

Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie an
der Universität Tübingen

**„Auswirkung einer Beckenringfraktur auf die
Erwerbsfähigkeit“ – eine retrospektive Studie –**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Feinauer, Benjamin Philipp

2022

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professor Dr. F. Stuby

2. Berichterstatter: Professor Dr. N. Schmitz

Tag der Disputation: 12.01.2022

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	5
1 Einleitung.....	6
1.1 Polytrauma.....	6
1.2 Anatomie und Biomechanik des Beckens.....	8
1.2.1 Das knöcherne Becken	8
1.2.2 Bandapparat am knöchernen Becken	9
1.2.3 Leitungsbahnen.....	11
1.3 Die Beckenfraktur	12
1.3.1 Die AO-Klassifikation.....	12
1.3.2 OTA-Klassifikation.....	16
1.3.3 Sakrum-Fraktur	16
1.3.4 Häufige Begleit- und Folgeverletzungen	17
1.4 Diagnostik	22
1.4.1 Klinische Untersuchung.....	22
1.4.2 Röntgen.....	23
1.4.3 Computertomographie.....	24
1.4.4 Sonographie	25
1.4.5 Angiographie	26
1.5 Therapie.....	28
1.5.1 Stabiler Beckenring	28
1.5.2 Partiiell instabiler Beckenring	29
1.5.3 Instabiler Beckenring.....	30
1.5.4 Notfallversorgung am Becken	31
1.6 Postoperative Behandlung.....	32
1.6.1 Verlaufskontrollen.....	32
1.6.2 Komplikationen.....	33
1.7 Das perioperative Management im Rahmen des Berufsgenossenschaftlichen Heilverfahrens	33
2 Material und Methodik	36
2.1 Studiendesign und Ethikvotum.....	36

2.2	Statistische Auswertung.....	38
2.2.1	Einteilungen und Erklärungen	38
2.2.2	Erklärung von Fachbegriffen in der Statistik.....	39
2.2.3	Statistische Tests	40
3	Ergebnisse.....	41
3.1	Geschlechter- und Altersverteilung	41
3.2	Dauer der Arbeitsunfähigkeit.....	44
3.3	Minderung der Erwerbsfähigkeit	49
3.4	Auswirkungen von Begleitverletzungen	58
3.5	Rückkehr in die zuvor ausgeübte Arbeit	63
3.6	Umschulungen	67
4	Diskussion.....	70
4.1	Ergebnisbeurteilung	70
5	Zusammenfassung	87
6	Verzeichnisse	90
6.1	Abbildungsverzeichnis	90
6.2	Tabellenverzeichnis	91
6.3	Diagrammverzeichnis	93
6.4	Literaturverzeichnis.....	94
7	Erklärung zum Eigenanteil	105
	Danksagung.....	106
	Curriculum vitae	Fehler! Textmarke nicht definiert.

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
AU	Arbeitsunfähigkeit
BG	Berufsgenossenschaft
BGU	Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik
BV	Begleitverletzung
CCF	Comprehensive Classification of Fractures
DGOU	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
MdE	Minderung der Erwerbsfähigkeit
N.	Nervus
OTA	Orthopaedic Trauma Association
RG	Rentengutachten
V.	Vena

1 Einleitung

Nach wie vor ist die Behandlung einer Beckenfraktur komplex und komplikationsbehaftet. Um den Ansprüchen und Erwartungen an die moderne Medizin in diesem Bereich gerecht werden zu können, wurde in den letzten Jahren viel Aufwand betrieben, in Studien verschiedene diagnostische und therapeutische Maßnahmen jeweils miteinander zu vergleichen und daraus neue Erkenntnisse zu gewinnen. Diesem Zweck galt auch die Gründung der *Arbeitsgruppe Becken* (AG Becken I) der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) im Jahr 1990. Aus dieser AG und Ihren nachfolgenden Arbeitsgruppen AG II und AG III erfolgten zahlreiche nationale und internationale Publikationen zu diversen Themen bezüglich Becken- und Acetabulumverletzungen. Es sind aktuell für beide Verletzungstypen neue Leitlinien angemeldet. (awmf online, 2020) Jedoch gibt es nach wie vor in der Literatur kaum Daten zu den Auswirkungen von Beckenringfrakturen auf die Erwerbsfähigkeit. Das Hauptinteresse dieser Studie gilt daher der Frage, welche Folgen sich bezüglich der Arbeitsfähigkeit / Erwerbsfähigkeit aus den Frakturen bzw. den peripelvinen Begleitverletzungen ergeben. Die Hypothese für diese Arbeit lautet: Mit steigender Komplexität der Fraktur i.S. der AO-Klassifikation nimmt die Erwerbsminderung zu. Die Erwerbsminderung wird an der Dauer der Arbeitsunfähigkeit und der Höhe der MdE gemessen.

1.1 Polytrauma

Unter einem Polytrauma versteht man mehrere gleichzeitige Verletzungen, von denen mindestens eine, oder die Kombination mehrerer, lebensbedrohlich ist.

Die häufigste Ursache für Polytraumata sind stumpfe Gewalteinwirkungen. 60% davon sind auf Verkehrsunfälle zurückzuführen. Dabei sind Männer < 45 Jahren am häufigsten betroffen. Insgesamt gibt es in Deutschland jährlich ca. 20.000 polytraumatisierte Patienten. (Ackermann, 2012 S. 302)

Beckenringfrakturen sind insgesamt zwar eher selten (3-8% aller Frakturen), aber bei 85% aller Beckenfrakturen liegt ein Polytrauma vor welches zu einer vergleichbar hohen Letalitäts- (8%) und Mortalitätsrate (40%) führt (Schmal, et

al., 2003 S. 94) (Seiler, 1992 S. 181-184) Kommt es zusätzlich noch zu einem peripelvinen Weichteilschaden, spricht man von einem Kompletrauma des Beckens. Dieses weist eine Letalität von ca. 20% auf (Culemann, et al., 2014 S. 145-159) und ist gegenüber Beckenfrakturen ohne Weichteilschaden um das 3-fache erhöht. (Pohlemann, et al., 1998 S. 32-44) Während die Mortalität der Beckenfrakturen insgesamt abnimmt (1991: 8%; 2006: 5%) trifft dies auf Kompletraumata nicht zu. (Pohlemann, et al., 2011 S. 997-1002)

Die Beckenringfrakturen haben zwei Altersgipfel: Einmal im 2.-3. Lebensjahrzehnt (hohe Energieeinwirkung bei z.B. Verkehrsunfällen oder Sturz aus großer Höhe) und ein weiteres Mal bei >70 Jahren (v.a. Bagateltraumata bei Osteoporose). (Culemann, et al., 2014 S. 145-159)

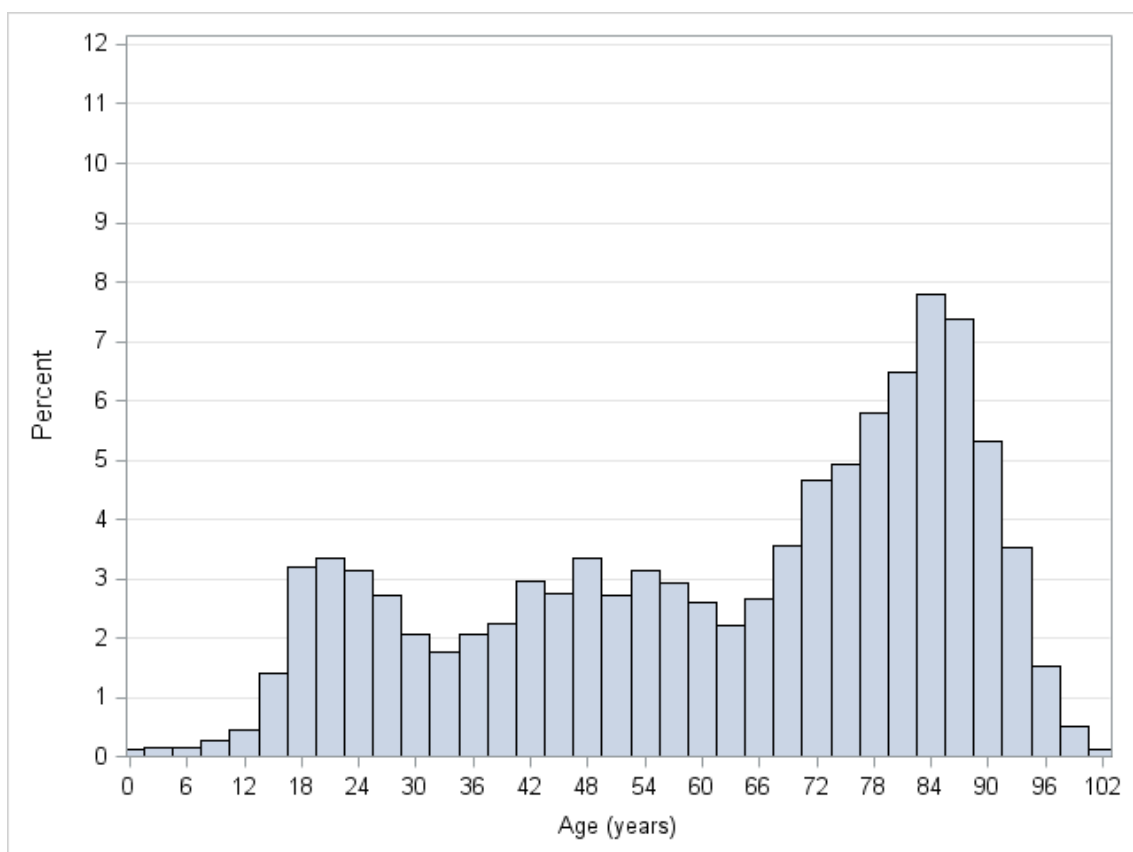


Abbildung 1: Diagramm: Häufigkeit von Beckenfrakturen abhängig vom Alter (Schäffler, et al., 2017 S. 67-71) x-Achse: Alter (Jahre): 0-102, y-Achse: Häufigkeit von Beckenfrakturen (Prozent)

1.2 Anatomie und Biomechanik des Beckens

Das Becken stellt die knöcherne Verbindung von Rumpf und Beinen dar. Das menschliche Becken ist, verglichen mit dem von Tieren, relativ groß und weist eine hohe Stabilität auf, die durch den Bandapparat und die zahlreichen Muskeln, die am Becken ansetzen, gewährleistet wird. Hauptaufgabe des knöchernen Beckens ist es, die Körperlast, die median über die Wirbelsäule übertragen wird, auf die beiden lateralen Oberschenkelknochen zu verteilen. (Lippert, 2017 S. 191-192)

1.2.1 Das knöcherne Becken

Das Becken setzt sich aus drei Knochen zusammen welche den Beckenring bilden; dem medianen Kreuzbein (Os sacrum) und den beiden lateralen Hüftbeinen (Os coxae). „Im Kreuzbein wird die Last von der Medianen in 2 laterale Teillasten aufgezeigt.“ (Lippert, 2017 S. 192)

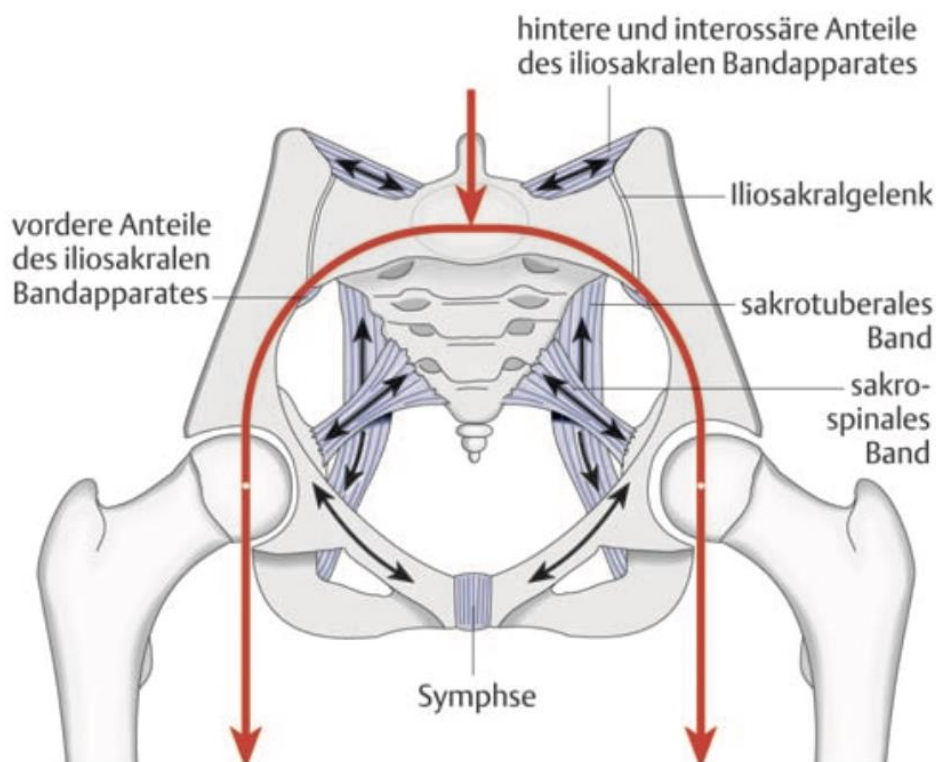


Abbildung 2: Gewölbekonstruktion des Beckens mit Vektoren der Kraftübertragung (rot), Beschriftung der wichtigen Bandstrukturen (Schmal, et al., 2003 S. 95)

Durch die „*Formung der Beckenhälften als Gewölbebogen im Rechteckprofil*“ wird eine sehr hohe Stabilität erreicht. (Schmal, et al., 2003 S. 94)

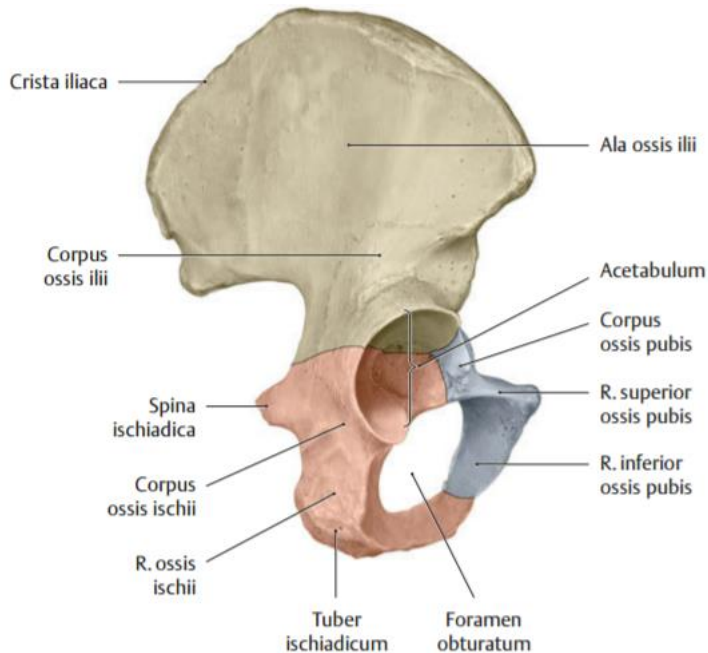


Abbildung 3: Os coxae mit Os ilium (beige), Os ischii (rot) und Os pubis (blau), Ansicht von lateral (Schünke, et al., 2014 S. 415)

1.2.2 Bandapparat am knöchernen Becken

Am Iliosakralgelenk (Articulatio sacroiliaca) findet sich ein sehr starker Bandapparat (Lig. sacroiliacum anterius, intermedium und posterius), der dem Gelenk eine nur geringe verbleibende Beweglichkeit lässt. Dementsprechend bietet der Beckenring einerseits die nötige Stabilität und kann andererseits die Wirbelsäule abfedern. Das ist wichtig, weil Stöße über das Bein durch das Becken auf die Wirbelsäule übertragen werden. Je rigider der Bandapparat ist, desto geringer die dämpfende Wirkung. So wie die meisten Gelenke, muss auch das Iliosakralgelenk hier einen Kompromiss eingehen.

Diese Eigenschaften werden verstärkt durch zwei weitere starke Bänder: Das Lig. sacrotuberale und das Lig. sacrospinale (s. Abbildung 4).

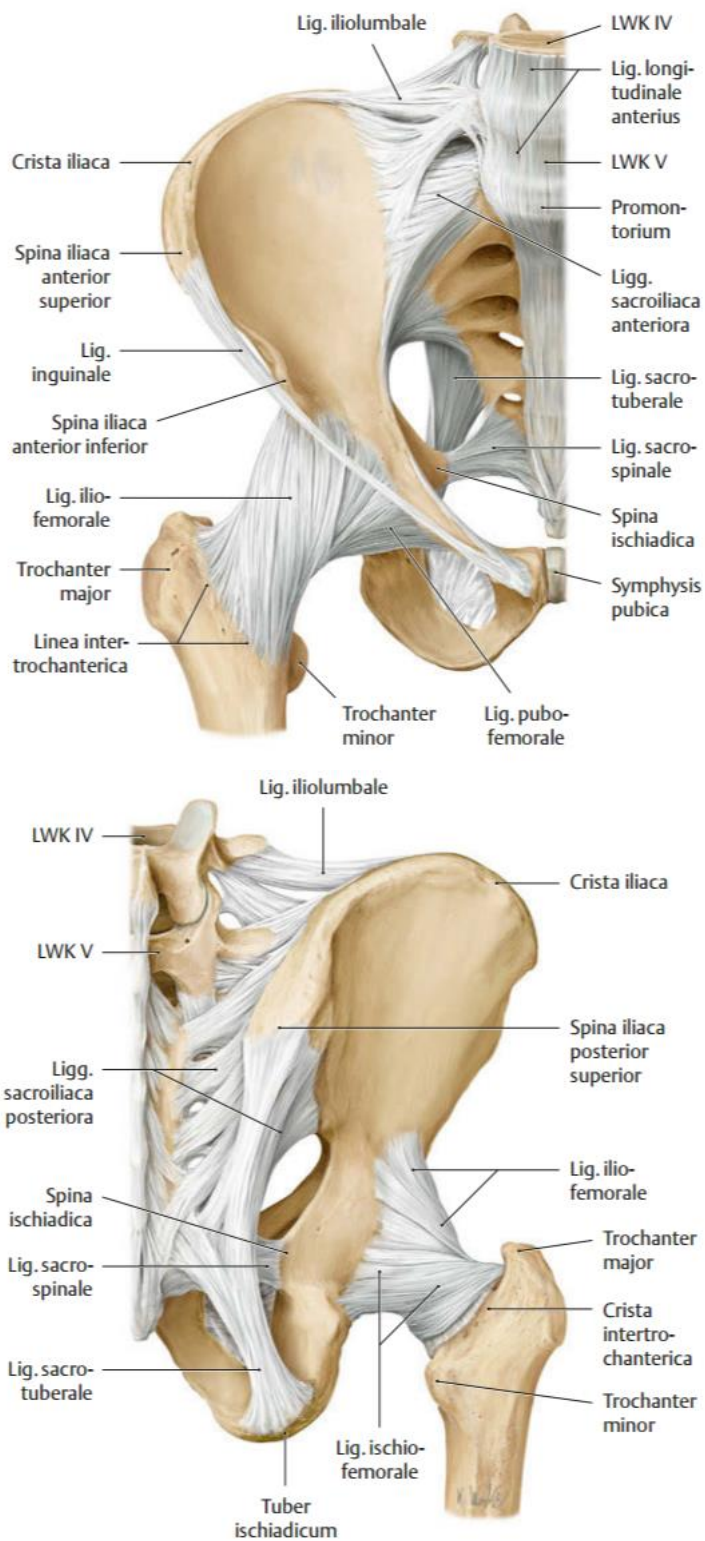


Abbildung 4: Bandstrukturen am Becken (Schünke et al., 2014 S. 430)

Die Schambeinfuge (Symphysis pubica) stellt die ventrale Verbindung der beiden Hüftbeine dar. Ihr Aufbau ist den Zwischenwirbelscheiben (Faserknorpel) sehr

ähnlich. Der Discus interpubicus ist von einem weiteren Band (Lig. pubicum) umhüllt. Die Flexibilität der Symphyse gibt dem kräftigen Beckenring die nötige Elastizität. (Lippert, 2017 S. 194-195) (Drenckhahn, et al., 2008 S. 73) (Schmal, et al., 2003 S. 94)

1.2.3 Leitungsbahnen

Das knöcherne Becken hat auch die Funktion die zahlreichen Gefäße und Nerven, die vom Rumpf zu den Extremitäten durch das Becken hindurch ziehen, zu schützen. Dieser knöcherne Schutz kann im Fall einer Fraktur nicht nur eingeschränkt, sondern Ursache ausgeprägter Nerven- oder Gefäßverletzungen sein. (Schmal, et al., 2003 S. 94)

Von kranial treten die Aorta abdominalis und die Vena cava inferior in das Becken ein. Diese teilen sich auf in die A./V. iliaca communis und wiederum in die A./V. iliaca interna und A./V. iliaca externa. Letztere ziehen als A./V. femoralis durch die Lacuna vasorum zur unteren Extremität. Aus der Vena iliaca interna wird der Plexus venosus vesicalis und der klappenlose Plexus venosus sacralis, welche bei Beckenringverletzungen stark bluten können.

Die Nerven des Beckens lassen sich als Plexus lumbalis und Plexus sacralis, bzw. als Plexus lumbosacralis, zusammenfassen.

Der Plexus lumbalis wird von den anterioren Ästen der Nervenwurzeln der Segmente L1-L3 und Anteilen von Th12 und L4 gebildet. Seine sensiblen Fasern versorgen die Haut des Unterbauches und die Genitalregion sowie motorisch die unteren Anteile der Bauchwandmuskulatur. Die wichtigsten Hauptäste sind der N. femoralis (innerviert die Streckseite der Oberschenkelmuskulatur) und der N. obturatorius (innerviert die Adduktoren).

Der Plexus sacralis wird von den anterioren Ästen der Nervenwurzeln der Segmente L5-S3 und Anteilen von L4 und S4 gebildet. Der Plexus sacralis versorgt motorisch die Gluteal- und ischiocrurale Muskulatur, sowie die dorsale Oberschenkel-, Unterschenkel- und Fußmuskulatur. Dort innerviert er auch sensibel

die Haut. Der wichtigste Vertreter ist der N. ischiadicus, der die ischiocrurale Muskulatur sowie alle Unterschenkel- und Fußmuskeln ansteuert. (Lippert, 2017 S. 463-464)

1.3 Die Beckenfraktur

1.3.1 Die AO-Klassifikation

Die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) ist eine im Jahr 1958 gegründete medizinische Stiftung, die sich der Forschung, Entwicklung, Lehre und Ausbildung im Bereich der Traumatologie widmet. Sie hat sowohl für die Klassifikation von Frakturen am menschlichen Skelett, als auch für die Behandlung von Knochenbrüchen, weltweit einheitliche Standards erarbeitet. (Matter, 1998 S. 11-18)

Eine Reihenfolge von Ziffern und Buchstaben gibt die Lokalisation und die Komplexität bzw. den Schweregrad der Fraktur an.

Die erste Ziffer gibt die Körperregion an:

- 1 = Oberarm
- 2 = Unterarm
- 3 = Oberschenkel
- 4 = Unterschenkel
- 5 = Wirbelsäule
- 6 = Becken
- 7 = Hand
- 8 = Fuß
- 9 = Schädel und Unterkiefer

Die zweite Ziffer gibt die Position innerhalb der Körperregion an:

- 1 = proximal
- 2 = diaphysär
- 3 = distal

Der Buchstabe an dritter Stelle gibt die Komplexität der Fraktur an:

A = extraartikuläre Fraktur

B = partiell intraartikuläre Fraktur

C = komplette intraartikuläre Fraktur

Die Zahl an vierter Stelle ermöglicht eine weitere Unterteilung des Schweregrades:

1 = leicht

2 = mittel

3 = schwer

Für Beckenringfrakturen hat die AO 1984 eine weitere Klassifikation (nach Penhal und Tile) erarbeitet: Abhängig von der horizontalen bzw. vertikalen Instabilität wird in Typ-A-, Typ-B- und Typ-C-Frakturen unterteilt. Diese wurde 1996 überarbeitet (CCF, Comprehensive Classification of Fractures) und baut historisch auf der Anfang der 60er-Jahre erarbeiteten Einteilung von Acetabulumfrakturen durch Judet und Letournel auf. (Culemann, et al., 2003 S. 100-104)

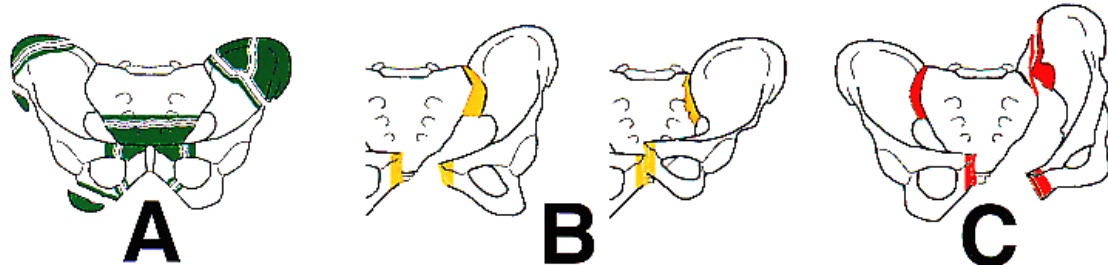


Abbildung 5: CCF-Klassifikation für Beckenringverletzungen der AO (Stöckle, 2001 S. 17)

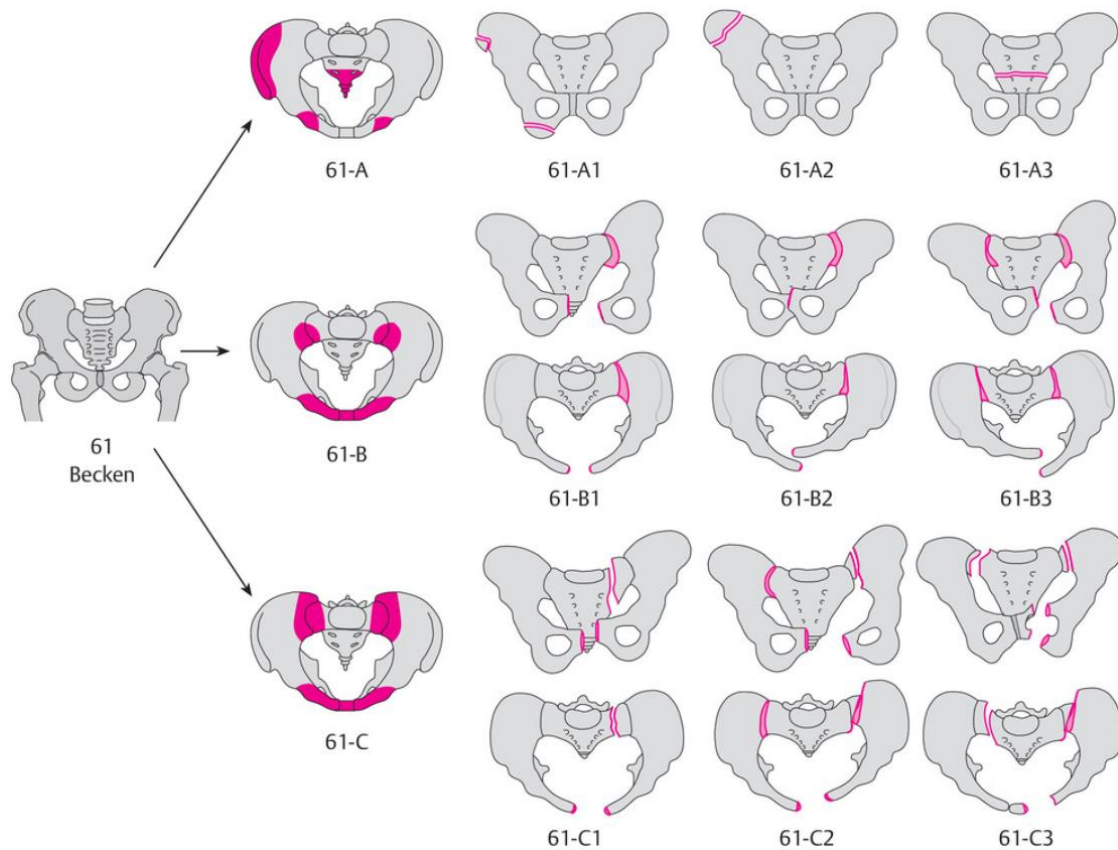


Abbildung 6: Unterklassen der Beckenringverletzungen nach AO-Klassifikation (Baierlein, 2011 S. 146)

Typ-A-Fraktur

Sie ist der häufigste der drei Frakturtypen. Dabei verliert der Beckenring nicht an Stabilität. Die Typ-A-Fraktur ist gekennzeichnet durch einen intakten hinteren Beckenring und Beckenboden. Die Kraft kann ungehindert von der Wirbelsäule auf beide Hüftgelenke übertragen werden.

- A1: Abrissfrakturen vom Beckenrand (Spina iliaca / Tuber ischiadicum)
- A2: Frakturen des Os coxae und Os pubis
- A3: Sakrumquerfrakturen

Typ-B-Fraktur

Dieser Frakturtyp ist definiert als eine teilweise erhaltene dorsale Stabilität mit horizontaler Rotationskomponente (Rotationsinstabilität). Dabei unterscheidet man zwischen einer Innenrotation um eine vertikale Achse im dorsalen Ringsegment, die durch eine laterale Kompression des Beckens entsteht und einer Auswärtsrotation um eine vertikale Achse im dorsalen Ringsegment, die durch eine

anteroposteriore Kompression des Beckens entsteht (open book-Verletzung). Die dorsale Teilstabilität wird durch den zum Teil erhaltenen Bandapparat gewährleistet.

B1: Außenrotationsverletzung mit Symphysensprengung und Zerreißung der ventralen sakroiliakalen Bänder.

B2: Innenrotationsverletzung. (laterale Kompression) Der vordere Beckenring wird durchbrochen (z.B. Fraktur des Os pubis oder Symphysensprengung). Die sakroiliacalen Bänder bleiben intakt. Das Os sacrum wird durch die Innenrotation ventral imprimiert.

B3: Bilaterale B1- oder B2- Verletzung.

Typ-C-Fraktur

Durch die Unterbrechung sowohl des vorderen als auch des hinteren Beckenrings hat der Patient eine horizontale und vertikale Instabilität. Durch die komplette Unterbrechung des hinteren Beckenrings kommt es zu einer dreidimensionalen translatorischen und rotatorischen Instabilität. (Müller-Mai, et al., 2015 S. 316)

C1: unilateral, Gegenseite stabil.

C2: unilateral, Gegenseite partiell instabil.

C3: bilateral.

Bei Typ-C-Frakturen kommt es häufig zu einer Zerreißung des Beckenbodens, des gesamten sakroiliakalen Bandkomplexes und der sakrospinösen und sakrotuberösen Bänder. (Ackermann, 2012 S. 266)

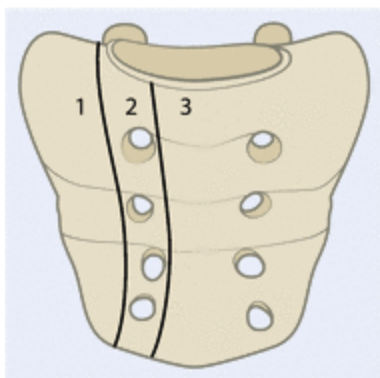
- Transsymphysäre Instabilität (Symphysensprengung)
- Transpubische Instabilität (vordere Beckenringfraktur)
- Transazetabuläre Instabilität (Azetabulumfrakturen wurden in einer Schwesterstudie getrennt untersucht)
- Transsakroiliakale Instabilität
- Transsakrale Instabilität.

1.3.2 OTA-Klassifikation

Die Klassifikation der Orthopaedic Trauma Association (OTA) unterscheidet sich nur geringfügig von der AO-Klassifikation. Während die AO für die Verletzungsuntergruppen eine Zahl verwendet (z.B. 61-C1.3.1) gebraucht die OTA einen klein geschriebenen Buchstaben (z.B. 61-C1.3.a1). Die Hauptgruppen unterscheiden sich nicht. (Stöckle, 2001 S. 20)

1.3.3 Sakrum-Fraktur

Sakrumlängsfrakturen werden nach Denis in drei (vertikale) Zonen eingeteilt. Diese Unterscheidung ist wichtig, weil die Nervenbeteiligung mit zunehmend medialer Lage der Fraktur steigt (s. unten). Zone-I-Frakturen liegen im Ala-Bereich, lateral der Foramina. Von Zone-II-Frakturen spricht man, wenn mindestens ein Foramen beteiligt ist, jedoch nicht der Zentralkanal. Bei Mitbeteiligung des Zentralkanals liegt eine Zone-III-Fraktur vor. Am geläufigsten ist die Einteilung der Sakrumfrakturen nach Denis:



Zone 1 (transalarer Verlauf):	Denis I
Zone 2 (transforaminaler Verlauf):	Denis II
Zone 3 (zentraler Verlauf):	Denis III

Abbildung 7: Frakturzonen der Sakrumfrakturen nach Denis (Dudda, et al., 2013)

Laut Pohlemann besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen Nervenschäden und der Frakturlokalisierung bei Sakrumfrakturen. Der Anteil der Nervenschäden in Zone I liegt bei 32,6%, in Zone II bei 42,9% und in Zone III bei 63,6%. Bilaterale Sakrumfrakturen weisen dagegen noch höhere Raten an Nervenschäden auf. (Pohlemann, et al., 2000 S. 769-786)

1.3.4 Häufige Begleit- und Folgeverletzungen

„Komplexe Beckenfrakturen sind Verletzungen des Beckenrings, die mit zusätzlich begleitenden peripelvinen Verletzungen assoziiert sind“. (Tosounidis, et al., 2010) Die Letalität ist fast dreifach erhöht (21,3%) gegenüber einer Beckenringfraktur ohne begleitende peripelvine Verletzungen (7,2%). (Pohlemann, et al., 1996 S. 160-167) Zu den häufigen Begleitverletzungen bei Beckenringfrakturen zählen Gefäßverletzungen bzw. -rupturen, Nervenschädigungen, urogenitale Verletzungen und andere Weichteil- bzw. Organschäden.

Hauptverantwortlich für die hohe Letalität sind unkontrollierte Blutungen und septische Komplikationen. (Giannoudis, et al., 2004 S. 671-677)

Thrombosen/Embolien

Beckenfrakturen sind häufig mit thromboembolischen Komplikationen vergesellschaftet. Grund dafür ist, dass alle 3 Kriterien der Virchow-Trias erfüllt werden:

1. Endothelverletzungen durch direkte venöse Verletzungen (kommt das Blut mit subendothelialeem Gewebe in Kontakt, wird die plasmatische Gerinnungskaskade aktiviert).
2. Hämatome und Immobilisation führen zu einer venösen Stase (ist die Muskelpumpe, die das venöse Blut zurück zum Herz transportiert, nicht aktiv oder ist bei größeren Gefäßverletzungen der venöse Blutabfluss nicht mehr gewährleistet, bilden sich Blutkoagel).
3. Bei den häufig Mehrfachverletzten besteht eine allgemeine Hyperkoagulabilität (durch eine erhöhte Viskosität des Blutes bei Exsikkose und Störungen der Plasmazusammensetzung).

Die Literatur beschreibt eine Rate an tiefen Venenthrombosen bei Beckenfrakturen zwischen 10% und 50%. Gleichzeitig ist perioperativ die Gefahr für Lungenembolien erhöht. Laut Ostrowka et al. kommt es in 0,5-10% der Fälle zu symptomatischen Lungenembolien. Es gibt zwar weitere Faktoren, die zum Auftreten von thromboembolischen Ereignissen führen können (z.B. das Alter (>60 Jahre),

Nikotingenuss, Übergewicht oder ein Tumorleiden), doch primär wird das Thromboserisiko durch die Unfallverletzungen bestimmt. (Tscherne, et al., 1998) (Ostrowka, et al., 2018 S. 917-921)

Gefäßverletzungen

Vor allem in den ersten 24 posttraumatischen Stunden ist die Mortalität hoch. Dabei geht die Todesursache meistens auf hämorrhagische Komplikationen zurück. (Wang, et al., 2016)

Bis heute ist es eine große Herausforderung diesen Zeitraum zu überbrücken. Die Hauptblutungsquelle ist der Sakralvenenplexus. Je nach Lokalisation der Frakturen und ob ein stumpfes Bauchtrauma vorliegt können zahlreiche andere arterielle, venöse oder spongiöse Blutungen vorliegen. Durch die Analyse von CT-Bilder konnte eine direkte Korrelation der Blutmenge mit der Mortalität festgestellt werden. (Veith, et al., 2016)

Bei Beckenringverletzungen kommt es im Mittel zu 2,5 Liter Blutverlust (das Retroperitoneum kann bis zu 6 Liter Blut aufnehmen) und ca. 50% der akut lebensbedrohlichen Blutungen enden letal. (Lippert, 2017 S. 191-192)

Bei instabilen Beckenringfrakturen waren in einer Studie von Westhoff et al. (Westhoff, et al., 2008) ausschließlich Äste der A. iliaca interna verantwortlich für arterielle Blutungen.

Urogenitale Verletzungen

Barratt et al. beschreiben 1,6-25% urethrale Verletzungen die mit Beckenfrakturen assoziiert sind. (Barratt, et al., 2018 S. 29-62) Unter instabilen Beckenringverletzungen kamen Giannoudis et al. auf einen Patientenanteil von 33,3% urogenitaler Begleitverletzungen. (Giannoudis, et al., 2004) Battaloglu et al. beschreiben, dass Urethraverletzungen v.a. mit instabilen Beckenverletzungen einhergehen. Allerdings konnte keine Verbindung zu einem spezifischen Frakturtyp hergestellt werden. (Battaloglu, et al., 2019 S. 1053-1057)

Bei voller Blase kann ein stumpfes Bauchtrauma dazu führen, dass die Blasenwand rupturiert – in diesem Fall meist nach intraperitoneal. Das kann schnell zu

einem akuten Abdomen führen. Extraperitoneale Blasenrupturen werden eher durch starke knöcherne Verschiebungen des Beckenrings oder durch Knochensplitter verursacht und sind fast ausschließlich mit Beckenfrakturen assoziiert. (Elkbuli, et al., 2019 S. 160-163)(Guttman, et al., 2013 S. 239-246)

Harnröhrenabrisse gehören zu den schwerwiegendsten Verletzungen des Urogenitalsystems. Folgen können Impotenz, Inkontinenz, Strikturen sowie Fistel- und Abszessbildungen sein. Außerdem kann es zu einem Harnverhalt kommen. (Barratt, et al., 2018 S. 29-62) (Bensalah, et al., 2006 S. 309-316) (Johnsen, et al., 2018 S. 114-123)

Die häufigste Lokalisation einer Urethraruptur ist im Bereich der posterioren Urethra, wo diese über das Lig. Puboprostaticum und den Beckenboden mit dem knöchernen Becken verbunden ist. (Velarde-Ramos, et al., 2016)

Nervenverletzungen

Im Rahmen einer Studie aus dem Jahr 2000 wurde an 126 Patienten untersucht, welche und wie häufig Begleitverletzungen beim schweren Beckentrauma vorkommen. Nervenverletzungen kamen nach Verletzungen intraabdomineller Organe und des Urogenitaltrakts an dritter Stelle (mit 25,6%). Bei instabilen Beckenfrakturen steigt diese Rate sogar auf 50%. Dabei kam es zu folgenden Störungen: neurologische Ausfälle peripherer Nerven an der unteren Extremität, motorische und sensible Störungen des N. ischiadicus sowie Hypästhesien im Versorgungsgebiet des N. cutaneus femoris lateralis und des N. pudendus. Ursächlich sind v.a. direkter Druck dislozierter Knochenfragmente, Einklemmungen oder Überdehnungen bei großer Gewalteinwirkung. Da neurologische Begleitverletzungen immer zu einer Verschlechterung des klinischen Outcomes führen, ist eine frühe neurologische Untersuchung (inkl. Digital-Rektale-Untersuchung des Sphinktertonus) wichtig. (Siegmeht, et al., 2000 S. 572-581)

Organverletzungen

Bei der Prognose schwerer Beckenverletzungen spielen die peripelvinen Begleitverletzungen eine entscheidende Rolle. Siegmeth et al. haben 126 Patienten mit schwerem Beckentrauma auf die peripelvinen Begleitverletzungen untersucht.

Letztere traten bei 39 (31%) Patienten auf. Am häufigsten waren Verletzungen intraabdomineller Organe (58,9%) gefolgt von urogenitalen Verletzungen (46,6%), Verletzungen pelviner Nerven (25,6%) und Gefäßverletzungen (15,3%). (Siegmeier, et al., 2000 S. 572-581)

Milz

Statistisch kommt es bei einem stumpfen Bauchtrauma in 60% der Fälle zu einer Beteiligung der Milz. Vor allem bei polytraumatisierten Patienten ist es wichtig, dass eine Milzruptur nicht übersehen wird.

Das Milzparenchym ist sehr stark durchblutet. Kommt es lediglich zu einem Kapsleinriss kann zunächst eine stationäre Überwachung mit regelmäßigen sonographischen Kontrollen erfolgen. Ist auch das Parenchym betroffen, kann, abhängig von der Kreislaufstabilität, eine selektive Angioembolisation oder eine operative Blutstillung erfolgen. Dabei kann der Versuch einer lokalen Blutstillung durch Naht, Koagulation oder Netzkompression erfolgen. Die American Association for the Surgery of Trauma (AAST) hat eine Klassifikation erstellt, die die Milzverletzung in 5 Grade einteilt. Eine AWMF-S3-Leitlinie bezieht sich auf diese Klassifikation. Bei tiefem Parenchymeinriss ist eine Teil- bzw. Segmentresektion oder eine Splenektomie notwendig. Kommt es zu einer subkapsulären Blutung ohne Kapselriss, kann es durch den Überdruck oder ein Bagateltrauma zu einer Blutung nach symptomfreiem Intervall kommen. In diesem Fall spricht man von einer zweizeitigen Milzruptur. Die Letalität bei einer nicht-elektiven Splenektomie beträgt 10-15%. Die wichtigste Komplikation stellt die fulminante bakterielle Sepsis dar (OPSI, overwhelming post splenectomy infection). (Ackermann, 2012 S. 151-153) (Weitzel, et al., 2018 S. 1-14)

Leber

Die Leber ist ein sehr gut durchblutetes Organ. So fließen 25% des Herzzeitvolumens (etwa 1,5 l/min) durch die Leber. Deshalb kann es bei einem stumpfen Bauchtrauma im Rahmen eines Polytraumas zu massiven Blutverlusten kommen. In dem Patientenkollektiv einer Studie von Afifi et al. in Qatar im Jahr 2018 waren 38% der Patienten mit stumpfem Bauchtrauma von einer Leberverletzung

betroffen von denen 23% einer Notoperation unterzogen werden mussten. (Afifi, et al., 2018 S. 42) Die Leber besteht aus 4 Leberlappen und kann deshalb auch entlang dieser Grenzen teilreseziert werden (Hemihepatektomie). (Lippert, 2017 S. 314-315) An der Leber gibt es zwei verschiedene Resektionsverfahren: bei der kurativen Teilresektion bei Malignom orientiert man sich an dem segmentalen Aufbau der Leber. Bei schweren Leberverletzungen kann eine sogenannte nicht-anatomische Resektion durchgeführt werden. (Ackermann, 2012 S. 139)

Niere

Eine ältere Studie aus dem Jahr 1998 ergab eine Verletzungsrate der Nieren im Rahmen eines komplexen Beckentraumas von 9%. (Pajenda, et al., 1998 S. 834-840) Damit gehören sie eher zu den seltenen Komplikationen. Ein präklinischer Hinweis auf eine Nierenverletzung kann eine Makrohämaturie sein. Zur Diagnostik wird im Schockraum eine Abdomensonografie (s.u.) durchgeführt wo freie Flüssigkeit ein Hinweis auf die Verletzung innerer Organe gibt. In diesem Fall sollte dies mit erweiterter Diagnostik (z.B. Computertomografie) abgeklärt werden. (Bouillon, 2016 S. 176-177) Zur Beurteilung des Schweregrades der Nierenverletzung gibt es eine Einteilung der AAST (s.o.). Davon abhängig kann eine konservative Therapie bis hin zur explorativen Laparotomie mit der Möglichkeit einer Nephrektomie eingeleitet werden. (Ballon-Landa, et al., 2019 S. 994-1000)

Darm

Über die Häufigkeit von Darmverletzungen bei Beckenringfrakturen gibt es wenige Daten in der Literatur. Eine Studie aus dem Jahr 1991 hat die Häufigkeit von Organverletzungen bei Beckenfrakturen untersucht. Ein Einriss des Mesenteriums wurde in 7,4% und ein Einriss der Serosa des Colon sigmoideum in nur 1% der Fälle beobachtet. Somit sind Darmverletzungen als Begleitverletzung bei Beckenringfrakturen eher selten. Die Prognose ist abhängig von damit verbundenen intraabdominellen oder retroperitonealen Einblutungen. In den meisten Fällen ist als therapeutische Maßnahme eine Laparotomie notwendig. (Rieger, et al., 1991 S. 110-115)

1.4 Diagnostik

1.4.1 Klinische Untersuchung

Bei Verdacht auf eine Beckenringverletzung ist die klinische Prüfung auf Instabilität die erste diagnostische Maßnahme. Dabei wird jeweils mit einer Hand die Spina iliaca anterior superior gegen die Unterlage gedrückt (s. Abbildung 8). Ein federnder Widerstand deutet auf eine Instabilität hin. Diese Untersuchung kann jedoch zu einer Verstärkung der Blutung führen, weil bei dem Auseinanderdrängen des vorderen Beckenrings tamponierende Effekte des dorsalen Beckenrings abgeschwächt oder aufgehoben werden können. Deshalb sollte diese Untersuchung nur einmal von einem erfahrenen Untersucher im Schockraum durchgeführt werden. (Niethard, et al., 2014 S. 517-518)



Abbildung 8: Untersuchung der Beckenstabilität durch beidseitigen Druck auf die Spina iliaca anterior superior (Grüneweller, et al., 2017 S. 19)

Am Unfallort wird heute empfohlen „bei entsprechender Unfallkinematik großzügig eine nicht invasive, externe Stabilisierung vorzunehmen“. (Schweigkofler, et al., 2016 S. 470-476)

Beckenringfrakturen kommen vermehrt im Rahmen von Hochrasanztraumata bzw. Polytraumata vor. Dadurch ist auch der Weichteilschaden oft erheblich. Da das Becken ein großvolumiger Organbereich darstellt, kann schnell ein Befund übersehen werden.

1.4.2 Röntgen

Die Basisaufnahme ist die Beckenübersichtsaufnahme im a.-p. Strahlengang. Diese kann durch die Inlet- (von 40° cranio-caudal) und Outlet-Aufnahme (40° caudo-cranial) ergänzt werden. Vorteil der Inletaufnahme ist, dass ventrale und dorsale Dislokationen besser erkannt werden. Die Outletaufnahme zeigt übersichtlich das Foramen obturatum, den unteren Teil des Os pubis sowie das Os ischii. (Galanski, et al., 1999 S. 251-252)

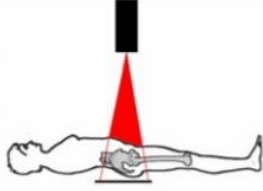

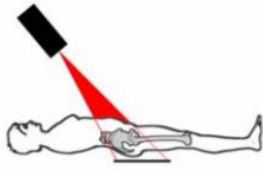
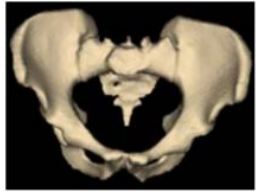
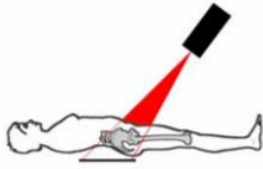
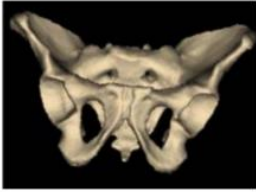
<p>Beckenübersicht senkrecht zur Liegefläche Beckenübersichtsaufnahme</p>		
<p>Inlet senkrecht zur Beckeneingangsebene Darstellung horizontaler Verschiebungen</p>		
<p>Outlet senkrecht zur Achse des Os sacrum Darstellung vertikaler Verschiebungen und des Frakturverlaufes im Sakrum</p>		

Abbildung 9: Standard-Röntgenaufnahmen bei Beckenringverletzungen (Stöckle, 2001 S. 16)

Alle drei Aufnahmen zusammen haben eine Sensitivität von 94%. Jedoch v.a. im Bereich des hinteren Beckenkamms können Frakturen ohne starke Dislokation übersehen werden. (Berg, et al., 1996 S. 994-998) Neuere Studien ergaben eine hohe Fehleinschätzungsquote am hinteren Beckenring von bis zu 70%. (Rademacher, 2012 S. 118-124) Bei den Sakrum-Frakturen sind es > 50% der nicht-dislozierten Frakturen, die erst in der Computertomographie erkannt werden. (Müller-Mai, et al., 2015 S. 315)

Neuere Untersuchungen haben ergeben, dass die Winkel der herkömmlichen Inlet- und Outlet-Aufnahmen aufgrund starker individueller Variationen in der Bevölkerung geändert werden müssten. (Karkhur, et al., 2018 S. 334-337)

Außerdem gibt es bereits die Möglichkeit aus einem CT-Datensatz virtuelle Röntgenbilder zu rekonstruieren. Durch diese Technik könnten die konventionellen Inlet- und Outlet-Aufnahmen bald obsolet sein. Der Vorteil der virtuellen Inlet- und Outlet-Aufnahmen sind weniger Strahlenbelastung, reduzierte Kosten sowie eine Reduktion von Wiederholungen der Aufnahmen um adäquate Ergebnisse zu erreichen. (Pekmezci, et al., 2013 S. 1510-1515)

Ein hohes Blutungsrisiko konnte allein durch den Dislokationsgrad am vorderen Beckenring im konventionellen Röntgen gut vorgesagt werden. (Tanizaki, et al., 2018 S. 2172-2176)

Bereits 1993 wurde häufig das konventionelle Röntgen durch die detailreichere Schnittbildgebung ergänzt. (Braunschweig, et al., 1993 S. 8-12)

In den letzten Jahren wurde die Computertomographie zunehmend zur Standarddiagnostik bei Beckenringfrakturen. 2012 wurde z.B. die Überlegenheit der Schnittbildgebung gegenüber dem Röntgen bei Patienten ab 65 Jahren nach Beckenringfrakturen nachgewiesen. (Böhme, et al., 2012 S. 477-483)

Der Vergleich zwischen 3D-Rekonstruktionen von Computertomographien und Röntgenbildern zeigte, dass erstere bei der Diagnostik von Beckenfrakturen ausreichen. Der Einsatz des konventionellen Röntgen rückt bei der Diagnostik von Beckenverletzungen zunehmend in den Hintergrund. (Hutten, et al., 2017 S. 70-73)

„Die radiographische Standarddiagnostik bildet, trotz aller Einschränkungen vielerorts noch die Grundlage für die Frakturklassifikation. Im postoperativen Intervall ist die Röntgendiagnostik weiterhin das wichtigste bildgebende Verfahren.“ (Rademacher, 2012 S. 118-124)

1.4.3 Computertomographie

„Die Computertomographie (CT) stellt [...] das Standardverfahren zur Detaildiagnostik [...] dar“. (Windisch, 2009 S. 18) Sie erreicht eine Sensitivität von bis zu 100%. Vor allem zur Beurteilung von Kompressionsfrakturen oder Luxationsfrakturen des Sakroiliakal-Gelenkes kann zur differenzierten Indikationsstellung und

Implantatauswahl häufig nur eine CT die nötigen Informationen liefern. Einen weiteren Vorteil bietet dieses Schnittbildverfahren durch die Möglichkeit, sekundär Schnittebenen und dreidimensionale Darstellungen zu rekonstruieren. Die CT eignet sich auch hervorragend, um Weichteilschäden und andere Begleitverletzungen darzustellen. Zum Beispiel können mittels retrograder Kontrastmittelgabe das Urogenitalsystem (eine häufige Lokalisation von Begleitverletzungen bei Beckenringfrakturen) dargestellt oder durch die digitale Subtraktionsangiographie Blutungen nachgewiesen werden. Zum besseren Vergleich postoperativ angefertigter Röntgenverlaufskontrollen können aus dem Datensatz der CT röntgenbildähnliche Projektionen errechnet werden. (Rademacher, 2012 S. 118-124) (Grieser, 2020 S. 226-246) (Bader, 2014 S. 1-28)

Beim Polytrauma ist die Computertomographie aufgrund der schnellen und detailreichen Darstellung sowohl des Knochens als auch der Weichteile mittlerweile der Goldstandard. Lediglich bei der Indikationsstellung und Durchführung gibt es noch viele Variationen. (Ernstberger, et al., 2017 S. 57-63)

Mit der Computertomographie können Beckenfrakturen – v.a. im Bereich des hinteren Beckenrings – besser identifiziert werden. Rommens et al. beschreiben sogar eine 90% höhere Präzision im Vergleich zur konventionellen Bildgebung. (Rommens, et al., 1992 S. 168-173)

1.4.4 Sonographie

Im Rahmen der Polytrauma-Diagnostik gibt es ein standardisiertes Vorgehen nach dem die Abdomensonographie eingesetzt wird. Diese wird mit FAST abgekürzt (Focused Assessment with Sonography for Trauma). Ziel der sonographischen Untersuchung ist die Befundung hinsichtlich freier Flüssigkeit (bei Beckenverletzungen häufig Einblutungen) und Verletzungen bzw. Einrissen von parenchymatösen Organen.

Vorteil dieser Methode ist die fehlende Strahlenbelastung für den Patienten und die daraus resultierende gefahrlose Wiederholbarkeit. Nachteilig ist jedoch, dass eine ordentliche Reproduzierbarkeit nur von erfahrenen Untersuchern gewähr-

leistet werden kann. Die Sonographie stellt eine orientierende Basisuntersuchung hinsichtlich der Begleitverletzungen (v.a. im Bauchraum) dar. (Braunschweig, et al., 1993 S. 9)

FAST ist ein akzeptables Mittel zur initialen Bildgebung bei hämodynamisch instabilen Patienten dessen Leistung von zwei Faktoren abhängt: dem Grad der Instabilität und der Entfernung zum CT-Gerät. Bei hohem Instabilitätsgrad kann die Sonographie wieder zu unnötigem Zeitverlust führen. (Pérez, 2017 S. 531-534)

Sogar in Fällen bei denen der Faktor Zeit keine Rolle spielt (z.B. stabiles stumpfes Bauchtrauma) ist meist eine ergänzende CT zur exakteren Einschätzung der intraabdominellen Verletzungen und Planung des weiteren Procedere notwendig. (Natarajan, et al., 2010 S. 695-700)

Bei alleiniger sonografischer Beurteilung werden häufig intraabdominelle Verletzungen übersehen. Das hat Einfluss auf die Behandlung und letztlich das Outcome des Patienten.

Die einzige sinnvolle Indikation der FAST stellt das hämodynamisch instabile stumpfe Bauchtrauma dar. Aber auch hier ist sie eher als Initialdiagnostik zu verstehen. (Miller, et al., 2003 S. 52-59)

1.4.5 Angiographie

Im Einzelfall kann – die nötige Infrastruktur vorausgesetzt – zusätzlich zur Computertomographie eine angiographische Untersuchung durchgeführt werden. Hierbei stellt heutzutage die Digitale Subtraktionsangiographie (DSA) das Standardverfahren dar. So kann auch mit geringeren Kontrastmittelmengen eine ausreichend gute Bildqualität erreicht werden. Des Weiteren wird der arterielle Zugang bevorzugt, da hierdurch auch Kontrastmittel eingespart werden kann und lebensgefährliche arterielle Blutungen ausgeschlossen werden können. Ein weiterer Vorteil der Angiographie ist die Möglichkeit der gleichzeitigen therapeutischen Intervention. (Braunschweig, et al., 1993 S. 10)

Bei arterieller Blutung kann eine angiographische Embolisation, eine Stentimplantation oder eine temporäre Ballonokklusion erfolgen. Ein alternatives, nicht-interventionelles Verfahren zur Blutstillung ist die retroperitoneale Beckentamponade. Die o.g. interventionellen Verfahren können auch in Kombination mit dem chirurgischen Verfahren eingesetzt werden. (Linsenmaier, et al., 2003 S. 1259-1263) (Mack, et al., 2008 S. 19-25)

Westhoff et al. haben von 162 Schockraumpatienten mit instabiler Beckenringfraktur (Typ-B- oder Typ-C-Verletzung) bei 21 Patienten eine arterielle Blutung mittels MSCT (Multislice-Computertomographie) nachgewiesen. Die interventionelle Notfall-embolisation zeigte eine primäre Erfolgsrate von über 90%. Das Verfahren erwies sich als schnell und effektiv und eignet sich für Patienten mit stabilen oder stabilisierbaren Kreislaufverhältnissen. Eine Voraussetzung, um das Verfahren in die frühklinische Behandlung integrieren zu können, ist eine gesicherte 24-h-Bereitschaft durch die Radiologie. (Westhoff, et al., 2008 S. 821)

In einer Studie von Osborn et al. wurde die Beckentamponade mit der Angiographie verglichen. Die Studie zeigte keine Unterlegenheit der Beckentamponade in Bezug auf die Effektivität. Auch zeitlich war die Beckentamponade deutlich überlegen. Dazu kommt, dass eine Embolisation nur bei arteriellen Blutungen angewandt werden kann. (Osborn, et al., 2009 S. 54-60)

„Voraussetzung für den Erfolg einer Beckentamponade“ ist allerdings „die primäre Stabilisierung des Beckens“. (Felix, et al., 2016 S. 173-180)

Ein Vergleich der interventionellen und chirurgischen Verfahren ist schwierig. Da nur 10% der pelvinen Blutungen arteriell sind, ist nur in diesen wenigen Fällen eine Embolisation zu erwägen. Zusätzlich kann sie „nur in speziellen Zentren mit speziell ausgebildetem Personal durchgeführt werden“. (Felix, et al., 2016 S. 173-180) Eine weitere Voraussetzung, nach der Darstellung der arteriellen Blutung im MSCT, ist die primäre Kreislaufstabilität oder ein Fortbestehen der Blutung trotz erfolgter Beckenstabilisation. Sind alle Voraussetzungen für eine interventionelle Embolisation gegeben, stellt die Angiographie ein geeignetes Mittel zur notfallmäßigen Blutstillung dar. (Felix, et al., 2016 S. 173-180)

1.5 Therapie

Grundsätzlich sollte die Therapie der Wiederherstellung der Beckenringstabilität dienen. Wichtig sind eine frühe Belastbarkeit und Mobilisation des Patienten. Abb. 11 zeigt verschiedene Therapieoptionen bei den verschiedenen Frakturklassen.

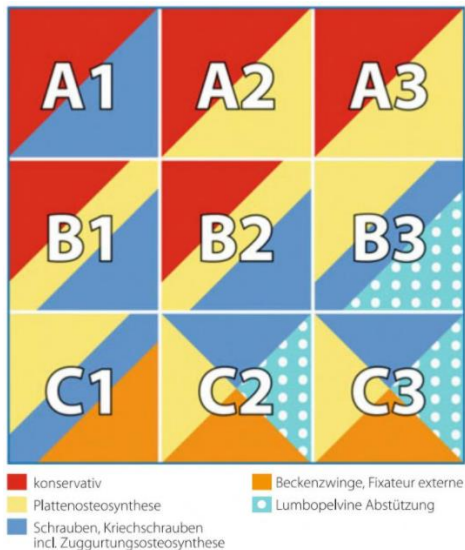


Abbildung 10: Therapieoptionen bei Beckenringfrakturen. Einteilung nach der AO-Klassifikation. (Müller-Mai, et al., 2015 S. 319)

Da die Klassifikation der Verletzung nicht automatisch Rückschlüsse auf die Versorgungsart ziehen lässt, wird in den folgenden Abschnitten auf derartige Zuordnungen verzichtet.

1.5.1 Stabiler Beckenring

Zu Beckenverletzungen mit erhaltener Stabilität des Beckenrings zählen in erster Linie Typ-A-Frakturen.

„In der Regel werden stabile Beckenringverletzungen konservativ mit kurzfristiger Bettruhe und Analgetika behandelt. [...] Bei Leistungssportlern und starker Dislokation kann eine operative Fixation mit Schrauben erwogen werden.“ (Berchtold, et al., 2008 S. 423)

Prinzipiell kann jede nicht dislozierte Fraktur konservativ behandelt werden. Da bei A-Frakturen nur selten (bei starker Dislokation) die Gefahr der Perforation

innerer Organe oder der Haut besteht, reicht in den meisten Fällen eine konservative Therapie aus. Bei zusätzlicher hämodynamischer Instabilität steht die angiographische Embolisation als Therapieoption zu Verfügung.

Mit zunehmendem Alter sinkt der funktionelle Anspruch – das kann ebenfalls zu der Entscheidung einer konservativen Therapie beitragen. Das Gegenteil ist bei Leistungssportlern der Fall (s.o.). (Müller-Mai, et al., 2015 S. 319)

1.5.2 Partiiell instabiler Beckenring

Bei den partiell (horizontal) instabilen Typ B2/B3-Frakturen gilt, dass eine Stabilisierung des vorderen Beckenrings (Plattenosteosynthese oder Fixateur externe) ausreicht. (Tosounidis, et al., 2009) Bei B1-Frakturen mit unterbrochenem vorderen Beckenring oder bei Symphysenruptur ist die Indikation zur plattenosteosynthetischen Versorgung abhängig vom Ausmaß der Diastase. Ist diese größer als 2,5 cm (bei Symphysenruptur) oder größer als 1,5 cm (bei transpubischer Fraktur) sollte eine operative Versorgung folgen. Bei Diastase unter dem o.g. Schwellenwert kann bei fehlenden weiteren Verletzungsmustern eine konservative Therapie oder eine geschlossene Reposition mit anschließender Anlage eines Fixateur externe erwogen werden (Berchtold, et al., 2008 S. 424) (Müller-Mai, et al., 2015 S. 316-323)

Der Fixateur externe kann hierbei zur definitiven Versorgung eingesetzt werden und zeigt ebenfalls gute klinische Ergebnisse (Tosounidis, et al., 2017 S. 1139-1146).

Eine andere Möglichkeit ist die Anlage eines subkutanen ventralen Fixateur interne (SVFI). Damit konnten ebenfalls gute Ergebnisse und eine niedrige Komplikationsrate erreicht werden. (Yin, et al., 2019 S. 2578) (Becker, et al., 2019 S. 38) (Müller, et al., 2013 S. 2239-2245)

Während Rommens bereits im Jahr 1992 (Rommens, et al., 1992 S. 455-462), Tscherne im Jahr 2000 (Tscherne, et al., 2000 S. 717-724) und Culemann im Jahr 2003 noch publizierten, dass für B-Frakturen eine Stabilisierung des vorde-

ren Beckenrings ausreicht und eine C-Fraktur eine kombinierte vordere und hintere Stabilisierung notwendig macht (Culemann, et al., 2003 S. 687-698), sagt eine neuere Studie von Stuby et al. (2017), dass die alleinige Versorgung des vorderen Beckenrings bei Open-Book-Frakturen (B1-Frakturen) zwar die Instabilität am Ileosakralgelenk signifikant reduziert, aber die Situation am hinteren Beckenring nicht komplett wiederherstellt. (Stuby, et al., 2017 S. 10)

Die Frage, ob eine alleinige Versorgung des vorderen Beckenrings bei der B1-Fraktur ausreicht, wird kontrovers diskutiert. Es gibt bereits einige Chirurgen die sich für die Versorgung sowohl des vorderen als auch des hinteren Beckenrings aussprechen. Aufgrund eines weiten Verletzungsspektrums innerhalb dieses Frakturtyps sind weitere Studien notwendig um die beste Methode zur operativen Versorgung der Open-book-Verletzung zu finden. (Moed, et al., 2018) *„Außenrotation und begleitende inferiore Dislokation des ipsilateralen Hemipelvis könnte ein Zeichen einer partiellen Läsion des posterioren sakroiliakalen Komplexes sein. Die Identifikation von Patienten die eine zusätzliche posteriore Stabilisierung benötigen bleibt schwierig.“* (Van Loon, et al., 2011 S. 1012-1019)

Außerdem muss bei Schambeinfrakturen darauf geachtet werden, dass eine Beteiligung des hinteren Beckenrings nicht übersehen wird. Turgut et al. (2017) berichten von einer Beteiligung des hinteren Beckenrings bei 58,1% der Patienten mit Schambeinfraktur. (Turgut, et al., 2017 S. 574-580) Besonders die dislozierte Fraktur des Ramus inferior ossis pubis scheint eine Beteiligung des hinteren Beckenrings indirekt zu beweisen. (Zhang, et al., 2017 S. 638-642) (Courtney, et al., 2014 S. 935-939)

1.5.3 Instabiler Beckenring

Bei Beckeninstabilität sollte bereits am Unfallort eine Beckenschlinge bzw. PelvicBinder® angelegt werden. Ziel ist es die anatomische Ursprungsposition wiederherzustellen und dadurch das intrapelvine Volumen zu verkleinern und eine Blutung zu tamponieren bzw. deren Ausmaß zu verringern.

Bei instabilen Patienten kann in der Klinik durch Anlage eines Fixateur externe eine Stabilisierung des vorderen Beckenrings und folglich eine Reduktion des intrapelvinen Volumens erreicht werden.

Bei Typ-C-Verletzungen und vorliegender Kreislaufinstabilität ist zusätzlich eine hintere Kompression notwendig. Diese wird durch eine notfallchirurgische Anlage einer Beckenzwinge erreicht. Hierbei kann es aber auch zu einer Überkompression mit Folgeschäden kommen. Da die Anwendung nicht einfach ist sollte dies nur an spezialisierten Zentren mit der nötigen Fallzahl durchgeführt werden. (Tiemann, et al., 2006 S. 1225-1236)

Zur endgültigen Versorgung gibt es verschiedene Verfahren: die iliosakrale Schraubenfixation, die ilioiliakale Plattenosteosynthese, die transsakrale Plattenosteosynthese, die iliolumbale Fixation etc. (Bodzay, et al., 2013 S. 947-952)

Wie bei der B1-Fraktur wird bei einer Diastase an der Symphyse > 2,5 cm eine ventrale symphysär überbrückende Plattenosteosynthese durchgeführt. (Müller-Mai, et al., 2015 S. 316-323)

Auch über den Zeitpunkt der notfallmäßigen Stabilisierung und der definitiven Versorgung wird in der Literatur debattiert. Es besteht zwar ein allgemeiner Konsens darüber, dass sowohl die Notfallstabilisierung (v.a. bei hämodynamisch und mechanisch instabilen, offenen oder komplexen Beckenfrakturen) als auch die definitive Versorgung frühzeitig geschehen sollte (Burkhardt, et al., 2005 S. 814-820). Es gibt aber auch Hinweise darauf, dass eine zu frühe Versorgung bei polytraumatisierten Patienten zu einem Multiorganversagen mit erhöhter Mortalität führen kann. So geht eine lange (> 3 Stunden) und eine frühzeitige (< 3 Tage) Erstversorgung mit erhöhten Raten von Leber- bzw. Nierenversagen, Multiorganversagen und letztlich erhöhter Mortalität einher. (Probst, et al., 2007 S. 376-377)

1.5.4 Notfallversorgung am Becken

Die Notfallbehandlung von Schwerverletzten mit begleitender Beckenringfraktur ist nach wie vor eine Herausforderung. Besonders die traumatische Hemipelvektomie ist mit einer Letalität von bis zu 60%, gefolgt vom komplexen Beckentrauma

mit Massenblutung (Letalität bis 20%), eine absolute Notfallindikation für die sofortige, lebensrettende, operative Intervention. Hier muss primär Blutstillung betrieben werden. Durch Stabilisierung des hinteren Beckenrings wird das intrapelvine Volumen reduziert und somit der Blutverlust durch eine Selbsttamponade reduziert. Dies kann präklinisch teilweise schon z.B. durch eine Vakuummatratze erreicht werden. Noch besser ist der häufig verwendete PelvicBinder®. Aber bereits das Innenrotieren beider Beine bzw. Zusammenbinden der Knie führt zu einem ähnlichen Effekt. In der Klinik übernimmt diese Funktion vorübergehend die Beckenzwinge oder der *Fixateur externe*. Bei nicht erfolgreicher Kreislaufstabilisierung kann eine extraperitoneale Beckentamponade erforderlich sein. Dazu wird über eine Unterbauchlaparotomie (extraperitoneal) der Retroperitonealraum erreicht, der dann z.B. mit Bauchtüchern austamponiert werden kann. (Tosounidis, et al., 2009 S. 107-120)

1.6 Postoperative Behandlung

1.6.1 Verlaufskontrollen

Radiologische Verlaufskontrollen erfolgen postoperativ bis zum 3. Tag und nach 6 Wochen. Laut Tosounidis et al. sollte bei operativ versorgtem, hinterem Beckenring im Verlauf eine Computertomografie zur Lagekontrolle des Osteosynthesematerials durchgeführt werden. (Tosounidis, et al., 2009 S. 107-120) Ob eine postoperative Routine-Computertomografie sinnvoll ist wird immer noch kontrovers diskutiert. Einzelne Dislokationen, welche auf Basis der Bildgebung erneut operiert werden mussten, konnten in einer Studie von Cronin et al. (Cronin, et al., 2019 S. 360-365) herausgefiltert werden. Elnahal et al. kommen zu dem Schluss, dass postoperative CT-Kontrollen nur bei SI (Sakroiliakal)-Verschraubungen zu empfehlen sind. (Elnahal, et al., 2018 S. 66-71) Laut den Nachbehandlungsempfehlungen der DGOU aus dem Jahr 2019 erfolgt die Mobilisation in 3 Abschnitten. In den ersten 6 Wochen gilt das Becken als Bewegungsstabil. Hier darf im schmerzarmen Bereich bewegt werden. Von der 6. bis zur 16.

Woche folgt die Belastungs-stabile Phase in der schmerzadaptiert ohne Limit bewegt werden darf. Danach gilt das Becken als Trainings-stabil. (Belz, et al., 2019 S. 109)

Das Osteosynthesematerial kann bei Überbrückung von Bewegungssegmenten wie z.B. Symphysenplatten nach 6-12 Monaten entfernt werden. Andere Osteosynthesematerialien sollten nur bei Komplikationen, unter Berücksichtigung des Nutzen/Risiko-Verhältnisses, entfernt werden da es hierbei zu schweren Komplikationen kommen kann. (Stuby, et al., 2012 S. 330-338)

1.6.2 Komplikationen

Patienten mit Beckenringverletzungen gehören in die Hochrisikogruppe mit thromboembolischen Ereignissen. Deshalb ist eine ausreichende Thromboseprophylaxe mit niedermolekularem Heparin obligatorisch. In seltenen Fällen kann dies zu einer Heparin-induzierten Thrombozytopenie (HIT) führen. Auch unter diesem Gesichtspunkt ist eine frühe Mobilisation vorteilhaft. Außerdem sind lokale Weichteilkomplikationen nicht selten. Nach Mobilisation kann es, besonders bei instabilen Verletzungen des hinteren Beckenrings, zu einer sekundären Dislokation durch Lockerung des Osteosynthesematerials kommen. Deshalb sollten Schmerzen und ein Instabilitätsgefühl beim Patienten ernst genommen und radiologisch abgeklärt werden. (Tosounidis, et al., 2009 S. 107-120)

1.7 Das perioperative Management im Rahmen des Berufsgenossenschaftlichen Heilverfahrens

Das gesetzliche Unfallversicherungssystem in Deutschland ist für gewerbliche Betriebe in Form von Berufsgenossenschaften organisiert. Aufgabe der Unfallversicherung ist die Prävention hinsichtlich Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten, die Rehabilitation (Wiederherstellung der Gesundheit des Versicherten mit allen geeigneten Mitteln) nach Eintritt des Schadenfalls und die finanzielle Entschädigung (Rente) des Versicherten oder der Hinterbliebenen.

Versichert sind grundsätzlich alle Arbeitnehmer, darüber hinaus aber auch Schüler und Studenten sowie Personen, die ehrenamtlich tätig sind.

Für die Unfallversicherung (Berufsgenossenschaften) ist die Feststellung der körperlichen Schädigung in Form eines ärztlichen Gutachtens wichtig. Dieses stellt die Grundlage für Schadensersatzforderungen oder Entschädigungs- bzw. Rentenansprüche dar.

Für das ärztliche Gutachten dürfen nur gesicherte medizinische Erkenntnisse zur Anwendung kommen. *„Die gutachterliche Einschätzung stellt lediglich einen begründeten Vorschlag des Arztes dar. Die juristische Bewertung und rechtsgültige Entscheidung (insbesondere über die Höhe der Entschädigungsansprüche) ist durch den Rechtsträger oder das Gericht zu treffen.“* (Berchtold, et al., 2008 S. 239-240)

Da Beckenringfrakturen oft mit Begleitverletzungen einhergehen, ist es wichtig, dass der Gutachter eine ausführliche Anamnese mit Unfallhergang, dem Verlauf der Beschwerden, dem konkreten Abfragen möglicher Begleitverletzungen (neurologische Störungen, Miktionsstörungen, Störungen der Analsphinkterkontinenz, Sexualstörungen), der Art der Behandlung etc. erhebt. Ein weiterer Bestandteil der gutachterlichen Äußerung ist die Dokumentation der kompletten klinischen Untersuchung. Dabei ist auf Beinlängendifferenzen, Beckenschiefstand, Wirbelsäulenverkrümmungen, Druck- und Kompressionsschmerzen am Beckenring, oder passive und aktive Bewegung z.B. im Hüftgelenk zu achten.

Bei Verdacht auf eine neurologische, urologische oder gynäkologische Störung, kann ein zusätzliches fachspezifisches Zusatzgutachten angefordert werden.

Eine Arbeitsunfähigkeit (AU) besteht bei Vorliegen von Krankheit oder Unfallfolgen, die den Versicherten an der Ausübung seiner Tätigkeit hindern oder ihn der Gefahr der Verschlimmerung aussetzen.

„Erwerbsunfähigkeit ist dann gegeben, wenn der Betroffene zeitweise oder absehbar gar nicht mehr in der Lage ist, eine geregelte berufliche Tätigkeit auszuüben, mit der er den wesentlichen Anteil (mehr als 50%) seines Lebensunterhaltes selbst verdienen kann.“ (Berchtold, et al., 2008 S. 239-240)

Berufsunfähigkeit bezieht sich auf die besonderen Anforderungen im erlernten oder ausgeübten Beruf. Ist der Geschädigte noch in der Lage, in einem anderen Beruf tätig zu sein, kann der Gutachter eine entsprechende Umschulungsmaßnahme empfehlen.

Die Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) wird üblicherweise in Prozent angegeben und bezieht sich auf die Einschränkungen am allgemeinen Arbeitsmarkt. Es geht dabei um die Beschreibung des Funktionsverlusts welcher durch eine Verletzung verursacht wurde. Ein Anrecht auf Rentenzahlung besteht in der gesetzlichen Unfallversicherung bei einer Beeinträchtigung ab 20% MdE.

Zur Beurteilung der MdE werden von der DGUV Eckdaten veröffentlicht welche auf Erfahrungswissen beruhen. Sie dienen als Orientierung bei der Begutachtung. Berücksichtigt werden (auf Beckenringfrakturen und deren Begleitverletzungen bezogen) Knochen- und Sehnenschäden, Weichgewebsschäden, Nerschäden sowie Schmerzen die als Unfallfolge gewertet werden. (Weise, et al., 2014 S. 40-42)

Beispielhaft werden hier wenige Eckdaten aufgezählt:

<i>„Instabile Verschiebung einer Beckenhälfte zwischen 20-30 mm</i>	<i>30%</i>
<i>Stabile Verschiebung einer Beckenhälfte zwischen 20-30 mm</i>	<i>20%</i>
<i>Erweiterung der Schambeinfuge über 15 mm, stabil verheilt</i>	<i>20%</i>
<i>Mehrfache Beckenringbrüche</i>	<i>30-40%“</i>
(Kaiser, 2012 S. 230-235)	
<i>„Vollständiger Ausfall eines Hüftnervs (N. ischiadicus)</i>	<i>40%“</i>
(Ludolph, et al., 2016 S. 60)	

2 Material und Methodik

2.1 Studiendesign und Ethikvotum

Rekrutiert wurden die Daten aus einem Patientenpool von insgesamt 835 Patienten mit einer Beckenring- oder Azetabulumfraktur, die von 2003 bis 2011 in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen (Überregionales Traumazentrum des *Traumanetzwerks Südwürttemberg*) stationär behandelt (operativ und konservativ) und im Rahmen der Datenerhebung für die Arbeitsgruppe Becken der DGU erfasst wurden. Zusätzlich wurden 6 Patienten eingeschlossen, bei denen ein erstes und/oder zweites Rentengutachten in der BG Unfallklinik Tübingen durchgeführt wurde, ohne dass Sie zuvor dort stationär behandelt wurden. Von den 835 Patienten waren insgesamt 632 Patienten (75,7%) von einer Beckenringverletzung betroffen, die restlichen 203 Patienten hatten eine Acetabulumfraktur und wurden nicht eingeschlossen. Der größte Teil dieser 632 Patienten war nicht berufsgenossenschaftlich versichert, so dass nur bei 89 Unfallverletzten ein berufsgenossenschaftlich versichertes Ereignis vorlag. Von diesen 89 Patienten wurden mit Hilfe des Fragebogens (s. u.) und mit Unterstützung der Berufsgenossenschaften die entsprechenden Daten erhoben, wobei 28 Datensätze aufgrund fehlender Informationen nicht verwertbar waren. Letztendlich standen 61 Datensätze von den Berufsgenossenschaften und 6 Rentengutachten von extern behandelten Patienten (insgesamt 67 Datensätze) für die Auswertung zur Verfügung.

Die von den Berufsgenossenschaften zur Verfügung gestellten Daten wurden für jeden Patienten mit einer verschlüsselten Nummer versehen. Diese setzt sich aus dem Geschlecht, Alter und einer willkürlich gewählten fortlaufenden Nummer zusammen.

Die Zustimmung aller Patienten zur anonymisierten Datenerfassung lag vor. Die Möglichkeit der Entblindung lag lediglich beim Studienleiter. Ein Jahr nach dem 1. Anschreiben der einzelnen Berufsgenossenschaften wurde die Datenakquisition beendet. Ausschlusskriterien waren die fehlende Zustimmung der Unfallver-

letzten, minderjährige Patienten oder nicht einwilligungsfähige Patienten. Ein positives Ethikkommissionsvotum der Universität Tübingen lag zu Studienbeginn vor (609/2012 BO2). (Schäffler, et al., 2017 S. 67-71)

Folgende Fragen wurden den Berufsgenossenschaften zur Vervollständigung des Datensatzes zu den in der BG Unfallklinik Tübingen behandelten Patienten gestellt:

- Wie hoch ist die durchschnittliche Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) nach Beckenringfraktur, bezogen auf die einzelnen Verletzungsformen, im ersten Rentengutachten, im zweiten Rentengutachten und in der evtl. Nachprüfung?
- Wie lange war der Patient arbeits-/erwerbsunfähig?
- War eine Rückkehr an seinen alten Arbeitsplatz möglich?
- Musste der Verunfallte eine Umschulung machen?
- Ist der Verunfallte wieder erwerbsfähig?

Die dadurch gewonnenen Daten wurden mit den demographischen Daten, welche der BGU Tübingen vorlagen, vervollständigt. Somit ergaben sich folgende Daten:

- Beruf
- Geschlecht
- Geburtsdatum
- Unfalldatum
- Patientenalter zum Zeitpunkt des Unfalls
- Datum der Wiedererlangung der Arbeitsfähigkeit
- Dauer der AU in Monaten
- MdE in % vom 1. Rentengutachten
- MdE in % vom 2. Rentengutachten
- MdE in % von der Nachprüfung
- CCF-Klassifikation
- Begleitverletzungen
- Rückkehr in die vor dem Unfall ausgeübte Tätigkeit
- Umschulung

Patienten, die im Verlauf der Behandlung verstarben, wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt.

Die statistische Auswertung wurde mit dem Statistikprogramm *Jump 11.1.1* durchgeführt.

2.2 Statistische Auswertung

2.2.1 Einteilungen und Erklärungen

Zur Betrachtung der Auswirkungen von körperlicher Belastung in der beruflichen Tätigkeit, wurden die Berufe in zwei Kategorien eingeteilt: leichte bis mittelschwere Tätigkeiten und schwere Tätigkeiten.

Hier einige Beispiele:

- Leichte bis mittelschwere Tätigkeiten: Lehrer, Reinigungskraft, Altenpfleger, Ehrenamt (genaue Tätigkeit nicht bekannt)
- Schwere Tätigkeiten: Monteur, Straßenbauer, Gleisbauer, Maurer

Die angegebene MdE bezieht sich auf die pelvine Verletzung und die peripelvinen Begleitverletzungen. Nicht erfasst wurden weitere Verletzungen die zu einer höheren Gesamt-MdE führen.

Die Begleitverletzungen wurden durch den o.g. Fragebogen in Form einer offenen Frage erhoben. Es wurden sechs verschiedene Begleitverletzungen angegeben (Azetabulum, Urethra, Amputation, Polytrauma, Plexusläsion und Hirnblutung). Reine Azetabulumfrakturen wurden aus der Studie ausgeschlossen. Bei vorhandener Beckenring- und Azetabulumfraktur wurden die Patienten eingeschlossen, bei denen die Beckenringfraktur als führend eingestuft wurde. Dann wurde die Azetabulumfraktur als Begleitverletzung definiert. Die Begleitverletzungen wurden – ohne Beschränkung auf peripelvine Verletzungen – so übernommen wie sie von den Berufsgenossenschaften übermittelt wurden. Auch das Polytrauma – welches so nicht als Begleitverletzung bezeichnet werden kann – wurde in dieser Form übernommen.

2.2.2 Erklärung von Fachbegriffen in der Statistik

Statistische Signifikanz: Es handelt sich um einen Zusammenhang zwischen zwei Variablen, der nicht allein durch Zufall zu erklären ist. Die Schwelle dafür ist das Signifikanzniveau (Alpha), welches einfach festgelegt wird und in den meisten Fällen 5% beträgt. Ein Alpha von 0,05 bedeutet, dass das Risiko fälschlicherweise von einer vorhandenen Korrelation auszugehen, obwohl dies nicht der Fall ist, 5 % beträgt. (Weiß, et al., 2008 S. 177)

Median: Der Median ist in einer Auflistung von Zahlenwerten der Wert, der sich genau in der Mitte befindet, wenn man sie der Größe nach sortiert. Er stellt somit ein Lagemaß in der deskriptiven Statistik dar. (Weiß, et al., 2008 S. 47)

Arithmetisches Mittel: Das Arithmetische Mittel wird berechnet, indem man alle zu untersuchenden Zahlenwerte addiert und durch die Anzahl der Werte teilt. Es stellt somit den umgangssprachlich bekannten Durchschnitt dar. (Weiß, et al., 2008 S. 43)

Whisker: Bei Box-Whisker-Plots gibt es einen oberen und einen unteren Whisker. Diese werden durch vertikale Linien dargestellt und zeigen die Maximal- bzw. Minimalwerte an. (Hilgers, et al., 2003 S. 16)

Quantil: „*Ein p -Quantil ist allgemein dadurch charakterisiert, dass mindestens der Anteil p der Werte kleiner oder gleich diesem Wert und mindestens der Anteil $1 - p$ größer oder gleich diesem Wert ist.*“ (Hilgers, et al., 2003 S. 14)

Quartil: Ein Quartil ist ein besonderes Quantil. Das 50%-Quantil ist gleichbedeutend dem Median. Zu den wichtigsten gehören außerdem das $Q_{0,25}$ und das $Q_{0,75}$. Diese teilen die Werte bei 25% bzw. 75% in 2 Gruppen. Die drei Quartile bilden beim Box-Whisker-Plot die Box. (Hilgers, et al., 2003 S. 14)

Box-and-Whisker-Plots: Diese zeigen mit der oberen und unteren Querlinie einer Box das $Q_{0,75}$ bzw. das $Q_{0,25}$ an. Mit einer Querlinie innerhalb der Box wird der Median dargestellt. Der Mittelwert kann mit einem Punkt hinzugefügt werden. Nach oben und unten zeigen die Whisker (s. Whisker) und geben die Maximal- bzw. Minimalwerte an. (Weiß, et al., 2008 S. 63-64)

2.2.3 Statistische Tests

Es wurde nur ein statistischer Test durchgeführt (s. Tabelle 14). Hier wurde mit dem Korrelationskoeffizienten ρ nach Spearman gerechnet. Die Größe des Wertes gibt die Festigkeit an. Eine Festigkeit von 1 bedeutet, dass der größte Wert von Merkmal A dem größten Wert von Merkmal B zugeordnet ist. Dabei müssen die Werte qualitativ in keiner Beziehung stehen. Das Vorzeichen gibt die Richtung der Beziehung an. D.h. ein Korrelationskoeffizient nahe -1 bedeutet ein starker negativer Zusammenhang. Liegt dieser nahe +1 handelt es sich um einen starken positiven Zusammenhang. Liegt der Korrelationskoeffizient nahe 0 liegt keine starke Beziehung der Merkmale vor. (Weiß, et al., 2008 S. 94-96)

Der p-Wert gibt an ob der Korrelationskoeffizient signifikant von 0 abweicht. Der errechnete Wert liegt zwischen 0 und 1 und gibt die Wahrscheinlichkeit in % an, dass der Unterschied in der Stichprobe auf einem echten Unterschied beruht und nicht nur zufällig aufgetreten ist. (Weiß, et al., 2008 S. 198-199)

Ziel des Tests war die Feststellung einer Korrelation – nicht ob diese statistisch signifikant ist. Deshalb wurde auf die Berechnung des p-Wertes verzichtet.

3 Ergebnisse

3.1 Geschlechter- und Altersverteilung

Gemessen am Gesamtkollektiv (n=67), waren es 20,9% (14) Frauen und 79,1% (53) Männer. In Diagramm 1 ist die Altersverteilung des Gesamtkollektivs zu sehen.

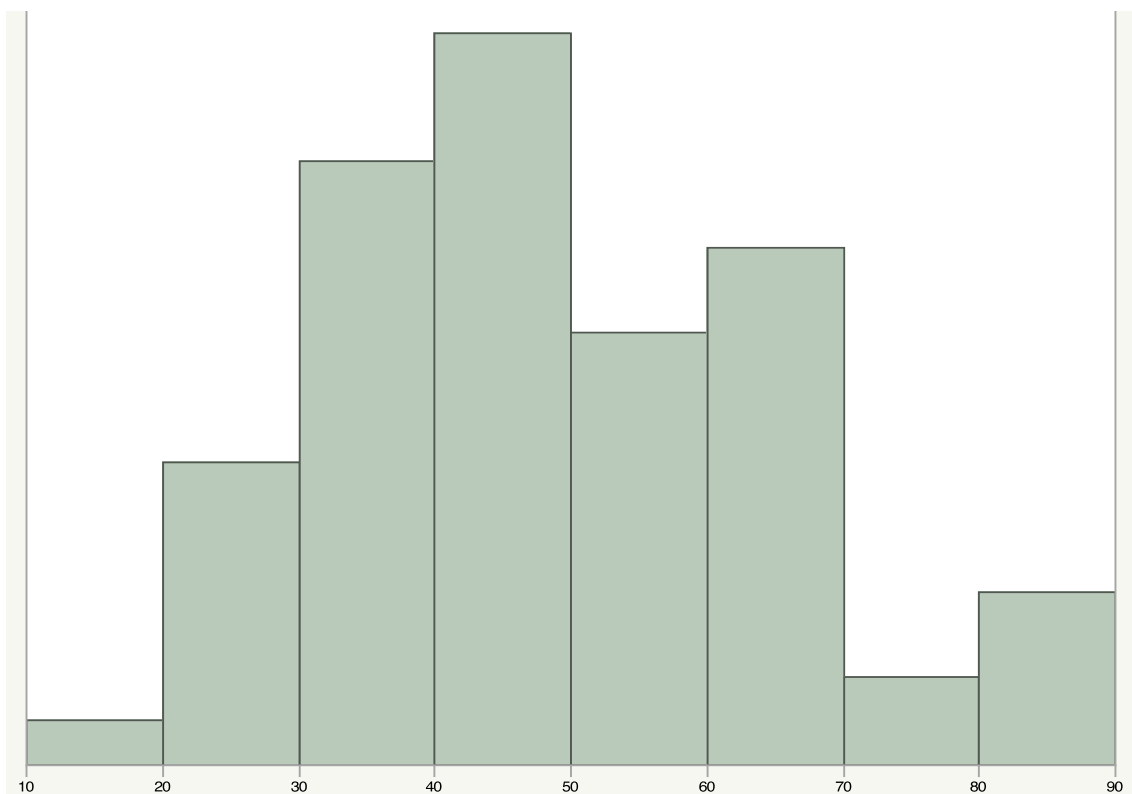


Diagramm 1: Histogramm: Altersverteilung (näherungsweise Normalverteilung), X-Achse: Alter in Jahren (10-20 Jahre bis 80-90 Jahre). Y-Achse: Anzahl an Patienten (nicht skaliert).

Tabelle 1: Altersverteilung, Zahlenwerte zu Diagramm 1 (n=67)

	Alter bei Unfall
Mittelwert	48,5
Min.	19
Max.	84
Median	48
75% Quantil	62
25% Quantil	35

Diese zeigt sich näherungsweise als Normalverteilung mit den meisten Patienten zwischen 40 und 50 Jahren. Zum Vergleich wurde die Altersverteilung in Diagramm 2 auf die Geschlechter aufgeteilt. Bei der Altersverteilung der Männer gibt es einen Gipfel bei 40-50 Jahren – wie beim Gesamtkollektiv. Die Altersverteilung der Frauen ist zweigipflig: jeweils außerhalb des Interquartilabstandes gibt es einen Gipfel bei 20-30 Jahren und einen Gipfel bei 80-90 Jahren (s. Diagramm 2).

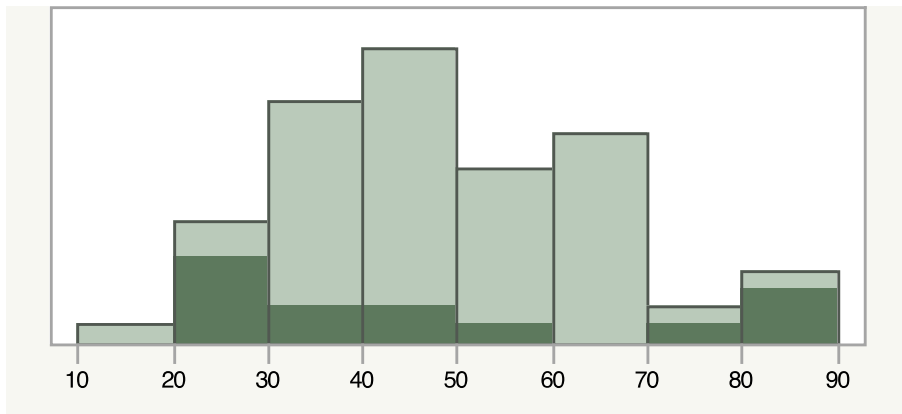


Diagramm 2: Histogramm: Altersverteilung: Männeranteil (hellgrün), Frauenanteil (dunkelgrün), X-Achse: Alter in Jahren (10-20 Jahre bis 80-90 Jahre). Y-Achse: Anzahl an Patienten (nicht skaliert)

Wenn man die Geschlechter auf die leichten bis mittelschweren Tätigkeiten und die schweren Tätigkeiten verteilt (siehe Kapitel 2.2.1), entfallen 14 Männer und 7 Frauen auf die erste Gruppe und 10 Männer und keine Frau auf die zweite Gruppe (s. Tabelle 2). Bei den restlichen Patienten liegt die Tätigkeit nicht vor weshalb sich die Gesamtzahl auf $n=39$ reduziert.

Tabelle 2: Geschlechterverteilung in Berufskategorien ($n=39$)

Geschlecht	In Rente	Leichte Tätigkeit	Schwere Tätigkeit
Männlich	6	14	10
Weiblich	2	7	0

Betrachtet man, wie sich das Unfallalter bei den verschiedenen Frakturklassifikationen (Hauptklassifikationen A, B und C) verhält, zeigt sich, dass der Altersdurchschnitt der Patienten mit C-Frakturen um 10 Jahre unter denen mit A- und 15 Jahre unter denen mit B-Frakturen liegt. Bei den C-Frakturen gibt es zwar genauso alte Patienten, jedoch ist die Spannweite viel größer (wenn man von

einem Ausreißer bei den B-Frakturen mit 20 Jahren absieht) und zeigt auch ein um 10 Jahre niedrigeres 25%-Quantil (s. Diagramm 3). Der Median fällt sogar mit zunehmender Schwere der Fraktur stetig ab. Dies wird im Diagramm 3 gut visualisiert.

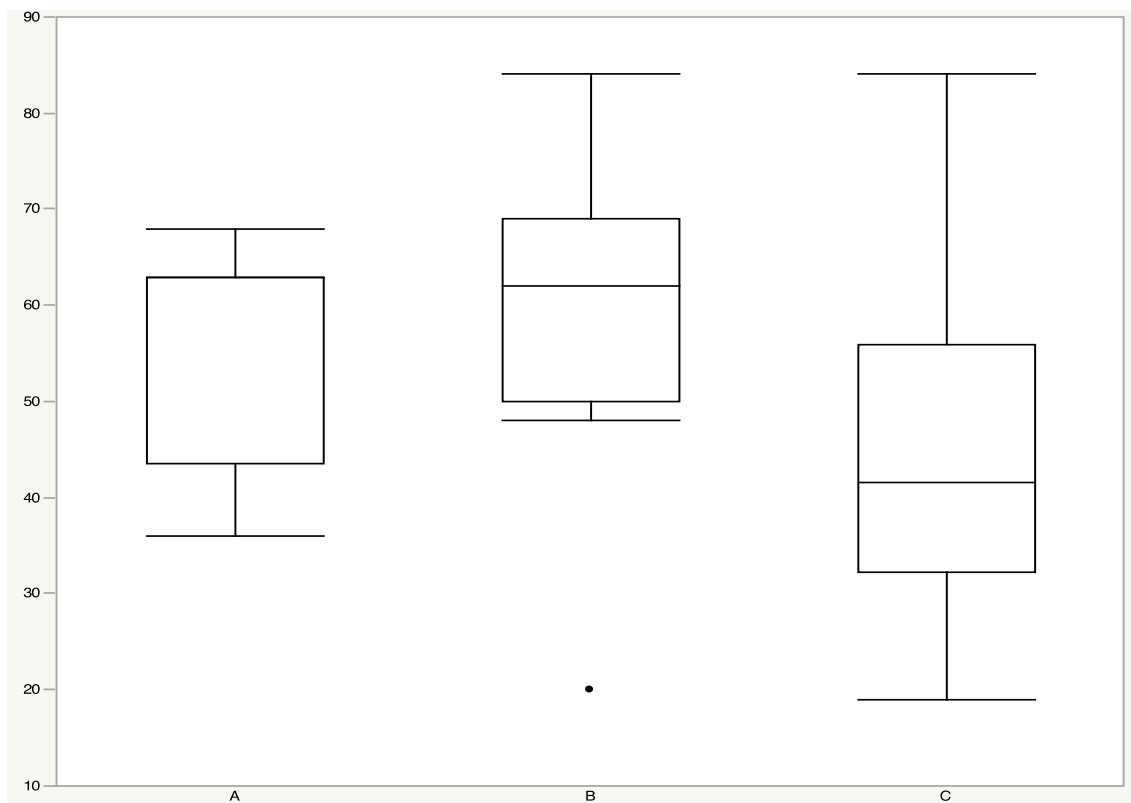


Diagramm 3: Boxplots: Altersverteilung bei A-, B- und C-Frakturen. X-Achse: Hauptfrakturklassifikationen nach AO (A, B und C). Y-Achse: Alter in Jahren (10-90)

Tabelle 3: Altersverteilung bei A-, B- und C-Frakturen, Zahlen zu Diagramm 3

	A	B	C
N	8	13	44
Mittelwert	55,5	59,9	44,4
Median	63	62	41,5
Min.	36	20	19
Max.	68	84	84
75% Quantil	63	69	56
25% Quantil	43,5	50	32,3

3.2 Dauer der Arbeitsunfähigkeit

Bei der Dauer der Arbeitsunfähigkeit reduziert sich die Fallzahl aufgrund teilweise fehlender Werte auf $n=45$. Die Spannweite reicht von 1-18 Monaten und der Mittelwert der Arbeitsunfähigkeit liegt bei 10,1 Monaten. 50% der Werte liegen zwischen 5,5 und 15,5 Monaten (s. Tabelle 4).

Tabelle 4: Dauer der Arbeitsunfähigkeit (Monate)

	AU (Monate)
Mittelwert	10,1
Min.	1
Max.	18
Fehlende Anzahl	22
Median	9
75% Quantil	15,5
25% Quantil	5,5

Diagramm 4 zeigt den Anstieg der Dauer der Arbeitsunfähigkeit abhängig von der Frakturklasse. Während die Spannweite bei den A-Frakturen nur von 2-8 Monaten reicht, fällt sie bei den B- (1-18) und C-Frakturen (3-18) weitaus größer aus. Das höhere 25%-Quantil bei den C-Frakturen zeigt jedoch, dass deren Mehrzahl über 6,8 Monaten liegen, während der Interquartilsabstand bei den B-Frakturen größer ausfällt, weil kürzere AU-Zeiten ebenfalls häufig auftreten.

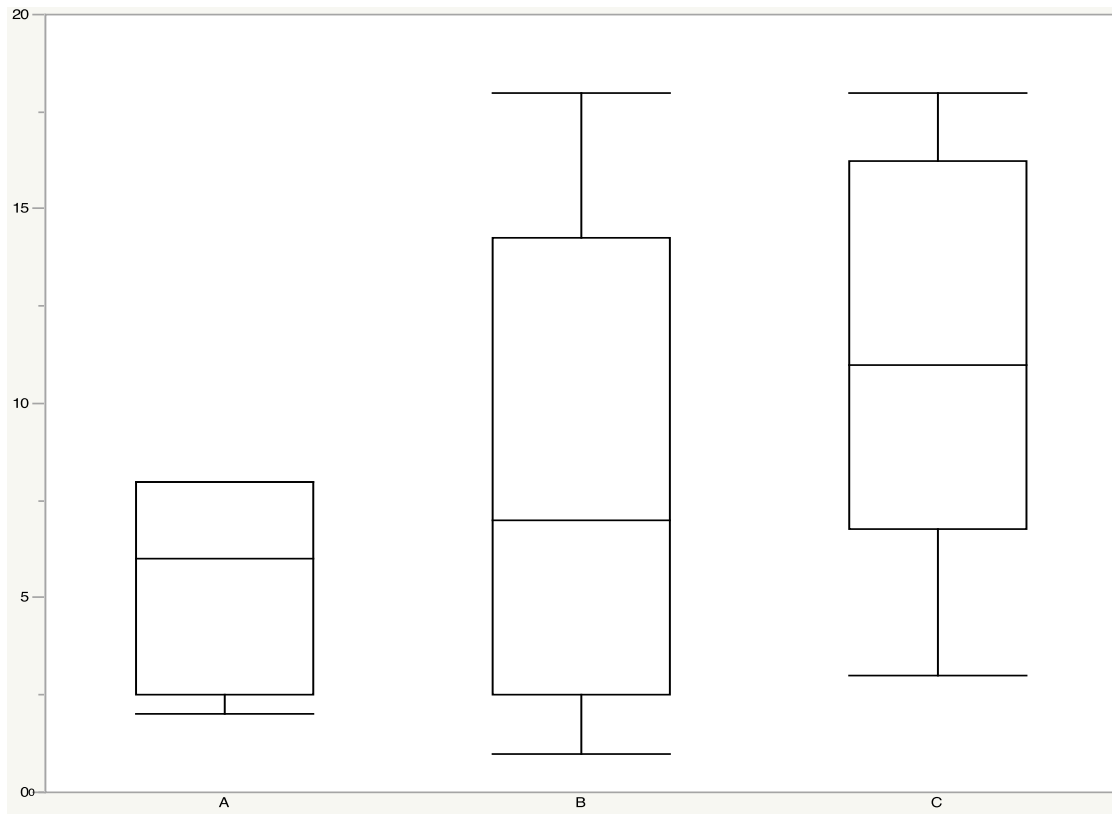


Diagramm 4: Boxplot: Dauer der Arbeitsunfähigkeit bei A-, B- und C-Verletzungen. x-Achse: Hauptfrakturklassifikationen nach AO (A, B und C). Y-Achse: Dauer in Monaten (0-20)

Tabelle 5: Dauer der Arbeitsunfähigkeit (Monate) bei A-, B- und C-Verletzungen, Zahlen zu Diagramm 4

	A	B	C
Mittelwert	5,4	8,2	11,1
Min.	2	1	3
Max.	8	18	18
Fehlende Anzahl	3	7	10
Median	6	7	11
75% Quantil	8	14,3	16,3
25% Quantil	2,5	2,5	6,8
N	5	6	34
% von Gesamt	6,0	10,8	83,3

Die Zahlenwerte zur Dauer der AU (in Monaten) bezogen auf die Unterklassifikationen ist in Tabelle 6 dargestellt. Hier fallen die A1- und A3-Frakturen aufgrund

fehlender Werte weg. Bei den A2-Frakturen (mit n=4) liegt der Mittelwert bei 4,75, der Median bei 4,5 und die Spannweite reicht von 2 bis 8 Monaten. Bei den B-Frakturen beträgt die max. Gesamtzahl n=3. Die Spannweite reicht bei den B1-Frakturen von 5-13 und bei den B2-Frakturen von 1-18. Bei den B3-Frakturen liegt nur ein Wert vor. Bei den C-Frakturen liegen die Mittelwerte bei 11,1; 10,5 und 14, die Mediane bei 11; 9 und 14. Die Spannweite reicht bei den C1-Frakturen von 3-18, bei den C2-Frakturen von 7-17 und bei den C3-Frakturen von 13-15. Die Spannweiten der C-Frakturen zeigen, dass bei beidseitiger Beteiligung mit zunehmender Instabilität keine kurzen Verläufe vorkommen. Die C3-Fraktur hat einen Mindestwert von 13 Monaten.

Tabelle 6: Dauer der AU in Monaten bei A1-,2-; B1-,2,3- und C1-,2-,3- Frakturen

	A		B			C		
Unterklasse	1	2	1	2	3	1	2	3
N	0	4	2	3	1	27	4	2
Mittelwert	-	4,8	9	9,3	3	11,1	10,5	14
Median	-	4,5	9	9	3	11	9	14
Min.	-	2	5	1	3	3	7	13
Max.	-	8	13	18	3	18	17	15
25% Quantil	-	2,3	5	1	3	6	7,5	13
75% Quantil	-	7,5	13	18	3	17	15	15

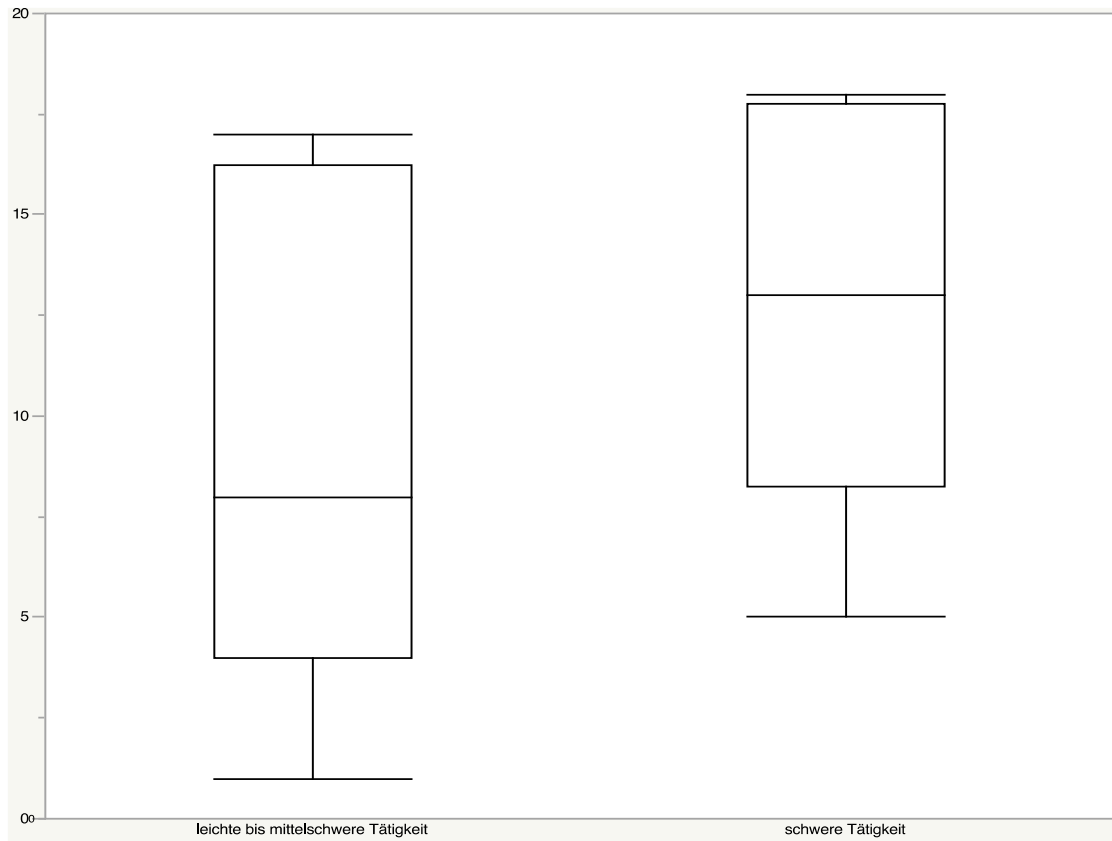


Diagramm 5: Boxplot: Dauer der AU bei leichter bis mittelschwerer Tätigkeit und schwerer Tätigkeit. X-Achse: Tätigkeit (leicht bis mittelschwer und schwer). Y-Achse: Dauer der AU in Monaten

Im Folgenden wird die Dauer der AU (in Monaten) in Abhängigkeit der Schwere der beruflichen Tätigkeit betrachtet (s. Diagramm 5). Die Gesamtzahl für die leichten bis mittelschweren Tätigkeiten (Gruppe 1) beträgt $n=14$, für die schweren Tätigkeiten (Gruppe 2) $n=8$. Der Mittelwert steigt von Gruppe 1 zu Gruppe 2 von 9,1 auf 12,6. Der Median steigt von 8 auf 13. Die Spannweite reicht bei Gruppe 1 von 1-17, bei Gruppe 2 von 5-18. Das $Q_{0,25}$ steigt von Gruppe 1 zu Gruppe 2 von 4 auf 8,25. Das $Q_{0,75}$ steigt von 16,3 auf 17,8 (s. Tabelle 7).

Tabelle 7: Dauer der AU in Monaten bei leichter bis mittelschwerer Tätigkeit und schwerer Tätigkeit, Zahlenwerte zu Diagramm 5

	Leichte Tätigkeit	Schwere Tätigkeit
N	14	8
Mittelwert	9,1	12,6
Median	8	13
Min.	1	5
Max.	17	18
75% Quantil	16,3	17,8
25% Quantil	4	8,3

Anhand der erhobenen Daten lassen sich nicht nur Aussagen über die Dauer der AU tätigen, sondern auch darüber, ob die Patienten ihre Arbeitsfähigkeit im zuvor ausgeübten Beruf wiedererlangt haben. Ein Sonderfall im vorliegenden Patientenkollektiv stellen die Rentner dar, also Patienten, die in ihrer Rente z.B. eine ehrenamtliche Tätigkeit ausführen. In diesem Fall lässt sich schwer von einer Wiedererlangung der Arbeitsfähigkeit sprechen. Abzüglich der Patienten mit fehlenden Daten¹, ergibt sich eine Gesamtzahl von n=38. Davon waren weitere 8 Patienten bereits in Rente. Von den verbleibenden 30 Patienten konnten 25 (83,3%) wieder in ihre alte Arbeit zurückkehren, während 6 Patienten arbeitsunfähig blieben.

Tabelle 8: Wiedererlangung der Arbeitsfähigkeit (ja/nein) bei A-, B- und C-Frakturen

Arbeitsfähigkeit	A	B	C
Nein	0	1	4
Ja	3	5	17

¹ Bei 22 Patienten kamen die Daten nicht von den Berufsgenossenschaften, sondern aus einem eigenen Rentengutachten, welches keine Informationen zur Arbeitsfähigkeit beinhaltet. Bei weiteren 7 Patienten kamen die Daten von den Berufsgenossenschaften mit fehlenden Angaben zur Wiedererlangung der Arbeitsfähigkeit.

3.3 Minderung der Erwerbsfähigkeit

Die Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) wird in den jeweiligen Rentengutachten (RG) vom Gutachter in % angegeben. Bei der Verteilung bezogen auf das 1. Rentengutachten beträgt die Gesamtzahl $n=63$ (4 fehlende Werte²). Die Spannweite reicht von 0-80% bei einem Mittelwert von 30,5% und einem Median von 25 (s. Tabelle 9).

Tabelle 9: MdE (in %) im 1. Rentengutachten

	MdE (%)
Mittelwert	30,5
Min.	0
Max.	80
N	63
Fehlende Anzahl	4
Median	25
75% Quantil	40
25% Quantil	20

Teilt man diese Verteilung auf die Hauptfrakturklassen A, B und C auf (s. Diagramm 6), beträgt der Median bei den A-Frakturen 20%, bei den B-Frakturen 30% und bei den C-Frakturen 25%. Die A-Frakturen haben ein sehr kleines Maximum von 20% bei einer Spannweite von 10-20%. Mit einer weitaus größeren Spannweite (abzüglich eines Ausreißers mit 0% MdE) von 20-70% und einer Konzentration von 50% aller Werte im Bereich zwischen 20-60% liegt die MdE bei den B-Frakturen höher. Bei den C-Frakturen fällt das 75%-Quantil im Vergleich zu den B-Frakturen stark ab (von 60 auf 40%). Das 25%-Quantil ist gleich (20%).

² Bei der Befragung der Berufsgenossenschaften konnte nicht jede Frage anhand ihrer vorliegenden Daten zufriedenstellend beantwortet werden. Dadurch entstanden Datenlücken. Dadurch ergibt sich für jedes Merkmal eine unterschiedliche Gesamtzahl (n).

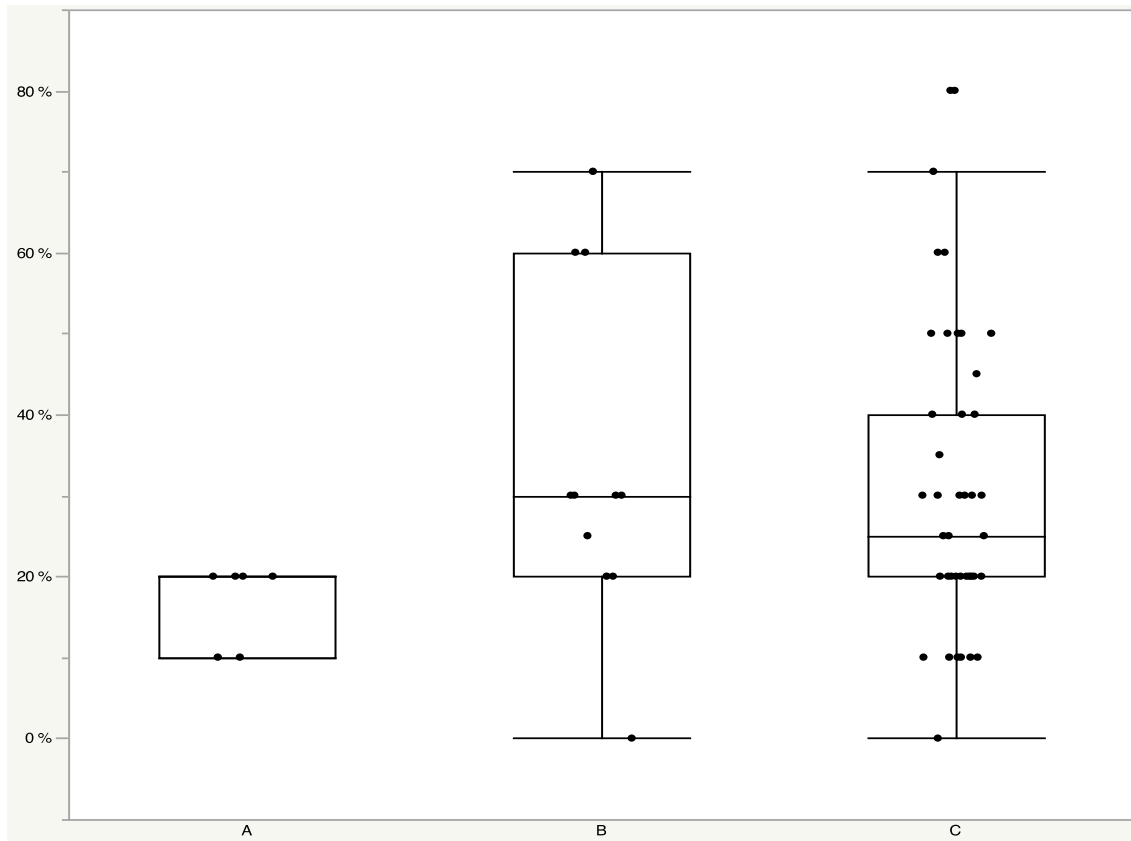


Diagramm 6: Boxplots: MdE im 1. Rentengutachten bei A-, B- und C-Frakturen. X-Achse: Hauptfrakturklassifikationen nach AO (A-, B- und C-Fraktur). Y-Achse: MdE in % (0-80)

Tabelle 10: MdE (in %) im 1. Rentengutachten bei A-, B- und C-Frakturen, Zahlenwerte zu Diagramm 6

MdE (%)	A	B	C
Mittelwert	17,1	34,1	30,6
Min.	10	0	0
Max.	20	70	80
Fehlende Anzahl	1	2	1
Median	20	30	25
75% Quantil	20	60	40
25% Quantil	10	20	20
N	7	11	43

Teilt man die Verteilungen der MdE (%) des 2. Rentengutachtens auf die Hauptfrakturklassifikationen auf, beträgt der Median für die A-Frakturen 20%, für die B-Frakturen 27,5% und für die C-Frakturen 30%. Die Mittelwerte steigen von 16,7%

auf 27,5% und 36,3% an. Die 25%-Quantile liegen bei den A-Frakturen bei 10%, bei den B-Frakturen bei 25% und bei den C-Frakturen bei 20%. Die 75%-Quantile nehmen deutlich zu (A: 20%, B: 30%, C: 50%). Die Spannweite reicht bei den A-Frakturen von 10-20%, bei den B-Frakturen von 25-30% und bei den C-Frakturen von 10-80% (s. Diagramm 7).

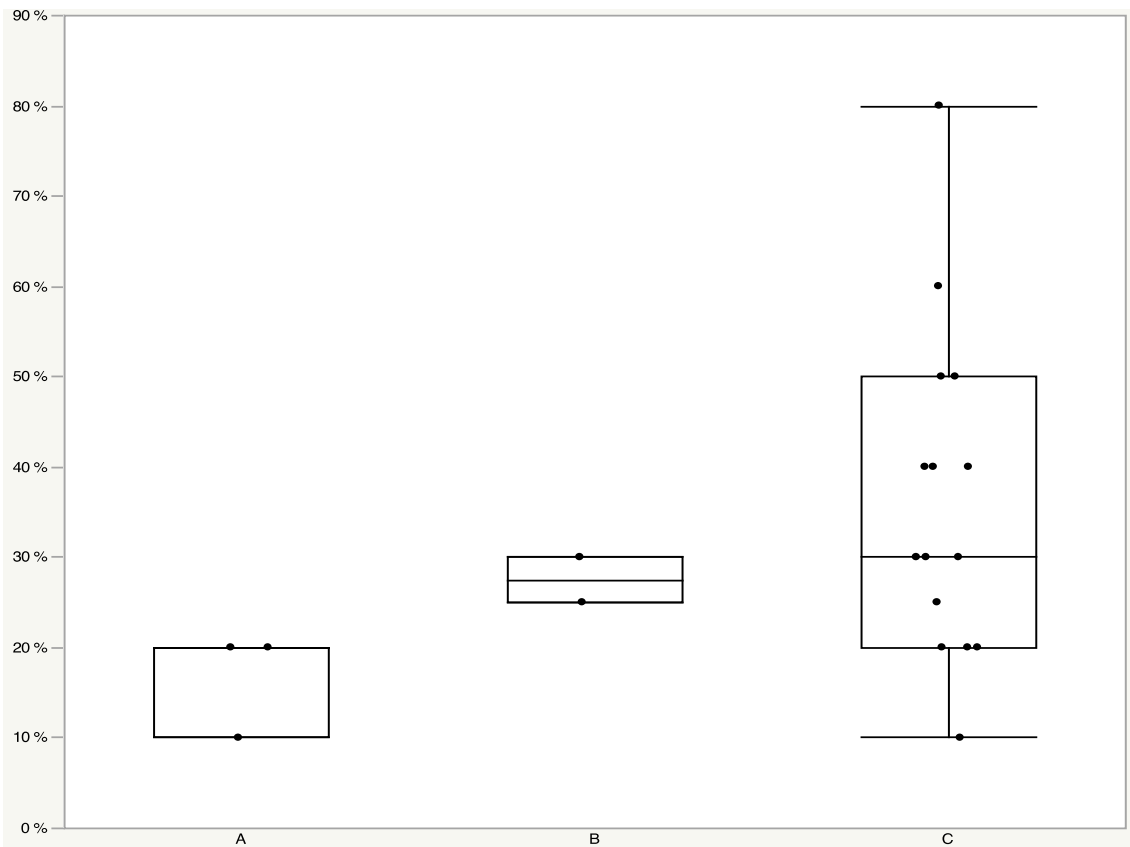


Diagramm 7: Boxplots: MdE im 2. Rentengutachten bei A-, B- und C-Frakturen. X-Achse: Hauptfrakturklassifikationen nach AO (A-, B- und C-Fraktur). Y-Achse: MdE in % (0-80)

Tabelle 11: MdE (in %) im 2. Rentengutachten bei A-, B- und C-Frakturen, Zahlenwerte zu Diagramm 7

MdE (%)	A	B	C
Mittelwert	16,7	27,5	36,3
Min.	10	25	10
Max.	20	30	80
Median	20	27,5	30
75% Quantil	20	30	50
25% Quantil	10	25	20
N	3	2	15

Durch die Aufteilung der Werte auf die entsprechenden Unterklassifikationen, fallen die A3-Frakturen aufgrund fehlender Werte weg. Die Gesamtzahl (n) pro Boxplot beträgt (außer bei den C1-Frakturen mit 31) maximal sechs. Die Mittelwerte der B1-Frakturen fallen am höchsten aus. Die durchschnittliche MdE steigt somit nicht mit der Schwere der Fraktur (wie nach der AO klassifiziert) stetig an. Die B1-Frakturen verursachen im Vergleich zu den restlichen (partiell) instabilen Frakturen die höchste durchschnittliche MdE (der Verlauf ist in Diagramm 8 in blau dargestellt).

Die 25%-Quantile (B1: 25%, B2: 15%, B3: 30%) und 75%-Quantile (B1: 60%, B2: 62,5%, B3: 30%) fallen im Schnitt auch bei den B-Frakturen am höchsten aus (s. Diagramm 8).

Für die MdE gilt somit, dass B-Frakturen – ungeachtet der statistischen Größe – die höchsten Werte verursachen. Unter den B-Frakturen stechen die B1-Frakturen mit besonders hoher MdE heraus.

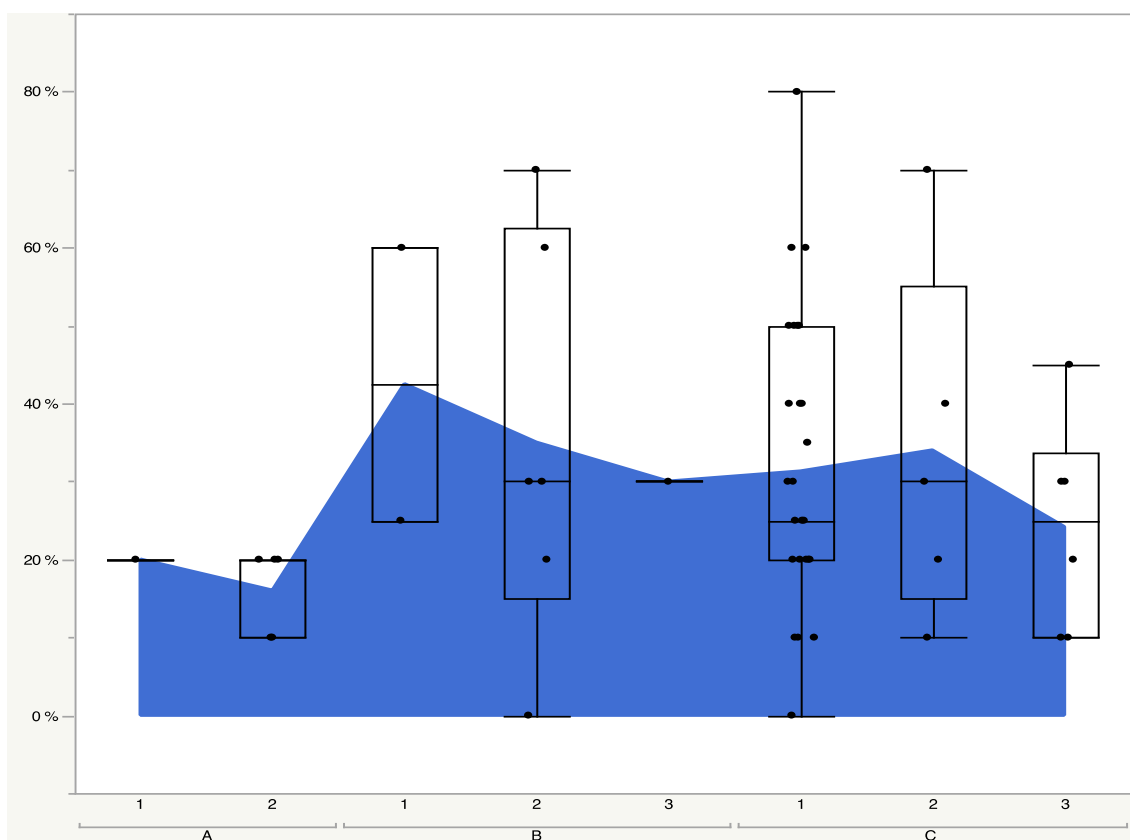


Diagramm 8: Boxplots: MdE im 1. Rentengutachten bei Haupt- und Unterfrakturklassen. X-Achse: Haupt- und Unterfrakturklassen nach AO (A1-,2-; B1-,2-,3- und C1-,2-,3- Frakturen). Y-Achse: MdE in % (0-80). Oberkante der blauen Fläche: Mittelwerte der MdE

Tabelle 12: MdE (in %) im 1. RG bei A1-,2-; B1-,2,3- und C1-,2,3-Frakturen, Zahlenwerte zu Diagramm 8

MdE (%)	A		B			C		
Unterklasse	1	2	1	2	3	1	2	3
N	1	5	2	6	1	31	5	6
Mittelwert	20	16	42,5	35	30	31,3	34	24,2
Median	20	20	42,5	30	30	25	30	25
Min.	20	10	25	0	30	0	10	10
Max.	20	20	60	70	30	80	70	45
25% Quantil	20	10	25	15	30	20	15	10
75% Quantil	20	20	60	62,5	30	50	55	33,8

Bei der MdE im 1. und 2. Rentengutachten (RG) und in der Nachprüfung (s. Diagramm 9: Boxplots in blau, rot bzw. grün), bezogen auf die Hauptfrakturklassifikationen, beträgt die Gesamtzahl $n=65$. Bei 2 Patienten liegt keine Hauptklassifikation vor. Für das 1. RG fehlen 4 Werte ($n=61$), für das 2. RG fehlen 45 Werte ($n=20$) und für die Nachprüfung liegen nur 2 Werte vor (jeweils 1 Wert für A- und B-Frakturen). Bei den A- und B-Frakturen bleibt der Median nahezu gleich (A-Frakturen: 20%, B-Frakturen: 30%). Auch die 25%- und 75%-Quantile der A-Frakturen und die Range bei den B-Frakturen (min: 0%, max: 70%) ist vom 1. zum 2. RG konstant. Bei den C-Frakturen kommt es zu einem Anstieg des Median und des $Q_{0,75}$ vom 1. zum 2. RG.

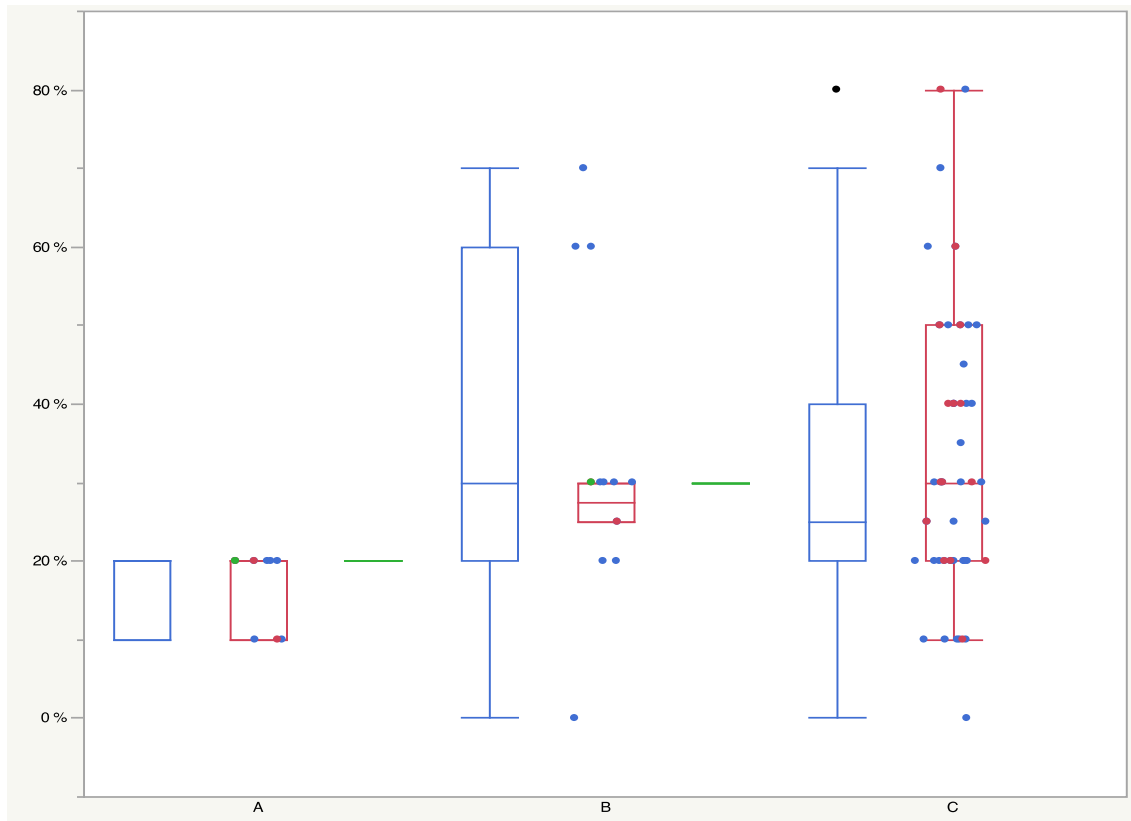


Diagramm 9: Boxplots: MdE im 1. RG, 2. RG und Nachprüfung bei A-,B- und C-Frakturen. X-Achse: 1. RG (blau), 2. RG (rot), Nachprüfung (grün) jeweils für A-, B- und C-Frakturen. Y-Achse: MdE in % (0-80)

Bei der Höhe der MdE bezogen auf die Schwere der beruflichen Tätigkeit liegt die Gesamtzahl für die leichten bis mittelschweren Tätigkeiten bei $n=20$ und für die schweren Tätigkeiten bei $n=10$. Der Mittelwert beträgt bei den leichten bis mittelschweren Tätigkeiten (Gruppe 1) 29,5%. Bei den schweren Tätigkeiten (Gruppe 2) liegt der Mittelwert bei 37% (7,5% höher). Auch der Median steigt von Gruppe 1 mit 22,5% auf Gruppe 2 mit 32,5% an (10% höher) – trotz zweier Ausreißer bei den leichten Tätigkeiten mit 80%. Das $Q_{0,75}$ steigt bei den schweren Tätigkeiten von 40% auf 60% während das $Q_{0,25}$ mit 20% gleichbleibt. Die Boxplots sind in Diagramm 10 dargestellt. Hier wird der Anstieg des Median und des $Q_{0,75}$ sichtbar.

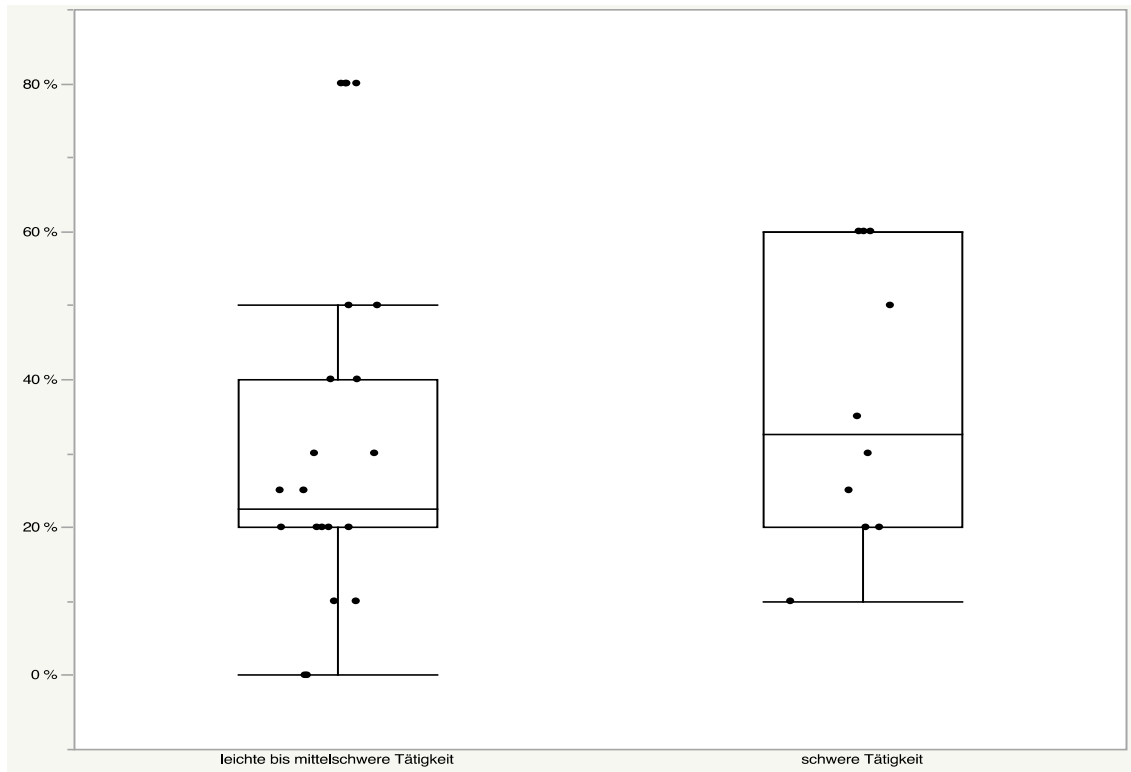


Diagramm 10: Boxplots: MdE im 1. RG bei leichten bis mittelschweren Tätigkeiten und schweren Tätigkeiten. X-Achse: Leichte bis mittelschwere Tätigkeiten und schwere Tätigkeiten. Y-Achse: MdE in % (0-80)

Tabelle 13: MdE (%) im 1. RG bei leichten bis mittelschweren Tätigkeiten und schweren Tätigkeiten, Zahlenwerte zu Diagramm 10

MdE (%)	Leichte Tätigkeit	Schwere Tätigkeit
N	20	10
Mittelwert	29,5	37
Median	22,5	32,5
Min.	0	10
Max.	80	60
75% Quantil	40	60
25% Quantil	20	20

Bisher unabhängig voneinander wurden die Dauer der Arbeitsunfähigkeit und die Minderung der Erwerbsfähigkeit betrachtet. Zur besseren Beurteilung werden die beiden Größen in einem Streudiagramm gegenübergestellt. Bei einer Normalverteilung der beiden Merkmale käme der Korrelationskoeffizient r nach Pearson zur

Anwendung. Wäre dies nicht der Fall, müsste auf den Korrelationskoeffizienten ρ nach Spearman ausgewichen werden.

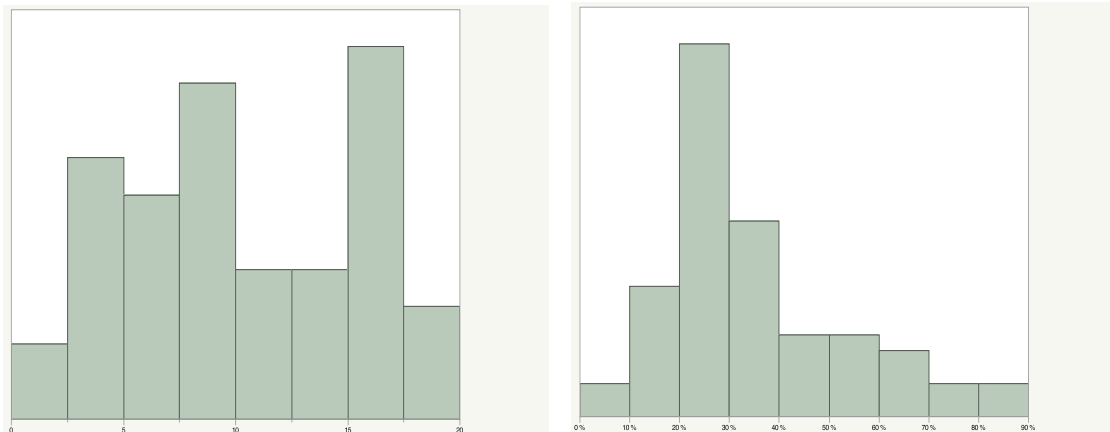


Diagramm 11: Histogramme: Dauer der AU (links) und Höhe der MdE (rechts) im 1. RG. X-Achse links: AU in Monaten (0-20). X-Achse rechts: MdE in % (0-90). Y-Achse: Anzahl an Patienten (nicht skaliert)

Bei beiden Merkmalen handelt es sich nicht um Normalverteilungen (s. Diagramm 11). Daher wird der Korrelationskoeffizient nach Spearman berechnet.

Diagramm 12 zeigt nun das Streudiagramm zur Ermittlung einer potenziellen Korrelation.

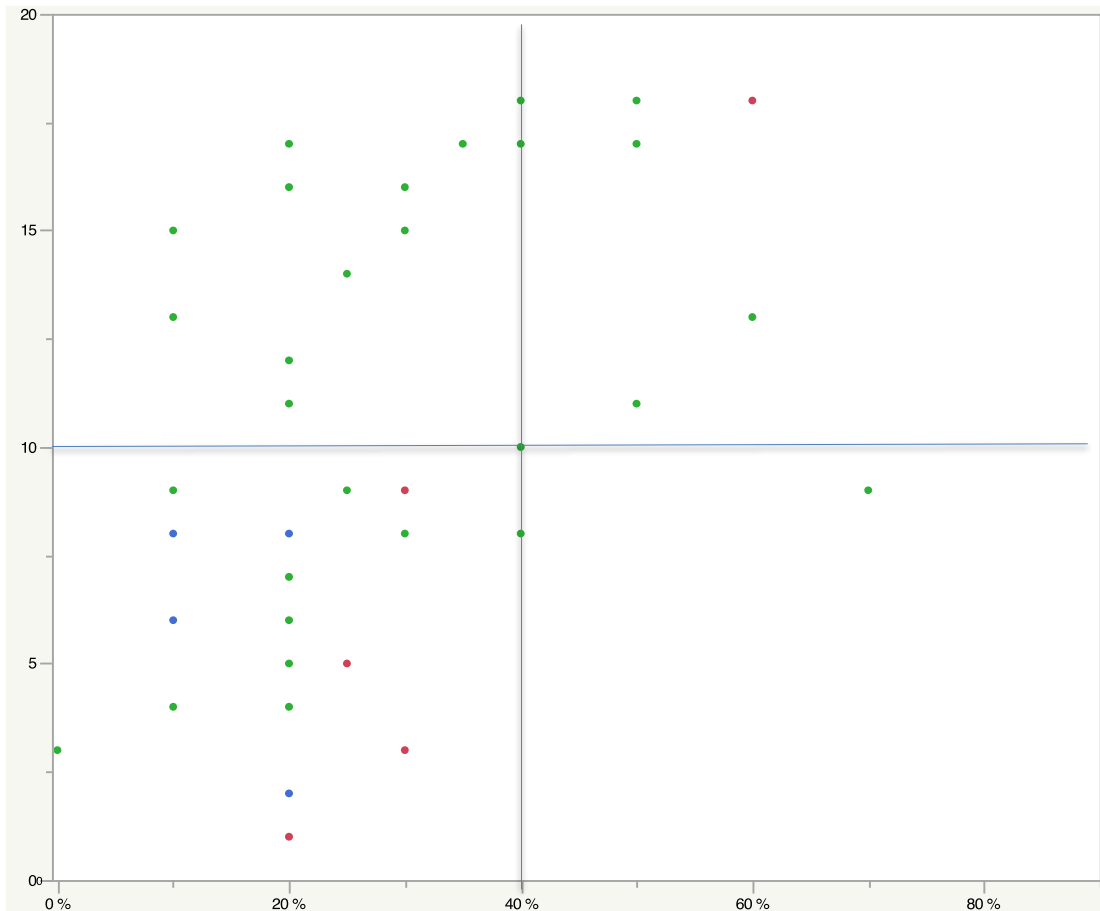


Diagramm 12: Streudiagramm: Dauer der AU gegenüber MdE. X- Achse: MdE in % (0-80). Y-Achse: Dauer der AU in Monaten (0-20). Blau: A-Frakturen. Rot: B-Frakturen. Grün: C-Frakturen.

Wenn man das Diagramm in vier Quadranten unterteilt, sieht man, dass im linken unteren und linken oberen Quadranten die meisten Punkte liegen. Im Gegensatz dazu liegt im rechten unteren Quadranten nur ein Punkt. Bei einer perfekten positiven Korrelation würde man die meisten Punkte im linken unteren und rechten oberen Quadranten erwarten. Die MdE fällt selten größer als 40% aus (rechte Hälfte enthält wenige Punkte), während die Dauer der AU ebenfalls häufig schon bei einer MdE <40% Werte >10 Monate annimmt. Um festzustellen, ob dies eher bei C-Frakturen der Fall ist, wurden die Punkte nach ihren Hauptklassifikationen angefärbt. Die blauen (A-Frakturen) und roten (B-Frakturen) Punkte befinden sich alle im linken unteren und rechten oberen Quadranten. Das bedeutet, dass bei diesen die Dauer der AU und die Höhe der MdE beide etwa proportional an-

steigen. Im linken oberen Quadranten liegen dagegen nur grüne Punkte (C-Frakturen). Es ist also auffällig, dass nur Patienten mit C-Frakturen bereits bei einer MdE <40% teilweise länger als 10 Monate arbeitsunfähig sind.

Für die Berechnung der Korrelation fehlen 20 Werte.

Tabelle 14: Korrelation zwischen der MdE im 1. RG (%) und der Dauer der AU (Monate)

Korrelation	RG (%)	AU (Monate)
RG (%)	1,0000	0,5550
AU (Monate)	0,5550	1,0000

Der Korrelationskoeffizient ρ nach Spearman beträgt +0,555. Das heißt, es besteht eine positive Korrelation (je höher die MdE im 1. RG, desto länger die Dauer der AU). Eine perfekte positive Korrelation würde 1,0 betragen (s. Korrelation von 1. RG bzw. AU mit sich selbst in Tabelle 14).

3.4 Auswirkungen von Begleitverletzungen

Insgesamt hatten 11 von 67 Patienten (ca. 18 %) mindestens eine der sechs erfassten Begleitverletzungen (s. Tabelle 15). Betrachtet man die Verteilung auf A-, B- und C-Frakturen, ergibt sich folgendes Bild: Die Gesamtzahl reduziert sich auf $n=65$ da bei 2 Patienten keine Hauptklassifikation bekannt ist. Unter den A-Frakturen traten bei keinem der 8 Patienten Begleitverletzungen auf, unter den B-Frakturen bei 3 von 13 (23,1%) und unter den C-Frakturen bei 8 von 44 (18,2%) Patienten (s. Tabelle 15).

Tabelle 15: Anzahl an Begleitverletzungen bei A-, B- und C-Frakturen

Begleitverletzung	A	B	C	% von Gesamt
Nein	8	10	36	82,1
Ja	0	3	8	17,9

Um einen Vergleich anstellen zu können, welche Auswirkungen die verschiedenen Begleitverletzungen auf die Minderung der Erwerbsfähigkeit und die Arbeitsunfähigkeit haben, gilt als Referenz die durchschnittliche MdE bzw. AU der Patienten, die keine Begleitverletzungen hatten.

Die Gesamtzahl der Patienten ohne Begleitverletzungen (Gruppe 1), von denen die Dauer der AU bekannt ist, beträgt $n=38$. Dazu kommen 7 Patienten mit Begleitverletzungen (Gruppe 2). Der Mittelwert von Gruppe 1 mit 9,9 steigt im Vergleich zu Gruppe 2 mit 11,1 um 1,2 Monate an. Ebenso steigt der Median von 8,5 auf 11. Die Spannweite fällt bei der Gruppe 1 größer aus (Gruppe 1: 1 – 18, Gruppe 2: 8 – 17). Das $Q_{0,25}$ steigt von 4,75 auf 9, während das $Q_{0,75}$ von 16 auf 13 fällt (s. Diagramm 13).

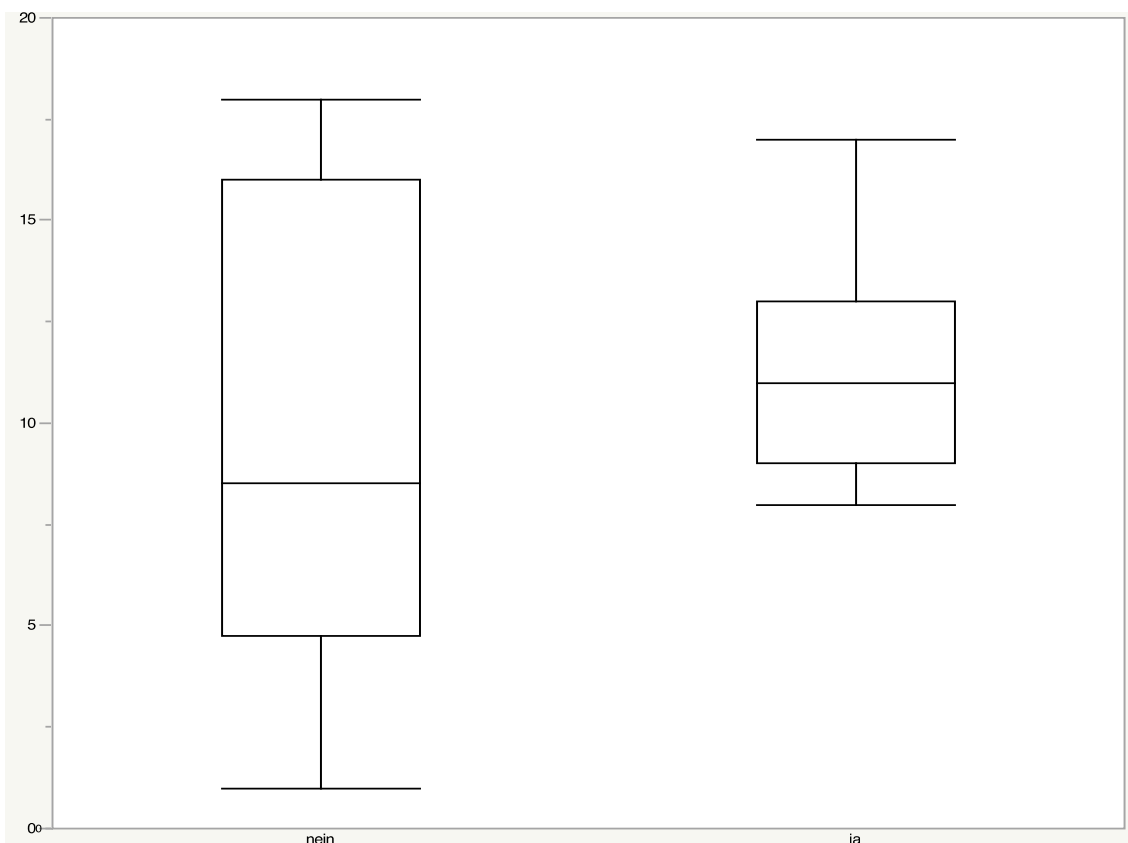


Diagramm 13: Boxplots: Dauer der Arbeitsunfähigkeit bei Patienten mit und ohne Begleitverletzungen. X-Achse: links: ohne Begleitverletzung, rechts: mit Begleitverletzung. Y-Achse: Dauer der AU in Monaten (0-20)

Tabelle 16: Dauer der Arbeitsunfähigkeit (in Monaten) mit Begleitverletzungen (nein/ja), Zahlenwerte zu Diagramm 13

AU (Monate)	Begleitverletzung	
	Nein	Ja
Mittelwert	9,9	11,1
Min.	1	8
Max.	18	17
Median	8,5	11
75% Quantil	16	13
25% Quantil	4,8	9
N	38	7
% von Gesamt	82,8	17,2

Beim Vergleich der beiden Gruppen bezüglich der MdE zeigt sich, dass die Spannweite der Werte, ob mit oder ohne Begleitverletzungen (BV), gleich groß ist, das Minimum und Maximum lediglich um 10% zunimmt (s. Diagramm 14). Auch das 25%-Quantil liegt bei der Gruppe mit BV nur um 1,3% höher. Ein wesentlicher Unterschied fällt jedoch beim 75%-Quantil auf, das von 30% (ohne BV) auf 60% (mit BV) steigt. Auch der Median steigt von 20 auf 45% und der Mittelwert von 27,4 auf 43,8%. Das bedeutet, dass Beckenringverletzungen mit Begleitverletzungen nicht nur im Schnitt für eine höhere MdE sorgen, sondern, dass Begleitverletzungen häufig eine außergewöhnlich hohe MdE mit sich bringen (weshalb das $Q_{0,75}$ verdoppelt wird).

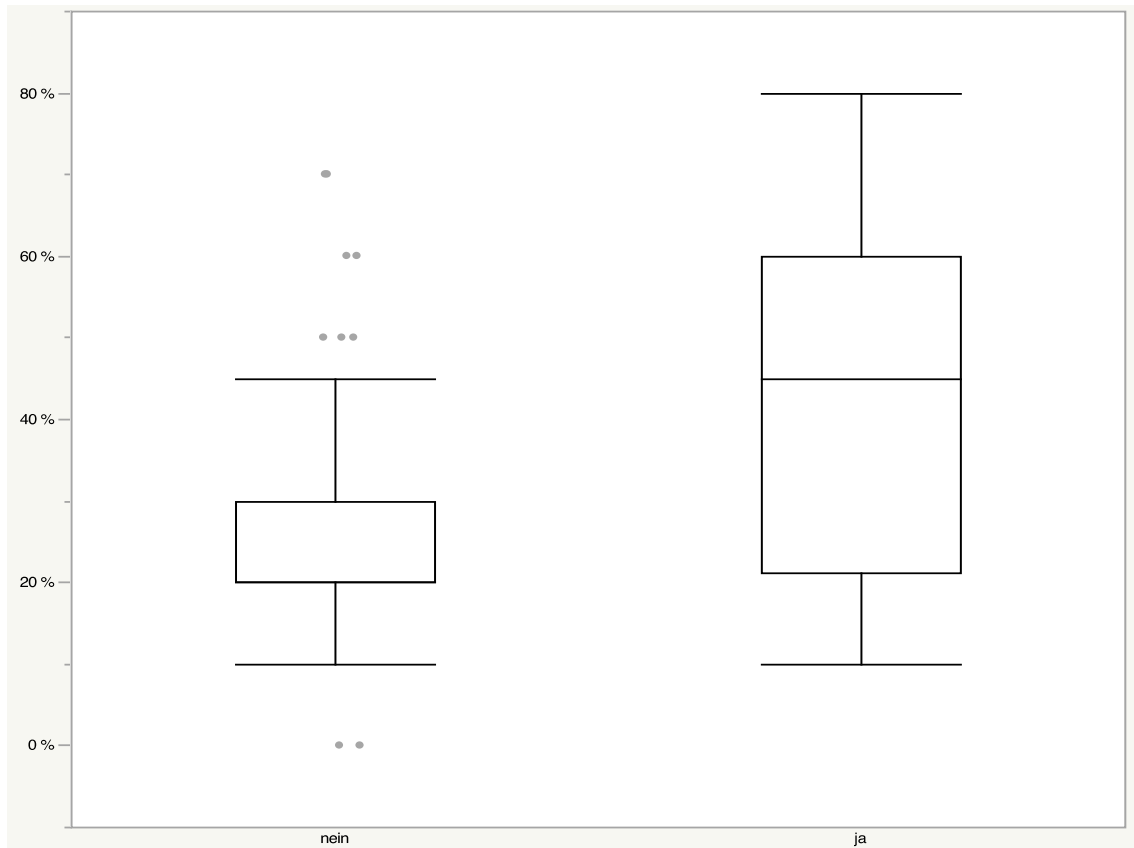


Diagramm 14: Boxplots: MdE im 1. RG bei Patienten mit und ohne Begleitverletzungen. X-Achse: links: ohne Begleitverletzungen, rechts: mit Begleitverletzungen. Y-Achse: MdE in % (0-80)

Tabelle 17: MdE (%) im 1. RG bei Patienten mit Begleitverletzungen (nein/ja), Zahlenwerte zu Diagramm 14

Begleitverletzung	Nein	Ja
Mittelwert	27,4	43,8
Min.	0	10
Max.	70	80
Median	20	45
75% Quantil	30	60
25% Quantil	20	21,3
N	51	12
% von Gesamt	72,66	27,34

Wenn man die Dauer der AU, bezogen auf die einzelnen Begleitverletzungen, betrachtet, stehen an erster Stelle die Urethraverletzungen. Sie haben mit durchschnittlich 14 Monaten AU und einer Spannweite von 11-17 Monaten die höchsten Werte. An zweiter Stelle folgen die Acetabulumfrakturen (zur Erfassung von Acetabulumfrakturen als Begleitverletzung s. Kapitel 2.2.1) mit einem Mittelwert von 11 Monaten und einer Spannweite von 9-13 Monaten. Amputationen und Polytraumata weisen mit Mittelwerten von 9,5 bzw. 10 Monaten und einer Range von 8-11 bzw. 9-11 keine nennenswerten Unterschiede auf. Zu Plexusläsionen und Hirnblutungen liegen bezüglich der Dauer der AU keine Daten vor. Dies liegt an der fehlenden Rückmeldung dieses Patientenguts. (s. Kap. 2.1 Studiendesign und Datenrekrutierung).

Die MdE im 1. RG fällt ebenfalls bei den Urethraverletzungen mit einem Mittelwert von 52,5% und einer Spannweite von 20-80% am höchsten aus (abgesehen von der einzigen Plexusläsion mit 80% MdE wo man nicht von einem Mittelwert reden kann). An zweiter und dritter Stelle folgen die Amputationen mit einem Mittelwert von 45% und einer Range von 40-50% und die Acetabulumfrakturen mit einem Mittelwert von 35% und einer Range von 20-60%. Das Polytrauma dagegen zeigt mit 25% MdE und einer Range von 20-30% die niedrigsten Werte (s. Tabelle 18). Ein Patient weist zwei Merkmale gleichzeitig auf: eine Urethraverletzung und ein Polytrauma.

Tabelle 18: Dauer der AU (Monate) und Höhe der MdE (%) bei den einzelnen Begleitverletzungen

Begleitverletzung	AU (Monate)				MdE (%)			
	N	Min.	Max.	Mittelwert	N	Min.	Max.	Mittelwert
Azetabulum	2	9	13	11	3	20	60	35
Urethra	2	11	17	14	4	20	80	52,5
Amputation	2	8	11	9,5	2	40	50	45
Polytrauma	2	9	11	10	2	20	30	25
Plexusläsion	0	-	-	-	1	80	80	80
Hirnblutung	0	-	-	-	1	10	10	10

3.5 Rückkehr in die zuvor ausgeübte Arbeit

Abzüglich der Rentner (n=8) konnten von insgesamt 59 Patienten 39 (66,1%) wieder in die alte Arbeit zurückkehren, während für 20 Patienten dies nicht möglich war.

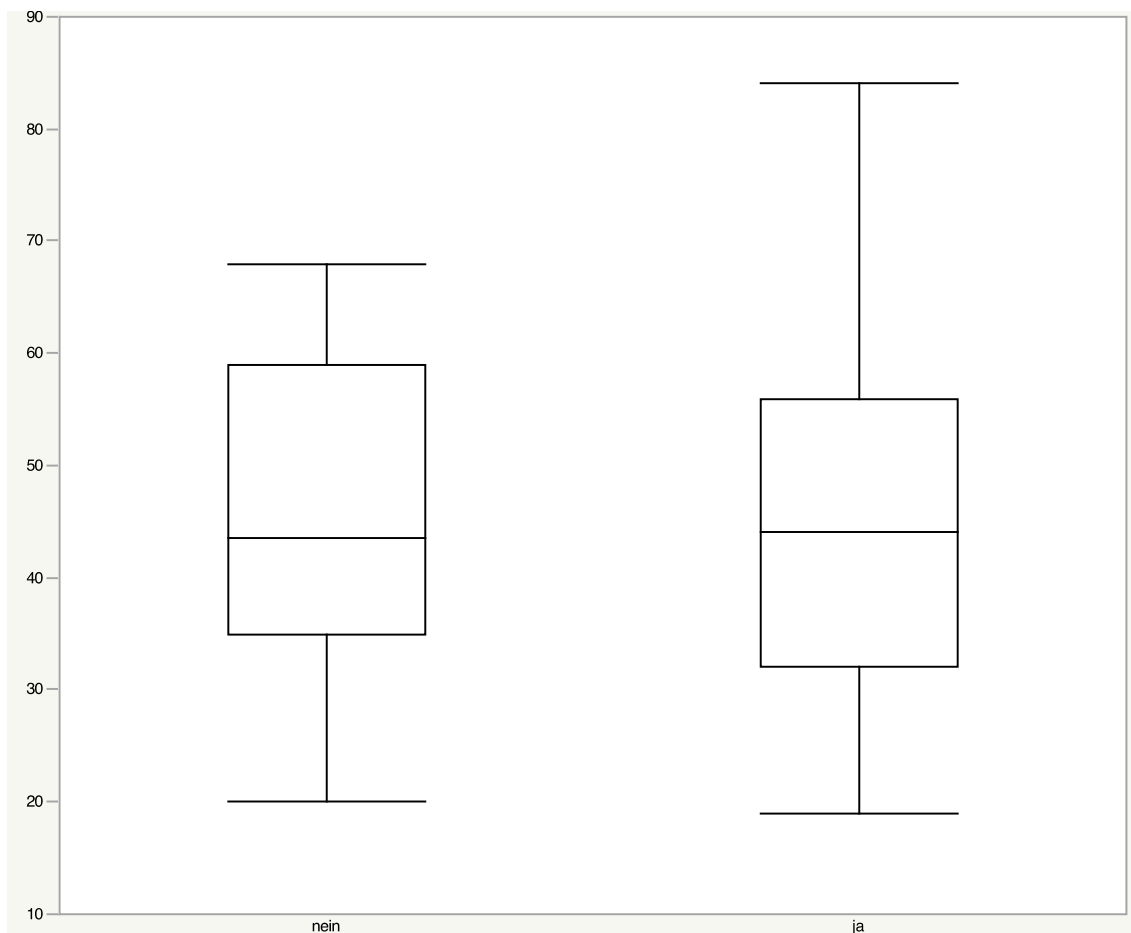


Diagramm 15: Boxplots: Altersverteilung bei möglicher oder nicht möglicher Rückkehr in die alte Arbeit. X-Achse: links: Nicht-Rückkehrer, rechts: Rückkehrer. Y-Achse: Alter in Jahren (10-90)

Tabelle 19: Altersverteilung bei Rückkehr (nein/ja) in die alte Arbeit, Zahlenwerte zu Diagramm 15

Alter bei Unfall (in Jahren)	Rückkehrer	
	Nein	Ja
N	20	39
Mittelwert	45	45,3
Min.	43,5	44
Max.	68	84
Median	43,5	44
75% Quantil	59	56
25% Quantil	35	32

Vergleicht man die Altersverteilung der Rückkehrer und der Nicht-Rückkehrer (s. Diagramm 15), fällt auf, dass der Median (mit 43,5 und 44 Jahren) und der Mittelwert (mit 45 und 45,3 Jahren) nahezu identisch ist (s. Tabelle 19). Auch die 25%- und 75%-Quantile sind bei den Rückkehrern nur minimal kleiner. Lediglich die Spannweite ist bei den Rückkehrern (v.a. nach oben) größer.

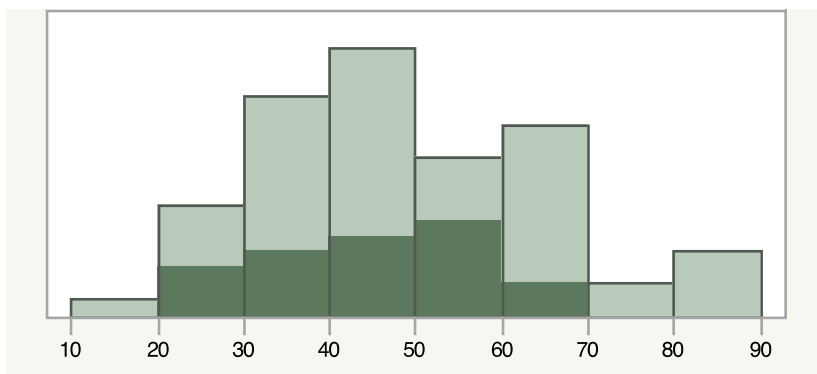


Diagramm 16: Histogramm: Altersverteilung (Rückkehrer hellgrün; Nicht-Rückkehrer dunkelgrün).
X-Achse: Alter in Jahren (10-90). Y-Achse: Häufigkeit (nicht skaliert)

Wenn man sich den Anteil der Nicht-Rückkehrer an den Rückkehrern bezogen auf das Patientenalter anschaut (s. Diagramm 16), kann man keine klare Tendenz feststellen. Die Altersgruppe mit dem größten Anteil an Nicht-Rückkehrern ist diejenige der 50- bis 60-Jährigen, während der Anteil an Rückkehrern zwischen 40 und 50 Jahren am größten ist. Unter 20 Jahren und über 70 Jahren gibt es keine Nicht-Rückkehrer.

Neben dem Alter wurden auch die Begleitverletzungen (nachfolgend BV) bezüglich der Rückkehr in die alte Arbeit betrachtet. Nur 10% (1 von 10) derer, die mindestens eine Begleitverletzung hatten, konnten in die alte Arbeit zurückkehren.

Das Alter von Rückkehrern mit einer hohen MdE (mindestens 60%) beträgt im Mittel 40 Jahre. Hier spielten Begleitverletzungen keine Rolle.

Bei den Nicht-Rückkehrern wurden zunächst die mit geringer MdE ($\leq 25\%$) bezüglich des Alters und der BV betrachtet. Es zeigt sich entweder ein Alter >60 Jahre (68 und 63 Jahre) oder mindestens eine Begleitverletzung. Lediglich in einem Fall (10% MdE, 20 Jahre alt, keine BV) kam es erst nach Umschulung zu einer Wiedererlangung der Arbeitsfähigkeit.

Als nächstes wurden die Nicht-Rückkehrer mit hoher MdE ($\geq 60\%$) bezüglich des Alters und der BV betrachtet. Es zeigt sich erneut entweder ein hohes Alter (84 Jahre) oder mindestens eine Begleitverletzung.

Berechnet man den Anteil der Nicht-Rückkehrer (NR) bezogen auf die Frakturklassifikationen, ergibt sich folgendes Bild: unter den A-Frakturen machen die NR 14,3%, unter den B-Frakturen 33,3% und unter den C-Frakturen 36,6% aus (s. Diagramm 17).

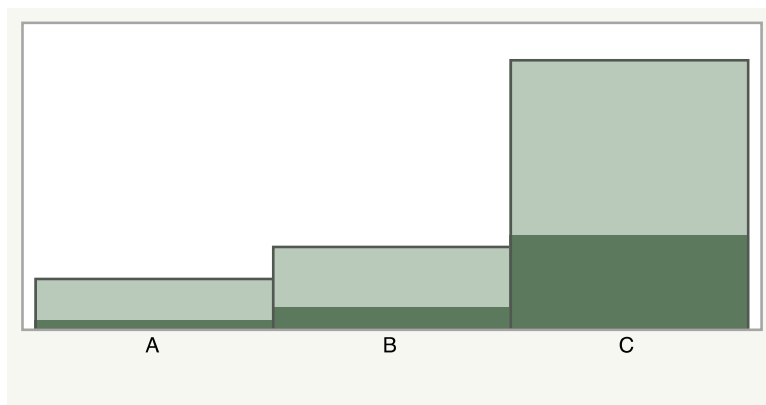


Diagramm 17: Histogramm: Rückkehrer (hellgrün), Nicht-Rückkehrer (dunkelgrün) bei A-, B- und C-Frakturen. X-Achse: Hautfrakturklassifikation. Y-Achse: Häufigkeit (nicht skaliert)

Vergleicht man die MdE im 1. RG der Nicht-Rückkehrer (NR) mit der der Rückkehrer (R), zeigt sich, dass Mittelwert und Median bei den Rückkehrern kleiner ausfallen (Median: R: 20%, NR: 35%; Mittelwert: R: 25,9%, NR: 37,9%). Die

Spannweite liegt für die Rückkehrer bei 0-80% und für die NR bei 10-80%. Jedoch liegt das 75%-Quantil der Rückkehrer bei 30% und der NR bei 50%. Das 25%-Quantil liegt für beide Gruppen bei 20% (s. Diagramm 18).

Somit fallen Median bzw. Mittelwert und $Q_{0,75}$ bei Nicht-Rückkehrern wesentlich höher aus.

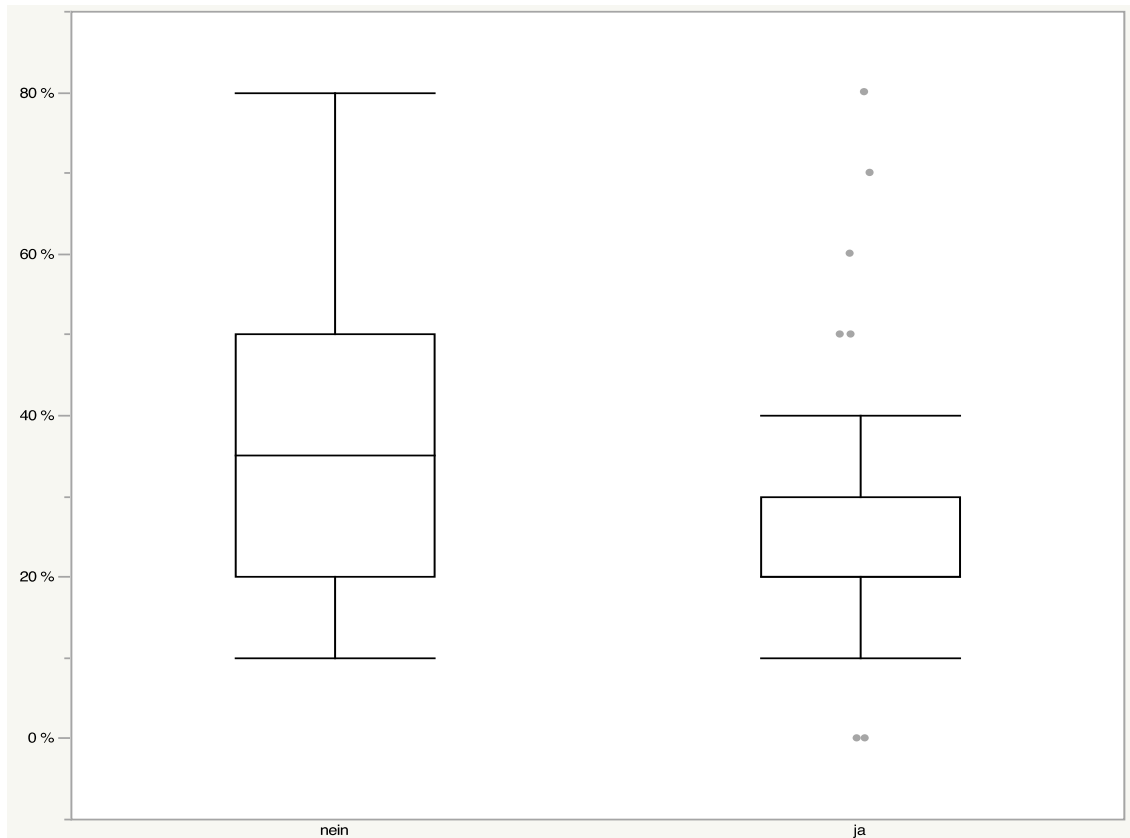


Diagramm 18: Boxplots: MdE im 1. RG bei Nicht-Rückkehrern und Rückkehrern. X-Achse: links: Nicht-Rückkehrer, rechts: Rückkehrer. Y-Achse: MdE in % (0-80)

Tabelle 20: Höhe der MdE (%) im 1. RG bei Nicht-Rückkehrern (nein) und Rückkehrern (ja), Zahlenwerte zu Diagramm 18

MdE (%)	Rückkehrer	
	Nein	Ja
N	19	38
Mittelwert	37,9	25,9
Min.	10	0
Max.	80	80
Median	35	20
75% Quantil	50	30
25% Quantil	20	20

3.6 Umschulungen

Abzüglich der 8 Rentner sind es 20 von 59 Patienten die nicht an ihren alten Arbeitsplatz zurückkehren konnten. Davon absolvierten 5 Patienten (25%) eine Umschulung. Gemessen am Gesamtkollektiv ist das Alter derjenigen Patienten, die später eine Umschulung angingen, zum Unfallzeitpunkt um 29,2% geringer (Mittelwert 46,3 → 23,8 Jahre). Der Median sinkt von 44,5 auf 34 Jahre. Während die Altersspanne beim Gesamtkollektiv von 19 bis 84 Jahren reicht, liegt diese für Patienten mit Umschulung bei 20 bis 49 Jahren. Ähnlich verhalten sich die Quartile der beiden Gruppen (s. Diagramm 19). Die Umschulungen zeigten zu 100% Erfolg, da alle 5 umgeschulten Patienten anschließend wieder erwerbsfähig waren.

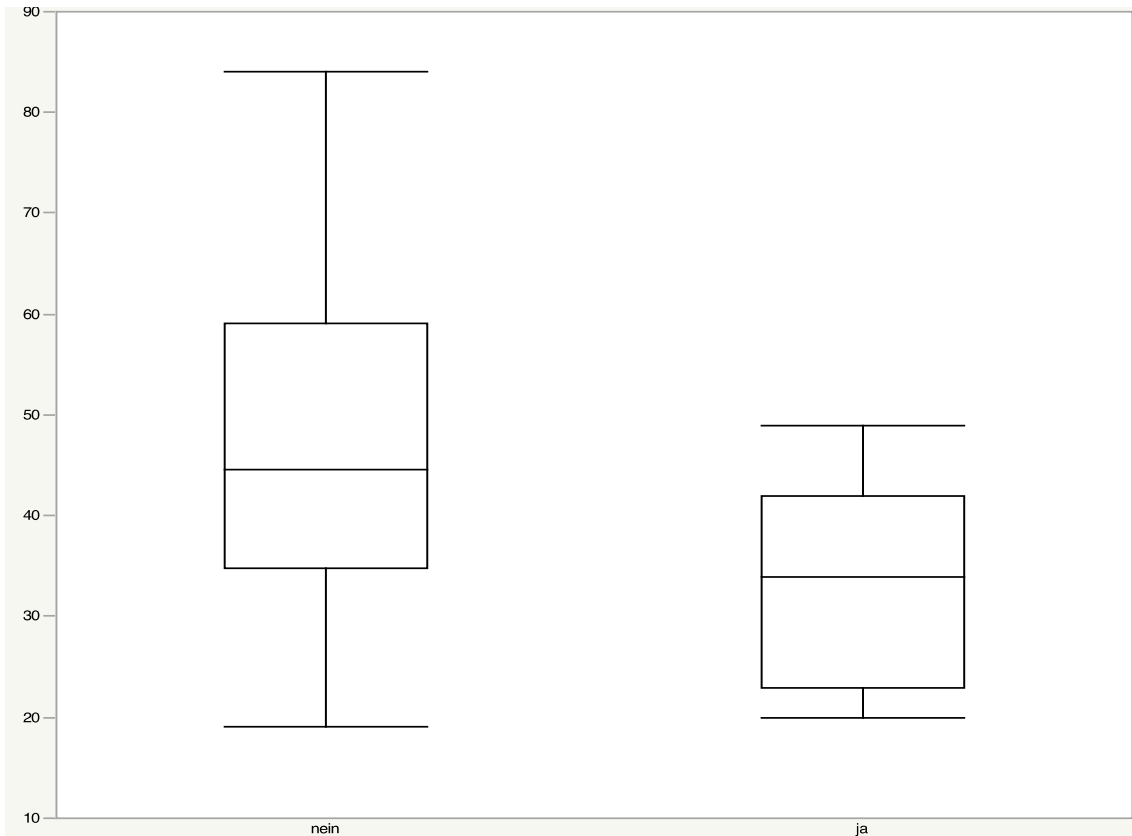


Diagramm 19: Boxplots: Unfallalter bei Patienten ohne und mit Umschulung. X-Achse: links: ohne Umschulung, rechts: mit Umschulung. Y-Achse: Unfallalter in Jahren (10-90)

Tabelle 21: Unfallalter bei Patienten ohne und mit Umschulung, Zahlenwerte zu Diagramm 19

Alter bei Unfall	Umschulung	
	Nein	Ja
N	54	5
Mittelwert	46,3	32,8
Min.	19	20
Max.	84	49
Median	44,5	34
75% Quantil	59	42
25% Quantil	34,8	23

Einen schnellen Überblick über die Auswirkungen der erfassten Begleitverletzungen und der Frakturklasse auf die Dauer der AU, MdE und Rückkehr in die alte Arbeit zeigt folgende Tabelle (↑ positiver Zusammenhang, ↓ negativer Zusammenhang, /kein Zusammenhang).

Tabelle 22: Einfluss von Begleitverletzungen und Frakturklasse auf die Dauer der AU, MdE und die Rückkehr in die zuvor ausgeübte Tätigkeit

	Dauer der AU	MdE	Rückkehrer
Begleitverletzungen	↑	↑	↓
Frakturklasse	↑	/	↓

4 Diskussion

4.1 Ergebnisbeurteilung

In der Literatur machen Typ-A- und Typ-B-Verletzungen 70-80% aller Beckenverletzungen aus. (Stöckle, 2001 S. 28) Die Anzahl der Typ-A- und Typ-B-Frakturen in dieser Studie fällt relativ klein aus, da durch die meist konservative Behandlung keine stationäre Aufnahme nötig ist. Das Patientengut beschränkt sich auf stationär behandelte Patienten unabhängig von einer durchgeführten operativen Therapie des Beckenrings.

Geschlechter- und Altersverteilung

Der Männeranteil ist mit fast 4 von 5 Patienten sehr hoch. Ein Grund dafür könnte ein allgemein hoher Anteil der männlichen Erwerbstätigen sein. Laut Statistischem Bundesamt haben im Jahr 2018 2,2-mal mehr Männer in der Land- und Forstwirtschaft und Fischerei und 6,3-mal mehr Männer im Baugewerbe gearbeitet. (Statistisches Bundesamt Deutschland, 2018)

In einem Bericht vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales aus dem Jahr 2018 sind die meldepflichtigen Arbeitsunfälle der jeweiligen Berufsgenossenschaften aufgeführt. Die BG Bau und die Landwirtschaftliche BG führen die Liste deutlich an. Zusammen kommen sie auf 30,9% Arbeitsunfälle aller Berufsgenossenschaften während die restlichen Berufsgenossenschaften auf durchschnittlich 6,9% kommen. (Bundesministerium für Arbeit und Soziales, 2019 S. 84)

In unserem Patientengut sind 74,6% aller Patienten durch die Landwirtschaftliche BG und die BG Bau versichert. Damit sind diese beiden Berufsgenossenschaften am stärksten vertreten. Beide haben in unserer Studie einen deutlich höheren Männeranteil in ihren Reihen (BG Bau: 87,0%, Landwirtschaftliche BG: 88,9%). Statistisch kommt es auf diese Art und Weise auch zu einem hohen Männeranteil im Gesamtkollektiv.

Möglich wäre auch, dass sich verhältnismäßig mehr Männer verletzen. Laut Bundesministerium für Arbeit und Soziales erlitten im Jahr 2018 in der Land- und

Forstwirtschaft und Fischerei 3,4-mal mehr Männer als Frauen einen meldepflichtigen Arbeitsunfall. Wie oben bereits erwähnt waren es in diesem Wirtschaftszweig 2,2-mal mehr Männer als Frauen. Somit kommt zu der statistischen Männerdominanz noch hinzu, dass es bei Männern prozentual häufiger zu Arbeitsunfällen kommt. (Bundesministerium für Arbeit und Soziales, 2019 S. 88)

Laut Heller et.al. (1998) treten B- und C-Frakturen v.a. nach Verkehrsunfällen und Stürzen aus großer Höhe auf. (Heller, et al., 1998 S. 702-709) Im Straßenverkehr kamen laut dem Statistischen Bundesamt im Jahr 2017 fast dreimal so viele Männer gegenüber Frauen in Deutschland ums Leben. Der männliche Anteil unter den Schwerverletzten betrug 61,5% und unter den tödlich Verunglückten 73,9% (Statistisches Bundesamt, 2017). Ein Grund für diesen deutlichen Unterschied könnte die erhöhte Risikobereitschaft bei den Männern sein was sich auch in den Berufsunfällen widerspiegeln würde. Dazu kommt, dass Männer während der Arbeit tendenziell höheren körperlichen Risiken ausgesetzt sind, weil der Männeranteil in den körperlich schweren Berufen deutlich größer ist. In dieser Studie sind es sogar ausschließlich Männer in den körperlich schweren Berufen (s. Tabelle 2). Ähnliche Hinweise gibt eine Studie aus dem Jahr 1997 von Brenneman et al. Er untersuchte das Langzeit-Outcome nach offenen Beckenfrakturen. Diese sind mit einem Anteil von 4% bei Polytraumata mit Beckenfraktur eher selten. Bei offenen Beckenringfrakturen lag der männliche Anteil bei 75% und bei geschlossenen Beckenringfrakturen bei 57%. (Brenneman, et al., 1997 S. 773-777) Die Altersverteilung unter den Frauen (s. Diagramm 2) stellt sich, anders als die von Männern dominierte Gesamtverteilung, zweigipflig dar (bimodale Verteilung). Häufiger sind häusliche Stürze (Niedrigenergie-traumata) im hohen Alter. Culemann beschreibt ähnliche Häufigkeitsgipfel: einen bei jungen, typischerweise männlichen Patienten (25-35 Jahre), den anderen v.a. bei ca. 80-jährigen Frauen. Gewöhnlich brauche es eine hohe Energieeinwirkung, um das stabile knöcherne Becken zu frakturieren. Deshalb seien Beckenfrakturen bei jungen Menschen meist schweren Traumata zuzuordnen. Laut Pohlemann et al. steigt der Anteil der B- und C-Frakturen im Straßenverkehr mit zunehmender Geschwindigkeit (Pohlemann, et al., 2000 S. 267-274) und folglich

zunehmender Energie. Deshalb wird auch von Hochenergietraumata gesprochen. Der Häufigkeitsgipfel bei älteren Frauen sei dagegen hauptsächlich durch die Abnahme der Knochendichte (Osteoporose) zu erklären. (Culemann, et al., 2010 S. 258-271) Diese Niedrigenergietraumata im hohen Alter, aber auch Beckenringverletzungen ohne vorangegangenes Trauma (Insuffizienzfrakturen), nehmen aufgrund des demografischen Wandels immer mehr an Bedeutung zu. So schreiben Oberkircher et al., dass die Inzidenz der osteoporotischen Beckenringfrakturen von über 60-Jährigen in Deutschland bei 224/100.000 Einwohnern pro Jahr liege. *„[...] eine retrospektive finnische Analyse ergab eine Steigerung der Inzidenz geriatrischer Beckenringfrakturen von 73 auf 364/100 000 im Zeitraum von 1970 bis 1997 bei Patienten mit einem Alter ≥ 80 Jahren.“* (Oberkircher, et al., 2018 S. 70-80) Die Tatsache, dass unsere Studie in der Gesamtverteilung nicht den in der Literatur beschriebenen zweigipfligen Verlauf zeigt (sondern nur bei den Frauen) kann dadurch erklärt werden, dass der Anteil der Frauen so gering ist, dass der Gipfel im hohen Alter weniger auffällt. Außerdem sind die häuslichen Stürze bei Frauen im hohen Alter meist nicht berufsgenossenschaftlich versichert.

Zahlreiche weitere Studien haben sich in den letzten Jahren mit diesem Thema beschäftigt. Aufgrund der andersartigen Morphologie der Verletzungen des geriatrischen Patientenkollektivs dieser Frakturen haben Rommens und Hofmann eine Klassifikation geriatrischer Beckenfrakturen mit vier Instabilitätsgraden erstellt. (Maier, et al., 2016 S. 80-85) (Stuby, et al., 2013 S. 351-364) Die Altersverteilung bei Beckenringfrakturen ist in der Literatur bereits zahlreich beschrieben. Besonders der zweite Gipfel (im Alter) ist ein Phänomen, welches aufgrund der sozioökonomischen Relevanz in Zukunft weiter an Bedeutung zunehmen wird.

Die Patienten mit C-Verletzungen sind im Mittel jünger als die mit A- und B-Verletzungen. Das hängt vermutlich damit zusammen, dass schwere Beckenverletzungen, die überlebt werden (und somit überhaupt erst in dieser Studie berücksichtigt werden können), hauptsächlich junge Menschen treffen. Dies zeigte auch eine Studie von Amr Eisa an der Assiut Universität in Ägypten: Ein beeinflussender Faktor für das Überleben innerhalb der ersten 24 Stunden nach einer Beckenringfraktur war das Alter (außerdem das Ausmaß der Weichteilverletzungen,

eine begleitende Schädelverletzung, die Aufnahme auf eine Intensivstation und ein auffälliger Sonografiebefund im Rahmen des FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma)). (Eisa, et al., 2018 S. 10)

Wiedererlangung der Arbeitsfähigkeit

Die mittlere Dauer der AU beträgt gut 10 Monate. Teilt man die Ergebnisse nach den Hauptklassifikationen (A, B und C) auf, sieht man einen Anstieg der mittleren Dauer der AU und somit ein Zusammenhang zwischen der Schwere der Verletzung und der Dauer der Arbeitsunfähigkeit. Während eine A-Fraktur meist konservativ behandelt wird, was eine frühe Mobilisation ermöglicht, und bei den B-Frakturen häufig eine ventrale Stabilisierung des Beckenrings ausreicht, muss bei einer C-Verletzung, die grundsätzlich als instabil definiert ist, vor der Mobilisation sowohl eine dorsale als auch ventrale Stabilisierung erfolgen. (Tosounidis, et al., 2009 S. 107-120) Die komplette Instabilität scheint – ob direkt oder indirekt (über BV) – zu einer im Vergleich zur B-Verletzung im Mittel 3 Monate längeren Heilungs- bzw. Rehabilitationsphase (s. Tabelle 5) zu führen. Die bisherige Literatur zeigt, dass die AO-Klassifikation nur wenig über die Erholung und die Rückkehr in die alte Arbeit nach instabiler Beckenringfraktur aussagt. (Weber, et al., 2001 S. 1162-1167) Außerdem geht die AO-Klassifikation nur auf den Ort der Fraktur und der daraus resultierenden Instabilität ein, nicht jedoch auf das Ausmaß der Dislokation und der damit verbundenen Weichteilschädigung. Wie Kokubo et al. zeigten, haben v.a. Nervenschädigungen und eine Dislokation von über 20 mm einen negativen Effekt auf das Langzeitergebnis. (Kokubo, et al., 2017) Eine aktuelle Studie zeigt, dass instabile Beckenringfrakturen (Typ-B und -C Frakturen) deutlich häufiger mit abdominellen Begleitverletzungen einhergehen als stabile Typ-A Frakturen. Dabei verzögert sich der Zeitpunkt der definitiven Versorgung (und damit die Dauer der Arbeitsunfähigkeit) aber das klinische Outcome verschlechtert sich dadurch nicht. (Küper, et al., 2020 S. 8)

Das könnte ein Hinweis darauf sein, dass viele Begleitverletzungen zwar Auswirkungen auf die Dauer der AU haben, jedoch v.a. Nervenverletzungen und die postoperativen Osteosynthese-Ergebnisse (s. Kokubo et al.) schlechtere langfristige klinische Ergebnisse verursachen.

Insgesamt konnten ein Drittel der Patienten nicht mehr in ihre vor dem Unfall ausgeübte Arbeit zurückkehren. Nusser et al. (2015) kamen in einer Studie, die ein gemischtes Patientengut mit sowohl Beckenring- als auch Acetabulumfrakturen inkludierte, zu dem Ergebnis, dass jeder fünfte Betroffene seine Arbeit verliert. (Nusser, et al., 2015 S. 282-288) In unserer Studie konnte kein Patient mit Beckenring- und zusätzlicher Acetabulumfraktur in die alte Arbeit zurückkehren. Diese Tatsache, gepaart mit den o.g. Zahlen, legt die Vermutung nahe, dass die Kombination beider Frakturen eine ungünstige Prognose zur Folge hat. Es stellt sich die Frage welche Verletzung größere Auswirkungen auf die Wiedererlangung der alten Arbeit hat. Aprato et al. haben zwei getrennte Studien mit derselben Fragestellung sowohl für Beckenring- als auch für Acetabulumfrakturen durchgeführt. Nach Beckenringfrakturen konnten 58% der Patienten wieder in ihre alte Arbeit zurückkehren. Bei Acetabulumfrakturen lag diese Quote bei 69%. (Aprato, et al., 2017 S. 31-35) (Aprato, et al., 2016 S. 169-173) Diese Studien haben gezeigt, dass die Beckenringfraktur einen größeren negativen Einfluss auf die Wiedererlangung der Arbeitsfähigkeit hat als die Acetabulumfraktur. Unsere Studie zeigt den summierenden negativen Effekt auf die Wiedererlangung der Arbeit.

Bezogen auf die Frakturklassen (s. Diagramm 17) konnte gezeigt werden, dass die Anzahl an Patienten, die nicht in die alte Arbeit zurückkehren konnten, von A- über B- zu C-Frakturen steigt. A-Frakturen werden in der Regel konservativ behandelt – die Patienten werden somit schnell mobilisiert und können nach durchschnittlich nur 5,4 Monaten (s. Tabelle 5) ihre Arbeit wiederaufnehmen. Da z.B. bei Abrissfrakturen am Os ilium Komplikationen unwahrscheinlich sind, ist die Rate der Nicht-Rückkehrer mit 14,3% eher gering. Bei B-Frakturen kann es durch die partielle Instabilität bzw. durch die Symphysensprengung oder Fraktur des vorderen Beckenrings leichter zu Begleitverletzungen wie z.B. Urethraverletzungen kommen (s. unten). In einer multizentrischen Studie der *Arbeitsgruppe Becken* der Deutschen Sektion der *AO International* und der *DGU* aus dem Jahr 1997 wurde das Langzeitergebnis nach Beckenfrakturen untersucht. Dabei spielten klinische (z.B. Schmerzen und Begleitverletzungen) und radiologische Krite-

rien sowie das Maß der sozialen Reintegration eine Rolle. Die klinische Untersuchung ergab, dass von den Patienten, die ein sehr gutes Therapieergebnis erreichten, die meisten eine A-Fraktur und die wenigsten eine C-Fraktur hatten. Dasselbe war bei den radiologischen Ergebnissen zu erkennen. Von den Patienten, die ein gutes radiologisches Ergebnis erzielten, hatten die meisten eine A-Fraktur und die wenigsten eine C-Fraktur erlitten. Was die soziale Reintegration betrifft, schnitten die C-Frakturen ebenfalls am schlechtesten ab. (Pohlemann, et al., 1998 S. 161)

Pohlemann beschreibt in einer anderen Studie ähnliche Ergebnisse bezüglich der radiologischen und klinischen Ergebnisse nach A-, B- und C-Frakturen. Allerdings liegen die klinischen Ergebnisse weit hinter den radiologischen Ergebnissen und bleiben letztlich unbefriedigend. (Pohlemann, et al., 1996 S. 160-167)

Aprato et al. (2016) haben sich mit der Dauer der Arbeitsunfähigkeit nach instabilen Beckenringfrakturen beschäftigt. Die mediane Dauer, um in die alte Arbeit zurückzukehren, betrug 195 Tage (entspricht ~6,5 Monate). Das sind fast 4 Monate weniger als in der hier vorliegenden Studie, obwohl ausschließlich instabile Beckenringfrakturen betrachtet wurden. Allerdings ist die Spannweite der Altersverteilung bei Aprato mit 46,3 +/- 12,6 Jahren, im Gegensatz zu unserer Studie mit 48,7 +/- 17,1 Jahren, geringer. In der Vergleichsstudie lag das maximale Alter unter 60 Jahren während unsere Studie Patienten mit über 80 Jahren inkludierte. Das Patientenalter wurde von Aprato allerdings nicht als prognostischer Faktor für die Dauer der Arbeitsunfähigkeit beschrieben. Innerhalb der betrachteten instabilen Beckenringfrakturen gab es folgende Einflussfaktoren: Schweregrad der Verletzung, verzögerte definitive Versorgung und Behandlung auf einer Intensivstation. (Aprato, et al., 2016 S. 169-173)

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Frakturklassifikation, das Vorliegen von Begleitverletzungen sowie teilweise das Alter einen Einfluss auf die Wiedererlangung der Arbeit haben. Aufgrund des positiven Zusammenhangs zwischen der Frakturklassifikation und dem Vorliegen von Begleitverletzungen könnten auch in erster Linie die Begleitverletzungen – und nicht die Fraktur selbst – den entscheidenden Unterschied ausmachen.

Rückkehr in die zuvor ausgeübte Arbeit

Die o.g. Studie von Aprato et al. (2016) ergab einen Anteil an Nicht-Rückkehrern von 24% - in unserer Studie waren es 25,4%.

Um den Einfluss der Höhe der MdE, Begleitverletzungen und des Alters auf die Rückkehr in die alte Arbeit zu untersuchen erfolgte eine Einzelfallanalyse. Hierbei konnten folgende Punkte deutlich herausgestellt werden:

1. Rückkehrer mit hoher MdE ($\geq 60\%$) hatten, bei einem durchschnittlichen Alter von 40 Jahren, keine Begleitverletzungen.
2. Nicht-Rückkehrer mit niedriger MdE hatten entweder ein hohes Alter (≥ 60 Jahre) oder mindestens eine Begleitverletzung.
3. Nicht-Rückkehrer mit hoher MdE ($\geq 60\%$) hatten ebenfalls entweder ein hohes Alter (bis zu 84 Jahren) oder mindestens eine Begleitverletzung.

Somit zeigt sich, dass die Höhe der MdE weniger Einfluss auf die Wiedererlangung der Arbeitsfähigkeit hat, als das Alter und die Begleitverletzungen (wobei das Alter mit der Möglichkeit der Berentung (s. unten) auch einen psychosozialen Aspekt beinhaltet). Begleitverletzungen haben zwar Einfluss auf die Höhe der MdE, trotzdem wirken sich die Begleitverletzungen einzeln betrachtet stärker auf die Wiedererlangung der Arbeit aus als auf die Höhe der MdE.

Es können allerdings keine wesentlichen Unterschiede zwischen der Altersverteilung bei Nicht-Rückkehrern und Rückkehrern festgestellt werden. Die höheren Maximalwerte bei den Rückkehrern lassen sich dadurch erklären, dass bei manchen Patienten, die bereits das Rentenalter erreicht haben, der Beruf bzw. Arbeitsstatus nicht bekannt ist (trotz Naheliegen einer Berentung aus Altersgründen liegt diese Information nicht explizit vor). Diese Patienten wurden nicht zusammen mit den Rentnern herausgefiltert und tragen somit zu einer nach oben erweiterten Spannweite bei. Ohne diese statistische Ungenauigkeit (die durch fehlende Informationen zu den Patienten entstand) könnte man einen Zusammenhang zwischen dem Alter und der Rückkehr in die alte Arbeit erkennen (s. Einzelfallanalyse).

Außerdem zeigt unsere Studie, dass der prozentuale Anteil der Nicht-Rückkehrer im Alter zwischen 50 und 60 Jahren am größten ist. Das kann natürlich am höheren Alter und der damit verbundenen reduzierten Kompensationsfähigkeit des alternden Organismus liegen. (Tscherne, et al., 1998) Ein weiterer Grund könnte sein, dass im Vorruhestandsalter vermehrt auf Angebote einer Frührente von Seiten des Arbeitgebers eingegangen wird.

Minderung der Erwerbsfähigkeit

Bezüglich der MdE ist zwischen den A- und C-Frakturen ein klarer Anstieg sowohl im 1. Rentengutachten (RG) als auch im 2. RG zu verzeichnen. Es bleibt jedoch schwierig, die B-Frakturen, die in der CCF-Klassifikation eine Zwischenstufe darstellen, auch in Bezug auf die MdE zwischen den A- und C-Frakturen zu positionieren.

Ein Vergleich der MdE im 1. RG mit der MdE im 2. RG zeigt (jeweils bezogen auf die Hauptklassifikationen, s. Diagramm 6 und Diagramm 7), dass sich die MdE der A-Frakturen nur unwesentlich ändert. Die B-Frakturen fallen jedoch durch einen niedrigeren Median und v.a. einen um 30% niedrigeren $Q_{0,75}$ auf. Die Interpretation muss natürlich bei $n=2$ (B-Frakturen mit 2. RG) mit Vorsicht genossen werden, würde aber bedeuten, dass sich die Minderung der Erwerbsfähigkeit bei B-Frakturen zwischen dem 1. und dem 2. Rentengutachten schneller verbessert hat als nach A- oder C-Frakturen. Um die Veränderung der MdE der B-Frakturen vom 1. RG zum 2. RG verstehen zu können, ist ein Blick in die ursprüngliche Datentabelle notwendig. Bei der Analyse des Verlaufs der einzelnen Werte zeigt sich, dass die wenigen Ausreißer, die im 1. RG für einen höheren Median und $Q_{0,75}$ sorgen, im 2. RG aufgrund von Datenlücken nicht mehr in der Statistik auftauchen. Das erklärt, warum sich die B-Frakturen im 1. RG und im 2. RG so unterschiedlich darstellen.

Bei den C-Frakturen verhält es sich genau entgegengesetzt. Der Median und $Q_{0,75}$ steigen vom 1. zum 2. RG an. Auch hier hilft ein Blick in die ursprüngliche Datentabelle wo die MdE einzelner Patienten im 1. und 2. RG verglichen werden kann. Im 2. RG fallen mehr Werte um den Median herum weg, wobei die wenigen Ausreißer am oberen Whisker zufällig weiter vorhanden sind – dadurch wird der

Median nach oben verschoben. Die Einzelfallanalyse ergibt aber, dass der Wert für die MdE entweder gleichbleibt oder leicht sinkt.

Die Erklärung für die Schwankungen der MdE vom 1. zum 2. RG bei B- und C-Frakturen ist somit beide Male dieselbe. Aufgrund der großen Datenlücken im 2. RG ist eine Interpretation der Entwicklung der MdE nicht sinnvoll.

Mit den Werten der MdE im 1. RG wurde zusätzlich die Verteilung auf die Unterklassifikationen betrachtet (s. Diagramm 8). Ein Nachteil der Aufteilung in die Unterklassifikationen ist aber, dass die Gesamtzahlen pro Boxplot sehr klein werden. So liegen z.B. keine Werte für die A3-Frakturen vor. Dabei handelt es sich um Sakrum-Querfrakturen. Diese wurden beim Fokus auf Beckenringfrakturen nicht miterfasst. Die Gesamtzahl n beträgt (außer bei den C1-Frakturen) maximal 6. Es fällt zudem schwer, ein Muster zu erkennen. Deutlich wird jedoch die niedriger ausfallende MdE bei A-Frakturen mit Maximalwerten von 20%. Auffällig sind die B1-Frakturen mit dem höchsten Median von 42,5%. B1-Frakturen sind dorsal partiell instabile, einseitige Beckenringverletzungen mit Außenrotationskomponente. Dazu gehört z.B. die Open-book-Verletzung. Grund für die hohen Werte der MdE bei B1-Frakturen könnte sein, dass z.B. urologische Begleitverletzungen häufig bei Symphysensprengungen oder Frakturen am vorderen Beckenring auftreten. (Rommens, et al., 2003) Da die Open-book-Verletzung unter den B-Frakturen aufgrund des Instabilitätsgrades eine Sonderrolle einnimmt, zeigen die Daten deutlich, dass Frakturen, die als horizontal oder vertikal instabil definiert werden, für eine höhere MdE sorgen. Bosch et al. zeigten, dass bei komplexen Beckentraumata die Läsionen im Urogenitaltrakt deutlich überwogen (44,1%). (Bosch, et al., 1992) Da der Beckenring im Bereich der Symphyse die geringste Stabilität besitzt, kommt es dort zu den häufigsten Frakturen. (Drenckhahn, et al., 2008 S. 73) Aufgrund der anatomischen Nähe zum Urogenitaltrakt, kommt es ebenso häufig zu derartigen Begleitverletzungen. Deshalb sind es hauptsächlich die urogenitalen Verletzungen, die für eine hohe MdE sorgen.

Mit einer leicht größeren Spannweite, aber einem niedrigeren Median, folgen die B2-Frakturen – also die Innenrotationsverletzungen, die durch laterale Kompression entstehen. Hier liegen das $Q_{0,75}$ und der Median immer noch höher als bei

den C1-Frakturen, was aber auch auf zwei sehr hohe Werte bei einer gleichzeitig niedrigen Gesamtzahl zurückzuführen ist.

Die verlässlichsten Werte ergibt der Boxplot der C1-Frakturen. Hierbei handelt es sich um einseitig komplett instabile Beckenringverletzungen mit intakter Gegenseite. Hier ist die Spannweite (0-80%) am größten, der Median aber relativ niedrig.

Bei zusätzlicher inkompletter Instabilität auf der Gegenseite (C2-Fraktur) bzw. bei beidseitiger kompletter Instabilität (C3-Fraktur) sollte man eigentlich eine noch höhere MdE erwarten, was die Statistik (s. Diagramm 8) jedoch nicht zeigt. Die Höhe der MdE wird bezüglich der Beckenverletzung nach der Ausheilung mit entsprechendem Dislokationsgrad beurteilt. Die Gründe für fehlerhafte oder nicht ausreichende Knochenheilung liegen laut Taller et al. in einer zu späten und nicht adäquaten operativen Versorgung der Patienten. Der häufigste Grund hierfür sei die primäre Fehldiagnose und eine daraus resultierende konservative Therapie. Dabei würden hauptsächlich posteriore Beckenringverletzungen übersehen oder falsch eingeschätzt. Dies führe häufig zu chronischen Schmerzen. (Taller, et al., 2009) Wenn man davon ausgeht, dass eine unzureichende Diagnostik häufig solche weitreichenden Folgen mit sich bringt, muss die Konsequenz sein, dass man im Zweifel eher auf eine detailreichere diagnostische Methode zurückgreifen sollte. Bürk et al. (1996) beschreibt Schmerzen als die häufigste Beeinträchtigung nach Beckenverletzungen. (Bürk, et al., 1996 S. 112-118) Laut Senst et al. gibt es keine Korrelation zwischen der Schmerzintensität und dem Verletzungsgrad. (Senst, et al., 2000 S. 737-743) Allerdings konnte genau dieser Zusammenhang bereits wenige Jahre früher durch die *Arbeitsgruppe Becken* gezeigt werden. (Pohlemann, et al., 1996 S. 160-167)

Obwohl diese Argumentation schlüssig ist kann für das Patientengut welches an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik in Tübingen behandelt wurde eine unzureichende Diagnostik nicht die Fehlerquelle darstellen. Für das eigene Patientengut ist bekannt, dass jeder Patient bei Aufnahme eine Computertomografie erhielt.

Auch Aprato stellt die verzögerte definitive operative Versorgung als einen von drei wichtigen Faktoren zur Verlängerung der Arbeitsunfähigkeit (s.o.) heraus. (Aprato, et al., 2016 S. 169-173) Folglich ist weniger die Schwere der Fraktur als vielmehr die richtige Klassifizierung sowie die schnelle und adäquate Versorgung entscheidend, um eine gute Ausheilung zu erreichen. Zu demselben Ergebnis kommt eine Studie von M. Oransky und M. Tortora (2007), die eine verzögerte und inadäquate Versorgung als häufigste Ursache für eine fehlerhafte oder nicht ausreichende Knochenheilung beschreiben. (Oransky, et al., 2007 S. 489-496)

Schmerz und Dislokationsgrad wurden in unserer Studie nicht untersucht. Unsere Ergebnisse haben die Begleitverletzungen als die Hauptursache für eine erhöhte MdE identifiziert. Bei der isolierten Betrachtung der Häufigkeit von Begleitverletzungen stehen die urologischen Verletzungen an erster Stelle. Diese treten bei B1-Frakturen am häufigsten auf.

Das Fazit unserer Studie lautet: Urologische Begleitverletzungen haben den größten Einfluss auf die MdE bei Beckenringfrakturen. Aufgrund der anatomischen Nähe des Urogenitaltrakts zur Symphyse kommt es bei B1-Frakturen am häufigsten zu urologischen Begleitverletzungen was wiederum für die höchste MdE sorgt.

Die Berufe der Patienten wurden in zwei Kategorien eingeteilt (s. Kapitel 2.2.1) und jeweils die Verteilung der MdE im 1. RG betrachtet. Der Median nimmt von den leichten zu den schweren Tätigkeiten um 10% zu - trotz Ausreißern bei den leichten Tätigkeiten mit sehr hoher MdE. Dieser Zusammenhang lässt sich dadurch erklären, dass ein Maurer oder Straßenbauer, aufgrund größerer Höhen und schwereren Geräten, höheren Risiken ausgeliefert ist, als ein Lehrer oder Altenpfleger. Da das Becken grundsätzlich eine sehr stabile Konstruktion darstellt und hohe Energieeinwirkungen nötig sind um diese zu zerstören, ist es naheliegend, dass die Arbeit in großer Höhe oder mit schweren Maschinen mehr Verletzungsrisiko birgt. Bei dieser Unterscheidung zwischen leichten und schweren Tätigkeiten stellen Wegeunfälle eine Ausnahme dar. In diesem Fall kann ein Arbeitnehmer mit leichter Tätigkeit ein Hochrasanztrauma erleiden. In unserem Daten-

satz wurde nicht unterschieden zwischen dem Unfall eines LKW-Fahrers und einem Wegeunfall. Deshalb liegen keine Daten zum Anteil der Wegeunfälle am Gesamtkollektiv vor.

Für die Prüfung einer Korrelation zwischen der Höhe der MdE und der Dauer der AU wurde ein Streudiagramm verwendet (s. Diagramm 12). Dieses Diagramm gibt Aufschluss über eine Tatsache, die bei der einzelnen Betrachtung der Merkmale nicht klar wurde: Hier wird deutlich, dass ein proportionaler Anstieg nur bei A- und B- Frakturen beobachtet werden kann. Bei C-Verletzungen hingegen kommt es bei ähnlich hoher MdE zu deutlich längeren AU-Zeiten. Da Begleitverletzungen sogar vermehrt bei B-Frakturen auftreten, kann dies nicht der entscheidende Faktor sein. Aufgrund der o.g. Studie von Kokubo et al. (2017) könnte der Grad der Dislokation eine Rolle spielen, welcher in unserer Studie nicht erfasst wurde.

In der Literatur gibt es zahlreiche Studien zum klinischen Outcome nach Beckenringfrakturen in denen die Ergebnisse nach C-Frakturen durchweg schlechter sind als bei A- oder B-Frakturen. (Chmelová, et al., 2011 S. 120-125) (Pohlemann, et al., 1996 S. 831-838) Ein schlechteres klinisches Outcome müsste gleichfalls für eine höhere MdE sorgen. Die Tatsache, dass in unserer Studie die B-Frakturen mehr Begleitverletzungen verursachten als die C-Frakturen korreliert nicht mit den bisher veröffentlichten Zahlen. Dies könnte für urologische BV zutreffen, was durch die anatomische Nähe zum Urogenitaltrakt leicht zu erklären ist (s.u.). Allerdings wurde in unserer Studie nur eine neurologische BV erfasst. In der Literatur wird von weitaus häufigeren neurologischen BV berichtet welche häufiger bei C-Frakturen auftreten (s. Abschnitt *Begleitverletzungen*). Es ist also davon auszugehen, dass die MdE aufgrund häufiger neurologischer BV bei C-Frakturen am höchsten ausfällt. Trotzdem muss es einen Grund dafür geben, dass C-Frakturen (in unserer Studie sogar mit weniger erfassten BV) zu einer längeren Arbeitsunfähigkeit führen. Auch hier könnten die in der Literatur beschriebenen häufigeren (als in unserer Studie erfassten) neurologischen BV eine Rolle spielen. Wie oben bereits erwähnt könnte es sich aber auch um Faktoren handeln, die in unserer Studie nicht erfasst wurden (z.B. die Dislokation nach Ausheilung).

Begleitverletzungen

Die Erfassung der Begleitverletzungen und der damit verbundenen Problematik wurde im Abschnitt 2.2.1 beschrieben. Da die Begleitverletzungen in Bezug zu den unterschiedlichen Frakturtypen gestellt und so deren Auswirkungen verglichen werden sollen, werden im folgenden Abschnitt nur peripelvine Begleitverletzungen behandelt. Generell führen peripelvine Begleitverletzungen zu einer höheren Sterblichkeit unter den Beckenfrakturen. (Giannoudis, et al., 2007 S. 875-883) Aufgrund des Studiendesigns geht es in diesem Abschnitt eher um die Spätfolgen und die klinischen Auswirkungen von Begleitverletzungen. In unserer Studie kam es bei den 3 Hauptklassifikationen zu folgendem prozentualem Anteil an Begleitverletzungen:

- A-Frakturen: 0%
- B-Frakturen: 23,1%
- C-Frakturen: 18,2%

In der Literatur werden folgende peripelvine Begleitverletzungen bei Beckenfrakturen am häufigsten beschrieben: Gefäßverletzungen, Nervenverletzungen, urogenitale Verletzungen und Verletzungen intraabdomineller Organe. (Siegmet, et al., 2000 S. 572-581)

Bei Gefäßverletzungen konnte gezeigt werden, dass die vertikale Instabilität (C-Verletzungen) den größten negativen Einfluss hat. (Kachlik, et al., 2019) Blutungskomplikationen die zum hämorrhagischen Schock führen stellen die Hauptursache für die erhöhte Mortalität beim schweren Beckentrauma dar. Diese zeigte sich durch die vertikale Instabilität bei C-Verletzungen deutlich höher gegenüber B-Verletzungen. (Caillot, et al., 2016 S. 1013-1016)

Balogh et al. (2007) untersuchte die beiden Gruppen mit einerseits Hochenergietraumata eher in jungen Jahren und andererseits den Niedrigenergietraumata im Alter. Bezüglich des Blutungsrisikos und der Mortalitätsrate unterschieden sich die beiden Gruppen kaum. (Balogh, et al., 2007 S. 1066-1073) Das könnte mit der einerseits schwereren Fraktur und den andererseits geringeren Ressourcen zur Genesung im Alter zusammenhängen.

Ergebnisse der *Arbeitsgruppe Becken* zeigten, dass bei den neurologischen Störungen eine Korrelation zur Beckenringinstabilität besteht. Bei urologischen Schäden konnte man zwar beobachten, dass sie gehäuft bei Symphysensprengungen auftreten (Ter Grigorian, et al., 2013 S. 352-356), es konnte jedoch kein Zusammenhang mit der Klassifikation entdeckt werden. (Pohlemann, et al., 1998) Im eigenen Patientengut liegen die urologischen Begleitverletzungen mit n=4 an erster Stelle. Bezogen auf das Gesamtkollektiv (n=67) kommen die urologischen Verletzungen auf eine relative Häufigkeit von 6,0%. Andere Studien kamen auf 14,3%, 11,4% und 14,6% urologischer Begleitverletzungen bei Beckenfrakturen. (Korányi, et al., 1982 S. 229-234) (Odzébé, et al., 2013 S. 474-479) (Pejčić, et al., 2013 S. 117-120) An neurologischen Schäden, wie etwa Plexusläsionen, gibt es dagegen in unserer Studie nur einen (1,5%). Eine andere Studie kam auf eine Häufigkeit neurologischer Verletzungen von 25,6%. (Siegmeht, et al., 2000 S. 572-581)

In einer Studie von Siegmeht et al. schnitten die B-Frakturen - bezüglich des klinischen und radiologischen Outcomes – deutlich besser ab als die C-Frakturen. (Siegmeht, et al., 2000 S. 572-581) Rommens et al. kommen zu demselben Ergebnis. Zusätzlich konnte er zeigen, dass C-Frakturen eine deutlich höhere Rate an neurologischen Verletzungen verursachen als B-Frakturen. (Rommens, 1996) Auch Pohlemann (1996) beschreibt deutlich bessere radiologische, klinische und soziale Ergebnisse bei B-Frakturen gegenüber C-Frakturen. (Pohlemann, et al., 1996 S. 831-838)

Innerhalb der B-Frakturen beschreibt Rommens (2003) ein häufigeres Vorkommen neurologischer und urologischer Begleitverletzungen bei B1-Frakturen als bei B2/B3-Frakturen. Außerdem ist das klinische Outcome, trotz besserer radiologischer Ergebnisse, für die B1-Frakturen schlechter. (Rommens, et al., 2003 S. 542-549) Eine andere Studie zeigte, dass Außenrotationsfrakturen (B1) eher zu schwerwiegenden sexuellen Dysfunktionen führen als Innenrotations- oder Kompressionsfrakturen (B2/B3). Frakturen am hinteren Beckenring verursachen eher Nervenschäden. (Metze, et al., 2007 S. 394-401) Nervenverletzungen z.B. am Plexus lumbosacralis gehen häufig einher mit Dysfunktionen und anderen Komplikationen. (Tan, et al., 2017 S. 655-660) Dies wiederum hat Einfluss auf die

Minderung der Erwerbsfähigkeit. Trotzdem weisen B-Frakturen in unserer Studie eine höhere MdE als C-Frakturen auf. Dies wird durch die häufigeren urologischen Begleitverletzungen verursacht.

Die Minderung der Erwerbsfähigkeit wird nach unseren Zahlen durch die erfassten Begleitverletzungen (s. 2.2.1) fast verdoppelt. Anders als bei der Dauer der AU haben die Begleitverletzungen in sehr unterschiedlichem Ausmaß Einfluss auf die Höhe der MdE. Dieser direkte Einfluss lässt sich durch die Art der Begutachtung bzw. Berechnung der MdE im Rentengutachten erklären (s. Kapitel 2.2.2). Sigel et al. (1981) beschreiben einen Zusammenhang zwischen der Verletzung des vorderen Beckenbodenanteils und urogenitalen Verletzungen bei Beckenfrakturen. Dies hänge hauptsächlich von der Anatomie der paravesikalen Strukturen ab und werde weniger durch den Frakturtyp oder das –ausmaß beeinflusst. (Sigel, et al., 1981 S. 405-409) Neuere Untersuchungen haben wieder gezeigt, dass der größte Risikofaktor für urogenitale Verletzungen die Symphyse ruptur ist. Sexuelle Dysfunktion und Harninkontinenz sind oft Folgen, mindern die Lebensqualität der Patienten (Ter Grigorian, et al., 2013 S. 352-356) und führen häufig zu Depressionen welche genauso wie Schmerzen zu Arbeitsunfähigkeit führen. (Kabak, et al., 2003 S. 555-562) Andererseits könnten urologische oder sexuelle Probleme nach Beckenverletzungen häufiger mit neurologischen Defiziten assoziiert sein als mit dem Frakturtyp oder Verletzungen des unteren Harntrakts an sich. (Chmelová, et al., 2011 S. 120-125)

Zusammenfassend kann man sagen, dass zwischen der Beckenringinstabilität und dem Vorliegen von Begleitverletzungen keine Korrelation besteht. Begleitverletzungen bei A-Frakturen sind selten (hier 0%). B1-Frakturen bringen überdurchschnittlich häufig urogenitale Begleitverletzungen mit sich. Diese sind für das klinische Outcome aber nicht entscheidend. Die bereits vorhandenen Zahlen in der Literatur zeigen deutlich schlechtere klinische Ergebnisse bei C-Verletzungen. Entscheidend für das funktionelle Outcome sind eher Nervenläsionen (welche auch häufiger bei C-Verletzungen auftreten (Rommens, 1996 S. 78-84)) und Dislokationen von ≥ 20 mm am Iliosakralgelenk. (Kokubo, et al., 2017)

Weiter wurde die Dauer der Arbeitsunfähigkeit bei den erfassten Begleitverletzungen untersucht. Die Begleitverletzungen verlängern die Zeit der Arbeitsunfähigkeit deutlich. Im Mittel fällt diese 1,2 Monate länger aus. Noch eindrücklicher ist jedoch, dass die erfassten Begleitverletzungen dazu führen, dass die Mindestdauer der AU von 1 auf 8 Monate steigt. Von den sechs verschiedenen erfassten Begleitverletzungen handelt es sich nur bei Nerven- und urogenitalen Verletzungen um peripelvine Begleitverletzungen. Nervenverletzungen brauchen eine lange Regenerationszeit. Tonetti et al. haben Nervenverletzungen nach Beckenverletzungen untersucht. Dabei betrug die mittlere Follow-up-Zeit 20 Monate. In 21,7% der Fälle persistierten die Beschwerden über den Beobachtungszeitraum hinaus. (Tonetti, et al., 2004 S. 122-131) Urologische Begleitverletzungen treten zwar bei vorderen Beckenringverletzungen oder Symphysensprengungen auch durch die anatomische Nähe zur Symphyse als direkte Verletzungsfolge auf, genauso treten sie allerdings auch als Folge von Nervenschäden sekundär auf (Chmelová, et al., 2011 S. 120-125). Dies hat eine lange Regenerationszeit zur Folge. Das ist der Grund warum die beiden häufigsten Begleitverletzungen bei Beckenringfrakturen – neurologische und urologische Schäden – zu einer verlängerten Arbeitsunfähigkeit führen.

Unsere Zahlen zeigen, dass urogenitale Begleitverletzungen die längste Arbeitsunfähigkeit und die zweithöchste MdE (bezogen auf das 1.RG) verursachen. Die einzige neurologische Begleitverletzung hat die höchste MdE. Nervenverletzungen führen laut Siegmeth immer zu einer deutlichen Verschlechterung des Langzeitergebnisses. [44] Während in der Literatur neurologische Begleitverletzungen bei Beckenringfrakturen häufig sind, zeigen die Daten unserer Studie eher die Häufung urologischer Begleitverletzungen. Der Vergleich des Ausmaßes der MdE unter den Hauptklassifikationen rückt die Open-book-Fraktur in den Fokus.

Mann muss anhand der vorhandenen Literatur davon ausgehen, dass bei der Erfassung der pelvinen Begleitverletzungen (v.a. neurologische Verletzungen) Lücken bestehen.

Umschulungen

In der o.g. Studie von Aprato et al. (2016) konnten 34% der Nicht-Rückkehrer die Arbeit nach einer Umschulung wieder aufnehmen. In unserer Studie war dies nur 8,4% der Nicht-Rückkehrer möglich.

Auf die Nicht-Rückkehrer (n=20) bezogen, waren es 25% (n=5), die eine Umschulung machten. Diese Patienten waren zwischen 20 und 49 Jahre alt. Über dem 50. Lebensjahr wurde nicht mehr auf die Möglichkeit einer Umschulung zurückgegriffen. Eine mögliche Erklärung wurde bereits oben für die Rückkehr in die alte Arbeit im Alter zwischen 50 und 60 Jahren erläutert: Zum einen nimmt die nötige Flexibilität, sich auf einen neuen Beruf einzulassen, im Alter ab, zum anderen wird angesichts des näher rückenden Ruhestandsalters möglicherweise weniger Anstrengung zur Wiedererlangung der Arbeitsfähigkeit unternommen, sondern eher eine Berentung angestrebt.

5 Zusammenfassung

Die vorliegende Studie wurde angelegt, um zu untersuchen, ob die Erwerbsminderung mit der Komplexität der Beckenringfraktur zunimmt. Dazu wurden Daten verwendet, die in der BG Unfallklinik Tübingen von 2003 bis 2011 gesammelt wurden. Von Interesse waren dabei Patienten, die sich wegen einer Beckenringverletzung, die Sie im Rahmen einer berufsgenossenschaftlich versicherten Tätigkeit erlitten hatten, in stationärer Behandlung befanden. Dabei wurden mittels eines Fragebogens bei den Berufsgenossenschaftlichen Versicherungen relevante Informationen erhoben. In der Studie wurden 95 Patienten überprüft, wobei 67 Datensätze (70,5%) ausreichend Informationen lieferten und ausgewertet werden konnten. Von den 67 Patienten erlitten 8 eine Typ-A-, 13 eine Typ-B- und 44 eine Typ-C-Verletzung.

Gemessen am Gesamtkollektiv waren es 20,9% (14) Frauen und 79,1% (53) Männer. Grund hierfür ist der größere Anteil der Männer in körperlich schweren Berufen mit ausgeprägtem Risikoprofil und folglich auch schwereren Verletzungen (s. Tabelle 1).

Bei der Altersverteilung ist aus der Literatur die zweigipflige (bimodale) Verteilung bekannt. Diese konnte hier bei der getrennten Untersuchung der Frauen bestätigt werden. Erklärung für die zwei Gipfel sind in jungen Jahren Hochrasanztraumata und im Alter Niedrigenergietraumata bei osteoporotischem Knochen. In der Gesamtverteilung zeigt sich eher eine Gauß-Verteilung mit einem Gipfel bei 40-50 Jahren, was auf den hohen Männeranteil mit weniger Beckenringverletzungen im Alter bei Osteoporose zurückzuführen ist. Außerdem wurden ausschließlich berufstätige Frauen eingeschlossen wodurch der zweite Gipfel kleiner ausfällt.

Im Hinblick auf die Dauer der Arbeitsunfähigkeit konnte sowohl für die Haupt- als auch für die Unterklassifikationen eine klare Progression mit zunehmender Schwere der Fraktur gezeigt werden. Die gleiche Tendenz ist bei der Frage nach der Wiedererlangung der Arbeitsfähigkeit zu sehen. Nach A-Frakturen waren es 85,7%, nach B-Frakturen 66,7% und nach C-Frakturen 63,4%, die in ihre alte Arbeit zurückkehren konnten. In der Dauer der Arbeitsunfähigkeit spiegelt sich

der Grad der Instabilität der Fraktur wider, wie sie auch in der Einteilung der AO-Klassifikation zu finden ist.

Die Minderung der Erwerbsfähigkeit zeigt für die Hauptklassifikationen eine Progression von 20% bei A-Frakturen hin zu 25% bei C-Frakturen. Die B-Frakturen stechen allerdings mit 30% MdE heraus. Bei einer detaillierteren Betrachtung der MdE, bezogen auf die Unterklassifikationen, fallen die B1-Frakturen mit dem höchsten Median von 42,5% auf. Die B1-Fraktur nimmt (wie bei den Begleitverletzungen) eine Sonderrolle ein und ist so maßgeblich an der hohen durchschnittlichen MdE für die B-Frakturen beteiligt. Das ist auf die häufigen urologischen Begleitverletzungen zurück zu führen.

Die Prüfung einer Korrelation zwischen der Dauer der Arbeitsunfähigkeit und der Höhe der MdE ergab eine positive Korrelation. Einen proportionalen Anstieg zeigen sowohl A- als auch B-Frakturen. C-Frakturen hingegen führen trotz ähnlicher Werte für die MdE (meist <40%) zu längerer Arbeitsunfähigkeit (>10 Monate). Da Begleitverletzungen ebenso Einfluss auf die Höhe der MdE haben muss es andere Faktoren geben, die dies erklären. Grund für die längere AU könnte die höhere Instabilität der C-Frakturen oder, wie in der Literatur beschrieben, der Grad der Dislokation sein.

Auch bei den pelvinen Begleitverletzungen stehen die B-Frakturen mit 23,1% vor den C-Frakturen mit 18,2% an erster Stelle. Die untersuchten A-Frakturen weisen keine Begleitverletzungen auf. An erster Stelle stehen die urologischen Begleitverletzungen mit n=4 welche häufig bei B1-Frakturen auftreten. Gleichzeitig verursachen sie mit durchschnittlich 14 Monaten die längste Arbeitsunfähigkeit. Außerdem stehen sie bei der Höhe der MdE im 1. Rentengutachten mit über 50% (nach der Plexusläsion mit 80%, bei n=1 nicht aussagekräftig) an zweiter Stelle. Im Hinblick auf neurologische Begleitverletzungen konnte die *Arbeitsgruppe Becken* bereits eine Korrelation zur Beckenringinstabilität nachweisen. Darüber kann bei nur einer vorliegenden neurologischen Begleitverletzung in unserer Studie keine Aussage getroffen werden.

Während bei Typ-C-Frakturen auch kurze Heilungsverläufe möglich sind, fällt bei vorhandenen pelvinen Begleitverletzungen auf, dass es zu einer Arbeitsunfähigkeit von mindestens 8 Monaten kommt.

Der prozentuale Anteil derer, die nicht in die alte Arbeit zurückkehren konnten, steigt mit dem Grad der Instabilität der Beckenringfraktur an: bei A-Frakturen waren es 14,3%, bei B-Frakturen 33,3% und bei C-Frakturen 36,6%. Die Einzelfallanalyse zeigt jedoch, dass v.a. zwei Parameter über die Rückkehr in die alte Arbeit entscheiden: das Alter (bei dem auch psychosoziale Gründe eine Rolle spielen) und die Begleitverletzungen. Letztere werden von urogenitalen Begleitverletzungen dominiert, welche durch eine Instabilität im Bereich des vorderen Beckenrings verursacht werden.

Die separate Analyse der Höhe der MdE bei Rückkehrern und Nicht-Rückkehrern zeigt, dass letztere im Mittel eine deutlich höhere MdE (R: 25,9%; NR: 37,9%) aufweisen. Die Range geht jedoch bei beiden Gruppen bis 80%. Das zeigt, dass eine hohe MdE nicht unbedingt eine Rückkehr in die alte Arbeit ausschließt - trotzdem steigt die Wahrscheinlichkeit.

25% derer, die nicht in die alte Arbeit zurückkehren konnten, machten eine Umschulung und waren anschließend wieder erwerbsfähig. Die Hälfte derer, die eine Umschulung machten, war zwischen 23 und 42 und im Mittel 32,8 Jahre alt und damit, verglichen mit dem Gesamtkollektiv (Range: 19-84 Jahre, Mittelwert: 46,3 Jahre), deutlich jünger.

Die Studie zeigt die erheblichen Auswirkungen v.a. von horizontal (partiell) instabilen Beckenringfrakturen auf die Erwerbsfähigkeit. Dabei haben urologische Begleitverletzungen den größten Einfluss. Aufgrund der anatomischen Nähe der Symphyse nimmt die Open-book-Verletzung (B1) mit den häufigsten urologischen Begleitverletzungen und der höchsten Minderung der Erwerbsfähigkeit eine Sonderstellung ein.

6 Verzeichnisse

6.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Häufigkeit von Beckenfrakturen abhängig vom Alter.....	7
Abbildung 2: Gewölbekonstruktion des Beckens mit Vektoren der Kraftübertragung, Beschriftung der wichtigen Bandstrukturen	8
Abbildung 3: Os coxae mit Os ilium, Os ischii und Os pubis.....	9
Abbildung 4: Bandstrukturen am Becken	10
Abbildung 5: CCF-Klassifikation für Beckenringverletzungen der AO.....	13
Abbildung 6: Unterklassen der Beckenringverletzungen nach AO-Klassifikation	14
Abbildung 7: Frakturzonen der Sakrumfrakturen nach Denis.....	16
Abbildung 8: Untersuchung der Beckenstabilität durch beidseitigen Druck auf die Spina iliaca anterior superior	22
Abbildung 9: Standard-Röntgenaufnahmen bei Beckenringverletzungen	23
Abbildung 10: Therapieoptionen bei Beckenringfrakturen. Einteilung nach der AO-Klassifikation.....	28

6.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Altersverteilung, Zahlenwerte zu Diagramm 1	41
Tabelle 2:	Geschlechterverteilung in Berufskategorien.....	42
Tabelle 3:	Altersverteilung bei A-, B- und C-Frakturen, Zahlen zu Diagramm 3	43
Tabelle 4:	Dauer der Arbeitsunfähigkeit (Monate)	44
Tabelle 5:	Dauer der Arbeitsunfähigkeit (Monate) bei A-, B- und C- Verletzungen, Zahlen zu Diagramm 4.....	45
Tabelle 6:	Dauer der AU in Monaten bei A1-,2-; B1-,2-,3- und C1-,2-,3- Frakturen.....	46
Tabelle 7:	Dauer der AU in Monaten bei leichter bis mittelschwerer Tätigkeit und schwerer Tätigkeit, Zahlenwerte zu Diagramm 5.....	48
Tabelle 8:	Wiedererlangung der Arbeitsfähigkeit (ja/nein) bei A-, B- und C-Frakturen.....	48
Tabelle 9:	MdE (in %) im 1. Rentengutachten	49
Tabelle 10:	MdE (in %) im 1. Rentengutachten bei A-, B- und C-Frakturen, Zahlenwerte zu Diagramm 6	50
Tabelle 11:	MdE (in %) im 2. Rentengutachten bei A-, B- und C-Frakturen, Zahlenwerte zu Diagramm 7	51
Tabelle 12:	MdE (in %) im 1. RG bei A1-,2-; B1-,2-,3- und C1-,2-,3- Frakturen, Zahlenwerte zu Diagramm 8.....	53
Tabelle 13:	MdE (%) im 1. RG bei leichten bis mittelschweren Tätigkeiten und schweren Tätigkeiten, Zahlenwerte zu Diagramm 10	55
Tabelle 14:	Korrelation zwischen der MdE im 1. RG (%) und der Dauer der AU (Monate).....	58
Tabelle 15:	Anzahl an Begleitverletzungen bei A-, B- und C-Frakturen.....	58
Tabelle 16:	Dauer der Arbeitsunfähigkeit (in Monaten) mit Begleit- verletzungen (nein/ja), Zahlenwerte zu Diagramm 13.....	60
Tabelle 17:	MdE (%) im 1. RG bei Patienten mit Begleitverletzungen (nein/ja), Zahlenwerte zu Diagramm 14	61
Tabelle 18:	Dauer der AU (Monate) und Höhe der MdE (%) bei den einzelnen Begleitverletzungen	62

Tabelle 19: Altersverteilung bei Rückkehr (nein/ja) in die alte Arbeit, Zahlenwerte zu Diagramm 15	64
Tabelle 20: Höhe der MdE (%) im 1. RG bei Nicht-Rückkehrern (nein) und Rückkehrern (ja), Zahlenwerte zu Diagramm 18.....	67
Tabelle 21: Unfallalter bei Patienten ohne und mit Umschulung, Zahlenwerte zu Diagramm 19.....	68
Tabelle 22: Titel ergänzen	69

6.3 Diagrammverzeichnis

Diagramm 1:	Histogramm: Altersverteilung	41
Diagramm 2:	Histogramm: Altersverteilung: Männeranteil, Frauenanteil.....	42
Diagramm 3:	Boxplots: Altersverteilung bei A-, B- und C-Frakturen.....	43
Diagramm 4:	Boxplot: Dauer der Arbeitsunfähigkeit bei A-, B- und C- Verletzungen	45
Diagramm 5:	Boxplot: Dauer der AU bei leichter bis mittelschwerer Tätigkeit und schwerer Tätigkeit.....	47
Diagramm 6:	Boxplots: MdE im 1. Rentengutachten bei A-, B- und C- Frakturen.....	50
Diagramm 7:	Boxplots: MdE im 2. Rentengutachten bei A-, B- und C- Frakturen.....	51
Diagramm 8:	Boxplots: MdE im 1. Rentengutachten bei Haupt- und Unterfrakturklassen	52
Diagramm 9:	Boxplots: MdE im 1. RG, 2. RG und Nachprüfung bei A-,B- und C-Frakturen	54
Diagramm 10:	Boxplots: MdE im 1. RG bei leichten bis mittelschweren Tätigkeiten und schweren Tätigkeiten	55
Diagramm 11:	Histogramme: Dauer der AU und Höhe der MdE im 1. RG	56
Diagramm 12:	Streudiagramm: Dauer der AU gegenüber MdE	57
Diagramm 13:	Boxplots: Dauer der Arbeitsunfähigkeit bei Patienten mit und ohne Begleitverletzungen.....	59
Diagramm 14:	Boxplots: MdE im 1. RG bei Patienten mit und ohne Begleitverletzungen.....	61
Diagramm 15:	Boxplots: Altersverteilung bei möglicher oder nicht möglicher Rückkehr in die alte Arbeit	63
Diagramm 16:	Histogramm: Altersverteilung mit Anteil der Nicht-Rückkehrer .	64
Diagramm 17:	Histogramm: Anteil der Nicht-Rückkehrer bei A-, B- und C- Frakturen.....	65
Diagramm 18:	Boxplots: MdE im 1. RG bei Nicht-Rückkehrern und Rückkehrern	66
Diagramm 19:	Boxplots: Unfallalter bei Patienten ohne und mit Umschulung .	68

6.4 Literaturverzeichnis

- [1] **Ackermann H** ALLEX. Alles fürs Examen. [Buch]. - Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 2012. - 1. : Bd. B : S. 302.
- [2] **Afifi I [et al.]** Blunt liver trauma: a descriptive analysis from a level I trauma center [Artikel] // BMC Surgery. - Juni 2018. - 18. - S. 42.
- [3] **Aprato A [et al.]** Are work return and leaves of absence after acetabular fractures predictable? : A retrospective study of 108 patients [Artikel] // Musculoskeletal surgery. - April 2017. - 101. - S. 31-35.
- [4] **Aprato A [et al.]** Are work return and leaves of absence predictable after an unstable pelvic ring injury? [Artikel] // Journal of orthopaedics and traumatology. - Juni 2016. - 17. - S. 169-173.
- [5] **awmf online** [Online]. - AWMF, 2020. - 13. Dezember 2020. - <https://www.awmf.org/leitlinien/angemeldete-leitlinien.html>.
- [6] **Bader P** Harnblasen-, Becken- und Urethrastraumatologie [Buch] = Die Urologie / Hrsg. Michel M [et al.]. - Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2014. - Bd. 1 : S. 1-28.
- [7] **Baierlein S A** Frakturklassifikationen [Buch]. - Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 2011. - S. 146.
- [8] **Ballon-Landa E [et al.]** Renal Trauma Classification and Management: Validating the Revised Renal Injury Scale [Artikel] // The Journal of urology. - 2019. - 202. - S. 994-1000.
- [9] **Balogh Z [et al.]** The epidemiology of pelvic ring fractures: a population-based study. [Artikel] // The Journal of trauma. - November 2007. - 63. - S. 1066-1073.
- [10] **Barratt R C [et al.]** Pelvic fracture urethral injury in males - mechanisms of injury, management options and outcomes [Artikel] // Translational Andrology and Urology. - 2018. - 7. - S. 29-62.
- [11] **Battaloglu E [et al.]** Urethral injury in major trauma [Artikel] // Injury. - 2019. - 50. - S. 1053-1057.
- [12] **Becker Ca [et al.]** Modified less invasive anterior subcutaneous fixator for unstable Tile-C-pelvic ring fractures: a biomechanical study [Artikel] // Biomedical engineering online. - März 2019. - 18. - S. 38.
- [13] **Belz H [et al.]** [Online] = Nachbehandlungsempfehlungen. - Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie, 2019. - 16. Dezember 2020. - https://dgou.de/uploads/media/2019_Nachbehandlungsempfehlungen.pdf.
- [14] **Bensalah K [et al.]** Diagnosis and management of posterior urethra disruptions [Artikel] // Annales d'urologie. - 2006. - 40. - S. 309-316.

- [15] **Berchtold R, Hamelmann H und Peiper H.-J** Chirurgie [Buch]. - München : Elsevier, 2008. - S. 423-424.
- [16] **Berg EE, Chebuhar C und Bell RM** Pelvic trauma imaging: a blinded comparison of computed tomography roentgenograms [Artikel] // The Journal of trauma. - Dezember 1996. - 41. - S. 994-998.
- [17] **Bodzay T [et al.]** How bilateral iliolumbar fusion increases the stability of horizontal osteosynthesis in unstable pelvic ring injuries? [Artikel] // Archives of orthopaedic and trauma surgery. - 2013. - 133. - S. 947-952.
- [18] **Böhme J [et al.]** Einfluss der Standard-Computertomographie hinsichtlich Frakturklassifikation und Therapie von Beckenringfrakturen bei Patienten über dem 65. Lebensjahr [Artikel] // Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie. - Stuttgart, New York : [s.n.], 2012. - 150. - S. 477-483.
- [19] **Bosch U [et al.]** Classification and management of complex pelvic trauma [Artikel] // Der Unfallchirurg. - 1992. - 95.
- [20] **Bouillon B** S3 Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung [Online]. - Juli 2016. - 12. April 2021. - https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-019l_S3_Polytrauma_Schwerverletzten-Behandlung_2017-08.pdf.
- [21] **Braunschweig R und Maurer F** Möglichkeiten der Radiologischen Diagnostik bei Beckenverletzungen [Artikel] // OP-Journal. - Stuttgart : Georg Thieme Verlag, Januar 1993. - S. 8-12.
- [22] **Brenneman FD [et al.]** Long-term outcomes in open pelvic fractures [Artikel] // The Journal of trauma. - Mai 1997. - 42. - S. 773-777.
- [23] **Bundesministerium für Arbeit und Soziales** Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit - Berichtsjahr 2018 [Bericht]. - Dortmund, Berlin, Dresden : Druck & Verlag Kettler GmbH, 2019.
- [24] **Bürk W [et al.]** Quality control after pelvic injuries with a scoring system. [Artikel] // Der Unfallchirurg. - Februar 1996. - 99. - S. 112-118.
- [25] **Burkhardt M [et al.]** Strategies for surgical treatment of multiple trauma including pelvic fracture. Review of the literature. [Artikel] // Der Unfallchirurg. - Oktober 2005. - 108. - S. 814-820.
- [26] **Caillot M [et al.]** Pelvic fracture in multiple trauma: A 67-case series [Artikel] // Orthopaedics & traumatology, surgery & research: OTSR. - Dezember 2016. - 102. - S. 1013-1016.
- [27] **Chmelová J [et al.]** Multicentric study of patients with pelvic injury: overview of clinical outcomes and permanent sequelae [Artikel] // Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Chechoslovaca. - 2011. - 78. - S. 120-125.

- [28] **Courtney P M [et al.]** Displaced inferior ramus fractures as a marker of posterior pelvic injury [Artikel] // Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery. - 2014. - 134. - S. 935-939.
- [29] **Cronin K J [et al.]** Are Routine Postoperative Computer Tomography Scans Warranted for All Patients After Operative Fixation of Pelvic Ring Injuries? [Artikel] // Journal of orthopaedic trauma. - 2019. - 33. - S. 360-365.
- [30] **Culemann U [et al.]** Pelvic fracture. Diagnostics and current treatment options [Artikel] // Der Chirurg. - Juli 2003. - S. 687-698.
- [31] **Culemann U [et al.]** Versorgungskonzept der Beckenringverletzung des alten Patienten [Artikel] // Der Unfallchirurg. - [s.l.] : Springer-Verlag, 2010. - 113. - S. 258-271.
- [32] **Culemann U und Reilmann H** Terminologie und Klassifikation der Beckenverletzungen [Artikel] // OP-Journal. - 2003. - 19. - S. 100-104.
- [33] **Culemann U, Oestern H.J und Pohlemann T** Current treatment of pelvic ring fractures [Artikel] // Der Unfallchirurg. - Februar 2014. - 117. - S. 145-159.
- [34] **Drenckhahn D und Waschke J** Taschenbuch Anatomie [Buch]. - München : Urban & Fischer, 2008. - 1..
- [35] **Dudda M, Hoffmann M und Schildhauer T.A** Sacrum fractures and lumbopelvic instabilities in pelvic ring injuries: classification and biomechanical aspects [Artikel] // Der Unfallchirurg. - 2013. - 116. - S. 972-978.
- [36] **Eisa A [et al.]** Predictors of mortality after pelvic fractures: a retrospective cohort study from a level one trauma centre in Upper Egypt [Artikel] // International orthopaedics. - Dezember 2018. - S. 10.
- [37] **Eisenberger F und Grunert K** Urologische Begleitverletzungen [Artikel] // OP-Journal. - Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 1993. - 1. - S. 32-35.
- [38] **Elkbuli A [et al.]** Management of blunt intraperitoneal bladder rupture: Case report and literature review [Artikel] // International journal of surgery case reports. - 2019. - 55. - S. 160-163.
- [39] **Elnahal W A [et al.]** Routine Postoperative Computed Tomography Scans After Pelvic Fracture Fixation: A Necessity or a Luxury? [Artikel] // Journal of orthopaedic trauma. - 2018. - 32. - S. 66-71.
- [40] **Ernstberger A [et al.]** Computertomographie bei Polytrauma. Gibt es einen Goldstandard? [Artikel] // Trauma und Berufskrankheit. - April 2017. - 19. - S. 57-63.
- [41] **Felix S, Hanschen M und Biberthaler P** Blutungskontrolle bei Beckenverletzungen [Artikel] // Trauma und Berufskrankheit. - 2016. - 18. - S. 173-180.

- [42] **Fuchs T [et al.]** Pelvic ring fractures in the elderly. Underestimated osteoporotic fracture. [Artikel] // Der Unfallchirurg. - August 2011. - 114. - S. 663-670.
- [43] **Galanski M und Wippermann B** Kompendium der traumatologischen Röntgendiagnostik [Buch]. - Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 1999. - 1. : S. 251-252.
- [44] **Giannoudis P V und Pape H C** Injury of the pelvic ring and abdominal trauma. [Artikel] // Injury. - März 2004. - 35. - S. 671-677.
- [45] **Giannoudis PV [et al.]** Prevalence of pelvic fractures, associated injuries and mortality: the United Kingdom perspective. [Artikel] // The Journal of trauma. - Oktober 2007. - 63. - S. 875-883.
- [46] **Grieser T** Radiologische Diagnostik von Beckenringfrakturen [Artikel] // Der Radiologe. - 2020. - 60. - S. 226-246.
- [47] **Grüneweller N [et al.]** Die augmentierte iliosakrale Schraube bei Beckenfrakturen im Alter [Artikel] // OP-Journal. - 2017. - 33. - S. 18-26.
- [48] **Guttman I und Kerr H A** Blunt bladder injury [Artikel] // Clinics in sports medicine. - 2013. - 2. - S. 239-246.
- [49] **Heller M [et al.]** Pelvic ring injuries. [Artikel] // Der Radiologe. - August 1998. - 38. - S. 702-709.
- [50] **Hilgers Ralf-Dieter, Bauer Peter und Scheiber Victor** Einführung in die Medizinische Statistik [Buch]. - Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2003.
- [51] **Hutten R [et al.]** Practicality of exchanging transparent 3D CT for radiography for pelvic fractures [Artikel] // Clinical imaging. - 2017. - 44. - S. 70-73.
- [52] **Johnsen N V [et al.]** Erectile Dysfunction Following Pelvic Fracture Urethral Injury [Artikel] // Sexual medicine reviews. - 2018. - 6. - S. 114-123.
- [53] **Kabak S [et al.]** Functional outcome of open reduction and internal fixation for completely unstable pelvic ring fractures (type C): a report of 40 cases. [Artikel] // Journal of Orthopaedic Trauma. - September 2003. - 17. - S. 555-562.
- [54] **Kachlik D [et al.]** Where and what arteries are most likely injured with pelvic fractures?: The Influence of Localization, Shape, and Fracture Dislocation on the Arterial Injury During Pelvic Fractures [Artikel] // Clinical anatomy. - Juli 2019. - 32. - S. 682-688.
- [55] **Kaiser V** Beckenfrakturen und hüftgelenknahe Verletzungen [Artikel] // Trauma und Berufskrankheit. - 2012. - 14. - S. 230-235.

- [56] **Karkhur Y [et al.]** Radiological evaluation of pelvic inlet and outlet radiographic view in Indian population [Artikel] // Journal of clinical orthopaedics and trauma. - Oktober-Dezember 2018. - S. 334-337.
- [57] **Kokubo Y [et al.]** Functional outcome of patients with unstable pelvic ring fracture [Artikel] // Journal of orthopaedic surgery (Hong Kong). - Januar 2017. - 25.
- [58] **Korányi E [et al.]** Urologic complications of pelvic fractures [Artikel] // Acta chirurgica Academiae Scientiarum Hungaricae. - 1982. - 23. - S. 229-234.
- [59] **Küper M A [et al.]** Associated abdominal injuries do not influence quality of care in pelvic fractures - a multicenter cohort study from the German Pelvic Registry [Artikel] // World Journal of Emergency Surgery. - 2020. - 15. - S. 8.
- [60] **Küper MA [et al.]** Pelvic ring fractures in the elderly. [Artikel] // EFPRT open reviews. - Juni 2019. - 4. - S. 313-320.
- [61] **Kvarstein B, Riska EB und Slätis P** Pelvic fractures [Artikel] // Annales chirurgiae et gynaecologiae. - 1981. - 70. - S. 256-263.
- [62] **Linsenmaier U [et al.]** CT-gesteuerte Ballonokklusion der Aorta bei traumatischen abdominellen und pelvinen Massenblutungen [Artikel] // RöFo - Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren. - 2003. - 175. - S. 1259-1263.
- [63] **Lippert H** Lehrbuch Anatomie [Buch]. - München : Urban & Fischer, 2017. - 8.
- [64] **Loggers SAI, Joesse P und Jan Ponsen K** Outcome of pubic rami fractures with or without concomitant involvement of the posterior ring in elderly patients [Artikel] // European journal for trauma and emergency surgery. - Juni 2018. - S. 10.
- [65] **Lowatscheff Th [et al.]** Schwere Blutungen bei Beckenverletzungen [Artikel] // OP-Journal. - Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 1999. - 15. - S. 257-260.
- [66] **Ludolph E. und Schürmann J** Neubewertung der MdE bei unfallchirurgisch-orthopädischen Arbeitsunfall- und BK-Folgen in der gesetzlichen Unfallversicherung (GUV) [Artikel] // Der medizinische Sachverständige. - 2016. - 112. - S. 60.
- [67] **Mack M G [et al.]** Interventionelle Techniken zur Blutungskontrolle [Artikel] // Intensivmedizin und Notfallmedizin. - 2008. - 45. - S. 19-25.
- [68] **Maier GS [et al.]** Risk factors for pelvic insufficiency fractures and outcome after conservative therapy [Artikel] // Archives of gerontology and geriatrics. - November 2016. - 67. - S. 80-85.

- [69] **Matter P** History of the AO and its global effect on operative fracture treatment. [Artikel] // Clinical orthopaedics and related research. - Februar 1998. - 347. - S. 11-18.
- [70] **Mehrtens G, Schöneberger A und Valentin H** Arbeitsunfall und Berufskrankheit [Buchabschnitt]. - [s.l.] : Erich Schmidt Verlag GmbH Co, 2010. - 8.
- [71] **Metze M, Tiemann AH und Josten C** Male sexual dysfunction after pelvic fracture. [Artikel] // The Journal of trauma. - August 2007. - 63. - S. 394-401.
- [72] **Miller M T [et al.]** Not so FAST [Artikel] // The Journal of trauma. - 2003. - 54. - S. 52-59.
- [73] **Moed BR [et al.]** Current trends in the surgical treatment of Open-book pelvic ring injuries: An international survey among experienced trauma surgeons. [Artikel] // Journal of orthopaedic trauma. - Februar 2018. - 33. - S. 61.65.
- [74] **Müller F J [et al.]** The anterior subcutaneous internal fixator (ASIF) for unstable pelvic ring fractures: clinical and radiological mid-term results [Artikel] // International orthopaedics. - 2013. - 37. - S. 2239-2245.
- [75] **Müller-Mai C und Ekkernkamp A** Frakturen auf einen Blick [Buch]. - Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. - S. 319.
- [76] **Natarajan B [et al.]** FAST scan: is it worth doing in hemodynamically stable blunt trauma patients? [Artikel] // Surgery. - 2010. - 148. - S. 695-700.
- [77] **Niethard F, Pfeil J und Biberthaler P** Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie [Buch]. - Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 2014. - 7. : S. 517-518.
- [78] **Nusser M [et al.]** Return to Work after Fractures of the Pelvis and the Acetabulum [Artikel] // Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie. - Januar 2015. - 153. - S. 282-288.
- [79] **Oberkircher L, Ruchholtz S und Rommens P** Osteoporose assoziierte Fragilitätsfrakturen des Beckenrings [Artikel] // Deutsches Ärzteblatt International. - 2018. - 115. - S. 70-80.
- [80] **Odzébé AW [et al.]** The urological complications of pelvic fractures: about 22 cases at the University Hospital, Brazzaville [Artikel] // Progress in urology. - Juni 2013. - 23. - S. 474-479.
- [81] **Oransky M und Tortora M** Nonunions and malunions after pelvic fractures: why they occur and what can be done? [Artikel] // Injury. - April 2007. - 38. - S. 489-496.

- [82] **Osborn P M [et al.]** Direct retroperitoneal pelvic packing versus pelvic angiography: A comparison of two management protocols for haemodynamically unstable pelvic fractures [Artikel] // *Injury*. - 2009. - 40. - S. 54-60.
- [83] **Ostrowka C [et al.]** Evaluation of venous thromboembolic complications in patients operated on for pelvic fracture [Artikel] // *Orthopaedics & Traumatology, surgery & research: OTSR*. - 2018. - 104. - S. 917-921.
- [84] **Paar O, Sohn M und Kasperk R** Strategy of the interdisciplinary early intervention in unstable pelvic injuries and concomitant urogenital lesions. [Artikel] // *Der Unfallchirurg*. - August 1990. - 93. - S. 353-358.
- [85] **Pajenda G S [et al.]** Concomitant intra-abdominal injuries in pelvic trauma [Artikel] // *Wiener klinische Wochenschrift*. - 1998. - 110. - S. 834-840.
- [86] **Pejcić T [et al.]** Genitourinary injuries associated with pelvic fractures [Artikel] // *Acta chirurgica Iugoslavica*. - 2013. - 60. - S. 117-120.
- [87] **Pekmezci M [et al.]** Are conventional inlet and outlet radiographs obsolete in the evaluation of pelvis fractures? [Artikel] // *The journal of trauma and acute care surgery*. - Juni 2013. - S. 1510-1515.
- [88] **Pérez R F** Focused assessment with sonography for trauma (FAST) versus multidetector computed tomography in hemodynamically unstable emergency patients [Artikel] // *Radiologia*. - 2017. - 59. - S. 531-534.
- [89] **Pohlemann T [et al.]** Mechanism of pelvic girdle injuries in street traffic. Medical-technical accident analysis. [Artikel] // *Der Unfallchirurg*. - April 2000. - 103. - S. 267-274.
- [90] **Pohlemann T [et al.]** Outcome after pelvic ring injuries [Artikel] // *Injury*. - 1996. - 27. - S. B31-38.
- [91] **Pohlemann T [et al.]** Pelvic fractures: epidemiology, therapy and long-term outcome. Overview of the multicenter study of the Pelvis Study Group. [Artikel] // *Der Unfallchirurg*. - März 1996. - 99. - S. 160-167.
- [92] **Pohlemann T [et al.]** Survival trends and predictors of mortality in severe pelvic trauma: estimates from the German Pelvic Trauma Registry Initiative. [Artikel] // *Injury*. - Oktober 2011. - 42. - S. 997-1002.
- [93] **Pohlemann T, Gänsslen A und Hartung S** Beckenverletzungen / Pelvic Injuries [Artikel] // *Hefte zu Der Unfallchirurg*. - [s.l.] : Springer, 1998. - S. 161.
- [94] **Pohlemann T, Gänsslen A und Stief CH** Complex injuries of the pelvis and acetabulum [Artikel] // *Der Orthopäde*. - Januar 1998. - 27. - S. 32-44.
- [95] **Pohlemann T, Gänsslen A und Tscherne H** Fracture of the sacrum [Artikel] // *Der Unfallchirurg*. - 2000. - 103. - S. 769-786.

- [96] **Probst C [et al.]** Timing and duration of the initial pelvic stabilization after multiple trauma in patients from the German trauma registry: is there an influence on outcome? [Artikel] // The Journal of trauma. - Februar 2007. - 62. - S. 376-377.
- [97] **Rademacher G** Verletzungen von Becken und Acetabulum [Artikel] // Trauma und Berufskrankheit. - 2012. - 14. - S. 118-124.
- [98] **Rieger H [et al.]** Injury of the pelvic ring and abdominal trauma [Artikel] // Der Unfallchirurg. - 1991. - 94. - S. 110-115.
- [99] **Rommens PM [et al.]** Mortality, morbidity and functional outcome after open book and lateral compression lesions of the pelvic ring. A retrospective analysis of 100 type B pelvic ring lesions according to Tile's classification [Artikel] // Der Unfallchirurg. - Juli 2003. - 106. - S. 542-549.
- [100] **Rommens PM [et al.]** Surgical management of pelvic ring disruptions. Indications, techniques and functional results. [Artikel] // Der Unfallchirurg. - September 1992. - 95. - S. 455-462.
- [101] **Rommens PM** Pelvic ring injuries: a challenge for the trauma surgeon [Artikel] // Acta chirurgica Belgica. - April 1996. - 96. - S. 78-84.
- [102] **Rommens PM, Gielen J und Broos PL** The role of CT in diagnosis and therapy of fractures of the pelvic girdle. [Artikel] // Der Unfallchirurg. - April 1992. - 95. - S. 168-173.
- [103] **Rommens PM, Wagner D und Hofmann A** Surgical management of osteoporotic pelvic fractures: a new challenge. [Artikel] // European Journal of Trauma and Emergency Surgery. - Oktober 2012. - 38. - S. 499-509.
- [104] **Schäffler A [et al.]** Effects of a Pelvic Ring Injury on Earning Capacity [Artikel] // Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie. - Februar 2017. - 155. - S. 67-71.
- [105] **Schmal H, Klemt C und Südkamp N.P** Chirurgische Anatomie von Beckenring und Azetabulum, osteoligamentäre Strukturen, neurovaskuläre Strukturen und Weichteile [Artikel] // OP-Journal. - Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 2003. - 19. - S. 94-98.
- [106] **Schünke M, Schulte E und Schumacher U** Prometheus. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem [Buch]. - Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 2014. - 4..
- [107] **Schweigkofler U [et al.]** "Clear-the-pelvis-Algorithmus": Handlungsempfehlungen zur Freigabe des Beckens nach nicht invasiver Stabilisierung mittels Beckengurt im Rahmen der Schockraumversorgung [Artikel] // Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie. - Stuttgart, New York : Georg Thieme Verlag KG, 2016. - 154. - S. 470-476.
- [108] **Schwemmler K und Schultheis K.H** Abdominal injuries accompanying pelvic fractures [Artikel] // Unfallchirurgie. - 1985. - 11. - S. 7-11.

- [109] **Seiler H** Timing of osteosynthesis in pelvic girdle injuries. Advantages and disadvantages of early surgical management. [Artikel] // Der Unfallchirurg. - April 1992. - 95. - S. 181-184.
- [110] **Senst W und Bida B** Expert assessment of pelvic injuries. [Artikel] // Zentralblatt für Chirurgie. - 2000. - 125. - S. 737-743.
- [111] **Siegmeth A [et al.]** Associated injuries in severe pelvic trauma [Artikel] // Der Unfallchirurg. - Juli 2000. - 103. - S. 572-581.
- [112] **Sigel A und Bornhof C** Urological relevance of pelvic fractures [Artikel] // Helvetica chirurgica acta. - August 1981. - 48. - S. 405-409.
- [113] **Statistisches Bundesamt** [Online] = Verkehrsunfälle. - Statistisches Bundesamt Deutschland, 2017. - 21. Oktober 2019. - https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Publikationen/Downloads-Verkehrsunfaelle/unfaelle-frauen-maenner-5462407177004.pdf?__blob=publicationFile.
- [114] **Statistisches Bundesamt Deutschland** <https://www.destatis.de> [Online]. - 2018. - 27. November 2020. - <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1606396036454&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=12211-0009&auswahltext=&w>.
- [115] **Stöckle U** <https://edoc.hu-berlin.de> [Online] = Schräg dorsaler Beckenfixateur - Ein neues Konzept zur Beckenstabilisierung. - 2001. - 1. September 2019. - <https://edoc.hu-berlin.de/bitstream/handle/18452/14438/Stoeckle.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [116] **Stuby F M [et al.]** Hardware removal after pelvic ring injury [Artikel] // Der Unfallchirurg. - 2012. - 115. - S. 330-338.
- [117] **Stuby FM [et al.]** Insufficiency fractures of the pelvic ring [Artikel] // Der Unfallchirurg. - April 2013. - 116. - S. 351-364.
- [118] **Stuby FM, Lenz M und Doebele S** Symphyseal fixation in open book injuries cannot fully compensate anterior SI joint injury - A biomechanical study in a two-leg alternating load model. [Artikel] // PloS One. - November 2017. - 12. - S. 10.
- [119] **Taller S [et al.]** Nonunions or malunions of pelvic fractures [Artikel] // Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Chechoslovaca. - April 2009. - 76. - S. 121-127.
- [120] **Tan Z und Wang GL** Advances in Diagnosis and Treatment of Posterior Distal Injury of Pelvic Fracture [Artikel] // Sichuan da xue xue bao. Yi xue ban. - September 2017. - 48. - S. 655-660.

- [121] **Tanizaki S [et al.]** Displaced anterior pelvic fracture on initial pelvic radiography predicts massive hemorrhage [Artikel] // The American journal of emergency medicine. - Dezember 2018. - 36. - S. 2172-2176.
- [122] **Ter Grigorian AA, Kasyan GR und Pushkar DY** Urogenital disorders after pelvic ring injuries [Artikel] // Central European journal of urology. - 2013. - 66. - S. 352-356.
- [123] **Tiemann A H, Böhme J und Josten C** Use of the pelvic clamp in polytraumatised patients with unstable disruption of the posterior pelvic ring. Modified technique-risks-problems [Artikel] // Der Orthopäde. - 2006. - 35. - S. 1225-1236.
- [124] **Tonetti J [et al.]** Neurological damage in pelvic injuries: a continuous prospective series of 50 pelvic injuries treated with an iliosacral lag screw [Artikel] // Revue de Chirurgie Orthopedique et Reparatrice de l'Appareil Moteur. - April 2004. - 2. - S. 122-131.
- [125] **Tosounidis G [et al.]** Das komplexe Beckentrauma des älteren Patienten [Artikel] // Der Unfallchirurg. - 2010. - 113. - S. 281-286.
- [126] **Tosounidis G [et al.]** Misinterpretation of anterior pelvic ring fractures in the elderly. [Artikel] // Der Unfallchirurg. - August 2006. - 109. - S. 678-680.
- [127] **Tosounidis G, Culemann U und Pohlemann T** Aktuelle Therapiekonzepte bei Beckenringverletzungen. [Artikel] // Orthopädie und Unfallchirurgie up2date. - 2009. - 4. - S. 107-120.
- [128] **Tosounidis TH [et al.]** The use of external fixators in the definitive stabilisation of the pelvis in polytrauma patients. Safety, efficacy and clinical outcomes. [Artikel] // Injury. - Juni 2017. - 48. - S. 1139-1146.
- [129] **Trulson A [et al.]** Fraktur des vorderen Beckenringes - die vermeintlich leichte Verletzung [Artikel] // Trauma und Berufskrankheit. - 2018. - 20. - S. 157-162.
- [130] **Tscherne H und Pohlemann T** Tscherne Unfallchirurgie. Becken und Acetabulum [Buch]. - Berlin : Springer-Verlag, 1998.
- [131] **Tscherne H, Pohlemann T und Gänsslen A** Classification, staging, urgency and indications in pelvic injuries. [Artikel] // Zentralblatt für Chirurgie. - 2000. - 125. - S. 717-724.
- [132] **Turgut A [et al.]** Do patients with acute isolated pubic ramus fractures have to be hospitalized? [Artikel] // Acta orthopaedica Belgica. - Dezember 2017. - 83. - S. 574-580.
- [133] **Van Loon P [et al.]** Radiological analysis, operative management and functional outcome of open book pelvic lesions: a 13-year cohort study. [Artikel] // Injury. - Oktober 2011. - 42. - S. 1012-1019.
- [134] **Veith N T [et al.]** Blood loss in pelvic ring fractures: CT-based estimation [Artikel] // Annals of translational medicine. - 2016. - 4. - S. 366.

- [135] **Velarde-Ramos L [et al.]** Traumatic lesions of the posterior urethra [Artikel] // Actas urológicas españolas. - 2016. - 40. - S. 539-548.
- [136] **Wang H [et al.]** Predictors of early versus late mortality in pelvic trauma patients [Artikel] // Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine. - 2016. - 24.
- [137] **Watnik NF, Coburn M und Goldberger M** Urologic injuries in pelvic ring disruptions. [Artikel] // Clinical orthopaedics and related research. - August 1996. - 329. - S. 37-45.
- [138] **Weber K [et al.]** Quality of life after surgical treatment of pelvic ring fractures. Are long-term results predictable? [Artikel] // Der Unfallchirurg. - Dezember 2001. - 104. - S. 1162-1167.
- [139] **Weise Kuno und Schiltenwolf Marcus** Grundkurs orthopädisch-unfallchirurgische Begutachtung [Buch]. - Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2014. - 2. : S. 40-42.
- [140] **Weiß Christel und Bucsky Peter** Basiswissen Medizinische Statistik [Buch]. - Heidelberg : Springer Medizin Verlag, 2008. - 4..
- [141] **Weitzel C [et al.]** Therapeutisches Vorgehen bei der stumpfen Milzverletzung [Artikel] // chirurgische praxis. - [s.l.] : Mediengruppe Oberfranken - Fachverlage GmbH & Co. KG, 2018. - 84. - S. 1-14.
- [142] **Westhoff J [et al.]** Interventionelle Notfallembolisation bei schweren Beckenfrakturen mit arterieller Blutung [Artikel] = Integration in den frühklinischen Behandlungsalgorithmus // Der Unfallchirurg. - 2008. - 111. - S. 821.
- [143] **Wilke J und Pennig D** Percutaneous stabilization of the anterior pelvic ring in osteoporotic fractures [Artikel] // Der Unfallchirurg. - August 2019. - 122. - S. 612-617.
- [144] **Windisch T** www.uni-regensburg.de [Online] = Die minimal-invasive Stabilisierung des dorsalen Beckenrings mit dem transiliakalen Fixateur interne (TIFI). - 2009. - 16. Juni 2021. - https://epub.uni-regensburg.de/12326/1/DISSERTATION_DRUCKVERSION.PDF.
- [145] **Yin Y [et al.]** Anterior subcutaneous internal fixator (INFIX) versus plate fixation for pelvic anterior ring fracture [Artikel] // Scientific Reports. - Februar 2019. - 9. - S. 2578.
- [146] **Zhang M R und Jiang J Z** Clinical study on the relationship between the displaced fracture of the inferior ramus of pubis and the posterior pelvic ring injury [Artikel] // Zhongguo Gu Shang. - 2017. - 30. - S. 638-642.

7 Erklärung zum Eigenanteil

Ich gebe hiermit die Erklärung ab, dass ich die Dissertation mit dem Titel:

„Auswirkung einer Beckenringfraktur auf die Erwerbsfähigkeit“

in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik des Universitätsklinikums Tübingen

unter Anleitung von Prof. Dr. med. Fabian M. Stuby

1. selbständig angefertigt,
2. nur unter Benutzung der im Literaturverzeichnis angegebenen Arbeiten angefertigt und sonst kein anderes gedrucktes oder ungedrucktes Material verwendet,
3. keine unerlaubte fremde Hilfe in Anspruch genommen,
4. sie weder in der gegenwärtigen noch in einer anderen Fassung einer in- oder ausländischen Fakultät als Dissertation, Semesterarbeit, Prüfungsarbeit oder zur Erlangung eines akademischen Grades vorgelegt habe.

Cleebronn, den 28.04.2021

Danksagung

Für die gute Zusammenarbeit und Bereitstellung der nötigen Ressourcen möchte ich in erster Linie Herrn Prof. Dr. Fabian M. Stuby (Ärztlicher Direktor der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Murnau) und Dr. Aljoscha Schäffler (Leitender Oberarzt der Abteilung für Unfallchirurgie und Orthopädie im Krankenhaus Freudenstadt) danken.

Ich danke Frau Aline Naumann vom Institut für Klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie des Universitätsklinikums Tübingen für die freundliche und kompetente Beratung bezüglich der Datenanalyse und statistischen Erfassung des dieser Studie zugrundeliegenden Datenmaterials.