiecks

Verfahren		Fraktur des hinteren Volkmandreiecks im OP		Gesamtsumme
		ja	nein	
Fraktur des hinteren Volkmandreiecks im CT	Ja	7	0	7
	nein	0	4	4
Gesamtsumme		7	4	11

Tabelle 23: Kreuztabelle der Frakturen des hinteren Volkmandreiecks, Vergleich CT und intraoperativer Befund

Auswertung Frakturen des hinteren Volkmandreiecks im CT

Sensitivität:	100%	Positiv prädiktiver Wert:	100%
Spezifität:	100%	Negativ prädiktiver Wert:	100%
Genauigkeit:	100%	Prävalenz:	63,6%

Tabelle 24: Statistische Auswertung Frakturen des hinteren Volkmandreiecks im CT

In Tabelle 23 ist zu sehen, dass die CT bei Frakturen des hinteren Volkmandreiecks eine Sensitivität von 100% erreicht. Das bedeutet, dass alle Frakturen richtig erkannt wurden (siehe Tabelle 23). Der Frakturausschluss des hinteren Volkmandreiecks gelingt mit einer Spezifität von 100%. Hier sind alle 5 als nicht frakturierten Befunde richtig.

3.3.5 Knöcherner Syndesmosenauriss

		Knöcherne Syndesmosenaurisse im OP		Gesamtsumme
		ja	nein	
Knöcherne Syndesmosenaurisse im CT	Ja	1	0	1
	nein	3	7	10
Gesamtsumme		4	7	11

Tabelle 25: Kreuztabelle der knöchernen Syndesmosenaurisse, Vergleich CT und intraoperativer Befund

Auswertung knöcherner Syndesmosenaurisse im CT

Sensitivität:	25%	Positiv prädiktiver Wert:	100%
Spezifität:	100%	Negativ prädiktiver Wert:	70%
Genauigkeit:	72,7%	Prävalenz:	36,3%

Tabelle 26: Statistische Auswertung knöcherner Syndesmosenaurisse im CT

Hinsichtlich des Erkennens von knöchernen Syndesmosenaurissen liegt die Sensitivität bei 25% und ist in Tabelle 25 dargestellt. Demnach konnte ein von vier knöcherner Syndesmosenauriss detektiert werden. Die CT erkennt deren Ausschluss mit einer Spezifität von 100%.

3.3.6 Überblick der statistischen Auswertung der CT-Diagnostik

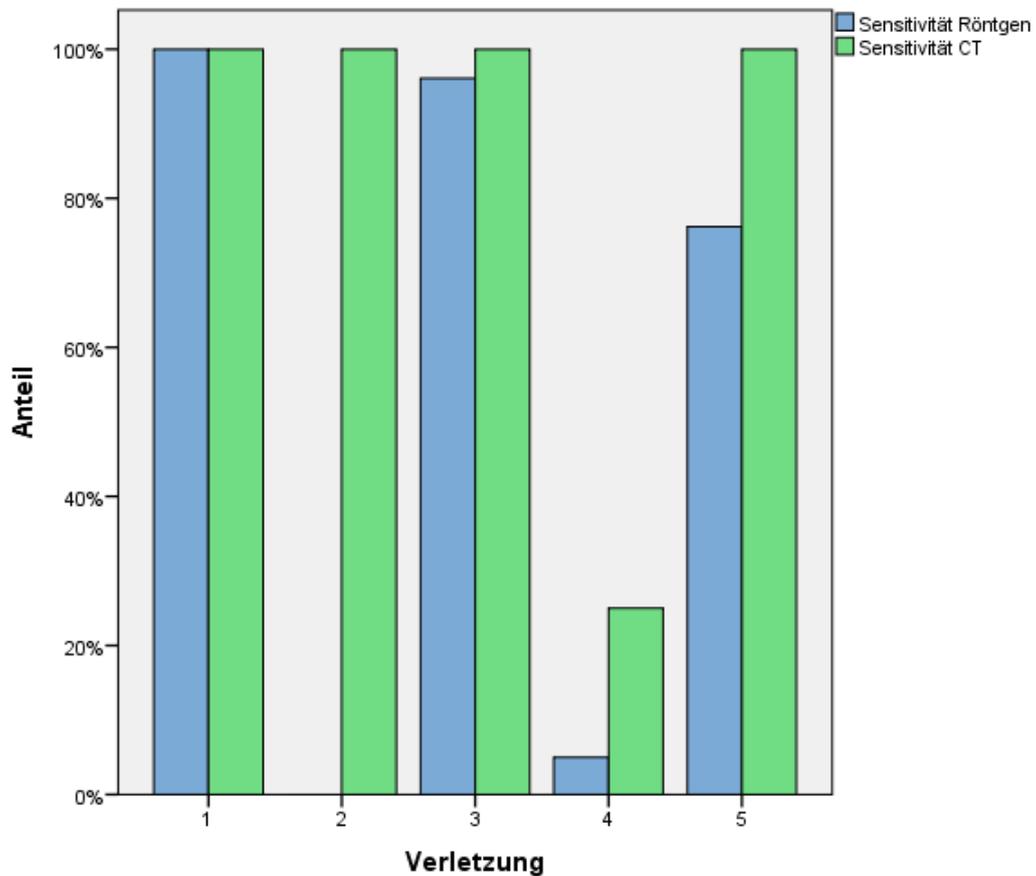
Überblick der statistischen Auswertung des CTs

	Sensitivität	Spezifität	PPV	NPV	Genauigkeit	Prävalenz
Außenknöchel, einfach	100	100	100	100	100	54
Außenknöchel, mehrfragmentär	100	100	100	100	100	45
Innenknöchel	100	100	100	100	100	81
Hinteres Volkmandreieck	100	100	100	100	100	63,6
Knöcherner Syndesmosenaus riss	25	100	100	70	72,7	36,3

Tabelle 27: Überblick der statistischen Auswertung des CTs in Prozent

Der Überblick in Tabelle 27 zeigt, dass die CT im Bereich der Sensitivitäten bei den mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen, Innenknöchelfrakturen und Frakturen des hinteren Volkmandreiecks 100% erreicht. Der Nachweis von knöchernen Syndesmosenausrissen ist mit einer Sensitivität von 25% einzustufen. Wobei auch hier die Spezifitäten bei mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen, Innenknöchelfrakturen und Frakturen des hinteren Volkmandreiecks bei 100% liegen.

3.4 Vergleich der statistischen Auswertung der Röntgenbilder und des CTs

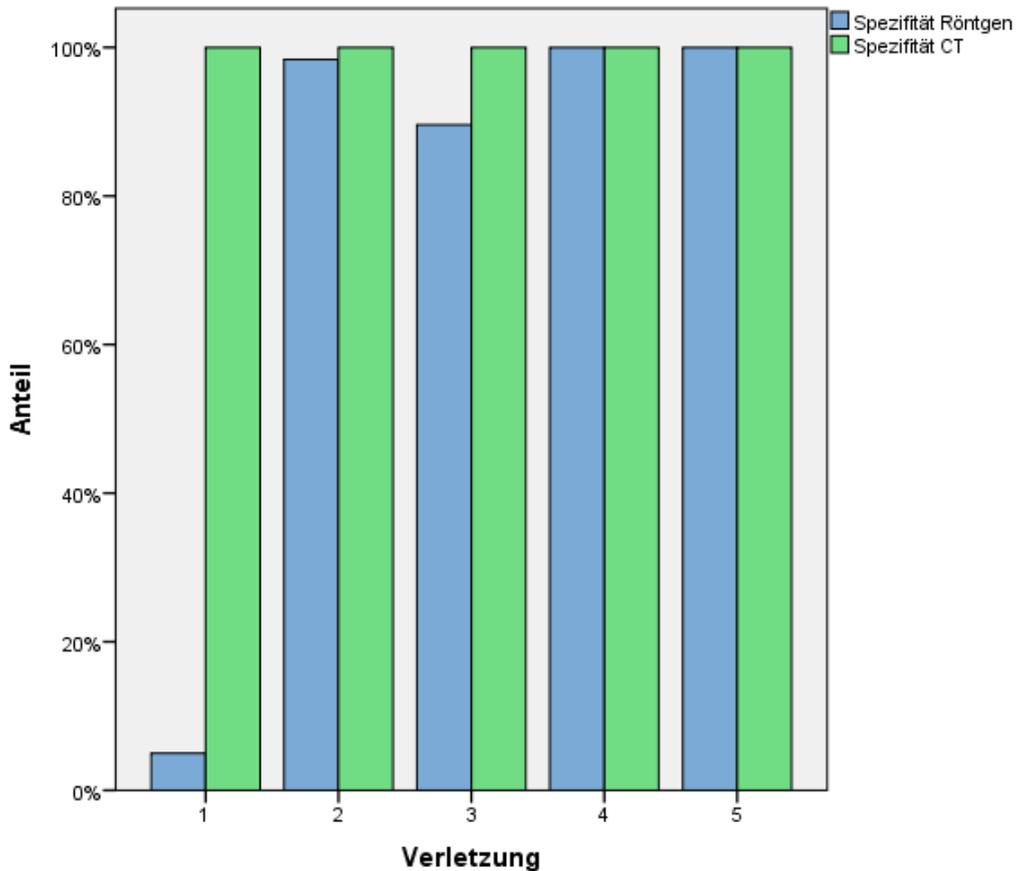


- 1 Einfache Außenknöchelfrakturen**
- 2 Mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen**
- 3 Innenknöchelfrakturen**
- 4 Knöcherner Syndesmosenaurisse**
- 5 Frakturen des hinteren Volkmannndreiecks**

Abbildung 22: Vergleich Sensitivitäten Röntgen und CT

Die Abbildung 22 zeigt den Vergleich der Sensitivitäten der Röntgendiagnostik mit den CT-Aufnahmen. Einfache Außenknöchelfrakturen werden sowohl auf dem Röntgenbild, als auch auf der CT-Aufnahme zu 100% erkannt. Im Bereich der mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen und den knöchernen Syndesmosenaurissen ist die Computertomographie der Röntgendiagnostik überlegen. Hier entgehen der Röntgendiagnostik mit einer Sensitivität von 0% alle

mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen. Innenknöchelfrakturen werden mit dem konventionellen Röntgenbild zu 96% erkannt und erzielen somit auch hier schlechtere Werte als die CT (100%). Hinsichtlich beim Erkennen von Frakturen des hinteren Volkmannsdreiecks erzielt auch die CT eine bessere Sensitivität als die Röntgendiagnostik.

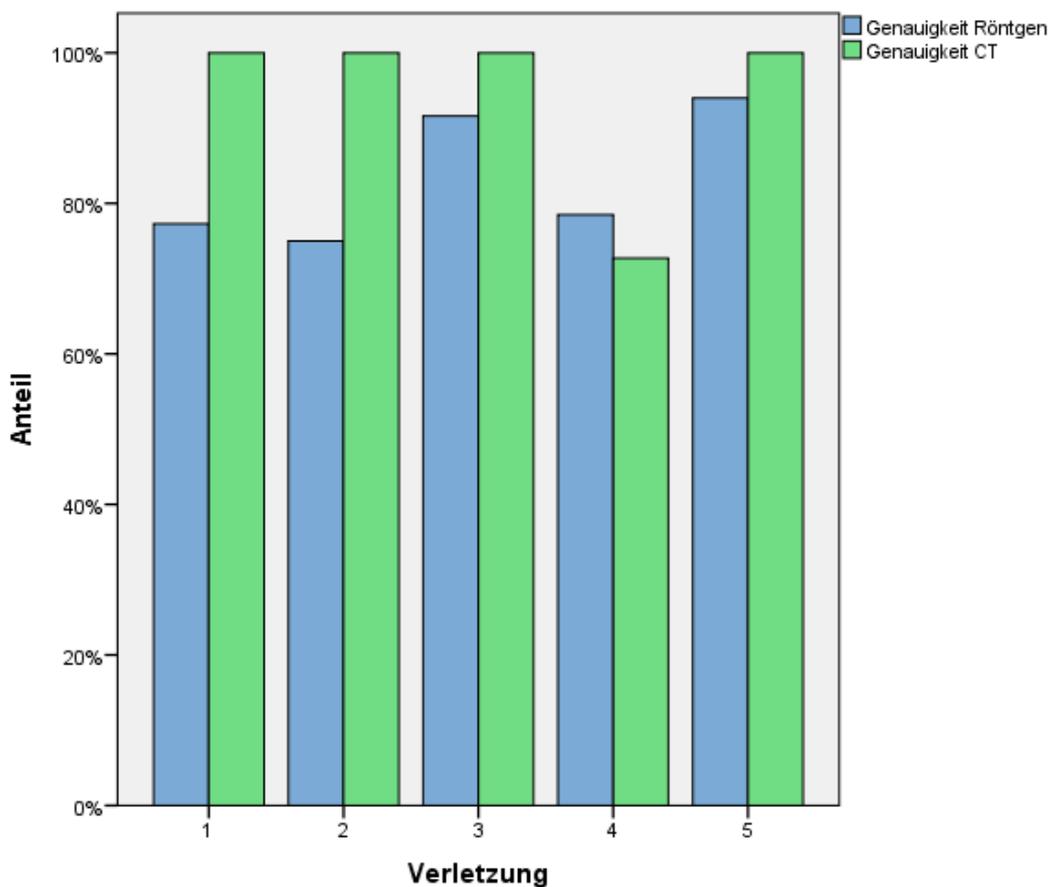


- 1 Einfache Außenknöchelfrakturen**
- 2 Mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen**
- 3 Innenknöchelfrakturen**
- 4 Knöchel-Syndesmosenaurisse**
- 5 Frakturen des hinteren Volkmannsdreiecks**

Abbildung 23: Vergleich Spezifitäten Röntgen und CT

Abbildung 23 stellt den Vergleich der Spezifitäten der Röntgendiagnostik mit der CT dar. Hier ist zu sehen, dass die Röntgendiagnostik mit einer Sensitivität von 5%

beim Ausschluss von einfachen Außenknöchelfrakturen der CT unterlegen ist. Die Werte der anderen Verletzungen liegen nah bei einander. Den Ausschluss von knöchernen Syndesmosenaurissen erkennen beide diagnostische Verfahren mit einer Spezifität von 100%. Die Röntgendiagnostik erzielt Werte im Bereich von 89 bis 99%, während die Werte der CT mit Spezifitäten im Bereich von 100% liegen. Beim Ausschluss von Innenknöchelfrakturen war die CT der Röntgendiagnostik überlegen.



- 1 Einfache Außenknöchelfrakturen**
- 2 Mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen**
- 3 Innenknöchelfrakturen**
- 4 Knöcherne Syndesmosenaurisse**
- 5 Frakturen des hinteren Volkmann dreiecks**

Abbildung 24: Vergleich Genauigkeit Röntgen und CT

Im Bereich der Genauigkeit sind nur geringe Unterschiede im Vergleich von Röntgen und CT zu verzeichnen. Die Genauigkeit der CT ist bei den einfachen und mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen, sowie bei den Frakturen des hinteren Volkmannendreiecks besser (siehe Abbildung 24).

Vergleich der Statistischen Auswertungen

	Sensitivität	Spezifität	Genauigkeit
Röntgen	55,6	80,68	84,72
CT	85	100	94,5

Tabelle 28: Vergleich Röntgen und CT

Abschließend kann gesagt werden, dass die CT sowohl im Bereich der Sensitivität als auch der Spezifität und der Genauigkeit der Röntgendiagnostik überlegen ist (siehe Tabelle 28).

3.5 Fallpauschalen des Patientenkollektivs

Das Krankenhaus erhält für eine „einfache“ Fraktur des oberen Sprunggelenks eine Fallpauschale von 2.236,41 Euro. Für eine mehrfragmentäre Fraktur beträgt die Fallpauschale 3.060,51 Euro. Das macht eine Differenz von 824,10 Euro, die dem Krankenhaus weniger bezahlt werden, wenn eine mehrfragmentäre Fraktur in eine einfache Fraktur zurückgestuft wird.

In unserer Untersuchung konnten 19 mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen nicht auf dem Röntgenbild identifiziert werden. Bei einem Zurückstufen in die niedrigere DRG ergibt das einen Verlust für das Krankenhaus von

$$19 \times 824,10 \text{ Euro} = 15.657,90 \text{ Euro.}$$

4 Diskussion

Die Frakturen des oberen Sprunggelenkes gehören mit einer Inzidenz von 1 bis 1,5:1.000 zu der dritthäufigsten knöchernen Verletzung in Europa [57]. 20-30% der Frakturen treten bei Menschen über 65 Jahren auf [35, 102]. So gehören sie in dieser Altersgruppe zur häufigsten Fraktur [84]. Die älteren Menschen stellen eine größere Herausforderung in der Behandlung dieser Frakturform dar, da sie häufig zahlreiche Komorbiditäten, eine reduzierte Knochenqualität sowie Mobilität aufweisen [46, 47, 55, 131]. Es finden sich typische Verletzungsmuster die in der klinischen und radiologischen Diagnostik berücksichtigt werden müssen. Zur Standarddiagnostik zählt die konventionelle Röntgendiagnostik, die in den meisten Fällen der einfachen Frakturen exakte Antworten zur Frakturmorphologie liefern kann.

Insbesondere die mehrfragmentären Frakturen können mit postoperativen Komplikationen verbunden sein [3], die zusätzlich im höheren Alter durch zahlreiche Komorbiditäten wie pAVK, Diabetes mellitus, Osteoporose und einem hohen ASA gefördert werden [8, 80]. So ist präoperativ eine gute Darstellung der Fraktur notwendig um eine optimale Frakturversorgung zu gewährleisten und somit das Auftreten von Komplikationen zu reduzieren [96]. Eine exakte Rekonstruktion der Sprunggelenksgabel ist auch notwendig, um Spätfolgen wie beispielsweise eine Arthrose des OSG zu vermeiden, da etwa 1/5 aller Sprunggelenksarthrosen eine posttraumatische Ursache aufweisen [103].

Die Erlöse für jeden Patienten mit einer Fraktur des oberen Sprunggelenkes werden in Deutschland mit dem Abrechnungssystem DRG über Fallpauschalen ermittelt [40]. Als Grundlage für die Einstufung in die jeweilige DRG wird regelmäßig vom Medizinischen Dienst der Krankenkasse die verfügbare Dokumentation, insbesondere die schriftlichen Röntgenbefunde angefordert [40]. Eine mehrfragmentäre Fraktur führt zu einer höheren Bewertung als eine einfache Fraktur. Wenn die mehrfragmentäre Fraktur im Röntgenbefund nicht schriftlich dokumentiert ist führt dies häufig zu einer Einstufung in die niedrigere DRG-Stufe.

4.1 Patientenkollektiv

In dieser retrospektiven Untersuchung wurden die präoperativen Röntgenbilder von 84 Patienten die sich im Zeitraum von 2008 bis 2013 in der Unfallchirurgischen Abteilung des Eduardus Krankenhaus in Köln mit Frakturen des oberen Sprunggelenks vorstellten analysiert. Es handelte sich um 59 Frauen und 25 Männer im Alter ab 59 Jahren. Bei diesen wurden die Röntgenbilder, die Operationsberichte und falls vorhanden zusätzlich die CT-Aufnahmen betrachtet und ausgewertet. CT-Aufnahmen lagen bei 11 unserer Studienpatienten vor.

4.2 Epidemiologische Daten

Es wird diskutiert, dass die mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen aufgrund der Osteoporose, dem höheren Aktivitätsniveau und einer längeren Lebenszeit vermehrt bei älteren Menschen auftreten^o[84]. So wurde das Patientenkollektiv in der hier vorliegenden Untersuchung auf die Altersgruppe von über 59 Jahren beschränkt, da es sich bei den komplexen Frakturformen um ein relevantes Problem des älteren Menschen handelt. Die hier vorliegende Untersuchung zeigt, dass das mittlere Alter des Patientenkollektivs 69,9 Jahren beträgt. Frauen wiesen ein höheres mittleres Alter mit 70,5 Jahren gegenüber den Männern mit 66 Jahren auf. In dieser Altersgruppe wurden intraoperativ 20 mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen dokumentiert. Dies entspricht einem Anteil von 25%. In dem hier untersuchten Kollektiv waren viermal mehr Frauen betroffen als Männer, sodass die Vermutung, dass die Osteoporose bei der Genese der Fraktur eine Rolle spielt unterstützt wird.

Ausweislich aktueller epidemiologischer Untersuchungen gehören die Frakturen des oberen Sprunggelenks in den westlichen Industrienationen zu den häufigsten Frakturen beim älteren Menschen ab 65 Jahren [89, 102]. Bengner [9] stellte dar, dass die Sprunggelenksfrakturen in Malmö in den Jahren 1980 bis 1982 auf 739 von im Jahr 1950 erfassten 383 Sprunggelenksfrakturen anstieg. Dieser Anstieg betraf die Altersgruppe von über 65 jährigen Patienten [9] In Finnland konnte in den Jahren 1970 bis 1994 eine ansteigende Inzidenz bei Menschen über 60 Jahren um 163% bei Frauen und um 200% bei Männern festgestellt werden [62]. Die

Inzidenz soll nach Olsen°[84] wahrscheinlich in den nächsten 20 Jahren weiter ansteigen .

Die fortgeschrittenen Sprunggelenksarthrosen weisen in 80% eine traumatische genese auf°[103, 117] Die posttraumatische Arthrose als gefürchtete Komplikation der Verletzungen am oberen Sprunggelenk wird insbesondere in der Altersgruppe der 50 bis 90 Jährigen beobachtet°[117]

4.3 Ergebnisse der Röntgen-Diagnostik

In der Auswertung wurden die Befunde der Röntgenaufnahmen mit denen des Operationsberichtes verglichen. Augenmerk wurde auf vier Verletzungsmuster gelegt: mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen, Innenknöchelfrakturen, knöcherne Syndesmosenaurisse und Frakturen des hinteren Volkmannndreiecks.

Hierbei erzielten die Röntgenaufnahmen bei den vier untersuchten Verletzungsgruppen nur eine mangelhafte mittlere Sensitivität von 55,6 %. Lediglich die Spezifität von 80,6 % und die Genauigkeit von 84 % waren im Mittel zufrieden stellend.

Ein gutes Ergebnis konnten die Röntgenbilder beim Detektieren von einfachen Außenknöchelfrakturen, Innenknöchelfrakturen und Frakturen des hinteren Volkmannndreiecks erzielen. Hier wurden alle einfachen Außenknöchelfrakturen und 31 von 32 Innenknöchelfrakturen nachgewiesen. In 16 von 21 Fällen zeigten sich auf dem Röntgenbilder Frakturen des hinteren Volkmannndreiecks. Knöcherne Syndesmosenaurisse konnten nur bei einem von 19 Patienten festgestellt werden.

Mehrfragmentäre Außenknöchelfrakturen wurden auf dem konventionellen Röntgenbild gar nicht erfasst, und erlangten somit eine Sensitivität von 0%. So entgingen die Mehrfragmentfrakturen des Außenknöchels dem röntgenologischen Nachweis und bestätigen die Hypothese, dass mehrfragmentäre Frakturen auf dem Röntgenbild nur schlecht erfasst werden können.

Anlässlich einer hier durchgeführten systemischen Literaturrecherche auf PubMed konnten bis zum Jahr 2015 keine Publikationen gefunden werden, die sich mit der Frage der Differentialdiagnose von mehrfragmentären Frakturen im konventionellen Röntgenbild beschäftigen.

4.4 Vergleich der Ergebnisse der Röntgen-Diagnostik mit anderen Autoren

In einer Untersuchung von Tsai et al.[°][116] wurde dargestellt, dass insbesondere die Frakturen des hinteren Volkmannndreiecks und die Maisonneuve-Frakturen auf dem konventionellen Röntgenbild übersehen werden. Die Maisonneuve-Frakturen werden aufgrund der hohen Fibulafaktur häufig übersehen, da sie auf dem Röntgenbild des oberen Sprunggelenkes nicht abgebildet werden und eine zusätzliche Röntgenaufnahme des proximalen Unterschenkels notwendig ist[°][116]. Sherman et al.[°][109] zeigte in einer Untersuchung von 2015, dass insbesondere kleine Fragmente mit Gelenkbeteiligung nicht ausreichend auf dem konventionellen Röntgenbild visualisiert werden. Diese konnte er arthroskopisch darstellen[°][109].

In der Untersuchung von Tsai liegt die Inzidenz der Frakturen des hinteren Volkmannndreiecks die auf dem konventionellen Röntgenbild entdeckt werden bei 8,3% [116], wohingegen im hier untersuchten Kollektiv der über 60-Jährigen die Prävalenz 25% beträgt. Er berichtet, dass das Erkennen der Frakturen der hinteren distalen Tibiakante von der Wachsamkeit des Beobachters bei Betrachten der lateralen Röntgenaufnahme abhängt [116]. Auch Wang und Kollegen [124] stellten fest, dass diese Frakturen auf dem Röntgenbild sehr schnell übersehen werden und betonen, dass bei der lateralen Aufnahme besondere Aufmerksamkeit geboten ist. In der vorliegenden Untersuchung konnten 16 von 21 Frakturen des hinteren Volkmannndreiecks im konventionellen Röntgenbild identifiziert werden.

In der Gruppe der knöchernen Syndesmosenaurisse wurde in der vorliegenden Untersuchung lediglich ein Syndesmosenauriss auf dem Röntgenbild erkannt. Das

entspricht einer Häufigkeit von 1,2%. Dieses Ergebnis deckt sich gut mit der Literaturlage. Die knöchernen Syndesmosenaufrisse werden radiologisch anhand des sog. „Wagstaffe-Fragmentes“, d.h. dem Ausriss der ventralen Syndesmose an der Fibula, oder anhand des sog. „Tubercule de Tillaux-Chaput“, d.h. dem Ausriss an der ventralen Seite der Tibia festgestellt^o[49]. In einer Untersuchung von Liu und Kollegen^o[70] traten die knöchernen Syndesmosenaufrisse mit „Wagstaffe-Fragment“ mit einer Häufigkeit von 1,5% auf.

Shah et al.^o[107] konnte in seiner Untersuchung von 2012 zeigen, dass insbesondere in der Gabelaufnahme („mortise view“) die überlagerungsfreie Darstellung fälschlicherweise eine intakte Syndesmose zeigt. Er fertigte hierzu bei seinen Patienten beidseits Röntgenbilder an und verglich die betroffene Seite mit der gesunden kontralateralen Seite und konnte so eine Diskrepanz des tibiofibularen Abstandes entdecken, obwohl dieser in der unilateralen Aufnahme im Normbereich lag [107]. Er verwendete in seiner Untersuchung die Röntgenkriterien nach Harper [107]. Diese Kriterien sollen helfen einen Syndesmosenriss auf dem Röntgenbild zu erkennen [86]. Kriterien für einen normalen Gelenkspalt stellten sich zusammen aus

- (1) einem tibiofibularen Abstand auf a.-p. und Mortise-Aufnahme von weniger als sechs Millimeter ,
- (2) einer tibiofibularen Überlappung auf der a.-p.-Aufnahme von mehr als sechs Millimeter und
- (3) einer tibiofibularen Überlappung auf der Mortise-Aufnahme von mehr als einem Millimeter [54](siehe Abbildung 9).

In der Untersuchung von Shah^o[107] wurden die Röntgenbilder am belasteten Fuß durchgeführt. Bei einem akuten Trauma werden allerdings häufig Bilder am nicht belasteten Fuß verwendet, sodass diese einen normalen tibiofibularen Abstand zeigen können, obwohl eine Syndesmosenruptur vorliegt [107]. Schlussendlich kommt er zu dem Ergebnis, dass die untersuchten Röntgenkriterien zu einer falschen Behandlung führen können, da es Normvarianten gibt, die in den

bisherigen Kriterien nicht berücksichtigt wurden [12, 107]. Im Gegensatz hierzu stellten Weber und Kollegen°[125] in ihrer Untersuchung dar, dass die Aufnahme am belasteten Fuß sieben Tage nach dem Trauma eine einfache, schmerzlose und zuverlässige Methode sei um eine Operationsindikation bei Syndesmosenaurissen zu stellen. Sie zeigten den Nutzen der Röntgenaufnahme am belasteten Fuß bei Patientin die initial radiologisch stabile Frakturen aufweisen, jedoch über persistierende Schmerzen klagen°[125]. Die Röntgenaufnahme am belasteten Fuß soll dazu dienen stabile von instabilen Frakturen des lateralen Malleolus zu identifizieren, die zuvor als stabil klassifiziert wurden [125].

Auch im hier untersuchten Patientenkollektiv wurden die präoperativen Röntgenaufnahmen am unbelasteten Fuß durchgeführt, so dass dies eine mögliche Ursache der schlechten Ergebnisse der erreichten Sensitivität für das Erkennen der knöchernen Syndesmosenaurisse sein könnte. Hier konnte nur ein knöcherner Syndesmosenauriss von 19 identifiziert werden.

In 30,9% der hier untersuchten Röntgenbilder lag zusätzlich zur Außenknöchelfraktur eine Innenknöchelfraktur vor, wobei die Röntgendiagnostik eine sehr gute Sensitivität von 96,8% erzielte. Dieses Ergebnis deckt sich gut mit einer Untersuchung von Black et al.°[15], die in ihrer Untersuchung die bimalleolären Frakturen mit einer Häufigkeit von 28% bei dem untersuchten Patientenkollektiv angeben. Die Prävalenz einer bimalleolären Sprunggelenksfraktur beträgt in dem hier analysierten Kollektiv 38%.

Die Frakturen des hinteren Volkmannndreiecks traten in der hier vorliegenden Untersuchung mit einer Häufigkeit von 25% auf, wohingegen Black°[15] in seiner Untersuchung eine Häufigkeit von 62% ermittelte.

Zu der Diagnostik von mehrfragmentären Frakturen mittels konventionellen Röntgenaufnahmen gibt es derzeit nur sehr wenige vergleichbare Untersuchungen. Hier stehen nur Untersuchungen zur Verfügung, die die konventionelle Röntgendiagnostik mit der CT-Diagnostik vergleichen. Schon

Breitenseher [19] erwähnte 1999, dass sich komplexe Frakturen der konventionellen Röntgendiagnostik entziehen und die CT zur exakteren Visualisierung dieser Frakturen hinzugezogen werden sollte. Diese Aussage bestätigen die vorliegenden Ergebnisse der Röntgendiagnostik mit einer Sensitivität von 0% bei mehrfragmentären Frakturen, sodass hier keine mehrfragmentäre Fraktur auf dem konventionellen Röntgenbild identifiziert werden konnten.

Aufgrund der demographischen Entwicklung und der Zunahme der Osteoporose stellen komplexe Frakturen ein anwachsendes Problem dar. Als weiterführende Standarddiagnostik für eine exakte Frakturdarstellung hat sich hier die CT als zusätzliches Schnittbildverfahren bewährt. So untersuchte beispielsweise Voigt et al. [120] den diagnostischen Aussagewert des konventionellen Röntgen, CT und MRT bei akuten proximalen Humerusfrakturen. Er kam zu dem Ergebnis, dass bei sieben von 30 komplexen Humerusfrakturen die Fragmentzahl auf dem konventionellen Röntgenbild nicht korrekt ermittelt wurde und es somit einer Erweiterung der Schnittbilddiagnostik mittels CT oder MRT bedarf [120].

4.5 Ergebnisse der CT-Diagnostik

Mit der CT steht ein Verfahren zur Verfügung, das insbesondere bei Knochenverletzungen einige Zusatzinformationen liefern kann. Die Indikation der CT im Klinikalltag ist in der derzeitigen Studienlage bei komplexen Sprunggelenksfrakturen mit unklarer Diagnose und bei Beteiligung von Gelenkanteilen beschrieben [42, 91].

Bei elf Patienten der hier vorliegenden Untersuchung lagen auch zusätzlich präoperative CT-Aufnahmen vor, sodass diese mit den intraoperativen Befunden und den Röntgenbildern verglichen werden konnten. Hier war zu sehen, dass die CT besonders bei den mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen mit einer Sensitivität von 100% gute Ergebnisse erzielte. Auch die Innenknöchelfrakturen und Frakturen des hinteren Volkmannsdreiecks weisen eine ausgezeichnete

Sensitivität von 100% auf. Lediglich die Detektion von knöchernen Syndesmosenausrisse erreichte eine unzureichende Sensitivität von nur 25%. Dies ist möglicherweise dadurch zu erklären, dass die knöchernen Syndesmosenausrisse intraoperativ bei der Überprüfung der Syndesmosenstabilität disloziert werden, während sie präoperativ kaum oder nur minimal disloziert sind.

4.6 Vergleich der Ergebnisse der Röntgen- und CT-Diagnostik

Im Bereich der mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen und der knöchernen Syndesmosenausrisse ist die Computertomographie mit einer Sensitivität von 100% und 25 % der Röntgendiagnostik mit 0% und 5% deutlich überlegen. Auf dem Röntgenbild konnte keine mehrfragmentäre Außenknöchelfraktur identifiziert werden, wohin gegen die CT alle sechs Frakturen darstellen konnte. Beim Detektieren von Innenknöchelfrakturen gab es keine großen Differenzen der beiden bildgebenden Verfahren. Hinsichtlich der Frakturen des hinteren Volkmandreiecks erzielt die CT mit 100% auch eine bessere Sensitivität im Vergleich zur Röntgendiagnostik mit 76,6%. Insgesamt ist zu sagen, dass die CT mit einer mittleren Sensitivität von 85% im Vergleich zur Röntgendiagnostik mit einer mittleren Sensitivität von 55,6% für die differenzierte Diagnostik der Sprunggelenksfrakturen geeigneter erscheint, wenn es darum geht alle therapielevanten Verletzungen zu erfassen.

Das Erkennen der einzelnen Verletzungen bestimmt nicht nur die Lagerung und Zugangswahl bei der operativen Therapie, sondern auch die Wahl des am besten geeigneten Implantats.

4.7 Vergleich der Ergebnisse des Röntgen-CT-Vergleichs mit anderen Autoren

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch viele andere Autoren°[15, 25, 39, 72, 90, 114]. So führten Magid et al.°[72] 1990 eine Untersuchung durch, in der

präoperativ zusätzlich zu den konventionellen Röntgenbildern CT-Aufnahmen angefertigt wurden. Hier wurde bei fünf von 13 Patienten mit Sprunggelenksfrakturen die OP-Planung geändert, da auf den CT-Aufnahmen zusätzliche Verletzungen gefunden wurden, die auf dem Röntgenbild nicht zu erkennen waren [72]. Sie folgerten daraus, dass die CT als unterstützende Zusatzdiagnostik genutzt werden sollte, um genauere Details der Fraktur zu identifizieren und eine exaktere Operationsplanung zu gewährleisten [72].

Sechs Jahre später griffen Tornetta et al.°[114] dieses Thema bei Pilonfrakturen wieder auf. Sie untersuchten 22 Patienten mit „Pilonfrakturen“ mittels präoperativ angefertigten Röntgenbildern und CT-Aufnahmen [114]. Ihr Interesse lag in der Zusatzinformation die man durch die CT erlangen kann, die einem durch die konventionelle Röntgendiagnostik allein verborgen bleibt [114]. Hier wurde ein besonderes Augenmerk auf die Struktur der Fraktur, die Anzahl der Fragmente, Trümmerzonen und Eintauchungen gelegt [114]. Bei 12 Patienten konnte im CT eine größere Anzahl an Fragmenten festgestellt werden als auf dem Röntgenbild [114]. Bei elf Patienten konnten nur im CT deutliche Trümmerzonen dargestellt und bei weiteren sechs Patienten konnten Eintauchungen der Fragmente identifiziert werden [114]. So konnte aufgrund der CT schon im Voraus die exakte Schraubenlage in Bezug zu den Frakturlinien bestimmt werden [114]. Im Endeffekt wurde bei 14 Patienten aufgrund der zusätzlichen Informationen der CT die präoperative Planung geändert und somit die OP-Zeit bei 77% der Patienten verkürzt [114].

In einer vergleichbaren Untersuchung von 2013 untersuchten Black et al.°[15] die Rolle der präoperativen CT-Diagnostik für die Operationsplanung bei Sprunggelenksfrakturen. Da es nur wenige Informationen in der derzeitigen Literatur über den alltäglichen Gebrauch der präoperativen CT-Diagnostik bei Sprunggelenksfrakturen gibt, stellte sich Black°[15] die Frage bei welchen Patienten die CT-Untersuchung zusätzlich zu den konventionellen Röntgenbildern indiziert ist.

Die zuvor erwähnten Untersuchungen von Black, Tornetta und Magid, sowie Lü und Purnell°[15, 28, 52, 71, 72, 90, 114] zeigten schon, dass die CT in allen Situationen dem Röntgenbild überlegen ist, allerdings beeinflussen die Kosten und die Strahlendosis die Entscheidung für den Einsatz dieser Technologie [15].

Da laut Burkhardt und Kollegen°[14, 25] die Kostenintensivität und Strahlendosis der heutigen Spiral-CT nahezu gleichwertig der zahlreichen notwendigen konventionellen Röntgenbildern sei, sollte bei den Vorteilen die Indikation zur CT-Diagnostik großzügig gestellt werden.

Die Arbeitsgruppe von Black°[15] konnte zeigen, dass in 24% der Fälle die Planung der OP nach Durchführung einer CT geändert wurde und dadurch eine Fehlbehandlung verhindert werden konnte. Diese Ergebnisse waren unabhängig von der Erfahrung der Untersucher, da sowohl die Gruppe der erfahrenen Chirurgen als auch die der unerfahrenen, jungen Chirurgen gleiche Daten erhoben [15]. Black kommt zu dem Schluss, dass Patienten, mit einer Schädigung von mehreren Sprunggelenksstrukturen, einer schlechten Bildqualität der konventionellen Röntgenbildern (vor allem Aufnahmen im Gips), Dislokationen und Fibulafrakturen oberhalb der Syndesmose von der präoperativen CT-Diagnostik profitieren [15]. Ein wesentlichen Effekt auf das Ergebnis der Behandlung aller Patienten konnte er allerdings nicht erkennen [15].

Diese Erkenntnisse decken sich mit den Ergebnissen der hier vorliegenden Untersuchung.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch andere Autoren°[22, 39, 88]. Patienten mit sog. „trimalleolären“ Frakturen des Sprunggelenkes, d.h. Frakturen mit Beteiligung des Innen- und Außenknöchels sowie des hinteren Volkmann-Dreiecks, haben ein schlechteres Behandlungsergebnis als Patienten bei denen die distale Tibia nicht mit betroffen ist°[21, 61, 76]. Es wird diskutiert, dass der hintere Anteil der distalen Tibia für die Stabilität des Sprunggelenkes wichtig ist [21, 60, 76]

Die Untersuchung von Ferries et al°[39] stellt dar, dass es schwierig ist den posterioren Anteil einer „trimalleolären“ Fraktur auf dem konventionellen Röntgenbild zu beurteilen. Es wird empfohlen, dass diese Frakturen ab einer Gelenkbeteiligung von über 1/5 der Gelenkfläche operativ versorgt werden sollten°[39]. Es ist deshalb unerlässlich damit die Fragmentgröße des posterioren Fragmentes beurteilt werden kann°[39]. Ferries untersuchte 25 Patienten mit „trimalleolären“ Frakturen und verglich die Ergebnisse der konventionellen Röntgendiagnostik mit den Ergebnissen der CT und fokussierte seine Aufmerksamkeit auf die Festlegung der Fragmentgröße der distalen posterioren Tibiakante [39]. In 54% wurde die Fragmentgröße anhand des Röntgenbildes zu groß und in den häufigeren Fällen als zu klein eingeschätzt°[39]. Insbesondere große Fragmente zeigten hier die größte Fehlerrate [39]. Er zieht daraus den Schluss, dass man sich bei der Indikationsstellung für eine operative Frakturversorgung von „trimalleolären“ Frakturen nicht auf die konventionellen Röntgenbilder allein verlassen sollte, da man hier die Größe des posterioren Fragmentes nicht verlässlich genug bestimmen kann [39]. Zu gleichen Ergebnissen kommen Bartonicek et al.°[7] in einer Untersuchung von 2015.

Auch Palmanovich°[88] konnte in seiner Untersuchung feststellen, dass Frakturen der distalen posterioren Tibiakante auf den konventionellen Röntgenbildern nicht gut erfasst werden und die CT wertvolle zusätzliche Informationen liefert.

Diese Erkenntnis wird durch Ergebnisse der hier vorliegenden Untersuchung unterstützt.

15 Jahre später griffen Büchler und Kollegen°[22] das Thema von Ferries wieder auf und untersuchten die Fähigkeit relevante Informationen vom konventionellen Röntgenbild bei Frakturen des hinteren Volkmannsdreiecks zu gewinnen und kombinierten diese Informationen mit denen der durchgeführten Computertomographie.

In ihren Ergebnissen zeigte die konventionelle Radiographie eine gute Zuverlässigkeit in der Festlegung der Größe des posterioren Fragments der

distalen Tibiakante [22]. Die Erklärung für die unterschiedlichen Ergebnisse von Böhler und Ferris wurden dadurch erklärt, dass Böhler nur die Röntgenbilder in die Untersuchung mit einbezogen, die eine gute Qualität aufwiesen°[22]. Weiterhin wurden bei Böhler die mehrfragmentären Frakturen und Impaktionen der posterioren Fraktur der Tibiakante bei weitem unterschätzt, so dass wichtige Informationen für die Operation fehlten, die zu einer guten intraoperativen Reposition führten [22]. Diese Informationen konnten auf der präoperativ durchgeführten CT optimal erkannt werden [22, 38, 67].

Er zieht den Schluss, dass alle "trimalleolären" Frakturen einer präoperativen CT-Untersuchung unterzogen werden sollten, einschließlich der Frakturen die auf dem konventionellen Röntgenbild eine Gelenkbeteiligung von unter 25% zeigen und „benigne“ erscheinen°[22].

4.8 Problematik im Abrechnungssystem DRG

In der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die mehrfragmentären Frakturen des Außenknöchels auf dem Röntgenbild praktisch überhaupt nicht identifiziert werden können.

Das stellt insbesondere ein großes Problem im Abrechnungssystem DRG dar. Für die Sprunggelenksfrakturen gibt es die Gruppierung für einfache Frakturen in die DRG I13F, die eine Bewertungsrelation von 0,768 Punkten hat.

Bei einem Basisfallwert des Krankenhauses von beispielsweise 2.912 Euro ergibt die Fallpauschale demnach einen Betrag von **2.236,41 Euro**. Die mehrfragmentären Frakturen werden allerdings in die höhere DRG I13E eingestuft, sodass eine Fallpauschale von **3.060,51 Euro** erlöst würde. Da jedoch im Falle einer Überprüfung durch den MdK (Medizinischer Dienst der Krankenkassen) die schriftlichen Röntgenbefunde als Grundlage dieser Einstufung dienen, können die mehrfragmentären Frakturen nicht als diese abgerechnet werden wenn sie nicht explizit im Röntgenbefund erwähnt wurden. So entstehen dem Krankenhaus Verluste.

In der hier vorgestellten Untersuchung wurden 19 mehrfragmentäre Frakturen auf dem Röntgenbild nicht identifiziert. Dies würde ein Verlust für das Eduardus Krankenhaus von **15.657,90 Euro** bedeuten.

4.9 Problematik des Abrechnungssystem DRG im Vergleich mit anderen Autoren

Ursprünglich wurde das Abrechnungssystem DRG 2004 eingeführt um die Patientenverweildauer und die Kosten zu senken. Die DRG-Einführung führte auch zu einer Senkung der stationären Verweildauer, aber auch zu einer verringerten Erlöszahlung für das behandelnde Krankenhaus [95]. Rudroff et al. [99] stellt die Forderung, dass das DRG-System eine Anpassung an die Realität bedarf, da oft keine ausreichende Kostendeckung erzielt wird. Dies ist auch in der Einstufung der mehrfragmentären Frakturen der Fall, da hier die Therapiekosten höher sind als bei einfachen Frakturen.

4.10 Einschränkungen der vorliegenden Untersuchung

Eine Einschränkung dieser Untersuchung besteht in der geringen Anzahl der 11 Fälle, in denen neben den konventionellen Röntgenbildern auch eine CT-Untersuchung durchgeführt wurde. Insbesondere bei der statistischen Auswertung der CT-Aufnahmen ist es schwierig eine repräsentative Aussage über Sprunggelenksfrakturen zu machen, da das Patientenkollektiv sehr klein ist. Weiterhin wurden nur bei denjenigen Patienten ein CT gemacht, wo der behandelnde Arzt dies für indiziert hielt. Es gab also keinen bestimmten Algorithmus für die Indikationsstellung einer CT-Untersuchung, sodass nur spekuliert werden kann, dass bei diesen 11 Patienten schon die Vermutung im Raum stand, dass es sich um komplexe Frakturen handelte.

Weiterhin wurden sowohl konventionelle Röntgenbilder, als auch digitale Röntgenbilder ausgewertet. Collin und Kollegen [30] evaluierten die Interobserver Variabilität beim konventionellen Röntgen, CT und MRT bei

Hüftfrakturen. Hier wurde deutlich, dass die Beobachtungen der Untersucher im CT und MRT nahezu immer perfekt übereinstimmten, während die Auswertung der Röntgenbilder deutlich von der Erfahrung der Beobachter beeinflusst wurden [30]. Diese Aussage teilen auch Brage et al. [17]. Wie bereits zuvor erwähnt stellte auch Black fest, dass die Erfahrung der Untersucher bei der Betrachtung der CT-Aufnahmen keine Rolle spielt, da hier die Ergebnisse der erfahrenen und unerfahrenen Chirurgen vergleichbar waren [15]. Auch Chan et al. [26] ergänzten diese Aussage mit der Erkenntnis, dass zusätzlich zur konventionellen Röntgendiagnostik durchgeführte CT-Aufnahmen die Übereinstimmungen der Untersucher im Bezug zum Behandlungsplan erhöhten.

Weiterhin muss gefragt werden ob die digitalen Bilder einen Vorteil gegenüber den konventionellen Bildern haben. Es wurden in der hier vorliegenden Untersuchung sowohl konventionelle als auch digitale Röntgenbildern betrachtet. Dies liegt am retrospektiven Design dieser Untersuchung. Aufgrund des technologischen Fortschritts und der Verwendung von Bildarchivierungs- und Kommunikationssystemen wie PACS (Picture Archiving and Communication System) wurde der Gebrauch des konventionellen Röntgenbildes verlassen. Fowler et al. [41] untersuchten auf digitalen Röntgenbildern die Abstände von zuvor festgelegten Markierungen auf Knochen mit einem PACS-System. Hier war die durchschnittliche Abweichung 0,1 mm bei kurzen Strecken und zwischen 1,4 bis 1,8 mm Abweichung bei längeren Strecken durch 18 beurteilenden Personen [41]. So konnte er feststellen, dass mit digitalen Röntgenaufnahmen exaktere Befunde erhoben werden können, um insbesondere das Ergebnis einer Frakturpostion zu beurteilen [41].

In der Diagnostik der Osteopenie beziehungsweise Osteoporose hat die digitale Röntgenaufnahme keinen Vorteil gegenüber dem konventionellen Röntgenbild [123]. Die digitale Röntgenaufnahme erzielte in der Diagnostik der Osteoporose lediglich eine Sensitivität von 64% gegenüber der konventionellen von 68%, so Wagner et al. [123]. Sie stellte in Ihrer Untersuchung auch dar, dass die digitale Aufnahme eine hohe Interobserver Variabilität besitzt und somit die

visuelle Darstellung der Osteoporose ein großes Problem darstellt und abhängig der beurteilenden Person ist [123].

Auch Garmer et al. [44] konnte keine signifikanten Unterschiede zwischen digitalen und konventionellen Röntgenbilder in der Diagnostik von Pathologien des Thorax feststellen. Lediglich bei Veränderungen des Mediastinums zeigte die digitale Aufnahme bessere Resultate [44].

Trotz allem ermöglichen diese eine bessere Übermittlung und Speicherung der Daten, wodurch der klinische Alltag vereinfacht wird und die Kosten auf langer Zeit reduziert werden [44].

Im Eduardus-Krankenhaus wurde Mitte 2012 auch auf digitale Röntgenaufnahmen umgestellt, sodass im Zeitraum zwischen 2008 bis Mitte 2012 für die vorliegende Untersuchung nur konventionelle Röntgenbilder zur Verfügung standen. Diese digitalen Röntgenbilder besitzen nichts desto trotz Vorteile, da die Bildqualität gesteigert wird und die Aufnahme schneller durchführbar ist. Auch die wiederholten Aufnahmen sind gesunken, da die Aufnahmen sofort verfügbar sind [75].

Da dies eine retrospektive Untersuchung ist muss man sich auf die Qualität der Befunde verlassen. Hier stellt sich die Frage, ob in den Operationsberichten auch alle relevanten Verletzungen des Sprunggelenks dokumentiert wurden. Insbesondere für die Patientengruppe ohne CT-Untersuchung ist die Vollständigkeit der Operationsberichte ein wichtiger Faktor für die Aussagekraft dieser Untersuchung.

4.11 Schlussfolgerung

Die hier vorliegende Untersuchung konnte zeigen, dass komplexe Sprunggelenksfrakturen in der Altersgruppe der über 60-jährigen ein relevantes Problem darstellen.

Die hier vorliegenden Ergebnisse legen nahe, dass die Diagnose der komplexen Verletzungsmuster des oberen Sprunggelenkes, in dieser Altersgruppe, mit Hilfe der konventionellen Röntgendiagnostik alleine nur unzureichend möglich ist.

Die mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen wurden in der hier vorliegenden Untersuchung auf dem konventionellen Röntgenbild gar nicht erkannt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung deuten trotz der geringen Fallzahl an, dass die Computertomographie in der Frakturdiagnostik der komplexen Frakturformen der konventionellen Röntgendiagnostik deutlich überlegen ist

Da die Befunde der bildgebenden Verfahren beim MdK als Grundlage für die Einstufung in das DRG-System dienen, sollten die Operationsberichte für die Überprüfung durch den MDK als Grundlage für die Abrechnung genutzt werden. Wenn somit eine Rückstufung in niedrigere DRGs verhindert werden kann, würden die Kliniken die Fallpauschalen bekommen, die ihnen auch zu stehen.

5 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Aussagekraft der konventionellen Röntgendiagnostik bei Frakturen des oberen Sprunggelenks beim älteren Menschen. Ziel war es die Frage zu beantworten, ob alle knöchernen Verletzungen des oberen Sprunggelenkes auf dem konventionellen Röntgenbild in zwei Ebenen erkannt werden können. Hier sollte besonderes Augenmerk auf die mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen gelegt werden.

Diese Fragestellung wurde an Röntgenbildern eines Patientenkollektivs von 84 Patienten die sich im Zeitraum von 2008 bis 2013 in der Unfallchirurgischen Abteilung des Eduardus Krankenhaus in Köln mit Frakturen des OSG vorstellten, untersucht.

Die präoperativen Röntgenbilder und Operationsberichte wurden verglichen. Bei 11 Patienten konnten zusätzlich präoperative CT-Aufnahmen hinzugezogen werden. So wurde nach mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen, Innenknöchelfrakturen, Frakturen des hinteren Volkmannsdreiecks und knöchernen Syndesmosenaurissen gesucht.

Bei den Innenknöchelfrakturen und Frakturen des hinteren Volkmannsdreiecks konnten keine großen Differenzen der beiden bildgebenden Verfahren festgestellt werden. Die mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen und knöchernen Syndesmosenaurisse zeigten große Unterschiede. Hier wurde von 20 intraoperativ dokumentierten Mehrfragmentfrakturen keine auf dem konventionellen Röntgenbild identifiziert, so dass eine Sensitivität von 0 % berechnet wurde. Im Vergleich hierzu erreichte die CT eine Sensitivität von 100% und ist somit für die Detektion von mehrfragmentären Frakturen deutlich geeigneter. Insbesondere die Ergebnisse der mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen unterstützen die Hypothese, dass diese Frakturform auf dem Röntgenbild nicht erkannt wird.

Dies stellt besonders für das Abrechnungssystem DRG ein großes Problem dar. Hier werden die schriftlichen Röntgen- und CT-Befunde als Grundlage für die

Einstufung in die DRG's („diagnosis-related groups“) genommen. Liegen nur konventionelle Röntgenbilder vor, so können die mehrfragmentären Frakturen nicht erkannt werden und es erfolgt bei der Überprüfung durch den MDK eine Rückstufung in eine DRG mit einer niedrigeren Bewertungsrelation. Dadurch erhält das Krankenhaus von der Krankenkasse eine geringere Fallpauschale, als sie eigentlich für diese Fraktur bekommen würde. Für das vorliegende Patientengut des Eduardus Krankenhaus würde diese Rückstufung ein Verlust von 15.657,90 Euro bedeuten.

Diese Arbeit hat gezeigt, dass die konventionellen Röntgenbilder zur Beantwortung der Frage, ob eine mehrfragmentäre Fraktursituation vorliegt, völlig irrelevant sind. Eine mehrfragmentäre Frakturform des Außenknöchels kann im konventionellen Röntgenbild nicht festgestellt werden.

Die Computertomographie zeigte hier gute Ergebnisse im Erkennen dieser Frakturform. Insofern ist es von großer Bedeutung, eine mehrfragmentäre Frakturform im Operationsbericht zu dokumentieren. Die Operationsberichte sollten somit als Grundlage für die Einstufung in eine DRG und für die Prüfung durch den MDK dienen, damit die Kliniken die ihr zustehenden Erlöse erzielen kann.

6 Anhang

6.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Der laterale Bandapparat eines rechten Fußes	3
Abbildung 2:	Artikulierende Skelettelemente des oberen Sprunggelenkes	3
Abbildung 3:	Klassifikation nach Danis und Weber	6
Abbildung 4:	AO-Klassifikation der Malleolarfrakturen	8
Abbildung 5:	Fußstellungen	10
Abbildung 6:	Hinteres Volkmandreieck in rot (Ansicht von oben auf das obere Sprunggelenk)	13
Abbildung 7:	Seitliche Röntgenaufnahme des oberen Sprunggelenkes	15
Abbildung 8:	Oberes Sprunggelenk im a.p.-Strahlengang mit 20° Innenrotation	16
Abbildung 9:	Oberes Sprunggelenk im a.p.-Strahlengang zur Beurteilung der korrekten Stellung der Malleolengabel	17
Abbildung 10:	Plattenosteosynthese	20
Abbildung 11:	Plattenosteosynthese mit Zugschraube und Stellschraube	21
Abbildung 12:	Zuggurtung mit Kirschnerdraht am Malleolus medialis	22
Abbildung 13:	Versorgung mittels Schraube bei Fraktur des hinteren Volkmandreiecks	23
Abbildung 14:	Erläuterung der DRG-Zusammensetzung	25
Abbildung 15:	Alter in Jahren bei Frakturbehandlung	30
Abbildung 16:	Alter bei Frakturbehandlung in Abhängigkeit vom Geschlecht	31
Abbildung 17:	Häufigkeiten der Verletzungsmuster im Operationsbericht	37

Abbildung 18:	Häufigkeiten der Verletzungen auf dem Röntgenbild	39
Abbildung 19:	Verletzungsmuster im Vergleich Operationsberichte mit Röntgen	40
Abbildung 20:	Häufigkeiten der Verletzungen im CT	42
Abbildung 21:	Verletzungsmuster im Vergleich Operationsberichte mit CT	43
Abbildung 22:	Vergleich Sensitivitäten Röntgen und CT	57
Abbildung 23:	Vergleich Spezifitäten Röntgen und CT	58
Abbildung 24:	Vergleich Genauigkeit Röntgen und CT	59

6.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Genetische Einteilung der Sprunggelenksfrakturen nach Lauge-Hansen	9
Tab. 2:	Fallpauschalenkatalog 2014	26
Tab. 3:	Einschlusskriterien der Untersuchung	29
Tab. 4:	Beispiel Kreuztabelle	33
Tab. 5:	Fallpauschalenkatalog 2014	35
Tab. 6:	Kreuztabelle der einfachen Außenknöchelfrakturen; Vergleich Röntgenbefund und intraoperativer Befunde	45
Tab. 7:	Statistische Auswertung der einfachen Außenknöchelfrakturen im Röntgen	45
Tab. 8:	Kreuztabelle der mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen; Vergleich Röntgenbefund und intraoperativer Befund	46
Tab. 9:	Statistische Auswertung der mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen im Röntgen	46

Tab. 10:	Kreuztabelle der Innenknöchelfrakturen; Vergleich Röntgenbefund und intraoperativer Befund	47
Tab. 11:	Statistische Auswertung der Innenknöchelfrakturen im Röntgen	47
Tab. 12:	Kreuztabelle der Frakturen des hinteren Volkmann-Dreiecks; Vergleich Röntgenbefund und intraoperativer Befund	48
Tab. 13:	Statistische Auswertung der Frakturen des hinteren Volkmann-Dreiecks im Röntgen	48
Tab. 14:	Kreuztabelle der knöchernen Syndesmosenaurisse; Vergleich Röntgenbefund und intraoperativer Befund	49
Tab. 15:	Statistische Auswertung der knöchernen Syndesmosenaurisse im Röntgen	49
Tab. 16:	Überblick der statistischen Auswertung des Röntgenbildes in Prozent	50
Tab. 17:	Kreuztabelle der einfachen Außenknöchelfrakturen; Vergleich CT und intraoperativer Befund	51
Tab. 18:	Statistische Auswertung der einfachen Außenknöchelfrakturen im CT	51
Tab. 19:	Kreuztabelle der mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen; Vergleich CT und intraoperativer Befund	52
Tab. 20:	Statistische Auswertung der mehrfragmentären Außenknöchelfrakturen im CT	52
Tab. 21:	Kreuztabelle der Innenknöchelfrakturen; Vergleich CT und Intraoperativer Befund	52
Tab. 22:	Statistische Auswertung der Innenknöchelfrakturen im CT	53
Tab. 23:	Kreuztabelle der Frakturen des hinteren Volkmann-Dreiecks; Vergleich CT und intraoperativer Befund	54
Tab. 24:	Statistische Auswertung der Frakturen des hinteren Volkmann-Dreiecks im CT	54
Tab. 25:	Kreuztabelle der knöchernen Syndesmosenaurisse;	55

	Vergleich CT und intraoperativer Befund				
Tab. 26:	Statistische	Auswertung	der	knöchernen	55
	Syndesmosenaufrisse im CT				
Tab. 27:	Überblick der statistischen Auswertung des CTs in Prozent				56
Tab. 28:	Vergleich Röntgen und CT				60

6.3 Literaturverzeichnis

1. Sportverletzungen und Überlastungsprobleme: Diagnostik, Klassifikation, in Fuß & Sprunggelenk und Sport, V. Valderrabano, M. Engelhardt, and H. Küster, Editors. 2009, Deutscher Ärzte-Verlag: Köln. p. 146.
2. Ahrens, U., W. Bocking, and W. Kirch, [DRG Introduction in Germany. Options for action of hospitals]. Med Klin (Munich), 2005. 100(1): p. 26-31.
3. Al-Nammari, S.S., et al., Fragility fractures of the ankle in the frail elderly patient: treatment with a long calcaneotalotibial nail. Bone Joint J, 2014. 96-B(6): p. 817-22.
4. Bachmann. Ottawa ankle rules. Fortbildungen für orthopädische Medizin und manuelle Therapie 2003 01.09.2014; Available from: <http://www.fomt.info/Fragebogen/Ottawa-Ankle-Rules.pdf>.
5. Baker, J.R., et al., Bivalved fiberglass cast compared with plaster splint immobilization for initial management of ankle fracture-dislocations: a treatment algorithm. Foot Ankle Spec, 2012. 5(3): p. 160-7.
6. Barbosa, P., et al. Malleoli: Basic treatment techniques. AO Trauma Surgery Reference 2014 05.12.2014]; Available from: https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKlvEocDQnTr8BDuBoQEi_I35Uek5-EtCp4c76UY7uaTmFjiBDHfOSjC3S9aOKUtNSi1KL9DLyi0v0I8rLy430EvPT8kvzUsBe1MsvStcvyA2NqPlsdgQA4wywqA!/d15/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmlF_L1o2XzJPMDDBHSMwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwMFE1/?approach=&bone=Tibia&classification=&implantstype=&method=&redfix_url=&segment=Malleoli&showPage=redfix&treatment=.
7. Bartonicek, J., et al., Anatomy and classification of the posterior tibial fragment in ankle fractures. Arch Orthop Trauma Surg, 2015. 135(4): p. 505-16.
8. Beauchamp, C.G., N.R. Clay, and P.W. Thexton, Displaced ankle fractures in patients over 50 years of age. J Bone Joint Surg Br, 1983. 65(3): p. 329-32.

9. Bengner, U., O. Johnell, and I. Redlund-Johnell, Epidemiology of ankle fracture 1950 and 1980. Increasing incidence in elderly women. *Acta Orthop Scand*, 1986. 57(1): p. 35-7.
10. Benninghoff, D. Drenckhahn, and J. Waschke, Oberes Sprunggelenk, Art. talocruralis, in *Taschenbuch Anatomie*, D. Drenckhahn and J. Waschke, Editors. 2008, Elsevier: München. p. 91.
11. Berkes, M.B., et al., Articular congruity is associated with short-term clinical outcomes of operatively treated SER IV ankle fractures. *J Bone Joint Surg Am*, 2013. 95(19): p. 1769-75.
12. Beumer, A., et al., Radiographic measurement of the distal tibiofibular syndesmosis has limited use. *Clin Orthop Relat Res*, 2004(423): p. 227-34.
13. Bibbo, C., et al., Complications of ankle fractures in diabetic patients. *Orthop Clin North Am*, 2001. 32(1): p. 113-33.
14. Biswas, D., et al., Radiation exposure from musculoskeletal computerized tomographic scans. *J Bone Joint Surg Am*, 2009. 91(8): p. 1882-9.
15. Black, E.M., et al., Role of preoperative computed tomography scans in operative planning for malleolar ankle fractures. *Foot Ankle Int*, 2013. 34(5): p. 697-704.
16. Bommas-Ebert, U., P. Teubner, and R. Voß, Die Gelenke: Die Sprunggelenke, in *Kurzlehrbuch Anatomie und Embryologie*. 2005, Thieme: Stuttgart. p. 238.
17. Brage, M.E., et al., Observer reliability in ankle radiographic measurements. *Foot Ankle Int*, 1997. 18(6): p. 324-9.
18. Brage, M.E., et al., Ankle fracture classification: a comparison of reliability of three X-ray views versus two. *Foot Ankle Int*, 1998. 19(8): p. 555-62.
19. Breitenseher, M.J., Akutes Trauma des Sprunggelenks. *Der Radiologe*, 1999. 39(1): p. 16-24.

20. Breitensteher, M.J., P. Pokieser, and G. Lechner, Knochen und Gelenke, in Lehrbuch der klinisch-radiologischen Diagnostik, M.J. Breitensteher, Editor. 2012, Breitensteher Publisher.
21. Broos, P.L. and A.P. Bisschop, Operative treatment of ankle fractures in adults: correlation between types of fracture and final results. *Injury*, 1991. 22(5): p. 403-6.
22. Buchler, L., et al., Reliability of radiologic assessment of the fracture anatomy at the posterior tibial plafond in malleolar fractures. *J Orthop Trauma*, 2009. 23(3): p. 208-12.
23. Bugler, K.E., et al., Open ankle fractures: who gets them and why? *Arch Orthop Trauma Surg*, 2015. 135(3): p. 297-303.
24. Bühren, V., M. Keel, and I. Marzi, Sprunggelenke und Fuß: Malleolarfraktur, in Checkliste Traumatologie, V. Bühren, M. Keel, and I. Marzi, Editors. 2012, Thieme: Stuttgart. p. 393.
25. Burkhardt, M., et al., [New possibilities in fracture visualization by means of CT: reconstructions, 3D plannings--difficult joint fractures--modern management--improved visualization and operative planning in joint fractures]. *Zentralbl Chir*, 2003. 128(1): p. 34-9.
26. Chan, P.S., et al., Impact of CT scan on treatment plan and fracture classification of tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*, 1997. 11(7): p. 484-9.
27. Chen, D.W., et al., AO and Lauge-Hansen classification systems for ankle fractures. *Foot Ankle Int*, 2013. 34(12): p. 1750.
28. Chen, Y., et al., Comparison of plain radiography and CT in postoperative evaluation of ankle fractures. *Clin Radiol*, 2015. 70(8): p. e74-82.
29. Clare, M.P., A rational approach to ankle fractures. *Foot Ankle Clin*, 2008. 13(4): p. 593-610.

30. Collin, D., et al., Observer variation for radiography, computed tomography, and magnetic resonance imaging of occult hip fractures. *Acta Radiol*, 2011. 52(8): p. 871-4.
31. Coulibaly, M.O., et al., Konservative Frakturbehandlung. Oberes Sprunggelenk und Pilon tibiale. *Trauma und Berufskrankheiten*, 2011. 13(3): p. 154.
32. Dowdall, H., et al., Utilization of radiographs for the diagnosis of ankle fractures in Kingston, Ontario, Canada. *Acad Emerg Med*, 2011. 18(5): p. 555-8.
33. Drake, R.L., W. Vogl, and A.W.M. Mitchell, Untere Extremität: Knochen und Gelenke, in *Gray's Anatomy für Studenten*. 2007, Elsevier Verlag: München. p. 489-492.
34. Drakos, M.C. and C.I. Murphy, Bracing versus casting in ankle fractures. *Phys Sportsmed*, 2014. 42(4): p. 60-70.
35. Ehrenfreund, T., et al., Operative management of unstable ankle fractures in the elderly: our institutional experience. *Injury*, 2013. 44 Suppl 3: p. S20-2.
36. Elißer, L., P. Kleaeren, and F. Sendroby. Biomechanik Pronation und Supination. *Grundlagen der Biomechanik 2013*; Available from: http://wiki.ifs-tud.de/detail/biomechanik/projekte/zpronation_subination.png?id=biomechanik%3Aprojekte%3Ass2012%3Alangstrecke.
37. Endrich, B. and R. Bartkowski. DRG-Übungen: Platten, Schrauben, Drähte - Alles klar? 2010 06.09.2014; Available from: http://www.bdc.de/index_level3.jsp?documentid=99d3744162562b98c12576e8005026f8&form=Dokumente&&ExpandSection=1.
38. Feldman, F., et al., Distal tibial triplane fractures: diagnosis with CT. *Radiology*, 1987. 164(2): p. 429-35.
39. Ferries, J.S., et al., Plain radiographic interpretation in trimalleolar ankle fractures poorly assesses posterior fragment size. *J Orthop Trauma*, 1994. 8(4): p. 328-31.

40. Fick, A., Definition DRG, in DRG-Einführung im deutschen Krankenhauswesen, A. Fick, Editor. 2005, Grin: Norderstedt.
41. Fowler, J.R. and A.M. Ilyas, The accuracy of digital radiography in orthopaedic applications. *Clin Orthop Relat Res*, 2011. 469(6): p. 1781-4.
42. Friedburg, H., et al., Computed tomography in complex fractures of the ankle joint. *Der Radiologe*, 1983. 23(9): p. 421-425.
43. Gardner, M.J., et al., The ability of the Lauge-Hansen classification to predict ligament injury and mechanism in ankle fractures: an MRI study. *J Orthop Trauma*, 2006. 20(4): p. 267-72.
44. Garmer, M., et al., Digital radiography versus conventional radiography in chest imaging: diagnostic performance of a large-area silicon flat-panel detector in a clinical CT-controlled study. *AJR Am J Roentgenol*, 2000. 174(1): p. 75-80.
45. Gaus, W. and R. Muche, Zuverlässigkeit einer diagnostischen Entscheidung, in *Medizinische Statistik: Angewandte Biometrie für Ärzte und Gesundheitsberufe*, W. Gaus and R. Muche, Editors. 2014, Schattauer: Stuttgart. p. 137-139.
46. Gee, C.W., et al., Ankle fractures in the elderly: an overlooked burden. *Br J Hosp Med (Lond)*, 2015. 76(10): p. 564-9.
47. Giannini, S., et al., Ankle fractures in elderly patients. *Aging Clin Exp Res*, 2013. 25 Suppl 1: p. S77-9.
48. Gonzalez, O., J.J. Fleming, and A.J. Meyr, Radiographic assessment of posterior malleolar ankle fractures. *J Foot Ankle Surg*, 2015. 54(3): p. 365-9.
49. Goost, H., et al., Fractures of the ankle joint: investigation and treatment options. *Dtsch Arztebl Int*, 2014. 111(21): p. 377-88.

50. Greiling, M., Pauschalisierte Entgelte im Gesundheitswesen, in Schnittstellenmanagement in der intergrierten Versorgung, M. Greiling and M. Dudek, Editors. 2009, Kohlhammer: Stuttgart.
51. Handel, M., et al., Erkrankungen und Verletzungen von Sprunggelenk, Fuß und Zehen: Verletzungen von Sprunggelenk, Fuß und Zehen, in Orthopädie und Unfallchirurgie: Für Praxis, Klinik und Facharztprüfung, J. Grifka and M. Kuster, Editors. 2011, Springer: Berlin. p. 894.
52. Haraguchi, N., et al., Pathoanatomy of posterior malleolar fractures of the ankle. *J Bone Joint Surg Am*, 2006. 88(5): p. 1085-92.
53. Harper, M.C., Ankle fracture classification systems: a case for integration of the Lauge-Hansen and AO-Danis-Weber schemes. *Foot Ankle*, 1992. 13(7): p. 404-7.
54. Harper, M.C. and T.S. Keller, A radiographic evaluation of the tibiofibular syndesmosis. *Foot Ankle*, 1989. 10(3): p. 156-60.
55. Hasselman, C.T., et al., Foot and ankle fractures in elderly white women. Incidence and risk factors. *J Bone Joint Surg Am*, 2003. 85-A(5): p. 820-4.
56. Herscovici, D., Jr., J.M. Scaduto, and A. Infante, Conservative treatment of isolated fractures of the medial malleolus. *J Bone Joint Surg Br*, 2007. 89(1): p. 89-93.
57. Hilbricht, S., A.P. Schulz, and M.M. Kaiser, Oberes Sprunggelenk: Mechanismus, in Frakturen, C.M. Müller-Mai and A. Ekkernkamp, Editors. 2010, Springer: Berlin.
58. Hinds, R.M., W.H. Tran, and D.G. Lorich, Maisonneuve-hyperplantarflexion variant ankle fracture. *Orthopedics*, 2014. 37(11): p. e1040-4.
59. InEK. Fallpauschalenkatalog 2014. 2014 06.09.2014; Available from: http://www.g-drg.de/cms/G-DRG-System_2014/Fallpauschalen-Katalog/Fallpauschalen-Katalog_2014.
60. Irwin, T.A., Posterior malleolus fracture: the author replies. *J Am Acad Orthop Surg*, 2014. 22(2): p. 67.

61. Irwin, T.A., J. Lien, and A.R. Kadakia, Posterior malleolus fracture. *J Am Acad Orthop Surg*, 2013. 21(1): p. 32-40.
62. Kannus, P., et al., Increasing number and incidence of low-trauma ankle fractures in elderly people: Finnish statistics during 1970-2000 and projections for the future. *Bone*, 2002. 31(3): p. 430-3.
63. Kannus, P., et al., Stabilizing incidence of low-trauma ankle fractures in elderly people Finnish statistics in 1970-2006 and prediction for the future. *Bone*, 2008. 43(2): p. 340-2.
64. Kannus, P., et al., Epidemiology of osteoporotic ankle fractures in elderly persons in Finland. *Ann Intern Med*, 1996. 125(12): p. 975-8.
65. Kluba, T., et al., Traumatische Läsionen von Sprunggelenk und Fuß, in *Taschenlehrbuch Orthopädie und Unfallchirurgie*, N. Wülker, Editor. 2010, Thieme: Stuttgart. p. 203-204.
66. Lee, K.M., et al., Ankle fractures have features of an osteoporotic fracture. *Osteoporos Int*, 2013. 24(11): p. 2819-25.
67. Lemburg, S.P., E. Lilienthal, and C.M. Heyer, Growth plate fractures of the distal tibia: is CT imaging necessary? *Arch Orthop Trauma Surg*, 2010. 130(11): p. 1411-7.
68. Lindsjo, U., Classification of ankle fractures: the Lauge-Hansen or AO system? *Clin Orthop Relat Res*, 1985(199): p. 12-6.
69. Lindsjo, U., Operative treatment of ankle fractures. *Acta Orthop Scand Suppl*, 1981. 189: p. 1-131.
70. Liu, Z., J. Xin, and J. Liang, [Clinical features in the diagnosis and treatment of ankle fracture with Wagsaffe fragment]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 2014. 94(7): p. 529-32.
71. Lu, D.L., et al., [Value of spiral CT examination for diagnosis of occult fracture of ankle and foot]. *Zhongguo Gu Shang*, 2011. 24(6): p. 522-6.

72. Magid, D., et al., Adult ankle fractures: comparison of plain films and interactive two- and three-dimensional CT scans. *AJR Am J Roentgenol*, 1990. 154(5): p. 1017-23.
73. Makwana, N.K., et al., Conservative versus operative treatment for displaced ankle fractures in patients over 55 years of age. A prospective, randomised study. *J Bone Joint Surg Br*, 2001. 83(4): p. 525-9.
74. Mandi, D.M., Ankle fractures. *Clin Podiatr Med Surg*, 2012. 29(2): p. 155-86, vii.
75. Mattoon, J.S., Digital radiography. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 2006. 19(3): p. 123-32.
76. McDaniel, W.J. and F.C. Wilson, Trimalleolar fractures of the ankle. An end result study. *Clin Orthop Relat Res*, 1977(122): p. 37-45.
77. Meenen, M. and M. Schütz. Leitlinien der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie: Sprunggelenksfrakturen. 2008 31.08.2014; Available from: http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-003l_S1_Sprunggelenkfraktur_abgelaufen.pdf.
78. Mettler, F., Bewegungsapparat, in *Klinische Radiologie: Basiswissen für alle Fachgebiete*, F. Mettler, Editor. 2005, Elsevier: München. p. 249.
79. Michelson, J.D., Fractures about the ankle. *J Bone Joint Surg Am*, 1995. 77(1): p. 142-52.
80. Miller, W.A., Postoperative wound infection in foot and ankle surgery. *Foot Ankle*, 1983. 4(2): p. 102-4.
81. Muller-Gerbl, M., [Anatomy and biomechanics of the upper ankle joint]. *Orthopade*, 2001. 30(1): p. 3-11.
82. Mutschler, W. and H. Polzer, Sprunggelenksverletzungen, in *Chirurgie Basisweiterbildung*, Mutschler, et al., Editors. 2013, Springer: Heidelberg. p. 572-575.

83. Okanobo, H., et al., Simplified diagnostic algorithm for Lauge-Hansen classification of ankle injuries. *Radiographics*, 2012. 32(2): p. E71-84.
84. Olsen, J.R., J. Hunter, and J.F. Baumhauer, Osteoporotic ankle fractures. *Orthop Clin North Am*, 2013. 44(2): p. 225-41.
85. Ösokyay, L., G. Muhr, and F. Kutscha-Lissberg, Anerkannte Indikationen zur konservativen Frakturbehandlung: Sprunggelenk. *Trauma und Berufskrankheiten*, 2004. 6(1): p. 76.
86. Ostrum, R.F., P. De Meo, and R. Subramanian, A critical analysis of the anterior-posterior radiographic anatomy of the ankle syndesmosis. *Foot Ankle Int*, 1995. 16(3): p. 128-31.
87. Pagliaro, A.J., J.D. Michelson, and M.S. Mizel, Results of operative fixation of unstable ankle fractures in geriatric patients. *Foot Ankle Int*, 2001. 22(5): p. 399-402.
88. Palmanovich, E., et al., The effect of minimally displaced posterior malleolar fractures on decision making in minimally displaced lateral malleolus fractures. *Int Orthop*, 2014. 38(5): p. 1051-6.
89. Pichl, J. and R. Hoffmann, [Ankle fractures in the elderly]. *Unfallchirurg*, 2011. 114(8): p. 681-7.
90. Purnell, G.J., et al., Results of a computed tomography protocol evaluating distal third tibial shaft fractures to assess noncontiguous malleolar fractures. *J Trauma*, 2011. 71(1): p. 163-8.
91. Rammelt, S., M. Amlang, and H. Zwipp, Standardröntgendiagnostik an Fuß und Sprunggelenk. *Fuß und Sprunggelenk*, 2010. 8(2): p. 81-82.
92. Rammelt, S., R. Grass, and H. Zwipp, Sprunggelenkfrakturen. *Der Unfallchirurg*, 2008. 111(6): p. 421-437.
93. Rammelt, S., et al., Probleme und Kontroversen in der Behandlung von Sprunggelenkfrakturen. *Der Unfallchirurg*, 2011. 114(10): p. 847-849.

94. Rammelt, S. and H. Zwipp, Sprunggelenk und Fuß: Malleolarfrakturen, in Praxisbuch Unfallchirurgie, B. Weigel and M. Nerlich, Editors. 2011, Springer: Heidelberg. p. 699-705.
95. Reinhold, T., et al., [Health economic effects after DRG-implementation--a systematic overview]. Gesundheitswesen, 2009. 71(5): p. 306-12.
96. Richter, J., et al., [Unexpected revision procedures treating ankle fractures]. Unfallchirurg, 2012. 115(6): p. 511-7.
97. Richter, J., W. Schulze, and G. Muhr, [Stable ankle joint fractures. Indication for surgical or conservative management?]. Orthopade, 1999. 28(6): p. 493-9.
98. Rodriguez, E.K., et al., Correlation of AO and Lauge-Hansen classification systems for ankle fractures to the mechanism of injury. Foot Ankle Int, 2013. 34(11): p. 1516-20.
99. Rudroff, C., M. Schweins, and M.M. Heiss, [The quality of patient care under the German DRG system using as example the inguinal hernia repair]. Zentralbl Chir, 2008. 133(1): p. 51-4.
100. Rufflin, G., Offene Chirurgie am oberen Sprunggelenk, in Fußchirurgie in der Praxis, M. Huber, Editor. 2004, Springer: Berlin. p. 58.
101. Russo, A., et al., Ankle fracture: radiographic approach according to the Lauge-Hansen classification. Musculoskelet Surg, 2013. 97 Suppl 2: p. S155-60.
102. Salai, M., et al., The epidemic of ankle fractures in the elderly--is surgical treatment warranted? Arch Orthop Trauma Surg, 2000. 120(9): p. 511-3.
103. Saltzman, C.L., et al., Epidemiology of ankle arthritis: report of a consecutive series of 639 patients from a tertiary orthopaedic center. Iowa Orthop J, 2005. 25: p. 44-6.

104. Schünke, M., E. Schulte, and U. Schumacher, Untere Extremität, Knochen, Bänder und Gelenke, in Prometheus, Lernatlas der Anatomie. 2007, Thieme Verlag: Stuttgart.
105. Seeley, D.G., et al., Predictors of ankle and foot fractures in older women. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *J Bone Miner Res*, 1996. 11(9): p. 1347-55.
106. Senyurt, H., J. Jerosch, and J. Heisel, Operative Behandlung von Malleolarfrakturen, in Operative Therapie von Fuß und Sprunggelenk, J. Jerosch and B. Greitemann, Editors. 2009, Dt. Ärzte-Verlag: Köln. p. 309.
107. Shah, A.S., et al., Radiographic evaluation of the normal distal tibiofibular syndesmosis. *Foot Ankle Int*, 2012. 33(10): p. 870-6.
108. Shariff, S.S. and D.K. Nathwani, Lauge-Hansen classification--a literature review. *Injury*, 2006. 37(9): p. 888-90.
109. Sherman, T.I., et al., Ankle arthroscopy for ankle fractures. *Arthrosc Tech*, 2015. 4(1): p. e75-9.
110. Srinivasan, C.M. and C.G. Moran, Internal fixation of ankle fractures in the very elderly. *Injury*, 2001. 32(7): p. 559-63.
111. Tartaglione, J.P., et al., Classifications in Brief: Lauge-Hansen Classification of Ankle Fractures. *Clin Orthop Relat Res*, 2015. 473(10): p. 3323-8.
112. Tejwani, N.C., B. Pahk, and K.A. Egol, Effect of posterior malleolus fracture on outcome after unstable ankle fracture. *J Trauma*, 2010. 69(3): p. 666-9.
113. Thomas, G., H. Whalley, and C. Modi, Early mobilization of operatively fixed ankle fractures: a systematic review. *Foot Ankle Int*, 2009. 30(7): p. 666-74.
114. Tornetta, P., 3rd and J. Gorup, Axial computed tomography of pilon fractures. *Clin Orthop Relat Res*, 1996(323): p. 273-6.

115. Trampisch, H.J., Wahrscheinlichkeitsbaum, in Medizinische Statistik, H.J. Trampisch and J. Windeler, Editors. 2000, Springer: Berlin. p. 140-143.
116. Tsai, C., et al., Concomitant tibial shaft and posterior malleolar fractures can be readily diagnosed from plain radiographs: A retrospective study. Journal of the Chinese Medical Association, 2013. 77(2): p. 95-100.
117. Valderrabano, V., et al., Etiology of ankle osteoarthritis. Clin Orthop Relat Res, 2009. 467(7): p. 1800-6.
118. Vetter, S. and P. Grützner, Malleolarfrakturen, in Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie, C.J. Wirth, et al., Editors. 2014, Thieme: Stuttgart. p. 840.
119. Vetter, U., Das G-DRG-System: Entwicklung eines komplexen Preissystems, in Leistungsmanagement im Krankenhaus: G-DRGs, U. Vetter and L. Hoffmann, Editors. 2005, Springer: Heidelberg.
120. Voigt, C., et al., [Value of MRI in preoperative diagnostics of proximal humeral fractures compared to CT and conventional radiography]. Unfallchirurg, 2010. 113(5): p. 378-85.
121. Wacker, F., Grundlagen der Erlösverteilung im Krankenhaus, in Kosten versus Erlösverteilung im DRG-System: Analyse-Verfahren-Praxisbeispiele, W. Zapp and J. Terbeck, Editors. 2014, Springer: Wiesbaden. p. 20.
122. Wagner, Sprunggelenk und Fuß: Technik, in Radiologische Diagnostik der Knochen und Gelenke, K. Bohndorf, H. Imhof, and K. Wörtler, Editors. 2006, Thieme: Stuttgart. p. 225-227.
123. Wagner, S., et al., Diagnosis of osteoporosis: visual assessment on conventional versus digital radiographs. Osteoporos Int, 2005. 16(12): p. 1815-22.
124. Wang, J., et al., [Missed diagnosis of hiding posterior marginal fracture of ankle with pronation-external rotation type and its treatment]. Zhongguo Gu Shang, 2014. 27(1): p. 71-3.

125. Weber, M., et al., The use of weightbearing radiographs to assess the stability of supination-external rotation fractures of the ankle. Arch Orthop Trauma Surg, 2010. 130(5): p. 693-8.
126. Weiß, C., Diagnostische Tests, in Basiswissen Medizinische Statistik, C. Weiß and M. Berthold, Editors. 2008, Springer: Heidelberg. p. 118-122.
127. Wichelhaus, A. and T. Mittlmeiers, OSG-Frakturen Weber-B/C: was ist Standard? OP-Journal, 2014. 30(02): p. 66-75.
128. Wurzinger, L.J., Gefäßversorgung von Unterschenkel und Fuß, in Duale Reihe: Anatomie, G. Aumüller, et al., Editors. 2014, Thime-Verlag. p. 428.
129. Wurzinger, L.J., Knochen von Unterschenkel und Fuß, in Duale Reihe Anatomie, K.B. Alexander Bob, Editor. 2014, Thieme Verlag. p. 399.
130. Zalavras, C.G., et al., Management of open fractures. Infect Dis Clin North Am, 2005. 19(4): p. 915-29.
131. Zwipp, H. and M. Amlang, [Treatment of fractures of the ankle in the elderly]. Orthopade, 2014. 43(4): p. 332-8.
132. Zwipp, H. and S. Rammelt, Frakturen und Luxationsfrakturen des oberen Sprunggelenks, in Orthopädie und orthopädische Chirurgie, C.J. Wirth, Editor. 2002, Thieme: Stuttgart. p. 540-542.

7 Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus Gründen des Datenschutzes in der elektronischen Fassung meiner Arbeit nicht veröffentlicht.