

Aus der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie,  
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar  
Direktor: Prof. Dr. med. Tim Pohlemann

**Acetabulumfrakturen im Alter:  
Charakterisierung einer stetig wachsenden Patientengruppe und  
Langzeitergebnisse der offenen Frakturstabilisierung**

*Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin*

**der Medizinischen Fakultät**  
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES  
2020

vorgelegt von:  
Hendrik Pott  
geb. am: 05.09.1996 in Steinfurt

Dekan: \_\_\_\_\_ Prof. Dr. M. D. Menger \_\_\_\_\_

1. Gutachter: \_\_\_\_\_ Prof. T. Pohlemann \_\_\_\_\_

2. Gutachter: \_\_\_\_\_ PD M. Unger \_\_\_\_\_

Tag der Promotion: \_\_\_\_\_ 30.11.2020 \_\_\_\_\_

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>6</b>
1.1	Zusammenfassung.....	6
1.2	Summary .....	7
<b>2</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>8</b>
2.1	Hintergrund und Ziel der Studie .....	8
2.2	Anatomie und Funktion des Acetabulums.....	9
2.3	Epidemiologie.....	10
2.4	Unfallmechanismen.....	11
2.5	Frakturklassifikationen.....	13
2.5.1	Klassifikation nach Judet und Letournel .....	13
2.5.2	AO/OTA-Klassifikation .....	16
2.6	Diagnostik.....	17
2.6.1	Röntgendiagnostik .....	17
2.6.1.1	Klassifikationsalgorithmus nach Pohlemann.....	20
2.6.1.2	Pfannendachwinkel nach Matta .....	21
2.6.2	Computertomografische Diagnostik .....	22
2.7	Therapie.....	25
2.7.1	Konservative Therapie .....	25
2.7.2	Operative Therapie.....	26
2.7.2.1	Offene Frakturstabilisierung .....	26
2.7.2.2	Perkutane Frakturstabilisierung .....	29
2.7.2.3	Primäre Totalendoprothese.....	30
2.7.2.4	Sekundäre Totalendoprothese.....	31
2.7.2.5	Operative Zugänge zum Acetabulum.....	33
2.7.2.6	Komplikationen .....	37
2.8	Der demografische Wandel und der Einfluss einer verminderten Knochensubstanz auf die Entstehung von Frakturen .....	42
<b>3</b>	<b>Material und Methodik .....</b>	<b>44</b>
3.1	Studiendesign.....	44

3.2	Beckenregister der <i>Arbeitsgemeinschaft Becken</i> der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie.....	44
3.2.1	Das Beckenregister.....	44
3.2.2	Auswertung des Beckenregisters .....	44
3.3	Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes .....	45
3.3.1	Daten zum Traumazentrum .....	45
3.3.2	Auswertung der Datenbank, Einteilung in Kohorten, Analyseparameter .....	45
3.4	Statistik.....	46
<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>47</b>
4.1	Beckenregister der <i>Arbeitsgemeinschaft Becken</i> der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie.....	47
4.1.1	Alters- und Geschlechtsverteilung .....	47
4.1.2	Frakturmuster.....	49
4.1.3	Rate der offenen Frakturstabilisierung und Krankenhausmortalität .....	50
4.2	Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes .....	51
4.2.1	Patientenkollektiv.....	51
4.2.2	Alters- und Geschlechtsverteilung, Frakturbehandlung des Patientenkollektivs .....	51
4.2.3	Kohorte geriatrischer Patienten im Vergleich zu Patienten unter 60 Jahren .....	51
4.2.4	Krankenhausmortalität .....	52
4.2.5	Ergebnisse der Nachuntersuchung .....	53
4.2.5.1	Verteilung der Frakturtypen .....	54
4.2.5.2	Sekundäre Implantation einer Hüftgelenktotalendoprothese .....	55
4.2.5.3	EQ-5D <sup>TM</sup> und Lebensqualität.....	56
<b>5</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>57</b>
5.1	Diskussion der Methoden .....	57
5.2	Diskussion der Ergebnisse.....	59
5.2.1	Altersverteilung .....	59
5.2.2	Geschlechtsverteilung und die These der osteoporotischen Fraktur .....	60
5.2.3	Frakturbehandlung und Mortalität .....	61
5.2.4	Implantation eines sekundären Gelenkersatzes.....	62
5.2.5	Frakturmuster.....	63
5.2.6	Lebensqualität.....	64

5.3	Schlussfolgerungen .....	66
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>75</b>
<b>8</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>78</b>
<b>9</b>	<b>Publikationen/Dank .....</b>	<b>79</b>
9.1	Publikation.....	79
9.2	Danksagung .....	80
<b>10</b>	<b>Lebenslauf.....</b>	<b>81</b>

# 1 Zusammenfassung

## 1.1 Zusammenfassung

Jüngste Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass die Anzahl geriatrischer Patienten mit Acetabulumfraktur rasant anwächst. Emile Letournel, Wegbereiter der modernen Acetabulumchirurgie, operierte in seiner ersten Serie von 173 Patienten aus dem Jahre 1964 keine Patienten, die älter als 60 Jahre waren. Auch mehr als 30 Jahre später vertrat er die Meinung, dass eine verminderte Knochensubstanz gegen eine operative Behandlung der Fraktur spricht.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, in einer retrospektiven Studie zu untersuchen, wie sich die Altersstruktur bei Patienten mit Acetabulumfraktur heutzutage darstellt und welche Charakteristika die ältere Patientengruppe aufweist. Weiterhin sollte überprüft werden, ob die offene Frakturstabilisierung heute eine relevante Behandlungsstrategie für ältere Patienten mit Acetabulumfraktur darstellt. Dazu wurden Datensätze von 3793 Patienten aus dem Beckenregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie und der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes analysiert. Es wurden epidemiologische Parameter erfasst und außerdem die Krankenhausmortalität, die Verteilung der Frakturmuster und der Anteil der operativ behandelten Patienten ermittelt. Darüber hinaus wurde anhand von Nachuntersuchungsdaten analysiert, wie häufig nach Acetabulumfraktur ein sekundärer endoprothetischer Gelenkersatz notwendig wird und welchen Einfluss eine Acetabulumfraktur auf die Lebensqualität älterer Patienten nimmt.

Mehr als 50% der im Beckenregister erfassten Patienten waren über 60 Jahre alt, der Altersgipfel lag in der Gruppe der 75 bis 80 Jährigen. Etwa drei Viertel der Patienten waren männlich. Über die Hälfte der älteren Patienten wurde operativ behandelt, die Krankenhausmortalität war bei über 60 jährigen Patienten mit 5,3% signifikant höher als bei Patienten unter 60 Jahren mit 2,8%. Eine offene Frakturstabilisierung beeinflusste bei den Patienten der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie weder die Krankenhausmortalität, noch die gesundheitsbezogene Lebensqualität im Vergleich zur konservativen Behandlung. Bei 23% der Patienten wurde im Verlauf ein sekundärer Gelenkersatz des Hüftgelenks notwendig. In beiden Patientenkollektiven überwogen anteriore Frakturtypen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit verdeutlichen zum einen, dass ältere Patienten mittlerweile die größte Kohorte unter den Patienten mit Acetabulumfraktur darstellen. Zum anderen konnte nachgewiesen werden, dass die operative Behandlung von Acetabulumfrakturen heute, mehr als 50 Jahre nach ihrer Etablierung durch Emile Letournel, eine Behandlungsoption darstellt, die auch bei geriatrischen Patienten häufig genutzt wird und in den meisten Fällen ein zufriedenstellendes Ergebnis verspricht.

## 1.2 Summary

### Acetabular fractures in the elderly: Characterization of a steadily growing patient group and long-term results after open reduction and internal fixation

Recently published studies suggest a dramatic increase in the incidence of acetabular fractures in the elderly. Emile Letournel, known as a pioneer in the field of acetabular surgery, did not operate on any patients older than 60 years in his original series of 173 patients published in 1964. Even more than 30 years later, he argued that those with “osteopenia of the innominate bone” should not be operated on. Therefore, the aim of this study was to ascertain the age structure of patients with acetabular fractures in a retrospective analysis, characterize the cohort of older patients and determine whether open reduction and internal fixation constitutes a reliable treatment option for geriatric patients. Data of 3793 patients from the German Pelvic Registry and the Department for Trauma-, Hand- and Reconstructive Surgery in Homburg (Saar) was analyzed in order to define epidemiologic characteristics. Furthermore, a review of in-hospital mortality, fracture types, the mode of treatment and the long-term quality of life as well as the rate of secondary total hip arthroplasty after operative and non-operative treatment was undertaken.

More than half the patients in the German Pelvic Registry were older than 60 years, and over 50 percent of those were treated by open reduction and internal fixation. The age peak was found to be at 75-80 years, about three quarters of the patients were male. The in-hospital-mortality in older patients was 5.3% and therefore significantly higher than in younger patients. The mortality in the younger group was 2.8%. Open reduction and internal fixation did not significantly increase the mortality when compared to non-operative treatment at the Department for Trauma-, Hand- and Reconstructive Surgery in Homburg (Saar). It also did not lower the health-adjusted quality of life in respect to a non-operative regime. 23% of patients had to undergo a secondary hip replacement after sustaining an acetabular fracture. Anterior fracture patterns were the predominant fracture type in both registries.

Today, 50 years after the technique was first published by Emile Letournel, open reduction and internal fixation is a necessary and widely used option in the treatment of acetabular fractures in the elderly, promising satisfactory results in a broad spectrum of patients. This is an important finding, since the majority of patients with acetabular fractures nowadays are of a higher age.

## 2 Einleitung

### 2.1 Hintergrund und Ziel der Studie

Bei der Acetabulumfraktur handelt es sich um eine seltene, jedoch oftmals schwerwiegende Verletzung, in deren Folge sich eine Arthrose des Hüftgelenks und damit einhergehend eine Einschränkung der Mobilität, schlussendlich bis hin zur Invalidität, entwickeln kann [35,62,97].

Marvin Tile, Professor für Chirurgie und Autor des internationalen Standardwerks „Fractures of the Pelvis and Acetabulum“, wird das folgende Zitat zugeschrieben: „Patients with an acetabular fracture will limb to death [30].“ Dies zeigt die Bedeutung der Verletzung für betroffene Patienten und verdeutlicht die Notwendigkeit einer adäquaten Therapie, um eine Einschränkung der Lebensqualität bestmöglich zu verhindern.

Beobachtungen der letzten Jahre deuten darauf hin, dass gesellschaftliche Entwicklungen wie der demografische Wandel, aber auch die Einführung strengerer Regularien und eine fortgeschrittene Sicherheitstechnik im Straßenverkehr eine Verschiebung des Durchschnittsalters von Patienten mit Acetabulumfrakturen verursacht haben [25,50,56,130]. Früher wurden Frakturen der Hüftpfanne vor allem durch Verkehrsunfälle und andere hochenergetische Traumata verursacht. Sie traten hauptsächlich bei aktiven, jüngeren Menschen auf. Heute dagegen scheinen es eher einfache Sturzereignisse bei älteren Personen zu sein, die ätiologisch in den Vordergrund treten [97].

Ein älteres Patientenkollektiv stellt neue Herausforderungen an eine erfolgreiche Therapie. Alterstypische Komorbiditäten, mangelnde körperliche Belastbarkeit und eine verminderte Knochensubstanz sind nur einige der Faktoren, die unter Umständen gegen einen größeren operativen Eingriff bei geriatrischen Patienten sprechen [7,52,77].

Nachdem Emile Letournel, Wegbereiter der modernen Acetabulumchirurgie, in den ersten zehn Jahren seiner Studien zu diesem Thema keine Patienten über sechzig Jahre operativ behandelt hatte, führte er in seiner Folgeveröffentlichung ein hohes Alter allein zwar nicht als Kontraindikation für eine offene Frakturstabilisierung an, betonte aber, dass Patienten mit verminderter Knochensubstanz keine geeigneten Kandidaten für eine Osteosynthese des Acetabulums seien [58,65]. Seit dieser Aussage hat sich die Versorgung von Acetabulumfrakturen und ebenso die Indikationsstellung zur Operation weiter fortentwickelt, sodass diese Einschränkung der Operationsindikation heute kritisch hinterfragt und überprüft werden muss [43,96].

Bei Betrachtung der oben genannten Entwicklungen wird klar, dass die Frage aktueller denn je ist, wie sich die Altersstruktur bei Patienten mit Acetabulumfraktur heute darstellt und welche alterstypischen Besonderheiten eine eventuell ältere Patientenkohorte aufweist.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war deshalb, die epidemiologischen Eigenschaften von Patienten mit Acetabulumfrakturen mittels einer Analyse der Datenbank des Deutschen Beckenregisters zu untersuchen und auf dieser Grundlage die Patientengruppe mit einem Alter von über 60 Jahren

genauer zu charakterisieren. Die Ergebnisse konnten durch Zuhilfenahme der klinischen Untersuchungsbefunde von Patienten ergänzt werden, welche im Universitätsklinikum des Saarlandes behandelt wurden, um so ein noch differenzierteres Bild des geriatrischen Patienten mit Acetabulumfraktur zu erstellen.

Es wurde die Hypothese formuliert, dass der demographische Wandel und damit auch die Alterung des Patientenkollektivs im Verlauf der letzten Jahrzehnte zu einer völlig neuen Situation im Bereich der Acetabulumchirurgie geführt haben. Weiter wurde die Behauptung aufgestellt, dass die Behandlung mittels offener Reposition und Frakturstabilisierung auch bei älteren Patienten mit Acetabulumfraktur durchaus erfolgversprechend ist.

Die Arbeiten von Emile Letournel und seinem Mentor Robert Judet, die heute noch als Standardwerke der Acetabulumchirurgie angesehen werden, dienten bei den Untersuchungen der vorliegenden Studie an verschiedenen Stellen als Ausgangspunkt, um Grundlagen hinsichtlich diverser Aspekte der Behandlung von Acetabulumfrakturen zusammenzufassen. Weiterhin sollten die Entwicklungen seit der ersten Veröffentlichung zur operativen Versorgung von Acetabulumfrakturen in den Sechzigerjahren erläutert, und vor dem so geschaffenen Hintergrund die Ergebnisse der aktuellen Forschung diskutiert werden, um schließlich die eigenen Ergebnisse in diesen Kontext einordnen zu können.

## 2.2 Anatomie und Funktion des Acetabulums

Das Verständnis der anatomischen Verhältnisse an der Hüftpfanne ist wichtig, um die Morphologie der Acetabulumfrakturen und die Therapie derselben zu verstehen, daher sollen sie hier kurz besprochen werden.

Das Acetabulum entspricht dem Pfannenanteil des Hüftgelenks und ist damit für den aufrechten Gang essentiell. Es liegt auf der lateralen Seite des Hüftbeins, artikuliert mit dem Caput femoris und ermöglicht so die Kraftübertragung von der Wirbelsäule über das Becken auf das Achsenskelett [27].

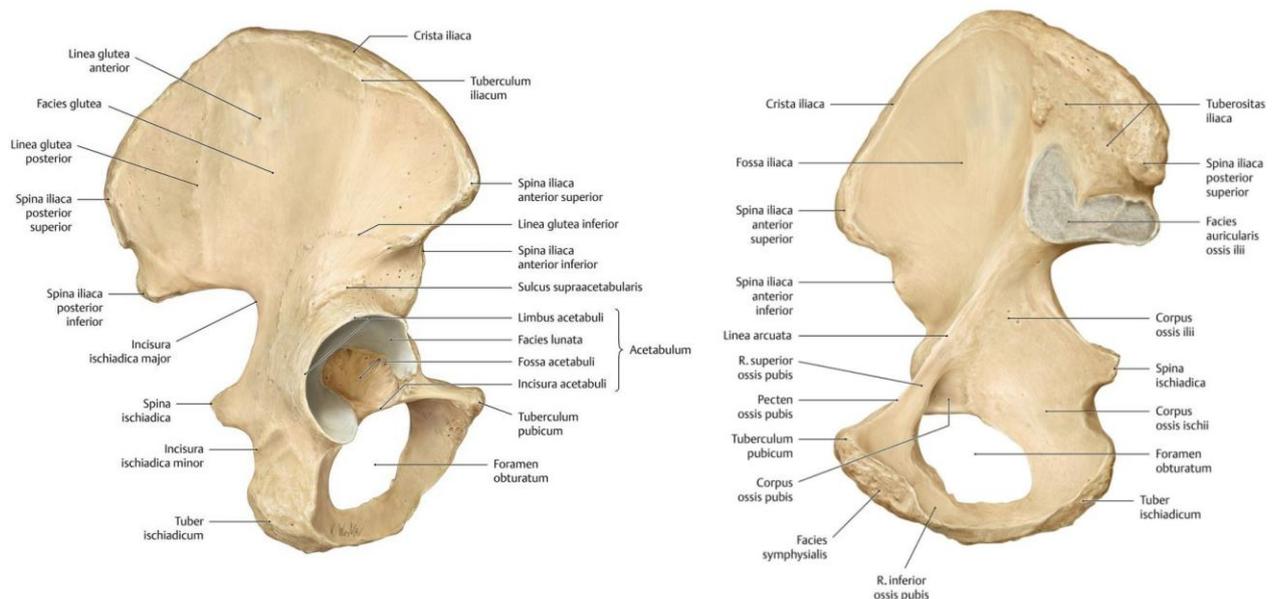
Der lateinische Begriff Acetabulum beschreibt ursprünglich das im alten Rom häufig verwandte Essignäpfchen. Dieses wurde bei Tisch zum Würzen von Speisen benutzt. Es ähnelt in seiner Form der menschlichen Hüftpfanne und gab ihr deswegen seinen Namen [104,125].

Das Acetabulum besteht aus Anteilen des Os ilium, Os pubis und Os ischii, welche während des Wachstums verschmelzen. Die drei genannten Knochen treffen im Acetabulum aufeinander und bilden dort die Y-Fuge, die meist zwischen dem 14. und dem 16. Lebensjahr verknöchert [124]. Das Os ilium bildet den superioren, das Os pubis den anterioren und das Os ischii den posterioren Anteil der Struktur [92].

Die Facies lunata beschreibt den artikulierenden, von hyalinem Knorpel überzogenen Teil des Acetabulums, ihre Form wird oftmals als die eines nach unten offenen Hufeisens beschrieben. Sie umgibt die sogenannte Fossa acetabuli. Bei ihr handelt es sich um eine Vertiefung im Zentrum des Acetabulums, welche nicht zur gelenkbildenden Fläche gehört [64]. Ihr Boden wird durch die

dünnwandige Lamina quadrilateralis zum kleinen Becken hin abgegrenzt, welche gleichzeitig die Basis des oberen Schambeinastes darstellt und eine beinahe rechteckige Fläche bildet [86].

Eine besondere klinische Bedeutung kommt dem sogenannten Pfannendach und dem darüber liegenden Knochenanteil zu. Es ist der mit Abstand am stärksten belastete Anteil des Gelenks, seine Intaktheit ist entscheidend für die Funktionalität der Hüfte [58,72].



**Abbildung 1.** Anatomie des Acetabulums. Aus: Schünke et al.: Prometheus LernAtlas- Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, Thieme Verlag, 2011 [107].

### 2.3 Epidemiologie

Bei der Acetabulumfraktur handelt es sich um eine sehr seltene Verletzung, was eine genaue flächendeckende Dokumentation und Evaluation von Patientendaten zum Zwecke der Berechnung ihrer Inzidenz erschwert. Da die meisten Kliniken große und sich überlappende Einzugsgebiete haben, kann ohne eine Kooperation der Einrichtungen kaum eine Aussage über das Vorkommen dieser Verletzung in der Bevölkerung getroffen werden [62,81,97].

Laird und Keating veröffentlichten 2005 eine Arbeit über Patienten der Royal Infirmary in Edinburgh, dem einzigen Versorger von Acetabulumfrakturen in der Region, und bezifferten die Inzidenz auf 3/100 000 Personen pro Jahr [62].

Eine 2017 erschienene Studie von Rinne et al. geht von deutlich höheren Zahlen aus. Die Arbeitsgruppe stellte eine Analyse auf der Grundlage des finnischen Krankenhausentlassungsregisters an. Dieses erfasst alle 5,5 Millionen Einwohner Finnlands. Die Autoren erkannten, dass die Inzidenz der Acetabulumfraktur nicht nur mit 6,4/100 000 Personen im Jahre 1997 deutlich höher gewesen ist als bis zu diesem Zeitpunkt in der Literatur angegeben, sondern bis zum Jahr 2014 auch um 30% auf

8,1/100 000 Personen anstieg. Besonders auffällig war hierbei, dass der Anteil von jungen Patienten annähernd konstant blieb. Der Inzidenzanstieg war ausschließlich auf Patienten höheren Alters zurückzuführen [97].

Verschiedene andere Autoren berichten ebenfalls über den erhöhten Anteil von älteren Patienten mit Acetabulumfrakturen [77,81,84]. Ferguson et al. sprechen sogar von einem 2,4-fachen Anstieg der Inzidenz von Acetabulumfrakturen bei Patienten über 60 Jahren im Vergleich der Zeiträume von 1980-1993 und 1994-2007 [25].

Auffällig war außerdem die Erkenntnis beider großer epidemiologischer Studien, dass sich vor allem Männer eine Fraktur des Acetabulums zuzogen. Es muss von einem Anteil männlicher Patienten von bis zu 75% ausgegangen werden, wobei sich der Anteil an Frauen jedoch mit fortschreitender Studienzeit, beziehungsweise höherem Patientenalter, erhöhte [62,97].

Der demografische Wandel, definiert als die Alterung der Gesellschaft, geht mit der Verbreitung von osteopenischen Verhältnissen der Knochenstruktur bei vielen Patienten einher [63,111,112]. Die Osteopenie und deren Steigerung, die Osteoporose, beschreiben eine Abnahme der Knochendichte und -struktur, was wiederum schon bei geringeren Belastungen zu Knochenbrüchen führen kann [63,69]. In der Literatur herrscht Konsens, dass Frakturen des Beckens im höheren Lebensalter häufig in den Formenkreis der osteoporotischen Frakturen eingeordnet werden müssen [10,16,29,69]. Vor dem Hintergrund der oben erläuterten Altersverteilung erscheint es wahrscheinlich, dass ein wachsender Anteil der Acetabulumfrakturen im Speziellen ebenfalls zu dieser Kategorie gezählt werden kann.

## 2.4 Unfallmechanismen

Bei der Hüftpfanne handelt es sich um eine extrem widerstandsfähige Struktur, welche demzufolge nur unter besonderen Umständen frakturiert. Darunter fallen hochenergetische Traumata, jedoch kann auch eine vorausgegangene Schwächung der Knochenstruktur zur Fraktur bei geringerer Krafteinwirkung führen [30,66,77].

Dies spiegelt sich auch in der niedrigen Inzidenz wieder, die in den epidemiologischen Studien von Rinne et al. sowie Keating und Laird ermittelt wurde [62,97]. Die Autoren beschreiben einen konstanten Anteil von Patienten niedrigen Alters, welche ihre Verletzungen durch hochenergetische Unfälle erlitten haben. Die sogenannte „dashboard injury“ fällt in diese Kategorie: Der frontale Anprall des Femur auf das Armaturenbrett bei einem Verkehrsunfall kann durch die Kraftübertragung auf das Acetabulum zur konsekutiven Sprengung seiner hinteren Anteile führen [120]. Dieser Unfallhergang war zur Zeit von Judet und Letournel weit verbreitet, ähnliche Mechanismen mit massiver Krafteinwirkung auf das Acetabulum verursachten einen großen Teil der Acetabulumfrakturen. Außerdem können Frakturen des Acetabulums auch nach Krafteinleitung entweder durch den Fuß bei extendiertem Kniegelenk oder aber über das dorsale Becken entstehen. Diese Unfallmechanismen müssen jedoch als selten angesehen werden [30,66].

Ein weiterer häufiger Unfallhergang war dagegen klassischerweise ein Anpralltrauma, bei dem ein Auto gegen die Seite eines Fußgängers prallt, wodurch der Trochanter major von der Motorhaube in die Hüftpfanne gedrückt und diese so zerstört wird [66]. Vor diesem Hintergrund sahen Judet und Letournel einen direkten Zusammenhang zwischen der wachsenden Nutzung von Automobilen und der Inzidenz von Acetabulumfrakturen [58].

Mit der Einführung verschiedener Sicherheitsvorschriften, wie der allgemeinen Gurtpflicht und der Einführung strengerer Gesetze hinsichtlich Alkoholkonsums am Steuer, aber auch durch Fortschritte in der Sicherheitstechnik nahm die Häufigkeit der beschriebenen Unfallhergänge in den letzten Jahrzehnten in den Industrienationen deutlich ab [2,4,13,39,50,130]. Heute ist ihre Inzidenz weitgehend konstant, eine andere Gruppe von Verletzungen gewinnt hingegen massiv an Bedeutung: Rinne et al. berichten nicht nur, dass die Gruppe älterer Patienten anwächst, sondern dass auch andere Unfallmechanismen beobachtet werden, deren Resultate wiederum andere Frakturmuster als in der jüngeren Kohorte sind [62,97]. In ihrer Studie war die häufigste Ursache für eine Acetabulumfraktur ein Sturz auf ebener Fläche. Bei diesem Verletzungsmuster erfolgt der Sturz oft nach hinten oder auf die Seite, wobei es zu einer anteromedial gerichteten Krafteinwirkung des Trochanter major auf das Acetabulum kommt, infolgedessen eher seine vorderen Anteile frakturieren [11,77,84,93]. Der typische Patient aus dieser Gruppe ist über 65 Jahre alt und weist eine Fraktur der anterioren Strukturen des Acetabulums nach Erleiden eines Niedrigenergietraumas auf. Außerdem sind die Patienten dieser Gruppe zu einem höheren Anteil weiblich als im jüngeren Patientenkollektiv [97].

Diese Gruppe ist demnach klar von der klassischen, durch hochenergetische Unfallmechanismen verursachten Acetabulumfraktur des überwiegend jungen Menschen, abzugrenzen.

Es gilt festzuhalten, dass es heute deutliche Hinweise auf das Vorliegen einer bimodalen Altersverteilung im Patientenkollektiv gibt, wobei sich nicht nur das Patientenalter, sondern typischerweise auch Frakturmuster, Geschlecht sowie der Unfallmechanismus in beiden Gruppen voneinander unterscheiden. Daraus folgend stellt sich die Frage, ob in beiden Gruppen die gleichen Therapieempfehlungen gelten sollten, oder ob die Behandlung älterer Patienten mit Acetabulumfraktur ein gesondertes Konzept erfordert.

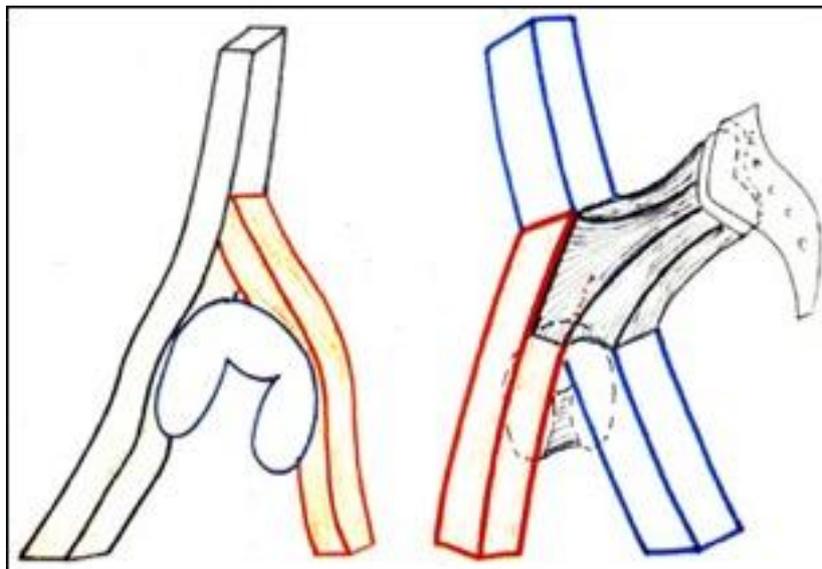
## 2.5 Frakturklassifikationen

Abhängig von der Art des erlittenen Traumas können verschieden geartete Frakturformen entstehen. Die präzise Klassifikation der Frakturmuster ist nicht nur für die Entscheidung für oder gegen einen operativen Eingriff, sondern gegebenenfalls auch für die Planung und erfolgreiche Durchführung der Operation von zentraler Bedeutung [65].

### 2.5.1 Klassifikation nach Judet und Letournel

Das 1964 von Judet und Letournel veröffentlichte und 1980 überarbeitete Klassifikationssystem war und ist von enormer Bedeutung für die Acetabulumchirurgie. Die Klassifikation wurde initial nach der radiologischen Analyse von 173 Acetabulumfrakturen erstellt und ermöglicht eine einheitliche Erfassung der oft komplexen Frakturmuster [58,65]. Die radiologische Einordnung der Frakturmuster nach Judet und Letournel gehört mittlerweile zum Standardprozedere jeder Behandlung einer Acetabulumfraktur [33].

Die beiden Autoren beschreiben die Existenz von fünf elementaren und fünf kombinierten Frakturtypen. Zentral für das Verständnis dieses Systems ist das 1940 durch Rouvière etablierte Konzept der beiden sogenannten Pfeiler. Sie bilden die Form eines umgedrehten „Y“, in dessen Gabelung das Acetabulum liegt [102]. Die Pfeiler stellen funktionell die zentralen, kraftübertragenden Strukturen des Hüftbeins dar, an denen die Frakturlemente fixiert werden müssen um die Stabilität des Gelenks zu gewährleisten [66].

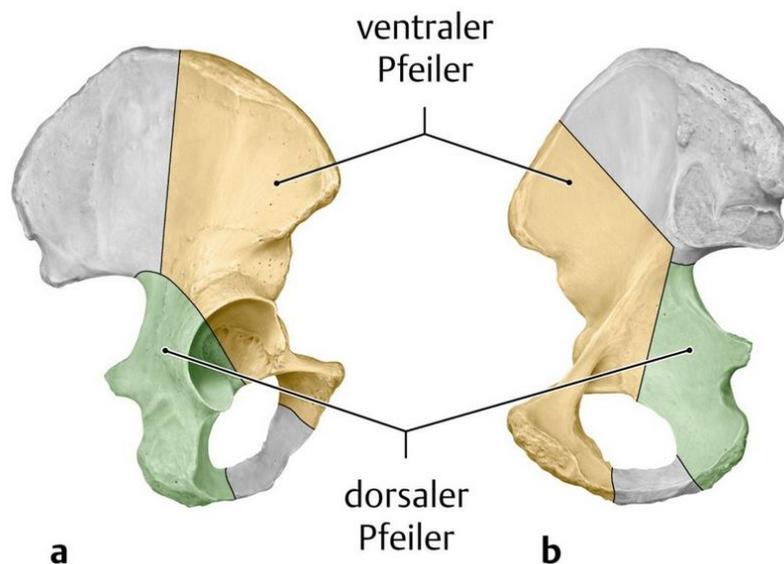


**Abbildung 2.** Das Konzept der Pfeiler. Aus: Letournel, Judet: Fractures of the Acetabulum, Springer Verlag, 1993 [62].

Der vordere Pfeiler wird definiert als der Knochenanteil, der sich vom Scheitelpunkt der Crista iliaca entlang des Iliums zum Ramus superior ossis pubis hin zieht. Er umfasst die anterioren Anteile der Ala ossis ilii, die Spina iliaca anterior superior und inferior, die vordere Hälfte des Acetabulums, die Linea arcuata und den Ramus superior ossis pubis [64,107]. Einige Autoren betrachten die Spina iliaca anterior superior als die kraniale Begrenzung des vorderen Pfeilers [58,125].

Der hintere Pfeiler reicht vom oberen Rand der Incisura ischiadica major und minor sowie dem posterioren Aspekt des Acetabulums bis zum Tuber ischiadicum [64,105].

Vergleichend ist festzuhalten, dass der hintere Pfeiler zwar kürzer ist als der Vordere, dafür jedoch biomechanisch umso wichtiger. Er besteht aus sehr dichter und daher stabiler Knochensubstanz und trägt maßgeblich zur Lastübertragung von der Wirbelsäule über das Iliosakralgelenk und so schlussendlich auf die untere Extremität bei [30].

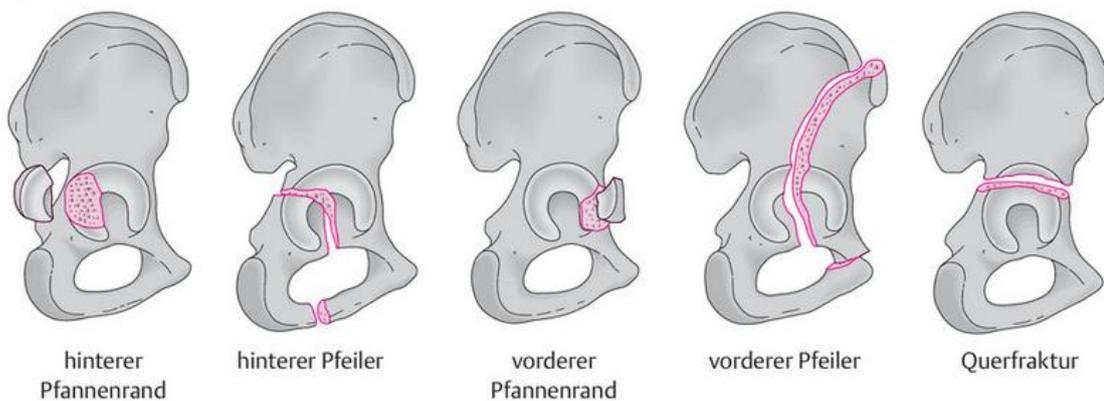


**Abbildung 3.** Darstellung des Hüftbeins mit Lokalisation der Pfeiler. Die vordere Seite des Hüftbeins ist mit a gekennzeichnet, die hintere Seite mit b. Der ventrale Pfeiler entspricht dem vorderen, der dorsale dem hinteren Pfeiler. Aus: Schünke et al.: Prometheus LernAtlas- Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, Thieme Verlag, 2011 [107].

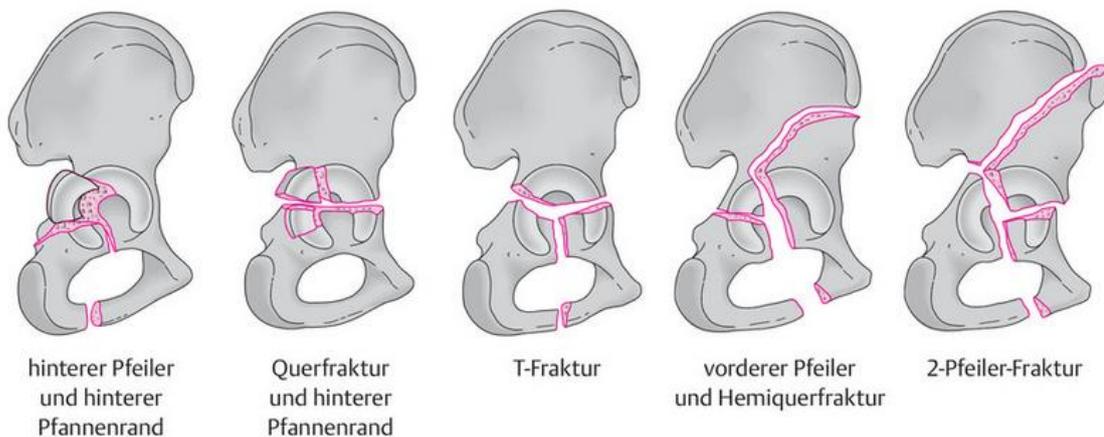
Die elementaren Frakturtypen nach Letournel und Judet involvieren jeweils nur einen Pfeiler. Eine Ausnahme stellt die Querfraktur dar, sie betrifft beide Pfeiler, wird aber trotzdem zu den elementaren Frakturen gezählt. Es werden je nach Verlauf der Frakturlinie transtectale, juxtatectale und infratectale Querfrakturen unterschieden [58,66,125].

Die kombinierten Frakturtypen bestehen aus Kombinationen der elementaren Frakturmuster. Sie sind komplizierter und involvieren beide Pfeiler. Auch hier gibt es eine Ausnahme: Frakturen der hinteren Wand in Kombination mit dem hinteren Pfeiler werden ebenfalls zu den kombinierten Frakturtypen gezählt, obwohl sie nur einen Pfeiler betreffen [30,125].

#### einfache Frakturformen



#### Kombinationsformen

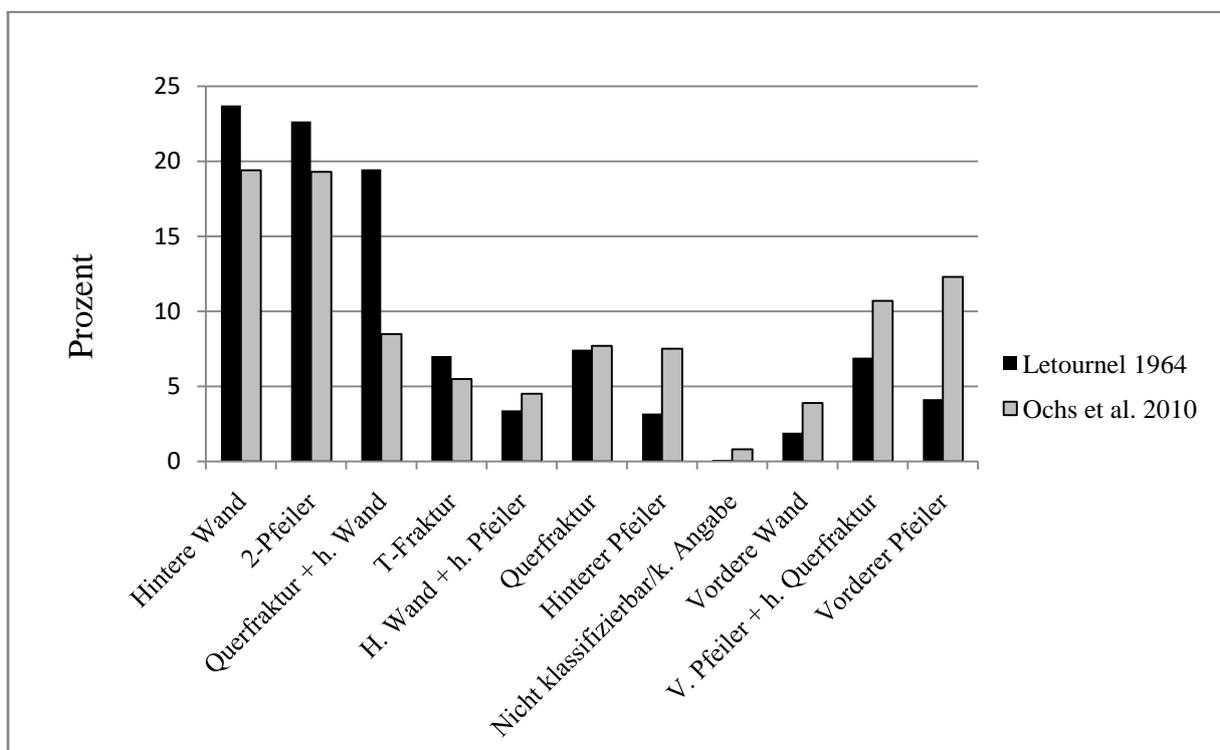


**Abbildung 4.** Frakturklassifikation nach Letournel. Aus: Wirth et al.: Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie, Thieme Verlag, 2009 [133].

Die Vorzüge der Klassifikation sind vielfältig: Zunächst bietet sie eine Hilfe bei der Entscheidung für oder gegen eine offene Frakturstabilisierung. Falls diese angestrebt wird, erlaubt die genaue Klassifikation der Fraktur weiter die adäquate Wahl eines Operationszugangs. Dies ist entscheidend,

da nicht alle Frakturen über den gleichen Zugang operiert werden können und bei falscher Wahl die Notwendigkeit eines erneuten, zweiten Eingriffs entstehen kann [53,90,93,125].

In der folgenden Abbildung ist der Anteil der einzelnen Frakturmuster an der Gesamtheit der behandelten Patienten in der Serie von Letournel und in einer Analyse des Deutschen Beckenregisters durch Ochs et al. von 2010 dargestellt. Es fällt auf, dass sich die Verteilung der Frakturmuster in der Zeit zwischen Letournels Veröffentlichung und der jüngeren Arbeit von Ochs et al. verschoben hat. So ist der Anteil von Patienten, deren Verletzungen die hintere Wand des Acetabulums einschließen, in der Arbeit von Ochs et al. geringer als bei Letournel, der Anteil von Frakturtypen welche anteriore Strukturen betreffen jedoch deutlich höher [58,81].



**Abbildung 5.** Anteile der Frakturtypen an der Gesamtheit in den Serien von Letournel (n=173) und einer Analyse des deutschen Beckenregisters von Ochs et al. (n=1266, Angaben in Prozent) [58,66,81].

### 2.5.2 AO/OTA-Klassifikation

Die Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO/OTA-Klassifikation) umfasst zwar auch Acetabulumfrakturen, klinisch ist sie in diesem Bereich allerdings eher von untergeordneter Bedeutung [59,90]. Sie ist an die Klassifikation nach Letournel angelehnt.

Frakturen des Acetabulums werden in der AO/OTA-Klassifikation mit der Ziffer 62 bezeichnet. Isolierte Frakturen eines Pfeilers, beziehungsweise einer Wand bei intaktem zweitem Pfeiler, erhalten

zusätzlich den Buchstaben „A“. Quer- und T-Frakturen werden mit einem „B“ beschrieben und Frakturen des Typs „C“ betreffen beide Pfeiler.

Je nach Frakturmodifikation können weitere Unterklassifizierungen vorgenommen werden. Eine wichtige Besonderheit ist die Einführung so genannter Qualifikatoren. Sie charakterisieren die Fraktur genauer und geben beispielsweise Aufschluss über Knorpelschäden, Hüftkopfläsionen oder das Ausmaß des Frakturspalts. Insgesamt sind so fast 20000 unterschiedliche Klassifikationsmöglichkeiten denkbar [59]. Sie können zur Einschätzung der Prognose herangezogen werden und sind für eine weitere wissenschaftliche Analyse nutzbar [125].

Kritisch muss hier angemerkt werden, dass das schiere Ausmaß an Klassifikationsmöglichkeiten der Einheitlichkeit der Klassifikation im Sinne einer Interobserverreliabilität unter Umständen abträglich ist. Auch ein Versuch von Harris et al., das System mithilfe einer computertomografischen Analyse zu vereinfachen, führte letztlich nicht zu einer Ablösung der etablierten Letournel-Klassifikation [30,40,41].

## 2.6 Diagnostik

### 2.6.1 Röntgendiagnostik

Die genaue Erfassung der oft komplexen, dreidimensionalen Verläufe der Frakturlinien und daraus folgend die korrekte Klassifikation der Fraktur ist oft schwierig, jedoch essentiell für die Planung des weiteren Vorgehens. Um eine möglichst exakte Einordnung vornehmen zu können, haben sich drei standardmäßig verwendete Aufnahmen des Acetabulums etabliert. Diese sind die Beckenübersichtsaufnahme in anterior-posteriorem Strahlengang, die Alaaufnahme, sowie die Obturatoraufnahme [58,64,105,125].

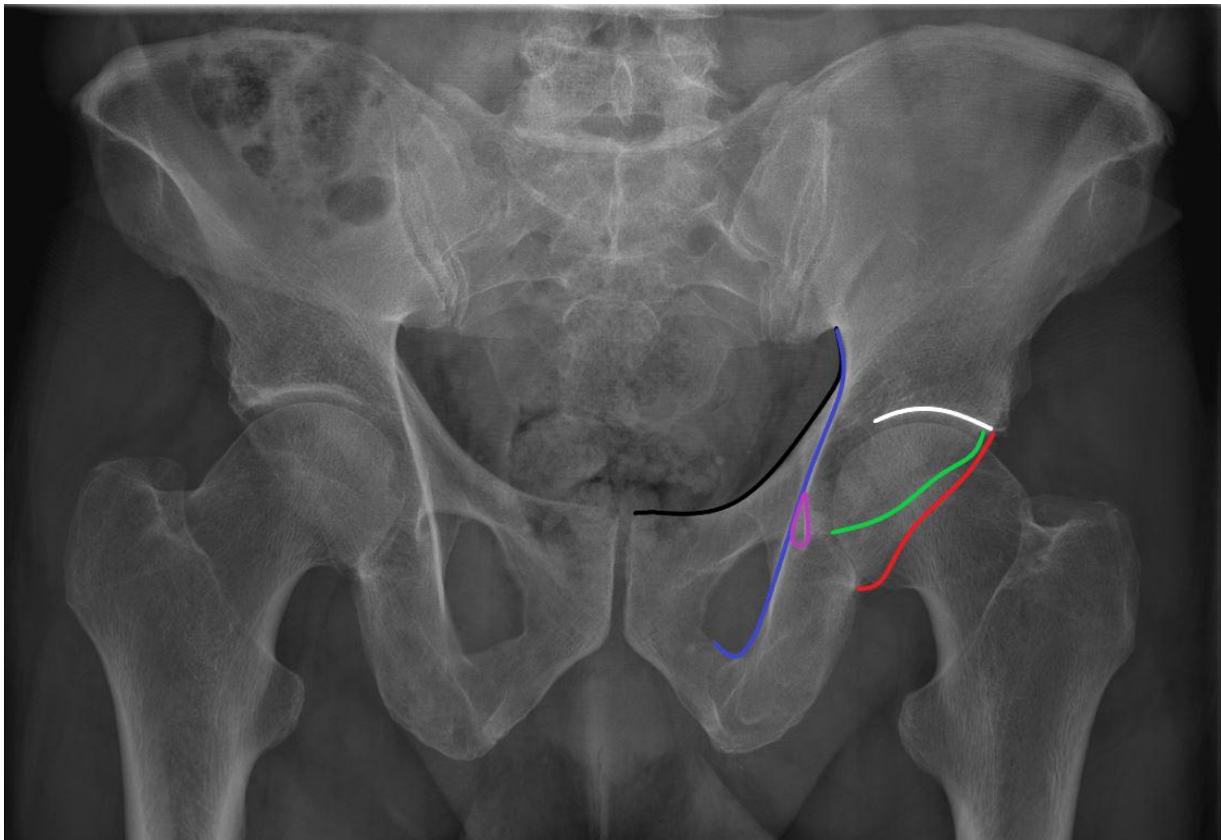
Im anterior-posterioren Strahlengang lassen sich verschiedene Kennlinien verfolgen, die die Erfassung der genauen Frakturmuster ermöglichen. Eine Unterbrechung der Kennlinien spricht für eine Verletzung der korrespondierenden Struktur. Die Linea iliopectinea entspricht dabei dem vorderen Pfeiler, die Linea ilioischadica dem hinteren Pfeiler. Weiter gilt es, die Linien des vorderen und hinteren Pfannenrandes zu prüfen [64,90].

Bei der Ala- und der Obturatoraufnahme handelt es sich um Schrägaufnahmen, welche in einem Winkel von etwa 45° aufgenommen werden und korrespondieren. Eine Alaaufnahme des rechten Acetabulums entspricht, als Übersichtsaufnahme aufgenommen, also gleichzeitig einer Obturatoraufnahme des linken Acetabulums. Eine Aufnahme beider Gelenke wird zudem empfohlen, um einen Seitenvergleich durchführen zu können [65,90].

Zur Beurteilung der Qualität der Aufnahme wird die Position des Os coccygis in Relation zum Caput femoris geprüft. Bei einer Alaaufnahme des rechten Acetabulums etwa sollte sich das Os coccygis ungefähr über das rechte Caput femoris projizieren [64].

Die Alaaufnahme verbessert die Sicht auf den hinteren Pfeiler und die vordere Wand. Besonders gut kann hier die Linea ilioischiadica verfolgt werden. Die Obturatoraufnahme vereinfacht die Erfassung des vorderen Pfeilers und der hinteren Wand, in dieser Aufnahme ist die Linea iliopectinea gut zu beurteilen [64].

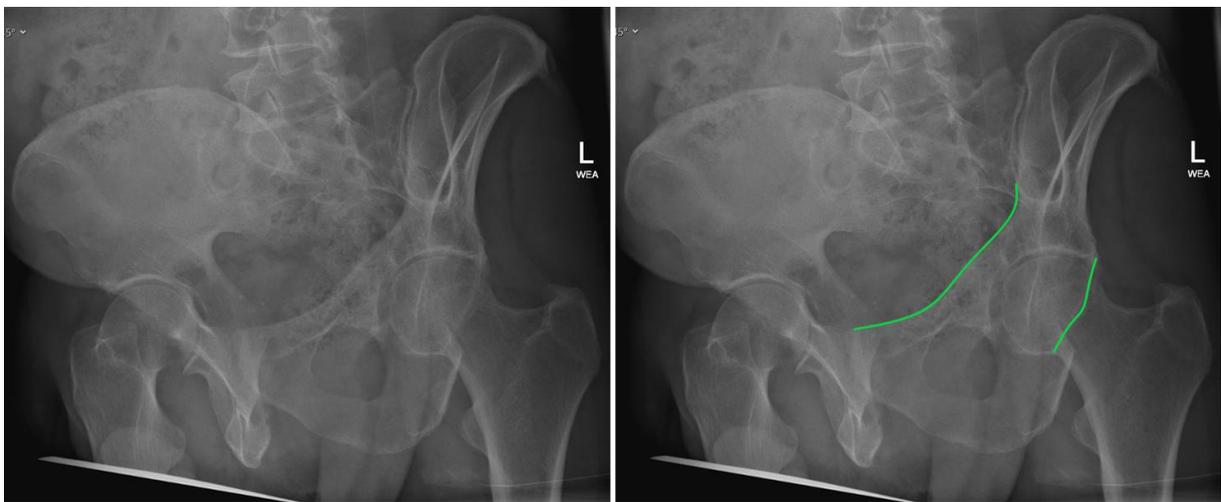
Eine weitere wichtige Kennstruktur ist die erstmals durch Köhler beschriebene Tränenfigur, welche in der anterior-posterioren Aufnahme lateral durch die medialen Anteile des Acetabulums und medial durch den anteroinferioren Aspekt der quadrilateralen Fläche gebildet wird [129]. Die Intaktheit der beschriebenen Strukturen, aber auch deren räumliche Beziehung zueinander, lässt für den Experten Rückschlüsse über die Konfiguration der betrachteten Fraktur zu.



**Abbildung 6.** Anterior-posteriore-Röntgenaufnahme des Acetabulums mit eingezeichneten Kennlinien. Die Linea iliopectinea ist schwarz markiert, die Linea ilioischiadica blau. Der vordere Pfannenrand ist grün, der hintere rot hervorgehoben. Das Pfannendach ist durch eine weiße Linie gekennzeichnet, die Tränenfigur nach Köhler violett umfahren.



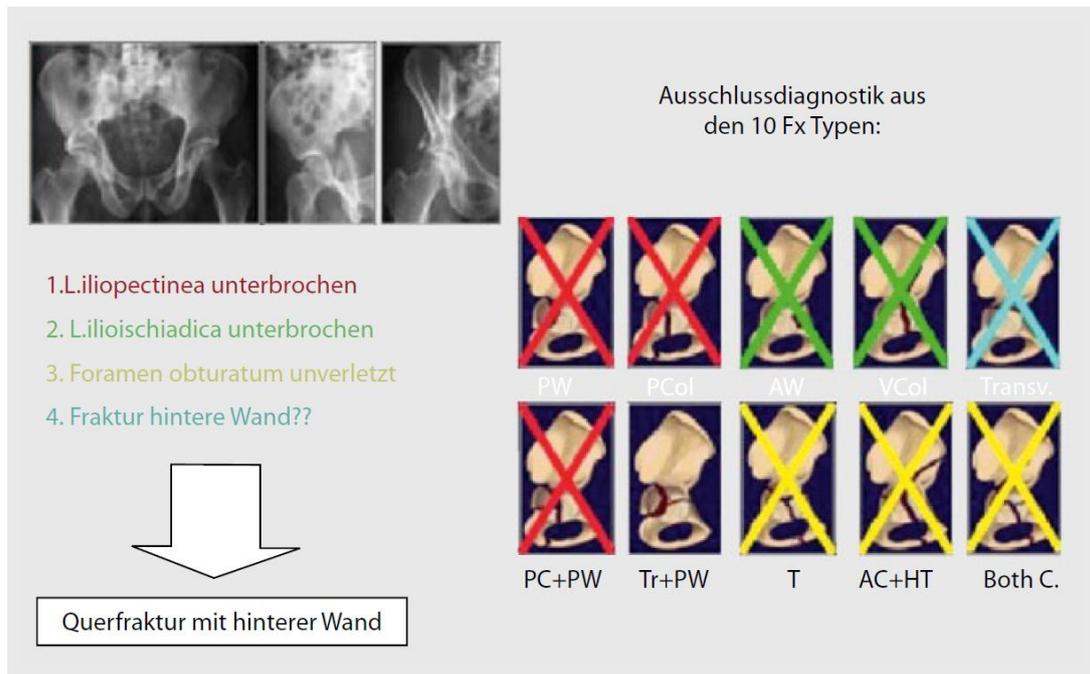
**Abbildung 7.** Alaaufnahme. Die vordere Wand und der hintere Pfeiler sind farblich hervorgehoben, sie können in dieser Schrägaufnahme besonders gut beurteilt werden.



**Abbildung 8.** Obturatoraufnahme. In dieser Aufnahme sind die Linea iliopectinea und die hintere Wand genauer zu erkennen. Sie sind farblich markiert.

### 2.6.1.1 Klassifikationsalgorithmus nach Pohlemann

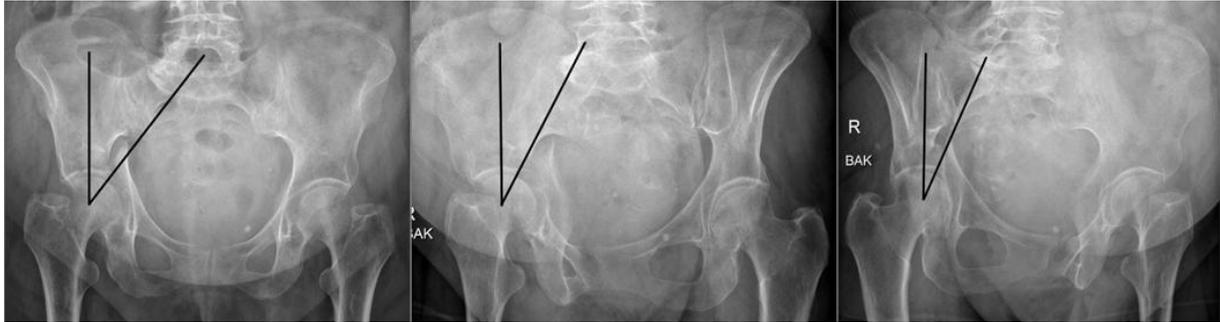
Da die systematische Beurteilung einer Acetabulumfraktur unter Umständen sehr kompliziert sein kann, haben Pohlemann et al. einen Klassifikationsalgorithmus entwickelt, anhand dessen eine Erfassung des Frakturtyps vollzogen werden kann. Durch Prüfung der radiologischen Kennlinien kann der vorliegende Frakturtyp im Ausschlussverfahren bestimmt werden [90].



**Abbildung 9.** Klassifikationsalgorithmus nach Pohlemann. Folgende Abkürzungen wurden verwendet: PW hintere Wand, PCol hinterer Pfeiler, AW vordere Wand, VCol vorderer Pfeiler, Transv. Querfraktur, PC+PW hinterer Pfeiler mit Hinterwandfraktur, Tr+PW Querfraktur mit Hinterwand, T T-Fraktur, AC+HT vorderer Pfeiler mit hinterer Hemiquerfraktur, Both C. 2-Pfeiler-Fraktur. Aus: Pohlemann et al.: Behandlungsstrategie bei Acetabulumfraktur, Springer Verlag, 2012 [90].

### 2.6.1.2 Pfannendachwinkel nach Matta

Die Bestimmung des sogenannten Pfannendachwinkels nach Matta ermöglicht es, die Stabilität des Pfannendaches und damit die Notwendigkeit einer Frakturstabilisierung abzuschätzen. In allen drei Standardaufnahmen wird dabei eine Senkrechte durch das Zentrum des Hüftgelenks gezogen, um darauf basierend den Winkel zur ersten sichtbaren Frakturlinie zu bestimmen. Als Faustregel gilt, dass das Acetabulum umso stabiler ist, je größer die Pfannendachwinkel nach Matta ausfallen [72].



**Abbildung 10.** Pfannendachwinkel nach Matta. Die Pfannendachwinkel betragen im anterior-posterioren Strahlengang  $35^\circ$ , in der Alaaufnahme  $30^\circ$  und in der Obturatoraufnahme  $25^\circ$ .

### 2.6.2 Computertomografische Diagnostik

Die Computertomografie ermöglicht es in noch höherem Maße als die Röntgendiagnostik, die Verletzung des Acetabulums präzise nachzuvollziehen und einen eventuellen Eingriff zu planen. Sie hat sich als zusätzliche Diagnostik zum Röntgen etabliert [64,75,93,105,125]. Bei der Klassifikation von Frakturen ist zu beachten, dass sich Querfrakturen in der Sagittalebene darstellen. Frakturen der Pfeiler verlaufen in der Koronarebene und Wandfrakturen erzeugen diagonal verlaufende Frakturmuster [64,93].

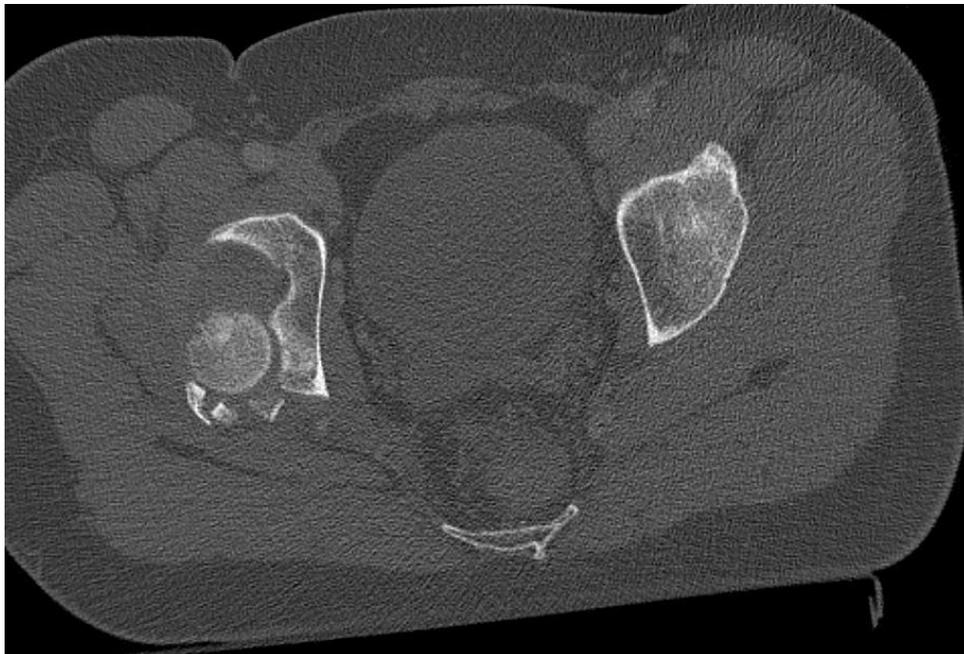
Vor allem in der Beurteilung von Trümmerfrakturen, und zur Beurteilung von Impressionen der Gelenkfläche stellt die computertomografische Diagnostik eine wertvolle Ergänzung zum Röntgen dar [77].



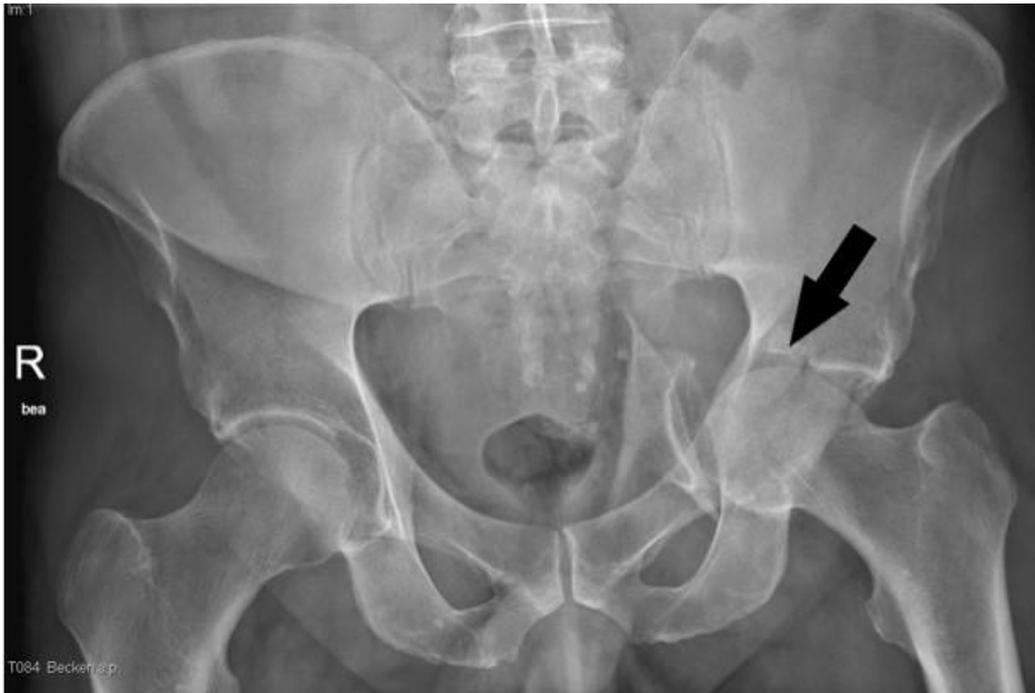
**Abbildung 11.** Computertomografische Aufnahme einer Querfraktur. Man beachte den in der Sagittalebene verlaufenden Frakturspalt.



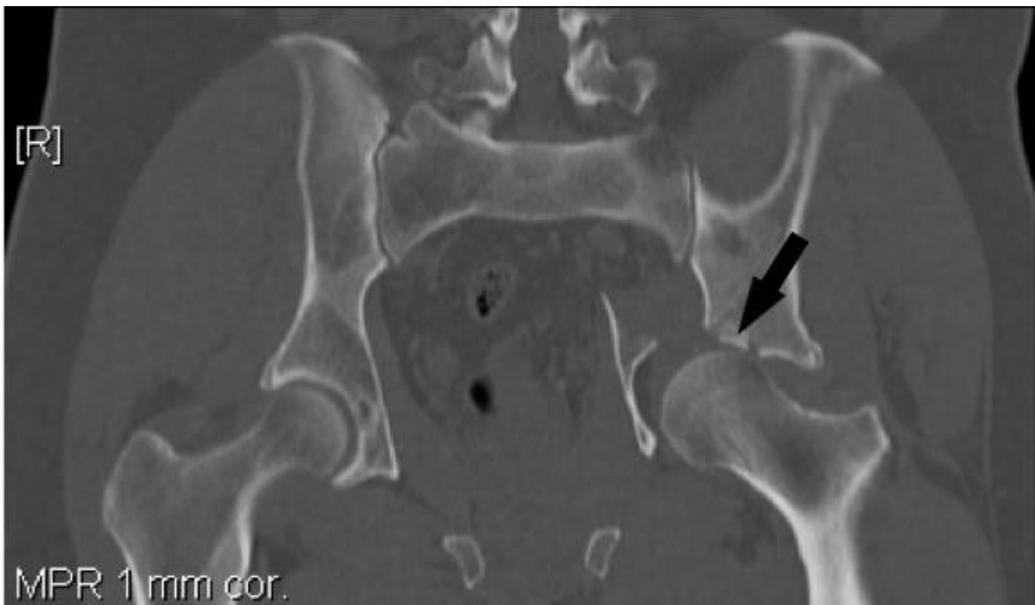
**Abbildung 12.** Computertomografische Aufnahme einer Fraktur des vorderen Pfeilers. Der Frakturspalt verläuft in der Koronarebene.



**Abbildung 13.** Computertomografische Aufnahme einer Fraktur der hinteren Wand. Das Frakturmuster ist in der Aufnahme diagonal zu erkennen.



**Abbildung 14.** Acetabulumfraktur mit Impression der Gelenkfläche im Röntgenbild. Gekennzeichnet ist der imprimierte Anteil der Gelenkfläche.



**Abbildung 15.** Computertomografische Aufnahme der Fraktur aus der obigen Abbildung. Man beachte die deutliche Impression der Gelenkfläche. Sie ist mit einem Pfeil markiert.

## 2.7 Therapie

Die erfolgreiche Therapie einer Acetabulumfraktur ist schwierig. Die offene Frakturstabilisierung stellt eine große Operation dar und ist daher auch mit dem Risiko peri- und postoperativer Komplikationen verbunden [30,58,66,125]. Die konservative Therapie ist dagegen häufig nicht ausreichend, um die langfristige Funktionalität des Hüftgelenks wieder herzustellen und kann, ebenso wie eine nicht anatomische Rekonstruktion, zur Entwicklung einer posttraumatischen Arthrose führen [11,30,58,66,96,125,131].

### 2.7.1 Konservative Therapie

Vor der Veröffentlichung der Arbeiten von Judet und Letournel wurden die meisten Acetabulumfrakturen konservativ behandelt [58]. Bei nicht dislozierten Frakturen wurde in der Vergangenheit oftmals nur eine Lagerung des betroffenen Beins in einer gepolsterten Schiene vorgenommen [11,24,58]. Zur konservativen Behandlung dislozierter Frakturen hingegen erfolgte über lange Zeit eine geschlossene Reposition mit gegebenenfalls anschließender Extensionsbehandlung, teilweise mit Seitenzug [24].

Im heutigen Vorgehen werden die Patienten unter analgetischer Medikation sowie Thromboseprophylaxe frühzeitig unter Zuhilfenahme einer Hüftbewegungsschiene und durch Ausführung selbstständiger Übungen zur Bewegung angeleitet. Darauf folgend werden sie möglichst früh nach Abklingen der Frakturschmerzen an Unterarmgehstützen mobilisiert. Eine Teilbelastung von 15 bis 20 Kilogramm wird für mindestens sechs Wochen angestrebt [11,17,125]. Dagegen wird eine Extensionsbehandlung nur noch selten angewandt, eine Seitextension wird wegen des Risikos einer Infektion in Frakturnähe nicht mehr empfohlen [103,125].

Studien haben gezeigt, dass die konservative Behandlung einer Acetabulumfraktur unter bestimmten Bedingungen Vorteile gegenüber einem operativen Eingriff haben kann. Typische Risiken einer Operation wie Blutungen, Infektionen, Wundheilungsstörungen oder Narkosekomplikationen müssen nicht in Kauf genommen werden, sodass die nicht-operative Behandlung vor allem für alte Patienten und solche mit schweren Komorbiditäten in Betracht gezogen werden kann [103,131]. Dagegen steht jedoch die Erkenntnis, dass eine traumatisch bedingte Stufenbildung in der Gelenkfläche ohne operative Korrektur mit einem massiv erhöhten Arthroserisiko einhergeht. Es gilt also abzuwägen zwischen dem Risiko eines operativen Eingriffs und der schlechten Langzeitprognose der meisten dislozierten Frakturen [35,72].

In der Literatur war die grundsätzliche Indikation zur konservativen Behandlung seit jeher Gegenstand reger Diskussionen. Judet und Letournel empfahlen in ihrer Veröffentlichung von 1964 ein konservatives Vorgehen ausschließlich bei nicht dislozierten Frakturen [58]. Grundsätzlich gilt, dass jene Patienten nicht operativ zu versorgen sind, welche aufgrund von Komorbiditäten oder Begleitverletzungen dem Risiko eines Eingriffs nicht ausgesetzt werden können [11,77,84].

In der Zeit seit Letournels Veröffentlichungen wurden die Empfehlungen zur konservativen Therapie präzisiert: Stabile Frakturen ohne oder mit minimaler Stufenbildung, die nicht den „weight bearing dome“ nach Matta, also die kraniale Gelenkfläche, welche die meiste Last trägt, betreffen und auch ohne Zugbehandlung eine physiologische Position des Femurkopfes aufweisen, gelten als prognostisch so günstig, dass von einem operativen Eingriff abgesehen werden kann [11,72,77,84,122]. Einen Sonderfall stellen außerdem verschobene 2-Pfeiler-Frakturen dar, bei denen sich die Fragmente des Acetabulums so um den Femurkopf organisieren, dass eine sogenannte sekundäre Kongruenz hergestellt wird. Sie können bei Patienten mit erhöhtem OP-Risiko oder fortgeschrittenem Alter ebenfalls konservativ behandelt werden [11,77,84].

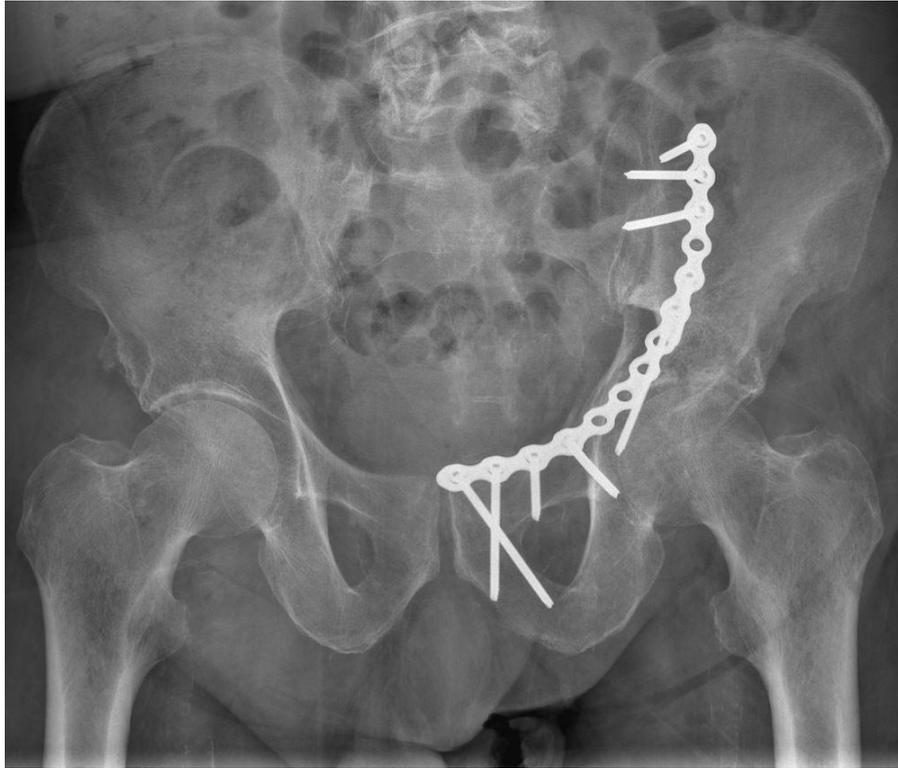
Einige Autoren sehen auch eine schwere Osteoporose, niedrig verlaufende Querfrakturen oder isolierte Frakturen, die ausschließlich einen kleinen Anteil der hinteren Wand betreffen, als Faktoren, die für eine konservative Therapie sprechen [11,84].

## 2.7.2 Operative Therapie

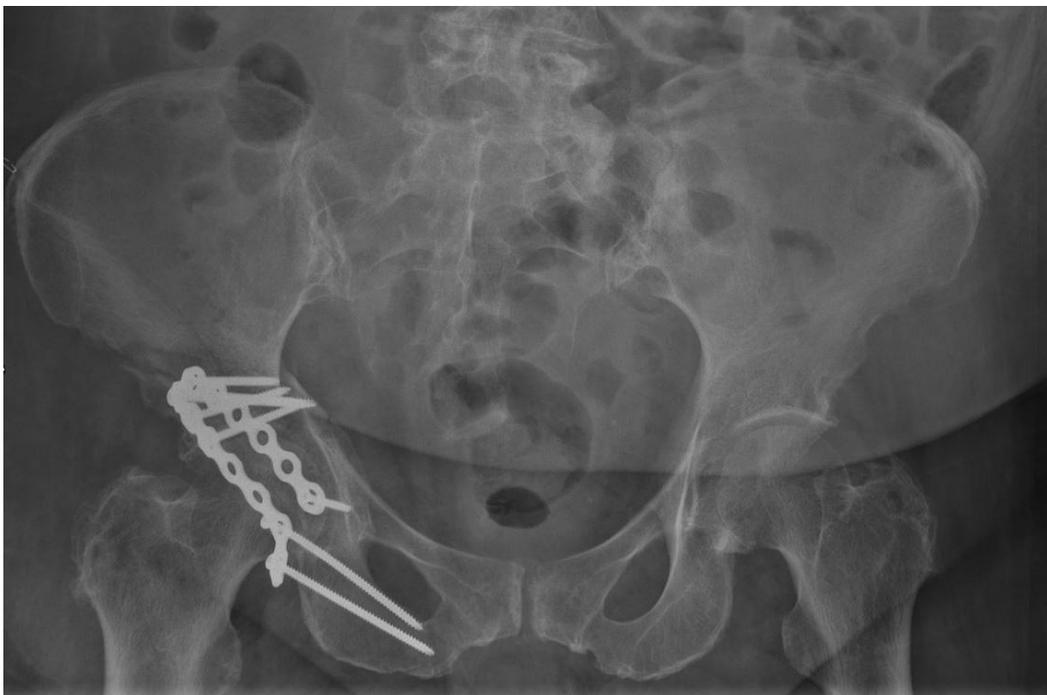
### 2.7.2.1 Offene Frakturstabilisierung

Im Jahr 1964 veröffentlichte Emile Letournel zusammen mit Robert Judet seine erste Studie zur operativen Behandlung der Acetabulumfrakturen. Er konnte zeigen, dass eine offene Reposition und Frakturstabilisierung bei vielen Patienten deutlich bessere Ergebnisse verspricht als eine konservative Behandlung.

Im von Letournel vorgestellten Vorgehen wird die Fraktur offen mittels Schrauben und Platten stabilisiert, sodass die Gelenkfläche des Acetabulums wieder hergestellt wird. Ziel ist es, die artikulierenden Bereiche anatomisch, also ohne Stufenbildung, zu rekonstruieren, um der Entwicklung einer sekundären Arthrose vorzubeugen [35]. Die Qualität dieser Rekonstruktion stellt den mit Abstand größten beeinflussbaren prognostischen Faktor für den Patienten dar [58,66,72,96]. Zu beachten ist hierbei, dass der Chirurg das Acetabulum in der überwiegenden Zahl der Fälle rekonstruiert, ohne das Gelenk zu eröffnen. Er stellt stattdessen die Integrität der beiden Pfeiler wieder her, wissend, dass durch die exakte Reposition der Frakturstücke am Hüftbein ebenfalls die Gelenkfläche des Acetabulums wiederhergestellt wird [65].



**Abbildung 16.** Röntgenologische Darstellung von Osteosynthesematerialien nach offener Reposition und Stabilisierung einer Acetabulumfraktur über einen ilioinguinalen Zugang.



**Abbildung 17.** Röntgenologische Darstellung von Osteosynthesematerialien, welche über einen Kocher-Langenbeck-Zugang am rechten Acetabulum eingebracht wurden.

Einer der Vorteile der offenen Frakturstabilisierung gegenüber der konservativen Behandlung liegt in der etwas früheren Mobilisation der Patienten, was Komplikationen vorbeugt, die mit einer längeren Bettruhe einhergehen [85,118]. Auch hier gilt jedoch, dass in den ersten sechs bis acht Wochen der Behandlung nur eine Teilbelastung des Gelenks erfolgen darf [125].

Gelingt die anatomische Reposition der Fraktur nicht, kann ein Eingriff die Prognose allerdings sogar verschlechtern [66]. Das Risiko perioperativer Komplikationen ist ein weiterer Grund, weshalb die Indikation zur offenen Frakturstabilisierung besonders sorgfältig zu stellen ist. Gerade vor dem Hintergrund eines alternden Patientenkollektivs, das größere operative Eingriffe nur bedingt toleriert, gilt es, genau abzuwägen welche Patienten von einer Operation profitieren und welche sich von einer konservativen Therapie ähnliche oder gegebenenfalls bessere Ergebnisse versprechen können.

Judet und Letournel schlugen, im Umkehrschluss zu ihren Empfehlungen zur konservativen Behandlung, die offene Frakturstabilisierung als am ehesten Erfolg versprechende Maßnahme bei nahezu allen dislozierten Frakturen vor [58].

Heute wird die Mehrzahl der Acetabulumfrakturen durch offene Frakturstabilisierung versorgt [33,78,81]. Sie wird als indiziert angesehen, wenn mit der Wiederherstellung einer akzeptablen Gelenkkongruenz über einen einzelnen, nicht erweiterten Zugang in einer angemessenen Operationszeit gerechnet werden kann [79,84]. Ein Zeitfenster von unter vier Stunden wird angestrebt [84]. Grundsätzlich gilt jedoch, dass die Indikation zur offenen Frakturstabilisierung individuell unter Berücksichtigung vieler Einzelfaktoren gestellt werden muss. Diese sind beispielsweise Komorbiditäten, funktionelle Ansprüche und Erwartungen des Patienten, Begleitverletzungen und der genaue Frakturtyp. In diesem Zusammenhang wird auch von der „personality of the fracture“ gesprochen [30,121,125].

In über drei Viertel der mittels offener Frakturstabilisierung therapierten Fälle können gute bis sehr gute klinisch-funktionelle Ergebnisse erzielt werden [30]. Es wurden allerdings mehrere Entitäten identifiziert, welche als prognostisch ungünstige Zeichen gelten: Die supermediale Impressionsfraktur des Pfannendaches, die sich in der Röntgenaufnahme als „gull sign“ präsentiert, konnte beispielsweise als Prädiktor für ein schlechtes Ergebnis der Behandlung identifiziert werden. Das „gull sign“ erinnert an die Schwinge einer Möwe und entsteht durch ein nach medial versetztes Knochenfragment im Pfannendach [3].



**Abbildung 18.** Röntgenaufnahme einer Acetabulumfraktur mit „gull sign“. Die Impression der Gelenkfläche erzeugt eine geschwungene Linie. Diese ist rechts schwarz angedeutet.

Weiter gelten eine vorbestehende Coxarthrose, Trümmerfrakturen der hinteren Wand, Impressionsfrakturen des Acetabulums und des Femurkopfes sowie Frakturen des Schenkelhalses und eine Luxation des Hüftgelenks als ungünstiger prognostischer Marker für das Langzeitergebnis [11,79,119].

Die im Vergleich zur konservativen Therapie überlegenen Ergebnisse der offenen Frakturstabilisierung haben diese zum Goldstandard für die Behandlung dislozierter Acetabulumfrakturen werden lassen [33,58,81,125].

#### 2.7.2.2 Perkutane Frakturstabilisierung

Die perkutane Stabilisierung einer Acetabulumfraktur kann eine Alternative zum offenen Verfahren darstellen. Dafür ist allerdings ein hohes Maß an Erfahrung des Operateurs nötig, außerdem können nicht alle Frakturtypen mit perkutanen Verfahren zufriedenstellend versorgt werden [31,136]. Die langfristigen Ergebnisse der perkutanen Stabilisierung sind unter Umständen ähnlich gut wie bei der offenen Methode, allerdings ist die Studienlage in diesem Bereich noch sehr dürftig [30]. Ein Vorteil des Verfahrens ist das geringere Operationstrauma im Vergleich zum offenen Eingriff, was nicht nur primär Komplikationen verringern kann, sondern perspektivisch auch die eventuell notwendige Implantation eines sekundären Gelenkersatzes erleichtert [110]. Die weitere Forschung wird zeigen, inwieweit die momentan noch begrenzten Möglichkeiten perkutaner Verfahren in Zukunft ausgeweitet werden und in der Breite Anwendung finden können.

### 2.7.2.3 Primäre Totalendoprothese

Eine weitere Option zur primären Versorgung einer Acetabulumfraktur ist insbesondere bei älteren Patienten die Implantation einer Totalendoprothese. Die Gefahr, eine posttraumatische Hüftgelenksarthrose nach offener Frakturstabilisierung zu entwickeln, kann so vermieden werden. Auch die sofortige Belastbarkeit des Gelenks und die dadurch bedingte minimale Immobilisationszeit sind ein Vorteil des Verfahrens. Außerdem führen Befürworter dieser Technik an, der Eingriff sei weniger belastend als die osteosynthetische Rekonstruktion des Gelenks, zumal diese bei schlechter Knochensubstanz unter Umständen schwer durchzuführen ist [49].

Hessmann et al. hinterfragen diese Einschätzung und stellen die These auf, dass die offene Frakturstabilisierung keine größere operative Belastung darstelle als die Implantation eines primären Gelenkersatzes. Letzterer werde klassischerweise in der Therapie der degenerativen Hüftgelenksarthrose eingesetzt. In den meisten Fällen gehe dieser kein relevantes Trauma voran, die umgebenden knöchernen Strukturen seien daher im Regelfall intakt. Anders stelle sich die Situation bei einer Acetabulumfraktur dar. Da die meisten Frakturen bei älteren Menschen anteriore Anteile der Hüftpfanne betreffen, müsse diese häufig zunächst osteosynthetisch stabilisiert werden, um danach die Prothese einzusetzen. Dies verursache laut Hessmann et al. ein mindestens vergleichbares Trauma zur allein osteosynthetischen Versorgung [46].

Darüber hinaus gilt es auch bei älteren Patienten die Langzeitprognose zu beachten. So ist das Risiko einer Pfannenlockerung nach Acetabulumfraktur und primär implantierter Totalendoprothese vier bis fünf mal höher als nach Implantation einer Prothese aufgrund einer Coxarthrose ohne vorangegangenes Trauma [101]. Dieses Verfahren sollte wegen der begrenzten Haltbarkeit der Prothese bei jüngeren Patienten äußerst zurückhaltend und auch nur bei bestimmten Verletzungsmustern angewendet werden.

Aus diesen Gründen wird der primäre Gelenkersatz zur Therapie der Acetabulumfraktur von vielen Autoren kritisch bewertet und die Indikation auf wenige Situationen beschränkt. Diese sind etwa kombinierte Frakturen von Acetabulum und Hüftkopf oder Oberschenkelhals, die isolierte Fraktur bei vorbestehender schwerer Coxarthrose, aber auch die gescheiterte Osteosynthese bei der während der Operation etwaige Stufen in der Gelenkfläche nicht ausreichend beseitigt werden konnten [44,46]. Eine weitere Indikation stellt ein schon präoperativ zu erwartendes, nicht zufriedenstellendes Ergebnis einer offenen Frakturstabilisierung dar, beispielsweise bedingt durch eine ausgedehnte, supraacetabuläre Trümmerzone [30].



**Abbildung 19.** Röntgenaufnahme einer primär endoprothetisch versorgten Acetabulumfraktur. Die eingebrachten Schrauben stabilisieren nicht nur die Gelenkpfanne, sondern fixieren gleichzeitig auch die frakturierten Anteile des Acetabulums.

#### 2.7.2.4 Sekundäre Totalendoprothese

Der sekundäre endoprothetische Hüftersatz hat größte Bedeutung in der Therapie der posttraumatischen Hüftgelenksarthrose. Diese kann entweder nach konservativer Behandlung entstehen, oder aber auf Grundlage einer nicht anatomischen Rekonstruktion des Acetabulums bei operativer Behandlung. Ziele des Eingriffs sind die Schmerzreduktion und die Wiederherstellung der Mobilität [117]. Es gilt ebenso wie beim primären endoprothetischen Hüftersatz, dass die funktionellen Langzeitergebnisse der Behandlung deutlich schlechter ausfallen als bei einem Gelenkersatz bei primärer Coxarthrose ohne vorausgegangenes Trauma [46,95,99,101,132].

Nichtsdestotrotz haben verschiedene Entwicklungen, wie etwa die Verwendung nicht zementierter Pfannenimplantate, das Outcome bei Nutzung des endoprothetischen Gelenkersatzes weiter verbessert [70,95]. Durch die Implantation einer Endoprothese kann somit bei vielen Patienten trotz primär nicht erfolgreicher Behandlung eine langfristig zufriedenstellende Gelenkfunktion erreicht werden. Sermon

et al. berichten beispielsweise von 76% guten bis sehr guten klinisch-funktionellen Ergebnissen bei Patienten mit sekundärem Gelenkersatz nach Acetabulumfraktur [108].



**Abbildung 20.** Osteosynthetisch versorgte Acetabulumfraktur mit im Verlauf aufgetretener posttraumatischer Coxarthrose. In der Röntgenaufnahme imponieren vor allem die vollständige Aufhebung des Gelenkspalts sowie die dezente osteophytäre Überbauung des Gelenks als klassische radiologische Arthrosezeichen [51,60].

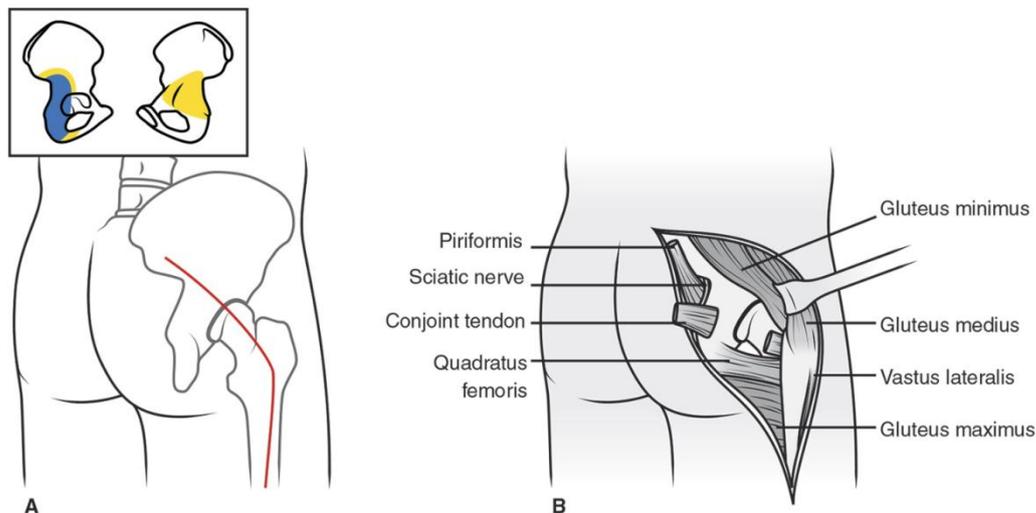


**Abbildung 21.** Um die Funktionalität des Gelenks wiederherzustellen erfolgte in diesem Fall ein sekundärer Gelenkersatz. Die Röntgenaufnahme verdeutlicht die chirurgisch anspruchsvolle Verankerung der Gelenkpfanne im Hüftbein.

### 2.7.2.5 Operative Zugänge zum Acetabulum

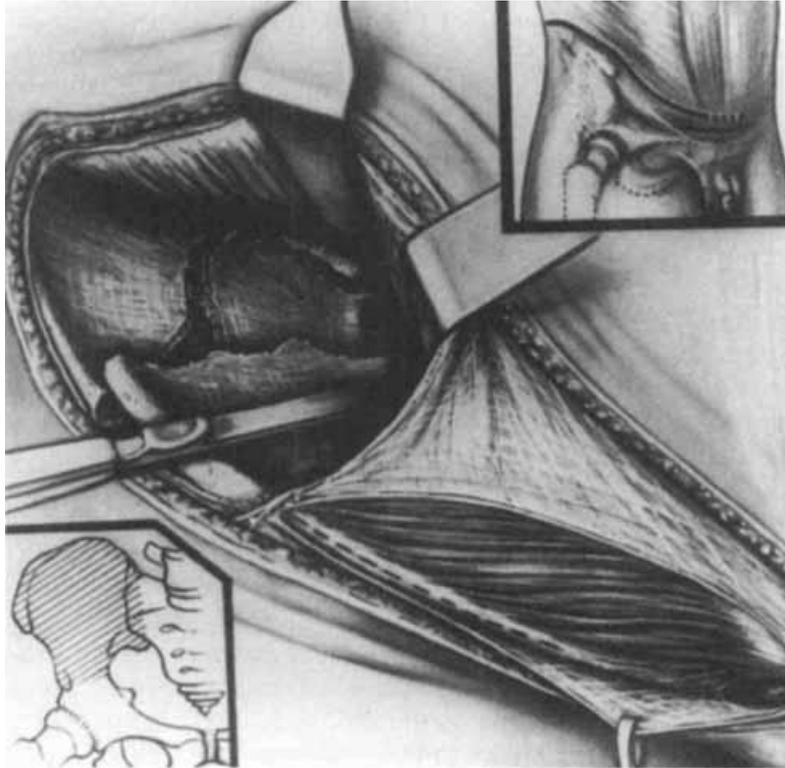
Der Wahl des Zugangs kommt in der operativen Behandlung von Verletzungen des Acetabulums eine zentrale Bedeutung zu. Dies liegt vor allem daran, dass es keinen einzelnen Zugang gibt, mit dem alle Frakturmuster zufriedenstellend zu versorgen sind. Zwei Zugänge, die bis heute in häufigem Gebrauch sind, wurden bereits von Judet und Letournel eingesetzt. Dies sind zum einen der ilioinguinale Zugang und zum anderen der Kocher-Langenbeck-Zugang. Insbesondere der ilioinguinale Zugang wurde mehrfach modifiziert, sodass sich seine Ausgestaltung je nach Situation und Vorlieben des Operateurs in einigen Details variieren lässt [90,123].

Der Kocher-Langenbeck-Zugang wird zur Stabilisierung von Frakturen der posterioren Anteile des Acetabulums genutzt [30,65,100]. Nach Seit- oder Bauchlagerung des Patienten verläuft die Hautinzision von der Spina iliaca posterior superior über den superioren Anteil des Trochanter major, knickt dann ab und verläuft weitere 15 bis 20 cm gerade nach kaudal an der Seite des Oberschenkels entlang. Das obere Drittel des Musculus gluteus maximus wird im Faserverlauf auseinandergedrängt. Nach Identifizierung des N. ischiadicus werden die Musculi piriformis, gemelli superior und inferior und obturator internus an ihren Sehnenanteilen durchtrennt, um die Rückseite des Os coxae darzustellen. Dort erfolgt eine Reposition der Fraktur in der Regel durch Platten und Schrauben. Eine Besonderheit dieses Zugangs betrifft die Lagerung des Patienten mit flektiertem Kniegelenk, sodass der Nervus ischiadicus geschont wird. Durch die sogenannte Trochanter-Flip Osteotomie und die chirurgische Hüftluxation kann die Exposition deutlich verbessert werden [30,65,100].

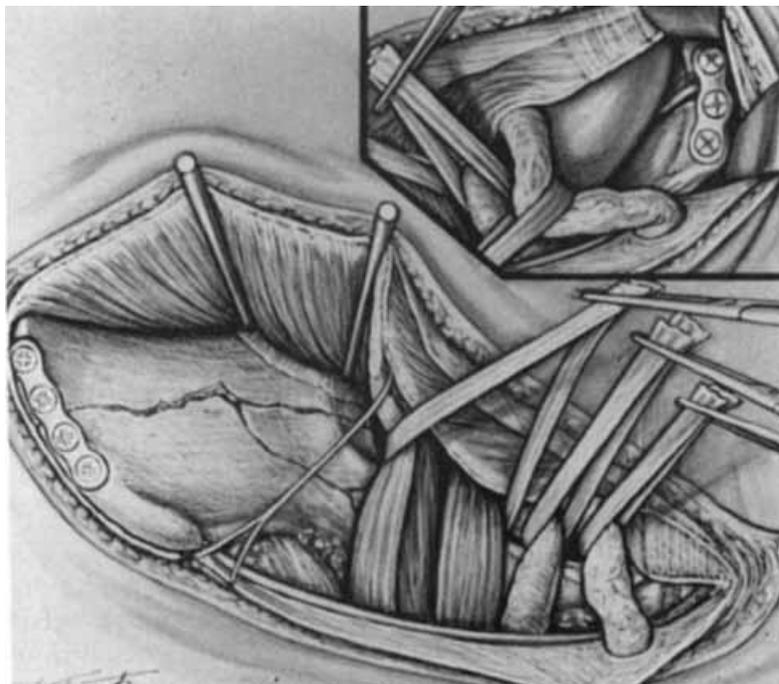


**Abbildung 22.** Hautschnitt (A) und Darstellung wesentlicher anatomischer Strukturen (B) bei Anwendung des Kocher-Langenbeck-Zugangs. Die blau markierten Anteile des Hüftbeins können direkt eingesehen werden, wohingegen die gelben Flächen zu tasten sind. Aus: Cutrera et al.: Surgical approaches to the acetabulum and modifications in technique, Journal of the American Academy of Orthopedic Surgeons, 2015 [19].

Der ilioinguinale Zugang wird dagegen vor allem für Frakturen der anterioren Anteile des Acetabulums genutzt. Der Patient befindet sich für den Eingriff in Rückenlage. Es wird ein Hautschnitt von etwa zwei Fingerbreit kranial der Symphyse, verlaufend entlang des Leistenbandes und über die Spina iliaca anterior superior, dann entlang des vorderen Anteils der Crista iliaca ausgeführt [30,67,90,123,125]. Die Muskeln der Rumpfwand werden zusammen mit dem Musculus iliacus mobilisiert und von der Crista iliaca, respektive der Fossa iliaca, abgehoben. Dadurch wird das laterale, erste Fenster gebildet und die Fossa iliaca bis hin zum Iliosakralgelenk dargestellt. Nun werden die zwei weiteren Fenster des ilioinguinalen Zugangs sukzessive präpariert. Die Aponeurose des Musculus abdominis obliquus externus wird durchtrennt und der Nervus ilioinguinalis zusammen mit dem Samenstrang beim Mann und bei der Frau das Ligamentum teres uteri angeschlungen. Durch Inzision der Rückwand des Leistenkanals kann die Lacuna musculorum eröffnet und der Nervus cutaneus femoris lateralis aufgesucht und angeschlungen werden. Nach vorsichtiger Präparation der Lacuna vasorum und nach Durchtrennung des Arcus iliopectineus sowie Mobilisierung des hinteren Blattes der Faszie des Musculus iliopsoas wird selbiger mit einem kräftigen Zügel versehen. Somit ist das zweite Fenster zwischen Musculus iliopsoas und Arteria und Vena femoralis dargestellt. Zur Erstellung des dritten Fensters wird der Zwischenraum zwischen Arteria und Vena femoralis sowie der lateralen Anteile des Musculus rectus abdominis eröffnet und das so mobilisierte Gefäßbündel angeschlungen. Weiter wird entlang des Ramus superior ossis pubis nach medial präpariert [30,65,67,123,125]. Dabei ist es wichtig, eine eventuell vorhandene Corona mortis, sprich eine großkalibrige Anastomose zwischen Arteria iliaca externa beziehungsweise der Arteria epigastrica inferior und der Arteria obturatoria auszuschließen oder zu ligieren. Können mediale Frakturanteile durch das dritte Fenster nicht ausreichend dargestellt werden, erfolgt die Anlage eines erweiterten Zugangs über eine Spaltung der Linea alba [125]. Ein Vorteil des ilioinguinalen Zugangs ist unter anderem, dass die Fraktur ohne Ablösung von Muskeln von der Innenseite des Hüftbeins aus versorgt wird, was das Risiko heterotoper Ossifikationen verringert [125]. Nachteil dieser Methode ist, dass posteriore Anteile des Acetabulums nur eingeschränkt versorgt werden können und das Gelenk nicht direkt eingesehen werden kann [123]. Eine mögliche Variation des ilioinguinalen Zugangs ist die Aussparung des zweiten, mittleren Fensters um Blutverlust und Operationszeit zu minimieren. Jeffcoat et al. nutzten dieses Verfahren bei Patienten über 55 Jahren und konnten signifikante Einsparungen bei beiden genannten Punkten und gleichzeitig guten Repositionsergebnissen erreichen [55].



**Abbildung 23.** Hautinzision beim ilioinguinalen Zugang und Darstellung der Fraktur. Aus: Letournel: The treatment of acetabular fractures through the ilioinguinal approach, *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 1993 [67].



**Abbildung 24.** Darstellung der knöchernen Strukturen beim ilioinguinalen Zugang. Aus: Letournel: The treatment of acetabular fractures through the ilioinguinal approach, *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 1993 [67].

In den letzten Jahren hat vor allem der oft als modifizierter Stoppa-Zugang beschriebene, intrapelvine Zugang an Bedeutung gewonnen. Er wurde von Hirvensalvo et al. 1993 erstmals beschrieben [47]. Zur genauen Durchführung des Verfahrens soll an dieser Stelle auf die entsprechende Literatur verwiesen werden [15,30,48,125].

Prinzipiell erfolgt eine Hautinzision quer über der Symphyse, gefolgt von einer Spaltung der Linea alba in Längsrichtung und Präparation bis auf den Ramus superior ossis pubis. Durch Retraktion der muskulären, neurovaskulären und urologischen Strukturen kann die Innenseite des Beckens bis hin zum Iliosakralgelenk dargestellt werden. Als Vorteile des Verfahrens werden unter anderem eine vergleichbar geringe Invasivität bei ausgezeichneter Sicht auf wichtige Strukturen, wie zum Beispiel die quadrilaterale Fläche, angeführt. Außerdem könne eine größere Breite an Frakturmustern durch den intrapelvinen Zugang im Vergleich zum ilioinguinalen Zugang abgedeckt werden, zugleich sei der Nervus cutaneus femoris lateralis weniger gefährdet [30].

Die oben beschriebenen Standardzugänge können zwar bei Bedarf erweitert werden, stoßen bei komplexen Frakturen aber an ihre Grenzen. Sogenannte erweiterte Zugänge, etwa der erweiterte iliofemorale Zugang nach Letournel oder der Triradiate-Zugang sind zwar deutlich invasiver als die Standardzugänge und haben dementsprechend höhere Komplikationsraten, versprechen allerdings auch bei schwierigen Verhältnissen eine gute Möglichkeit zur anatomischen Rekonstruktion [1,30,65]. Insgesamt wird somit deutlich, dass die Wahl des Zugangs wesentlich vom Typ der Fraktur abhängig gemacht werden sollte. Eine Empfehlung zur Wahl des Zugangs veröffentlichten beispielsweise Gänsslen et al. [30].

<b>Frakturtyp</b>	<b>1. Wahl</b>	<b>Alternativen</b>
hintere Wand	Kocher-Langenbeck	-
hinterer Pfeiler	Kocher-Langenbeck	-
vordere Wand	intrapelvin	ilioinguinal
vorderer Pfeiler	intrapelvin	ilioinguinal
Querfraktur	Kocher-Langenbeck	intrapelvin / ilioinguinal / Kocher-Langenbeck + Erweiterung
hintere Wand + hinterer Pfeiler	Kocher-Langenbeck	-
Querfraktur + hintere Wand	Kocher-Langenbeck	Kocher-Langenbeck + Erweiterung / intrapelvin + Kocher-Langenbeck
T-Fraktur	Kocher-Langenbeck + Erweiterung intrapelvin	-
vorderer Pfeiler + hintere Hemiquerfraktur	intrapelvin	Kocher-Langenbeck + ilioinguinal / Kocher-Langenbeck + Erweiterung / intrapelvin + ilioinguinal (1. Fenster)
Zwei-Pfeiler-Fraktur	intrapelvin / ilioinguinal	erweitert iliofemorale / Kocher-Langenbeck + ilioinguinal

**Tabelle 1.** Zugangswahl bei verschiedenen Frakturtypen nach Gänsslen et al. [30].

#### 2.7.2.6 Komplikationen

Erst die Kenntnis möglicher Komplikationen ermöglicht es dem Chirurgen individuell abzuwägen, welches Vorgehen für welchen Patienten sinnvoll ist. Dabei ist es zielführend, die primäre Verletzung und perioperative Komplikationen von möglichen Spätfolgen der Fraktur zu unterscheiden. Ebenso wichtig ist es, sich zu vergegenwärtigen, dass Acetabulumfrakturen oftmals nicht als isolierte Verletzungen vorliegen, sondern im Rahmen schwerer Unfälle mit komplikationsträchtigen Begleitverletzungen einhergehen. So ist beispielsweise das Embolierisiko bei Patienten mit

Beckenfrakturen im Vergleich zu einem Unfallopfer ohne Verletzung des Beckens um den Faktor 3,5 erhöht [82].

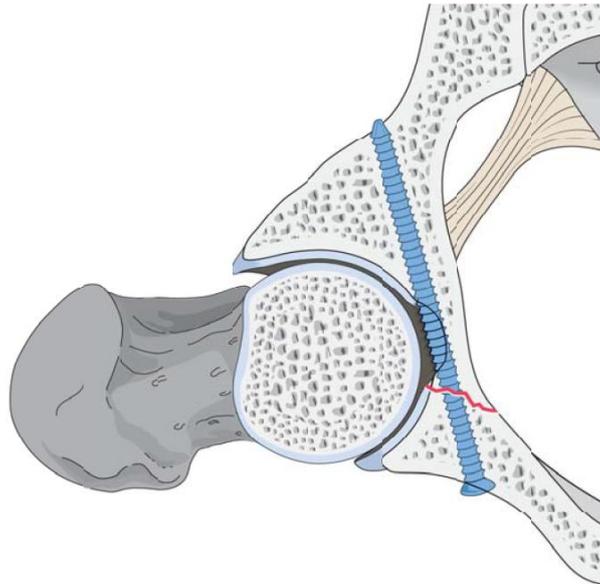
Begleitende Nervenläsionen betreffen vor allem den Nervus ischiadicus, Nervus femoralis und den Nervus cutaneus femoris lateralis, wobei ersterer nach Literaturangaben meist primär in 7-10% der Fälle geschädigt ist, und letzterer häufig iatrogen im Rahmen einer offenen Frakturstabilisierung verletzt wird [30,76].

Vaskuläre Komplikationen im Sinne einer Kompromittierung der iliakalen, femoralen oder glutealen Gefäße sind sehr selten [71,134]. Sie können durch Knochenfragmente, Präparation des operativen Zugangs oder aber durch Fehlpositionierung von Osteosyntheseschrauben entstehen. Sie werden nach gefäßchirurgischen Prinzipien versorgt [6,57,66,74,76]. Thromboembolische Komplikationen nach Beckenfrakturen werden dagegen häufiger beschrieben. Es wird, je nach diagnostischer Methode, eine Inzidenz von 3-60% angegeben [28,33,38,80]. Eine Aussage hinsichtlich des Vorkommens bei isolierter Acetabulumfraktur ist aufgrund der unzureichenden Datenlage allerdings nicht möglich. Auch hinsichtlich eines geeigneten Therapieschemas zur Prophylaxe thromboembolischer Komplikationen können anhand der Erkenntnisse der aktuellen Forschung noch keine genauen Angaben gemacht werden. Zwar beschäftigten sich verschiedene Autoren mit der Effizienz von Kompressionsbehandlung und Heparinprophylaxe oder sogar der Implantation spezieller Filtersysteme, sogenannter Vena Cava-Schirme, die wesentliche Überlegenheit eines bestimmten Verfahrens wurde jedoch nicht nachgewiesen [98,109,126,127]. Derzeit wird eine Kombinationsprophylaxe aus Kompressions- und Heparintherapie empfohlen [30].

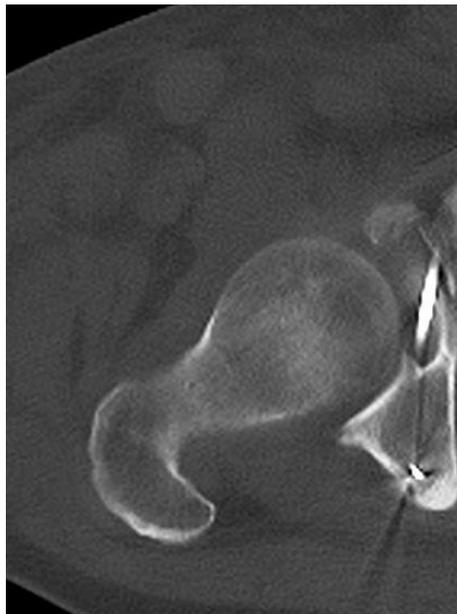
Deutlich umfangreicher ist die Datenlage was das Infektionsrisiko angeht: Es werden in ein bis 13% der Fälle nach offener Frakturstabilisierung Infekte beschrieben, die meisten Autoren berichten jedoch von einer Infektrate zwischen zwei und drei Prozent [8,26,30,66,72,79]. Unterschieden werden hierbei oberflächliche Infektionen von tiefen Gelenkinfekten. Unabhängige Risikofaktoren sind Adipositas, die Notwendigkeit einer intensivmedizinischen Behandlung sowie eine Morell-Lavallée-Läsion [116]. Dabei handelt es sich um eine seltene, durch Druck- und Scherkräfte bedingte Ablösung des subkutanen Gewebes von Körperfaszie oder Knochen, wodurch flüssigkeitsgefüllte Hohlräume entstehen. Diese stellen wiederum ein Risiko für Nekrosen und besagte Infektionen dar [22]. Weiter muss die Erfahrung des Operateurs und die damit zusammenhängende Operationsdauer als ernst zu nehmender Faktor, der die Rate an Infektionen beeinflusst, wahrgenommen werden. So konnten sowohl Letournel als auch Matta die Infektraten in ihren Serien mit fortschreitender Zeit und Erfahrung deutlich verringern. Gleiches gilt für die Einführung einer prophylaktischen Antibiotikatherapie [66,72].

Die Letalität der Acetabulumfraktur ist gering, auch hier können allerdings Begleitverletzungen, vor allem solche des Beckenrings, die Prognose deutlich verschlechtern. Es sind insbesondere Blutungen der großen Beckengefäße, welche die Mortalität erhöhen [36,88].

Zuletzt muss noch angeführt werden, dass eine intraartikuläre Implantatfehllage das Gelenk massiv schädigen kann sofern die Gelenkflächen betroffen sind. Die ausschließliche Perforation der Fossa acetabuli durch Osteosynthesematerial kann jedoch toleriert werden, da sie die Intaktheit der Gelenkflächen nicht beeinflusst und daher in aller Regel folgenlos bleibt [125].



**Abbildung 25.** Intraartikuläre Schraube in der Fossa acetabuli. Aus: Herath et al.: Acetabulumfrakturen: Komplikationen und Endoprothetik, Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie, Thieme Verlag, 2014 [44].



**Abbildung 26.** Computertomografische Aufnahme einer intraartikulären Schraube in der Fossa acetabuli. Aufnahme aus der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie in Homburg, Saar.

Zu den späten Komplikationen nach Acetabulumfraktur gehören heterotope Ossifikationen, die Ausbildung von Pseudarthrosen und die avaskuläre Femurkopfnekrose [30].

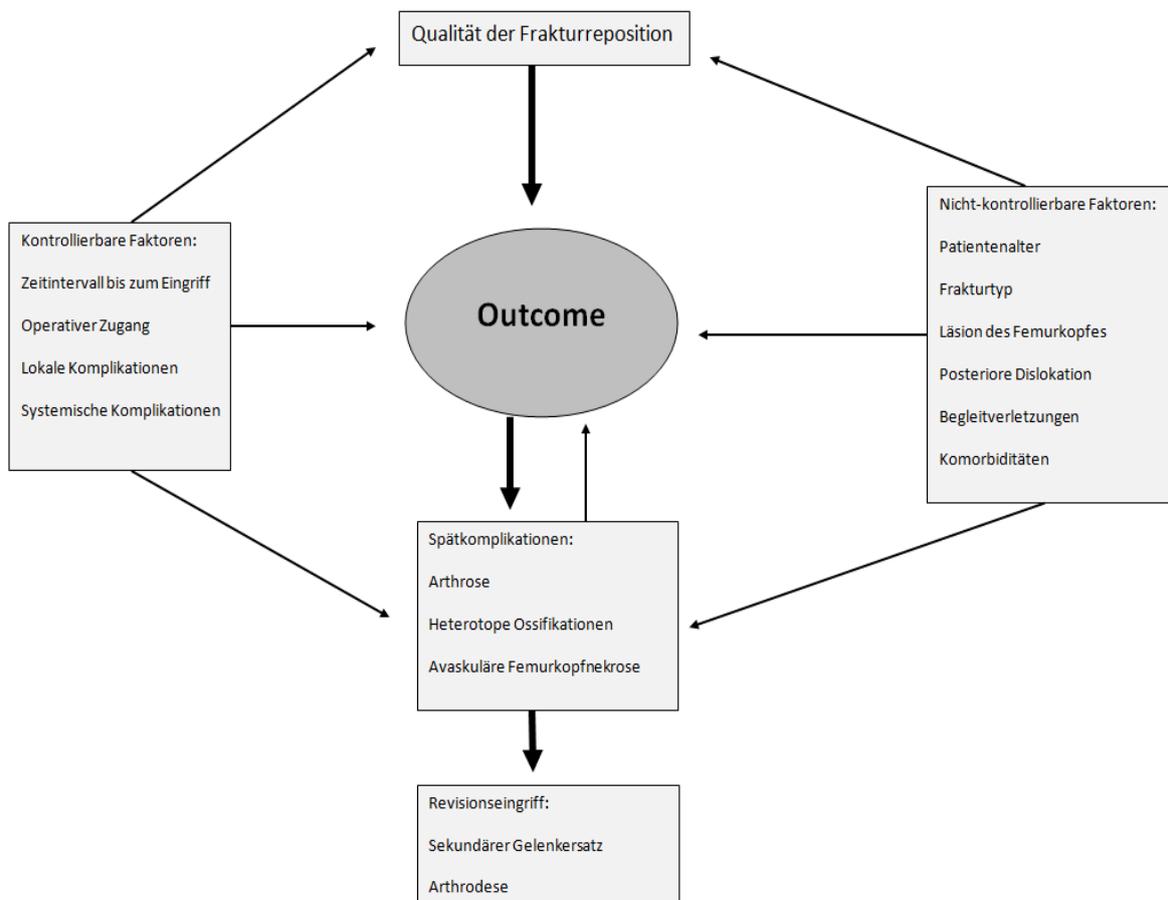
Heterotope Ossifikationen treten vor allem bei dorsalen Zugängen und Frakturen mit dorsaler Komponente relativ häufig auf. Möglichkeiten der Prophylaxe sind die mehrwöchige Einnahme von nicht steroidal entzündungshemmenden Mitteln oder eine postoperative Bestrahlung in mehreren Sitzungen. Um die Strahlenbelastung vor allem bei jungen Patienten zu vermeiden, wird oftmals der medikamentösen Prophylaxe der Vorzug gegeben [44].

Die Ausbildung von Pseudarthrosen nach Frakturen des Acetabulums ist aufgrund der starken Durchblutung des Beckens bei ausreichender Retention der Fragmente relativ selten [125]. Dagegen ist der Prozentsatz an avaskulären Hüftkopfnekrosen deutlich höher. Gänsslen et al. geben nach Metaanalyse der Literatur eine Inzidenz von 5,6% in einem Kollektiv von 2009 Patienten nach Acetabulumfraktur an [30].

Die posttraumatische Hüftgelenksarthrose ist die wohl häufigste Komplikation der Acetabulumfraktur [33]. Sie zu verhindern stellt mit Abstand die größte Herausforderung für den Chirurgen dar. Aufgrund ihrer zentralen Bedeutung soll hier noch einmal im Besonderen auf sie eingegangen werden:

Schon Letournel vermerkte, dass die anatomische Reposition der Fraktur, sprich die bestmögliche Wiederherstellung der Gelenkflächen ohne relevante Stufenbildung, der wichtigste Faktor in der Prävention der sekundären Arthrose ist [58,65]. Spätere Studien bestätigten dies. Verschiedene Autoren geben eine Stufenbildung zwischen zwei bis drei Millimetern als akzeptables Maß an, wobei grundsätzlich eine anatomische Reposition angestrebt werden sollte [33,72,77,79]. Auch bei sehr guter Frakturposition ist bei älteren Patienten in 10-23% der Fälle mit der Notwendigkeit eines sekundären Gelenkersatzes innerhalb der ersten fünf Jahre nach dem Trauma zu rechnen [20,30,55,83,106]. Einige prädiktive Merkmale für ein schlechtes Ergebnis sind bereits im Kapitel zur offenen Fraktur stabilisierung angeführt worden. Die Erfahrung des Operateurs ist ein weiterer Punkt, der auf die Qualität der Reposition und damit die Rate der sekundären Arthrose wirkt [73].

Giannoudis et al. analysierten 2005 in einer Metaanalyse Einflussfaktoren für das Outcome nach Acetabulumfrakturen [33]. Sie stellten fest, dass es vielfältige kontrollierbare Faktoren wie die Wahl des operativen Zugangs, aber auch nicht kontrollierbare Faktoren wie beispielsweise das Patientenalter oder der Frakturtyp waren, welche die Qualität der Frakturposition und dadurch das Outcome beeinflussten. Dies wiederum wirkte sich auf das Auftreten von Spätkomplikationen wie der Entwicklung von Arthrose und die Notwendigkeit eines sekundären Gelenkersatzes aus.

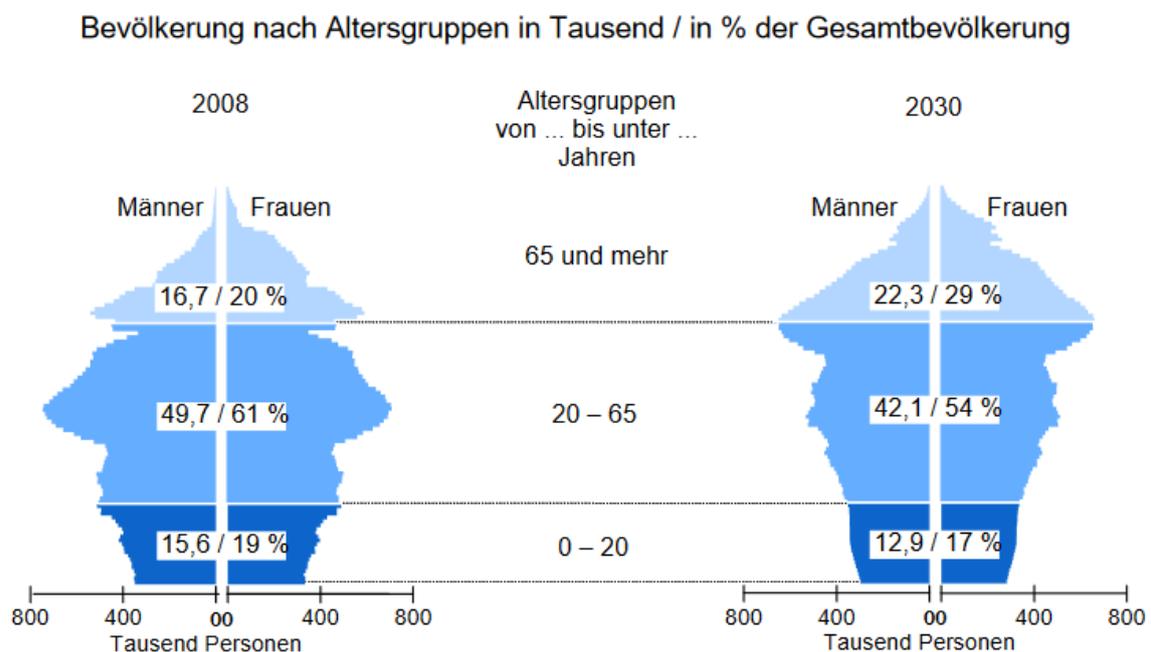


**Abbildung 27.** Faktoren, welche mit Komplikationen und Outcome assoziiert sind- Grafik nach Giannoudis et al. [33].

## 2.8 Der demografische Wandel und der Einfluss einer verminderten Knochensubstanz auf die Entstehung von Frakturen

Der demografische Wandel stellt Mediziner aller Disziplinen vor Herausforderungen. Der Begriff beschreibt im Allgemeinen eine Änderung in der Bevölkerungsstruktur, im Speziellen ist damit oft der Bevölkerungsrückgang mit Änderung der Altersstruktur innerhalb der Gesellschaft gemeint. Dies kommt dadurch zustande, dass die Geburtenrate in den Industrienationen seit Jahrzehnten unter der Sterberate liegt [113].

In Deutschland wird sich das Geburtendefizit nach Berechnungen des Bundesamtes für Statistik bis zum Jahre 2060 massiv vergrößern. Auch die Nettozuwanderung aus anderen Staaten wird diese Entwicklung aller Wahrscheinlichkeit nach nicht aufhalten können. Die Altersstruktur wird sich deutlich in Richtung der älteren Menschen verschieben. So wird 2060 jeder dritte Einwohner voraussichtlich über 65 Jahre alt sein, die Zahl der über 80 Jahre alten Menschen wird sich bis dahin verdoppelt haben. Schritt der demografische Wandel bislang eher schleichend voran, so wird er sich nach Einschätzung der Experten in den nächsten Jahren rasant beschleunigen [111–113]. In der folgenden Abbildung ist die voraussichtliche Entwicklung der Altersstruktur bis 2030 dargestellt.



**Abbildung 28.** Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland: Ergebnisse der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung (Variante Untergrenze der „mittleren“ Bevölkerung) [112]. Man beachte das Wachstum der Bevölkerungsgruppe über 65 Jahren.

Vor diesem Hintergrund muss die Prävalenz der Osteoporose in älteren Bevölkerungsgruppen betrachtet werden. Ein erhöhtes Lebensalter und die damit häufig einher gehende verringerte Knochendichte wurden als Risikofaktor für das Erleiden von Frakturen identifiziert [18,63]. Ein Anstieg der Anzahl osteoporotischer Frakturen wird bereits jetzt dem demografischen Wandel zugeschrieben und eine weitere Verschärfung dieser Entwicklung wird prognostiziert [18,63].

Epidemiologische Studien legen nahe, dass der Alterung der Gesellschaft auch ein Anstieg der Inzidenz von Acetabulumfrakturen im Sinne einer osteoporotischen Fraktur zuzuschreiben ist [11,77,96,97]. Die vorliegende Studie soll unter anderem Rückschlüsse darüber zulassen, wie sich die Beschleunigung des demografischen Wandels auf die Altersstruktur der Patienten mit Acetabulumfraktur auswirkt.

## 3 Material und Methodik

### 3.1 Studiendesign

In dieser Studie wurden prospektiv erhobene Patientendaten aus zwei verschiedenen Datenbanken retrospektiv analysiert. Diese waren zum einen das Beckenregister der *Arbeitsgemeinschaft Becken* der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, zum anderen die Datenbank der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes in Homburg (Saar). In beiden Datenbanken wurden Patienten, welche eine Acetabulumfraktur erlitten hatten, identifiziert und epidemiologisch charakterisiert, wobei durch die Bildung von Subkohorten spezifische Eigenschaften der jeweiligen Patientengruppen näher betrachtet und untereinander sowie mit dem Gesamtkollektiv verglichen werden konnten.

### 3.2 Beckenregister der *Arbeitsgemeinschaft Becken* der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie

#### 3.2.1 Das Beckenregister

Die Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie bildet Arbeitsgemeinschaften, die aus Ärzten mit besonders hoher Erfahrung in ihrem jeweiligen Fachgebiet bestehen und sich spezifischen wissenschaftlichen Fragestellungen widmen. Seit 1991 dokumentiert die *Arbeitsgemeinschaft Becken* im sogenannten Beckenregister Frakturen des Beckenrings und des Acetabulums von Patienten der teilnehmenden Kliniken und wertet sie unter verschiedenen Aspekten aus [89]. Während es 1991 zehn Institute waren, so sind es 2013 schon 31 Institute in Deutschland und fünf im inner- und außereuropäischen Ausland gewesen, welche ihre Daten kontinuierlich prospektiv dokumentierten. Zu diesem Zeitpunkt waren bereits über 10.000 komplette Patientendatensätze verzeichnet [114].

Initial wurden Datensätze auf standardisierten Bögen erfasst und nach Prüfung manuell in die Datenbank eingegeben. Da dieses System angesichts der wachsenden Arbeitsgemeinschaft strukturell nicht zu unterhalten war, wurde es 2001 durch das internetbasierte „MEMDoc<sup>™</sup>“-Programm (SwissRDL, Institut für Sozial- und Präventivmedizin, Universität Bern) ersetzt, welches Onlineeinträge ermöglicht und die Handhabung der Daten erleichtert.

#### 3.2.2 Auswertung des Beckenregisters

In die Analyse des Beckenregisters wurden alle Datensätze von Patienten mit Acetabulumfrakturen, die im Zeitraum von 2002 bis 2017 erfasst wurden, eingeschlossen. Eine Analyse der Frakturtypen nach Letournel wurde vorgenommen.

Alle Patienten, die zum Unfallzeitpunkt 60 Jahre oder älter waren, wurden als geriatrische Patientengruppe von dem jüngeren Patientenkollektiv abgegrenzt, um Unterschiede hinsichtlich der Krankenhausmortalität sowie der Häufigkeit der Behandlung mittels offener Frakturstabilisierung zu erfassen.

Die geriatrische Kohorte wurde nun nach entweder erfolgter konservativer Therapie oder operativer Frakturstabilisierung unterteilt, bei beiden so entstandenen Gruppen wurde noch einmal die Krankenhausmortalität verglichen.

### 3.3 Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes

#### 3.3.1 Daten zum Traumazentrum

Die Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes (im Folgenden: Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie) ist von der DGU als überregionales Traumazentrum zertifiziert und Bestandteil des Saar-Lor-Lux-Westpfalz-Traumanetzwerkes der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie [21]. Im Zeitraum von 2001 bis 2011 wurden, mit Ausnahme des Jahres 2007, mehr als 20 operative Eingriffe pro Jahr am Acetabulum durchgeführt [91].

Die für diese Studie verwendeten Datensätze stammen aus der klinikinternen Datenbank sowie aus routinemäßig durchgeführten Nachuntersuchungen.

#### 3.3.2 Auswertung der Datenbank, Einteilung in Kohorten, Analyseparameter

Aus der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie wurden ebenfalls Patientendaten aus dem Zeitraum von 2002 bis 2017 ausgewertet.

Nachdem alle Patienten mit Acetabulumfraktur identifiziert waren, wurde eine Subgruppe aus jenen Patienten gebildet, welche zum Unfallzeitpunkt 60 Jahre und älter waren. Diese wurde noch einmal unterteilt in konservativ behandelte Patienten und solche, die mittels operativer Frakturstabilisierung behandelt wurden. In diesen beiden Gruppen erfolgten epidemiologische Auswertungen hinsichtlich der erlittenen Frakturmuster, der Ein-Jahres-Mortalität und der Notwendigkeit eines sekundären Gelenkersatzes. Darüber hinaus wurde in der älteren Patientengruppe im Rahmen von Nachuntersuchungen mittels des EQ-5D<sup>TM</sup>-Fragebogens die gesundheitsbezogene Lebensqualität erfasst. Der EQ-5D<sup>TM</sup> Score wurde 1987 von der EuroQol-Gruppe mit dem Ziel entwickelt, ein Instrument zu erstellen, mit welchem sich die gesundheitsbezogene Lebensqualität von Patienten unabhängig von spezifischen Erkrankungen erfassen lässt [23,37]. Der EQ-5D<sup>TM</sup> umfasst eine visuelle Analogskala und den EQ-5D<sup>TM</sup>-Fragebogen. Dieser wird vom Patienten selbst ausgefüllt und umfasst die fünf Punkte Beweglichkeit/Mobilität, die Fähigkeit, für sich selbst zu sorgen, die Fähigkeit, alltägliche Tätigkeiten auszuüben, Schmerzen und Angst/Niedergeschlagenheit [9]. Aus diesen

Angaben können insgesamt 243 unterschiedliche Kombinationen generiert werden, denen jeweils ein Indexwert zugeordnet ist. Höhere Indexwerte entsprechen dabei einer höheren Lebensqualität [94].

### 3.4 Statistik

Zunächst wurde das Vorliegen einer Normalverteilung mittels des Kolmogorow-Smirnow Tests untersucht und eine Varianzanalyse mittels des F-Tests vorgenommen. Der  $\chi^2$ -Test und der exakte Test nach Fisher wurden verwendet um die Signifikanz nomineller Daten zu prüfen. Zum Vergleich numerischer Werte dagegen wurde der Student's t-Test verwendet. Ein p-Wert von unter 0,05 wurde als Signifikanzniveau festgelegt.

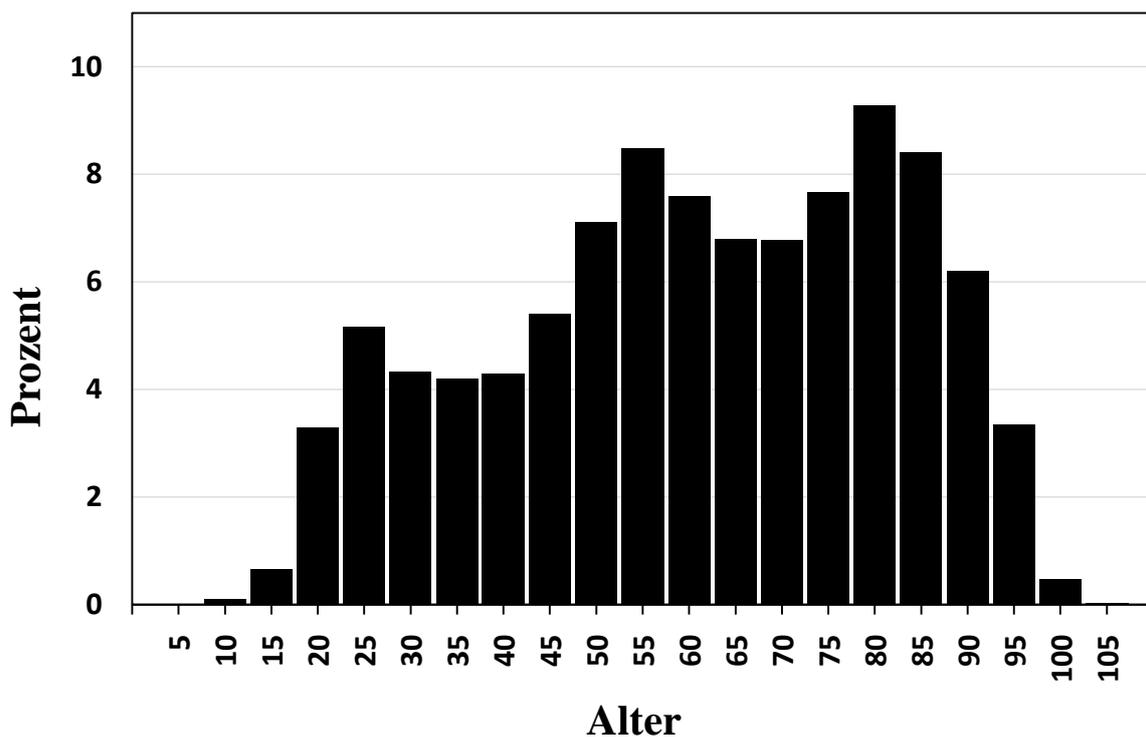
Alle statistischen Berechnungen wurden unter Verwendung der Sigma Plot®-Software (SYSTAT Software Inc, San Jose, CA, USA) durchgeführt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Beckenregister der *Arbeitsgemeinschaft Becken* der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie

#### 4.1.1 Alters- und Geschlechtsverteilung

Im Beckenregister konnten 3793 Datensätze von Patienten identifiziert werden, die zwischen 2002 und 2017 eine Acetabulumfraktur erlitten hatten. Das mittlere Alter betrug  $58,6 \pm 21,6$  Jahre, wobei der jüngste Patient 8, der älteste 105 Jahre alt war. Die genaue Altersverteilung ist in der folgenden Abbildung dargestellt.



**Abbildung 29.** Altersverteilung von 3793 Patienten mit Acetabulumfrakturen, die im Deutschen Beckenregister von 2002 bis 2017 gelistet sind ( $n=3793$ , Alter im Mittel: 58,6 Jahre). Man beachte den Altersgipfel bei 80 Jahren.

Mit 69,1% war die Mehrheit der Patienten männlich. Bei 2166 Patienten erfolgte eine operative Frakturstabilisierung, dies entspricht einem Anteil von 57,1% am Gesamtkollektiv.

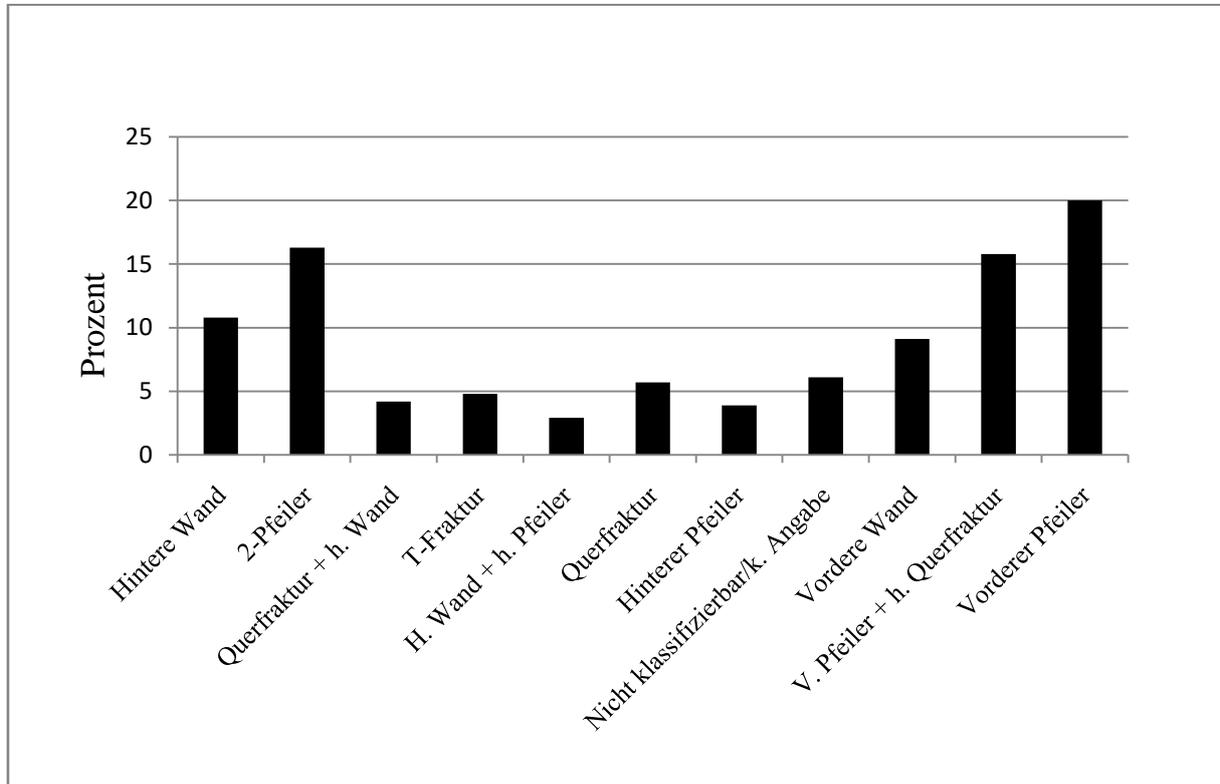
Von den 3793 Patienten waren 1914 (50,5%), also etwa die Hälfte, zum Unfallzeitpunkt entweder 60 Jahre oder älter. Der Altersdurchschnitt betrug hier  $76,6 \pm 9,5$  Jahre, in der Gruppe fanden sich 1193 (62,3%) Männer (Tabelle 2).

Variable	Alle (n=3793)	≥60J (n=1914)	<60J (n=1879)	p-Wert (≥60J vs. <60J)
Alter [J] (MW ± SD)	58,6±21,6	76,6±9,5	40,2±13,4	< 0,001
Männliches Geschlecht [%]	69,1	62,3	76,0	< 0,001
Operative Frakturstabilisierung [%]	57,1	50,5	63,8	< 0,001
Krankenhausmortalität [%]	4,1	5,3	2,8	< 0,001

**Tabelle 2.** Charakterisierung von Patienten mit Acetabulumfraktur. Daten aus dem Beckenregister der *Arbeitsgemeinschaft Becken* der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie.

#### 4.1.2 Frakturmuster

Den größten Anteil der Frakturmuster an der Gesamtheit hatten mit 20,0% Frakturen des vorderen Pfeilers, gefolgt von 2-Pfeiler-Frakturen und Läsionen der vorderen Wand in Kombination mit einer hinteren Querfraktur. Die genaue Verteilung der Frakturen ist aus der folgenden Abbildung ersichtlich.



**Abbildung 30.** Verteilung der Frakturtypen der Patienten im Beckenregister zwischen 2002 und 2017 (Angaben in Prozent).

#### 4.1.3 Rate der offenen Frakturstabilisierung und Krankenhausmortalität

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen machte sich hinsichtlich der Rate an operativer Frakturstabilisierung bemerkbar: Während sich in der geriatrischen Patientengruppe 967 (50,5%) Patienten einem Eingriff unterzogen, waren es in der Gruppe unter 60 Jahren mit 1199 (63,8%) signifikant mehr ( $p < 0,001$ ).

Die Krankenhausmortalität betrug 4,1% im Gesamtkollektiv. Auch hier gab es Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen. Die Krankenhausmortalität war in der Gruppe mit einem Alter von unter 60 Jahren mit 2,8% signifikant geringer als in der älteren Kohorte, wo sie 5,3% betrug. Weiter fiel auf, dass die Krankenhausmortalität in der Kohorte der über 60-jährigen Patienten, die sich einer operativen Frakturstabilisierung unterzogen, signifikant geringer war als bei den konservativ behandelten, altersgleichen Patienten ( $p < 0,01$ ) (Tabelle 2 und Tabelle 3).

---

<b>Variable</b>	<b>≥60J operative Frakturstabilisierung (n=967)</b>	<b>≥60J konservative Behandlung (n=947)</b>	<b>p-Wert</b>
Alter [J] (MW ± SD)	74,7±9,0	78,7±9,5	< 0,001
Männliches Geschlecht [%]	69,4	55,1	< 0,001
Krankenhausmortalität [%]	4,0	6,7	0,01

---

**Tabelle 3.** Untergruppencharakterisierung von Patienten mit Acetabulumfraktur, die zum Unfallzeitpunkt 60 Jahre oder älter waren. Daten aus dem Beckenregister der *Arbeitsgemeinschaft Becken* der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie.

## 4.2 Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes

### 4.2.1 Patientenkollektiv

In der Datenbank der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie waren 461 komplette Datensätze von Patienten, die zwischen 2002 bis 2017 eine Acetabulumfraktur erlitten hatten, verzeichnet.

Zwei der Patienten mussten aus der Studie ausgeschlossen werden. Bei ihnen wurde zwar nach Erleiden der Fraktur eine operative Stabilisierung der Gelenkpfanne vorgenommen, dies diente jedoch nur dazu, die zertrümmerte Hinterwand des Acetabulums soweit zu stabilisieren, dass in einem geplanten, zweiten Eingriff ein primärer Gelenkersatz erfolgen konnte. Da dies nicht der operativen Frakturstabilisierung im Sinne einer definitiven Therapie entsprach, wurden die beiden Fälle für die Studie nicht weiter berücksichtigt. Somit waren es 459 Patienten, die zur weiteren Analyse betrachtet wurden.

### 4.2.2 Alters- und Geschlechtsverteilung, Frakturbehandlung des Patientenkollektivs

In der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie wurden im gewählten Zeitraum Patienten mit einem Alter von 13 bis 99 Jahren behandelt, der Altersdurchschnitt lag ähnlich wie im Beckenregister bei  $57,0 \pm 20,6$  Jahren. Über drei Viertel (78,2%) der Patienten in der Gesamtheit waren männlich, 348 Patienten (75,8%) wurden aufgrund ihrer Acetabulumfraktur operativ behandelt. Damit wurde die operative Therapie hier deutlich häufiger gewählt als im Durchschnitt des Deutschen Beckenregisters (Tabelle 4).

### 4.2.3 Kohorte geriatrischer Patienten im Vergleich zu Patienten unter 60 Jahren

Ebenso wie bei der Analyse des Deutschen Beckenregisters wurde auch hier eine geriatrische Patientengruppe aus den Patienten gebildet, die zum Unfallzeitpunkt 60 Jahre oder älter waren, und den jüngeren Patienten gegenübergestellt. Diesem Kriterium entsprachen 232 Patienten, der Anteil von 50,6% an der Gesamtheit deckte sich wiederum in etwa mit den Daten aus dem Deutschen Beckenregister. Das durchschnittliche Alter betrug  $74,0 \pm 9,2$  Jahre und der Anteil der männlichen Patienten war mit 75,9% ähnlich groß wie im Gesamtkollektiv.

Auffallend war hingegen ein Unterschied in der Versorgung mittels operativer Frakturstabilisierung bei den älteren Patienten im Vergleich zur jüngeren Gruppe. So wurden 155 Patienten mit einem Alter von mindestens 60 Jahren operativ versorgt, dies machte einen Anteil von 66,8% aus. In der jüngeren Kohorte erfolgten dem gegenüber 193 Eingriffe, der Anteil von 85,0% war deutlich höher als in der geriatrischen Gruppe. Übereinstimmend mit dem Beckenregister (vergleiche Tabelle 2) zeigte sich,

dass jüngere Patienten signifikant häufiger operativ behandelt wurden als Patienten über 60 Jahre ( $p < 0,001$ ) (Tabelle 4).

Variable	Alle (n=459)	≥60J (n=232)	<60J (n=227)	p-Wert (≥60J vs. <60J)
Alter [J] (MW ± SD)	57,0±20,6	74,0±9,2	39,5±12,9	< 0,001
Männliches Geschlecht [%]	78,2	75,9	80,6	0,26
Operative	75,8	66,8	85,0	< 0,001
Frakturstabilisierung [%]				
Krankenhausmortalität [%]	3,7	6,0	1,3	0,02

**Tabelle 4.** Charakterisierung von Patienten mit Acetabulumfraktur. Daten der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes in Homburg (Saar).

#### 4.2.4 Krankenhausmortalität

Die Krankenhausmortalität in der Gesamtheit betrug 3,7%, in der Gruppe unter 60 Jahren 1,3%, und bei den geriatrischen Patienten 6,0%. Der Unterschied zwischen letzteren beiden Gruppen war signifikant ( $p < 0,02$ ) (Tabelle 4). In der Gruppe der geriatrischen Patienten fiel auf, dass konservativ behandelte Patienten eine mit 10,4% deutlich höhere Krankenhausmortalität aufwiesen als Patienten, deren Fraktur operativ stabilisiert wurde (3,9%). Diese Differenz war allerdings nicht statistisch signifikant (Tabelle 5).

Variable	≥60J operative Frakturstabilisierung (n=155)	≥60J konservative Behandlung (n=77)	p-Wert
Alter [J] (MW ± SD)	71,8±8,3	78,5±9,1	< 0,001
Männliches Geschlecht [%]	78,3	71,4	0,32
Krankenhausmortalität [%]	3,9	10,4	0,10

**Tabelle 5.** Untergruppencharakterisierung von Patienten mit Acetabulumfraktur und einem Alter von mindestens 60 Jahren zum Unfallzeitpunkt.

#### 4.2.5 Ergebnisse der Nachuntersuchung

Von den 232 Patienten, die in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie behandelt wurden und darüber hinaus zum Unfallzeitpunkt mindestens 60 Jahre alt waren, wurden jene genauer betrachtet, die über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr nachuntersucht worden waren.

Einundsiebzig Patienten sind nach ihrer Entlassung nicht wieder in der Klinik vorstellig geworden. Von den verbliebenen Patienten verstarben 18 (11,2%) innerhalb von einem Jahr nach Erleiden der Fraktur. Zweiundzwanzig weitere Patienten waren nicht über einen Zeitraum von mindestens 12 Monaten nachuntersucht worden.

Im Rahmen der Nachuntersuchung lehnten zehn Patienten die Bearbeitung des EQ-5D<sup>TM</sup>-Fragebogens ab und sieben füllten den Bogen nicht komplett aus. Zusätzlich wurden acht Patienten zwar im Universitätsklinikum des Saarlandes, jedoch nicht erneut in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie sondern in anderen Abteilungen behandelt und konnten dementsprechend ebenfalls nicht nachuntersucht werden.

Die verbliebenen 96 Patienten mit kompletter Nachuntersuchung und erhobenem EQ-5D<sup>TM</sup> waren im Durchschnitt  $71,3 \pm 7,7$  Jahre alt. Das durchschnittliche Follow-up betrug 4,75 Jahre (mindestens 12 bis maximal 193 Monate). Siebenundsiebzig (80,2%) der nachuntersuchten Patienten waren operativ behandelt worden (Tabelle 6).

Variable	≥60J operative Frakturstabilisierung (n=77)	≥60J konservative Behandlung (n=19)	p-Wert
Alter [J] (MW ± SD)	70,0±7,2	76,3±7,7	0,002
Männliches Geschlecht [%]	89,6	68,4	0,03
Nachuntersuchung [m] (MW ± SD)	57,2±43,9	54,5±30,5	0,80
Rate der Implantation eines sekundären Gelenkersatzes [%]	24,7	15,8	0,55
EQ-5D <sup>TM</sup> Wert*	0,60±0,33	0,47±0,38	0,17

*\*Patienten, für die nur ein Wert nach sekundärem Gelenkersatz verfügbar war, wurden ausgeschlossen (n=14 in der Gruppe mit operativer Frakturstabilisierung und n=2 in der konservativ behandelten Gruppe).*

**Tabelle 6.** Nachuntersuchungsdaten von Patienten, die bei Erleiden einer Acetabulumfraktur mindestens 60 Jahre alt waren (n=96).

#### 4.2.5.1 Verteilung der Frakturtypen

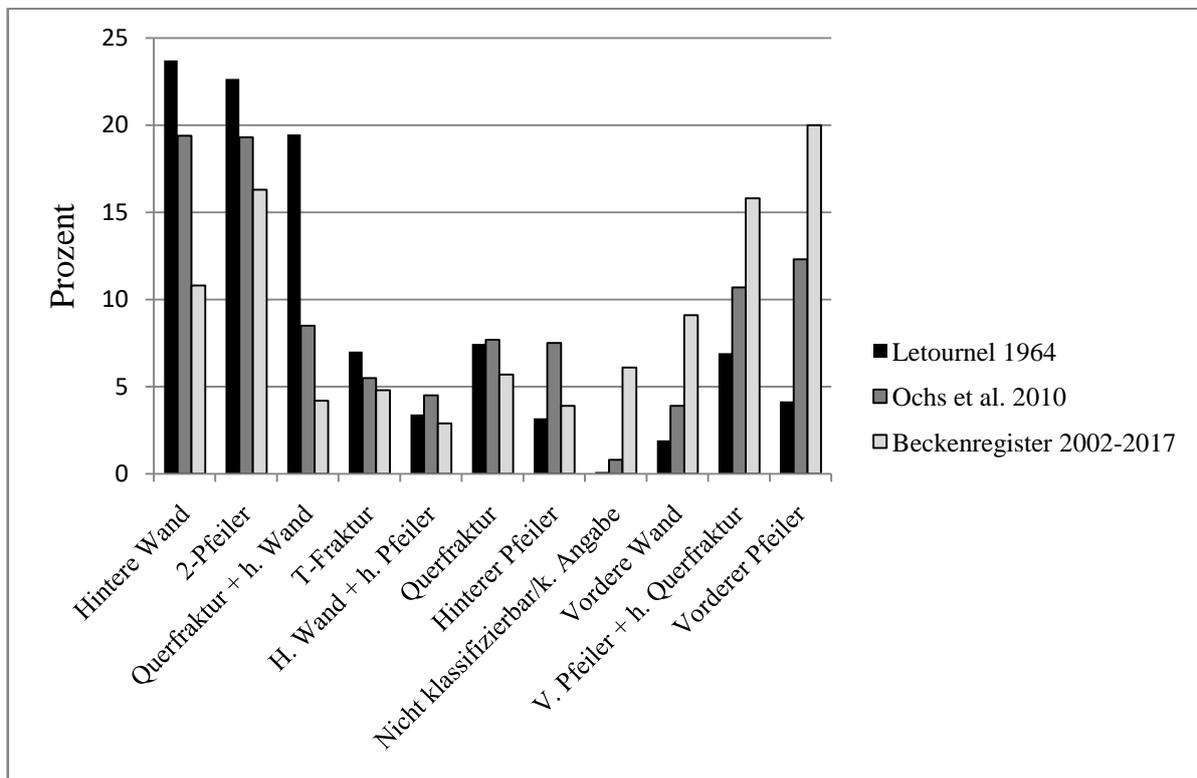
Die Analyse der Frakturtypen in der nachuntersuchten Patientenkohorte zeigte, dass Frakturen des vorderen Pfeilers sowie Frakturen des vorderen Pfeilers in Kombination mit einer hinteren Hemiquerfraktur häufiger waren als alle anderen Frakturtypen. Diese Verteilung ergab sich sowohl bei den Subkohorten mit konservativer Behandlung als auch bei operativer Frakturstabilisierung (Tabelle 7).

Querfrakturen wurden signifikant häufiger konservativ behandelt. Bis auf diese Besonderheit waren im Vergleich zwischen den konservativ und operativ behandelten Subgruppen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Häufigkeitsverteilung der Frakturtypen zu eruieren (Tabelle 7).

<b>Frakturtyp</b>	<b>≥60J offene Frakturstabilisierung (n=77)</b>	<b>≥60J konservative Behandlung (n=19)</b>	<b>p-Wert</b>
Vordere Wand	0	0	n.a.
Vorderer Pfeiler	31,2	47,3	0,31
Hintere Wand	5,2	5,3	1,00
Hinterer Pfeiler	2,6	0	1,00
Querfraktur	0	10,5	0,04
T-Fraktur	1,3	0	1,00
Vorderer Pfeiler + hintere Hemiquerfraktur	31,2	26,3	0,89
Hinterer Pfeiler + hintere Wand	2,6	0	1,00
Querfraktur + hintere Wand	3,8	5,3	1,00
2-Pfeiler-Fraktur	22,1	5,3	0,11

**Tabelle 7.** Frakturmuster der nachuntersuchten Patienten (n=96, Angaben in Prozent).

Ein Vergleich der Verteilung der Frakturtypen in den Serien von Letournel und Ochs mit den Ergebnissen der aktuellen Studie zeigt einen deutlichen Abfall der Anteile posteriorer Frakturtypen sowie einen Anstieg anterior lokalisierter Verletzungen im zeitlichen Verlauf von Letournels ursprünglicher Serie über Ochs Auswertung des Beckenregisters hin zu den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit.



**Abbildung 31.** Frakturmuster in den Serien von Letournel und Ochs et al. im Vergleich zu den Ergebnissen der vorliegenden Studie (Angaben in Prozent) [66,81].

#### 4.2.5.2 Sekundäre Implantation einer Hüftgelenktotalendoprothese

Im Kollektiv der Patienten mit einem Alter von mindestens 60 Jahren zum Unfallzeitpunkt, deren Behandlung in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie stattfand, wurde in 22,94% der Fälle im weiteren Verlauf ein sekundärer Ersatz des Hüftgelenks notwendig. Dieser erfolgte im Zeitraum zwischen zwei und 60 Monaten, im Mittel aber nach 11,8 Monaten. Mit 77,2% erfolgten mehr als drei Viertel dieser Eingriffe innerhalb von zwölf Monaten nach Erleiden der Fraktur.

Während in der Subgruppe der geriatrischen Patienten mit konservativer Behandlung in 15,8% der Fälle ein sekundärer Gelenkersatz notwendig wurde, war die Quote in der operativ behandelten Patientenkohorte mit 24,7% höher. Diese Differenz erwies sich jedoch als nicht signifikant ( $p=0,55$ ) (Tabelle 6).

#### 4.2.5.3 EQ-5D<sup>TM</sup> und Lebensqualität

Als Instrument zur Messung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität im Rahmen der Nachuntersuchung wurde der EQ-5D<sup>TM</sup>-Fragebogen verwendet. Die 96 nachuntersuchten Patienten erreichten durchschnittlich einen Ausgangswert von 0,57, wobei kein signifikanter Unterschied zwischen konservativer Behandlung und operativer Frakturstabilisierung festgestellt werden konnte. Patienten, die vor Durchführung eines EQ-5D<sup>TM</sup>-Fragebogens einen sekundären Gelenkersatz erhalten hatten, wurden bei dieser Betrachtung ausgeschlossen. Dies betraf in der konservativ behandelten Kohorte zwei Patienten und in der Gruppe, deren Fraktur operativ stabilisiert wurde, 14 Patienten (Tabelle 6).

## 5 Diskussion

### 5.1 Diskussion der Methoden

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die heutige Altersstruktur bei Patienten mit Acetabulumfraktur im Rahmen eines retrospektiven Studiendesigns zu untersuchen und festzuhalten, welche Charakteristika die ältere Patientengruppe aufweist. Weiterhin sollte überprüft werden, ob die offene Fraktur stabilisierung heute, anders als in Letournels Standardwerk postuliert, eine relevante Behandlungsstrategie für ältere Patienten mit Acetabulumfraktur darstellt. Um dies zu erreichen, wurden zwei Hypothesen aufgestellt. Diese waren zum einen, dass es einen Alterungsprozess und damit einhergehend einen Wandel verschiedener epidemiologischer Merkmale von Patienten mit Acetabulumfrakturen in den letzten Jahrzehnten gegeben hat. Zum anderen wurde die These aufgestellt, dass die offene Fraktur stabilisierung auch bei älteren Patienten mit Acetabulumfraktur gute Behandlungsergebnisse erzielen kann.

Einige Studien haben in der Vergangenheit bereits nahe gelegt, dass sich die Entwicklung des Patientenkollektivs in den letzten Jahrzehnten in einer Änderung verschiedener Parameter wie beispielsweise der Alters-, aber auch der Geschlechtsverteilung sowie der Rate an offenen Fraktur stabilisierungen äußert. Auch die Mortalität und darüber hinaus die subjektive Lebensqualität im Langzeitergebnis würden beeinflusst [11,32,79,96]. In der vorliegenden Arbeit konnten diese Faktoren in einer Stichprobe von bisher nicht beschriebener Größe erfasst werden. Bisherige Studien waren entweder kleiner oder haben nur wenige Einflussgrößen ermittelt. Aufgrund der geringen Inzidenz von Acetabulumfrakturen ist es sehr schwierig, größere Stichproben in einem Umfang zu ermitteln, der es erlaubt statistisch verwertbare Ergebnisse zu erzielen. Die Erstellung von Metaanalysen kann diese Problematik relativieren, birgt jedoch auch Risiken. Giannoudis et al. beispielsweise schlossen in ihrer umfassenden Metaanalyse von 3670 Patienten mit Acetabulumfraktur auch Studien ein, bei denen ausschließlich Frakturen der hinteren Wand behandelt wurden- eine Aussage über die Häufigkeiten der Frakturtypen in der Gesamtheit und damit auch vieler anderer Eigenschaften der Patienten ist somit nur noch unter Vorbehalt zu sehen [33]. Eine Verzerrung der Ergebnisse durch Betrachtung von Arbeiten mit unterschiedlichen Einschlusskriterien kann in einem solchen Studiendesign nicht ausgeschlossen werden. Multi-Center-Studien erfassen dagegen eine große Anzahl an Patienten bei gleichzeitig anzunehmender Einheitlichkeit des Kollektivs, haben aber oft den Nachteil, dass relevante Informationen bei der Weiterleitung aus verschiedenen Kliniken verloren gehen oder erst gar nicht im Detail dokumentiert und deswegen nicht ausgewertet werden können. So konnte trotz einer Vielzahl verfügbarer Daten im Beckenregister die Art der operativen Zugänge zum Acetabulum in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt werden, da sie nicht ausreichend dokumentiert wurden. Eine Veränderung der Wahl der chirurgischen Zugänge, etwa ein

höherer Anteil von Eingriffen mit anteriorem Zugang, hätte einen zusätzlichen Beleg für den Wandel im Bereich der Acetabulumchirurgie dargestellt.

Weiter wurden die Langzeitergebnisse hinsichtlich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität und der Rate an sekundären endoprothetischen Eingriffen grundsätzlich nicht im Beckenregister erfasst. Sie konnten in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie nachvollzogen werden, dort war jedoch die Anzahl der Patienten naturgemäß deutlich geringer als in der Datenbank des Beckenregisters, was die statistische Auswertung weniger valide als in einer größeren Stichprobe macht.

Außerdem muss darauf hingewiesen werden, dass Faktoren wie Komorbiditäten oder das Vorliegen einer ausgeprägten Osteoporose nicht in die Auswertung der Studie mit eingehen konnten. Gerade diese zwei Punkte beeinflussen jedoch die Entscheidung zur offenen Frakturstabilisierung maßgeblich [30,66]. Es ist zu wünschen, dass zukünftige Projekte sich weiter mit der Korrelation beider Einflussfaktoren mit dem Ergebnis der osteosynthetischen Versorgung von Acetabulumfrakturen beschäftigen.

Einen möglichen Kritikpunkt stellt der Gebrauch des EQ-5D<sup>TM</sup>-Fragebogens zur Bewertung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität dar. Die Anwendung eines spezifischeren Outcome-Scores zur Bewertung der Langzeitergebnisse einer Behandlung nach Acetabulumfraktur, wie etwa der Harris-Hip-Score, hätte differenziertere Ergebnisse liefern können [42]. Dieser schließt jedoch Kriterien mit ein, welche nicht standardmäßig in Nachuntersuchungen erfasst werden und war daher nicht anwendbar.

Nichtsdestotrotz wurde in der vorliegenden Arbeit die Kombination aus einer großen Stichprobe in einer einzigen Studie bei gleichzeitiger Erfassung vielfältiger relevanter Informationen mit der Analyse des Beckenregisters erreicht. Eine darüber hinaus gehende Charakterisierung der Patienten der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie ermöglichte es, Nachuntersuchungsdaten zu ermitteln, die im Beckenregister nicht erhoben werden konnten. So konnten weitere Erkenntnisse hinsichtlich der Eigenschaften älterer Patienten mit Acetabulumfraktur gewonnen werden.

Viele Merkmale beider Patientendatenbanken ähnelten sich, so etwa die Alters- und Geschlechtsverteilung oder auch die Verteilung der Frakturtypen. Es ist zu erwarten, dass die Nachuntersuchungsergebnisse der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie bei vergleichbaren Behandlungsmaßnahmen auf das größere Patientenkollektiv übertragbar wären.

Das retrospektive Studiendesign war gut geeignet, Eigenschaften von Patienten mit Acetabulumfrakturen zu erfassen und sie mit ähnlichen Studien aus der Vergangenheit zu vergleichen. So konnten nicht nur aktuelle Ergebnisse ermittelt, sondern auch eine Entwicklung der untersuchten Merkmale im zeitlichen Verlauf dokumentiert werden.

Die Überprüfung der aufgestellten Hypothesen konnte effektiv durchgeführt und sowohl epidemiologische Eigenschaften von Patienten mit Acetabulumfraktur als auch die Relevanz der offenen Frakturstabilisierung für die Behandlung älterer Patienten erfolgreich untersucht werden.

## 5.2 Diskussion der Ergebnisse

### 5.2.1 Altersverteilung

Das Durchschnittsalter der im Beckenregister erfassten Patienten betrug 58,6 Jahre, der Altersgipfel lag bei 75-80 Jahren. Mehr als die Hälfte der Patienten waren über 60 Jahre alt. In starkem Kontrast dazu steht Letournels Serie von 940 Patienten, unter denen insgesamt nur vier über 80 Jahre alt waren. Zwei Drittel seiner Patienten waren zwischen 20 und 60 Jahre alt und nur 13% älter als 60 [66]. Die deutliche Differenz in der Altersstruktur beider Kollektive lässt darauf schließen, dass sich die Zahl der älteren Patienten mit Acetabulumfraktur insgesamt in den letzten Jahrzehnten massiv erhöht hat [97]. Letournels Serie begann in den Fünfzigerjahren, in der ersten Veröffentlichung von 1964 war kein einziger der 173 Patienten über 60 Jahre alt [58]. Die aktuellen Ergebnisse dagegen beziehen sich auf den Zeitraum zwischen 2002 und 2017.

Gänsslen et al. stellten 2016 in einer Gruppe von 5004 Patienten mit Fraktur der Hüftpfanne ein Durchschnittsalter von 33,6 Jahren fest [30]. Daraus wurde gefolgert, dass der typische Patient mit Acetabulumfraktur heute immer noch jung bis mittelalt ist. Eine mögliche Schwäche dieser Analyse ist jedoch, dass auch ältere Studien eingeschlossen wurden, sodass aktuellere Entwicklungen eventuell nicht erfasst werden konnten.

Das Durchschnittsalter von Patienten mit Acetabulumfraktur im Deutschen Beckenregister wurde 2010 von Ochs et al. untersucht, um aktuelle Entwicklungen zu erkennen [81]. In drei zeitlichen Abschnitten wurden epidemiologische Daten von insgesamt 1266 Patienten erfasst und konnten so verglichen werden. Im ersten Intervall lag das durchschnittliche Alter bei 43,0 Jahren, im zweiten schon bei 46,0 und im dritten Abschnitt betrug es sogar 52,7 Jahre. Da Ochs et al. die gleiche Datenbank wie die vorliegende Arbeit untersuchten, muss das Ergebnis dieser neuesten Studie von durchschnittlich 58,6 Jahren als aktuellster Wert und Ergebnis einer Steigerung des Durchschnittsalters interpretiert werden. Das Durchschnittsalter der Patienten in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie betrug 57,0 Jahre, war also vergleichbar mit den Ergebnissen im Beckenregister. Damit waren die Patienten im Zeitraum der vorliegenden Studie von 2002 bis 2017 um durchschnittlich rund 25 Jahre älter als die Metaanalyse der Literatur seit den Fünfzigerjahren vermuten lässt.

Das ursprüngliche Bild des typischerweise jungen Patienten mit Acetabulumfraktur muss vor dem Hintergrund dieser Daten verworfen, oder zumindest um das Bild des alternden Patienten ergänzt werden. Ergebnisse internationaler Studien legen diesen Schluss ebenfalls nahe [11,77,97]. So berichten beispielsweise Sullivan et al. von einer Zunahme der Anzahl der Patienten über 65 Jahren um den Faktor 2,5 innerhalb von 17 Jahren [115]. Ferguson et al. ermittelten ähnliche Werte [25]. Es

ist zu vermuten, dass der Anteil älterer Patienten durch das Fortschreiten des demografischen Wandels weiter ansteigen wird [97,111–113]. Die These, dass ältere Menschen die am schnellsten wachsende Subkohorte der Patienten mit Acetabulumfraktur darstellen, ist in Anbetracht der Ergebnisse der vorliegenden Studie schlüssig [77,84].

Die Erklärung für diese Entwicklung liegt nicht nur im demografischen Wandel, sondern auch in verschiedenen anderen gesellschaftlichen Faktoren: Bessere Sicherheitsvorkehrungen in Verkehr und Industrie sorgen dafür, dass trotz eines höheren Verkehrsaufkommens weniger junge Menschen eine Fraktur erleiden [2,4,13,39,128,135]. Parallel dazu wird die Gruppe der älteren Menschen nicht nur statistisch gesehen immer älter, sondern ist im Alter auch noch aktiver als vergleichbar alte Menschen vor einigen Jahrzehnten. Letzteres trägt noch zusätzlich dazu bei, dass die Inzidenz von Acetabulumfrakturen bei Patienten im höheren Alter steigt [81,97]. Gleichzeitig sind die funktionellen Ansprüche höher als früher, sodass eine Behandlung anzustreben ist, die nicht nur Schmerzfreiheit verspricht, sondern auch größtmögliche Mobilität und Belastbarkeit bietet [84,96].

### 5.2.2 Geschlechtsverteilung und die These der osteoporotischen Fraktur

Sowohl im Beckenregister als auch in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie war die Mehrzahl der Patienten männlich. Diese Resultate decken sich nicht nur relativ genau mit denen von Letournels Serie, sondern auch mit den großen Metaanalysen von Giannoudis et al. und Gänsslen et al. [30,33].

Bemerkenswert war in der vorliegenden Studie, dass der Anteil männlicher Patienten in den Patientengruppen über 60 Jahren geringer war als bei den jüngeren Patienten. Dies war unabhängig voneinander in der Analyse des Beckenregisters und der Klinikdatenbank festzustellen. Es gilt mittlerweile als gesichert, dass die Knochensubstanz mit fortschreitendem Alter bei Frauen deutlich stärker abnimmt als bei Männern [63]. Der höhere Anteil an Frauen in den älteren Gruppen spricht deshalb dafür, dass eine Verminderung der Knochenstruktur mit einem höheren Risiko einhergeht, eine Fraktur der Hüftpfanne zu erleiden. Dieses Ergebnis deckt sich wiederum mit der Literatur. So verzeichneten Laird und Keating in ihrer epidemiologischen Studie von 351 Patienten über einen Zeitraum von 15 Jahren einen signifikanten Anstieg des Anteils weiblicher Patienten [62].

Diese Erkenntnis und das starke Wachstum der älteren Patientenkohorte lassen vermuten, dass die Acetabulumfraktur genauso in den Formenkreis der osteoporotischen Frakturen einzuordnen ist wie die Beckenringfraktur, die schon weithin als solche akzeptiert ist [10,16,29,69,77]. Die Frage bleibt jedoch, warum vor allem Männer eine Fraktur des Acetabulums erleiden. Ferguson et al. stellten die Hypothese auf, dass die Knochenstruktur des Femurs bei Männern im Durchschnitt stabiler sei als bei Frauen, sodass eine applizierte Kraft eher auf das Acetabulum übertragen werde, wohingegen eine ähnliche Krafteinwirkung bei Frauen häufiger zu Frakturen des proximalen Femurs führe [25].

### 5.2.3 Frakturbehandlung und Mortalität

Die offene Frakturstabilisierung wurde in beiden analysierten Datenbanken wesentlich häufiger bei Patienten unter 60 Jahren angewandt als in der älteren Kohorte. Dies hat verschiedene Ursachen.

Der erste anzunehmende Grund ist der divergierende Gesundheitszustand der beiden Patientengruppen. In der diesbezüglichen Literatur ist mehrfach beschrieben worden, dass ältere Patienten mit Frakturen des Acetabulums oft unter relevanten Vorerkrankungen leiden. Am häufigsten werden kardiovaskuläre Erkrankungen, Stoffwechselstörungen, chronische Lungenerkrankungen, chronische Leber- und Niereninsuffizienzen sowie neurologische Beeinträchtigungen aufgrund eines Schlaganfalles aufgeführt [30,55,68,137]. Diese stellen gegebenenfalls relative Kontraindikationen gegen einen operativen Eingriff dar, weswegen Patienten höheren Alters mutmaßlich öfter konservativ behandelt werden als jüngere Patienten.

Weiter ist die Krankenhausmortalität bei älteren Patienten mit Acetabulumfraktur in der Vergangenheit als höher in Relation zu jüngeren Vergleichsgruppen angegeben worden [61,77]. Die Signifikanz dieser Ergebnisse konnte sowohl im Beckenregister, als auch bei den Patienten der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie bestätigt werden. Die erhöhte Mortalität bei Patienten höheren Alters könnte als Faktor gewertet werden, der ebenfalls eher gegen einen Eingriff spricht.

Neben erhöhten Operations- und Narkoserisiken stellt auch die verminderte Knochendichte im Alter eine relative Kontraindikation der offenen Frakturstabilisierung dar [18,63,77]. Die erreichbare Stabilität und damit der Therapieerfolg leiden bei mangelhafter Knochenstruktur unter Umständen enorm, sodass schon Letournel vor einer geringen Knochensubstanz des Os coxae gewarnt und sie als Kontraindikation für eine operative Behandlung angeführt hat [66]. Dennoch ist heutzutage die korrekte, anatomische Reposition der Fraktur im Rahmen einer offenen Frakturstabilisierung auch im Alter die am häufigsten gewählte Behandlungsoption nach Acetabulumfraktur.

Interessanterweise war die Krankenhausmortalität der operativ versorgten Patienten über 60 Jahren im Beckenregister signifikant geringer als die der konservativ behandelten Vergleichsgruppe. Auch die Klinikdatenbank verzeichnete eine geringere Mortalität in der Gruppe mit offener Frakturstabilisierung, allerdings konnte hier keine statistische Signifikanz nachgewiesen werden.

Ein sogenannter Selektionseffekt, also die Auswahl körperlich belastbarer Patienten zur Operation und die konservative Behandlung von Patienten in schlechter Verfassung, trägt höchstwahrscheinlich dazu bei, dass die Patientengruppe mit der- eigentlich riskanteren- operativen Behandlung eine deutlich geringere Mortalität aufweist als die nicht operierte Vergleichsgruppe. Insgesamt lag die 1-Jahres-Mortalität in der Klinikdatenbank bei den operierten Patienten über 60 Jahren bei 11%.

In der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie wurde nicht nur mit insgesamt 75,8% Anteil offener Frakturstabilisierungen im Vergleich zu 57,1% im Beckenregister deutlich häufiger operativ behandelt, ältere Patienten wurden außerdem auch deutlich häufiger einem Eingriff

unterzogen. In der Gruppe über 60 Jahren betrug der Anteil 66,8% gegenüber 50,5% im Beckenregister. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Versorgung dieser sehr seltenen Fraktur nicht in jedem Krankenhaus gleich häufig erfolgt und dass es von der persönlichen Erfahrung des Operateurs abhängt, wann die Indikation zur Operation gestellt wird. Unter der Annahme eines identischen Patientenkollektivs in beiden Datenbanken wäre daher eine mögliche Erklärung die Personalstruktur der betreffenden Einrichtung. Es ist davon auszugehen, dass erfahrene Operateure eher die Indikation zur offenen Frakturstabilisierung stellen als solche, die derartige Eingriffe selten vornehmen und eine erfolgreiche Durchführung des komplizierten Eingriffs unter gegebenenfalls schwierigen Umständen für unwahrscheinlich halten. Außerdem werden Patienten mit Acetabulumfraktur häufig zur Operation in spezialisierten Zentren, wie es die Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes ist, verlegt, was die Zahl der operativen Behandlungen in diesen Zentren gegenüber weniger spezialisierten Kliniken erhöht. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch, dass das Durchschnittsalter der konservativ behandelten Patienten in beiden Datenbanken höher war als das der operativ versorgten. Dies kann als weiterer Hinweis auf das Vorliegen einer Selektionseffekts verstanden werden.

Hervorzuheben ist, dass heute die Mehrheit aller geriatrischen Patienten mit Acetabulumfrakturen operativ behandelt wird. Die Mortalität bei einem chirurgischen Eingriff ist im Vergleich zur konservativen Behandlung nicht erhöht, sondern sogar geringer. Die 1-Jahres-Mortalität liegt deutlich unter der von proximalen Femurfrakturen [14]. Ob dies den erwähnten Komorbiditäten und einer Stichprobenverzerrung geschuldet ist, oder aber an den Komplikationen einer bei konservativer Behandlung verlängerten Immobilisation liegt, kann aufgrund der retrospektiven Natur der Studie nicht abschließend beurteilt werden. Auf keinen Fall darf jedoch generalisiert von einer operativen Behandlung älterer Menschen abgesehen werden. Viele verschiedene Faktoren müssen abgewogen werden, um die Indikation für oder gegen ein operatives Vorgehen von Patient zu Patient hoch individualisiert zu stellen.

#### 5.2.4 Implantation eines sekundären Gelenkersatzes

Bei den über 60 Jahre alten Patienten der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie war nach Erleiden einer Acetabulumfraktur in 23% der Fälle im Verlauf ein sekundärer Gelenkersatz notwendig. Auffallend war, dass mehr als drei Viertel der Eingriffe innerhalb des ersten Jahres nach Erleiden der Fraktur erfolgten. Dies verdeutlicht, wie schnell eine Fraktur des Acetabulums zur Coxarthrose und damit potentiell zur Invalidität führen kann.

Eine offene Reposition und Frakturstabilisierung konnte in 24,7% der Fälle die Notwendigkeit eines endoprothetischen Gelenkersatzes im weiteren Verlauf nicht verhindern. Die konservative Behandlung ging zwar mit einem niedrigeren Risiko für einen Gelenkersatz im Verlauf einher, der Unterschied erwies sich jedoch als nicht signifikant. Damit liegt die Rate an sekundär endoprothetischen

Operationen nach Acetabulumfrakturen innerhalb des Bereichs, der in der internationalen Literatur angegeben wird. Es wird von Quoten zwischen sechs und 31% bei Patienten mit offen stabilisierten Acetabulumfrakturen im Alter berichtet [12,20,30,55,83,106].

Auch wenn ein sekundärer Gelenkersatz nach operativer Behandlung einer Acetabulumfraktur nicht signifikant, sondern nur tendenziell häufiger war, soll dennoch auf mögliche Gründe für diesen Sachverhalt eingegangen werden. Zum einen befinden sich die aufgrund von Komorbiditäten oder Begleitverletzungen nicht operablen Patienten in der konservativen Gruppe [11,125]. Solche Patienten werden sich auch keinem endoprothetischen Eingriff unterziehen können. Zum anderen spielen die Belastung des Gelenks und auch der funktionelle Anspruch eine Rolle. Ein ohnehin vorab nur noch eingeschränkt mobiler Patient belastet die Hüfte weniger und entwickelt so mutmaßlich langsamer arthrotische Veränderungen als ein körperlich aktiver Mensch. Selbst bei vorliegender posttraumatischer Coxarthrose ist immer noch fraglich, ob ein weitgehend immobil Patient dadurch in so einem Maße beeinträchtigt wäre, dass er eine Operation in Kauf nähme. Unter der Annahme, dass sich in der konservativ behandelten Gruppe tendenziell Patienten mit geringerem Aktivitätsniveau befinden, könnte geschlossen werden, dass der oben beschriebene Sachverhalt die Rate endoprothetischer Sekundäreingriffe nach konservativer Behandlung senkt. Eine weitere Erklärung wäre, dass nicht oder wenig dislozierte Frakturen zumeist eine gute Langzeitprognose haben und daher eher konservativ behandelt werden [11,125]. Eine offene Frakturstabilisierung ist insofern ebenso wenig vonnöten wie der sekundäre Gelenkersatz. Instabile und deutlich dislozierte Frakturen, die dagegen öfter zu posttraumatischen Gelenkschäden führen, stellen dagegen häufiger eine absolute Operationsindikation dar [11,30,33,125]. Diese Überlegungen relativieren den festgestellten tendenziellen Unterschied zwischen den Gruppen der operativ und konservativ behandelten Patienten.

### 5.2.5 Frakturmuster

Besonders eindrücklich ist die Veränderung der Verteilung der Frakturmuster im Beckenregister im Verlauf der Jahre. Es zeichnen sich deutliche chronologische Entwicklungen ab, wenn man Letournels Serie von 1993, die Auswertung des Beckenregisters von 2010 und die aktuelle Studie vergleicht: Der Anteil von 2-Pfeiler-Frakturen, kombinierten Frakturen der hinteren Wand mit Querfrakturen und vor allem von isolierten Frakturen der hinteren Wand hat mit der Zeit deutlich abgenommen. Gegenläufig dazu ist der Anteil von Frakturen der vorderen Wand und des vorderen Pfeilers, mit und ohne begleitende Hemiquerfraktur, deutlich gestiegen. Diese Veränderungen stehen im Einklang mit den Erkenntnissen anderer Studien und verdeutlichen wiederum, dass es einen starken Wandel bezüglich der Merkmale von Patienten mit Acetabulumfraktur gegeben hat, der sich nicht zuletzt in einer Veränderung des Vorkommens der einzelnen Frakturmuster manifestiert [11,25,77,90]. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie, dass die beschriebenen Entwicklungen fortschreitend sind und nicht etwa stagnieren.

In der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie kamen Frakturen des vorderen Pfeilers sowie des vorderen Pfeilers in Kombination mit einer hinteren Hemiquerfraktur häufiger vor als alle anderen Frakturtypen. Dies sind genau jene Frakturtypen, die in vorausgegangenen Studien als typisch für Patienten eines höheren Alters identifiziert wurden [11,77,81,96]. Die Verteilung der Frakturmuster deckt sich in etwa mit der in anderen Veröffentlichungen und prägt so weiter das Bild des geriatrischen Patienten mit Acetabulumfraktur [11,25,79]. Auffällig war darüber hinaus, dass keine einzige Querfraktur operativ behandelt wurde. Dies mag dadurch zu erklären sein, dass bestimmte Arten von Querfrakturen, nämlich solche die höchstens minimal disloziert sind oder sehr tief verlaufen, häufig mit gutem Ergebnis konservativ behandelt werden können [77,79].

### 5.2.6 Lebensqualität

So wie die Behandlungsplanung für Patienten mit Acetabulumfrakturen hoch individualisiert im Kontext vieler unterschiedlicher und komplexer Faktoren erfolgen muss, ist auch das funktionelle Langzeitergebnis der Behandlung die Summe vielfältiger Einflussgrößen (vergleiche Abbildung 27).

Die subjektive Lebensqualität ist bei einer so schwerwiegenden Verletzung wie der Fraktur des Acetabulums maßgeblich abhängig vom Ergebnis der Behandlung. Im Vergleich zwischen der operativen und der konservativen Behandlung über 60 Jahre alter Patienten konnte im Patientenkollektiv der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der mittels EQ-5D<sup>TM</sup>-Fragebogen ermittelten gesundheitsbezogenen Lebensqualität festgestellt werden.

Dabei gilt jedoch zu bedenken, dass ein operativer Eingriff vor allem bei dislozierten und instabilen Frakturen indiziert ist. Diese Frakturen haben bei konservativer Behandlung eine ausgesprochen schlechte Prognose. Dagegen ist davon auszugehen, dass sich in der konservativ behandelten Gruppe wahrscheinlich sowohl Patienten mit nicht dislozierten, stabilen Frakturen als auch solche, deren Allgemeinzustand eine Operation nicht zuließ, befinden [11,30,77,125]. Die Patientengruppen unterschieden sich demnach untereinander ebenso wie die Prognose der Patienten in den Gruppen an sich. Ein Vergleich der Langzeitergebnisse beider Therapieoptionen ist aufgrund des retrospektiven Designs der Studie und der beiden daher vermutlich stark verschiedenen Patientengruppen nicht zielführend, um die Wirksamkeit der Behandlungsmethoden zu vergleichen. Es lässt sich jedoch sagen, dass die offene Frakturstabilisierung mit der konservativen Behandlung vergleichbare Ergebnisse bei Patienten erzielt, die ohne Operation wahrscheinlich eine deutlich schlechtere Prognose gehabt hätten.

Mit einem Indexwert von 0,57 lagen die mit einer offenen Frakturstabilisierung versorgten Patienten darüber hinaus weniger stark unter den altersbezogenen Normwerten als es zu erwarten wäre. Die Normwerte der deutschen Bevölkerung liegen in einem Alter zwischen 65 und 74 Jahren bei 0,84 [54]. Bei einem durchschnittlichen Alter von genau 70 Jahren in der operativen Patientenkohorte über 60 Jahren ist diese Referenzgruppe zum Vergleich gut geeignet. Ergebnisse vorangegangener Studien

hätten einen stärkeren Abfall der gesundheitsbezogenen Lebensqualität in dieser spezifischen Subgruppe vermuten lassen [122]. Eine langfristig signifikante Reduktion der mittels Score-Systemen erfassten gesundheitsbezogenen Lebensqualität wird in der Literatur nicht nur bei älteren, operativ behandelten Patienten angegeben, sondern bei praktisch allen Patienten welche eine Acetabulumfraktur erlitten haben [5,30,34,87].

### 5.3 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen in einem großen Patientenkollektiv, dass geriatrische Patienten im Laufe der letzten Jahre zur größten Subgruppe innerhalb der Acetabulumchirurgie geworden sind. Die Kohorte weist bestimmte Charakteristika auf, welche im Rahmen der Studie weiter identifiziert werden konnten. So ist die Acetabulumfraktur eine Verletzung, welche vor allem Männer erleiden, der Anteil an Frauen steigt jedoch mit zunehmendem Alter. Das starke Wachstum der Gruppe älterer Patienten ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf die Verminderung der Knochensubstanz im Alter zurück zu führen. Auffällig ist weiterhin die Verschiebung der Frakturmuster von posterioren Verletzungen hin zu Läsionen der anterioren Anteile des Acetabulums über die letzten Jahrzehnte. Dies kann als typisch für Acetabulumfrakturen in einer geriatrischen Patientenkohorte gewertet werden.

Perspektivisch wird der Anteil älterer Menschen am Patientenkollektiv voraussichtlich weiter ansteigen und große Herausforderungen an eine erfolgreiche Behandlung stellen [113].

Im Gegensatz zum ursprünglichen Vorgehen von Letournel, bei dem nur selten geriatrische Patienten einer offenen Frakturstabilisierung unterzogen wurden, kann und muss dieses Verfahren heutzutage als eine Standard-Behandlungsoption auch bei älteren Menschen gesehen werden. Der überraschend geringe Abfall der Lebensqualität nach operativer Behandlung und die relativ niedrige 1-Jahres-Mortalität bei einer akzeptablen Quote an endoprothetischen Revisionseingriffen verdeutlichen weiter, dass die offene Frakturstabilisierung in geeigneten Fällen unbedingt anzustreben ist. Dabei darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass die Indikationsstellung bei jedem Patienten immer streng individuell im Kontext der bereits erläuterten Einflussfaktoren zu treffen ist. Insbesondere sind relevante Vorerkrankungen, das Ausgangsniveau der Aktivität und damit der funktionelle Anspruch des Patienten sowie die genaue Frakturmorphologie zu berücksichtigen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass geriatrische Patienten heutzutage die größte Kohorte in der Acetabulumchirurgie bilden. Die offene Frakturstabilisierung ist eine häufig angewandte Therapieoption, welche bei einer relevanten Anzahl von älteren Patienten die beste Behandlungsmöglichkeit mit der Aussicht auf zufriedenstellende Ergebnisse darstellt. Diese Behandlungsergebnisse rechtfertigen eine weitere, intensive Forschung, um neue Strategien und verbesserte Operationstechniken mit dem Ziel zu entwickeln, die Indikationsstellung zur offenen Frakturstabilisierung bei geriatrischen Patienten auch bei schlechter Knochenstruktur ausweiten zu können.

Fünfundfünfzig Jahre nach Etablierung der osteosynthetischen Versorgung von Acetabulumfrakturen durch Emile Letournel belegt die vorliegende Studie, dass sie heute auch beim geriatrischen Patienten eine oft genutzte und effektive Behandlungsmethode darstellt.

## 6 Literaturverzeichnis

1. Alonso JE, Davila R, Bradley E (1994) Extended iliofemoral versus triradiate approaches in management of associated acetabular fractures. *Clin Orthop* 305:81–87
2. Al-Qahtani S, O'Connor G (1996) Acetabular fractures before and after the introduction of seatbelt legislation. *Can J Surg J Can Chir* 39:317–320
3. Anglen JO, Burd TA, Hendricks KJ, Harrison P (2003) The „Gull Sign“: a harbinger of failure for internal fixation of geriatric acetabular fractures. *J Orthop Trauma* 17:625–634
4. Blum J, Beyermann K, Ritter G (1991) Incidence of acetabular fractures before and after introduction of compulsory seatbelt fastening. *Unfallchirurgie* 17:274–279
5. Borg T, Berg P, Larsson S (2012) Quality of life after operative fixation of displaced acetabular fractures. *J Orthop Trauma* 26:445–450
6. Bosse MJ, Poka A, Reinert CM, Brumback RJ, Bathon H, Burgess AR (1988) Preoperative angiographic assessment of the superior gluteal artery in acetabular fractures requiring extensile surgical exposures. *J Orthop Trauma* 2:303–307
7. Braun BJ, Holstein J, Fritz T, Veith NT, Herath S, Mörsdorf P, Pohlemann T (2016) Polytrauma in the elderly: a review. *EFORT Open Rev* 1:146–151
8. Briffa N, Pearce R, Hill AM, Bircher M (2011) Outcomes of acetabular fracture fixation with ten years' follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 93-B:229–236
9. Brooks RG (2015) 28 Years of the EuroQol Group: An Overview.
10. Burge R, Dawson-Hughes B, Solomon DH, Wong JB, King A, Tosteson A (2007) Incidence and Economic Burden of Osteoporosis-Related Fractures in the United States, 2005-2025. *J Bone Miner Res* 22:465–475
11. Butterwick D, Papp S, Gofton W, Liew A, Beaulé PE (2015) Acetabular Fractures in the Elderly: Evaluation and Management. *J Bone Jt Surg-Am Vol* 97:758–768
12. Carroll EA, Huber FG, Goldman AT, Virkus WW, Pagenkopf E, Lorich DG, Helfet DL (2010) Treatment of Acetabular Fractures in an Older Population. *J Orthop Trauma* 24:637–644
13. Centers for Disease Control (CDC) (1992) Factors potentially associated with reductions in alcohol-related traffic fatalities - United States, 1990 and 1991. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 41:893–899
14. Cenzer IS, Tang V, Boscardin WJ, Smith AK, Ritchie C, Wallhagen MI, Espaldon R, Covinsky KE (2016) One-Year Mortality After Hip Fracture: Development and Validation of a Prognostic Index. *J Am Geriatr Soc* 64:1863–1868
15. Cole JD, Bolhofner BR (1994) Acetabular fracture fixation via a modified Stoppa limited intrapelvic approach. Description of operative technique and preliminary treatment results. *Clin Orthop* 305:112–123
16. Court-Brown CM, Caesar B (2006) Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury* 37:691–697
17. Culemann U, Tosounidis G, Pohlemann T (2005) Fractures of the Accetabulum - Treatment Strategies and Actual Diagnostics. *Zentralblatt Für Chir* 130:W58–W71

18. Cummings SR, Melton LJ (2002) Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures. *Lancet Lond Engl* 359:1761–1767
19. Cutrera NJ, Pinkas D, Toro JB (2015) Surgical Approaches to the Acetabulum and Modifications in Technique: *J Am Acad Orthop Surg* 23:592–603
20. Daurka JS, Pastides PS, Lewis A, Rickman M, Bircher MD (2014) Acetabular fractures in patients aged > 55 years: a systematic review of the literature. *Bone Jt J* 96-B:157–163
21. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (2012) Weissbuch Schwerverletztenversorgung-Empfehlungen zur Struktur, Organisation, Ausstattung sowie Förderung von Qualität und Sicherheit in der Schwerverletztenversorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Thieme, Berlin
22. Diviti S, Gupta N, Hooda K, Sharma K, Lo L (2017) Morel-Lavallee Lesions-Review of Pathophysiology, Clinical Findings, Imaging Findings and Management. *J Clin Diagn Res JCDR* 11:TE01–TE04
23. EuroQol Group (1990) EuroQol - a new facility for the measurement of health-related quality of life. *Health Policy Amst Neth* 16:199–208
24. Fenzl G, Fischer G, Galle P (1990) Azetabulumfrakturen - operative versus konservative Behandlung. *Unfallchirurgie* 16:230–235
25. Ferguson TA, Patel R, Bhandari M, Matta JM (2010) Fractures of the acetabulum in patients aged 60 years and older: An epidemiological and radiological study. *J Bone Joint Surg Br* 92-B:250–257
26. Fica G, Cordova M, Guzman L, Schweitzer D (1998) Open reduction and internal fixation of acetabular fractures. *Int Orthop* 22:348–351
27. Field RE, Rajakulendran K (2011) The Labro-acetabular Complex. *J Bone Jt Surg* 93:22–27
28. Fishmann AJ, Greeno RA, Brooks LR, Matta JM (1994) Prevention of deep vein thrombosis and pulmonary embolism in acetabular and pelvic fracture surgery. *Clin Orthop* 305:133–137
29. Fuchs T, Rottbeck U, Hofbauer V, Raschke M, Stange R (2011) Beckenringfrakturen im Alter: Die unterschätzte osteoporotische Fraktur. *Unfallchirurg* 114:663–670
30. Gänsslen A, Müller M, Nerlich M, Herausgeber (2016) Azetabulumfrakturen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
31. Gary JL, Lefaivre KA, Gerold F, Hay MT, Reinert CM, Starr AJ (2011) Survivorship of the native hip joint after percutaneous repair of acetabular fractures in the elderly. *Injury* 42:1144–1151
32. Gary JL, Paryavi E, Gibbons SD, Weaver MJ, Morgan JH, Ryan SP, Starr AJ, O'Toole RV (2015) Effect of surgical treatment on mortality after acetabular fracture in the elderly: a multicenter study of 454 patients. *J Orthop Trauma* 29:202–208
33. Giannoudis PV, Grotz MRW, Papakostidis C, Dinopoulos H (2005) Operative treatment of displaced fractures of the acetabulum. A meta-analysis. *J Bone Joint Surg Br* 87:2–9
34. Giannoudis PV, Nikolaou VS, Kheir E, Mehta S, Stengel D, Roberts CS (2009) Factors determining quality of life and level of sporting activity after internal fixation of an isolated acetabular fracture. *J Bone Joint Surg Br* 91-B:1354–1359
35. Giannoudis PV, Tzioupis C, Papathanassopoulos A, Obakponovwe O, Roberts C Articular step-off and risk of post-traumatic osteoarthritis. Evidence today.

36. Gilliland MD, Ward RE, Barton RM, Miller PW, Duke JH (1982) Factors affecting mortality in pelvic fractures. *J Trauma* 22:691–693
37. Greiner W (2012) *Der EQ-5D der EuroQol-Gruppe*. Springer, Berlin, Heidelberg
38. Gruen GS, McClain EJ, Gruen RJ (1995) The diagnosis of deep vein thrombosis in the multiply injured patient with pelvic ring or acetabular fractures. *Orthopedics* 18:253–257
39. Guria J, Jones W, Leung J, Mara K (2003) Alcohol in New Zealand road trauma. *Appl Health Econ Health Policy* 2:183–190
40. Harris JH, Lee JS, Coupe KJ, Trotscher T (2004) Acetabular fractures revisited: part 1, redefinition of the Letournel anterior column. *AJR Am J Roentgenol* 182:1363–1366
41. Harris JH, Coupe KJ, Lee JS, Trotscher T (2005) Acetabular fractures revisited: a new CT-based classification. *Semin Musculoskelet Radiol* 9:150–160
42. Harris WH (1969) Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation. *J Bone Joint Surg Am* 51:737–755
43. Henry PDG, Kreder HJ, Jenkinson RJ (2013) The Osteoporotic Acetabular Fracture. *Orthop Clin North Am* 44:201–215
44. Herath S, Holstein J, Pizanis A, Pohlemann T (2014) Azetabulumfrakturen: Komplikationen und Endoprothetik. *Z Für Orthop Unfallchirurgie* 152:399–413
45. Herath SC, Pott H, Rollmann MFR, Braun BJ, Holstein JH, Höch A, Stuby FM, Pohlemann T (2019) Geriatric Acetabular Surgery: Letournel’s Contraindications Then and Now—Data From the German Pelvic Registry. *J Orthop Trauma* 33:S8–S13
46. Hessmann MH, Nijs S, Rommens PM (2002) Acetabulumfrakturen im Alter. *Unfallchirurg* 105:893–900
47. Hirvensalo E, Lindahl J, Böstman O (1993) A new approach to the internal fixation of unstable pelvic fractures. *Clin Orthop* 28–32
48. Hirvensalo E, Lindahl J, Kiljunen V (2007) Modified and new approaches for pelvic and acetabular surgery. *Injury* 38:431–441
49. Hoellen IP, Mentzel M, Bischoff M, Kinzl L (1997) Acetabulumfraktur beim alten Menschen: Primäre endoprothetische Versorgung. *Orthop* 26:348–353
50. Huang H, Li C, Zeng Q (2016) Crash protectiveness to occupant injury and vehicle damage: An investigation on major car brands. *Accid Anal Prev* 86:129–136
51. Huang M, Schweitzer ME (2014) The Role of Radiology in the Evolution of the Understanding of Articular Disease. *Radiology* 273:S1–S22
52. Hubbard RE, Story DA (2014) Patient frailty: the elephant in the operating room. *Anaesthesia* 69:26–34
53. Hutt JRB, Ortega-Briones A, Daurka JS, Bircher MD, Rickman MS (2015) The ongoing relevance of acetabular fracture classification. *Bone Jt J* 97-B:1139–1143
54. Janssen B, Szende A (2014) *Population Norms for the EQ-5D*. Springer Netherlands, Dordrecht

55. Jeffcoat DM, Carroll EA, Huber FG, Goldman AT, Miller AN, Lorich DG, Helfet DL (2012) Operative treatment of acetabular fractures in an older population through a limited ilioinguinal approach. *J Orthop Trauma* 26:284–289
56. Jeong E, Oh C (2017) Evaluating the effectiveness of active vehicle safety systems. *Accid Anal Prev* 100:85–96
57. Johnson EE, Eckardt JJ, Letournel E (1987) Extrinsic femoral artery occlusion following internal fixation of an acetabular fracture. A case report. *Clin Orthop* 209–213
58. Judet R, Judet J, Letournel E (1964) Fractures of the Acetabulum: Classification and Surgical Approaches for Open Reduction. Preliminary Report. *J Bone Joint Surg Am* 46:1615–1646
59. Kellam JF, Meinberg EG, Agel J, Karam MD, Roberts CS (2018) Introduction: Fracture and Dislocation Classification Compendium - 2018. *J Orthop Trauma* 32:S1–S10
60. Kellgren JH, Lawrence JS (1957) Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis. *Ann Rheum Dis* 16:494–502
61. Kusnezov N, Bader J, Blair JA (2017) Predictors of Inpatient Mortality and Systemic Complications in Acetabular Fractures Requiring Operative Treatment. *Orthopedics* 40:223–228
62. Laird A, Keating JF (2005) Acetabular fractures: A 16-year prospective epidemiological study. *J Bone Joint Surg Br* 87-B:969–973
63. Lane NE (2006) Epidemiology, etiology, and diagnosis of osteoporosis. *Am J Obstet Gynecol* 194:S3–S11
64. Lawrence DA, Menn K, Baumgaertner M, Haims AH (2013) Acetabular Fractures: Anatomic and Clinical Considerations. *Am J Roentgenol* 201:425–436
65. Letournel E (1980) Acetabulum fractures: classification and management. *Clin Orthop* 151:81–106
66. Letournel E, Judet R (1993) *Fractures of the Acetabulum*. Springer, Berlin, Heidelberg
67. Letournel E (1993) The treatment of acetabular fractures through the ilioinguinal approach. *Clin Orthop* 292:62–76
68. Li Y-L, Tang Y-Y (2014) Displaced acetabular fractures in the elderly: results after open reduction and internal fixation. *Injury* 45:1908–1913
69. Liu J, Curtis EM, Cooper C, Harvey NC (2019) State of the art in osteoporosis risk assessment and treatment. *J Endocrinol Invest*
70. Lizaur-Utrilla A, Sanz-Reig J, Serna-Berna R (2012) Cementless acetabular reconstruction after acetabular fracture: A prospective, matched-cohort study. *J Trauma Acute Care Surg* 73:232–238
71. Manson TT, Perdue PW, Pollak AN, O’Toole RV (2013) Embolization of pelvic arterial injury is a risk factor for deep infection after acetabular fracture surgery. *J Orthop Trauma* 27:11–15
72. Matta JM, Anderson LM, Epstein HC, Hendricks P (1986) Fractures of the acetabulum. A retrospective analysis. *Clin Orthop* 230–240
73. Matta JM (1996) Fractures of the acetabulum: accuracy of reduction and clinical results in patients managed operatively within three weeks after the injury. *J Bone Joint Surg Am* 78:1632–1645

74. Matta JM (2006) Operative treatment of acetabular fractures through the ilioinguinal approach: a 10-year perspective. *J Orthop Trauma* 20:S20-29
75. Mauffrey C, Stacey S, York PJ, Ziran BH, Archdeacon MT (2018) Radiographic Evaluation of Acetabular Fractures: Review and Update on Methodology. *J Am Acad Orthop Surg* 26:83-93
76. Mayo KA (1994) Open reduction and internal fixation of fractures of the acetabulum. Results in 163 fractures. *Clin Orthop* 31-37
77. Mears DC (1999) Surgical treatment of acetabular fractures in elderly patients with osteoporotic bone. *J Am Acad Orthop Surg* 7:128-141
78. Mears DC, Velyvis JH (2002) Acute Total Hip Arthroplasty for Selected Displaced Acetabular Fractures: Two to Twelve-Year Results. *J Bone Jt Surg-Am Vol* 84:1-9
79. Mears DC, Velyvis JH, Chang C-P (2003) Displaced acetabular fractures managed operatively: indicators of outcome. *Clin Orthop* 173-186
80. Montgomery KD, Geerts WH, Potter HG, Helfet DL (1996) Thromboembolic complications in patients with pelvic trauma. *Clin Orthop* 68-87
81. Ochs BG, Marintschev I, Hoyer H, Rolauffs B, Culemann U, Pohlemann T, Stuby FM (2010) Changes in the treatment of acetabular fractures over 15 years: Analysis of 1266 cases treated by the German Pelvic Multicentre Study Group (DAO/DGU). *Injury* 41:839-851
82. O'Malley KF, Ross SE (1990) Pulmonary embolism in major trauma patients. *J Trauma* 30:748-750
83. O'Toole RV, Hui E, Chandra A, Nascone JW (2014) How often does open reduction and internal fixation of geriatric acetabular fractures lead to hip arthroplasty? *J Orthop Trauma* 28:148-153
84. Pagenkopf E, Grose A, Partal G, Helfet DL (2006) Acetabular Fractures in the Elderly: Treatment Recommendations. *HSS J* 2:161-171
85. Pashikanti L, Von Ah D (2012) Impact of early mobilization protocol on the medical-surgical inpatient population: an integrated review of literature. *Clin Nurse Spec CNS* 26:87-94
86. Perl M, Hierholzer C, Woltmann A, Thannheimer A, Bühren V (2015) Azetabulumchirurgie. *Orthop Unfallchirurgie Up2date* 10:3-26
87. Piazzolla A, Baglioni M, Solarino G, Vicenti G, Panella A, Moretti B (2018) Acetabular fractures: Is it possible to regain the same patient's related quality of life before trauma? *Injury* 49 Suppl 3:74-76
88. Pohlemann T, Culemann U, Gänsslen A, Tscherne H (1996) Die schwere Beckenverletzung mit pelviner Massenblutung: Ermittlung der Blutungsschwere und klinische Erfahrung mit der Notfallstabilisierung. *Unfallchirurg* 99:734-743
89. Pohlemann T, Tosounidis G, Bircher M, Giannoudis P, Culemann U (2007) The German Multicentre Pelvis Registry: A template for an European Expert Network? *Injury* 38:416-423
90. Pohlemann T, Mörsdorf P, Culemann U, Pizanis A (2012) Behandlungsstrategie bei Azetabulumfraktur. *Trauma Berufskrankh* 14:125-134
91. Pohlemann T (2012) 40 Jahre Unfallchirurgie Homburg- Ein Zwischenbericht. , Homburg (Saar)

92. Ponseti IV (1978) Growth and development of the acetabulum in the normal child. Anatomical, histological, and roentgenographic studies. *J Bone Jt Surg* 60:575–585
93. Potok PS, Hopper KD, Umlauf MJ (1995) Fractures of the acetabulum: imaging, classification, and understanding. *Radiogr Rev Publ Radiol Soc N Am Inc* 15:7–24
94. Rabin R, de Charro F (2001) EQ-SD: a measure of health status from the EuroQol Group. *Ann Med* 337–242
95. Ranawat A, Zelken J, Helfet D, Buly R (2009) Total hip arthroplasty for posttraumatic arthritis after acetabular fracture. *J Arthroplasty* 24:759–767
96. Rickman M, Varghese VD (2017) Contemporary acetabular fracture surgery: treading water or swimming upstream? *Bone Jt J* 99-B:1125–1131
97. Rinne PP, Laitinen MK, Huttunen T, Kannus P, Mattila VM (2017) The incidence and trauma mechanisms of acetabular fractures: A nationwide study in Finland between 1997 and 2014. *Injury* 48:2157–2161
98. Roger FB (2001) Venous thromboembolism in trauma patients: A review. *Surgery* 130:1–12
99. Rommens PM, Hessmann MH (1999) Acetabulum fractures. *Unfallchirurg* 102:591–610
100. Rommens PM (2004) Der Kocher-Langenbeck-Zugang zur Behandlung von Azetabulumfrakturen. *Oper Orthop Traumatol* 16:59–74
101. Romness DW, Lewallen DG (1990) Total hip arthroplasty after fracture of the acetabulum. Long-term results. *J Bone Joint Surg Br* 72:761–764
102. Rouvière H (1940) Anatomie humaine descriptive et topographique. Masson, Paris
103. Ryan SP, Manson TT, Sciadini MF, Nascone JW, LeBrun CT, Castillo RC, Muppavarapu R, Schurko B, O’Toole RV (2017) Functional Outcomes of Elderly Patients With Nonoperatively Treated Acetabular Fractures That Meet Operative Criteria: *J Orthop Trauma* 31:644–649
104. Schäfer J (2009) Morphologisch-klinische Untersuchungen zur Schalenprothese von Derek McMinn. , Köln
105. Scheinfeld MH, Dym AA, Spektor M, Avery LL, Dym RJ, Amanatullah DF (2015) Acetabular Fractures: What Radiologists Should Know and How 3D CT Can Aid Classification. *RadioGraphics* 35:555–577
106. Schnaser E, Scarcella NR, Vallier HA (2014) Acetabular fractures converted to total hip arthroplasties in the elderly: how does function compare to primary total hip arthroplasty? *J Orthop Trauma* 28:694–699
107. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K, Herausgeber (2011) Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem: 182 Tabellen. 3., überarb. und erw. Aufl edition. Thieme, Stuttgart
108. Sermon A, Broos P, Vanderschot P (2008) Total hip replacement for acetabular fractures. *Injury* 39:914–921
109. Slobogean GP, Lefavre KA, Nicolaou S, O’Brien PJ (2009) A systematic review of thromboprophylaxis for pelvic and acetabular fractures. *J Orthop Trauma* 23:379–384

110. Starr AJ, Jones AL, Reinert CM, Borer DS (2001) Preliminary results and complications following limited open reduction and percutaneous screw fixation of displaced fractures of the acetabulum. *Injury* 32:45–50
111. Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2010) Heft 2 Auswirkungen auf Krankenhausbehandlungen und Pflegebedürftige im Bund und in den Ländern.
112. Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011) Heft 1 Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung im Bund und in den Ländern.
113. Statistisches Bundesamt, Herausgeber (2015) Bevölkerung Deutschlands bis 2060. , Wiesbaden
114. Stuby F (2014) Tätigkeitsbericht der AG Becken III. Orthop Unfallchirurgie - Mitteilungen Nachrichten 3:98–99
115. Sullivan MP, Baldwin KD, Donegan DJ, Mehta S, Ahn J (2014) Geriatric Fractures About the Hip: Divergent Patterns in the Proximal Femur, Acetabulum, and Pelvis. *Orthopedics* 37:151–157
116. Suzuki T, Morgan SJ, Smith WR, Stahel PF, Gillani SA, Hak DJ (2010) Postoperative surgical site infection following acetabular fracture fixation. *Injury* 41:396–399
117. Taheriazam A, Saeidinia A (2019) Conversion to total hip arthroplasty in posttraumatic arthritis: short-term clinical outcomes. *Orthop Res Rev Volume* 11:41–46
118. Talec P, Gaujoux S, Samama CM (2016) Early ambulation and prevention of post-operative thrombo-embolic risk. *J Visc Surg* 153:11–14
119. Tannast M, Najibi S, Matta JM (2012) Two to Twenty-Year Survivorship of the Hip in 810 Patients with Operatively Treated Acetabular Fractures. *J Bone Jt Surg-Am Vol* 94:1559–1567
120. Tile M, Helfet DL, Kellam JF, Vrahas M, Herausgeber (2015) Fractures of the pelvis and acetabulum: principles and methods of management. 4. edition. Thieme, Stuttgart
121. Tornetta P (2001) Displaced acetabular fractures: indications for operative and nonoperative management. *J Am Acad Orthop Surg* 9:18–28
122. Tosounidis G, Culemann U, Bauer M, Holstein JH, Garcia P, Kurowski R, Pizanis A, Aghayev E, Pohlemann T (2011) Osteosynthese bei Acetabulumfrakturen im Alter: Ist eine Rekonstruktion sinnvoll? *Unfallchirurg* 114:655–662
123. Tosounidis TH, Giannoudis VP, Kanakaris NK, Giannoudis PV (2018) The Iliioinguinal Approach: State of the Art. *J BJS Essent Surg Tech* 8:e19
124. Tschauner C, Aigner RM, Wirth C-J (2004) Becken, Hüfte: 114 Tabellen. Thieme, Stuttgart
125. Tscherne H, Pohlemann T (1998) Tscherne Unfallchirurgie Becken und Acetabulum. Springer, Berlin
126. Velmahos GC, Kern J, Chan LS, Oder D, Murray JA, Shekelle P (2000) Prevention of venous thromboembolism after injury: an evidence-based report - part I: analysis of risk factors and evaluation of the role of vena cava filters. *J Trauma* 49:132–139
127. Venet C, Berger C, Tardy B, Viallon A, Decousus H, Bertrand JC (2000) Prevention of venous thromboembolism in polytraumatized patients. Epidemiology and importance. *Presse Med* 29:68–75

128. Villanueva V, García AM (2012) Evidence-based prevention of work-related fatalities: a systematic approach. *Arch Prev Riesgos Laborales* 15:63–78
129. Waldt S, Eiber M, Wörtler K (2011) *Messverfahren und Klassifikationen in der muskuloskelettalen Radiologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
130. Waller PF (2002) Challenges in motor vehicle safety. *Annu Rev Public Health* 23:93–113
131. Walley KC, Appleton PT, Rodriguez EK (2017) Comparison of outcomes of operative versus non-operative treatment of acetabular fractures in the elderly and severely comorbid patient. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 27:689–694
132. Weber M, Berry DJ, Harmsen WS (1998) Total hip arthroplasty after operative treatment of an acetabular fracture. *J Bone Joint Surg Am* 80:1295–1305
133. Wirth C-J, Mutschler W, Abdolvahab F, Herausgeber (2009) *Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie: 292 Tabellen*. 2., überarb. und erw. Aufl edition. Thieme, Stuttgart
134. Wolinsky PR, Johnson KD (1995) Delayed catastrophic rupture of the external iliac artery after an acetabular fracture. A case report. *J Bone Joint Surg Am* 77:1241–1244
135. Woolford MH, Bugeja L, Driscoll T, Ibrahim JE (2017) Missed Opportunities to Prevent Workplace Injuries and Fatalities. *New Solut J Environ Occup Health Policy* 27:16–27
136. Yi C, Burns S, Hak DJ (2014) Intraoperative Fluoroscopic Evaluation of Screw Placement During Pelvic and Acetabular Surgery. *J Orthop Trauma* 28:48–56
137. Zha G-C, Sun J-Y, Dong S-J (2013) Predictors of clinical outcomes after surgical treatment of displaced acetabular fractures in the elderly. *J Orthop Res* 31:588–595

## 7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Anatomie des Acetabulums. Aus: Schünke et al.: Prometheus LernAtlas- Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, Thieme Verlag, 2011 [106].	10
Abbildung 2. Das Konzept der Pfeiler. Aus: Letournel, Judet: Fractures of the Acetabulum, Springer Verlag, 1993 [62].	13
Abbildung 3. Darstellung des Hüftbeins mit Lokalisation der Pfeiler. Die vordere Seite des Hüftbeins ist mit a gekennzeichnet, die hintere Seite mit b. Der ventrale Pfeiler entspricht dem vorderen, der dorsale dem hinteren Pfeiler. Aus: Schünke et al.: Prometheus LernAtlas- Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, Thieme Verlag, 2011 [106].	14
Abbildung 4. Frakturklassifikation nach Letournel. Aus: Wirth et al.: Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie, Thieme Verlag, 2009 [132].	15
Abbildung 5. Anteile der Frakturtypen an der Gesamtheit in den Serien von Letournel (n=173) und einer Analyse des deutschen Beckenregisters von Ochs et al. (n=1266, Angaben in Prozent) [57,65,80].	16
Abbildung 6. Anterior-posteriore-Röntgenaufnahme des Acetabulums mit eingezeichneten Kennlinien. Die Linea iliopectinea ist schwarz markiert, die Linea ilioischiada blau. Der vordere Pfannenrand ist grün, der hintere rot hervorgehoben. Das Pfannendach ist durch eine weiße Linie gekennzeichnet, die Tränenfigur nach Köhler violett umfahren.	18
Abbildung 7. Alaaufnahme. Die vordere Wand und der hintere Pfeiler sind farblich hervorgehoben, sie können in dieser Schrägaufnahme besonders gut beurteilt werden.	19
Abbildung 8. Obturatoraufnahme. In dieser Aufnahme sind die Linea iliopectinea und die hintere Wand genauer zu erkennen. Sie sind farblich markiert.	19
Abbildung 9. Klassifikationsalgorithmus nach Pohlemann. Folgende Abkürzungen wurden verwendet: PW hintere Wand, PCol hinterer Pfeiler, AW vordere Wand, VCol vorderer Pfeiler, Transv. Querfraktur, PC+PW hinterer Pfeiler mit Hinterwandfraktur, Tr+PW Querfraktur mit Hinterwand, T T-Fraktur, AC+HT vorderer Pfeiler mit hinterer Hemiquerfraktur, Both C. 2-Pfeiler-Fraktur. Aus: Pohlemann et al.: Behandlungsstrategie bei Acetabulumfraktur, Springer Verlag, 2012 [89].	20
Abbildung 10. Pfannendachwinkel nach Matta. Die Pfannendachwinkel betragen im anterior- posterioren Strahlengang 35°, in der Alaaufnahme 30° und in der Obturatoraufnahme 25°.	21
Abbildung 11. Computertomografische Aufnahme einer Querfraktur. Man beachte den in der Sagittalebene verlaufenden Frakturspalt.	22

Abbildung 12. Computertomografische Aufnahme einer Fraktur des vorderen Pfeilers. Der Frakturspalt verläuft in der Koronarebene.....	23
Abbildung 13. Computertomografische Aufnahme einer Fraktur der hinteren Wand. Das Frakturmuster ist in der Aufnahme diagonal zu erkennen.....	23
Abbildung 14. Acetabulumfraktur mit Impression der Gelenkfläche im Röntgenbild. Gekennzeichnet ist der imprimierte Anteil der Gelenkfläche.....	24
Abbildung 15. Computertomografische Aufnahme der Fraktur aus der obigen Abbildung. Man beachte die deutliche Impression der Gelenkfläche. Sie ist mit einem Pfeil markiert. ....	24
Abbildung 16. Röntgenologische Darstellung von Osteosynthesematerialien nach offener Reposition und Stabilisierung einer Acetabulumfraktur über einen ilioinguinalen Zugang.....	27
Abbildung 17. Röntgenologische Darstellung von Osteosynthesematerialien, welche über einen Kocher-Langenbeck-Zugang am rechten Acetabulum eingebracht wurden.....	27
Abbildung 18. Röntgenaufnahme einer Acetabulumfraktur mit „gull sign“. Die Impression der Gelenkfläche erzeugt eine geschwungene Linie. Diese ist rechts schwarz angedeutet.....	29
Abbildung 19. Röntgenaufnahme einer primär endoprothetisch versorgten Acetabulumfraktur. Die eingebrachten Schrauben stabilisieren nicht nur die Gelenkpfanne, sondern fixieren gleichzeitig auch die frakturierten Anteile des Acetabulums. ....	31
Abbildung 20. Osteosynthetisch versorgte Acetabulumfraktur mit im Verlauf aufgetretener posttraumatischer Coxarthrose. In der Röntgenaufnahme imponieren vor allem die vollständige Aufhebung des Gelenkspalts sowie die dezente osteophytäre Überbauung des Gelenks als klassische radiologische Arthrosezeichen [50,59].....	32
Abbildung 21. Um die Funktionalität des Gelenks wiederherzustellen erfolgte in diesem Fall ein sekundärer Gelenkersatz. Die Röntgenaufnahme verdeutlicht die chirurgisch anspruchsvolle Verankerung der Gelenkpfanne im Hüftbein.....	32
Abbildung 22. Hautschnitt (A) und Darstellung wesentlicher anatomischer Strukturen (B) bei Anwendung des Kocher-Langenbeck-Zugangs. Die blau markierten Anteile des Hüftbeins können direkt eingesehen werden, wohingegen die gelben Flächen zu tasten sind. Aus: Cutrera et al.: Surgical approaches to the acetabulum and modifications in technique, Journal of the American Academy of Orthopedic Surgeons, 2015 [19]. ....	33
Abbildung 23. Hautinzision beim ilioinguinalen Zugang und Darstellung der Fraktur. Aus: Letournel: The treatment of acetabular fractures through the ilioinguinal approach, Clinical Orthopaedics and Related Research, 1993 [66]. ....	35

Abbildung 24. Darstellung der knöchernen Strukturen beim ilioinguinalen Zugang. Aus: Letournel: The treatment of acetabular fractures through the ilioinguinal approach, Clinical Orthopaedics and Related Research, 1993 [66].	35
Abbildung 25. Intraartikuläre Schraube in der Fossa acetabuli. Aus: Herath et al.: Acetabulumfrakturen: Komplikationen und Endoprothetik, Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie, Thieme Verlag, 2014 [44].	39
Abbildung 26. Computertomografische Aufnahme einer intraartikulären Schraube in der Fossa acetabuli. Aufnahme aus der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie in Homburg, Saar.	39
Abbildung 27. Faktoren, welche mit Komplikationen und Outcome assoziiert sind- Grafik nach Giannoudis et al. [33].	41
Abbildung 28. Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland: Ergebnisse der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung (Variante Untergrenze der „mittleren“ Bevölkerung) [111]. Man beachte das Wachstum der Bevölkerungsgruppe über 65 Jahren.	42
Abbildung 29. Altersverteilung von 3793 Patienten mit Acetabulumfrakturen, die im Deutschen Beckenregister von 2002 bis 2017 gelistet sind (n=3793, Alter im Mittel: 58,6 Jahre). Man beachte den Altersgipfel bei 80 Jahren.	47
Abbildung 30. Verteilung der Frakturtypen der Patienten im Beckenregister zwischen 2002 und 2017 (Angaben in Prozent).	49
Abbildung 31. Frakturmuster in den Serien von Letournel und Ochs et al. im Vergleich zu den Ergebnissen der vorliegenden Studie (Angaben in Prozent) [65,80].	55

## 8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Zugangswahl bei verschiedenen Frakturtypen nach Gänsslen et al. [30]. .....	37
Tabelle 2. Charakterisierung von Patienten mit Acetabulumfraktur. Daten aus dem Beckenregister der <i>Arbeitsgemeinschaft Becken</i> der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. ....	48
Tabelle 3. Untergruppencharakterisierung von Patienten mit Acetabulumfraktur, die zum Unfallzeitpunkt 60 Jahre oder älter waren. Daten aus dem Beckenregister der <i>Arbeitsgemeinschaft Becken</i> der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. ....	50
Tabelle 4. Charakterisierung von Patienten mit Acetabulumfraktur. Daten der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes in Homburg (Saar). ....	52
Tabelle 5. Untergruppencharakterisierung von Patienten mit Acetabulumfraktur und einem Alter von mindestens 60 Jahren zum Unfallzeitpunkt. ....	52
Tabelle 6. Nachuntersuchungsdaten von Patienten, die bei Erleiden einer Acetabulumfraktur mindestens 60 Jahre alt waren (n=96). ....	53
Tabelle 7. Frakturmuster der nachuntersuchten Patienten (n=96, Angaben in Prozent). ....	54

## 9 Publikationen/Dank

### 9.1 Publikation

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden wie folgt in einer internationalen Fachzeitschrift veröffentlicht (Vergleiche auch Literaturverzeichnis unter [45]):

Herath SC, Pott H, Rollmann MFR, Braun BJ, Holstein JH, Höch A, Stuby FM, Pohlemann T (2019) Geriatric Acetabular Surgery: Letournel's Contraindications Then and Now- Data From the German Pelvic Registry. J Orthop Trauma Suppl 2:8-13

## 9.2 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denen bedanken, die zur Erstellung dieser Arbeit beigetragen haben:

Meinem Doktorvater, Herrn Professor Dr. med. Tim Pohlemann, möchte ich für das Überlassen des Themas danken.

Herrn Dr. med. Steven Herath danke ich für seine unermüdliche und intensive Betreuung. Seine klare und strukturierte Anleitung hat diese Arbeit maßgeblich beeinflusst.

Frau Martina Schweikert hat als Mitarbeiterin der Beckensprechstunde die Erfassung der Patientendaten für diese Dissertation möglich gemacht. Dafür möchte ich mich herzlich bedanken.

Danken möchte ich ebenfalls den Patienten der Studie, ohne die ein solches Projekt nicht möglich wäre.

Den Mitgliedern der *Arbeitsgemeinschaft Becken* der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie unter der Leitung von Dr. med. Steven Herath danke ich für die Teilnahme an der Studie.

Meiner Familie, meinen Freunden und Katrin möchte ich ganz besonders danken. Ihr habt mich nicht nur während der Erstellung der Arbeit immer wieder unterstützt und mir viel Kraft gegeben, sondern bereichert mein Leben jeden Tag aufs Neue.

## 10 Lebenslauf

Aus datenschutzrechtlichen Gründen wird der Lebenslauf in der elektronischen Fassung der Dissertation nicht veröffentlicht.

Aus datenschutzrechtlichen Gründen wird der Lebenslauf in der elektronischen Fassung der Dissertation nicht veröffentlicht.