

*AUS DER ABTEILUNG  
FÜR UNFALLCHIRURGIE  
PROF. DR. MED. MICHAEL NERLICH  
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG*

*DIEMINIMAL-INVASIVESTABILISIERUNGDESDORSALEN  
BECKENRINGS MIT DEM TRANSILIAKALEN FIXATEUR  
INTERNE (TIFI)*

Inaugural–Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
*der Medizin*

der  
Medizinischen Fakultät  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
*Thomas Windisch*

2009

**MeinerliebenSchwesterClaudia**

*AUS DER ABTEILUNG  
FÜR UNFALLCHIRURGIE  
PROF. DR. MED. MICHAEL NERLICH  
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG*

*DIEMINIMAL-INVASIVESTABILISIERUNGDESDORSALEN  
BECKENRINGS MIT DEM TRANSILIAKALEN FIXATEUR  
INTERNE (TIFI)*

Inaugural–Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
*der Medizin*

der  
Medizinischen Fakultät  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
*Thomas Windisch*

2009

Dekan: Prof.Dr.BernhardWeber

1.Berichterstatter: PDDr.BerndFüchtmeier

2.Berichterstatter: Prof.Dr.PompiliuPiso

TagdermündlichenPrüfung:30.07.2009

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung.....</b>	<b>S.1</b>
1.1 Anatomie und Biomechanik des Beckens.....	S.1
1.1.1 Knöcherne Bestandteile des Beckens.....	S.2
1.1.2 Gelenke, Bandverbindungen und Biomechanik des Beckens.....	S.2
1.1.3 Muskulatur des Beckenrings.....	S.3
1.1.4 Gefäße und Nerven des Beckens.....	S.5
1.2 Klassifikation und radiologische Diagnostik von Beckenfrakturen.....	S.8
1.2.1 Klassifikation von Beckenfrakturen.....	S.8
1.2.1.1 Frakturklassifikation nach Pennal, Sutherland und Tile.....	S.8
1.2.1.1.1 Anterior-posteriore Kompression.....	S.8
1.2.1.1.2 Laterale Kompression.....	S.9
1.2.1.1.3 Vertikale Scherverletzung.....	S.9
1.2.1.2 Klassifikation der AO (Arbeitsgruppe für Osteosynthesefragen).....	S.10
1.2.1.2.1 Typ A-Frakturen.....	S.10
1.2.1.2.2 Typ B-Frakturen.....	S.11
1.2.1.2.3 Typ C-Frakturen.....	S.13
1.2.1.3 Kombinierte Klassifikation.....	S.14
1.2.1.4 Weitere Definitionen.....	S.16
1.2.2 Radiologische Diagnostik.....	S.16
1.2.2.1 Konventionelle Röntgendiagnostik.....	S.17
1.2.2.1.1 Beckenübersichtsaufnahme.....	S.17
1.2.2.1.2 Schrägaufnahmen.....	S.17
1.2.2.2 Erweiterte Röntgendiagnostik.....	S.18
1.3 Klinische Grundlagen.....	S.20
1.3.1 Epidemiologie von Beckenverletzungen.....	S.20
1.3.1.1 Unfallursachen aus der Literatur.....	S.20
1.3.1.2 Häufigkeit von Beckenverletzungen und einzelner Frakturtypen.....	S.20
1.3.1.3 Alters- und Geschlechtsverteilung.....	S.21
1.3.1.4 Letalität von Beckenverletzungen.....	S.22
1.3.2 Klinische Diagnostik.....	S.23
1.3.2.1 Klinische Basisdiagnostik.....	S.24
1.3.2.1.1 Anamnese und Begleitumstände.....	S.24

1.3.2.1.2	Klinische Untersuchung.....	S.24
1.3.2.2	Erweiterte Diagnostik.....	S.31
1.3.3	Therapie von Beckenfrakturen.....	S.31
1.3.3.1	Notfallalgorithmus und Notfallstabilisierung.....	S.32
1.3.3.2	Konservative und operative Therapie von Beckenfrakturen.....	S.36
1.3.3.2.1	Indikationsstellung zur konservativen und operativen Therapie.....	S.37
1.3.3.2.2	Konservative Therapie von Beckenfrakturen.....	S.39
1.3.3.2.3	Operative Therapie von Beckenfrakturen.....	S.40
1.4	Entwicklung eines neuen Osteosyntheseverfahrens zur Stabilisierung des hinteren Beckenrings.....	S.63
1.4.1	Zielsetzung.....	S.63
<b>2.</b>	<b>Material und Methode.....</b>	<b>S.65</b>
2.1	Biomechanische Analyse des transiliakalen Fixateur.....	S.65
2.2	Indikationsstellung und operative Technik für den transiliakalen Fixateur.....	S.66
2.3	Patientenkollektiv und Methodik.....	S.69
2.3.1	Indikationsstellung.....	S.70
2.3.2	Nachuntersuchung des Patientenkollektivs.....	S.70
<b>3.</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>S.77</b>
3.1	Epidemiologische Daten.....	S.77
3.1.1	Geschlechts- und Altersverteilung.....	S.77
3.1.2	Unfallursachen.....	S.77
3.1.3	Verletzungsschwere und Begleitverletzungen.....	S.78
3.1.4	Häufigkeit der Beckenringfrakturen nach Frakturtypen.....	S.79
3.2	Operative Versorgung... ..	S.80
3.3	Postoperative Komplikationen.....	S.81
3.4	Ergebnisse des Pelvic Outcome Score und der sozialen Reintegration.....	S.82
3.4.1	Klinisches Resultat.....	S.82
3.4.2	Radiologisches Resultat.....	S.83
3.4.3	Gesamtergebnis des Pelvic Outcome Score.....	S.84
3.4.4	Ergebnisse der sozialen Reintegration.....	S.85
<b>4.</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>S.87</b>

<b>5.Zusammenfassung.....</b>	<b>S.91</b>
<b>6.Fallbeispiele.....</b>	<b>S.93</b>
<b>7.Anhang.....</b>	<b>S.97</b>
<b>8.Literaturverzeichnis.....</b>	<b>S.100</b>

# 1. Einleitung

Beckenverletzungen sind mit einer Inzidenz von 3 bis 20 auf Hunderttausende relativ seltene Verletzungen [96]. Von allen verunfallten Patienten erleiden nur 3-8 % eine Beckenverletzung [73]. In der Mehrzahl der Fälle überwiegen hierbei leichte Verletzungen, wie einfache vordere Beckenringbrüche ohne Beeinträchtigung der Stabilität des Beckenringes [47,115].

Besondere Bedeutung haben jedoch instabile Beckenverletzungen mit Unterbrechung des Beckenringes, die bei Rasantraumen wie Verkehrsunfällen oder Sturz aus großer Höhe auftreten [43]. Bei diesen schweren Beckenverletzungen, die häufig Teil eines Polytraumas sind, ist die pelvine Massenblutung die primäre Todesursache [82].

Bis Mitte des 19. Jahrhunderts wurde über Verletzungen des Beckens nur kasuistisch berichtet. Der französische Arzt Joseph Francois Malgaigne hat sich dann mit der Beschreibung von zehn Beckenfrakturen und einer pathologisch morphologischen Frakturteilung etabliert. Die Behandlung von Beckenverletzungen war bis in die 1970er Jahre vorwiegend konservativ mit Bettruhe, Beckenschwebe oder Beckengipsverband und entsprechender Immobilisation für 6 Wochen und mehr. Nach vermehrten Berichten über Fehlstellungen und schlechte funktionelle Ergebnisse nach konservativ behandelten Beckenringverletzungen erfolgt seit den 1980er Jahren die Therapie von instabilen Beckenringverletzungen zunehmend operativ mit internen Osteosynthesen oder Fixateur externe. Es zeigte sich, dass die operative Stabilisierung von instabilen Beckenringfrakturen bessere Ergebnisse ergab als die konservative Behandlung [14,42,50,68,70,120,129].

Allerdings stellt die operative Stabilisierung von Instabilitäten des hinteren Beckenrings weiterhin ein Problem dar. Zum einen ist der Beckenring einer Osteosynthese aufgrund komplexer anatomischer Verhältnisse schwer zugänglich, zum anderen sind Patienten mit Verletzungen des Beckenrings häufig polytraumatisiert. Der Zeitpunkt für eine definitive mitunter großen Zugang, eine offene Reposition sowie eine interne Osteosynthese ist daher häufig schwierig zu wählen [48,78,103]. Darüber hinaus können komplexe Weichteilschädigungen die Möglichkeit des Zugangs limitieren.

## 1.1 Anatomie und Biomechanik des Beckens

Das Becken verbindet die bewegliche Wirbelsäule mit den beiden unteren Extremitäten, auf die es das Gewicht des Körpers überträgt. Dementsprechend ist das Becken sehr stabil und in sich kaum beweglich. Das Becken ist auch am Aufbau des Hüftgelenks (Articulatio coxae) beteiligt, welches Becken und untere Extremität verbindet. Zudem dient das Becken der

Befestigung von Teilen der Rumpf- und Oberschenkelmuskulatur, als Ursprungsort der Beckenbodenmuskulatur, sowie der Aufnahme und dem Schutz von Organen, Nerven und Gefäßen.

### 1.1.1 Knöcherne Bestandteile des Beckens

Das knöcherne Becken (pelvis) setzt sich aus drei Teilen zusammen: den beiden Hüftbeinen (os coxae) und dem Kreuzbein (os sacrum), dem sich noch kaudal das Steißbein (os coccygis) anschließt. Das Hüftbein entsteht entwicklungsgeschichtlich aus dem Darmbein (os ilium), dem Sitzbein (os ischii) und dem Schambein (os pubis), die sich im Bereich der Hüftgelenkspfanne (Acetabulum) treffen und beim Erwachsenen fest miteinander verbunden sind. Das Kreuzbein, welches die distale Fortsetzung der Lendenwirbelsäule darstellt, entsteht durch Verschmelzung von 5 Sakralwirbeln mit dem zwischengelagerten Bindegewebe und den rudimentären Rippen. Das lateral des Hüftbeins liegende Acetabulum dient der Kraftübertragung zwischen Becken und Oberschenkel, indem im Acetabulum der Femurkopf artikuliert.

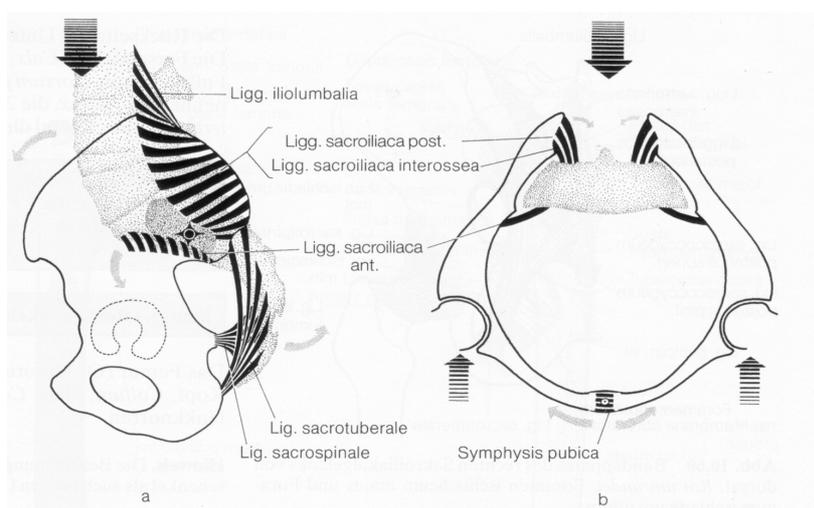
### 1.1.2 Gelenke, Bandverbindungen und Biomechanik des Beckens

Die beiden Schambeine sind ventral durch die Symphysis pubica verbunden. Dorsal verbinden die sakroiliakalen Gelenke in Form von Amphiarthrosen das Os sacrum mit den Darmbeinen. Die Symphyse besteht aus den mit hyalinem Knorpel überzogenen Gelenkflächen der Schambeine, zwischen denen sich der aus Fasern Knorpel bestehende Discus interpubicus befindet. Auf der Oberseite wird die Symphyse durch das Ligamentum pubicum superius stabilisiert, das fest mit dem Discus verwachsen ist. Auf der Vorderseite wird die Symphyse durch mehrere stabilisierende Faserzüge, auf der Unterseite durch das Ligamentum arcuatum pubis verstärkt.

Auf die Symphyse wirken im Stehen und Gehen abwechselnd Zug- und Schubkräfte. Diese sowie die durch einseitige Belastung des Beckens entstehende Scherkräfte werden durch die Symphyse kompensiert. Die geringe Beweglichkeit der sakroiliakalen Amphiarthrose beruht auf der Verzahnung der korrespondierenden Gelenkflächen sowie den extra- und intraartikulär verlaufenden Bändern. Diese, die Gelenkkapsel ergänzenden, äußerst kräftigen Bänder bestehen aus den Ligg. sacroiliaca ventralia, den Ligg. sacroiliaca interossea und den Ligg. sacroiliaca dorsalia. Sie sind für die Übertragung des Körpergewichtes von der Wirbelsäule über den Beckenring auf die Beine von entscheidender Bedeutung. Außerdem

wird das Os sacrum durch das Lig. sacrospinale mit dem Os ilium und durch das ebenso wichtige Lig. sacrotuberale mit dem Os ischiid der entsprechenden Beckenhälfte verbunden

Das Gewicht des Oberkörpers wird von der Wirbelsäule auf die Basis des Kreuzbeins übertragen. Die Wirbelsäule hat also die Tendenz das Kreuzbein aus dem Becken herauszuhebeln. Die Basis des Os sacrum würde dabei in ventro-kaudale Richtung, die Spitze des Sacrum nach dorso-kranial dislozieren (siehe Abb. 1a). Dieser, einer Drehbewegung im Iliosakralgelenk gleichkommenden Bewegung, wirken die Ligg. sacrospinalia et sacrotuberalia entgegen und verhindern somit ein Abkippen des Sakrums. Die sakroiliakalen Bandzüge, insbesondere die Ligg. sacrospinalia interossea et dorsalia, bewirken aufgrund ihres Verlaufes, dass die Hüftbeine zusammengezogen werden und sich dem Druck im Iliosakralgelenk erhöht, wenn der Druck auf die Kreuzbeinbasis zunimmt [105, 117]. Das Os sacrum wird dadurch wie in einer Zange eingeklemmt, deren Scharnier sich in der Symphyse befindet (Abb. 1b). Dabei wirken auf die Symphyse gleichermaßen Kräfte ein, die zu einem Auseinanderweichen der Schambeine führen würden, was aber durch die verstärkenden Bandzüge der Symphyse verhindert wird.



**Abbildung 1a,b:** Absicherung des Beckens gegen die Last des Körpers nach [105, 117]

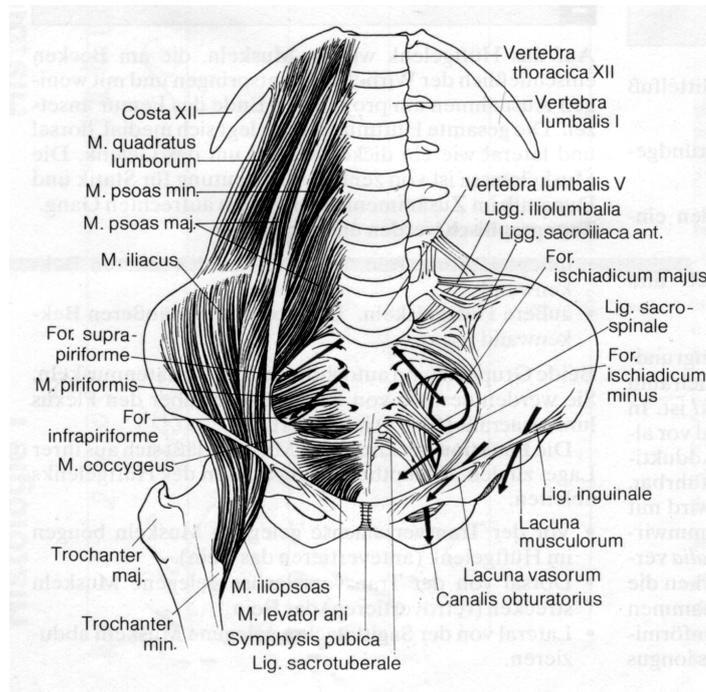
### 1.1.3 Muskulatur des Beckenrings

Das Becken einschließlich der Wirbelsäule dient als Ursprungsort für Muskeln (siehe auch Abb. 2), die bis auf wenige Ausnahmen am Femur inserieren und auf das Hüftgelenk wirken. Diese Muskeln sind von zentraler Bedeutung für Statik und Dynamik im Zusammenhang mit

dem aufrechten Gang. Entsprechend ihrer Funktion und Lokalisation lassen sich am Becken fünf Muskelgruppen unterscheiden:

- **Gesäßmuskeln:** sich fächerförmig aufspreizend ziehen sie von Sakrum und der Darmbeinschaukel zum proximalen, lateralen Femurschaft. Der am oberflächlichsten liegende *Musculus gluteus maximus* wirkt hauptsächlich als starker Extensor am Hüftgelenk, die darunter angeordneten *Musculi gluteus medius et minimus* gehören zur Gruppe der Abduktoren.
- **Außenrotatoren:** Unterhalb der Schicht der Gesäßmuskulatur verlaufen, vom Kreuzbein und Hüftbein entspringend, die kleinen Außenrotatoren, die alle am Trochanter major oder der Fossa trochanterica inserieren. Es sind dies von kranial nachkaudal: *Musculus piriformis*, *gemellus superior*, *obturatorius externus* und *internus*, *gemellus inferior* und der *Musculus quadratus femoris*.
- **Adduktoren:** Mit ihren Ursprüngen umkreisen sie das Foramen obturatum und setzen dorsal, entlang der Linea aspera, am Femur an. Hierbei ordnen sie sich in drei Schichten an. Von der oberflächlichen bis zur tiefen Schicht gliedern sie sich in folgende Muskeln auf: *Musculus pectineus*, *adductor longus*, *gracilis* (ist an der Bildung des Pes anserinus beteiligt), *adductor brevis* und *magnus*.
- **Ventrale Muskeln:** Zur Gruppe der Extensoren zählen vier Muskeln. Der zweibauchige *Musculus ilio-psoas* entspringt einerseits an der Lendenwirbelsäule und andererseits von der Fossa iliaca, gemeinsam setzen sie kurzsehnhnig am Trochanter minor an. Der *Musculus tensor fasciae latae* entspringt von der Spina iliaca anterior superior und setzt mittels des *Tractus iliotibialis* an der Tibia an. Der ebenfalls von der Spina iliaca anterior superior entspringende *Musculus sartorius* zieht unter Mitbeteiligung an der Bildung des Pes anserinus zur medialen Fläche der Tibia. Der vierköpfige *Musculus quadriceps femoris* entspringt mit seinem langen Kopf (*M. rectus femoris*) von der Spina iliaca anterior inferior und vom oberen Rand des Acetabulums, die drei kleinen Köpfe (*M. vastus medialis* und *lateralis*, *M. intermedius*) entspringen von der Linea intertrochanterica und dem Trochanter major. Diese gemeinsame Endsehne überzieht als *Ligamentum patellae* die Kniekehle, um anschließend an der Tuberositas tibiae zu inserieren.
- **Ischiokrurale Muskulatur:** Die aus drei Muskeln bestehende Gruppe der Flexoren zieht anfangs gemeinsam vom Tuber ischiadicum, um sich im Verlauf in einen medialen (*M. semitendinosus* und *M. semimembranosus*) und einen lateralen Anteil (*M. biceps*

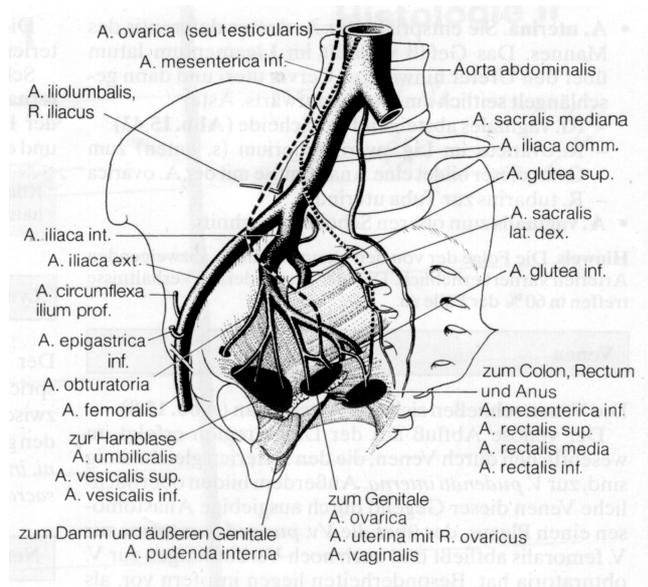
femoris) aufzuteilen. Die medialen Anteile setzen an der Tibia und der lateralen Teil an der Fibula an.



**Abbildung 2:** Anatomie des Beckens mit Bandverbindungen und muskulären Strukturen [105]

### 1.1.4 Gefäße und Nerven des Beckens

Die Aorta abdominalis teilt sich vor dem vierten Lendenwirbelkörper in die Arteriae iliacae communes und setzt sich selbst als Arteria sacralis mediana fort. Die Arteria iliaca communis verzweigt sich jeweils vor der Articulatio sacroiliaca in die Arteria iliaca interna zur Versorgung des Beckengürtels und in die Arteria iliaca externa, die die Versorgung der unteren Extremität (Arteria femoralis) gewährleistet. Analog dazu gestaltet sich der Verlauf der venösen Gefäße. Die Arteria iliaca interna mit Aufzweigung im kleinen Becken bildet sowohl viszerale als auch parietale Äste (Arteriae iliolumbalis, obturatoria, sacralis lateralis, glutealis superior et inferior). Mit der Vena iliaca interna liegt sie neben dem Truncus lumbosacralis an der sakralen Kante der Linea terminalis und ist bei knöchernen Verletzungen ebenso gefährdet. Im Hüftbereich bestehen Anastomosen der Arteria iliaca interna untereinander: Arteria iliolumbalis (hinter dem Musculus psoas zum Os ilium ziehend), Arteria glutealis superior et inferior (zum Foramen supra-piriforme et infrapiriforme) und Arteria obturatoria (durch den Canalis obturatorius).

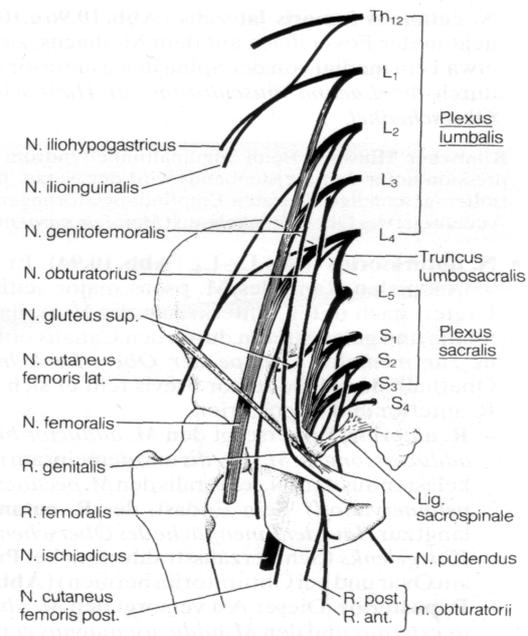


**Abbildung3:** Gefäße und deren Verlauf im Becken [105]

Aufgrund ihres Verlaufes und der Nähe zu knöchernen Strukturen sind die Aa. iliaca externa et interna durch knöcherne Verletzungen, wie sie im Rahmen von Beckenfrakturen vorkommen, gefährdet.

Das Rückenmark reicht beim Erwachsenen bis auf Höhe des zweiten Lendenwirbelkörpers, dort schließt es sich mit dem Conus medullaris ab. Anschließend bilden die nach weiter distal ziehenden Nervenfasern die Cauda equina, die bis S2/S3 reicht und vom Duralsack umhüllt ist. Weiter kaudal ziehen durch den terminalen Wirbelkanal die in Fettgewebe eingebetteten Teile des Plexus sacralis und coccygeus, Fila terminalia und Venen. Die neuronalen Strukturen verlassen über die Foramina sacralia ventralia et dorsalia den Wirbelkanal. Ein Teil der Rami dorsales versorgt als Nervi clunium superiores (L1-L3) und Nervi clunium medii (S1-S3) die Haut der Hüfte und des Gesäßes. Insgesamt setzt sich der Plexus lumbosacralis aus dem Plexus lumbalis (Th12-L4), dem Plexus sacralis (L5-S3), dem Plexus pudendus (S3-S5) und dem Plexus coccygeus (S5-Co1) zusammen (Abb.4). Aus dem Plexus lumbalis gehen direkt Äste zum Muskel quadratus lumborum, psoas major und minor ab, darüber hinaus bilden sich aus ihm die Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis, genitofemoralis, cutaneus femoris lateralis, femoralis und der Nervus obturatorius. Der Plexus sacralis gibt direkt Fasern ab an die Musculi piriformis, obturatorius internus, gemelli und quadratus femoris. Aus ihm bilden sich weiterhin die Nervi gluteus superior et inferior, Nervus cutaneus femoris inferior und der Nervus ischiadicus. Der Plexus pudendus gibt Fasern im kleinen Becken (Nervi rectales medii, vesicales inferiores, vaginales, musculus

levatoris und musculus coccygei) ab, zusätzlich bildet er den Nervus pudendus. Der Plexus coccygeus versorgt den Musculus coccygeus und den Musculus levator ani.



**Abbildung 4:** Plexus lumbosacralis und seine Äste [105]

## 1.2 Klassifikation und radiologische Diagnostik von Beckenfrakturen

Klassifikationen bieten eine Möglichkeit, verschiedene Verletzungen in einer bestimmten Region nach ihrem Schweregrad zu unterscheiden und sollten einen prognostischen Ausblick auf das zu erwartende Heilungsergebnis geben. Mögliche Ansätze zur Klassifikation von Beckenringverletzungen sind die anatomische Lage der Verletzungen, die Richtung der auslösenden Gewalteinwirkung sowie der resultierende Grad der Instabilität. Die radiologische Diagnostik dient dabei als Basis für die Einteilung der Frakturen in die jeweilige Klassifikation, für die Indikationsstellung und Auswahl der Osteosyntheseverfahren.

### 1.2.1 Klassifikation von Beckenfrakturen

Erste Einteilung der Beckenfrakturen stützt sich im wesentlichen auf die Beschreibungen der anatomischen Frakturkonfiguration. So erkannte Joseph-Francois Malgaigne bereits im Jahre 1847 das Becken als Ringstruktur. Er beschrieb 5 Einzelläsionen des Beckenrings und erkannte, dass vordere Beckenringunterbrechungen in Kombination mit hinteren Unterbrechungen des Beckenrings auftreten können.

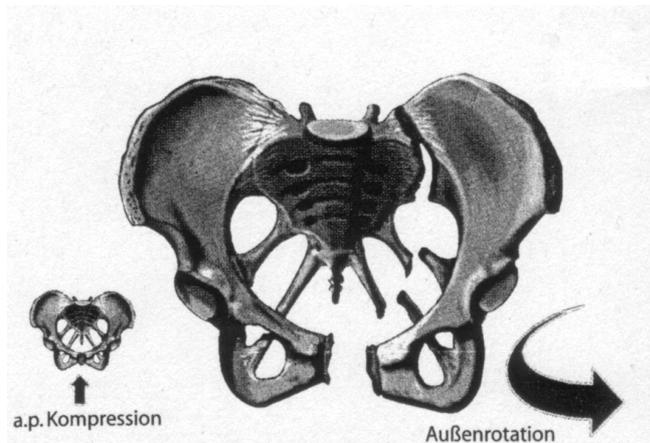
#### 1.2.1.1 Frakturklassifikation nach Pennal, Sutherland und Tile

Im Jahre 1961 kamen sie zu der Auffassung, dass im wesentlichen 3 Kraftvektoren zu den von ihnen beobachteten Frakturtypen führen müssen. Sie unterschieden demnach eine *anterior-posteriore Krafrichtung*, eine *laterale Kompression* und eine *vertikale Scherverletzung*.

##### 1.2.1.1.1 Anterior-posteriore Kompression

Eine von distal über die Oberschenkel auf den Beckenring einwirkende Kraft kann zu einem Zerreißen der Symphyse und einem ventralen Aufklappen des hinteren Beckenrings führen. Dies hat eine horizontale Instabilität bei erhaltener vertikaler Stabilität im hinteren Beckenring zur Folge (Abb. 5), da die dorsalen sakroiliakalen Bandverbindungen erhalten bleiben.

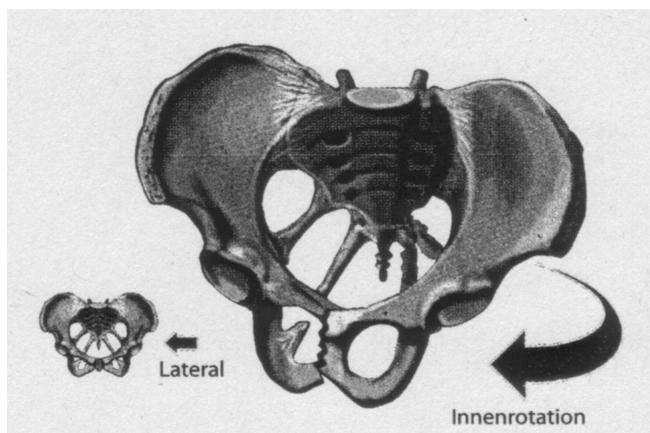
**Abbildung5:** Anteriore-posterioreKompressionnach[116]



#### 1.2.1.1.2 Laterale Kompression

Beide Beckenhälften werden durch eine starke von der Seite einwirkende Kraft komprimiert. Die dadurch im vorderen Beckenring entstehenden Verletzungen verhaken sich häufig ineinander. Im dorsalen Beckenring werden ventral die Seitenwände der Iliosakralfuge komprimiert. Dies führt bei erhaltener Stabilität der dorsalen sakroiliakalen Bänder zu einer horizontalen Instabilität (Abb.6).

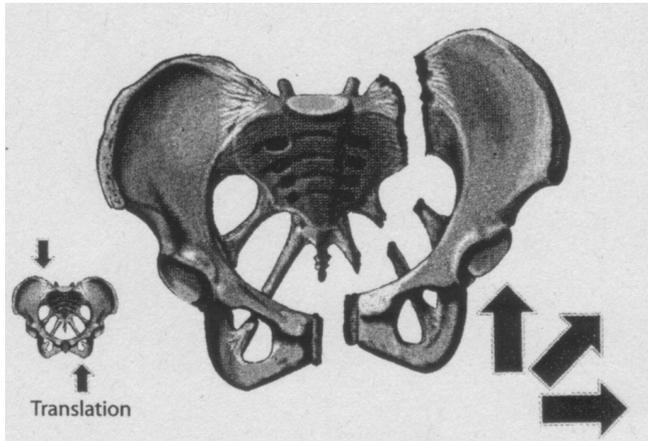
**Abbildung6:** Laterale Kompression nach [116]



#### 1.2.1.1.3 Vertikale Scherverletzung

Aufgrund einer von distal auf die Beckenhälften wirkenden starken Kraft kommt es zu einer kompletten Unterbrechung des hinteren Beckenrings durch Sprengung der Iliosakralfuge oder

Frakturen des Os sacrum und des Os ilium. Dadurch wird der vordere Beckenring mitbetroffen ist, führt dies zu einer horizontalen und vertikalen Instabilität des dorsalen Beckenrings bei nicht mehr erhaltener Stabilität der dorsalen sakroiliakalen Bandverbindungen (Abb. 7).



**Abbildung 7** : Vertikale Scherverletzung nach [116]

### 1.2.1.2 Klassifikation der AO (Arbeitsgruppe für Osteosynthesefragen)

Ein Nachteil der von Pennal und Sutherland vorgestellten Klassifikation war, dass der Aspekt der Instabilität nicht enthalten war. So kann eine einwirkende Kraft mit geringer Energie nur punktuelle Frakturen verursachen. Der gleiche Mechanismus kann aber bei größerer Energieeinwirkung zur kompletten Zerreißung des vorderen und hinteren Beckenrings führen, was zu einem hochgradigen Stabilitätsverlust im Gefüge des Beckens führt.

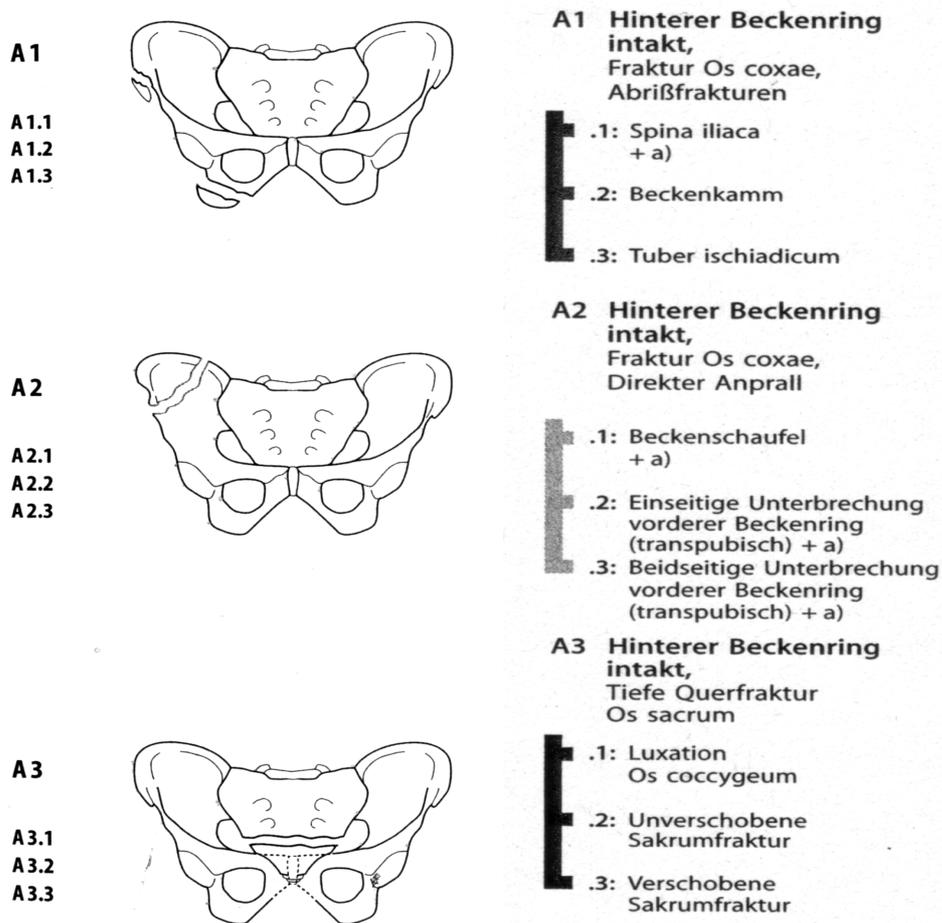
Die Ordnung deshalb den Grad der Instabilität in das Pennal-Sutherland-Klassifikationssystem einzuordnen ist eine Integration in das System der AO-Klassifikation.

Das AO-System unterscheidet demnach folgende Typen von Frakturen:

#### 1.2.1.2.1 Typ A-Frakturen

Bei Beckenfrakturen vom Typ A handelt es sich um stabile Beckenverletzungen, die durch einen intakten hinteren Beckenring und Beckenboden gekennzeichnet sind. Zu den A1-Verletzungen gehören Abrissfrakturen vom Beckenrand (Spina iliaca anterior superior/inferior oder Tuberculum ischiadicum). A2-Frakturen sind charakterisiert durch Frakturen der Beckenschaufeln und Schambeinäste, A3-Frakturen durch Sakrumquerfrakturen. Eine noch genauere Unterteilung der Frakturen erfolgt anhand von Tabellen (siehe Anhang).

Abbildung8: TypA-Verletzungen



### 1.2.1.2.2 Typ B-Frakturen

Kennzeichen von Typ B-Verletzungen ist eine inkomplette Unterbrechung des hinteren Beckenrings, wodurch eine Rotation um eine vertikale oder auch horizontale Achse möglich wird. Die Typ B-Verletzungen sind partiell instabil. Man unterscheidet analog zu den Typ A-Verletzungen B1-, B2- und B3-Verletzungen. B1 sind Außenrotations- oder Open-book-Verletzungen mit Symphysensprengung und Zerreißung der ventralen sakroiliakalen Bandverbindungen bei noch intakten dorsalen Bändern. B2 sind Innenrotationsverletzungen (laterale Kompression) mit Frakturen oder Zerreißungen des vorderen Beckenrings und Überschieben der Fragmente. Am Sakrum liegt eine ventrale Impressionsfraktur vor, während die sakroiliakalen Bänder erhalten bleiben. B3-Verletzungen sind bilaterale Außen- oder Innenrotationsverletzungen.

Abbildung9: TypB-Verletzungen

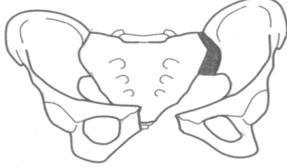
<p><b>B 1</b></p> <p>B 1.1 B 1.2 B 1.3</p>		<p><b>B1 Unvollständige Läsion Hinterer Beckenring, einseitig, Außenrotationsverletzung ("open book")</b></p> <p><b>.1:</b> Anteriore SI-Verletzung + c)</p> <p><b>.2:</b> Sakrumfraktur + c)</p>
<p><b>B 2</b></p> <p>B 2.1 B 2.2 B 2.3</p>		<p><b>B2 Unvollständige Läsion Hinterer Beckenring, einseitig, Innenrotation ("laterale Kompression")</b></p> <p><b>.1:</b> Ventrale Impressionsfraktur Sakrum + b) + c)</p> <p><b>.2:</b> Partielle SI-Luxation oder Luxationsfraktur + b) + c)</p> <p><b>.3:</b> Inkomplette posteriore Iliumfraktur + b) + c)</p>
<p><b>B 3</b></p> <p>B 3.1 B 3.2 B 3.3</p>		<p><b>B3 Unvollständige Läsion Hinterer Beckenring, beidseits</b></p> <p><b>.1:</b> Bilaterale "B1"-Verletzung ("open book") + a) + b) + c)</p> <p><b>.2:</b> "B1" + "B2" + a) + b) + c)</p> <p><b>.3:</b> Bilaterale "B2"-Verletzung ("laterale Kompression") + a) + b) + c)</p>



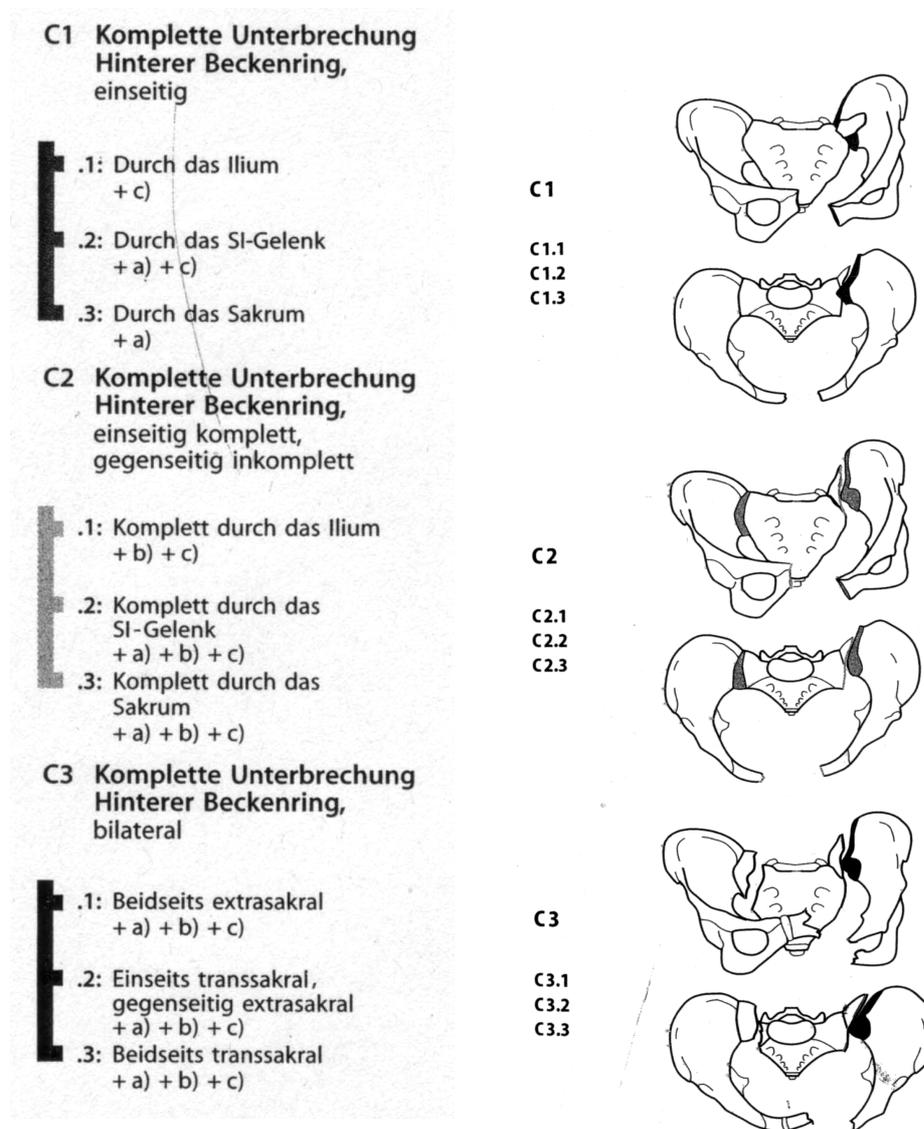
Abbildung10: Röntgenbeispieleineropen-book- Verletzung

AnalogzudenTypA-Verletzungen erfolgteinenochgenauereEinteilung durchTabellen(sieheAnhang).

1.2.1.2.3 Typ C-Frakturen

Verletzungen des Beckenrings vom Typ C sind gekennzeichnet durch eine komplette Unterbrechung des hinteren Beckenrings und Beckenbodens. Dies führt zu einer vertikalen und rotatorischen Instabilität des Beckens. Wie schon bei den Verletzungstypen A und B werden auch die Verletzungen vom Typ C in C1, C2 und C3 unterteilt. Bei C1 Verletzungen ist nur die unilaterale Seite betroffen, während die Gegenseite unbeeinträchtigt bleibt. Bei C2 Verletzungen ist die unilaterale Seite betroffen, die Gegenseite partiell instabil. Bei C3 Verletzungen sind demnach beide Seiten komplett unterbrochen und damit komplett instabil.

Abbildung 11: Typ C Beckenfrakturen



**Abbildung 12** : Typ C-Fraktur mit Symphysenruptur und transforaminäler Sakrumfraktur links

Die jeder Untergruppe zugeordneten spezifischen Auswahlmöglichkeiten {+ a), +b), +c)} ermöglichen eine im Vergleich zu anderen Klassifikationssystemen noch exaktere Verletzungsbeschreibung. Die jeweiligen Qualifikatoren {+a), +b), +c)} sind in der entsprechenden Tabelle aufgeführt (siehe Anhang).

### 1.2.1.3 Kombinierte Klassifikation

Nach Tscherne und Pohlemann erweist sich die komplette alphanumerische Einteilung der Beckenringfrakturen im klinischen Gebrauch als nicht anschaulich und praktikabel genug [126].

Er verwendet deshalb eine kombinierte Einteilung. Dabei erfolgt zunächst die übliche Beurteilung des Stabilitätsgrades in die Verletzungstypen A, B oder C.

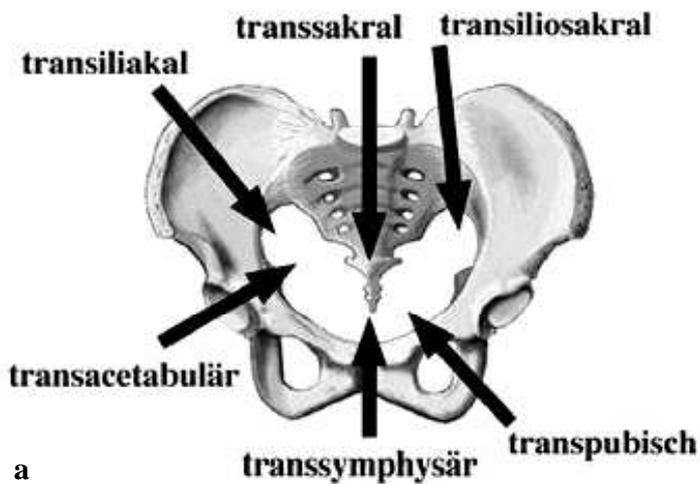
Je nach Frakturtyp lässt sich daraus die Indikation zur operativen Stabilisierung ableiten:

Typ A-Frakturen werden nur in Ausnahmefällen operativ stabilisiert.

Bei Typ B-Frakturen wird nur der vordere Beckenring operativ versorgt, während bei Typ C-Frakturen der vordere und hintere Beckenring operativ stabilisiert wird.

Die weitere Einteilung der Verletzung erfolgt in Anlehnung an Letournel, der den Beckenring in einzelne Sektoren oder Verletzungsregionen unterteilt [64]. Demnach wird der Beckenring in eine transsymphysäre, transpubische, transazetabuläre, transiliakale, transiliosakrale (mit reinen SI-Sprengungen, transiliakalen Luxationsfrakturen oder transsakralen Luxationsfrakturen) (Abb. 13b) und in eine transsakrale Region unterteilt (Abb. 13a).

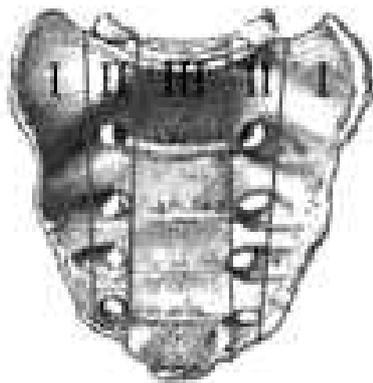
**Abbildung13:** Verletzungsregionen am Beckenring [64,89]



Nach Denis wird die transsakrale Region in 3 weitere Zonen unterteilt (Abb 14). Er unterscheidet:

- Zone I: transalare Frakturen
- Zone II: transforaminale Frakturen
- Zone III: zentrale Frakturen

**Abbildung14:** Einteilung der Sakrumfrakturen nach Denis [24]



Das Frakturhäufigkeit nimmt dabei von lateral nach zentral ab, während das Risiko von begleitenden Nervenschäden deutlich zunimmt [24]. Pohlemann et al. stellt in eigenen Untersuchungen fest, dass das Risiko für neurologische Komplikationen primär vom Instabilitätsgrad des Beckens und erst sekundär von der Lokalisation der Fraktur abhängt [90].

### 1.2.1.4 Weitere Definitionen

Neben der osteoligamentären Verletzung sind die begleitenden Weichteilschäden für die Prognose von Beckenringverletzungen von größter Bedeutung. Deshalb wurden der Nomenklatur der Beckenverletzungen weitere Definitionen hinzugefügt.

Man unterscheidet eine *einfache (unkomplizierte)* Beckenringfraktur von der *komplexen* Beckenringfraktur.

Zu den einfachen oder unkomplizierten Beckenfrakturen werden die osteoligamentären Beckenverletzungen ohne wesentlichen, d.h. die Therapie beeinflussenden, Weichteilschaden gezählt.

Die komplexe Beckenfraktur umfasst die Frakturen, die neben der osteoligamentären Verletzung durch zusätzliche Verletzungen des peripelvinen Weichteilmantels, des Urogenitalsystems, des Darmes, der großen Gefäße oder der großen Nervenbahnen kompliziert sind [11, 89]. Diese Art der Verletzung umfasst zwar nur einen geringen prozentualen Anteil des Krankenguts, hat aber im Vergleich zu den einfachen oder unkomplizierten Beckenfrakturen eine signifikant erhöhte Letalität und Komplikationsrate.

Bei *instabilen Beckenverletzungen mit instabilem Kreislauf* besteht Lebensgefahr aufgrund einer schweren beckenbedingten Blutung. Als Kriterium wird ein primärer, d.h. direkt bei Aufnahme bestimmter Hämoglobingehalt von unter 8g/dl gewählt [83].

Die schwerste der komplexen Beckenverletzungen ist die *traumatische Hemipelvektomie*, die eine weite osteoligamentäre Abtrennung einer oder beider Beckenhälften vom Stammskelett beinhaltet [89]. Der Hautmantel kann geschlossen sein, wesentlich häufiger ist er aber durchtrennt. Die komplette Durchtrennung der grossen neurogenen und vaskulären Strukturen der Beckenetape ist jedoch das wesentlichere Kriterium [93].

### 1.2.2 Radiologische Diagnostik

Basis für die Klassifikation, die Indikationsstellung und die Auswahl der Osteosyntheseverfahren am Beckenring ist die radiologische Diagnostik. Man unterscheidet die radiologische Standarddiagnostik, die zum Erkennen lebensbedrohlicher Zustände immer im Rahmen der primären Notfallevaluation durchgeführt werden sollte und die erweiterte Röntgendiagnostik, die in der Regel zeitversetzt nach Stabilisierung des Allgemeinzustandes des Patienten durchgeführt wird.

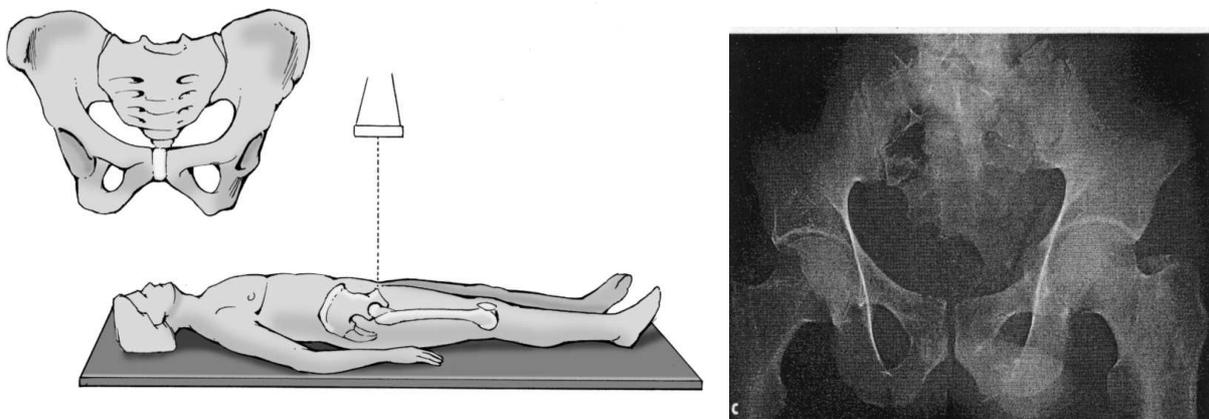
### 1.2.2.1 Konventionelle Röntgendiagnostik

Die konventionelle Röntgendiagnostik umfasst die Beckenübersichtsaufnahme und die Schrägaufnahmen nach Pennal.

#### 1.2.2.1.1 Beckenübersichtsaufnahme

Die Beckenübersichtsaufnahme im a.-p.-Strahlengang (Abb. 15) ist bei allen Beckenverletzten und bei allen Polytraumatisierten durchzuführen [12, 78, 117]. Sie ist als wesentlicher Bestandteil der Primärdiagnostik anzusehen und zu Beginn des Behandlungsalgorithmus zur Behandlung Schwerverletzter anzusetzen.

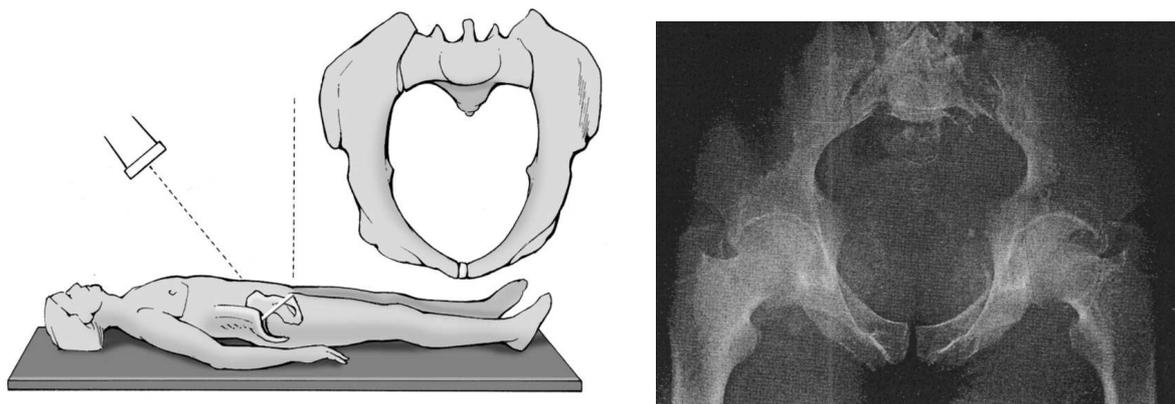
**Abbildung 15:** Beckenübersichtsaufnahme im a.-p.-Strahlengang und dazugehörige Röntgenaufnahmen nach [126]



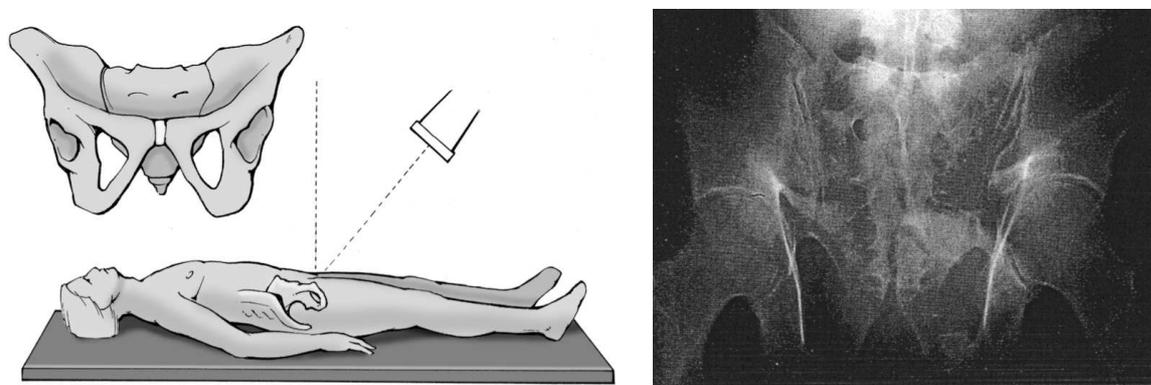
#### 1.2.2.1.2 Schrägaufnahmen

Eine seitliche Röntgenprojektion des Beckenrings liefert aufgrund der Überlagerungen keine verwertbaren Abbildungen. Pennal führte deshalb die sog. *Inlet-* und *Outletprojektionen* des Beckens zur Routinediagnostik von Beckenringfrakturen ein. Diese liefern mit Hilfe der Schrägprojektionen senkrecht zueinander stehende Abbildungsebenen eine verwertbare Abbildungsqualität.

Bei der **Inletprojektion** liegt der Patient auf dem Rücken, der Röntgenstrahl wird senkrecht auf den Beckeneingang gerichtet. Der Einstellwinkel beträgt zwischen  $40^\circ$  und  $60^\circ$  zum Film (Abb. 16). Die Inlet-Aufnahme ermöglicht dabei die genaue Beurteilung der Beckeneingangsebene. Versetzungen des Beckens nach dorsal oder ventral sind auf dieser Aufnahme gut zu beurteilen.

**Abbildung16:** EinstelltechnikundRöntgenaufnahme derInletaufnah menach[126]

Bei der **Outletprojektion** beträgt der Einstellwinkel in Rückenlage zwischen  $30^\circ$  und  $45^\circ$  Grad zum Film. Der Röntgenstrahl wird dabei senkrecht auf die ventrale Kortikalis des Os sacrum gerichtet (Abb. 17). Da in der Outlet-Aufnahme das Sakrum senkrecht zu seiner Ventralfläche getroffen wird, lassen sich Vertikalverschiebungen besonders gut zur Darstellung bringen.

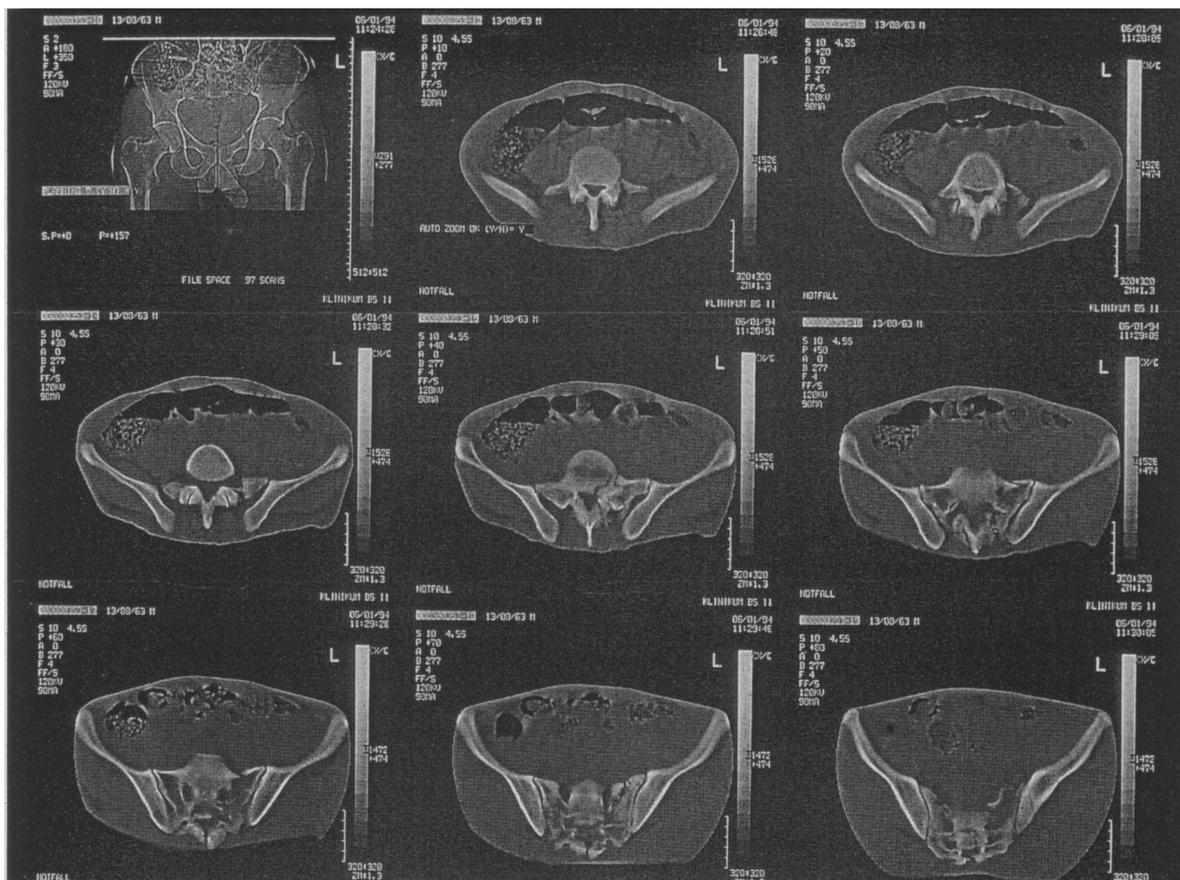
**Abbildung17:** EinstelltechnikundRöntgenaufnahme derOutletprojektion nach[126]

### 1.2.2.2 Erweiterte Röntgendiagnostik

Die Computertomographie (CT) stellt heute zu Tage das Standardverfahren zur Detaildiagnostik von Beckenring und Acetabulum dar. Insbesondere bei Verletzungen des hinteren Beckenrings ist die Information, die zur differenzierten Indikationsstellung und Implantatauswahl notwendig ist, häufig nur durch Interpretation der CT-Schichten zu gewinnen. Durch sekundär rekonstruierte Schnittebenen und dreidimensionale Darstellungen

kanndieräumlicheVorstellbarkeitdesBefundeserheblicherhöhtwerden.Umdie Strahlenbelastungzureduzieren,werdeninderRegelSchichtdickenvon10mmverwendet. LediglichzurDarstellungdesAcetabulumundSI-GelenkeskommenengereSchichtdicken von2mmzumEinsatz.

**Abbildung 18** : Computertomographiedes Beckens.Darstellungdes Ossacrum in mehrerenaxialenSchichten



## 1.3 Klinische Grundlagen

### 1.3.1 Epidemiologie von Beckenverletzungen

Die Inzidenz und der Schweregrad von Verletzungen folgen den Veränderungen der gesellschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen. Als Ausdruck einer schwereren Allgemeinverletzung nimmt die Beckenverletzung ab, tendenziell ab.

#### 1.3.1.1 Unfallursachen aus der Literatur

Ein Vergleich der Daten aus der Literatur ergibt als häufigste Unfallursache die Teilnahme am Strassenverkehr. Gänsslen et al. [37] geben mit einem Anteil von 59,7% als Unfallursache den Strassenverkehr an. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um Kfz-Insassen und Fußgänger. Die zweitgrößte Gruppe mit einem Anteil von ungefähr 25% sind Stürze. Pohlemann et al. kamen in einer medizinisch-technischen Unfallanalyse zu dem Ergebnis, dass es sich bei Verkehrsverletzten um 46% Pkw-Insassen, 31% Fußgänger, 12% Motorradfahrer, 10% Fahrradfahrer und 1% Lkw-Insassen handelte [94].

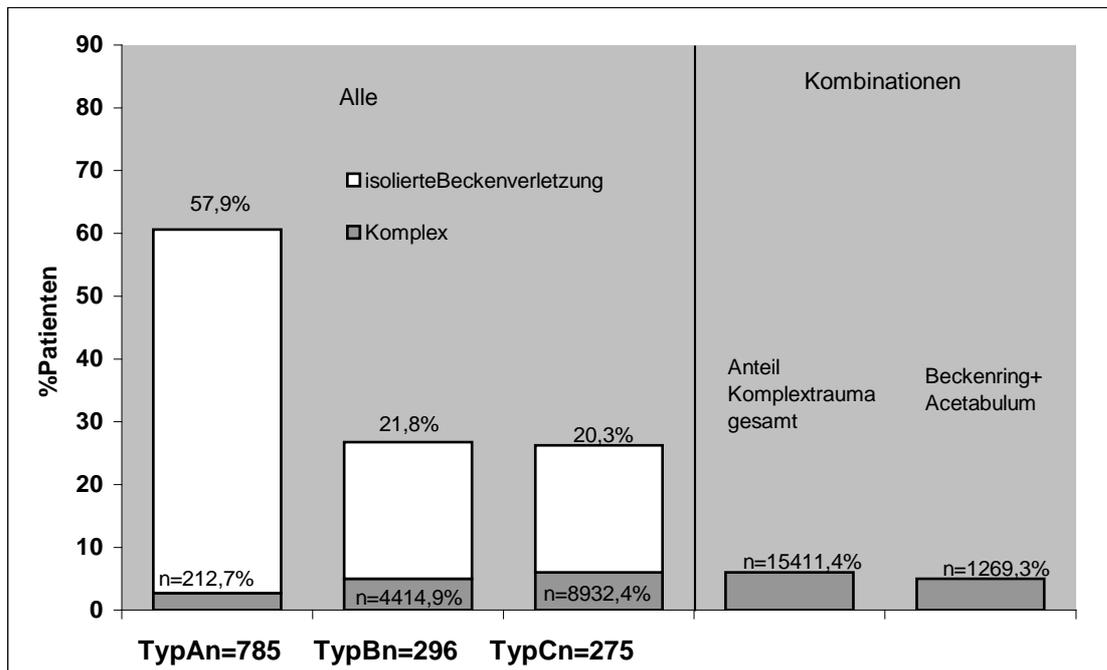
#### 1.3.1.2 Häufigkeit von Beckenverletzungen und einzelner Frakturtypen

Die Häufigkeit der Beckenverletzungen nahm in den letzten 150 Jahren zu. Während im letzten Jahrhundert der Anteil der Beckenverletzten noch unter 1% lag, ist derzeit ein Anteil von 3-8% anzunehmen [22, 126].

Eine der Studien mit den größten Fallzahlen ist die *Multizenter Studie der Arbeitsgruppe Becken der Deutschen Sektion der AO-International und der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU)*.

In dieser Studie trat am häufigsten die Beckenfraktur als stabilere Typ A-Verletzung mit einem Anteil von 57,9% auf, wobei 2,7% komplexe Frakturen waren. Die rotatorisch instabilen Typ B-Verletzungen betragen 21,8% mit einem Anteil von 14,9% Komplextraumata. Der Anteil der translatorisch instabilen Typ C-Verletzungen lag bei 20,3%, wovon 32,4% auf komplexe Typ C-Verletzungen entfielen. Der Anteil der komplexen Beckenfrakturen an allen Beckenverletzungen lag bei 11,4%. Beckenringfrakturen und Acetabulumfrakturen traten kombiniert mit einem Anteil von 9,3% auf (Abb. 19).

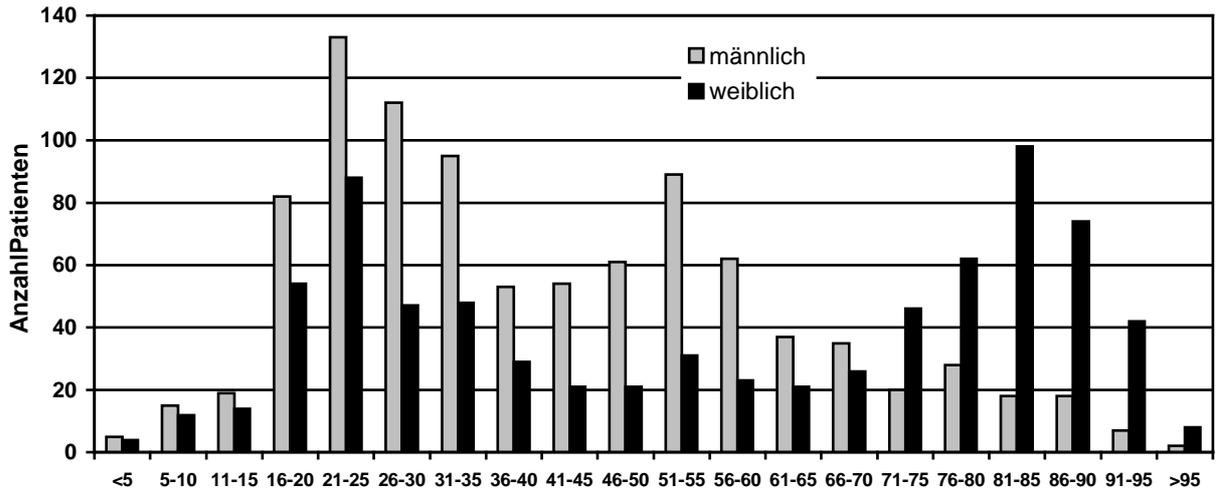
**Abbildung 19:** Klassifikation der Beckenfrakturen. Darstellung der Ergebnisse der multizentrischen Studie der Arbeitsgruppe Beckender DGU und AO nach [95]



Instabile Beckenringverletzungen sind in vielen Fällen Teil einer Mehrfachverletzung oder eines Polytraumas. Gänsslen et al. fanden bei ihren Untersuchungen von 3260 Patienten heraus, dass 61,7% mit zwei zusätzlich betroffenen Körperregionen mehrfach verletzt waren [37]. Ein hoher prozentualer Anteil von 69,4% dieses Patientenkollektivs hatte neben der Beckenverletzung noch zusätzliche Begleitverletzungen von Schädel, Rumpf oder Extremitäten.

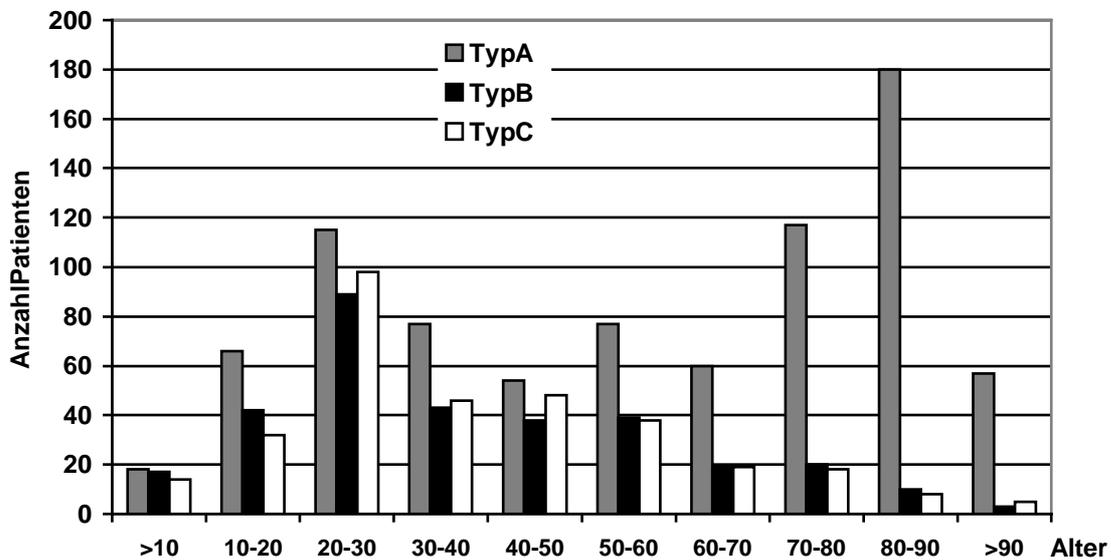
### 1.3.1.3 Alters- und Geschlechtsverteilung

Ein Vergleich der Daten aus der Literatur ergibt, dass die Beckenverletzung - und hier insbesondere die schwere instabile Verletzung - eine Verletzung der aktiven, jungen Bevölkerung ist [22, 37, 95]. Ein deutlicher Häufigkeitsgipfel findet sich im Altersbereich von 16-35 Jahren, wobei das männliche Geschlecht weitaus häufiger betroffen ist. Ein zweiter Häufigkeitsgipfel findet sich im Altersbereich der 76-90-Jährigen, wobei in diesem Bereich das weibliche Geschlecht dominiert (Abb. 20). Bei diesen Fällen handelt es sich im wesentlichen um Scham- und Sitzbeinastfrakturen bei stabilem Beckenring (Abb. 21) [22].



**Abbildung 20:** Alters- und Geschlechtsverteilung von Beckenverletzungen. Ergebnisse der multizentrischen Studie der DGU und AO nach [95]

**Abbildung 21:** Häufigkeit der Beckenringverletzung in Abhängigkeit vom Alter. A-Verletzungen treten in 2 Altersgipfeln auf. Polytraumatisierte Patienten sind in den jüngeren Altersgruppen mitentsprechend einer hohen Inzidenz von Beckenringverletzungen des Typs B und C und des entsprechenden Begleitverletzungen, während im höheren Lebensalter vornehmlich eine Mono- oder traumatische Verletzung des Beckenringes im Sinne einer Typ A-Verletzung auftritt [22]



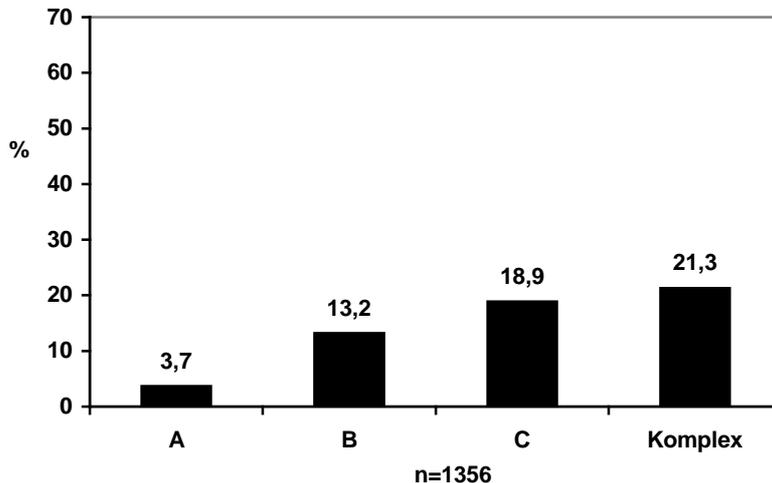
### 1.3.1.4 Letalität von Beckenverletzungen

Nach den Daten der multizentrischen Studie der DGU und AO kann die Gesamtletalität aller Patienten mit Beckenverletzung derzeit mit 7,9% angegeben werden.

Die Letalitätsraten betragen bei den Typ A-Verletzungen 3,7%, bei den rotatorisch instabilen Typ B-Verletzungen 13,2% und bei den translatorisch instabilen Typ C-Verletzungen 18,9% (Abb. 22). Wenn die Beckenfraktur durch begleitende pelvine Zusatzverletzungen im Sinne

eines Komplextraumas kompliziert ist, werden wesentlich höhere Letalitätsraten beobachtet. Nach den Daten der Arbeitsgruppe Becken der DGU und AO beträgt die Letalitätsrate von komplexen Beckenverletzungen derzeit 21,3%.

Abbildung 22: Letalität nach Beckenringverletzungen nach [95]



Bei offenen Beckenverletzungen wird durch die Kontamination mit perinealen Keimen in der Literatur eine Letalität von bis zu 40 % angegeben [61]. Durch ein konsistentes Verletzungsmanagement konnte die Letalität aber auf unter 15% gesenkt werden [23,40,45].

### 1.3.2 Klinische Diagnostik

Das diagnostische Management nach Beckenverletzungen muss sich auf 2 Zielbereiche konzentrieren. Ohne Zeitverzögerung müssen lebensbedrohliche Beckenverletzungen mit mechanischer und hämodynamischer Instabilität erkannt werden. Dabei spielt die exakte Feindiagnostik eine untergeordnete Rolle. Wesentlich ist die Feststellung von Unterbrechungen und Fehlstellungen des Beckens, sowie die Diagnose von pelvinen Blutungen und Organverletzungen. Bei stabilem oder stabilisiertem Allgemeinzustand des Patienten wird dann sekundär die Diagnostik erweitert, um eine möglichst exakte Vorstellung vom Ausmaß der Verletzung zu erhalten und um über das weitere Vorgehen entscheiden zu können.

### 1.3.2.1 Klinische Basisdiagnostik

Die grundsätzliche Frakturerkennung wird mit Hilfe der Basisdiagnostik ermöglicht. Durch die anschließende erweiterte Diagnostik kann der genauere Frakturtyp bestimmt werden. Dabei bestimmt der Allgemeinzustand des Patienten die Anzahl der diagnostischen Möglichkeiten.

#### 1.3.2.1.1 Anamnese und Begleitumstände

Bei Eintreffen des Verletzten in der Klinik sollte zumindest ein grober Überblick über die Unfallanamnese und den Unfallmechanismus erreicht werden, um damit einen groben Anhaltspunkt über das Ausmaß der zu erwartenden Verletzungen zu gewinnen. Bei einem nicht ansprechbaren Patienten kann die Befragung des Rettungspersonals wertvolle Hilfe leisten. Neben der Anamnese sind vor allem der Allgemeinzustand, das Alter und das Geschlecht des Verletzten wichtig.

Der Allgemeinzustand des Patienten ist entscheidend für das weitere diagnostische Vorgehen am Becken, da die Stabilisierung des Allgemeinzustandes hohe Priorität besitzt.

Das Patientenalter beeinflusst die Knochenstruktur und damit auch die Charakteristik der auftretenden Frakturen [95, 126]. Ab dem 40. bis 50. Lebensjahr muß mit einer Verringerung der Knochensubstanz, vor allem der spongiösen Anteile des Knochens, gerechnet werden, so dass schon nach geringeren Energieeinwirkungen mit instabilen Beckenfrakturen gerechnet werden muss. Andererseits deuten dislozierte Beckenfrakturen beim Kind oder Jugendlichen immer auf eine hohe Gewalteinwirkung hin, mit dem erhöhten Risiko einer begleitenden pelvinen Zusatzverletzung.

Beim Geschlecht spielen insbesondere die Lage der Geschlechts- und Ausscheidungsorgane bei instabilen Beckenfrakturen eine Rolle.

Der typische anatomische Verlauf der männlichen Urethra erklärt die besondere Gefährdung im Rahmen von Verletzungen des vorderen Beckenrings.

Vaginalverletzungen im Rahmen einer Beckenfraktur, die definitionsgemäß als offen zu bezeichnen ist [108, 132], sind problematisch, da bei einer offenen Beckenfraktur ein erhöhtes Infektionsrisiko besteht.

#### 1.3.2.1.2 Klinische Untersuchung

Die klinische, manuelle Untersuchung des Beckenverletzten ist eine wesentliche Grundlage in der Diagnostik und Entscheidungsfindung. Sie ermöglicht eine sofortige orientierende Beurteilung des Instabilitätsgrades am Beckenring und damit der Verletzungsschwere [15].

Die Untersuchung beginnt mit der Inspektion des vollständig entkleideten Patienten, grundsätzlich von allen Seiten. Die Inspektion beim Schwerverletzten wird zunächst in Rückenlage durchgeführt. Nach Ausschluß von instabilen Wirbelsäulenverletzungen und erheblichen Beckenringinstabilitäten werden in Seitenlage die dorsalen Partien inspiziert und untersucht.

Sind bei der Inspektion Asymmetrien in der Beckenkontur auffällig, muss immer mit Blutverlusten in lebensbedrohlichem Ausmaß gerechnet werden. Der hochgradige Verdacht auf eine Luxation oder eine Luxationsfraktur des Hüftgelenkes besteht bei Beinverkürzungen mit Rotationsfehlstellungen.

Alle Wunden des Verletzten werden sorgfältig inspiziert und ihre Lage und Größe dokumentiert. Ein allerdings schon präklinisch angelegter Wundverband wird erst unmittelbar vor der Versorgung unter sterilen Kautelen abgenommen [124]. Wird durch den Wundverband keine ausreichende Blutstillung erreicht, muss nach dem Notfallalgorithmus zur Primärbehandlung von Beckenfrakturen vorgegangen werden.

Prellmarken und Schürfwunden werden sorgfältig dokumentiert, ihre genaue Lagebeziehung kann häufig nur primär korrekt erfasst werden [126]. Das Verhalten der Hämatome muss im Verlauf beobachtet werden: Bei schnell zunehmenden Schwellungen im Bereich der Leiste oder über einer Beckenhälfte muss mit einer hochgradig instabilen Beckenverletzung oder der Verletzung eines großen Gefäßes gerechnet werden. Hämatome im Bereich der großen Labien, des Penis und Skrotums können nach Beckenfrakturen erhebliche, teilweise entlastungsbedürftige Ausmaße annehmen.

Die Inspektion aller Körperöffnungen auf Blutaustritte oder Auflagerungen ist ein ebenso wichtiger Bestandteil der klinischen Untersuchung und gibt schon früh Hinweise auf prognostisch schwerwiegende Begleitverletzungen:

9,8-25 % aller Männer mit Beckenfraktur sind von einer Ruptur der prostatico-membranösen Harnröhre betroffen [127]. Die Harnröhre reißt beim erwachsenen Mann dabei im Bereich ihres membranösen Abschnitts ein, der von distal des Apex prostatae bis zur bulbären Harnröhre reicht. Eine Verletzung der Harnblase tritt mit einer Inzidenz von ca. 6-11 % auf [18]. Vor der bei schwerverletzten Patienten standardmäßig durchgeführten transurethralen

Blasenkatheterisierung muß deshalb auf Blutaustritte aus der Urethra geachtet werden. Bei Blutaustritten oder Makrohämaturie liegt der Verdacht auf eine begleitende Verletzung der Harnröhre oder Blase nahe. In diesen Fällen muss vor der Katheterisierung eine weiterführende urologische Darstellung der ableitenden Harnwege erfolgen [113]. Um eine Harnröhren- oder Blasenbeteiligung auszuschließen, wird eine retrograde Urethrozystographie zur Beurteilung der unteren ableitenden Harnwege durchgeführt. Bei regelrechten Verhältnissen im Bereich der unteren Harnwege, aber bestehender Makrohämaturie wird durch ein Ausscheidungsurogramm oder im Rahmen eines CTs eine Darstellung der Nieren durchgeführt, um eine Beteiligung derer auszuschließen. Diese Untersuchung ist auch indiziert, wenn sich aufgrund des Unfallmechanismus oder des Vorhandenseins von Prellmarken der Verdacht auf eine Nierenbeteiligung ergibt. Das Ausscheidungsurogramm dient weiterhin auch der Abklärung eines fraglichen Sonographiebefundes.

Eine genaue Inspektion des Damms lässt perineale Verletzungen und Blutungen aus Rektum und Vagina erkennen. Bei bestehendem Verdachtsmomenten sollte eine rektale bzw. vaginale Untersuchung erfolgen, um Knochenfragmente und innere Wunden tasten zu können, die einen Hinweis auf eine offene Beckenringfraktur geben können.

Durch gezielte Palpation lässt sich die Verletzungsregion, z.B. Symphyse, Scham- und Sitzbeinäste, Beckenkamm, SI-Gelenke, oft schon präzise einschätzen. Symphysendiastasen, die auf eine Außenrotationsverletzung hinweisen, lassen sich insbesondere bei schlanken Patientenguttasten.

Die Palpation und manuelle Prüfung der Beckenstabilität ist die erste Möglichkeit, einen direkten Anhaltspunkt für das Vorliegen einer instabilen Beckenverletzung zu bekommen bzw. eine grobe Instabilität auszuschließen (Abb. 23). Geprüft werden die antero-posteriore und laterale Kompression zur Diagnose einer Außen- bzw. Innenrotationsverletzung [15, 22, 90, 108]. Es lassen sich *4 Grade der Beckenstabilität* bei der klinisch manuellen Prüfung unterscheiden:

Bei *stabilem Beckenring* lässt sich sowohl bei a.p.-Kompression als auch bei lateraler Kompression keinerlei Bewegung auslösen.

*Federnd instabiles Becken*: Bei Instabilität des Typ B, oft bei Innenrotationsverletzungen, lässt sich bei a.-p.-und seitlicher Kompression eine federnde Bewegung innerhalb des

Beckenrings feststellen. Dieser Befund ist besonders bei adipösen Patienten leicht zu übersehen und benötigt Erfahrung in der Interpretation. Die Stabilität des Beckenrings ist nicht wesentlich beeinträchtigt.

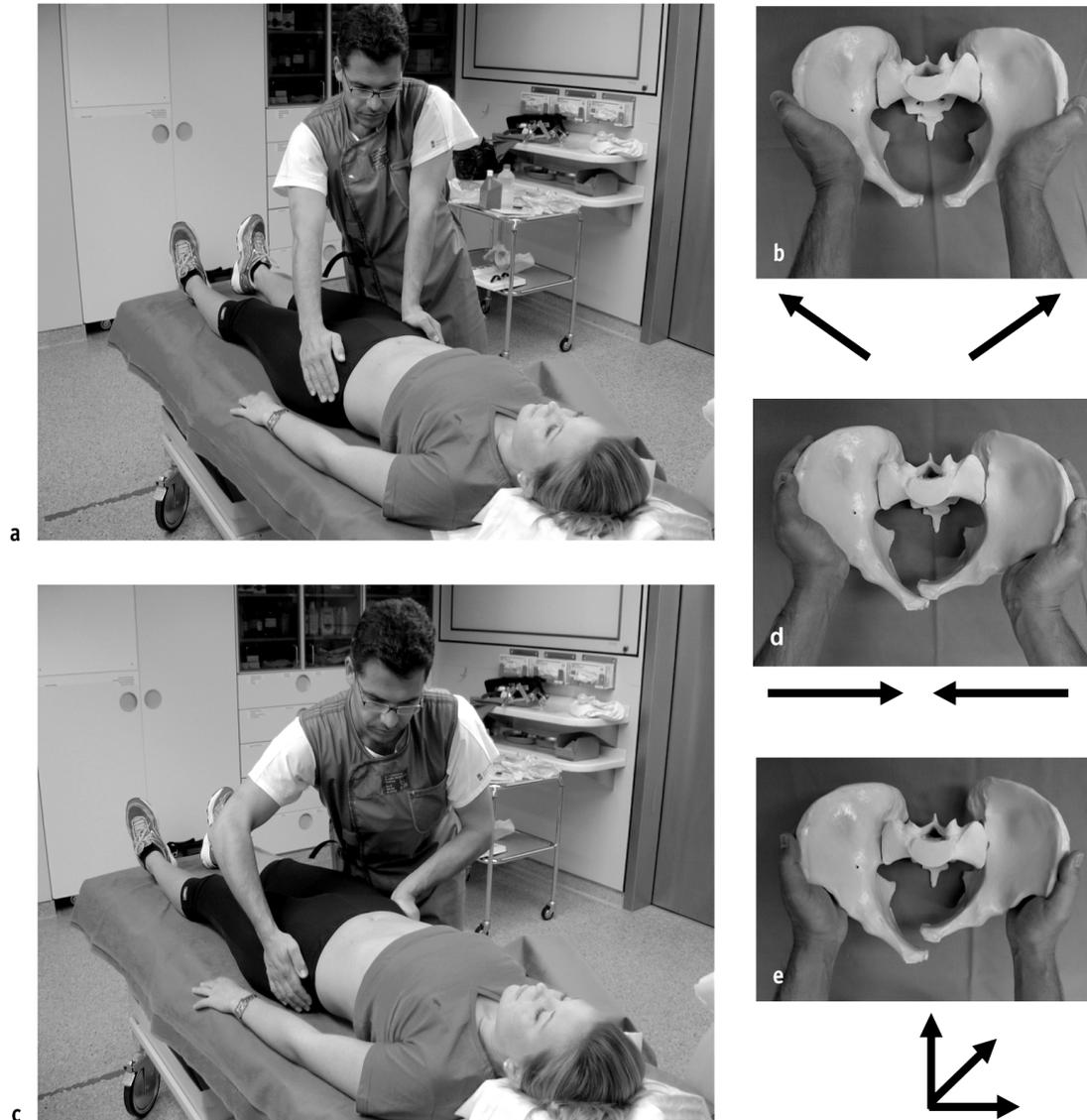
Bei *ausgeprägter Rotationsinstabilität* klappen die Beckenhälften bei antero-posteriorer Kompression auseinander und lassen sich bei seitlicher Kompression wieder schließen bzw. sogar überkomprimieren. Eine Translation wie z.B. eine Verschiebung nach dorsal oder kranial lässt sich aber nicht auslösen.

Bei einer vertikalen Instabilität (*komplette Instabilität*) im Sinne einer Typ C- Verletzung kann bei a.p.- und lateraler Kompression sowie bei Zug- oder Stauchungsbewegungen am Bein eine zum Stammskelett unabhängige Bewegung der Beckenhälfte provoziert werden. Dieser Befund weist immer auf eine potentiell lebensbedrohliche Verletzung hin, weshalb die Untersuchung wegen des Blutungsrisikos nicht wiederholt werden darf.

Bei der Überprüfung des Pulsstatus können das Fehlen von Fußpulsen Ausdruck einer Gefäßläsion, aber auch eines schweren Schockzustandes sein. Ergibt sich auch bei der Palpation in der Knie- und Beckenetape ein fehlender Puls, wird die Untersuchung durch Dopplersonographie, ggf. Angiographie erweitert. Ergibt sich bei der primären Untersuchung der Verdacht auf eine Läsion eines großen Gefäßes in der Beckenetape, wird nach dem Notfallalgorithmus Beckenverfahren.

**Abbildung 23** : Klinische Prüfung der Beckenstabilität aus [15]

- a) a.p. Kompression zur Diagnose einer Außenrotationsverletzung
- b) Seitliche Kompression zur Diagnose einer Innenrotationsverletzung
- c) Vollständig mobile Beckenhälfte bei Translationsverletzung vom Typ C



Die Sonographie ist auch bei Beckenverletzungen die Standardmethode zum Erkennen von freier intraperitonealer Flüssigkeit [75]. Zusätzliche Untersuchungsmöglichkeiten ergeben sich durch den sonographischen Nachweis retroperitonealer Hämatoome und zur Beurteilung der Dynamik ihrer Größenzunahme durch wiederholte Kontrolluntersuchungen.

Eine orientierende Beurteilung beider Nieren kann ebenso in die Diagnostik eingeschlossen werden. Werden intrarenale bzw. perirenale Hämatoome erkannt, muss die urologische Diagnostik entsprechend weitergeführt werden.

Unter den Begleitverletzungen von Beckenfrakturen verdienen Nervenschäden wegen ihrer Häufigkeit und der funktionellen Bedeutung ihrer Folgen besondere Beachtung.

Die Nervenschäden können infolge Druckeinwirkung, seltener infolge Einklemmung durch dislozierte Knochenfragmente entstehen.

Ein beträchtlicher Anteil der Nervenschäden bei instabilen Beckenfrakturen hingegen entsteht durch Überdehnung [109]. In diesen Fällen können Nervenstrukturen auch in einiger Entfernung von der Fraktur geschädigt werden. Gleichzeitig kann es in unterschiedlicher

Höhe zu Zerrungsschädigungen von Anteilen des Plexus lumbosacralis und von Nervenwurzeln kommen. Als Faustregel gilt, dass alle Muskeln und Hautbezirke unterhalb des Knies von den Segmenten L4 bis S2 innerviert werden.

Besondere Beachtung verdienen die Schäden mittlerer und unterer sakraler Nervenwurzeln.

Sie äußern sich in Störungen der Blasen-, Mastdarm- oder Sexualfunktion oder in sensiblen Ausfällen in der Perianal- oder Genitalregion.

In größeren Serien über Sakrumfrakturen liegt die Rate begleitender Nervenschäden bei 21–60% [90]. Die Rate der begleitenden Nervenschäden hängt dabei vom Frakturverlauf ab. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang der Nervenschäden zum Instabilitätsgrad der Beckenverletzung. Stabile Frakturen vom Typ A hatten keine neurologischen Ausfälle, bei Verletzungen vom Typ B liegt die Rate der Nervenschäden in keiner der 3 Frakturzonen des Sakrums (Denis I, II und III) über 10%. Bei den instabilen Verletzungen vom Typ C steigt der Anteil der Nervenschäden von 32,6% Zone I über 42,9% Zone II bis auf 63,6% in Zone III.

Eine orientierende neurologische Untersuchung sollte so früh wie möglich erfolgen [90, 126].

Die mit Beckenverletzungen verbundenen schweren Begleiterscheinungen erfordern oft eine Frühintubation und Intensivbehandlung, und in diesen Fällen kann der vorher erhobene neurologische Befund der einzige Anhaltspunkt für eine schwere neurologische Begleitverletzung sein. Diese orientierende Untersuchung sollte zumindest die motorische Prüfung der Fuß- und Zehenheber (Großzehen!) und -senker und der Kniestrecker sowie eine Sensibilitätsprüfung am Unterschenkel (Vorder- und Innenseite!), Fußrücken (Großzehe) und an der Fußsohle umfassen (Abb. 24). Zusätzlich werden die perianale Sensibilität sowie der Tonus und die aktive Kontraktion des Analsphinkters untersucht. Wenn möglich sollte diese Befund fachneurologisch überprüft werden.

**Abbildung 24:** Ausfälle bei Nervenläsionen unterschiedlicher Lokalisation [126]

Nerv	Muskeln	Reflex	Sensibilität
<b>Wurzeln</b>			
L4	M. quadrizeps Adduktoren	PSR L4-Der	matom
L5	M. gluteus m. M. tibialis M. tibialis Zehenheber Mm. peronae	edius Tibialis- anterior/posterior- posterior Reflex i	L5-Dermatom
S1	M. gluteus m. M. triceps Fußsohlenmu	aximus ASR surae skeln	S1-Dermatom
Plexus lumbalis	M. iliopsoas	Obersche	nkeln (außer Rückseite)
M. quadrizep Adduktoren	s PSR AddR	Unte	rschenkel innenseite
Truncus lumbosacralis	M. tibialis anterior M. tibialis Mm. glutei Zehenheber	Tibialis- posterior/anterior- Reflex	Vorwiegend L5- Dermatom
Plexus sacralis	Alle Beinmuskeln Außer: M. il M. quadrizep Adduktoren	ASR ipsoas, O s,	Gesäß, Damm berschenkel rückseite Unterschenkel (außer Innenseite) Fuß
<b>Nerven</b>			
N. femoralis	M. quadrizeps	PSR	Oberschenke 1 (vorn) Unterschenkel (innen)
N. obturatorius	Adduktoren	AddR	Oberschenkel (innen)
N. ischiadicus	Kniebeuger, alle Untersch und Fußmuskel	ASR enkel- (a n Fuß	Unterschenk el ußer Innenseite) ß

Beim bewusstseinsgetrübten Patienten ist die Erfassung von Nervenschäden schwierig. Hinweise auf das Vorliegen von peripheren Nervenschäden ergeben bei Bewusstlosen das Fehlen von Spontanbewegungen, fehlende oder abgeschwächte Abwehrreaktion auf Schmerzreize, Abschwächung/Fehlen von Muskeldehnungsreflexen und vegetative Funktionsstörungen (Anhidrosis, Vasomotorenlähmung mit Überwärmung und rötlich-livider Verfärbung der Haut).

Im Anschluß an die Untersuchungen erfolgt als Standardröntgendiagnostik eine Beckenübersichtsaufnahme im a.-p.-Strahlengang, wie bereits in Kapitel 3 dargestellt.

Dabei ist auf Unterbrechung der Linie der sakralen Foramina (Linea arcuatae), des freien Sakrumrandes, knöcherne Bandausrisse (Ligg. sacrospinale et sacrotuberale), Querfortsatzfrakturen des 5. Lendenwirbelkörpers sowie auf „Verbreiterungen“ des Hemisakrums zu achten [22,90].

Aufgrund der Beckenübersichtsaufnahme kann bereits in 88–94 % die Diagnose einer Sakrumfraktur gestellt werden. Allerdings lassen sich mit dieser Aufnahme keine detaillierten Angaben über eine Verschiebung der Fragmente in a.-p.- oder kraniokaudaler Richtung machen. Wird auf der Übersichtsaufnahme eine Sakrumfraktur erkannt oder bestehen Unklarheiten über den Frakturverlauf werden ergänzend die Schrägaufnahmen des Beckens nach Judet angefertigt.

### **1.3.2.2 Erweiterte Diagnostik**

Die erweiterte Diagnostik bei Beckenringfrakturen beinhaltet die verschiedenen Anwendungen der Computertomographie inklusive dreidimensionaler Rekonstruktionen.

Diese dienen insbesondere zur eindeutigen Beurteilung des dorsalen Beckenrings und zur Identifikation bzw. Lokalisation evtl. vorhandener Fragmente. Dreidimensionale Rekonstruktionen lassen räumliche Beziehungen von Frakturen und Fragmenten sichtbar werden und sind für die Repositions- und Osteosyntheseplanung hilfreich [22].

Die Computertomographie stellt heutzutage das Standardverfahren zur Detaildiagnostik von Sakrumfrakturen dar. In einer retrospektiven Studie von Berg [9] ließen sich 66 % aller Beckenfrakturen im a.-p.-Röntgenbild erkennen, während diese Rate bei CT-Diagnostik mit axialen 10mm-Schnitten bei 86 % lag. Auch die Inlet-/Outlet-Aufnahmen erreichten nur eine Trefferquote von 56%.

Eine 3D-Rekonstruktion und insbesondere die multiplanare Rekonstruktion bringen einen deutlichen Informationsgewinn und erleichtern die Vorstellung über das Verletzungsausmaß [31]. Durch eine spezielle Software ist anschließend die gleichzeitige Betrachtung von Knochen und Gefäßverlauf, ggf. auch in einem Bild möglich.

### **1.3.3 Therapie von Beckenfrakturen**

Die Therapie von Frakturen des Beckenrings sollte als Ergebnis aus der Einschätzung der Verletzungsschwere, durchgeführter Diagnostik und entsprechender Klassifikation angesehen werden. Das wesentliche Behandlungsziel stellt die Wiederherstellung der

Beckenringstabilität als Voraussetzung für eine funktionelle Nachbehandlung des Patienten dar[20,118,126].

Neben der Einschätzung der knöchernen Stabilität des Beckenringes ist insbesondere in der initialen Behandlungsphase die Unterscheidung in eine Beckenringfraktur mit und ohne lebensbedrohender Blutung für den Patienten überlebenswichtig. In ca. 3% aller Beckenringfrakturen treten signifikante Blutungen mit konsekutiver hämodynamischer Instabilität des Patienten auf[83,95,130,133]. Insbesondere komplexe Beckenfrakturen mit ausgedehnten Weichteilverletzungen können dabei zu erheblichen Blutungskomplikationen bei den häufig polytraumatisierten Patienten führen[11]. Auf der Prioritätenliste steht deshalb eine rasche und suffiziente Therapie der Blutungsursache ganz weit oben und findet im Behandlungsalgorithmus für Beckentrauma seinen Ausdruck.

### **1.3.3.1 Notfallalgorithmus und Notfallstabilisierung**

Bei Patienten mit Beckenringfrakturen und beckenbedingter Massenblutung sowie einem Klinkaufnahme-Hämoglobingehalt von  $<8\text{g/dl}$  wird nach kurzer Ziel- und frageorientierter Diagnostik eine Erstversorgung nach dem Beckentraumaalgorithmus durchgeführt[22,78,126].

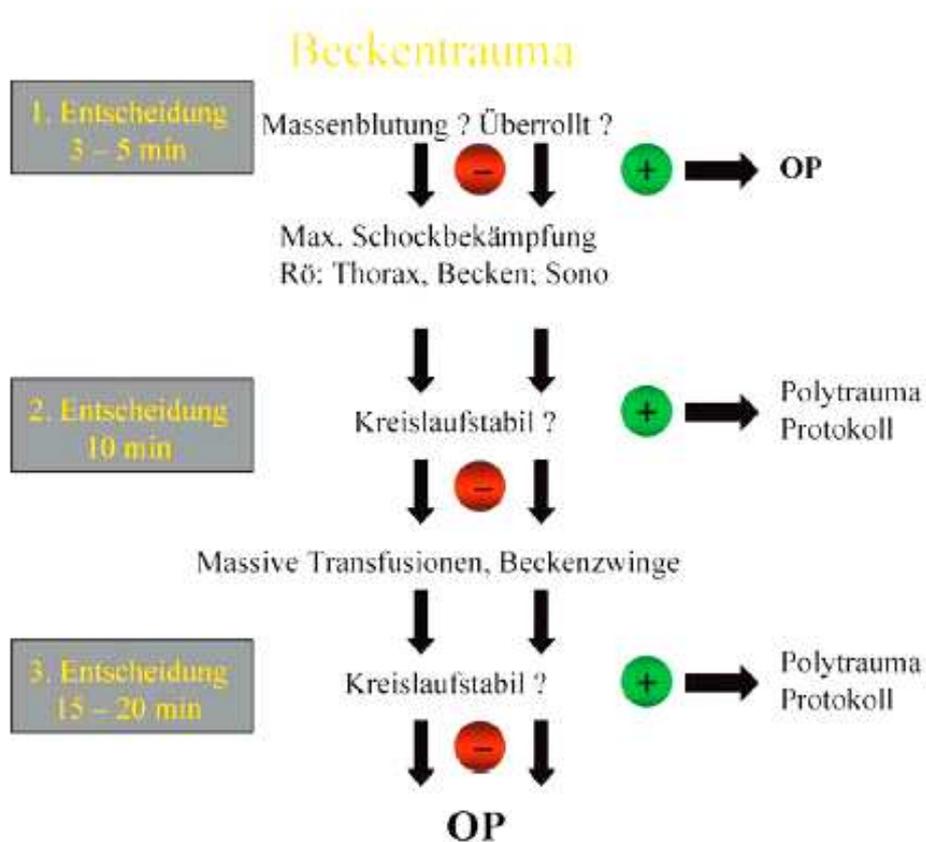
Der *Notfallalgorithmus* basiert auf 3 Entscheidungen innerhalb der ersten 30 min nach Einlieferung (Abb.25).

Die erste Entscheidung fällt direkt nach Einlieferung. Liegt eine externe pelvine Massenblutung vor, wie z.B. bei traumatischer Hemipelvektomie oder nach schwerem Überrolltrauma im Sinne einer „Crushverletzung“, wird der Patient unverzüglich unter forciertem Blutsubstitution zur operativen Blutstillung in den Operationssaal gebracht. In allen anderen Situationen werden die therapeutischen und diagnostischen Maßnahmen entsprechend des Polytraumaalgorithmus durchgeführt. Die eingeleitete Schocktherapie wird ergänzt durch die Basisdiagnostik (klinischer Check, a.-p.-Röntgen des Thorax, Ultraschalluntersuchung des Abdomens und der Beckenübersichtsaufnahme), um eine Blutungsquelle auf den Beckenbereich zu fokussieren.

Ist damit bis etwa 10–15 min nach der Einlieferung der Kreislauf stabilisierbar, wird die Diagnostik erweitert. Der Zeitpunkt eventueller operativer Interventionen am Beckenring orientiert sich dann am allgemeinen Behandlungskonzept. Bei weiter bestehendem instabilen Kreislauf wird die Massivtransfusion von notfalls ungekreuztem Blut eingeleitet, der

Beckenring durch Zug und manuelle Kompression reponiert und eine Notfallstabilisierung des Beckenringsschon im Schockraum durchgeführt.

**Abbildung 25** : Behandlungsalgorithmus bei Beckenfraktur mit beckenbedingter Kreislaufinstabilität. Die Entscheidung zur notfallmäßigen operativen Stabilisierung sollte innerhalb eines Zeitfensters von 30 min getroffen sein. Der zentrale Entscheidungsparameter ist die Kreislaufsituation; bei suffizienter Wiederherstellung der Kreislaufstabilität kann die operative Versorgung auch früh sekundär erfolgen [22]



Ist damit der Kreislauf 20–30 min nach Einlieferung stabilisierbar, wird nach dem allgemeinen Polytraumaprotokoll weiterverfahren. Bleibt der Kreislauf bedingt durch die Beckenblutung instabil oder ist er nur unter Massivtransfusionen stabil zu halten, wird die operative Blutstillung eingeleitet und der Patient unverzüglich in den Operationssaal gebracht. Zur Notfallstabilisierung des Beckens bei Patienten mit beckenbedingter Kreislaufinstabilität stehen neben der chirurgischen Blutstillung durch Tamponade äußere Verfahren wie der Fixateur externe und die Beckenzwinge zur Verfügung.

Die Frage, ob der ventrale Fixateur externe (supraazetabulär) oder die Beckenzwinge (Abb. 26) anzuwenden ist, wird weiter kontrovers diskutiert [108]. Bei instabilen

Beckenverletzungen des Typ C nach Tile ist die Beckenzwinge dem Fixateur externe vorzuziehen, wie biomechanische Untersuchungen nachweisen [92]. Bei instabilen Beckenverletzungen des Typ B konnten keinen nennenswerten Unterschied zwischen Fixateur externe und Beckenzwinge gezeigt werden.

Bei dorsalen Instabilitäten ist durch einen Fixateur externe nicht immer eine zuverlässige Stabilisierung möglich. Siegmeth [109] postuliert, dass ein Fixateur externe bei Instabilitäten des vorderen Beckenrings ausreicht, dass jedoch eine Verletzung des hinteren Beckenrings auch notfallmäßige zusätzliche Kompression erfordert.

Ebenso liegen bisher keine Untersuchungen zu der Frage vor, welche Methode der Notfallstabilisierung den besten Einfluss auf die Blutstillung hat.

Die Notfallstabilisierung mit dem Fixateur externe ist die am weitesten verbreitete klinische Maßnahme, um operative eine Notfallstabilisierung zu erreichen [8, 12, 13, 17, 99, 122, 128]. Vorteile des Fixateurs sind die relativ einfache Handhabung und die Verfügbarkeit in allen traumatologischen und chirurgischen Kliniken.

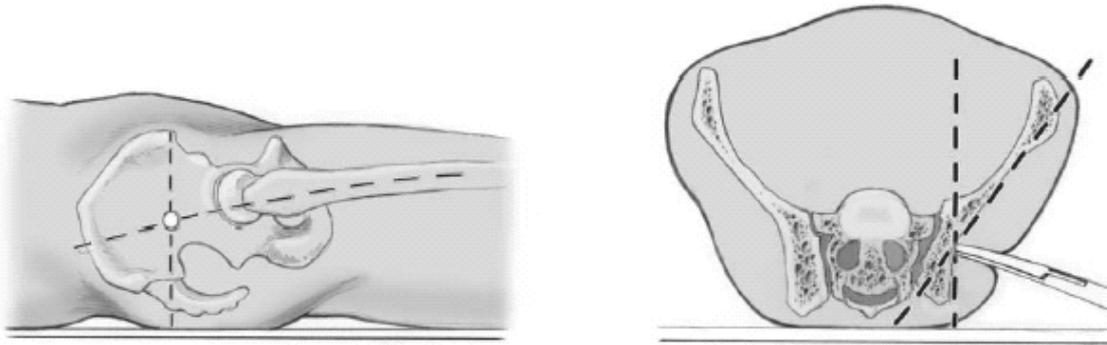
Ein wesentlicher Nachteil besteht in der mangelhaften biomechanischen Stabilität verschiedener Montagen. Für die rotationsinstabilen open-book-Verletzungen (Typ-B-Verletzungen) wurden zwar ausreichende Haltekräfte gemessen, trotz aller Fixateurmodifikationen ließ sich die Belastungsgrenze für die vertikal instabilen Typ-C-Verletzungen jedoch nicht ausreichend erhöhen. Durch komplexere Fixateurkonstruktionen ließen sich zwar bessere Haltekräfte erzielen [28], doch nur durch kombinierte anteriore und posteriore Stabilisierungen konnte eine angemessene Stabilität erreicht werden [92, 98, 118]. In der Notfallsituation kommen aber aus Zeitgründen nur sehr einfache Fixateurkonstruktionen zum Einsatz.

Außerdem ist die Zugänglichkeit zum Patienten durch nahezu alle Montageformen behindert.

Die Beckenzwinge wurde lange Zeit sporadisch angewandt, bevor sie von Ganz et al. 1989 modifiziert wurde [38]. Die Beckenzwinge findet zur Zeit Anwendung in der Notfallstabilisierung von Patienten mit Beckenfrakturen und Verletzungsbedingter Kreislaufinstabilität [16, 29, 106, 135]. Das Prinzip der Beckenzwinge besteht darin, dass durch eine unmittelbare Reposition der Beckenfraktur im Sinne eines Schließens des Beckenrings sich das intrapelvine Volumen verringert, wodurch die Blutung verringert werden kann. Die Blutungen resultieren überwiegend aus dem präsakralen Venenplexus.

Die Blutstillung selbst sollte daher chirurgisch vorgenommen werden, in erster Linie durch eine Austamponierung des kleinen Beckens [12, 29, 83].

**Abbildung 26** : Schematische Darstellung des richtigen Ansatzpunktes für die Pins der Beckenzwinge. Die Hautinzision erfolgt im Schnittpunkt einer senkrechten Linie durch die Spina iliaca anterior superior und einer horizontalen Linie durch den Trochanter major in proximaler Verlängerung vom Femurschaft. Am Os ilium wird der Umschlagspunkt zwischen der schrägen und der senkrechten Ebene des Os ileumertastet (aus [34])



Indikationen für die Anwendung der Beckenzwinge [34] sind die Notfallstabilisierung von Iliosakralfugensprengungen und Sakrumfrakturen im Rahmen von Typ C- Verletzungen und instabile Typ B- und Typ C- Verletzungen des Beckenrings mit begleitender Kreislaufinstabilität [82,83,84].

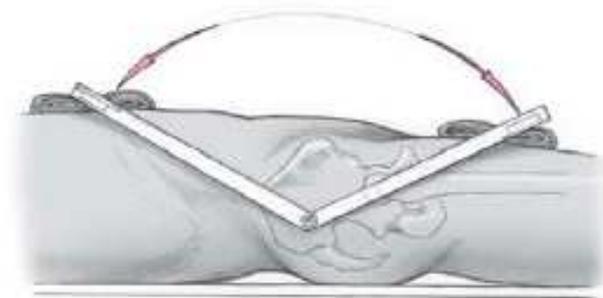
Kontraindikationen für ihre Anwendung sind stabile Typ A- Frakturen des Beckenrings, Längsfrakturen des Os ileum, transiliakale Luxationsfrakturen und instabile Typ B- und Typ C- Frakturen ohne begleitende Kreislaufinstabilität.

Vorteile der Anwendung der Beckenzwinge sind die direkte mechanische Kompression des hinteren Beckenrings, die Verringerung des intrapelvinen Volumens zur Verringerung der Blutungen aus dem venösen Plexus und ihr sofortiger Einsatz in der Notaufnahme über Stichinzisionen. Die Zugänglichkeit zum Patienten wird nicht behindert, da die Zwingen herumgeschwenkt werden kann (Abb. 27). Weder die Diagnostik der unteren Extremitäten noch eine Laparotomie wird dadurch behindert. Zudem ist die Anfertigung eines CTs mit der Zwingen möglich.

Es existieren allerdings auch Nachteile bei der Anwendung der Beckenzwinge, da ihr Einsatz fundiertere anatomische Kenntnisse bedarf. Komplikationsmöglichkeiten sind eine Perforation des Os ilium mit der Gefahr von Organverletzungen bei zu ventraler Anlage und die Gefahr von Nervenschäden bei zu starker Kompression.



**Abbildung 27:** Röntgenkontrolle nach Anlage der Beckenzwinge. Keine Behinderung der Zugänglichkeit zum PatientendurchHerumschwenkenderZwinge[34].



Die eben erwähnten Maßnahmen führen in der Regel zu einer suffizienten Blutstillung und damit Kreislaufstabilisierung. Nur 3–5% der kreislaufinstabilen Patienten mit Beckenverletzung bedürfen einer Embolisation bzw. profitieren davon [1,8,30].

Es sind jedoch nur arterielle Blutungen embolisierbar, und deren Anteil als Blutungsursache bei schweren Beckenverletzungen wird auf lediglich 10–20% der Fälle geschätzt [11,83,86].

Die übrigen 80% der Blutungen sind venösen Ursprungs. Die begleitende Versorgung des Patienten oder auch Parallelversorgung während der Embolisation ist eingeschränkt.

### 1.3.3.2 Konservative und operative Therapie von Beckenfrakturen

Die Therapie von Beckenverletzungen, insbesondere der instabilen Beckenringverletzungen, erfordert eine differenzierte Indikationsstellung, um nachteilige Sekundärfolgen für den Patienten zuverlässig zu verhindern. Während noch bis in die 70er Jahre auch nach instabilen Frakturen die konservative Therapie die Standardbehandlung war, wurde in der Zwischenzeit die Indikation zu operativen Stabilisierungen wesentlich erweitert.

### 1.3.3.2.1 Indikationsstellung zur konservativen und operativen Therapie

Die Indikationsstellung zur konservativen oder operativen Therapie orientiert sich generell an der verbliebenen Stabilität im Beckenring [126].

Prinzipiell werden stabile Verletzungstypen konservativ behandelt, während bei instabilen Verletzungen eine operative Stabilisierung empfohlen wird. Die konservative Therapie instabiler Frakturen weist aufgrund der schwierigen Reposition und unsicheren Retention sowie den erforderlichen langen Immobilisationszeiten eine erhebliche Komplikationsrate auf.

Im Wesentlichen können 3 Entscheidungen zur konservativen Therapie führen.

Beim stabilen Frakturtyp liegt eine *frakturbedingte Indikation* zur konservativen Therapie vor. Hauptsächlich handelt es sich dabei um die Frakturen vom Typ A, wie unverschobene oder minimal dislozierte vordere Beckenringbrüche, Beckenrandbrüche oder Abrissfrakturen. Stark verschobene Fragmente oder Frakturschmerzen, die eine Mobilisation längerfristig behindern, sollten eher operativ versorgt werden.

*Grenzindikationen* zur konservativen Therapie liegen bei rotationsinstabilen Verletzungen vom Typ B im Sinne einer Innenrotationsverletzung (B2) vor. Bei stabiler Einsteuchung der Fragmente kann funktionell behandelt werden [118]. Ausnahmen bestehen auch hier bei starken Schmerzen des Patienten, die eine längerfristige Mobilisation behindern würden.

Besteht als dorsale Komponente der Verletzung eine nicht oder nur minimal verschobene transforaminale oder zentrale Sakrumfraktur, dann ist der Beckenring potentiell instabil. Bei der Entscheidung zur konservativen Therapie wird nach der Mobilisation kurzfristig eine Röntgenkontrolle durchgeführt, um Fehleinschätzungen noch rechtzeitig korrigieren zu können.

Ist die bei instabilen Frakturformen an sich indizierte operative Therapie aufgrund spezieller äußerer Umstände, wie Begleiterkrankungen und Begleitverletzungen, Alter, Allgemeinsituation oder Wunsch des Patienten nicht durchführbar, handelt es sich um eine *frakturbedingte Indikation zur operativen Therapie mit allgemeinen Kontraindikationen*.

Eine sekundäre Operation sollte, wenn möglich, nach Stabilisierung des Allgemeinzustandes angestrebt werden.

*Indikationen zur operativen Therapie* liegen bei instabilen Beckenfrakturen vor. Diese werden operativ stabilisiert, um dem Patienten die Vorteile der früh-funktionellen Behandlung zu bieten und das anatomische Ausheilungsergebnis zu verbessern. Die Entscheidung, ob eine

Stabilisierung des vorderen Beckenrings ausreicht oder ob eine kombinierte dorsale oder ventrale Stabilisierung durchgeführt werden muss, orientiert sich allein am Instabilitätsgrad des Beckens.

Eine Operationsindikation ergibt sich bei Typ A-Verletzungen nur in Ausnahmefällen, z. B. bei Abrissfrakturen von relevanten Muskelursprüngen und bei Fragmentdruck auf Weichteile, Nerven oder Beckeninnenorgane.

Bei Typ B-Verletzungen ist die dorsale Stabilität zumindest so weit erhalten, dass unter physiologischen Belastungen keine weitere Dislokation eintritt. Eine Stabilisierung des vorderen Beckenrings stellt die Kontinuität der gesamten Ringstruktur des Beckens wieder her. Der Wahl der Osteosynthesemethode am vorderen Beckenring kommt dabei eine sekundäre Rolle zu [91, 118]. Bei korrekter Einschätzung des Instabilitätsgrades des hinteren Beckenrings heilen alle Verletzungen nach vorderer Stabilisierung anatomisch oder nahezu anatomisch aus.

Die Indikationsstellung bei Außenrotationsverletzungen (open-book-Verletzungen) vom Typ B1 gestaltet sich wenig schwierig, dabei Zerreißen der ventralen sakroiliakalen Bänder noch von einem ausreichenden Zugurtungseffekt der sehr stabilen dorsalen sakroiliakalen Bandverbindungen auszugehen ist. Im Gegensatz dazu ist die Indikationsstellung bei Verletzungen vom Typ B2.-b1, auch als *bucket-handle-Verletzung* bezeichnet, schwieriger, da bei diesen Verletzungen mehrere Rotationsachsen (vertikale und sagittale Achse) angenommen werden müssen. Kann auch durch erweiterte Diagnostik eine komplette Durchtrennung der stabilisierenden Strukturen im Sinne einer Translationsverletzung vom Typ C nicht ausgeschlossen werden, wird im Zweifelsfall eine zusätzliche dorsale Stabilisierung durchgeführt [126].

Bei Verletzungen vom Typ C liegt eine komplette Unterbrechung des dorsalen und ventralen Beckenrings vor. Es wird deshalb eine kombinierte Stabilisierung des vorderen und hinteren Beckenrings durchgeführt. Pöhlmann et al. zeigten durch ihre Untersuchungen, dass nur mit diesem Vorgehen eine anatomische oder nahezu anatomische Ausheilung zu erreichen war [91]. Bei rein dorsaler Stabilisierung und noch viel häufiger bei rein ventraler Stabilisierung kam es zu sekundären Dislokationen und Ausheilungen in Fehlstellung, wobei das Auftreten dieser sekundären Dislokationen unabhängig vom am vorderen Beckenring gewählten Stabilisierungsverfahren war.

### 1.3.3.2.2 Konservative Therapie von Beckenfrakturen

Die überwiegende Anzahl der Beckenfrakturen wird auch weiterhin konservativ behandelt [37, 82, 87]. Zu unterscheiden sind dabei die Fälle, bei denen sich die Indikation zur konservativen Therapie aus der Frakturcharakteristik ableitet, wie z. B. alle stabilen und wenig dislozierten Frakturtypen, von den Fällen, bei denen eine nichtoperative Therapie aus anderen Umständen erzwungen wird. Während in der erstgenannten Gruppe mit einer rein funktionellen Therapie nach kurzer Zeit nahezu immer eine komplette Restitutio erreicht wird, ist in der zweiten Gruppe eine aktive konservative Therapie nötig, um eine Reposition zu erreichen oder wenigstens zu verbessern und um diese bis zu ausreichender stabilen Heilung zu halten [126].

Eine *rein funktionelle Therapie* ist indiziert bei Verletzungen vom Typ A sowie bei ausgewählten Fällen vom Typ B (laterale Kompressionsfrakturen) mit fester Eintauchung.

Bei Typ A-Verletzungen hält der Patient je nach Schmerzausprägung für wenige Tage Bettruhe. Unterstützend wird sofort eine medikamentöse antiphlogistische Therapie eingeleitet. Nebendieser sofortigen Thromboseprophylaxe wird möglichst bald, bevorzugt schon am 1. Tag nach dem Unfall, eine ergänzende Physiotherapie zur Thromboseprophylaxe begonnen (isometrische Spannungsübungen der unteren Extremitäten, Eigenbewegungen der Füße und Unterschenkel). Die Mobilisation kann sofort erfolgen und sie wird lediglich durch das Schmerzausmaß limitiert.

Auch bei eingestauchten Typ-B-Verletzungen wird unter Beibehaltung der Thromboseprophylaxe und Weiterführung der antiphlogistischen Therapie eine Sofort- oder zumindest Frühmobilisation angestrebt. Da bei diesem Verletzungstyp prinzipiell die Gefahr einer sekundären Dislokation besteht, wird eine Teilbelastung der betroffenen Seite an Unterarmgehstützen für die Dauer von 6 Wochen verordnet. Eine erste Röntgenkontrolle wird 1 Woche nach Mobilisationsbeginn, bei zunehmenden Beschwerden im Rahmen der Mobilisation sofort durchgeführt. Bei einer sekundären Verschiebung wird der Befund umgehend durch Schrägaufnahmen (Inlet und Outlet), besser durch eine CT, gesichert, um eine instabile Verletzung zu diagnostizieren. Eine sekundäre Dislokation, die besonders im hinteren Beckenring zu erheblichen Funktionsstörungen führen kann, wird damit frühzeitig erkannt und kann so gegebenenfalls sekundär offen gerichtet und stabilisiert werden.

Bei unverschobenen oder nur minimal dislozierten knöchernen Beckenringverletzungen, die aufgrund ihrer Morphologie den instabilen Typ-C-Verletzungen zuzuordnen sind, wie z.B. komplette transforaminale Sakrumfrakturen in Kombination mit einer Unterbrechung des vorderen Beckenrings, wird eine prophylaktische Stabilisierung empfohlen, da es unter der Mobilisation zu sekundären Dislokationen kommen kann. Bestehen Kontraindikationen zur Operation oder lehnt der Patient den Eingriff ab, muss für 4-6 Wochen Bettruhe eingehalten werden. Es ist auf intensive Bewegungsübungen im Bett zu achten. Durch wöchentliche Röntgenkontrollen werden sekundäre Dislokationen frühzeitig erkannt. Bei sekundärer Dislokation erfolgt zumindest eine Extensionsbehandlung, besser aber eine geschlossene Reposition und Stabilisierung mit dem Fixateur externe. Auch mit langfristigem Fixateur externe reicht die Stabilität nicht für eine Frühmobilisation aus.

Dislozierte Beckenringverletzungen vom Typ C sollten so schnell wie möglich eingerichtet und stabilisiert werden. Aufgrund der heute verfügbaren Methoden der externen Fixation (Fixateur externe, Beckenzwinge) ist es auch bei schwersten Beckenringverletzungen möglich, den Beckenring sofort zu stabilisieren.

Bei der konservativen Therapie von instabilen Beckenringverletzungen wird über eine hohe Rate von Komplikationen und Heilungsstörungen berichtet [30, 69, 87, 116, 118]. Eine reine Extensionsbehandlung ist somit nur noch in seltenen Ausnahmefällen, wie z.B. bei Verweigerung der operativen Therapie durch den Patienten, indiziert.

### *1.3.3.2.3 Operative Therapie von Beckenverletzungen*

Die operative Therapie instabiler Beckenringverletzungen ist heute der konservativen Therapie vorzuziehen. Die operative Therapie weist gegenüber der konservativen Therapie geringere Komplikationsraten und deutlich höhere Raten von anatomischen Ausheilungen auf [30, 69, 87, 116, 118]. Bei der operativen Therapie unterscheidet man eine Stabilisierung durch externe Fixation und eine Stabilisierung durch interne Osteosynsetechniken.

### **Stabilisierung durch externe Fixation**

Viele Autoren verweisen auf die Vorteile der externen Fixation, die ein relativ einfaches Verfahren zur Beckenringstabilisierung mit geringem lokalem und allgemeinem Risiko darstellt [44, 55, 134]. Nach Rieger bestehen die Vorteile der externen Fixation in der

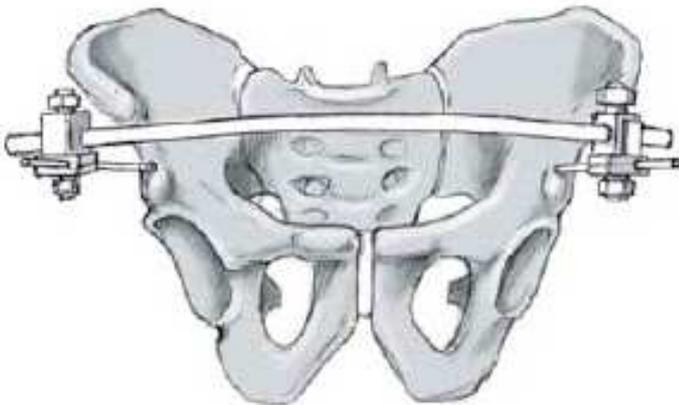
Blutungskontrolle, des geringeren Op-Traumas, der Beckenstabilisierung mit geringem technischen Aufwand auch oder gerade beim polytraumatisierten Patienten, der Vermeidung von operativ bedingtem Blutverlust und weiterer Devaskularisierung durch läsionsferne Stabilisierung, der Möglichkeit der Stabilisierung auch bei ungünstigen Weichteilverhältnissen sowie abdominopelvinen Begleitverletzungen, der Vermeidung einer zweiten Narkose zur Metallentfernung (zumindest bei einfachen Montageen), der Pflegeerleichterung, der Schmerzreduktion, der Möglichkeit der Mobilisierung und Physiotherapie und der Verringerung des Thrombose- und Embolierisikos [98].

Nachteilig ist die Beeinträchtigung des Komforts des Patienten im Vergleich zur internen Osteosynthese. Eine korrekte anatomische Reposition wird, insbesondere bei rotatorisch und translatorisch instabilen Verletzungen nicht immer erreicht. In diesen Fällen ist meistens eine Augmentation durch eine dorsale interne Osteosynthese erforderlich.

Tscherne et al. [126] sehen für den Fixateur externe zur Beckenstabilisierung derzeit 3 Indikationsgebiete:

1. Notfallversorgung bei instabilen Frakturen, auch vom Typ C
2. Definitive Versorgung von Typ-B-Verletzungen, mit transpubischen Instabilitäten als Außenrotationsverletzung, seltener nach Innenrotationsverletzungen (nicht zu empfehlen bei Symphysenrupturen. Aufgrund langer Ausheilungszeiten von 12 Wochen wird die Plattenosteosynthese bevorzugt)
3. Nach interner Stabilisierung des hinteren Beckenrings bei Typ-C-Verletzungen zur Versorgung einer ventralen, transpubischen Instabilität (nicht einsetzbar bei Symphysenrupturen, hier ist die Plattenosteosynthese zu bevorzugen [7,65])

Mit Ausnahme der Notfallstabilisierung wird unter dieser Indikationsstellung der Fixateur externe lediglich dazu benutzt, die Reposition im vorderen Beckenring zu halten und damit bei erhaltenen (Typ-B-Verletzungen) oder wiederhergestellter posteriorer Stabilität (Typ-C-Verletzungen) den Ring zu schließen. Dafür reicht in der Regel eine einfache Konstruktion des Rahmens mit jeweils nur einer Schanz-Schraube in jeder Beckenhälfte aus (Abb. 28). Wegen wesentlich besserer Haltekräfte der Schanz-Schrauben im supraacetabulären Knochen gegenüber der Platzierung im Beckenkamm [58] und der besseren Weichteildeckung wird die technisch etwas anspruchsvollere supraacetabuläre Platzierung gegenüber der Platzierung im Darmbeinkamm bevorzugt [80,104].

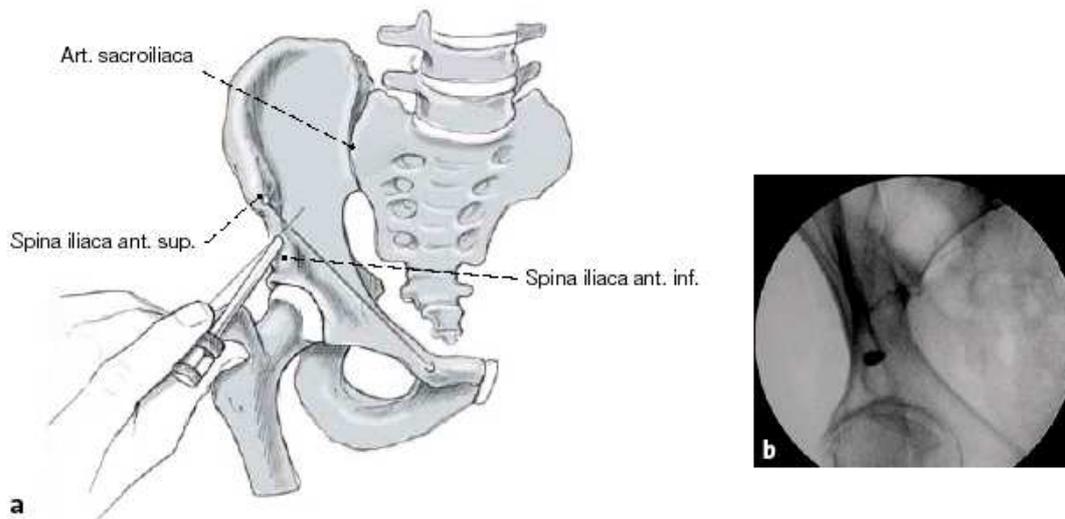


**Abbildung 28:** Einfaches supraacetabuläre Konstruktion mit jeweils 1 Schanz-Schraube und Verbindung durch die gebogene Karbonstange [35]

*Technik der Schanz-Schrauben-Platzierung [35]:*

Der Eingriff wird in Rückenlage des Patienten im Operationssaal durchgeführt. Präoperativ wird geprüft, ob eine Bildwandlereinstellung der beiden Hüftgelenke a-p. möglich ist. Die Beckenregion wird abgewaschen und steril abgedeckt, so dass Spina iliaca anterior superior und Symphyse palpabel bleiben. Die Femoralgefäße werden markiert. Ungefähr 2 cm distal und medial der Spina iliaca anterior superior wird eine etwa 2 cm lange Inzision entlang der Spaltlinien der Haut durchgeführt, das Gewebe mit einer Klemme gespreizt und die Spina iliaca anterior inferior palpirt. Bei weniger Erfahrung ist es einfacher, die Inzision auf etwa 5 cm zu verlängern und die Spina iliaca anterior inferior offen darzustellen. Danach folgt das Einführen einer dreiteiligen Bohrhülse mit Trokar und Festlegen von Eintrittspunkt und Richtung (Spina iliaca anterior inferior in Richtung auf das SI-Gelenk). Der Bohrer ist in Rückenlage des Patienten etwa 10–20° nach kaudal sowie 20° nach außen geneigt (Abb. 29a). Die korrekte Lage wird unter Bildwandlerkontrolle überprüft, um eine sicher extraartikuläre Lage der Schanz-Schraube zu gewährleisten (Abb. 29b).

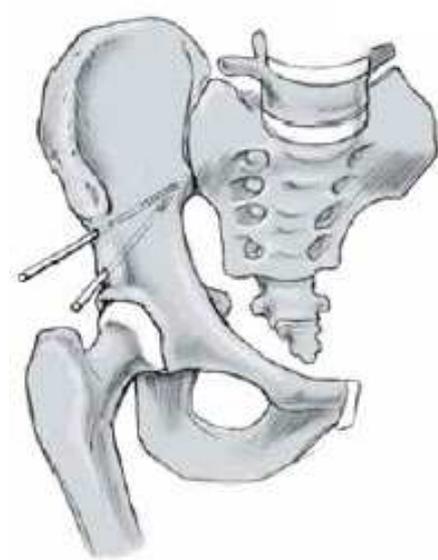
**Abbildung 29:** Festlegung der Bohrrichtung und Überprüfender Lage unter Bildwandlerkontrolle [35]



Danach wird der Trokaren entfernt und die Bohrung durchgeführt. Es reicht, den Knochen etwa 3-5 cm tief anzubohren, den weiteren Weg findet die Schanz-Schraube zwischen den Kortikalisblättern des Iliums. Die innere Bohrhülse wird entfernt und die Schanz-Schraube, geführt über die äußere Bohrhülse, eingeführt. Die Schanz-Schraube sollte bis zum festen Haltsoweit wie möglich nach dorsal vorgedreht werden. Nachentsprechendem Vorgehen auf der Gegenseite wird die Fraktur mit Hilfe von Zug und Innenrotation des Beins geschlossen eingerichtet. Zur Reposition kann auch die Schanz-Schraube auf der betroffenen Seite in der „Joystick“-Technik verwendet werden. Die Reposition wird nun durch die Verbindungsstäbe gesichert. Im Beckenbereich hat sich die Anwendung von gebogenen Carbonstäben bewährt. Sie benötigen kein Verbindungsgelenk und behindern radiologische Kontrollen nicht. Durch ihre Form sind sie außerdem für den Patienten nur wenig störend. Der Carbonstab sollte so nah wie möglich am Körper platziert werden. Zu berücksichtigen ist jedoch ein späteres Aufsetzen des Patienten, so dass das Weichteilgewebe des Abdomens stören kann. Zum Abschluss wird der spannungsfreie Hautdurchtritt der Schanz-Schrauben kontrolliert (Lageveränderung durch die Reposition!). Ein partieller Hautverschluss wird nun nach großen Inzisionen notwendig.

Muss ausnahmsweise eine Zwei-Pin-Fixation durchgeführt werden, so wird die zweite Schanz-Schraube ebenfalls supraacetabulär oder aber in die Crista iliaca eingebracht. Der supraacetabulären Lage sollte dabei aus biomechanischer Sicht der Vorzug gegeben werden. Die zweite Schanz-Schraube sollte dann kranial der ersten mit etwas vermehrter Kippung nach distal platziert werden. Zu besserer Veranschaulichung des Schraubenverlaufs ist die Schraubenposition auf einer Ala-Aufnahme dargestellt (Abb 30).

**Abbildung30:** EinbringungeinerzweitenSchanz-Schraube[35]



Komplikationen bei der externen Fixation sind die Perforation des Os ilium, die Gelenkperforation, der Stichkanalinfekt und die Läsion des Nervus cutaneus femoralis lateralis.

### Stabilisierung des vorderen Beckenrings

Die Stabilisierung des vorderen Beckenrings erfolgt in Rückenlage des Patienten. Die innere Stabilisierung beschränkt sich in der Regel auf die Versorgung einer Symphysenruptur. Eine Stabilisierung der transpubischen Region ist nur nötig, wenn eine Instabilität, in der Regel erkennbar durch erhebliche Fehlstellung bzw. Diastase, vorliegt.

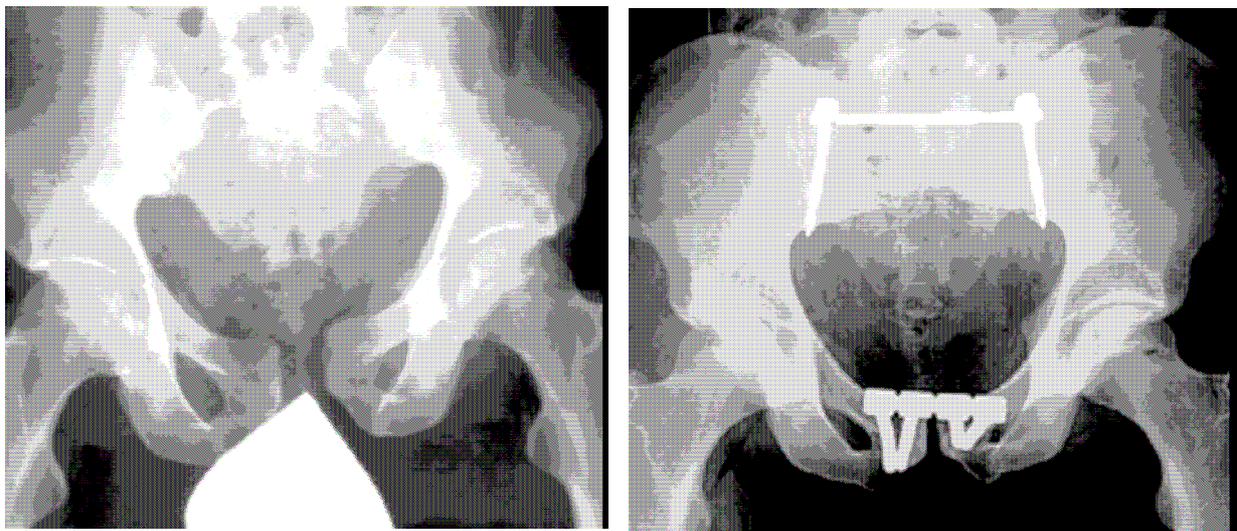
### Stabilisierung der Symphyse

Sprengungen der Symphyse treten im Rahmen von B- und C-Verletzungen des Beckenrings auf. Im Sinne der Verletzungsmechanik handelt es sich um „bindegewebige Gelenkerreißungen“ [85]. Nach der Reposition fehlt dies an Stabilität vieler anderer Gelenke erreichte Stabilität. Die Retention muss deswegen für zwölf Wochen aufrechterhalten werden. Zur Behandlung hat sich die Plattenosteosynthese weitgehend als Standardverfahren durchgesetzt [56, 62, 82, 119, 131]. In statischen und dynamischen biomechanischen Untersuchungen konnten damit die höchsten Stabilitätswerte erzielt werden. Eine externe Fixation kommt dagegen als definitives Verfahren nicht in Betracht, weil bei den

notwendigen langen Ausheilungszeiten von 12 bis 16 Wochen mit fixateurspezifischen Komplikationen wie Stichkanalinfektionen oder Schraubenlockerungen zurechnen ist und die Annahme des Implantats durch den Patienten über diesen langen Zeitraum eingeschränkt bleibt.

Das Operationsziel ist die Stabilisierung der rupturierten Symphyse und Wiederherstellung eines geschlossenen Beckenrings (Abb 31).

**Abbildung 31:** Plattenosteosynthese einer Symphysenruptur bei Typ C-Verletzung



Indikationen sind Symphysensprengungen als Teil einer Typ-B-Verletzung des Beckenrings (Faustregel:  $>2,5$  cm Diastase entspricht einer klinischen Instabilität) und Symphysensprengungen als Teil einer Typ-C-Verletzung, zusätzlich zur Stabilisierung dorsaler Beckenfragmente [85].

Bei alleinigen Beckenverletzungen wird die ästhetisch günstige Querezision (Pfannenstielschnitt) gewählt. Die Inzision wird 1 cm proximal der in der Regel gut tastbaren Tubercula pubica angelegt. Nach lateral braucht das Tuberculum pubicum nicht überschritten zu werden: Inzisionslänge etwa 7 bis 10 cm. Bei dieser Technik ist die Darstellung des Samenstrangs nicht notwendig, da von der Mittellinie aus unterhalb des Musculus rectus abdominis sparsam nach lateral präpariert wird. Bei begleitendem Bauchtrauma mit Indikation zur Laparotomie erfolgt der Zugang zur Symphyse durch eine distale Längserweiterung der medianen Laparotomiewunde nach Abschluß des intraperitonealen Eingriffes. Bei der klinisch häufigen Kombination von SI-Luxation und Symphysensprengung

im Rahmen einer Typ-C-Verletzung wird zusätzlich zur Exposition der Symphyse ein anterolateraler Zugang zum SI-Gelenk durchgeführt [126]. Diese Kombination ermöglicht eine simultane Repositionskontrolle in beiden Verletzungsregionen.

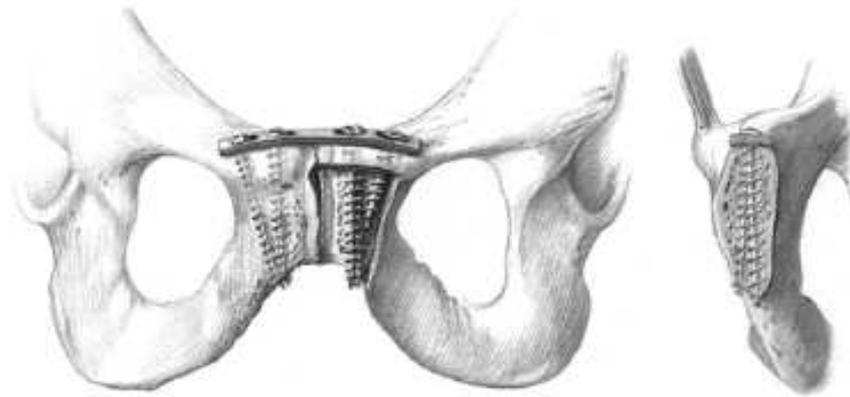
*Prinzip der Repositionstechnik* [85,126]: Schluß des Beckenrings mit einer Repositionszange unter Innenrotation des Beines der verletzten Seite. Ausgleich eines Höhenversatzes durch Verkanten der Repositionszange oder indirekt mit Hilfe der Platte. Eine große Repositionszange mit Spitzen wird beidseitig im Corpus ossis ischi eingesetzt. Gelingt dies nicht, wird die Branch der Repositionszange vorsichtig in den kranialen, medialen Anteil des Foramen obturatum eingeführt. Der Canalis obturatorius verläuft kranial lateral. Die Zange wird unter digitaler Repositionskontrolle, bei Höhenversatz unter gleichzeitigen Scher- und Rotationsbewegungen, geschlossen. Ist die verletzte Beckenhälfte zusätzlich in der Sagittalebene rotiert (C-Verletzung, „bucket-handle“-Verletzung), erleichtern Zug am Bein und Innenrotation die Einrichtung. Eine Alternative ist die Verwendung der Farabeuf- oder Jungbluth-Zange über Hilfsschrauben, insbesondere bei veralteten Symphysensprengungen. Problematisch sind dabei die geringen Haltekräfte von Hilfsschrauben im Knochen. Ein Höhenversatz ist mit den Repositionszangen gelegentlich nur unvollständig auszugleichen. Dann lässt sich die endgültige Reposition indirekt über das Anziehen der Plattenschrauben erreichen. Voraussetzung dazu ist allerdings, dass durch lange intraosäre Schraubenlage eine zuverlässige Schraubenverankerung erreicht wird.

*Osteosynthesetechnik* [85,89,98,126]:

Die Stabilisierung erfolgt mit einer schmalen 4-Loch-DC-Platte. Entscheidend für eine ausreichende Stabilität der Osteosynthese ist die Position der Platte dorsal des Tuberculum pubicum, hinter dem Ansatz des M. rectus abdominis. In dieser Position lässt sich die gesamte kraniokaudale Ausdehnung des Corpus ossis pubis zur Schraubenverankerung ausnutzen. Um die Platte mittig zentrieren zu können, muss die genaue Ausdehnung des Discus interpubicus erkannt werden. Der Übergang zum Knochen ist insbesondere bei jugendlichen Patienten nur schwer zu erkennen, oftmals muss man hier mit einem dünnen Spickdraht palpieren. Die lateralen Plattenenden werden um ca. 10–15° nach unten gebogen, um die Schraubenrichtung zu optimieren. Die medialen Schrauben werden parallel zur Symphyse unter Zugwirkung eingebracht. Beim Bohrvorgang wird mit dem Zeigefinger die innere Kortikalis des Corpus ossis pubis und des Discus interpubicus palpieren, um die Bohrrichtung kontrollieren zu können. Die lateralen Schrauben werden ebenfalls parallel zur inneren Kortikalis des Corpus

ossis pubis und dabei schräg in Richtung auf die Spitze der medialen Schambeine eingebracht (Abb. 32). In dieser Vorgehensweise sind Schraubenlängen zwischen 50 und 70 mm zu realisieren.

**Abbildung 32:** Stabilisierung der Symphyse [85]



Da in der Symphyse physiologische Bewegungen auftreten und auch erwünscht sind, wird eine Implantatentfernung vorgesehen. Diese wird 6-12 Monate nach der Verletzung durchgeführt.

#### Stabilisierung einer transpubischen Instabilität

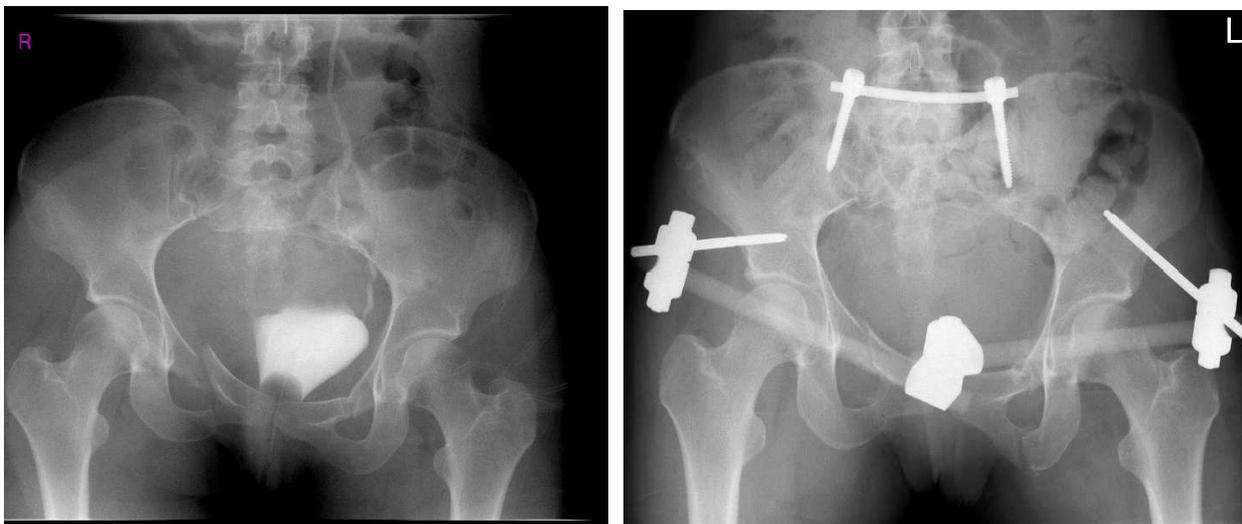
Die Scham- und Sitzbeinäste sind von einem ausgezeichneten Muskelmantel, bestehend aus dem M. obturatorius externus und internus, sowie den Adduktoren, umgeben. Zudem führt eine dicke Schicht von Periost und Ligamentverstärkungen zu einer zusätzlichen Schienung [126]. Das bedeutet, dass eine operative Stabilisierung nur indiziert ist, wenn eine durch eine transpubische Fraktur bestehende Instabilität (erhebliche Dislokation oder Diastase) des Beckenrings besteht oder erheblich dislozierte Fragmente zu sekundären Komplikationen führen können [57, 118].

Nach Tscherne et al. [126] ergeben sich folgende Indikationen zur Stabilisierung in der transpubischen Region:

- Typ-B1-Verletzungen (Außenrotation mit Diastase)
- Typ-B2-Verletzungen mit erheblicher Innenrotation
- Typ-C-Verletzungen, adjuvant zur posterioren Stabilisierung

- Bei der transpubischen Instabilität als einzige Läsion im vorderen Beckenring Stabilisierung durch Fixateur externe (Abb. 33), bei begleitender Symphysenruptur Stabilisierung durch Symphysenplatte und transpubische Schraube

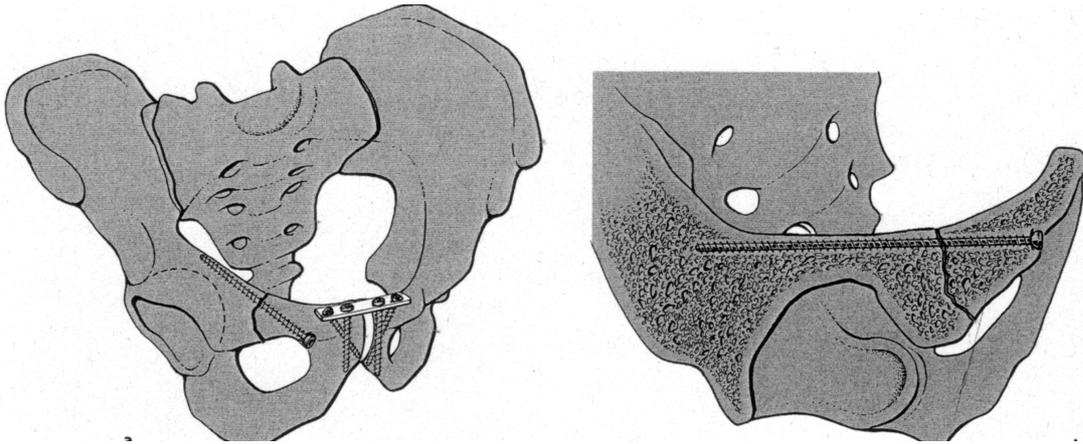
**Abbildung 33:** Transpubische Verletzung als Teil einer Typ-C-Verletzung (mit Sakrumfraktur). Nach Versorgung der Sakrumfraktur, Stabilisierung des vorderen Beckenrings mit Fixateur externe



*Technik der transpubischen Schraubenosteosynthese [20,98,126]*

Die transpubische Schraube, auch als Kriechschraube bezeichnet, verläuft intramedullär im oberen Schambeinast entlang der Linea terminalis. Sie entspricht einer in umgekehrter Richtung eingebrachten Zugschraube in den vorderen Pfeiler. Eintrittspunkt ist die distale, ventrale Schräge des Tuberculum pubicum an der Außenseite des vorderen Beckenrings (Abb. 34). Es sollte in Abhängigkeit von der Frakturlinie möglichst weit nach lateral gelegt werden, um einen günstigeren Winkel zum Acetabulum zu erreichen.

**Abbildung 34:** Technik der transpubischen Schraubenosteosynthesen nach [126]



Die Schraube wird unter Bildwandlerkontrolle parallel zum Pecten ossis pubis in Richtung auf den vorderen Pfeiler des Acetabulums eingebracht. Eine routinemässige Schraubenentfernung wird nicht vorgenommen, da die Schraube komplett intraossär liegt.

**Abbildung 35:** Versorgung einer beidseitigen transpubischen Instabilität bei Typ-C-Verletzung durch Kriechschrauben



## Operative Stabilisierung des hinteren Beckenrings

In Rückenlage des Patienten lassen sich transiliakale und transiliakosakrale Beckeninstabilitäten versorgen. Lediglich transsakrale SI-Luxationsfrakturen mit einem großen sakralen Fragment werden wie auch die Sakrumfrakturen von dorsal versorgt. Zur offenen Reposition wird der anterolaterale Zugang eingesetzt oder die Versorgung erfolgt am Ende einer Laparatomie [82].

### Transiliakale Instabilitäten

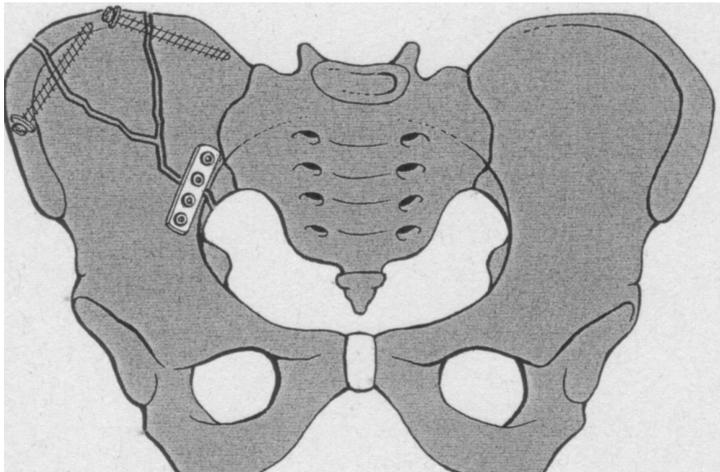
Reine transiliakale Instabilitäten sind relativ selten und durch eine große Variabilität der Frakturlinien gekennzeichnet. Aufgrund dieser Variabilität ist das Osteosyntheseverfahren dem Frakturverlauf anzupassen [98].

Komplette Iliumfrakturen sind einer Typ-C-Verletzung und damit einer translatorisch instabilen Verletzung zuzuordnen. Prinzipiell bestehen Osteosyntheseindikationen bei allen dislozierten Frakturen.

Zur Frakturversorgung wird der anterolaterale Zugang zur Fossa iliaca in Rückenlage gewählt. Weitere Zugangsmöglichkeiten sind der laterale Zugang mit Darstellung der Außenfläche des Os ilium in Rücken- oder auch Seitenlage.

*Osteosynsetechnik bei transiliakaler Instabilität:* Die Stabilisierung erfolgt im Bereich der Linea terminalis mit Platten, am Beckenkamm werden Zugschrauben eingesetzt (Abb. 36). Tscherne et al. verwenden im eigenen Vorgehen die steiferen 3,5-mm-DC-Platten, aber auch Rekonstruktionsplatten sind einzusetzen [126]. Im Beckenkamm werden 3,5-mm-Zugschrauben verwendet, allerdings sollte die längstmögliche Schraubenlänge im Knochen angestrebt werden. In den zentralen Anteil der Fossa iliaca werden aufgrund des fehlenden Haltes in der dünnen Knochenstruktur keine Implantate platziert.

**Abbildung 36:** Versorgung einer transiliakalen Instabilität durch Platten- und Zugschraubennach[126]



Eine Implantatentfernung ist aufgrund der intraossären Lage oder der guten Weichteildeckung prinzipiell nicht indiziert. Eine Metallentfernung wäre indiziert, wenn Beschwerden, z. B. am Beckenkamm, auftreten.

### Transiliosakrale Instabilitäten

Verletzungen des Sakroiliakgelenks stellen neben den Sakrumfrakturen die häufigsten Verletzungen des hinteren Beckenrings im Rahmen von translatorisch instabilen Verletzungen des Typs C dar.

Sie werden unterteilt in die reinen iliosakralen Luxationen (etwa 60% der Fälle) sowie die transiliakalen Luxationsfrakturen (auch Halbmondfraktur genannt, etwa 30% der Fälle) und die transsakralen Luxationsfrakturen (etwa 10% der Fälle) [87].

Eine Vielzahl von operativen Stabilisierungstechniken wird in der Literatur beschrieben. Man unterscheidet transiliosakrale Verschraubungen über den ilioinguinalen Zugang, die transiliosakrale Zugschraubenosteosynthese unter Bildwandler- [10, 54, 102, 103] oder CT-Kontrolle [26, 27] und Verfahren, die in Rückenlage über den anterolateralen Zugang [63, 97, 110] oder seltener über einen transperitonealen Zugang am Ende einer Laparotomie durchführbar sind.

Für die ventrale Plattenosteosynthese werden verschiedene Implantate angegeben: parallele 3,5-mm-DC-Platten [116], große oder kleine Rekonstruktionsplatten [56, 97] oder die modifizierte Quadratplatte [63, 67].

Indikationen für die SI-Verplattung von ventral [36]:

- Komplette SI-Gelenk-Sprengungen im Rahmen von Typ-C-Verletzungen des Beckenrings(Abb.39)
- TransiliakaleLuxationsfrakturendesSI-GelenksmitunbedeutendkleinemFragme nt
- TranssakraleLuxationsfrakturendesSI-GelenksmitunbedeutendkleinemFragment
- NotfallstabilisierungdesSI-GelenksnacheinerLaparotomie

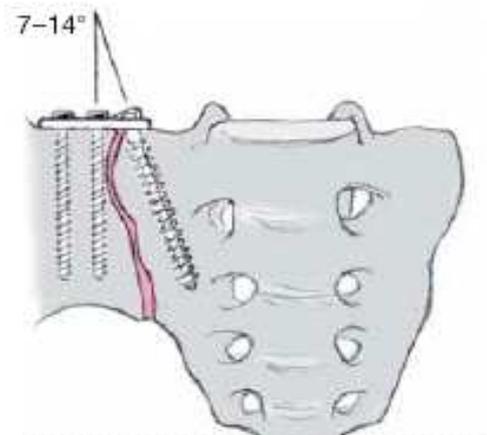
**Abbildung37:** VersorgungeinerTyp-C-BeckenverletzungmitSymphyse nsprenge und IliosakralfugensprengungdurchSymphysenverplattung undventralerPlattenosteosynthesedesSI-Gelenks



*OsteosynthesetechnikderventralenSI-Verplattung[36,89]:*

Es werden zwei schmale 3-Loch-DC-Platten in einem Winkel von 70°- 90° zueinander aufgebracht. Die Löcher zur sakralen Schraubenfixation werden vor der e ndgültigen Repositionmit direkterEinsichtindasSI-Gelenkgebohrt.DieEintr ittspunktederSchrauben in der Pars lateralis des Os sacrum müssen so gewählt sein, da ss sie direkt juxtaartikulär medial des SI-Gelenks zu liegen kommen, um die dort sehr feste Knoche nsubstanz auszunutzenundeineVerletzungdesTruncuslumbosacraliszuvermeiden(Abb38).

**Abbildung38** : EintrittspunktederSchraubenindieParslateralis desOssacrums[36]



DieSchraubenlöchermüssenzueinanderineinenausreichendenAbstandhaben,umei nenahezu rechtwinkeligePlattenlagezuerlauben.BeiderdorsalenBohrungmüss enzunächst diebeiden Kortizes des dorsal ausladenden Anteils der Pars lateralis des Sakrums durchbohrt werden. NachDurchquerungderdorsalen sakroiliakalen Bandansätze taucht der Bohr ererneutinden spongiösen Knochen der Pars lateralis des Sakrums ein. Im Os sacrum werden gewöhnlich 6,5-mm-Spongiaschrauben mit durchgehendem Gewinde verwendet. Das Gewinde wird allenfallsangeschnitten,Schraubenlängenvon50–65mmsindrealisierbar(Abb.39).

**Abbildung39**: DorsaleBohrungundEinsetzenvonSpongiaschraube n[36]

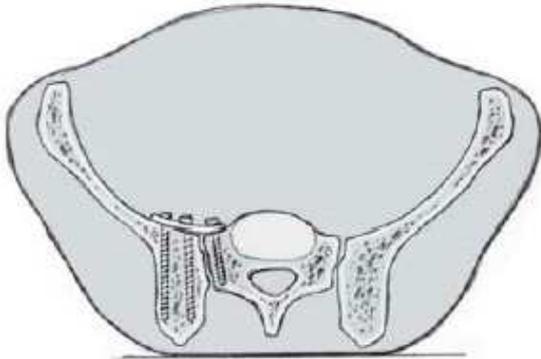


Abschließend werden die jeweiligen zwei iliakalen Plattenlöcher be setzt. Ventral können Schraubenlängenis50mmimfestenKnochenerreichtwerden.

FürdiedorsaleniliakalenSchraubenwirdeineBohrriechungnachdorsomedialimVerlaufder dorsalen Beckenschaufel gewählt, um einen möglichst langen intraossären Verlauf der

Schrauben zu erzielen. So können auch hier Schraubenlängen bis 50 mm erreicht werden (Abb40).

**Abbildung40:** Besetzung der iliakalen Plattenlöcher [36]



Da im SI-Gelenk physiologische Bewegungen auftreten, wird grundsätzlich beim jungen Patienten eine Implantatentfernung 6-12 Monate nach der Verletzung empfohlen. Kommt es zur Ankylose, wird bei Beschwerdefreiheit auf die Plattenentfernung verzichtet.

Eine weitere Versorgungsmöglichkeit von transiliosakralen Instabilitäten ist die transiliosakrale Verschraubung (Abb. 41) unter Bildwandlerkontrolle. Bei unverschobenen SI-Sprengungen oder in Notfallsituationen ist die transiliosakrale Zugschraubenosteosynthese auch in einem gedeckten Verfahren in Rückenlage einsetzbar [101]. Außerdem ist bei dieser Technik darauf zu achten, dass die Bandbreite zur Einbringung der Schrauben aufgrund des schmalen Zielkorridors enger ist als bei der offenen Technik [114].

**Abbildung41:** Röntgenbild einer transiliosakralen Verschraubung



Die minimal-invasiven Techniken werden durch die CT-gestützte Platzierung von Schrauben [26, 76], aber auch durch die mit Hilfe von Navigationssystemen durchgeführte Applikation weiter verbessert [41, 112], jedoch sind diese Verfahren mit einem hohen apparativen Aufwand, einer hohen Weichteilkomplikationsrate bzw. Zugangsmorbidität verbunden oder sie beinhalten ein hohes Risiko für Implantatfehlagen mit resultierenden Nervenschäden. [39, 56, 68, 103]

### Versorgung von Sakrumfrakturen

Prinzipiell eignen sich sowohl externe als auch interne Stabilisierungsverfahren. Heute wird die interne Stabilisierung als Methode der Wahl eingesetzt [14, 39, 55, 71]. Bislang hat sich noch kein einheitliches befriedigendes Osteosyntheseverfahren durchgesetzt. Zumeist besteht das Osteosyntheseprinzip in einer Transfixation des dorsalen Beckenrings durch Überbrückung eines oder beider Sakroiliakalgelenke (SIG) mit Schrauben, Gewindestäben oder Platten. Bei Frakturen, die ausschließlich das Sakrum betreffen, ist das SI-Gelenk meistens intakt und wird dennoch langfristig transfixiert.

Kleinfragmentplatten erlauben eine geringe Weichteilexposition und ausreichende Übersicht zur Freilegung und Dekompression von Nervenwurzeln unter Schonung des SI-Gelenks. Die Verankerung der Schrauben erfolgt ausschließlich im Os sacrum selbst, das trotz einer komplizierten Anatomie über Regionen verfügt, in denen mit relativ großer Sicherheit ein Implantat verankert werden kann [3, 72].

Winkelstabile Implantate ermöglichen einen festen Verbund zwischen Implantat und Schraube, reduzieren Bewegungen der Fraktursegmente gegeneinander und gewährleisten, dass sich die Schrauben nicht sekundär im Verhältnis zur Platte bewegen. Besonders im strukturschwachen Knochen erweisen sie sich als vorteilhaft. Da die knöcherne Struktur des Os sacrum aufgrund des hohen Spongiosaanteils Implantaten nur schlechten Halt bietet, ergeben sich für winkelstabile Implantate theoretische Vorteile in Bezug auf das Risiko der Schraubenlockerung [21].

Das Behandlungsziel besteht in der Beseitigung von Nervenwurzelkompressionen und einer übungsstabilen Fixation in anatomischer Stellung.

Indikationen zur operativen Stabilisierung sind Sakrumfrakturen als Teil instabiler Beckenringfrakturen vom Typ C und Sakrumfrakturen mit neurologischen Ausfällen im Bereich des Plexus sacralis und mit nachgewiesenen Fragmenten im Zentralkanal oder in den Foramina sacralia [90].

*Osteosynthesetechnik am Sakrum [90]:*

Orientierungspunkte sind die Crista iliaca, Spinailiacae posterior superior und inferior, die Dornfortsätze L4/L5 sowie die zentrale und kraniale Begrenzung der Rima ani. Die Inzision richtet sich nach der Frakturcharakteristik. Bei unilateralen transforaminalen Sakrumfrakturen erfolgt die Schnittführung als Längsschnitt in der Mitte zwischen der Crista sacralis mediana und dem dorsalen Beckenkamm von L4 bis S4. Transalare und zentrale Sakrumfrakturen benötigen häufig eine bilaterale Exposition der Sakrumrückfläche, hier erfolgt ein medianer Längsschnitt knapp neben der Crista sacralis mediana, um Narbenschmerzen beim Aufliegen zu vermeiden.

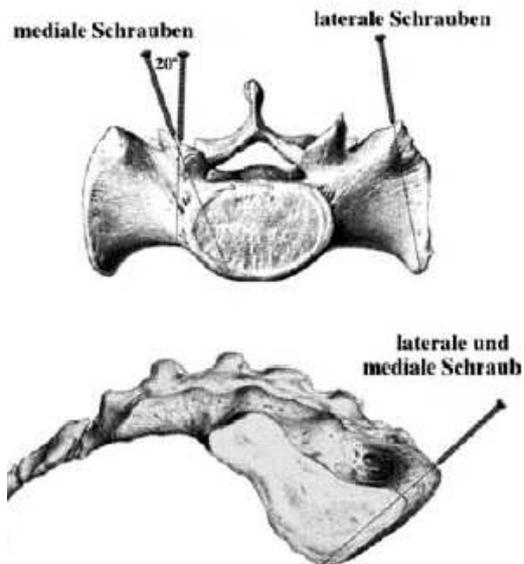
Der **Schraubenplatzierung** im Sakrum kommt zur Vermeidung von Schraubenfehlagen wesentliche Bedeutung zu (Abb. 42).

Laterale Schraubenlage: Der Eintrittspunkt wird soweit lateral wie möglich gewählt, um die bessere subchondrale Knochendichte in der Region nahe des SI-Gelenks auszunutzen. Die Orientierung der Schraubenrichtung ist grundsätzlich parallel zum SI-Gelenk. In Höhe von S1 muss zusätzlich die Orientierung der kranialen Sakrumbegrenzung beachtet werden. Eine weite ventrale Perforation durch den Bohrer kann die Vasailiacae internae gefährden.

Mediale Schraubenlage (S2–S4): Die Eintrittspunkte liegen auf der Verbindungslinie der Foramina exakt in der Mitte zwischen 2 Foramen. Von dieser Position aus wird in Sagittalebene senkrecht zur dorsalen Sakrumkortikalis gebohrt. In Höhe S1 liegt der Eintrittspunkt der Schraube direkt distal der Begrenzung des Processus articularis superior.

**Abbildung 42:** Für laterale Schraubenlage wird der Eintrittspunkt soweit lateral wie möglich gewählt, um die fester werdende Knochen substanz in der Region nahe des SI-Gelenks auszunutzen. Die Orientierung der Schraubenrichtung ist grundsätzlich parallel zum SI-Gelenk. In Höhe von S1 muss zusätzlich die

Orientierung der kranialen Sakrumbegrenzung beachtet werden. Für die mediale Schraubenlage liegend die Eintrittspunkte auf der Verbindungslinie der Foramina exakt in der Mitte zwischen zwei Foramen. Von dieser Position aus wird in Sagittalebene senkrecht zur dorsalen Sakrumkortikalis gebohrt. Es wird eine transpedikuläre Schraubenlage angestrebt. Eine Neigung des Bohrers um maximal 20 Grad nach lateral ermöglicht eine transpedikuläre Schraubenrichtung bis zum Promotorium [90].



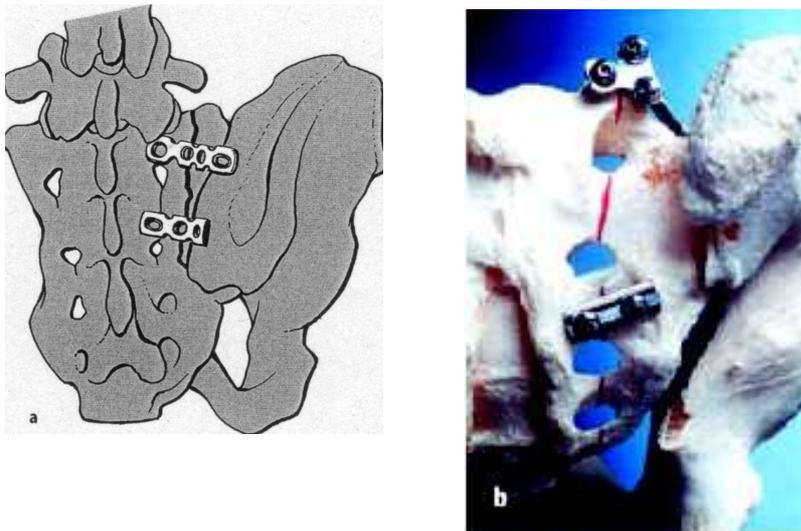
Die **Osteosynthesetechnik** orientiert sich am Frakturverlauf. Bei **transalaren Frakturen** mit kleinem Pars lateralis Fragment und transalaren Trümmerfrakturen lässt sich in der Pars lateralis kein Implantat sicher verankern. Die Transfixation des SI-Gelenks lässt sich nicht vermeiden, die Implantate werden lateralseitig am Os ilium fixiert (Abb. 43a).

Die Platten (H-Platten, Rekonstruktionsplatten) werden an die mediale Iliumseite angeformt. Sie sollten die dorsale Crista iliaca mit mindestens einem Plattenlocher erreichen. Zwischen den beiden Kortikalisblättern des Os ilium sind extrem lange Schraubenlängen mit ausgezeichneter Haltekraft möglich. Die Außenseite des Ilium muss nicht fragelegt werden. Zur medialen Fixation wird eine unilaterale Fixation in der oben beschriebenen Technik angestrebt. Ist diese aufgrund der Frakturcharakteristik (Trümmerzonen, Frakturlinien medial des Processus articularis superior) nicht möglich, werden die Implantate auf der Gegenseite in der Pars lateralis des Sakrums verankert. Als Implantate haben sich kleine DC-Platten oder Rekonstruktionsplatten bewährt.

Bei **transforaminalen Frakturen** wird die Frakturlinie an mindestens zwei Stellen überbrückt (S 1 sowie S 3 oder S 4). Zugeschnittene H-Platten bieten ausreichend Möglichkeiten zur Besetzung mit Schrauben auf engem Raum und werden entsprechend der

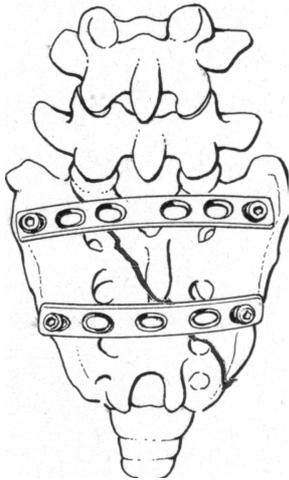
individuellen anatomischen Gegebenheiten angepasst. Die Platte versteift die im Bereich der Dorsalseite des 1. und 2. Sakralkörpers sehr dünne Kortikalis und verhindert ein Einsinken der Schrauben. Die zusätzliche distale Überbrückung der Frakturlinie ist unerlässlich, hier werden Drittelrohrplatten oder besser H-Platten angebracht, bevorzugt in Höhe von S3 und S4 (Abb. 43b).

**Abbildung 43:** Versorgung einer transalaren (a) und transforaminalen Sakrumfraktur (b) nach [90, 126]



Transforaminale Sakrumfrakturen mit Trümmerzonen und ausreichend großem lateralem Fragment sowie **zentrale Frakturen** können nur durch Übergreifen der Mittellinie ausreichend stabilisiert werden. Zwei 3,5-mm-Kleinfragment-DC-Platten werden in Höhe von S1 und S3 an die Sakrumoberfläche angeformt (Abb. 44). Die Dornfortsätze werden eingekerbt oder besser getunnelt. Die Platten werden mit jeweils einer Schraube parallel zum SI-Gelenk in der Pars lateralis des Sakrums fixiert. Im Bereich der Crista sacralis intermedia können zusätzliche Schrauben platziert werden. Bei Trümmerzonen muss eine Kompression der Frakturzone vermieden werden.

**Abbildung44:** Versorgung einer zentralen Sakrumfraktur nach [126]



*Weitere Osteosyntheseverfahren zur Versorgung von Sakrumfrakturen:*

Harrington beschreibt eine ilioiliakale Überbrückung mit **Sakralstäben** zur Stabilisierung von Sakrumfrakturen [46].

Dabei werden Gewindestäbe dorsal des Os sacrum durch die Cristae iliacae posteriores gedreht und durch Anziehen von Muttern und Kontermuttern wird eine Überbrückung und Kompression des hinteren Beckenrings erreicht. Die geringen iatrogenen Verletzungsmöglichkeiten neurogener Strukturen sind die Vorteile dieses Verfahrens. Nachteilig ist, dass eine weite Freilegung des Sakrums bei notwendiger offener Reposition nötig ist und die Gefahr der Überkompression besteht.

Bei den Sakrumtrümmerfrakturen und den beidseitigen Verletzungen ist die dorsale überbrückende **ilioiliakale Plattenosteosynthese** eine sinnvolle Behandlungsalternative [20]. Diese Technik wird heute gegenüber der Stabilisierung mit Sakralstäben bevorzugt. Beide Osteosynthesen kennzeichnen sich durch die Tatsache, dass die beiden Iliosakralgelenke überbrückt werden und sich die Implantate nicht direkt im Os sacrum sondern vielmehr im posterioren Ilium verankern. Neurologische Strukturen sind somit durch die Osteosynthese nicht direkt gefährdet. Die biomechanische Stabilität beider Verfahren ist vergleichbar. Nachteil beider Verfahren ist, dass die Implantate voluminös sind und unter der Haut relativ stark aufragen. Insbesondere bei kritischen Weichteilverhältnissen ist das Risiko auf Wundheilungsstörungen und postoperative Infektionen damit erhöht.

Eine weitere Behandlungsmöglichkeit instabiler Sakrumfrakturen besteht in der **dorsalen Sakrumdistanzosteosynthese**. Diese Technik wurde 1994 von Käch und Trentz [53] als lumbopelvine Distractionsspondylodese beschrieben. Es handelt sich um eine indirekte Stabilisierungsmethode mit einem Fixateur interne-System. Die Abstützung der Sakrumfraktur erfolgt indirekt zwischen der Crista iliaca posterior und dem Pedikel von L4 oder L5. Da bei diesem System eine Rotation um die Pedikelschraube in der Lendenwirbelsäule auftreten kann ergänzte Josten [52] die Konstruktion mit einer zusätzlichen iliosakralen Schraube im Sinne einer triangulären Fixation. Nothofer und Neugebauer [81] modifizierten die Konstruktion dahingehend, dass zusätzlich zur kranialen Abstützung auf eine Pedikelschraube in der unteren Lendenwirbelsäule eine quere Stabilisierung zwischen den beiden hinteren Beckenkämmern erfolgt. Als wesentlicher Vorteil dieser winkelstabilen Osteosynthese wird die hohe Stabilität der Konstruktion hervor gehoben. Nachteile bestehen vor allem in der zusätzlichen Überbrückung von unverletzten Bewegungssegmenten der LWS. Die wesentliche Indikation wird in der Stabilisierung sog. Ausbruchverletzungen gesehen (beidseitige transforaminale Frakturlinien mit zusätzlicher querverlaufender Frakturlinie H-förmig in Höhe von S1 bis S3, „suicidal jumpers fracture“).

## Versorgung von Begleitverletzungen

### Urologische Begleitverletzungen

5-10% der Beckenfrakturen gehen mit einer Harnblasenruptur einher [19]. Man unterscheidet eine extraperitoneale Blasenruptur von einer intraperitonealen, wobei die intraperitoneale Blasenruptur in 25 % der Fälle nicht mit einer Beckenfraktur assoziiert ist. Falls eine operative Versorgung der Beckenverletzung indiziert ist und der Allgemeinzustand des Patienten eine operative Versorgung zulässt, sollte die extraperitoneale Harnblasenruptur in jedem Fall operativ versorgt werden [66]. In Ausnahmefällen (instabiler Patient, kleine Läsion) kann eine isolierte Ruptur bei nicht infiziertem Urin und engmaschiger Kontrolle des Patienten durch transurethrale Kathetereinlage, die suffiziente Drainage der Harnblase vorausgesetzt, therapiert werden [60].

Die intraperitoneale Harnblasenruptur bedarf der obligaten operativen Versorgung [66]. Im Gegensatz zu extraperitonealen Rupturen ist die transperitoneale Vorgehensweise bei intraperitonealen Blasenläsionen notwendig. Die Ruptur am Blasendach erlaubt meist eine ausgiebige Inspektion des Blaseninnenraums und die Versorgung eventuell existierender

Begleitverletzungen der extraperitonealen Harnblasenanteile von intravesikal. Die intraperitoneale Harnblasenruptur sollte dann von außen zweischichtig vernäht werden.

Urethraverletzungen sind insgesamt selten und treten nebenfalls meist im Zusammenhang mit Beckenfrakturen auf. Bei komplexen Beckenfrakturen liegt die Inzidenz für männliche Patienten bei 15–25 %. Man unterscheidet anteriore und posteriore Urethraverletzungen. Komplette anteriore und posteriore Urethrarupturen können grundsätzlich durch primäre Schienung, primäre Anastomosierung, verzögerte primäre Anastomosierung nach wenigen Tagen, verzögerte primäre Schienung nach einigen Tagen oder sekundär operativ nach mindestens dreimonatiger Harnblasendrainage durch einen suprapubischen Katheter versorgt werden. Obwohl diese Fragestellung weiterhin kontrovers diskutiert wird, scheint die verzögerte sekundäre Versorgung sowohl unmittelbare (kurze Operationszeiten, verminderter Blutverlust, bessere Darstellung der anatomischen Strukturen) als auch langfristige Vorteile (geringere Rate an erektiler Dysfunktion und Rezidivurethrastrikturen) gegenüber der primären Operation zu haben [59].

Machtens et al. [66] bevorzugen ein interdisziplinäres situationsadaptiertes Vorgehen, welches die Vitalfunktion des Patienten, weitere knöcherne und Weichteilverletzungen, das Ausmaß der Blutung im retrosymphysären und paravesikalen Raum sowie die Notwendigkeit einer operativen Revision im Bereich oder in der anatomischen Nähe der Urethraläsion aus anderer Indikation berücksichtigt.

### Gynäkologische Verletzungen

Gynäkologische Begleitverletzungen werden in der Regel als Folge einer direkten Gewalteinwirkung beobachtet (beispielsweise Sturz auf einen Gegenstand oder Pfählung). Im Rahmen einer Beckenfraktur sind diese Verletzungen selten [49, 79]. Verletzungen des nongraviden Uterus sind Raritäten [111]. Bei Schwangeren können Massivtraumen in Abhängigkeit von der Schwere der Allgemeinverletzung sofort oder früh sekundär den Tod von Mutter und Kind verursachen [25, 107].

Pohlemann et al. behandelten von 1972-1996 insgesamt 903 Frauen nach Beckenverletzungen. Sie beobachteten bei Frauen ohne bestehende Schwangerschaft 8 vaginalen Verletzungen (0,9 %), 5 Vulvaverletzungen (0,6 %) und 4 ausgedehnte perineale Wunden (0,4 %). In 3 Fällen lagen ursächlich Pfählungsverletzungen vor, ansonsten bestand der Unfallmechanismus in schweren Überrolltraumen oder Anpralltraumen mit hoher Geschwindigkeit. Bei 6 Patientinnen (0,7 %) bestand eine Schwangerschaft, in 2 Fällen

verstarben Mutter und Kind an den Folgen der Verletzung, in 2 Fällen kam es zum Abort, in 2 Fällen überlebten Mutter und Kind. Vaginalverletzungen lagen zusätzlich bei 2 Frauen vor. In 1 Fall führte eine Uterusruptur zum Tod von Mutter und Kind [89]. Bei Verletzungen der Vagina und Vulva sollte sich das Ausmaß der primären Rekonstruktion am Allgemeinzustand der Patientin orientieren. In Kooperation mit einem Gynäkologen sollte in diesen Fällen über das weitere Vorgehen entschieden werden.

## 1.4 Entwicklung eines neuen Osteosyntheseverfahrens zur Stabilisierung des hinteren Beckenrings

Die operative Stabilisierung von Instabilitäten des hinteren Beckenrings ist immer noch nicht befriedigend gelöst.

Nach Muhr ist *das Problem der operativen Behandlung von Beckenbrüchen in erster Linie ein Problem der Zugangswege und der Darstellung* [74]. Die exakte Kenntnis der Anatomie und das Wissen um die räumlichen Beziehungen von Knochen, nervalen und vaskulären Strukturen ist der beste Schutz für den Patienten zur Vermeidung iatrogenen Läsionen.

### 1.4.1 Zielsetzung

Zur Stabilisierung des hinteren Beckenrings sind eine Vielzahl von Techniken beschrieben (siehe auch Kap. 1.3.3.2.3).

Tile beschreibt die Verwendung von dorsalseitig eingebrachten Gewindestäben zur Versorgung des hinteren Beckenrings [118]. Die Verwendung von zwei V-förmig angeordneten Platten nach dem Neutralisationsprinzip zur ventralen Stabilisierung des Sakroiliakalgelenks wurde von Simpson veröffentlicht [110]. Pohlemann publiziert eine Arbeit über die lokale Plattenosteosynthese zur Stabilisierung von Sakrumfrakturen [90]. Andere Autoren beschreiben Techniken, wie die Distractionsspondylodese 1994 von Kächert al. [53] oder die trianguläre Osteosynthese von Josten et al. [52], die alle eine Abstützung des hinteren Beckenrings auf L5 beinhalten.

Als minimal-invasive Verfahren werden die CT-gestützte Platzierung von Schrauben [76] und auch die kontrollierte Applikation durch Navigationssysteme [41, 112] beschrieben, die alle mit einem hohen apparativen Aufwand verbunden sind. Bei den oben beschriebenen Verfahren ist jedoch das Risiko für Implantatfehllagen mit resultierenden Nervenschäden hoch, dies ist mit einer hohen Weichteilkomplikationsrate verbunden [39, 56, 68, 103].

Vor diesem Hintergrund muss ein neues Osteosyntheseverfahren zur Stabilisierung des hinteren Beckenrings nachstehende Anforderungen erfüllen. Es sollte eine ausreichende biomechanische Stabilität besitzen und auch minimal-invasiv implantierbar sein, verbunden mit einem geringen Risiko von Implantatfehllagen. Zudem muss die Möglichkeit der Reposition des hinteren Beckenrings gegeben sein. Der transiliakale Fixateur interne (TIFI) scheint diese Anforderungen zu erfüllen (Abb. 45).

**Abbildung45:** TransiliakalerFixateurinterne(TIFI)aus[33]

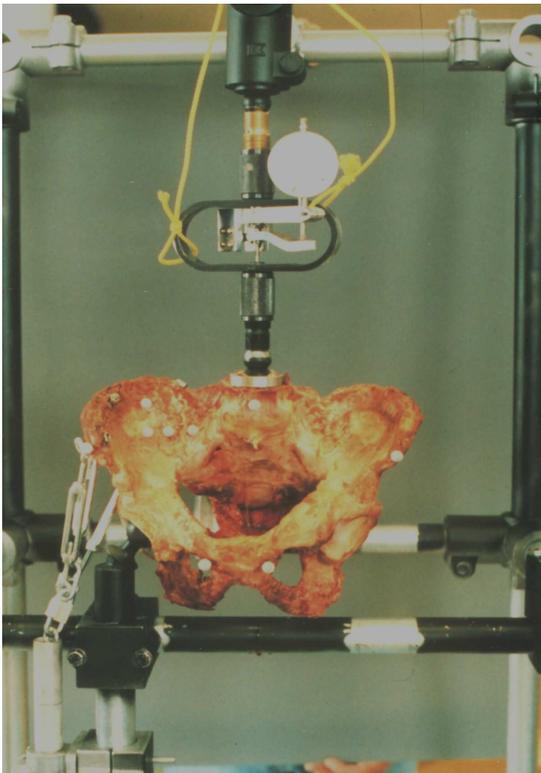


ZieldervorliegendenArbeitistesnun,einneuesOsteosyntheseverfahreneshintere n Beckenringsvorzustellen,dasnebeneinerausreichendbiomechanischenStabilitätundder Repositionsmöglichkeitdes hinteren Beckenringseineminimal-invasiveImplanta tion verbundenmiteinemgeringenRisikovonImplantatfehlagenermöglicht,unddieErgebniss e einesentsprechendenPatientenkollektivszu analysieren.

## 2. Material und Methode

### 2.1 Biomechanische Analyse des dorsalen transiliakalen Fixateurs

Die biomechanische Belastbarkeit des dorsalen transiliakalen Fixateurs wurde bei einer kompletten Beckenringinstabilität mit den etablierten Verfahren wie der ventralen Plattenosteosynthese des SI-Gelenks sowie der Iliosakralgelenksverschraubung verglichen. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt sechs humanen Beckenpräparaten mit intaktem Kapsel-Band-Apparat und anhängendem fünftem Lendenwirbelkörper. Als Frakturmodell diente eine Sakroiliakal Gelenkssprengung kombiniert mit einer Symphyse sprengung (Typ C I-Instabilität). Die Beckenpräparate wurden im Einbeinstand belastet, es erfolgte eine axiale Belastung mit 70 % des Körpergewichtes auf den 5. Lendenwirbelkörper. Die Fragmentbewegung im Raum wurden mit einem stereofotometrischen Infrarotsystem (MAC-Reflex) kontaktfrei erfasst. Neben der lokalen 3D-Deformation am SI-Gelenk wurde auch die Deformation der beiden Beckenschaufeln gegeneinander gemessen (Abb. 46). Nach Stabilisierung der Symphyse mittels 4 Loch-DC-Platte wurden am hinteren Beckenring die drei oben genannten internen Stabilisierungsverfahren in randomisierter Reihenfolge getestet [32].



**Abbildung 46:** Biomechanische Analyse am humanen Beckenpräparat nach [32]

Dies führte zu folgendem Ergebnis:

In der Messung der 3D-Deformation war der transiliakale Fixateur interne im Vergleich zur ventralen Plattenosteosynthese über dem SI-Gelenk und der sakroiliakalen Verschraubung gleichwertig stabil. Dieses betraf sowohl die lokale Deformation über dem SI-Gelenk als auch die Verschiebung der beiden Beckenschaukeln gegeneinander. Aus biomechanischer Sicht steht der transiliakale Fixateur interne als etablierte Methode keinesfalls nach.

## 2.2 Indikationsstellung und operative Technik für den transiliakalen Fixateur

Die *Hauptindikation* zur Stabilisierung des hinteren Beckenrings mit einem minimal-invasiv eingebrachten Fixateur interne (Universal-Spine-System der Fa. Synthes, USS), sind unilaterale Instabilitäten wie Iliosakralfugensprengungen oder laterale und transforaminale Sakrumfrakturen [33]. Diese kommen meist im Rahmen von Typ-C-Verletzungen vor. Beidseitige Instabilitäten (Typ C3) stellen eine eingeschränkte Indikation dar und erfordern ähnlich wie die von Käch, Josten und Nothofer beschriebene spinopelvine Überbrückungen eine zusätzliche Abstützung auf den 4. Lendenwirbelkörper.

Nach Füchtmeier et al. [33] erfolgt die Montage des transiliakalen Fixateur interne wie im Folgenden beschrieben.

Der Patient befindet sich in Bauchlage. Die Röntgendurchleuchtung ermöglicht eine Beckenübersicht, sowie eine Inlet- und Outlet-Ebene. Die Abdeckung erfolgt kraniokaudal von der mittleren LWS bis zur Rima ani, nach lateral jeweils bis zur Mitte des Beckenkamms.

Nach beidseitiger Markierung der Spina iliaca posterior superior werden die dorsale Beckenkämme angezeichnet. Es erfolgt jeweils eine Inzision von 3–4 cm Länge, 1 cm lateral der Spina iliaca posterior superior. Der Pedikelschraubeninsertionspunkt wird dargestellt.

Dieser liegt auf Höhe des hinteren Beckenkamms, 1–2 cm kranial der Spina iliaca posterior superior. Der Markraum wird mit der Pedikeleröffnungsahle perforiert. Anschließend wird mit der Pedikelvertiefungsahle der Schraubenkanal parallel der Linea glutea posterior bis zur Gegenkortikalis präpariert. Daraufhin werden Pedikelschrauben der Stärke 7 mm eingebracht. Die Länge beträgt in der Regel 50–60 mm. In gleicher Weise wird die kontralaterale Pedikelschraube platziert (Abb. 47).



**Abbildung47:** Platzierung der Pedikelschrauben[33]

In der Sagittalebene sollte die Schraubenlage möglichst „flach“ sein. Das heißt, der Winkel zwischen LWS-Längsachse und Schraubenachse sollte maximal  $30^\circ$  betragen, um eine Implantatprominenz am Insertionspunkt mit sekundärer Weichteilirritation zu vermeiden (Abb.48).



**Abbildung48:** Möglichst flache Schraubenlage zur Vermeidung von Weichteilirritationen[33]

Dann wird der 6 mm dicke Schraubenverbindungsstab subfaszial quer eingebracht. Im Einzelfall kann es nötig sein, die lateralen Enden des Verbindungssta

Die Schraubenverbindungsstäbe und die Pedikelschrauben werden durch die USS-Muttern mit Hülsenwinkelstabil verbunden (Abb. 49).



**Abbildung 49:** Winkelstabile Verbindung zwischen Pedikelschrauben und Verbindungsstab [33]

Je nach Frakturmuster kann Distraction oder Kompression auf die Fraktur gebracht werden. Dies geschieht analog zur Reposition der Wirbelsäule mit den im USS-Sieb befindlichen Spreiz- oder Kompressionszangen. Bei starken Dislokationen am Beckenring kann über Manipulation am Bein oder perkutan eingebrachte Schanz-Schrauben das Repositionsmanöver in „Joystick-Technik“ unterstützt werden. Ein temporäres Fixieren des Repositionsergebnisses mit Spickdrähten ist selten erforderlich. Um ein Auslockern der Pedikelschrauben zu verhindern, wird von einem Repositionsmanöver über die Pedikelschrauben abgeraten. Da es sich um eine geschlossene Reposition handelt, ist die Kontrolle des Repositionsergebnisses nur per Bildwandler möglich. Dazu dienen die Standardebene im anterior-posterioren Strahlengang sowie die zwei Zusatzansichten in Inlet-Outletebene wie von Matta [68] beschrieben. Der Wundverschluss erfolgt schichtweise, nachdem die Schraubenköpfe mit Muskelfaszie bedeckt wurden (Abb. 50).



**Abbildung 50:** Bedeckender Schraubenköpfe mit Muskelfaszie und schichtweiser Wundverschluss [33]

Die *Nachbehandlung* erlaubt Teilbelastung der verletzten Beckenseite mit 15 kg Körpergewicht für 6 Wochen postoperativ und Vollbelastung der Gegenseite.

## 2.3 Patientenkollektiv und Methodik

In einem Zeitraum von 5 Jahren wurden in der Abteilung für Unfallchirurgie am Klinikum der Universität Regensburg 67 Patienten mit vertikal instabiler Beckenringverletzung mit dem transiliakalen Fixateur interne stabilisiert. Neben dem transiliakalen Fixateur interne kamen die transiliosakrale Verschraubung und auch die Plattenosteosynthese bei vertikal instabilen Beckenfrakturen zur Anwendung. Die Implantatwahl war dabei operateurabhängig.

Die folgende Auswertung beinhaltet ausschließlich Patienten, welche mit dem Fixateur interne behandelt wurden. Dabei erfolgte eine Unterteilung in:

- Patienten mit einer knöchernen Beckenringverletzung vom Typ C ohne Begleitverletzungen (n=50),
- Patienten mit beckennahen Begleitverletzungen im Sinne eines komplexen Beckentraumas (n=17).

### 2.3.1 Indikationstellung für den transiliakalen Fixateur

Die *Indikation* für den TIFI war die IS-Fugenverletzung sowie die laterale und transforaminale Sakrumfraktur.

Als *Kontraindikation* galt die IS-Fugenverletzung mit knöcherner Beteiligung des dorsalen Os ilium.

### 2.3.2 Nachuntersuchung des Patientenkollektivs

Die klinisch/radiologische Datenerhebung erfolgte in Anlehnung an die Multicenterstudie der „Arbeitsgruppe Becken“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) mindestens 2 Jahre postoperativ. Alle Patienten wurden mittels eines Serienbriefes zur Nachuntersuchung in die Klinik einbestellt, wo sie einer klinischen Untersuchung zur Beurteilung der Stabilität des Beckenrings unterzogen wurden. An röntgenologischer Diagnostik standen eine Beckenübersichts-, Inlet-Outlet-Aufnahmen sowie Computertomographie prä- und postoperativ sowie die Ausheilungsbilder nach Implantatentfernung zur Verfügung.

Unterschieden wurden folgende Verletzungsarten: Die Einzelverletzung definiert als isolierte Beckenverletzung ohne Begleitverletzungen und die Mehrfachverletzung. Neben der Verletzungsart wurden die Verletzungsschwere mit dem Polytraumaschlüssel PTS und dem Injury Severity Score (ISS) bewertet.

Im Hannover Polytraumaschlüssel [125] (Tabelle 1) werden bestimmte Verletzungen unterschiedliche Punktwerte zugeordnet. Durch den Summenwert der Punktzahlen ergibt sich die Verletzungsschwere. Beim ISS findet im Gegensatz zum PTS das Patientenalter keine Berücksichtigung.

**Tabelle 1:** Hannover Polytraumaschlüssel [125]

1.PTSS(Schädel)	Punkte	4.PTST(Thorax)	Punkte
SHT1°=13-15(GCS)	4	Sternum, Rippenfrakturen(1-3)	2
SHT2°=8-12(GCS)	8	Rippenserienfraktur	5
SHT3°=3-7(GCS)	12	Rippenserienfraktur beidseits	10
Mittelgesichtsfraktur	2	Hämato-Pneumothorax	2
schwere Mittelgesichtsfraktur	4	Lungenkontusion	7
		Lungenkontusion beidseits	9
2.PTSA(Abdomen)		instabiler Thorax	3

		zusätzlich	
Milzruptur	9	Aortenruptur	7
Milz-undLeberruptur	13/18		
Leberruptur(ausgedehnt)	13/18	<b>5.PTSE(Becken)</b>	
Darm,Mesenterium,Niere, Pankreas	9	einfacheBeckenfraktur	3
		kombinierte Beckenfraktur	9
<b>3.PTSE(Extremitäten)</b>		Becken-und Urogenitalverletzung	12
zentralerHüftverrenkungsbruch	12	Wirbelbruch	3
Oberschenkelfraktureinfach	8	Wirbelbruch/ Querschnitt	3
Oberschenkelstück- Trümmerfraktur	12	Beckenquetschung	15
Unterschenkelfraktur	4		
Knieband,Patella,Unterarm, Ellenbogen,Sprungelenk	2	<b>6.Alterseinfluß</b>	
Oberarm,Schulter	4	40-49	1
Gefäßverletzungoberhalb Ellenbogen-bzw.Kniegelenk	8	50-54	2
Gefäßverletzungunterhalb Ellenbogen-bzw.Kniegelenk	4	55-59	3
Oberschenkel- Oberarmamputation	12	60-64	5
Unterarm- Unterschenkelamputation	8	65-69	8
jede2°und3°offeneFraktur	4	70-74	13
grosseWeichteilquetschung	2	über75	21

Der anatomische Injury Severity Score (ISS) nach Baker et al. [4, 5] basiert auf dem AIS-System. Den nach AIS (Abbreviated Injury Scale) kodierten Verletzungen werden 6 Körperregionen, nämlich Schädel, Hals, Gesicht, Thorax, Abdomen, Extremitäten und Weichteile, zugewiesen (Tabelle 2). Die Berechnung des ISS erfolgt dadurch, dass die Quadrate der höchsten AIS-Werte der 3 am schwersten verletzten Regionen addiert werden. Der höchste quadrierte Wert/Region beträgt 25, der ISS reicht demzufolge von 0 – 75 Punkten. Tödliche Verletzungen, die einem AIS von 6 entsprechen, werden automatisch einem ISS von 75 zugeordnet.

**Tabelle 2:** Injury Severity Score nach Baker et al. [4,5]

AIS			
<b>Schädel/Hals=Region 1</b>			
1 Kopfplatzwunde=10cm lang			5 Herzverletzung mit Beteiligung von Vorhof oder Kammer
Galeahämatom			Herzklappenverletzung
2 Kopfplatzwunde >10cm lang			Perikardtamponade
HWK-Fraktur mit =20% Höhenminderung			Aortathorakalis Ruptur mit Blutverlust >20 % , komplette
HWK-Fraktur mit Beteiligung von Processus transversus	in os soder		Transsektion
HWK-Subluxation atlanto-occipital			Trachealabriss
3 Penetrierendes Trauma Schädeloberflächlich = Eindringtiefe	2cm		Spannungspneumothorax
Kopfplatzwunde mit Blutverlust >20%			Luftembolie systemisch
Subarachnoidale Blutung (SAB)			Lungenverletzung beidseitig mit Blutverlust >20%
Hirnkontusion = 30ccm, = 4cm, = 5mm			Rippenfrakturen beidseitig >3 mit Pneumo-/ Hämatothorax
Mittellinienverlagerung			Rippenstückfrakturen mit instabilem Thorax beidseits
Hirnkontusion mehrfach insgesamt = 30ccm, = 5mm	5mm		Pleura fistel massiv
Mittellinienverlagerung			BWS-Verletzung mit komplettem Querschnitt
Hirnödem mit Kompression der Ventrikel			<b>Abdomen=Region 4</b>
Großhirninfarkt als Trauma folge			1 Penetrierendes Trauma oberflächlich
Einfache Schädelbasisfraktur			Kontusion Bauchwand
Penetrierendes Trauma Hals, Blutverlust >20%			2 Penetrierendes Trauma mit Blutverlust = 20%
Karotisverletzung ohne neurologisches Defizit	t		Leberhämatom subkapsulär = 50% Oberfläche, = 10cm
HWK-Fraktur mit >20% Höhenminderung			Leberruptur = 3cm tief, = 10cm lang, mit Blutverlust = 20%
HWK-Fraktur mit Beteiligung von Wirbelbogen Wirbelgelenk	oder		Milzhämatom subkapsulär = 50% Oberfläche, = 5cm
Densfraktur			Milzruptur = 3cm tief
HWK-Subluxation atlantoaxial			Mesenterialverletzung Blutverlust = 20%
HWS-Verletzung mit Kontusion des Rückenmarks			Nierenhämatom subkapsulär = 50% Oberfläche
4 Epidurales Hämatom (EDH) = 50ccm, = 1cm			Nierenruptur = 1cm tief ohne Urinextravasat
Subdurales Hämatom (SDH) = 50ccm, = 1cm			LWK-Fraktur mit = 20% Höhenminderung
Hirnkontusion 30-40ccm, >4cm, >5mm			LWK-Fraktur mit Beteiligung von Processus transversus
Mittellinienverlagerung			LWK-Subluxation
Hirnkontusion mehrfach insgesamt 30-40ccm, >5mm	>5mm		3 Penetrierendes Trauma mit Blutverlust >20%
Mittellinienverlagerung			Leberhämatom subkapsulär rupturiert, >50% Oberfläche, >10cm Durchmesser
Einblutung in die Ventrikel			Leberruptur >3cm tief mit Blutverlust = 20%
Hirnödem mit Kompression der Ventrikel und Zisternen	asalen		Milzhämatom subkapsulär >50% Oberfläche, >5cm Durchmesser
Komplexe Schädelbasisfraktur			Milzruptur >3cm tief ohne Hilusbeteiligung
Karotisverletzung mit neurologischem Defizit			Pankreasruptur mit Pankreasgangbeteiligung
HWS-Verletzung mit inkomplettem Querschnitt			

Tabelle 2 (Fortsetzung)

<p><b>5</b> Penetrierendes Trauma Schädel tief &gt; 2 cm Eindringtiefe</p> <p>Epidurales Hämatom (EDH) &gt; 50 ccm, &gt; 1 cm Ausdehnung</p> <p>Epidurales Hämatom (EDH) beiseits unabhängig</p> <p>Subdurales Hämatom (SDH) &gt; 50 ccm, &gt; 1 cm Ausdehnung</p> <p>Subdurales Hämatom (SDH) beidseits unabhängig</p> <p>Hirnkontusion &gt; 50 ccm</p> <p>Hirnkontusion mehrfach insgesamt &gt; 50 ccm</p> <p>Hirnödem mit Verlust der Ventrikel und basale Zisternen</p> <p>Diffuse axonale Verletzung (DAI)</p> <p>Stammhirninfarkt als Traumafolge</p> <p>HWS-Verletzung mit komplettem Querschnitt</p> <p><b>Gesicht = Region 2</b></p> <p><b>1</b> Nasenbeinfraktur</p> <p>Unterkieferfraktur nicht disloziert</p> <p><b>2</b> Läsion des N. opticus</p> <p>LeFort-Fraktur Grad I oder II</p> <p>Orbitafraktur</p> <p>Unterkieferfraktur offen oder disloziert</p> <p><b>3</b> LeFort-Fraktur Grad III</p> <p>Orbitafraktur offen oder disloziert</p> <p><b>4</b> LeFort-Fraktur Grad III mit Blutverlust &gt; 20%</p> <p><b>Thorax = Region 3</b></p> <p><b>1</b> Penetrierendes Trauma oberflächlich</p> <p>Rippenfraktur = 1 ohne Pneumo-/Hämatothorax</p> <p><b>2</b> Penetrierendes Trauma mit Blutverlust = 20%</p> <p>Bronchusperforation</p> <p>Rippenfrakturen = 2–3 ohne Pneumo-/Hämatothorax</p> <p>Sternumfraktur</p> <p>BWK-Fraktur mit = 20% Höhenminderung</p> <p>BWK-Fraktur mit Beteiligung von Processus spinosus</p> <p>BWK-Subluxation</p> <p><b>3</b> Penetrierendes Trauma mit Blutverlust &gt; 20%</p> <p>Herzverletzung ohne Beteiligung von Vorhof oder Kammer</p> <p>Perikarderguss ohne Herzverletzung</p> <p>Bronchusruptur</p> <p>Lungenkontusion einseitig</p> <p>Lungenverletzung mit Pneumo-/Hämatothorax</p> <p>Rippenfrakturen = 1–3 mit Pneumo-/Hämatothorax</p> <p>Rippenfrakturen einseitig &gt; 3 ohne Pneumo-/Hämatothorax</p> <p>Rippenstückfrakturen mit instabilem Thorax einseitig ohne</p> <p>Lungenkontusion</p> <p>Rippenfrakturen offen oder disloziert = 1 ohne Pneumo-/Hämatothorax</p> <p>Zwerchfellruptur</p> <p>BWK-Fraktur mit &gt; 20% Höhenminderung</p> <p>BWK-Fraktur mit Beteiligung von Wirbelbogen oder</p> <p>Wirbelgelenk</p> <p>BWS-Verletzung mit Kontusion des Rückenmarks</p> <p><b>4</b> Herzkontusion mit Ejektionsfraktion &lt; 25%</p> <p>Aorta-thorakalis-Ruptur mit Blutverlust = 20% , inkomplette</p> <p>Transsektion, Intimarriss</p> <p>Trachealruptur</p> <p>Bronchusabriss</p> <p>Lungenverletzung einseitig mit Blutverlust &gt; 20%</p> <p>Lungenkontusion beidseitig</p> <p>Rippenfrakturen einseitig &gt; 3 mit Pneumo-/Hämatothorax</p> <p>Rippenfrakturen beidseitig &gt; 3 ohne Pneumo-/Hämatothorax</p> <p>Rippenstückfrakturen mit instabilem Thorax einseitig und</p> <p>Lungenkontusion</p> <p>Rippenfrakturen offen oder disloziert = 1 mit Pneumo-/Hämatothorax</p> <p>Zwerchfellruptur mit Herniation</p> <p>BWS-Verletzung mit inkomplettem Querschnitt</p>	<p>Mesenterialverletzung Blutverlust &gt; 20%</p> <p>Nierenhämatom subkapsulär &gt; 50% Oberfläche</p> <p>Nierenruptur &gt; 1 cm tief ohne Nierenbeckenbeteiligung oder</p> <p>Urinextravasat</p> <p>Ureterruptur</p> <p>Retroperitoneales Hämatom</p> <p>LWK-Fraktur mit &gt; 20% Höhenminderung</p> <p>LWK-Fraktur mit Beteiligung von Wirbelbogen oder Gelenk</p> <p>LWS-Verletzung mit Kontusion des Rückenmarks</p> <p>LWS-Verletzung mit inkomplettem Kaudasyndrom</p> <p><b>4</b> Aorta-abdominalis-Ruptur mit Blutverlust = 20%, inkomplette</p> <p>Transsektion, Intimarriss</p> <p>Leberruptur = 75% Lappenparenchymtiefe, = 3 Segmente</p> <p>durchtrennt</p> <p>Leberrupturen multipel &gt; 3 cm tief</p> <p>Milzruptur mit &gt; 25% Organdestruktion ohne Hilusbeteiligung</p> <p>Pankreasruptur mit Ampullenbeteiligung</p> <p>Nierenruptur mit Nierenbeckenbeteiligung oder Gefäß-</p> <p>verletzung</p> <p>Blasenruptur</p> <p>LWS-Verletzung mit inkomplettem Querschnitt oder</p> <p>komplettem Kaudasyndrom</p> <p><b>5</b> Aorta-abdominalis-Ruptur mit Blutverlust &gt; 20%, komplette</p> <p>Transsektion</p> <p>Leberruptur = 75% Lappenparenchymtiefe, &gt; 3 Segmente</p> <p>durchtrennt</p> <p>Leberruptur mit Beteiligung der V. cava oder zentralen</p> <p>Leberven</p> <p>Milzruptur mit kompletter Organdestruktion oder Hilus-</p> <p>abriss</p> <p>Pankreasruptur mit kompletter Organzerstörung</p> <p>Nierenruptur mit kompletter Organdestruktion oder Hilusabriss</p> <p>LWS-Verletzung mit komplettem Querschnitt</p> <p><b>Extremitäten = Region 5</b></p> <p><b>1</b> Sprunggelenkdistorsion</p> <p><b>2</b> Humerusfraktur geschlossen, nicht disloziert</p> <p>Beckenfraktur geschlossen, nicht disloziert</p> <p>Patellafraktur</p> <p><b>3</b> Humerusfraktur offen oder disloziert</p> <p>Oberarmamputation</p> <p>Beckenfraktur offen oder disloziert</p> <p>Femurschaftfraktur offen</p> <p>Unterschenkelamputation</p> <p><b>4</b> Beckenfraktur mit wesentlicher Dislokation, Blutverlust = 20%</p> <p>Oberschenkelamputation</p> <p><b>5</b> Beckenfraktur mit wesentlicher Dislokation, Blutverlust &gt; 20%</p> <p><b>Weichteile, Verbrennungen, weitere Verletzungen = Region 6</b></p> <p><b>1</b> Multiple Kontusionen Weichteile</p> <p><b>2</b> Verbrennung 2. oder 3. Grades von 10–19% der Körperoberfläche</p> <p><b>3</b> Stromverletzung mit Nekrose der Muskulatur</p> <p><b>4</b> Verbrennung 2. oder 3. Grades von 30–39% der Körperoberfläche</p> <p><b>5</b> Stromverletzung mit Herzkreislaufstillstand (dokumentiert durch Rettungsdienst)</p>
---	--

Die Daten des zeitlichen Abstands zwischen Operation und Trauma sowie die Operationsdauer, der Blutverlust und die intraoperativen Repositionsmaßnahmen sowie die Dauer der Strahlenexposition wurden erhoben. Auf der Basis der präoperativen Röntgen- und CT-Bildern erfolgte die Bewertung des Frakturlinienverlaufs und des Ausmaßes der Dislokation. Die Klassifikation der Frakturen orientierte sich an der Klassifikation der AO, basierend auf der Einteilung nach Tile [118]. Sakrumfrakturen wurden nach der Klassifikation von Denis eingeteilt.

Aufgetretene Komplikationen wie Thrombose, Embolie, Wundheilungsstörung, Infektion, Nervenläsion und Letalität wurden im Verlauf dokumentiert. Ein weiterer Schwerpunkt war die Dokumentation von implantatbedingten Beschwerden und Komplikationen.

Neben der Erfassung von Schmerz und Funktion wurden neurologische und urologische Störungen durch einen konsiliarerentsprechenden Fachabteilung verifiziert.

Anhand der postoperativen Bildanalyse erfolgte die Bewertung der Reposition sowohl des hinteren als auch des vorderen Beckenrings. Die einzelnen Ergebnisse wurden analog des Pelvic Outcome Scores [95] bewertet (Tabelle 3).

Klinisches Resultat	Punkte
• Beschwerdefrei	4
• Belastungsschmerz • geringe funktionelle Einschränkung • sensible Ausfälle	3
• Schmerz bei geringer Belastung • deutliche funktionelle Einschränkung • motorische Ausfälle • geringe urologische Defizite	2
• Dauerschmerz • Gehhilfedauerhaft • Verlust der Schutzsensibilität • Sexualstörung • Blasen- oder Mastdarminkontinenz	1

**Tabelle 3:** Pelvic Outcome Score

Tabelle 3 (Fortsetzung)

Radiologisches Resultat	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anatomische Heilung</li> <li>• Vorderer Beckenring (Symphyse) &lt; 5 mm</li> <li>• Scham- und/oder Sitzbein &lt; 10 mm</li> </ul>	<b>3</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posteriore Fehlstellung &lt; 5 mm</li> <li>• Vorderer Beckenring (Symphyse) &lt; 10 mm</li> <li>• Scham- und/oder Sitzbein &lt; 15 mm</li> </ul>	<b>2</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posteriore Fehlstellung &gt; 5 mm</li> <li>• Vorderer Beckenring (Symphyse) &gt; 10 mm</li> <li>• Scham- und/oder Sitzbein &gt; 15 mm</li> </ul>	<b>1</b>

Um das *Gesamtergebnis* einzuschätzen, wurden die Punktwerte des radiologischen und klinischen Resultates addiert und die resultierende Punkte-Skala im *Pelvic Outcome Score* wie folgt beurteilt (Tabelle 4).

Tabelle 4:

Summe	
ausgezeichnet	<b>7</b>
gut	<b>6</b>
ausreichend	<b>4-5</b>
schlecht	<b>1-3</b>

Mit der Beurteilung der *sozialen Integration* wurde beurteilt, inwieweit der Patient durch die Folgen des Unfalls in seiner Lebensführung behindert ist. Hier sollte beschrieben werden, in welchem Umfang ein Patient seiner sozialen Aktivität in Freizeit und Beruf nachkommen kann, bzw. ob nach dem Unfallereignis Berufsunfähigkeit eintrat, ggf. Umschulungsmaßnahmen erforderlich waren oder ob Abhängigkeit von externer Hilfe besteht (Tabelle 5).

**Tabelle 5:** Soziale Reintegration

<b>Soziale Reintegration</b>	<b>Punkte</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Unverändert</li></ul>	<b>3</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Berufliche eingeschränkt</li><li>• Umschulungsläuft</li><li>• Sportlich u. sozial geringgradig eingeschränkt</li><li>• Gelegentlich externe Hilfe</li></ul>	<b>2</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Berufsunfähig</li><li>• Sportlich u. sozial deutlich eingeschränkt</li><li>• Häufig externe Hilfe</li></ul>	<b>1</b>

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Epidemiologische Daten

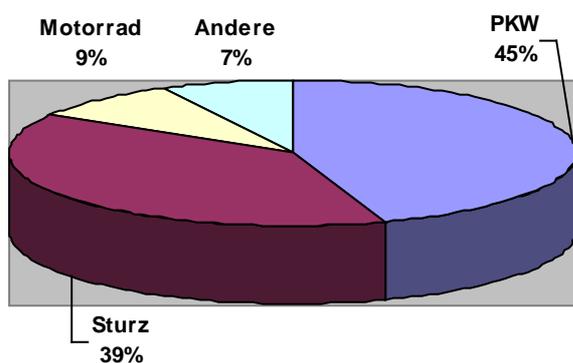
Zur Nachuntersuchung standen insgesamt 62 von den 67 Patienten, die mit dem ransiliakalen Fixateur behandelt wurden, im Mittel nach 3,1 Jahren zur Verfügung. Die Nachuntersuchungsquote ergab somit 92,5 Prozent.

#### 3.1.1 Geschlechts- und Altersverteilung

Der Altersdurchschnitt des Patientenkollektivs betrug 36,7 (+/-16,3) Jahre n. Das Intervall reichte dabei von 16 bis 76 Jahre. Bei der Geschlechtsverteilung zeigt es sich, dass 60 Prozent der Patienten männlichen Geschlechts waren. Dies entspricht 40 männlichen Patienten und 27 weiblichen Patienten.

#### 3.1.2 Unfallursachen

Hauptunfallursache war in diesem Kollektiv mit 45% der Pkw-Unfall, dies entsprach 30 Patienten. Zweithäufigste Ursache war mit 39% (n=26) der Sturz aus großer Höhe. An dritter Stelle waren mit 9,0% (n=6) Motorradfahrer und als letztes mit 7% (n=5) sonstige Ursachen.



	Anzahl	%
PKW	30	45
Sturz	26	39
Motorrad	6	9
Andere	5	7
<b>Gesamt</b>	<b>67</b>	<b>100</b>

Abbildung 51: Unfallursachen der Patienten

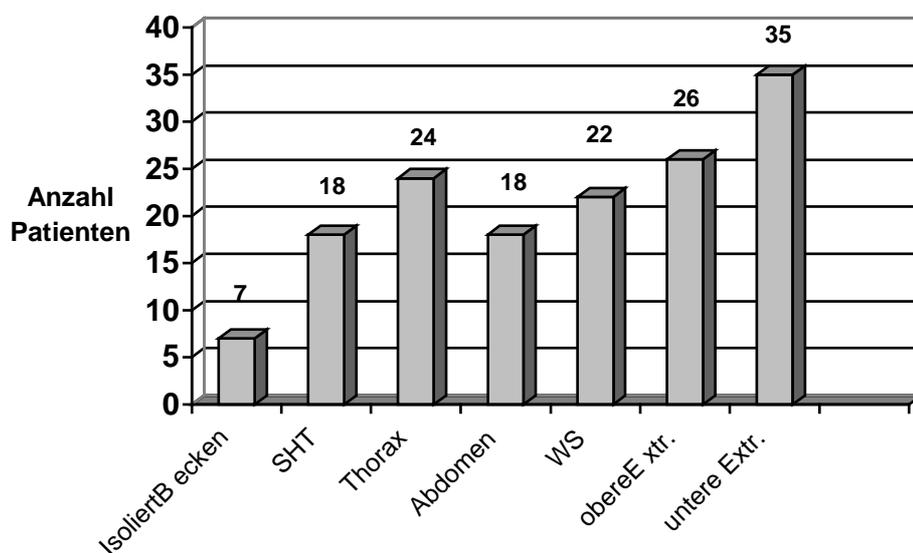
### 3.1.3 Verletzungsschwere und Begleitverletzungen

Mit Ausnahme von 7 Patienten, bei denen die Beckenringfraktur lediglich eine isolierte Verletzung war, waren 60 Patienten mehrfach verletzt (Tabelle 6, Abb. 52). Der Anteil Mehrfachverletzter am Gesamtkollektiv entsprach somit 89,6%. Die Verletzungsschwere nach dem PTS betrug im Mittel 23,8 (+/-12,6) Punkte.

**Tabelle 6:** Begleitverletzungen (n=67)

Isolierte Beckenverletzung	7
Schädelhirntrauma	18
Thoraxtrauma	24
Abdominaltrauma	18
Wirbelsäulenverletzung	22
Fraktur der oberen Extremität	26
Fraktur der unteren Extremität	35

**Abbildung 52:** Begleitverletzungen der Typ C-Beckenringfrakturen (Mehrfachnennung möglich)



### 3.1.4 Häufigkeit der Beckenringfrakturen nach Frakturtypen

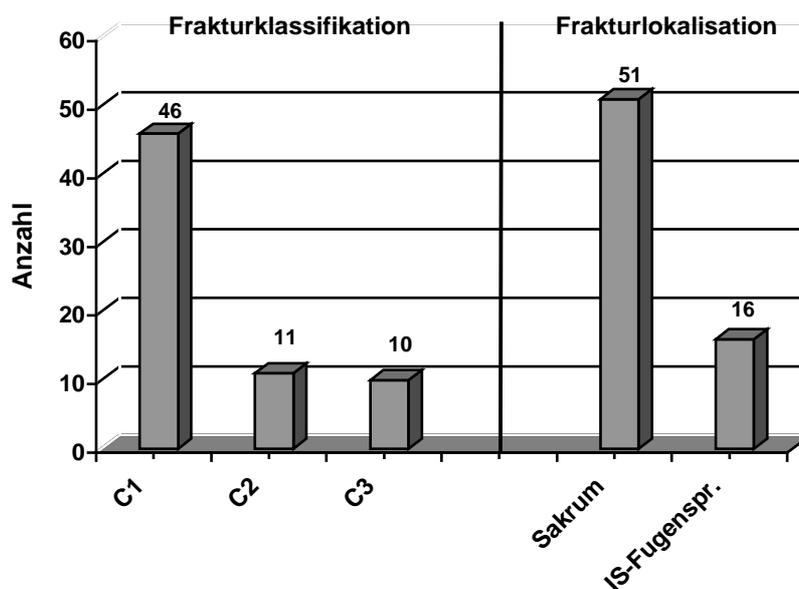
Die Beckenringverletzungen wurden gemäß der AO-Klassifikation bewertet. Demnach waren 46 als C1-, 11 als C2- und 10 als C3-Verletzungen einzustufen. Dies entsprach einer Verteilung von 68,7% für C1-Verletzungen, 16,4% für C2-Verletzungen und 14,9% für C3-Verletzungen. Von den 67 Patienten hatten 51 Sakrumfrakturen, welche nach Denis klassifiziert wurden. Die restlichen 16 Patienten hatten eine IS-Fugensprengung. Der Anteil der Sakrumfrakturen im Kollektiv betrug damit 76,1%, der der IS-Fugensprengung 23,9%. Bei 17 Patienten lag die Sakrumfraktur in Zone I, bei 32 Patienten in Zone II, bei 2 in Zone III (Tabelle 7, Abb. 53). 7 Fälle hatten eine Läsion des Plexus lumbosacralis, 6 Fälle eine Verletzung im Urogenitalbereich bzw. Dammbereich, bei 2 Patienten bestand ein ausgedehntes Décollement der Beckenweichteile im Sinne einer Morcel-Lavalle-Läsion. Einer von diesen hatte zusätzlich eine kreislaufwirksame Blutung aus der A. glutea superior rechts, welche interventionell embolisiert wurde. Insgesamt erfüllten 17 Patienten die Kriterien für ein komplexes Beckentrauma. Der Anteil der Komplexraumata am Patientenkollektiv betrug damit 25,4%.

**Tabelle 7:**  
Frakturklassifikation

	Anzahl	%
C1-Fraktur	46	68,7
C2-Fraktur	11	16,4
C3-Fraktur	10	14,9
<b>Gesamt</b>	<b>67</b>	<b>100</b>

Frakturlokalisation

	Anzahl	%
<b>Sakrumfrakturen</b>	<b>51</b>	<b>76,1</b>
Zone I	17	33,3
Zone II	32	62,8
Zone III	2	3,9
<b>IS-Fugensprengung</b>	<b>16</b>	<b>23,9</b>
<b>Gesamt</b>	<b>67</b>	<b>100</b>

**Abbildung 53:** Häufigkeit der Typ C-Frakturen und Frakturlokalisation

### 3.2 Operative Versorgung

Die operative Versorgung des hinteren Beckenrings mit dem transiliakalen Fixateur interne erfolgte im Durchschnitt 4,9 (+/- 2,8) Tage nach Trauma. Bei 6 Patienten wurde im Schockraum eine äußere Beckenzwinge angelegt. Der operative Wechsel auf den Fixateur interne erfolgte am 3.Tag, 8.Tag sowie am 12.Tag. Bei weiteren 12 Patienten erfolgte die Stabilisierung des hinteren Beckenrings als sekundärer Eingriff nach vorausgegangener ventraler Stabilisierung.

Die mittlere Operationszeit zur Implantation des transiliakalen Fixateur interne betrug 28,6 (+/- 6,2) Minuten (Intervall: 20 bis 48 Minuten). Der intraoperative Blutverlust wurde im Mittel auf weniger als 50ml geschätzt. Die Reposition konnte in nahezu allen Fällen manuell durchgeführt werden. Bei 2 Patienten war die Reposition mit Hilfe zusätzlicher Schanz-Schrauben erforderlich. Die durchschnittliche Durchleuchtungszeit belief sich auf 0,3 (+/- 0,2) Minuten (Intervall: 0,1 bis 1,0 Minuten). Die postoperative Mobilisierung erfolgte im Durchschnitt 12,1 (+/- 5,6) Tage postoperativ. 35 Prozent der Patienten konnten innerhalb der ersten sieben Tage mobilisiert werden. Maßgeblich beeinflusst wurde die verzögerte Mobilisierung durch den teilweise sehr langen Aufenthalt auf der Intensivstation bzw. die Zusatzverletzung der unteren Extremitäten.

### 3.3 Postoperative Komplikationen

Die Letalität in diesem Kollektiv lag mit 2 Patienten bei 2,9 Prozent. Als Todesursachen lagen ein Schädel-Hirn-Trauma und ein Herzversagen vor. 2 Patienten erlitten eine tiefe Beinvenenthrombose mit sekundärer Lungenembolie. 13 Patienten entwickelten posttraumatische ein isoliertes Lungenversagen (ARDS), wodurch sich der Aufenthalt auf der Intensivstation bis auf maximal 66 Tage verlängerte. 4 Patienten erlitten eine Wundinfektion in den ersten vier Wochen postoperativ. Diese Patienten waren aufgrund ihrer Polytraumatisierung langzeitbeatmet und in ständiger Rückenlage bei ausgedehntem lokalen Weichteilschaden. 1 Implantatfehlage konnte im gesamten Kollektiv beobachtet werden. In einem Fall kam es zu einer sekundären Dislokation als Folge eines Implantatversagens. Implantatbedingte, zusätzliche Verletzungen im Sinne von Gefäß- oder Nervenschäden traten in keinem der Fälle auf (Tabelle 8). Präoperative Nervenfunktionsstörung en bildeten sich bei 5 von 11 Patienten vollständig zurück. 1 Patient klagte über anhaltende Sensibilitätsstörungen bei zurückgebildeten motorischen Störungen. Bei 4 Patienten mit primär urogenitalen Verletzungen bestanden anhaltende sexuelle Funktionsstörungen mit nachfolgender urologischer Behandlung. Inkontinenz bestand bei 3 Patienten. Der Anteil von lokalen Druckbeschwerden über der Spina iliaca posterior superior im Liegen wurde von 12 Patienten angegeben. Im Stehen und Sitzen waren alle Patienten jedoch diesbezüglich beschwerdefrei. In 8 Fällen konnte eine klinisch asymptotische Implantatlockerung ohne Verlust des Repositionsergebnisses im Mittel 16 Monate postoperativ im Rahmen der Implantatentfernung festgestellt werden. Die vorliegenden transforaminalen Sakrumfrakturen bzw. Sakroiliacalgelenkssprengung waren zu diesem Zeitpunkt verheilt (Tabelle 8).

**Tabelle 8 :**

#### Allgemeine Komplikationen

	Anzahl	%
Exitus letalis	2	2,9%
LungenembolienachTBV	2	2,9%
ARDS	13	19,4%

## Implantatspezifische Komplikationen

	Anzahl	%
Wundinfektion	4	5,9%
Schmerzen im Implantatlager beim Liegen	12	17,9%
Implantatlockerung	8	11,9%
Implantatfehlage	1	1,5%
Implantatversagen	1	1,5%
Implantatbedingte Gefäß-Nerven-Läsionen	-	-

Die Implantatentfernung erfolgte im Durchschnitt nach 11,9 (+/- 4,6) Monaten. Bei drei Patienten musste wegen eines lokalen Infektes das Implantat am 13., 28. und 30. Tag entfernt werden.

### 3.4 Ergebnisse des Pelvic Outcome Score und der sozialen Reintegration

#### 3.4.1 Klinisches Resultat

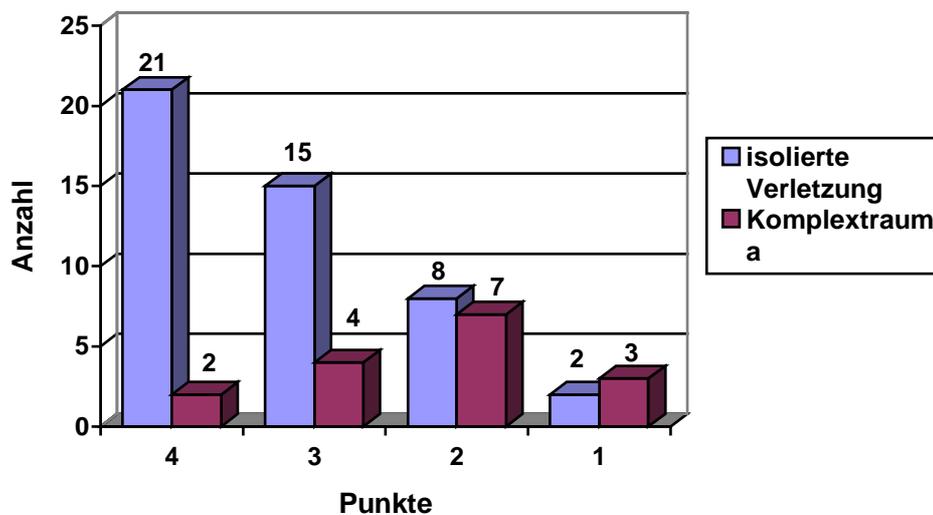
Von den 46 Patienten mit isolierter knöcherner Beckenverletzung vom Typ C gaben 21 an, keinerlei Beschwerden zu haben (4 Punkte). Dies entspricht einem Anteil von 45,7%. 15 Patienten (32,6%) empfanden subjektiv geringgradige Beeinträchtigungen (3 Punkte). 8 Patienten (17,4%) klagten über regelmäßige belastungsabhängige Schmerzen und deutliche Funktionsbehinderung (2 Punkte). Dauerhafte Schmerzzustände mit Blasen-/Mastdarminkontinenz wurden von 2 (4,3%) der 46 Patienten beklagt (1 Punkt).

Bei den 16 Patienten mit Komplextrauma waren die klinischen Resultate erwartungsgemäß schlechter. Hier waren 2 Patienten (12,5%) beschwerdefrei (4 Punkte). 4 Patienten (25%) berichteten über geringgradige Beeinträchtigungen (3 Punkte). 7 Patienten (43,8%) klagten über deutliche Funktionsbehinderungen mit urologischen Funktionsstörungen (2 Punkte) und 3 weitere Patienten (18,7%) litten an dauerhaften Schmerzen mit Störung der Blasen-/Mastdarm-Funktion (Tabelle 9, Abb. 54).

Tabelle9:

Klinisches Resultat	Punkte	Isolierte C Verletzung (n=46)	Komplextraumata (n=16)
• Beschwerdefrei	4	21	2
• Belastungsschmerz • geringe funktionelle Einschränkung • sensible Ausfälle	3	15	4
• Schmerz bei geringer Belastung • deutliche funktionelle Einschränkung • motorische Ausfälle • geringe neurologische Defizite	2	8	7
• Dauerschmerz • Gehhilfedauerhaft • Verlust der Schutzsensibilität • Sexualstörung • Blasen- oder Mastdarminkontinenz	1	2	3

Abbildung54: Klinisches Nachuntersuchungsergebnis



### 3.4.2 Radiologisches Resultat

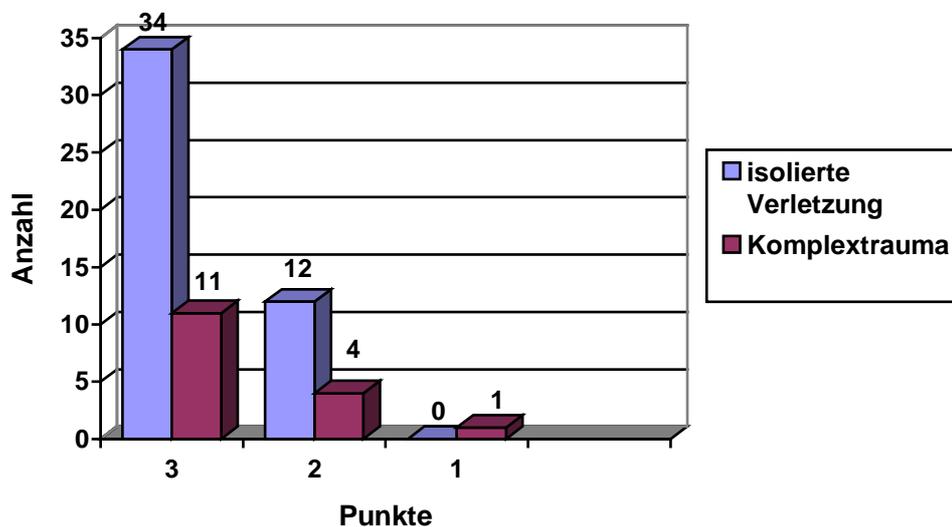
Bei der Bewertung der radiologischen Ergebnisse wurde ebenfalls zwischen isolierten knöchernen Beckenringverletzungen vom Typ C und Beckenkomplextraumata unterschieden. Dabei wurde auf den zur Verfügung stehenden Aufnahmen die größte Dislokation des hinteren Beckenrings gemessen. 34 (73,9 %) der 46 Patienten hatten ein radiologisches Ausheilungsergebnis in nahezu anatomischer Stellung (3 Punkte). Bei 12 Patienten (26,1 %) lag ein Ausheilungsergebnis mit einer Dislokation von weniger als 5 mm vor (2 Punkte). Und

bei keinem der 46 Patienten lagen postoperative Fehlstellungen von  $> 5$  mm vor. Bei den Komplextraumata war die Verteilung ähnlich. Bei 11 Patienten (68,8 %) heilten die Verletzungen in nahezu anatomischer Stellung, bei 4 Patienten (25 %) mit einer Dislokation von  $< 5$  mm und bei 1 Patient (6,2 %) mit  $> 5$  mm (Tabelle 10, Abb. 55). Insgesamt betrug die präoperative Fragmentdislokation des hinteren Beckenrings  $8,7 (+/- 5,7)$  mm. Postoperativ konnte ein Wert von  $2,5 (+/- 1,5)$  mm erzielt werden.

Tabelle 10:

Radiologisches Resultat	Punkte	Isolierte C Verletzung (n=46)	Komplextraumata (n=16)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anatomische Heilung</li> <li>• Vorderer Beckenring (Symphyse) <math>&lt; 5</math> mm</li> <li>• Scham- und/oder Sitzbein <math>&lt; 10</math> mm</li> </ul>	3	34	11
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posteriore Fehlstellung <math>&lt; 5</math> mm</li> <li>• Vorderer Beckenring (Symphyse) <math>&lt; 10</math> mm</li> <li>• Scham- und/oder Sitzbein <math>&lt; 15</math> mm</li> </ul>	2	12	4
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posteriore Fehlstellung <math>&gt; 5</math> mm</li> <li>• Vorderer Beckenring (Symphyse) <math>&gt; 10</math> mm</li> <li>• Scham- und/oder Sitzbein <math>&gt; 15</math> mm</li> </ul>	1	-	1

Abbildung 55: Radiologisches Nachuntersuchungsergebnis



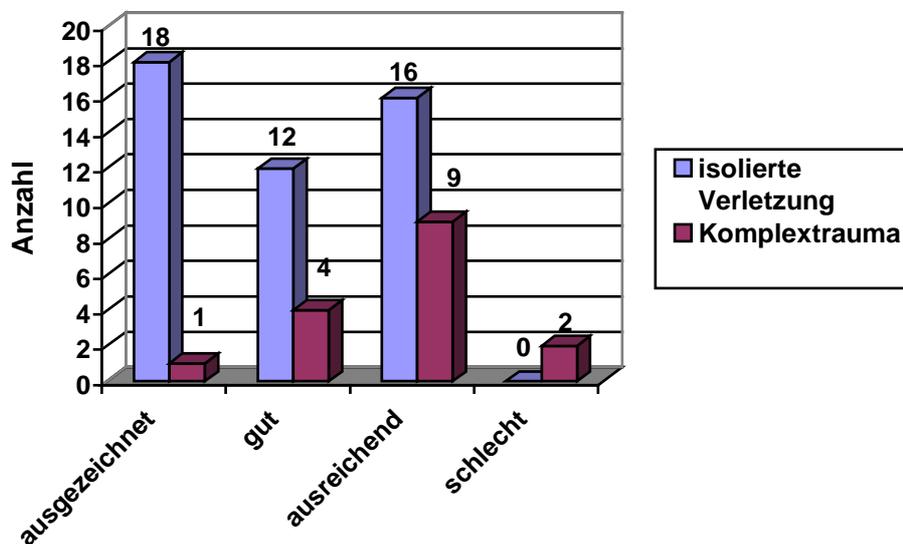
### 3.4.3 Gesamtergebnis des Pelvic Outcome Score

Gemäß dem Pelvic Outcome Score der DGU wurde das klinisch/radiologische Ergebnis bei 18 von 46 Patienten als ausgezeichnet, bei 12 als gut und bei 16 als ausreichend angegeben. Keiner der Patienten wurde als schlecht bewertet. Bei den Komplextraumata wurde 1 von 16 Patienten als ausgezeichnet, 4 als gut, 9 als ausreichend und 2 als schlecht klassifiziert (siehe Tabelle 11, Abb. 56).

**Tabelle 11:**

Summe	Punkte	Isolierte C-Verletzung (n=46)	Komplextraumata (n=16)
ausgezeichnet	7	18 (39,1%)	1 (6,3%)
gut	6	12 (26,1%)	4 (25%)
ausreichend	4-5	16 (34,8%)	9 (56,2%)
schlecht	1-3	-	2 (12,5%)

**Abbildung 56:** Gesamtergebnis des Pelvic Outcome Score



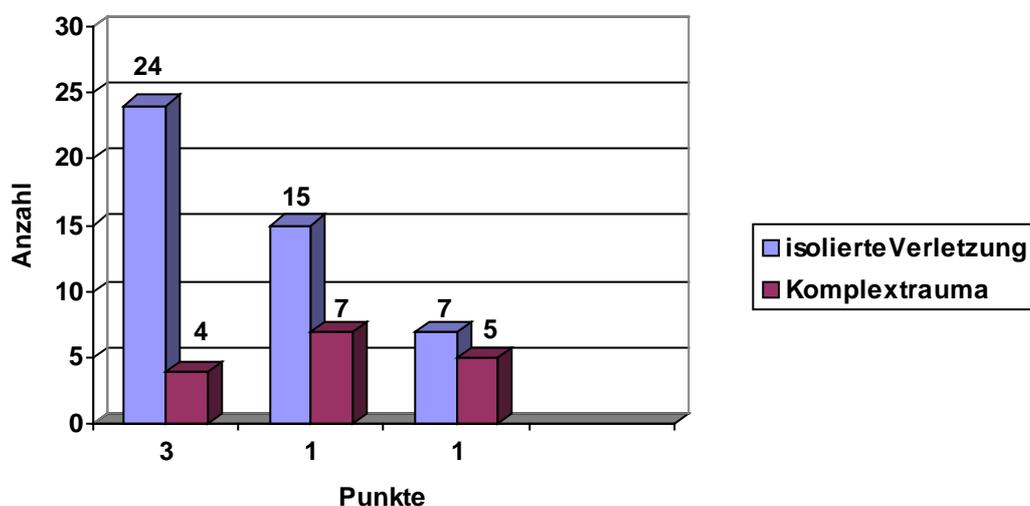
### 3.4.4 ErgebnissedersozialenReintegration

Die soziale Reintegration wurde anhand des Evaluationsbogens der DGU-B eckengruppe bewertet. 24 von 46 Patienten (52,2%) beschrieben eine unveränderte soziale A ktivität in FreizeitundBeruf(3Punkte),15Patienten(32,6%)beklagteneineleicht eEinschränkungund 7 Patienten (15,2%) berichteten über deutliche Einschränkungen in Beruf und Fr eizeit. Bei denKomplextraumata war die Verteilung schlechter, lediglich 4Pa tienten(25%)berichteten überunverändertesozialeReintegration.7Patienten(43,8%)warengeri nggradigund5der16 Patienten(31,2%)erheblichinFreizeitundBerufeingeschränkt(sieheTabelle12).

**Tabelle12** :SozialeReintegration

SozialeReintegration	Punkte	IsolierteC Verletzung (n=46)	Komplextrauma (n=16)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unverändert</li> </ul>	<b>3</b>	24(52,2%)	4(25%)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beruflicheingeschränkt</li> <li>• Umschulungläuft</li> <li>• Sportlichu.sozialgeringgradig eingeschränkt</li> <li>• GelegentlichexterneHilfe</li> </ul>	<b>2</b>	15(32,6%)	7(43,8%)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berufsunfähig</li> <li>• Sportlichu.sozialdeutlich eingeschränkt</li> <li>• HäufigexterneHilfe</li> </ul>	<b>1</b>	7(15,2%)	5(31,2%)

**Abbildung57**: ErgebnissedersozialenReintegration



## 6. Diskussion

Beider Stabilisierung des hinteren Beckenrings ist man unabhängig vom Operationsverfahren mit zwei Problemfeldern konfrontiert. Entweder man benötigt einen relativ großen Zugang mit entsprechender Zugangsmorbidität, der sowohl den Zeitpunkt als auch die Durchführbarkeit der Operation limitiert [48, 110]. Oder es finden wenige minimal invasive Osteosynsetechniken Anwendung, wie beispielsweise die transiliosakrale Verschraubung [56, 68]. Dann besteht neben einer begrenzten Repositionsmöglichkeit das Risiko für eine intraoperative Gefäß- und Nervenschädigung. Somit war die Motivation zur Entwicklung einer Osteosynsetechnik gegeben, welche neben einer minimal invasiven Implantationstechnik ein geringes Risiko von intraoperativen Gefäß-Nerven-Läsionen beinhalten sollte.

Bei den dorsalen Stabilisierungstechniken sind Wundheilungsstörungen häufig. Für die transiliakale Gewindestabosteosynthese werden Infektionsraten von bis zu 33% beschrieben [39, 56]. Im eigenen Krankengut erlitten 4 von 67 Patienten (5,9%) eine Wundinfektion. Dies trat zu Beginn der Studie auf. Diese Patienten waren aufgrund von Begleitverletzungen langzeitbeatmet in Rückenlage auf der Intensivstation und hatten eine ausgedehnte Weichteilschädigung. Im weiteren Verlauf wurde die Schnittführung zur Implantation dahingehend modifiziert, dass diese latero-cranial vom eigentlichen Insertionspunkt angesetzt wird. Auch einer „möglichst flachen“ Schraubenlage kommt bei der Verhinderung von Weichteilirritationen große Bedeutung zu. (Abb. 40). Darüber hinaus wird der lokalen Druckproblematik mit der neuen Generation des USS mit flacheren Schraubenköpfen weiter Abhilfe geschaffen. Ein schichtweiser Wundverschluss ist zur Prophylaxe einer postoperativen Wundinfektion wichtig. Es ist sehr darauf zu achten, dass die Schraubenköpfe nicht nur von subkutanem Fett, sondern auch durch die Faszie der autochthonen Rückenmuskulatur bedeckt sind. Die Erfahrungen, die sich im vorgestellten Patientenkollektiv mit dem System gewinnen ließen, bestätigen, dass es den initial gestellten Anforderungen wie minimaler Invasivität und ausreichender Stabilität bei geschlossener Repositionsmöglichkeit gerecht wird. Die Hauptindikation besteht bei allen unilateralen Instabilitäten des hinteren Beckenrings. Damit steht es in Konkurrenz zu etablierten Systemen wie z.B. der transiliosakralen Verschraubung oder der Plattenosteosynthese. Beide Techniken finden ebenfalls Anwendung. Die Implantation erfolgte im obengenannten Zeitraum durch den Operateur. Bilaterale Frakturen stellen eine eingeschränkte Indikation dar. Bei diesen Fällen kann das System lediglich der Schließung des hinteren Beckenrings dienen. Eine Belastungsstabilität liegt dann nicht vor. Im vorgestellten Patientengut war dies bei

polytraumatisierten Patienten der Fall, bei denen ein ausgedehnteres Verfahren aufgrund der Begleitverletzungen nicht in Frage kam. Die ideale Indikation ist die einseitige Iliosakralfugensprengung oder einseitige Sakrumfraktur mit geringer oder mittlerer Dislokation. Bei diesen Verletzungen kann der Fixateur interne ausreichende Kompression auf die Verletzung bringen und eine Ausheilung in dieser Stellung gewährleisten. Transforaminale Sakrumfrakturen können nach Reposition auch ohne Kompression stabilisiert werden, um Nervenwurzeln nicht zu komprimieren. Bei knöcherner Einklemmung von Sakralwurzeln muss offen dekomprimiert und reponiert werden. Sakrumfrakturen in Zone 3 nach Denis stellen eine erweiterte Indikation dar. Im eigenen Krankengut war dies zweimal der Fall. Bei Iliosakralfugenverletzungen mit knöcherner Verletzung des dorsalen Os iliums ist der TIFI kontraindiziert, weil hier die Pedikelschraube keinen ausreichenden Halt finden.

Die morphometrischen Daten des vorgestellten Patientengutes hinsichtlich Alters- und Geschlechtsverteilung sowie der Unfallursache, Begleitverletzung und Verletzungsschwere hinsichtlich PTS und ISS sind vergleichbar mit den Kollektiven anderer Autoren [88, 95, 100].

Die operative Stabilisierung des hinteren Beckenrings erfolgte im eigenen Patientenkollektiv im Schnitt nach 4,9 Tagen. Dies lag zum einen daran, dass einige Patienten initial mit der Beckenzwinge stabilisiert wurden. Nach cardiopulmonaler Stabilisierung erfolgte dann der Wechsel von Beckenzwinge auf Fixateur interne. Heini konnte in einem Kollektiv von 30 Patienten die Effektivität dieses Verfahrens zeigen. Hier wird ein positiver Effekt der Beckenzwinge bei vertikal instabilen Verletzungen und hämodynamisch instabilen Patienten gezeigt [48]. Auch in dieser Studie erfolgte der Verfahrenswechsel des dorsalen Beckenrings nach 4,5 Tagen. Die definitive Osteosynthese des hinteren Beckenrings sollte erst nach Optimierung der Vitalparameter des Patienten erfolgen. Gute Repositionsergebnisse lassen sich bis zum 21. Tag erzielen [69].

Das hier vorgestellte Verfahren des transiliakalen Fixateur interne stellt ein relativ einfaches und wenig traumatisierendes Verfahren dar. Dies spiegelt sich in einer kurzen Operationszeit von im Mittel 28 Minuten sowie einem geringen Blutverlust wider. Bei geschlossener Reposition des hinteren Beckenrings können zusätzliche Schanzschrauben, die in „Joystick-Technik“ verwendet werden, hilfreich sein. Bei starker Redislokationstendenz kann ein perkutan eingebrachter 2,0 mm Spickdraht das Ergebnis temporär halten. Das Repositionsergebnis muss mit dem Bildwandler in den 3 Standardebenen kontrolliert werden.

Bei geschlossener Reposition stellt die transiliosakrale Verschraubung eine Behandlungsalternative dar.

Auch wenn die Repositionsergebnisse in offener Technik genauer sind, bietet ein geschlossenes Verfahren neben einer geringeren Zugangsmorbidität ein gleichwertiges Outcome. Die postoperative Fragmentstellung korreliert nicht immer mit dem funktionellen Ergebnis [77]. Im eigenen Krankengut konnten 45 von 62 Patienten anatomisch reponiert werden. In 16 Fällen war die postoperative Fragmentstellung des hinteren Beckenrings mit einer Dislokation von unter <5mm verbunden.

In keinem der Fälle kam es im vorgestellten Krankengut zu einer iatrogenen Gefäß- oder Nervenschädigung. Obwohl die minimal-invasive Iliosakralfugenverschraubung ein Standardverfahren in der Versorgung von hinteren Beckenringverletzungen darstellt, ist hier eine exakte Platzierung von Schrauben mit Vermeidung neurologischer Komplikationen ausgesprochen wichtig. Der Korridor der korrekten Schraubenlage im ersten Sakralwirbel ist klein. Bei Fehlinsertionen der Schrauben besteht die Gefahr S1-Wurzelläsion bzw. der Perforation des anterioren Cortex [114].

Die Angaben bezüglich Schraubenfehlplatzierung mit neurologischen Störungen bei konventioneller Implantationstechnik liegen in der Literatur bei bis zu 15 % [103]. Ferner werden Schraubenlockerungen und sekundäre Repositionsverluste beschrieben [97, 110]. Neben neurologischen Irritationen stellt eine Läsion der A. glutea superior eine gefürchtete Komplikation dar [2].

Zusätzlich zu den bereits erwähnten Stabilisierungstechniken beschreibt Ragnarsson eine modifizierte ventrale Plattenosteosynthese, die jedoch ebenfalls eine offene ventrale Darstellung der IS-Fuge erforderlich macht. In einer Serie von 23 Patienten erzielt er in 18 Fällen exzellente bis gute Ergebnisse. Die Infektionsrate lag bei 4,5%. Ein Patient hatte eine Läsion des Plexus lumbosacralis [97].

Nach dem Pelvic Outcome Score waren im eigenen Patientengut von den C-Verletzungen 65,2 % als gut und ausgezeichnet sowie 34,8 % als ausreichend bewertet worden. Bei den Komplextraumata waren 31,3% als gut und ausgezeichnet, 56,2% als ausreichend und 12,5 % als schlecht eingestuft. Die Differenzierung zwischen rein knöchernen Typ C-Verletzungen und Komplextraumata erfolgte deshalb, da sich diese hinsichtlich ihrer Prognose deutlich unterscheiden [95, 123].

Pohlemann fand in einer Studie von 58 operativ behandelten Typ B- und C-Verletzungen bei lediglich 27% der Patienten ein gutes oder exzellentes Outcome bei C-Verletzungen, obwohl diese anatomisch reponiert worden waren. In der multizentrischen Studie der DGU

Beckengruppen konnten von 1722 Patienten 486 nachuntersucht werden. Davon hatten 75 eine C-Verletzung. Ein gutes bis sehr gutes Outcome hatten 54% dieser Patienten [95].

Wie aus der Literatur als auch aus dem eigenen Patientenkollektiv hervorgeht, scheint die Minimalinvasivität verbunden mit stabiler Osteosynthese vorteilhaft in der Versorgung von hinteren Beckenringinstabilitäten zu sein [6, 103]. Zusätzliche intraoperative bildgebende Verfahren, wie die Computertomographie oder die Navigation, bieten hier neue Hilfen [41, 51, 121]. Bereits 1991 beschrieb Nelson die Möglichkeit der CT-gesteuerten Iliosakralfugenverschraubung und erzielte bei 8 Patienten eine exakte Schraubenlage über einen minimalinvasiven Zugang [76]. Stöckle zeigte an 19 Patienten die Möglichkeiten der C-Arm-basierten navigationsgestützten IS-Verschraubung. Er weist neben der guten und sicheren Platzierung auf die Möglichkeit der Schraubenkontrolle nach Reposition hin [112]. Beide Techniken, sowohl die CT-gesteuerte als auch die navigationsgestützte, stellen jedoch ein nicht unerhebliches apparatives und zeitliches Mehraufwand dar, das sich mit dem TIFI vermeiden läßt.

Die Erfahrungen, die sich bisher mit dem vorgestellten System gewinnen ließen, zeigen, dass sich mit dem transiliakalen Fixateur interne sowohl IS-Fugensprengungen als auch laterale und transforaminale Sakrumfrakturen stabilisieren lassen. Eine geschlossene Reposition und minimal invasive Implantationstechnik sind dabei möglich. Bei einem sehr geringen Risiko von intraoperativen Gefäß-Nervenverletzungen bietet eine ausreichende Stabilität.

## 7. Zusammenfassung

Das knöcherne Becken besteht aus den paarigen Beckenhälften und dem os sacrum. Die paarigen Beckenhälften entstehen entwicklungsgeschichtlich aus jeweils drei Anteilen, dem os ilium, dem os ischii und dem os pubis, die beim Erwachsenen knöchern fest miteinander verbunden sind. Verletzungen des Beckens sind mit einer Inzidenz von 3-20 auf Hunderttausend relativ selten. Hierbei überwiegen mehrheitlich leichte Verletzungen ohne Beeinträchtigung der Stabilität des Beckenrings, wie einfache vordere Beckenringfrakturen. Besondere Bedeutung haben jedoch instabile Beckenfrakturen mit Unterbrechungen des Beckenringes, die bei Rasantraumen auftreten und häufig Teil eines Polytraumas sind. Der häufigste Grund solcher Verletzungen sind Verkehrsunfälle gefolgt von Stürzen aus grosser Höhe. Die Einteilung der Frakturen erfolgt dabei nach dem Klassifikationssystem der AO in Typ A-, B- und C-Frakturen mit den jeweiligen Untergruppen. Ziel der klinischen Diagnostik nach Beckenverletzungen ist es, ohne Zeitverzögerung lebensbedrohliche Beckenverletzungen mit mechanischer und hämodynamischer Instabilität zu erkennen. Die exakte Feindiagnostik spielt dabei eine untergeordnete Rolle, wesentlich ist die Feststellung von Unterbrechungen und Fehlstellungen des Beckens sowie die Diagnose von pelvischen Blutungen und Organverletzungen, um eine Erstversorgung des Patienten nach dem Beckennotfallalgorithmus durchzuführen. Bei stabilem oder stabilisiertem Allgemeinzustand des Patienten wird sekundär die Diagnostik erweitert, um eine möglichst exakte Vorstellung vom Ausmaß der Verletzung zu erhalten und um über das weitere Vorgehen zu entscheiden.

Zur Notfallstabilisierung des Beckens bei Patienten mit beckenbedingter Kreislaufinstabilität stehen neben der chirurgischen Blutstillung durch Tamponade äussere Verfahren wie der Fixateur externe und die Beckenzwinge zur Verfügung. Die definitive Stabilisierung des Beckenrings bei instabilen Beckenverletzungen erfolgt heute aufgrund besserer Ergebnisse der operativen Behandlung im Vergleich zur konservativen Therapie überwiegend operativ. Zur Frakturstabilisierung stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Frakturen des vorderen Beckenrings können mit Fixateur externe, aber auch mit Platten oder Schrauben versorgt werden. Zur Stabilisierung von Frakturen des hinteren Beckenrings stehen je nach Lokalisation der Fraktur sowohl Osteosyntheseverfahren über einen offenen Zugang als auch minimal-invasive Verfahren unter Zuhilfenahme von bildgebender Technik zur Verfügung. Eine weitere Osteosynthesetechnik zur Stabilisierung des hinteren Beckenrings ist der transiliakale Fixateur interne (TIFI).

Dieser ist eine Technik zur minimal-invasiven Stabilisierung von Iliosakralfugensprengungen sowie lateralen und transforaminalen Sakrumfrakturen.

Über Mini-Inzisionen werden beidseits 7,0 mm USS-Pedikelschrauben (Universal-Spine-System, Synthes) 1–2 cm kranial der Spina iliaca posterior superior parallel zur Linea glutea posterior eingebracht. Der Schraubenverbindungsstab wird subfaszial eingeschoben und mit den Pedikelschrauben winkelstabil verbunden.

Zwischen 2000 und 2005 wurden 67 Patienten mit vertikal instabilen Beckenbrüchen mit dem TIFI stabilisiert und die Ergebnisse in einer prospektiven Studie klinisch, radiologisch und unter Verwendung des Pelvic Outcome Score analysiert. 3,1 Jahre postoperativ zeigten sich bei den Typ-C-Instabilitäten 62,5 % gute bis sehr gute Ergebnisse. Implantatbedingte Gefäß- und Nerven-Läsionen wurden nicht beobachtet. 4 Wundinfektionen, 8 Implantatlockerungen sowie 1 Implantatfehlplatz traten auf. In einem Fall kam es zu einer sekundären Dislokation als Folge eines Implantatversagens. Die ersten Erfahrungen zeigen somit, dass sich mit dem TIFI sowohl IS-Fugensprengungen als auch laterale und transforaminale Sakrumfrakturen stabilisieren lassen. Eine geschlossene Reposition und minimal-invasive Implantationstechnik sind dabei möglich. Bei einem sehr geringen Risiko von intraoperativen Gefäß- und Nervenverletzungen bietet der TIFI eine ausreichend biomechanische Stabilität.

## 8. Fallbeispiele

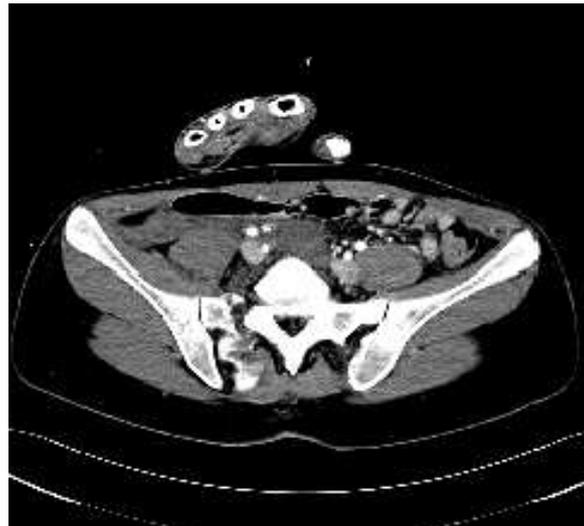
### Fallbeispiel 1:

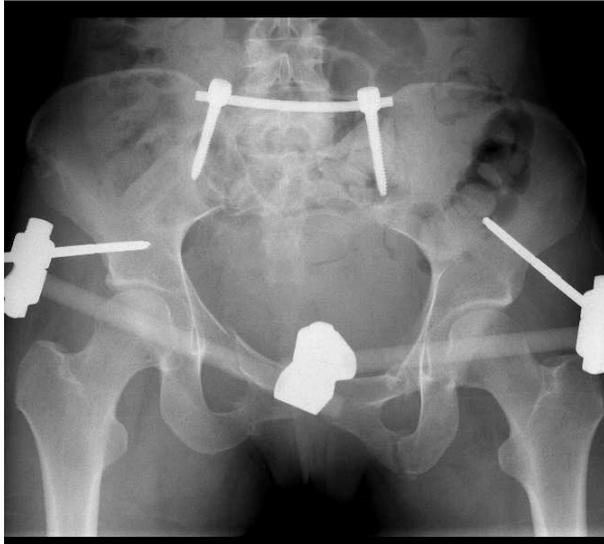
H.C., 17 Jahre, weiblich.

Bei einem Sprung in suizidaler Absicht erleidet die Patientin eine instabile Beckenringverletzung vom Typ C mit transforaminaler Sakrumfraktur rechts und vorderer Beckenringfraktur beidseits (Abb. 58). Zusätzlich bestehen eine offene bimalleoläre OSG-Luxationsfraktur 2. Grades links, eine HWK 7- Kompressionsfraktur sowie Calcaneusfrakturen beidseits. Neurologische Störungen bestehen nicht.

Bei der operativen Versorgung erfolgt die geschlossene Reposition und minimal-invasive Stabilisierung des hinteren Beckenrings mit dem transiliakalen Fixateur interne (TIFI). Nach Umlagerung der Patientin wird zusätzlich ein Fixateur externe zur Versorgung der vorderen Beckenringfrakturen montiert (Abb. 59). Die Entfernung des transiliakalen Fixateurs erfolgte 1 Jahr postoperativ nach Konsolidierung der Fraktur (Abb. 60).

**Abbildung 58:** Instabile Beckenringverletzung vom Typ C mit transforaminaler Sakrumfraktur rechts und vorderer Beckenringfraktur beidseits





**Abbildung59:** Versorgung des hinteren Beckenrings mit transiliakalem Fixateur sowie vorderen Beckenringfrakturen mit Fixateurexterne



**Abbildung60:** Zustand nach Implantatentfernung

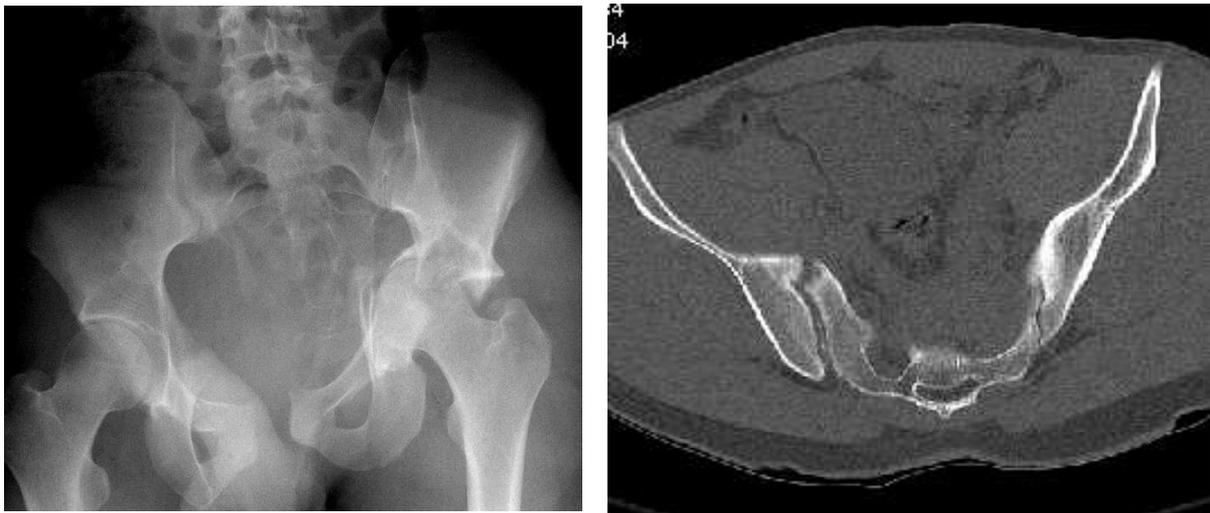
**Fallbeispiel2:**

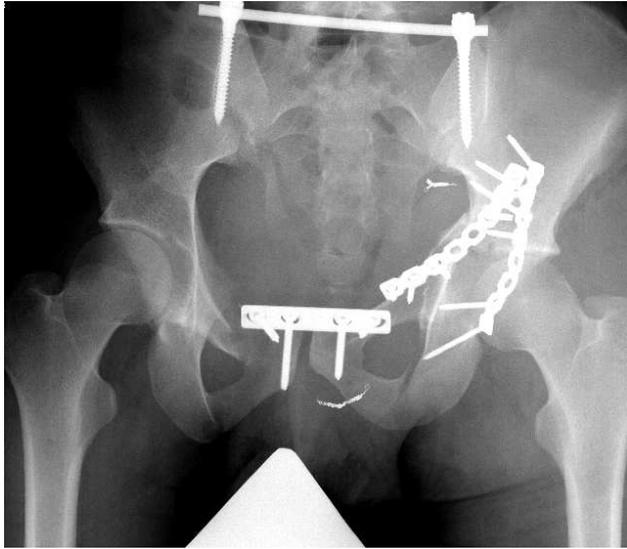
Z.B., 20 Jahre, männlich.

Nach einem Sturz mit dem Motorrad zeigte der Patient eine instabile Beckenverletzung vom Typ C mit ISG- Fugensprengung rechts, Symphysenruptur und Läsion des Plexus sacralis (Abb. 61). Zusätzlich bestehen eine Acetabulumfraktur links sowie eine Fraktur des oberen und unteren Schambeinastes links.

Aufgrund zunehmender Kreislaufinstabilität wurde eine Beckenzwinge angelegt. Im OP erfolgt dann die Versorgung der Symphysenruptur mit einer 4,5 mm Rekonstruktionsplatte. Die Acetabulumfraktur und die Fraktur des oberen und unteren Schambeinastes werden mit den entsprechenden Rekonstruktionsplatten versorgt. Der hintere Beckenring wird geschlossen reponiert und minimal-invasiv mit dem transiliakalen Fixateur interne (TIFI) stabilisiert (Abb. 62). Die Abbildung 63 zeigt den radiologischen Verlauf 1 Jahr postoperativ nach Entfernung des transiliakalen Fixateurs und der Symphysenplatte.

**Abbildung 61** : Instabile Beckenringverletzung vom Typ C mit ISG- Fugensprengung rechts, Symphysenruptur, Acetabulumfraktur links und Fraktur des oberen und unteren Schambeinastes links



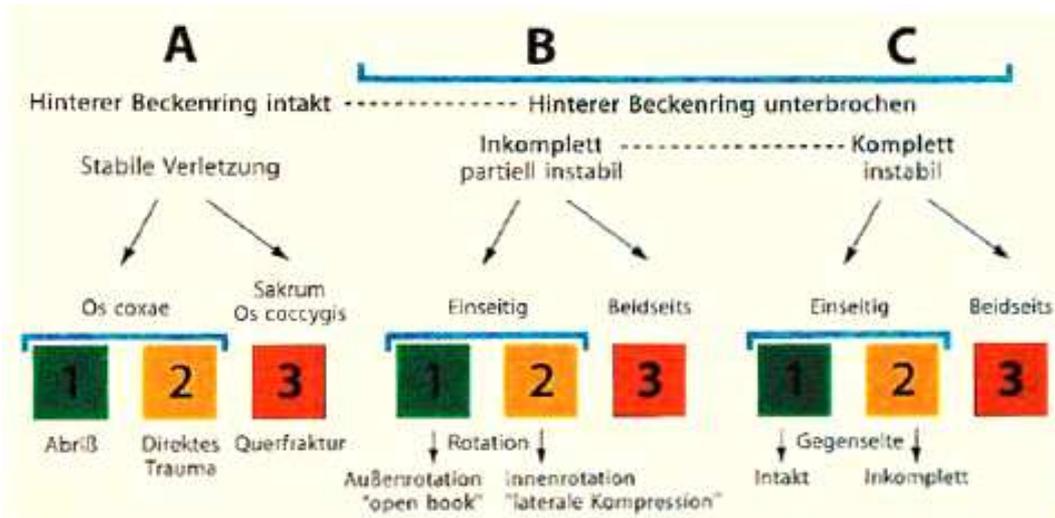


**Abbildung 62:** Stabilisierung des hinteren Beckenrings mit transiliakalem Fixateur interne sowie Verplattung der Symphyse und Stabilisierung der Acetabulumfraktur und Schambeinastfrakturen mit Rekonstruktionsplatten



**Abbildung 63:** Radiologischer Verlauf 1 Jahr postoperativ nach Entfernung des TIFI und der Symphysenplatte

## 9. Anhang



## Vollständige Diagnose

A	B	C
<p><b>A1 Hinterer Beckenring intakt, Fraktur Os coxae, Abrißfrakturen</b></p> <p>.1: Spina iliaca + a) .2: Beckenkamm .3: Tuber ischiadicum</p>	<p><b>B1 Unvollständige Läsion Hinterer Beckenring, einseitig, Außenrotationsverletzung ("open book")</b></p> <p>.1: Anteriore SI-Verletzung + c) .2: Sakrumfraktur + c)</p>	<p><b>C1 Komplette Unterbrechung Hinterer Beckenring, einseitig</b></p> <p>.1: Durch das Ilium + c) .2: Durch das SI-Gelenk + a) + c) .3: Durch das Sakrum + a)</p>
<p><b>A2 Hinterer Beckenring intakt, Fraktur Os coxae, Direkter Anprall</b></p> <p>.1: Beckenschaufel + a) .2: Einseitige Unterbrechung vorderer Beckenring (transpubisch) + a) .3: Beidseitige Unterbrechung vorderer Beckenring (transpubisch) + a)</p>	<p><b>B2 Unvollständige Läsion Hinterer Beckenring, einseitig, Innenrotation ("laterale Kompression")</b></p> <p>.1: Ventrale Impressionsfraktur Sakrum + b) + c) .2: Partielle SI-Luxation oder Luxationsfraktur + b) + c) .3: Inkomplette posteriore Iliumfraktur + b) + c)</p>	<p><b>C2 Komplette Unterbrechung Hinterer Beckenring, einseitig komplett, gegenseitig inkomplett</b></p> <p>.1: Komplet durch das Ilium + b) + c) .2: Komplet durch das SI-Gelenk + a) + b) + c) .3: Komplet durch das Sakrum + a) + b) + c)</p>
<p><b>A3 Hinterer Beckenring intakt, Tiefe Querfraktur Os sacrum</b></p> <p>.1: Luxation Os coccygeum .2: Unverschobene Sakrumfraktur .3: Verschobene Sakrumfraktur</p>	<p><b>B3 Unvollständige Läsion Hinterer Beckenring, beidseitig</b></p> <p>.1: Bilaterale "B1"-Verletzung ("open book") + a) + b) + c) .2: "B1" + "B2" + a) + b) + c) .3: Bilaterale "B2"-Verletzung ("laterale Kompression") + a) + b) + c)</p>	<p><b>C3 Komplette Unterbrechung Hinterer Beckenring, bilateral</b></p> <p>.1: Beidseits extrasakral + a) + b) + c) .2: Einseits transsakral, gegenseitig extrasakral + a) + b) + c) .3: Beidseits transsakral + a) + b) + c)</p>

## Qualifikatoren:

a) Hauptläsion

b) Gegenseitige Läsion

c) Läsion des vorderen Beckenrings

## 61-Qualifikatoren für die Untergruppen

(identisch für alle Untergruppen der Typen Bund C)	
a)	Beschreibt die Hauptläsion näher
	b) Definiert die begleitende kontralaterale posteriore Läsion
	c) Legt die begleitende Läsion des vorderen Ringsegmentes fest
<b>Typ A: Qualifikatoren a)</b>	<b>Typ C: Qualifikatoren a) und b)</b>
<b>A1.1</b> a1) anterior superior a2) anterior inferior a3) Tuberisch-iacum	<b>C1.2</b> a1) transiliakale Luxationsfraktur a2) reine Luxation a3) transsakrale Luxationsfraktur
<b>A2.1</b> a1) ein einzelnes Fragment a2) mehr als ein Fragment	<b>C1.3</b> a1) lateral a2) foraminal a3) zentral
<b>A2.2</b> a1) Fraktur durch die Schambeinäste oder den Sitzbeinast a2) Fraktur durch die Schambeinäste mit Beteiligung der Symphyse	<b>C2.1</b> Falls die inkomplette Läsion eine Open-book-Verletzung der Gruppe B1 ist (Außenrotation): b1) anteriore Verletzung SI-Gelenk b2) Sakrumfraktur Falls die inkomplette Läsion eine „laterale Kompression“ der Gruppe B2 ist („Innenrotation“): e Impressionsfraktur Sakrum f SI-Luxation oder g Luxationsfraktur
<b>A2.3</b> a1) bilateral transpubisch a2) transpubisch auf einer Seite mit Symphysenruptur	<b>C2.2</b> a1) transiliakale Luxationsfraktur a2) reine Luxation a3) transsakrale Luxationsfraktur b) identisch zu b1) bis b5) von <b>C2.1</b>
<b>Typ B: Qualifikatoren a) und b)</b>	<b>C2.3</b> a1) lateral a2) foraminal a3) zentral b) identisch zu b1) bis b5) von <b>C2.1</b>
<b>B1.1, B1.2:</b> ausschließlich Qualifikator c) benötigt	<b>C3.1</b> a1) Ilium a2) SI-Gelenk, transiliakale Luxationsfraktur a3) SI-Gelenk, transsakrale Luxationsfraktur a4) SI-Gelenk, reine Luxation b1) Ilium b2) SI-Gelenk, transiliakale Luxationsfraktur b3) SI-Gelenk, transsakrale Luxationsfraktur b4) SI-Gelenk, reine Luxation
<b>B2.1, B2.2, B2.3:</b> b1) "Bucket-handle-Verletzung" b2) keine "Bucket-handle-Verletzung"	<b>C3.2</b> a1) Sakrum, lateral a2) Sakrum, foraminal a3) Sakrum, zentral
<b>B3.1</b> a1) anteriore Verletzung SI-Gelenk a2) Sakrumfraktur b1) anteriore Verletzung SI-Gelenk b2) Sakrumfraktur	<b>C3.3</b> a1) Sakrum, lateral a2) Sakrum, foraminal a3) Sakrum, zentral b1) Sakrum, lateral b2) Sakrum, foraminal b3) Sakrum, zentral
<b>B3.2</b> als "B1-Verletzung" klassifiziert = die Hauptläsion ist eine Open-book-Verletzung: a1) anteriore Verletzung SI-Gelenk a2) Sakrumfraktur Eine B2-Läsion ("laterale Kompression") ist daher die gegenseitige Läsion: b3) ventrale Impressionsfraktur Sakrum b4) partielle SI-Luxation oder Luxationsfraktur b5) inkomplette posteriore Iliumfraktur	
<b>B3.3</b> a1) ventrale Impressionsfraktur Sakrum a2) partielle SI-Luxation oder Luxationsfraktur a3) inkomplette posteriore Iliumfraktur b3) ventrale Impressionsfraktur Sakrum b4) partielle SI-Luxation oder Luxationsfraktur b5) inkomplette posteriore Iliumfraktur	

**Die Qualifikatoren für die Läsion des vorderen Beckenrings c1) bis c9) sind identisch für alle Untergruppender Typen Bund C:**

- c1) einseitige Fraktur Os pubis/Scham-/Sitzbeinäste, gleichseitig zur posterioren Läsion
- c2) einseitige Fraktur Os pubis/Scham-/Sitzbeinäste, gegenseitig zur posterioren Läsion
- c3) beidseitige Fraktur Os pubis/Scham-/Sitzbeinäste
- c4) Symphysenruptur, alleinig,  $\leq 2,5$  cm
- c5) Symphysenruptur, alleinig,  $> 2,5$  cm
- c6) Symphysenruptur, alleinig, verkeilt
- c7) Symphysenruptur und ipsilaterale Fraktur Os pubis/Scham-/Sitzbeinäste („tilt-fracture“)
- c8) Symphysenruptur und kontralaterale Fraktur Os pubis/Scham-/Sitzbeinäste
- c9) Symphysenruptur und bilaterale Frakturen Os pubis/Scham-/Sitzbeinäste
- c10) keine anteriore Läsion

**Zusätzliche Begriffsdefinitionen für die Becken- und Acetabulumklassifikation**

- Bilateral: Hinterer Beckenring beidseits betroffen
- Hohe Variante: kraniale Frakturbegrenzung erreicht den Beckenkamm
- Ipsilateral: Seitenderschweren Läsion
- Tiefe Variante: kraniale Frakturbegrenzung erreicht die ventrale Begrenzung der Beckenschaukel
- Stabil: Läsionen, die den hinteren Beckenring nicht betreffen, Beckenboden intakt, normale, physiologische Belastungen werden toleriert und führen nicht zu einer weiteren Verschiebung
- Partiell stabil: Die Kontinuität der hinteren osteo-oligamentären Strukturen ist teilweise erhalten, der Beckenboden ist intakt oder zerrissen
- Instabil: Kompletter Verlust der dorsalen osteo-oligamentären Integrität, Beckenboden zerrissen
- Unilateral: Der dorsale Beckenring ist einseitig betroffen

## 10. Literaturverzeichnis

1. Agolini SF, Shah K, Jaffe J, Newcomb J, Rhodes M, Reed JF (1997) Arterial embolization is a rapid and effective technique for controlling pelvic fracture hemorrhage. *J Trauma* 43:395–399.
2. Altman DT, Jones CB, Routt ML (1999) Superior gluteal artery injury during iliosacral screw placement. *J Orthop Trauma* 13:220–227.
3. Asher MA, Strippgen WE (1986) Anthropometric studies of the human sacrum relating to dorsal transsacral implant designs. *Clin Orthop Relat Res* 203:58–62.
4. Baker SP, O'Neill B (1976) The Injury Severity Score: an update. *J Trauma* 1:882–885.
5. Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB (1974) The Injury Severity Score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma* 14:187–196. re.J
6. Barei DP, Bellabarba C, Mills WJ, Routt ML (2001) Percutaneous management of unstable pelvic ring disruptions. *Injury* 32(Suppl 1):SA33–44.
7. Bellabarba C, Ricci WM, Bolhofner BR (2000) Distraction external fixation in lateral compression pelvic fractures. *J Orthop Trauma* 14:475–482. teral
8. Ben-Menachem Y, Coldwell D, Young J, Burgess A (1991) Hemorrhage associated with pelvic fractures: causes, diagnosis and emergent management. *AJR Am J Roentgenol* 157:1005–1014.
9. Berg EE, Chebuhar C, Bell RM (1996) Pelvic trauma imaging: a blinded comparison of computed tomography and roentgenograms. *J Trauma* 41(994–998).
10. Blake-Toker AM, Hawkins L, Nadalo L et al. (2001) CT guided percutaneous fixation of sacroiliac fractures in trauma patients. *J Trauma* 51:1117–1121.
11. Bosch U, Pohlemann T, Haas N, Tscherne H (1992) Klassifikation und Management des komplexen Beckentraumas. *Unfallchirurg* 95:189–196.
12. Bosch U, Pohlemann T, Tscherne H (1992) Strategie bei der Primärversorgung von Beckenverletzungen. *Orthopäde* 21:385–392.
13. Broos P, Vanderschot P, Craninx L, Rommens P (1992) The operative management of unstable pelvic fractures. *Int Surg* 77(303–308).
14. Browner BD, Cole JD, Graham J et al. (1987) Delayed posterior internal fixation of unstable pelvic fractures. *J Trauma* 27(9):998–1006. onof
15. Bruch HP, Trentz O (2006) *Berchold Chirurgie*. Vol. 5. Urban & Fischer Verlag, München, Jena.
16. Buckle R, Browner B, Morandi M (1995) Emergency reduction for pelvic ring disruptions and control of associated hemorrhage using the pelvic stabilizer. *Tech Orthop* 9:258–266.
17. Burgess A, Eastridge B, Young J, Ellison T, Ellison P, Poka A (1990) Pelvic ring disruption: effective classification systems and treatment protocols. *J Trauma* 30(7):848–856.
18. Cass AS (1989) Diagnostic studies in bladder rupture. Indications and techniques. *Urol Clin North Am* 16:267–273.
19. Corriere JN Jr, Sandler CM (1986) Management of the ruptured bladder. 7 years of experience with 111 cases. *J Trauma* 26:830–833.
20. Culemann U, Reilmann H (1997) Verletzung des Beckenrings. *Unfallchirurg* 100:487–496.
21. Culemann U, Seelig M, Lange U, Gänsslen A, Tosounidis G, Pohlemann T (2007) Vergleichende biomechanische Untersuchung zur internen Stabilisierung der

- transforaminalen Sakrumfraktur Unfallchirurg-Onlinefirst-  
http://www.springerlink.com.
22. Culemann U, Tosounidis G, Reilmann H, Pohlemann T (2003) Beckenringverletzung: Diagnostik und aktuelle Behandlungsmöglichkeiten. *Chirurg* 74:687-700.
  23. Davidson B, Simmons G, Williamson P, Buerk C (1993) Pelvic fractures associated with open perineal wounds: a survivable injury. *J Trauma* 35(1):36-39.
  24. Denis F, Steven D, Comfort T (1988) Sacral fractures: an important problem, retrospective analysis of 236 cases. *Clin Orthop* 227:67-81.
  25. Drost T, Rosemurgy A, Sherman H, Scott L, Williams J (1990) Major trauma in pregnant women: maternal/fetal outcome. *J Trauma* 30(5):574-578.
  26. Duwelius P, Van Allen M, Bray T, Nelson D (1992) Computed tomography-guided fixation of unstable posterior pelvic ring disruptions. *J Orthop Trauma* 6(4):420-426.
  27. Ebraheim N, Coombs R, Jackson W, Rusin J (1994) Percutaneous computed tomography-guided stabilization of posterior pelvic fractures. *Clin Orthop* 307:222-228.
  28. Egbers H, Draijer F, Havemann D et al. (1992) Stabilisierung des Beckenrings mit Fixateuren externe: biomechanische Untersuchungen und klinische Erfahrungen. *Orthopäde* 21:363-372. t
  29. Ertel W, Keel M, Eid K, Platz A, Trentz O (2001) Control of severe hemorrhage using C-clamp and pelvic packing in multiply injured patients with pelvic ring disruption. *J Orthop Trauma* 15:468-474.
  30. Failing M, McGanity P (1992) Unstable fractures of the pelvic ring. *J Bone Joint Surg Am* 74(5):781-791.
  31. Falchi M, Rollandi GA (2004) CT of pelvic fractures. *Eur J Radiol* 50:96-105.
  32. Füchtmeier B, Maghsudi M, Hente R, Nerlich M (2002) Minimal invasive winkelstabile Stabilisierung des dorsalen Beckenrings mit Fixateur interne -eine biomechanische Analyse. *Hefte Unfallchirurg* 284:393-394.
  33. Füchtmeier B, Maghsudi M, Neumann C, Hente R, Roll C, Nerlich M (2004) Die minimal-invasive Stabilisierung des dorsalen Beckenrings mit dem transilialen Fixateur interne (TIFI). Operative Technik und klinische Ergebnisse. *Unfallchirurg* 107(12):1142-1151. kalen
  34. Gänsslen A, Krettek C, Pohlemann T (2004) Emergency stabilization of pelvic instabilities with the pelvic C-Clamp. *Operat Orthop Traumatol* 16:192-204.
  35. Gänsslen A, Pohlemann T, Krettek C (2005) Der einfache supraacetabuläre Fixateur externe für die Behandlung von Beckenfrakturen. *Operat Orthop Traumatol* 13:296-312. ur
  36. Gänsslen A, Pohlemann T, Krettek C (2005) Die anteriore Stabilisierung der Sakroiliacgelenksprengung. *Operat Orthop Traumatol* 17(281-295).
  37. Gänsslen A, Pohlemann T, Paul Ch, Lobenhoffer Ph, Tscherner H (1996) Epidemiology of pelvic ring injuries. *Injury* 27/1:13-20.
  38. Ganz R, Krushell R, Jakob R, Küffer J (1991) The antishock pelvic clamp. *Clin Orthop* 267:71-78.
  39. Goldstein A, Philips T, Sclafani S J et al. (1986) Early open reduction and internal fixation of the disrupted pelvic ring. *J Trauma* 26(4):325-333.
  40. Govender S, Sham A, Singh B (1990) Open pelvic fractures. *Injury* 21(6):373-376.
  41. Grützner PA, Rose E, Vock B, Holz F, Nolte LP, Wentzensen A (2002) Computer-assistierte perkutane Verschraubung des hinteren Beckenrings. *Der Unfallchirurg* 105(3):254-260. g
  42. Gulikv. T, Raaymakers E, Broekhuizen A, Karthaus A (1987) Complications and Late Therapeutic Results of Conservatively Managed Unstable Pelvic Ring Disruptions. *Neth J Surg* 39:175-178. ons.

43. Gunterberg B, Goldie I, Slätis P (1978) Fixation of pelvic fractures and dislocations; An experimental study on the loading of pelvic fractures and sacroiliac dislocations after external compression fixation. *Acta Orthop Scand* 49:278-286.
44. Gylling SF, Ward RE, Holcroft JW, Bray TJ, Chapman MW (1985) Immediate external fixation of unstable pelvic fractures. *Am J Surg* 150:721-724.
45. Hanson P, Milne J, Chapman M (1991) Open fractures of the pelvis: review of 43 cases. *J Bone Joint Surg Br* 73(2):325-329.
46. Harrington K (1992) The use of hemipelvic allografts or autoclaved grafts for reconstruction after wide resections of malignant tumors of the pelvis. *J Bone Joint Surg Am* 74(3):331-341.
47. Havemann D (1997) Der Fixateur externe bei Beckenringfrakturen. *Op-Journal* 13:42-45.
48. Heini PF, Witt J, Ganz R (1996) The pelvic C-clamp for the emergency treatment of unstable pelvic ring injuries. A report on clinical experience of 30 cases. *Injury* 27 (Suppl 1):S-A38-45.
49. Heinrich SD, Sharps CH, Cardea JA, Gervin AS (1988) Open pelvic fracture with vaginal laceration and diaphragmatic rupture in a child. *J Orthop Trauma* 2(3):257-261.
50. Henderson R (1989) The long-term result of nonoperatively treated major pelvic disruption. *J Orthop Trauma* 3:41-47.
51. Hufner T, Pohlemann T, Tarte S et al. (2002) Computer-assisted fracture reduction of pelvic ring fractures: an in vitro study. *Clin Orthop* 399:231-239.
52. Josten C, Schildhauer TA, Muhr G (1994) Therapy of unstable sacrum fractures in pelvic ring. Results of osteosynthesis with early mobilization. *Chirurg* 65:970-975.
53. Käch K, Trentz O (1994) Distraction spondylosis of the sacrum in „vertical shear lesions“ of the pelvis. *Unfallchirurg* 97:28-38.
54. Keating JF, Werier J, Blachut P et al. (1999) Early fixation of the vertically unstable pelvis: the role of iliosacral screw fixation of the posterior lesion. *J Orthop Trauma* 13:107-113.
55. Kellam JF (1989) The role of external fixation in pelvic disruptions. *Clin Orthop* 241:66-82.
56. Kellam JF, McMurtry RY, Paley D, Tile M (1987) The unstable pelvic fracture - Operative treatment. *Orthop Clin North Am* 18(1):25-41.
57. Kiefer S, Kleinfeld F (1994) Die ungewöhnliche Komplikation nach Schambeinastfraktur: traumatische Dünndarmperforation. *Akt Traumatol* 24(3):81-82.
58. Kim WY, Hearn TC, Seleem O et al. (1999) Effect of pin location on stability of pelvic external fixation. *Clin Orthop* 361:237-244.
59. Koratim M, Marzouk M, Atta M, Orabi S (1996) Risk factors and mechanism of urethral injury in pelvic fractures. *Br J Urol* 77:876-880.
60. Kotkin L, Koch MO (1995) Morbidity associated with non-operative management of extraperitoneal bladder ruptures. *J Trauma* 38:895-898.
61. Kudsk KA, McQueen MA, Voeller GR, Fox MA, Mangiante EC, Fabian TC (1990) Management of complex perineal soft-tissue injuries. *J Trauma* 30:1155-1159.
62. Lange R, Hansen S (1985) Pelvic ring disruptions with symphysis pubis diastasis - Indications, technique and limitations of anterior internal fixation. *Clin Orthop* 201(130-137).
63. Leighton R, Waddell J (1996) Techniques for reduction and posterior fixation through the anterior approach. *Clin Orthop* 329:115-120.
64. Letourne I E (1978) Annotation on pelvic fractures. *Injury* 10:145-148.

65. Lindahl J, Hirvensalo E, Bostman O et al. (1999) Failure of reduction with an external fixator in the management of injuries of the pelvic ring. Long-term evaluation of 110 patients. *J Bone Joint Surg Br* 81:955–962.
66. Machtens S, Stief C G, Hagemann J, Pfingst G, Gänsslen A, Pohlemann T, Truss M C et al. (2000) Management traumatischer Läsionen von Harnblase und Urethra. *Urologe B* 40:560-571.
67. Martin R, Leighton R (1995) Fixation of the sacroiliac joint through the anterior approach *Tech Orthop* 9:290-294.
68. Matta J M, Saucedo T (1989) Internal fixation of pelvic ring fractures. *Clin Orthop* 242:83-97.
69. Matta J M, Tornetta P (1996) Internal fixation of unstable pelvic ring injuries. *Clin Orthop* 329:129-140.
70. McLaren A, Rorabeck C (1990) Long-Term pain and disability in relation to residual deformity after displaced pelvic ring fractures. *CBJ S* 33:492-494.
71. McLaren A C, Rorabeck C H, Halpenny J (1990) Long-term pain and disability in relation to residual deformity after displaced pelvic ring fractures *Can J Surg* 33(6):492-494.
72. Mirkovic S, Abitbol J J, Steinmann J et al. (1991) Anatomic consideration for sacral screw placement *Spine* 16(6 Suppl):289-294.
73. Moss M C, Bircher M D (1996) Volume changes within the true pelvis during disruption of the pelvic ring - Where does the haemorrhage go? *Injury* 27(1):21-23.
74. Muhr G (1979) Zugänge zur Versorgung von Beckenfrakturen. *Hft Unfallheilk* 140:77-83.
75. Mutze S, Bauwens K, Rademacher G, Ekkernkamp A (2006) Verletzungen bei polytraumatisierten Patienten. *Trauma Berufkrankh* 8:6-12.
76. Nelson D W, Duwelius P J (1991) CT-guided fixation of sacral fractures and sacroiliac joint disruptions. *Radiology* 180:527-532.
77. Nepola J V, Trenhaile S W, Miranda M A, Butterfield S L, Fredericks D C, Riemer (1999) Vertical shear injuries: is there a relationship between residual displacement and functional outcome? *J Trauma* 46:1024–1029.
78. Nerlich M, Maghsudi M (1996) Algorithms for early management of pelvic fractures. *Injury Suppl* 1 (Part 1):29-37.
79. Niemi T A, Norton L W (1985) Vaginal injuries in patients with pelvic fractures *J Trauma* 25(6):547-551.
80. Nordeen M, Taylor B, Briggs T, Lavy C (1993) Pin placement in pelvic external fixation. *Injury* 24(9):581-584.
81. Nothofer W, Thonke N, Neugebauer R (2004) Die Therapie instabiler Sakrumfrakturen bei Beckenringbrüchen mit dorsaler Sakrumdistanzosteosynthese. *Unfallchirurg* 107:118-128.
82. Pohlemann T, Bosch U, Gänsslen A, Tscherner H (1994) The Hannover experience in management of pelvic fractures. *Clin Orthop* 305:69-80.
83. Pohlemann T, Culemann U, Gänsslen A, Tscherner H (1996) Die schwere Beckenverletzung mit pelviner Massenblutung: Ermittlung der Blutungsschwere und klinische Erfahrung mit der Notfallstabilisierung. *Unfallchirurg* 99(10):734-743.
84. Pohlemann T, Culemann U, Tosounidis G, Kristen A (2004) Die Anlage der Beckenzwinge. *Unfallchirurg* 107:1185-1191.
85. Pohlemann T, Gänsslen A (1999) Die Operation der Symphysensprengung. *Operat Orthop Traumatol* 11:149-159.
86. Pohlemann T, Gänsslen A, Bosch U, Tscherner H (1995) The technique of packing for control of hemorrhage in complex pelvic fractures. *Tech Orthop* 9(4):267-270.

87. Pohlemann T, Gänsslen A, Kiessling B, Bosch U, Haas N, Tscherne H (1992) Indikationsstellung und Osteosynsetechniken am Beckenring. *Unfallchirurg* 95: 197-209.
88. Pohlemann T, Gänsslen A, Schellwald O, Culemann U, Tscherne H (1996) Outcome after pelvic ring injuries. *Injury* 27(Suppl 2): B31-38.
89. Pohlemann T, Gänsslen A, Stief CH (1998) Komplexe Verletzungen des Beckens und Actetabulum. *Orthopäde* 27: 32-44.
90. Pohlemann T, Gänsslen A, Tscherne H (2000) Die Sakrumfraktur. *Unfallchirurg* 103: 769-786.
91. Pohlemann T, Kiessling B, Gänsslen A, Bosch U, Tscherne H (1992) Standardisierte Osteosynsetechniken am Beckenring. *Orthopäde* 21: 373-384.
92. Pohlemann T, Krettek C, Hoffmann R, Culemann U, Gänsslen A (1994) Biomechanischer Vergleich verschiedener Notfallstabilisierungsmaßnahme nam Beckenring. *Unfallchirurg* 97(10): 503-510.
93. Pohlemann T, Paul Ch, Gänsslen A, Regel G, Tscherne H (1996) Die traumatische Hemipelvektomie. Erfahrungen aus 11 Fällen. *Unfallchirurg* 99(4): 304-312.
94. Pohlemann T, Richter M, Otte D, Gänsslen A, Bartram H, Tscherne H (2000) Die Entstehung von Beckenringverletzungen im Strassenverkehr. *Unfallchirurg* 103: 267-274.
95. Pohlemann T, Tscherne H, Baumgärtel F et al. (1996) Beckenverletzungen: Epidemiologie, Therapie und Langzeitverlauf. Übersicht über die multizentrische Studie der Arbeitsgruppe Becken. *Unfallchirurg* 99: 160-167.
96. Ragnarsson B, Jacobsson B (1992) Epidemiology of pelvic fractures in a Swedish country. *Acta Orthop Scand* 63: 297-300.
97. Ragnarsson B, Olerud C, Olerud S (1993) Anterior square-plate fixation of sacroiliac disruption. 2-8 years follow-up of 23 consecutive cases. *Acta Orthop Scand* 64: 138-142.
98. Rieger H (1996) Das instabile Becken, Diagnostik, Therapie und Prognose der Beckenringfraktur. Zuckschwerdt, München, Bern, Wien, New York.
99. Rommens P, Vanderschot P, De Boedt P, Broos P (1992) Surgical management of pelvic ring disruptions: indications, techniques and functional results. *Unfallchirurg* 95: 455-462.
100. Rommens PM, Hessmann MH (2002) Staged reconstruction of pelvic ring disruption: differences in morbidity, mortality, radiologic results, and functional outcomes between B1, B2/B3, and C-type lesions. *J Orthop Trauma* 16: 92-98.
101. Routt M, Kregor P, Simonian P, Mayo K (1995) Early results of percutaneous iliosacral screws placed with the patient in the supine position. *J Orthop Trauma* 9(3): 207-214.
102. Routt M, Simonian P, Inaba J (1995) Iliosacral screw fixation of the disrupted sacroiliac joint. *Tech Orthop* 9: 300-314.
103. Routt ML Jr, Nork SE, Mills WJ (2000) Percutaneous fixation of pelvic ring disruptions. *Clin Orthop* 375: 15-29.
104. Rupp R, Ebraheim N, Jackson W (1994) Anatomic and radiographic considerations in the placement of anterior pelvic external fixator pins. *Clin Orthop* 302: 213-218.
105. Schiebler T.H., Schmidt W. (2002) Anatomie: Zytologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie des Menschen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Barcelona, Hongkong, London, Mailand, Paris, New York, Tokio.
106. Schütz M, Stöckle U, Hoffmann R, et al. (1996) Clinical experience with two types of pelvic C-clamps for unstable pelvic ring injuries. *Injury* 27 Suppl 1: 46-50.
107. Scorpio R, Esposito T, Smith L, Gens DR (1992) Blunt trauma during pregnancy: factors affecting fetal outcome. *J Trauma* 32: 213.

108. Seekamp A, Burkhardt M, Pohlemann T (2004) Schockraummanagement bei Verletzungen des Beckens. Eine systematische Literaturübersicht. *Unfallchirurg* 107: 903-910.
109. Siegmeth A, Mullner T, Kukla C, Vecsei V (2000) Associated injuries in severe pelvic trauma. *Unfallchirurg* 103: 572-581. c
110. Simpson LA, Waddell JP, Leighton RK, Kellam JF, Tile M (1987) Anterior approach and stabilization of the disrupted sacroiliac joint. *J Trauma* 27: 1332-1339.
111. Smith RJ (1989) Avulsion of the non-gravid uterus due to pelvic fracture. *South Med J* 82(1): 70-73.
112. Stöckle U, König B, Dahne M, Raschke M, Haas NP (2002) Navigationsverfahren in der Becken- und Acetabulumchirurgie. *Der Unfallchirurg* 105(10): 886-892.
113. Tauber M, Joos H, Karpik S, Lederer S, Resch H (2007) Urogenitale Begleitverletzungen bei Beckenringfrakturen. *Unfallchirurg* 110: 116-123.
114. Templeman D, Schmidt A, Freese J, Weismann I (1996) Proximity of iliosacral screw to neurovascular structures after internal fixation. *Clin Orthop* 329: 194-198.
115. Tile M (1996) Acute pelvic fractures I. Causation and Classification. *J Am Acad Orthop Surg* 4(3): 143-151.
116. Tile M (1995) *Fractures of the pelvis and acetabulum*. 2nd ed. Williams and Wilkins, Baltimore.
117. Tile M (1984) *Fractures of the pelvis and acetabulum*. Williams and Wilkins, Baltimore.
118. Tile M (1988) Pelvic ring fractures: Should they be fixed? *J Bone Joint Surg* 70B: 1-12.
119. Tile M, Burry C, Poigenfürst J (1991) Pelvis. In: Müller M, ed. *Manual of internal fixation*. Springer Berlin, Heidelberg, New York 485-500.
120. Tile M, Pennal G (1980) Pelvic disruptions: principles of management. *Clin Orthop* 151: 56-64.
121. Tonetti J, Carrat L, Lavalée S, Pittet L, Merloz P, Chirossel JP (1998) Percutaneous iliosacral screw placement using image-guided techniques. *Clin Orthop* 354: 103-110.
122. Trafton P (1990) Pelvic ring injuries. *Surg Clin North Am* 70(3): 655-669.
123. Tscherne H, Pohlemann T, Gänsslen A (2000) Classification, staging, urgency and indications in pelvic injuries. *Zentralbl Chir* 125: 717-724.
124. Tscherne H, Regel G (1977) *Trauma-Management*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo
125. Tscherne H, Regel G, Sturm JA (1987) Schwere Grad und Prioritäten bei Mehrfachverletzungen. *Chirurg* 58: 631-647.
126. Tscherne H (Hrsg.), Pohlemann T (1998) *Becken und Acetabulum*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio.
127. Ubrig B, Waldner M, Roth S (2000) Die Akutbehandlung der prostatomembranösen Harnröhrenstriktur: Geschichte eines urologischen Disputs. *Urologe B* 40(6): 540-542.
128. Varney M, Fisher I, Becker H, Derra E, HR. (1990) Intraabdominelle Zusatzverletzungen bei Polytraumatisierten mit Beckenfrakturen. *Akt Traumatol* 20(226-230).
129. Völkel W (1983) Operative Maßnahmen und Ergebnisse bei Verletzungen des knöchernen Beckenrings. *Unfallchirurgie* 9: 197-201.
130. Ward DA, Bircher MD (1996) The early management of pelvic and acetabular fractures. *Injury [Suppl 1]*: 24-28.
131. Webb L, Gristina A, Wilson J, Rhyne A, Meredith J, Hansen S (1988) Two-hole plate fixation for traumatic symphysis pubis diastasis. *J Trauma* 28(6): 813-817.

132. Westhoff J, Höll S, Kälicke T, Muhr G, Kutsch-Lissberg F (2004) Die offene Beckenfraktur. Behandlungsstrategie und Resultate anhand von 12 Patienten. Unfallchirurg 107: 189-195.
133. Wilker D, Izbicki J, Euler E, Schweiberer L (1991) Verletzung des Beckens und der Retroperitonealorgane. Urologe 30: 183-188.
134. Williams RP, Friis EA, Cooke FW, McQueen DA, JST. (1992) External fixation of unstable Malgaigne fractures: The comparative mechanical performance of a configuration. Orthop Rev 21: 1423-1430. w
135. Witschger P, Heini P, Ganz R (1992) Beckenzwinge zur Schockbekämpfung bei hinteren Beckenringverletzungen. Orthopäde 21: 393-399.

# LEBENS LAUF

Windisch, Thomas

Geburtsdatum: 18.12.1981  
Geburtsort: Zwiesel  
Eltern: Heinz Windisch, Oberamtsrat, Leiter der  
Bearbeitungsstelle Zwiesel des Zentralfinanzamtes  
München  
Anneliese Windisch, geb. Hackl, Kosmetikerin  
Geschwister: Claudia Windisch, Steuerfachwirtin  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Konfession: römisch-katholisch  
Familienstand: ledig

## *Schulbildung*

1988-1992 Grundschole Lindberg  
1992-2001 Gymnasium Zwiesel  
2001: Erhalt der allgemeinen Hochschulreife  
2001-2002 Zivildienst  
seit Okt. 2002: Studium der Humanmedizin an der Universität  
Regensburg  
Sept. 2004: Ärztliche Vorprüfung  
seit Okt. 2005: Doktorand in der Abteilung Unfallchirurgie  
(Leiter Prof. Dr. M. Nerlich)  
21.11.2008 Approbation

## Danksagung

Ich möchte mich ganz herzlich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. M. Nerlich für die Überlassung des Themas bedanken. e

Besonderer Dank gilt natürlich auch meinem Betreuer PD Dr. B. Füchtmeier, der mir für alle Fragen jederzeit zur Verfügung stand und für mich bei der Erhebung der Daten ein wertvolles Stützeweise war. le

Letztendlich denke ich auch dankbar an alle, durch deren Unterstützung diese Arbeit zustande kommen konnte.

