

**Infektionen nach Osteosynthese des Beckens: Sanierungserfolg, Rezidivrate  
und Langzeitergebnis**

**Florian Christian Kellermann**

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Medicine and Health der  
Technischen Universität München zur Erlangung eines  
Doktors der Medizin (Dr. med.)  
genehmigten Dissertation.

Vorsitz: Prof. Kathrin Schumann, Ph.D.

Prüfende der Dissertation:

1. Prof. Dr. Jan Friederichs
2. Prof. Dr. Bernhard Holzmann

Die Dissertation wurde am 10.05.2024 bei der Technischen Universität München  
eingereicht und durch die TUM School of Medicine and Health am 09.10.2024  
angenommen.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. ALLGEMEINER TEIL.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.1. ANATOMISCHE STRUKTUREN DES BECKENS.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.2. MIKROBIOLOGISCHE SYSTEMATIK.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2. SPEZIELLER TEIL.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.1. ÄTIOLOGIE UND UNFALLMECHANISMEN.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.2. KLASSIFIKATION VON BECKENVERLETZUNGEN.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.2.1. BECKENRING.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.2.2. ACETABULUM.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.3. BEGLEITVERLETZUNGEN.....</b>	<b>22</b>
<b>1.2.4. THERAPIEVERFAHREN.....</b>	<b>23</b>
<b>1.2.4.1. FIXATEUR EXTERNE / BECKENZWINGE.....</b>	<b>26</b>
<b>1.2.4.2. ISG-VERSCHRAUBUNG / PLATTENOSTEOSYNTHESE / SCHRAUBENOSTEOSYNTHESE.....</b>	<b>29</b>
<b>1.2.5. KOMPLIKATIONEN.....</b>	<b>37</b>
<b>1.2.5.1. OPERATIVE RISIKEN.....</b>	<b>37</b>
<b>1.2.5.2. INFEKTIONEN.....</b>	<b>38</b>
<b>2. MATERIAL UND METHODIK.....</b>	<b>41</b>
<b>2.1. PATIENTENKOLLEKTIV.....</b>	<b>41</b>
<b>2.2. ERSTELLUNG DER DATENBANK.....</b>	<b>42</b>
<b>2.2.1. FALLBEZOGENE DATEN.....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.2. PATIENTENBEZOGENE DATEN.....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.3. VERLETZUNGSMUSTER.....</b>	<b>43</b>

<b><u>2.2.4. UNFALLMECHANISMUS .....</u></b>	<b><u>44</u></b>
<b><u>2.2.5. DAUER DES INDEXAUFENTHALTES UND ENTLASSDATUM .....</u></b>	<b><u>44</u></b>
<b><u>2.2.6. OPERATIVE THERAPIE .....</u></b>	<b><u>44</u></b>
<b><u>2.2.7. KEIMSPEKTRUM / WECHSEL DES KEIMSPEKTRUMS.....</u></b>	<b><u>46</u></b>
<b><u>2.2.8. MIKROBIOLOGISCHER STATUS BEI LETZTER OP .....</u></b>	<b><u>46</u></b>
<b><u>2.2.9. REZIDIV.....</u></b>	<b><u>47</u></b>
<b><u>2.3. STATISTISCHE AUSWERTUNG .....</u></b>	<b><u>47</u></b>
<b><u>3. ERGEBNISSE .....</u></b>	<b><u>48</u></b>
<b><u>3.1. PATIENTENKOLLEKTIV .....</u></b>	<b><u>48</u></b>
<b><u>3.2. VERLETZUNGSMUSTER.....</u></b>	<b><u>49</u></b>
<b><u>3.3. UNFALLMECHANISMUS.....</u></b>	<b><u>50</u></b>
<b><u>3.4. OPERATIVE THERAPIE.....</u></b>	<b><u>52</u></b>
<b><u>3.5. DAUER DES INDEXAUFENTHALTES .....</u></b>	<b><u>56</u></b>
<b><u>3.6. MIKROBIOLOGIE .....</u></b>	<b><u>56</u></b>
<b><u>3.7. NACHSORGEZEITRAUM.....</u></b>	<b><u>61</u></b>
<b><u>3.8. REZIDIV .....</u></b>	<b><u>63</u></b>
<b><u>4. DISKUSSION.....</u></b>	<b><u>76</u></b>
<b><u>4.1. Kernaussagen der Studie .....</u></b>	<b><u>76</u></b>
<b><u>4.2. KEIMSPEKTRUM.....</u></b>	<b><u>78</u></b>
<b><u>4.3. Weichteilproblematik.....</u></b>	<b><u>81</u></b>
<b><u>4.4. Kritikpunkte der Studie / Offene Fragen .....</u></b>	<b><u>82</u></b>
<b><u>5. Zusammenfassung.....</u></b>	<b><u>84</u></b>
<b><u>LITERATURVERZEICHNIS.....</u></b>	<b><u>86</u></b>

<b><u>TABELLENVERZEICHNIS.....</u></b>	<b><u>91</u></b>
<b><u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</u></b>	<b><u>92</u></b>
<b><u>ANHANG .....</u></b>	<b><u>93</u></b>
<b><u>DANKSAGUNG.....</u></b>	<b><u>98</u></b>
<b><u>CURRICULUM VITAE.....</u></b>	<b><u>99</u></b>

# 1. Einleitung

## 1.1. Allgemeiner Teil

### 1.1.1. anatomische Strukturen des Beckens

Das menschliche Becken (lat. Pelvis) ist ein ringförmiger, knöcherner Verbund. Dieser überträgt das gesamte Gewicht der suprapelvinen Körpermasse bestehend aus Kopf, Hals, oberen Extremitäten sowie dem Rumpf über die Hüftgelenke auf die unteren Extremitäten. Aufgrund dieser Tatsache zeigt sich das menschliche Becken außergewöhnlich massiv gebaut, da es, bedingt durch die aufrechte Körperposition, das gesamte Körpergewicht – mit Ausnahme der Beine – trägt. Die aufrechte Körperhaltung erfordert ferner relativ mächtige Hüftmuskeln, da der Rumpf auf den Hüftgelenken balanciert und dabei stabilisiert werden muss. Dies führte im Laufe der Evolution zur Ausbildung von großflächigen Beckenschaufeln, welche als Ursprungsflächen für die ausgeprägte Hüft- und Rumpfmuskulatur dienen. Im Gegensatz zum menschlichen Schultergürtel, welcher zu Gunsten einer ausgeprägten Mobilität auf knöcherne Stabilität verzichten muss, ist dementsprechend beim knöchernen Verbund des Beckens die Beweglichkeit zu großen Teilen der Stabilität geopfert.(1)

Der Beckengürtel (lat. Cingulum pelvicum) wird beim erwachsenen Menschen von den beiden Hüftbeinen (lat. Os coxae) gebildet, die im Gegensatz zum Schultergürtel über die beiden Iliosakralgelenke (lat. Articulatio sacroiliaca) fest in das Achsenskelett eingebaut sind. Der sog. Beckenring wird durch die beiden Hüftbeine zusammen mit dem Kreuzbein (lat. Os sacrum) und der Schambeinfuge (lat. Symphysis pubica) gebildet.(2)

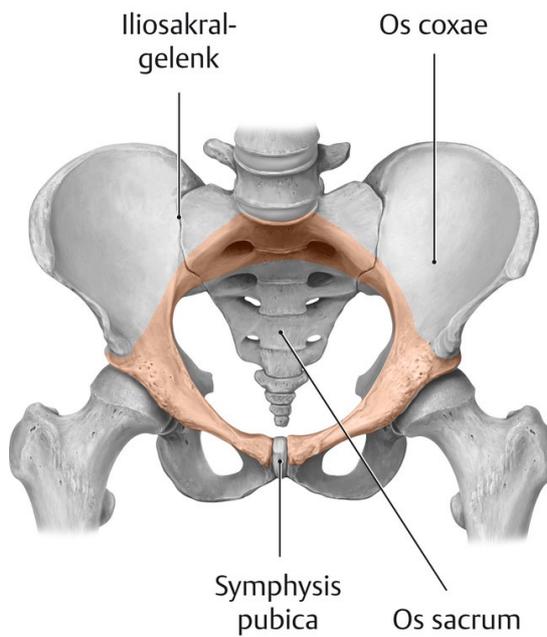


Abbildung 1: Beckengürtel und Beckenring (1)

Das paarige Os coxae besteht aus jeweils 3 knöchernen Anteilen:

- Darmbein (lat. Os ilium)
- Schambein (lat. Os pubis)
- Sitzbein (lat. Os ischii)

Diese drei Anteile treffen im Bereich der knöchernen Hüftgelenkspfanne (lat. Acetabulum) aufeinander.(1)

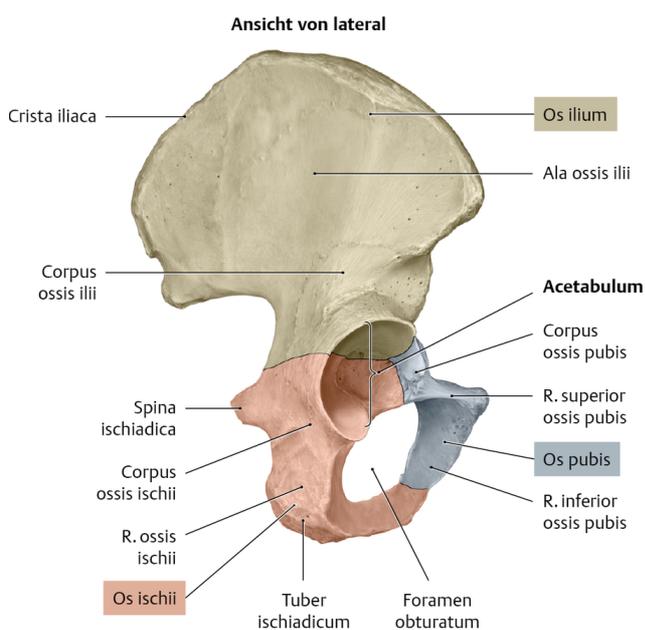


Abbildung 2: isoliertes rechtes Hüftbein mit seinen Anteilen (2)

Die straffe Verbindung der beiden Ossa coxae sowie des Os sacrum zum äußerst stabilen Beckenring wird durch die Tatsache erreicht, dass die Iliosakralgelenke zwar echte Gelenke (Diarthrosen) sind, aber als straffe Amphiarthrosen kaum Bewegungen der Gelenkkörper gegeneinander ermöglichen. Bei der adoleszenten Symphyse handelt es sich ohnehin um eine faserknorpelige Synarthrose, was dem Beckenring zusätzliche Stabilität verleiht. Die Stabilität und geringe Beweglichkeit der Iliosakralgelenke resultiert neben den höckrigen, ineinander verzahnten Gelenkflächen auch aus dem ungewöhnlich massiven Bandapparat welcher diese Gelenke zusätzlich sichert. Dieser setzt sich aus folgenden Bändern (lat. Ligamentum) zusammen:

- Ligamenta sacroiliaca posteriora, anteriora und interossea: Diese verspannen als dicke und kräftige Bandzüge die Gelenkpartner
- Ligamentum sacrotuberale: Dieses plattenförmige, dreieckige Ligament verbindet den kaudalen Abschnitt des Os sacrum mit dem Tuber ischiadicum
- Ligamentum sacrospinale: Als zusätzliche Verspannung zieht es ebenfalls vom kaudalen Kreuzbein zur Spina ischiadica. Des weiteren trennt es die Foramina ischiadica majus und minus anatomisch voneinander ab
- Ligamentum iliolumbale: Es verbindet den dorsalen Anteil der Crista iliaca mit dem Processus costalis des 5. Lendenwirbelkörpers(1)

Abbildung 3 gibt einen Überblick über den komplexen Bandapparat des menschlichen Beckens.

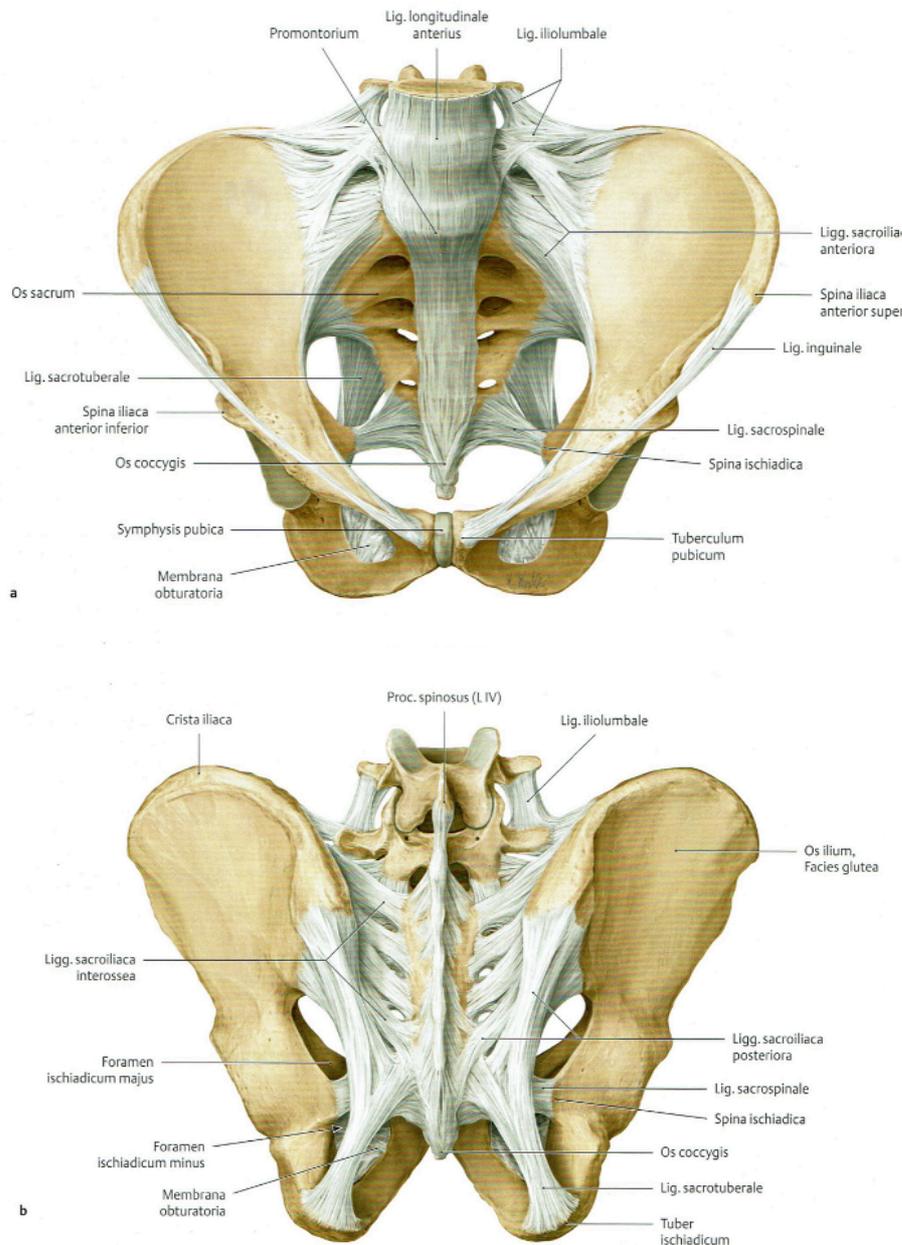


Abbildung 3: Bandapparat des menschlichen Beckens (a: ventro-kranial / b: dorsal) (2)

Grundsätzlich ist es für die statischen Funktionen des Beckens essentiell, dass die „Gelenkverbindungen“ der beiden Ossa coxae mit dem Sakrum möglichst stabil und kaum beweglich sind. Dennoch lassen sich bei Betrachtung der Mechanik des Beckens geringfügige Bewegungsamplituden in einigen anatomischen Ebenen feststellen. So kann das Sakrum in den Iliosakralgelenken geringfügig um eine transversale Achse durch S I/II gedreht werden. Die Symphyse als straffe, faserknorpelige Synchondrose erlaubt in der Vertikalen lediglich minimalste Verschiebungen (1-2 mm) der beiden Schambeinäste. Eine Rotation um bis zu 3°

in der transversalen Ebene ist ebenfalls möglich. Im Rahmen einer Schwangerschaft ändert sich hormonbedingt die Beweglichkeit und Laxizität der gesamten Beckenverbindungen deutlich.(1) Auf diese Sondersituation soll aber in dieser Arbeit ebenso wenig wie auf geschlechtsspezifische anatomische Unterschiede im Bereich des knöchernen Beckens eingegangen werden, da dies für die hier vorliegende Arbeit keine Relevanz besitzt.

Bei den **Gefäßen** im Beckenraum, welche subperitoneal gut verschieblich im lockeren Bindegewebe verlaufen, unterscheidet man:

- parietale Anteile zur Versorgung der Beckenwände
- viszerale Anteile zur Versorgung der Beckenorgane

Aus der Aorta abdominalis geht jeweils eine Arteria iliaca communis hervor, welche sich ventral des Iliosakralgelenkes in je eine Arteria iliaca interna und externa teilt. Letztere zieht fast ohne die Abgabe von Endästen durch das Becken. Sie dient im weiteren Verlauf zur arteriellen Versorgung der unteren Extremität. Die Arteria iliaca interna hingegen versorgt mit zahlreichen parietalen und viszeralen Ästen die Organe und Wände des Beckens. Sie stellt damit das arterielle Hauptgefäß des Beckens dar.(1) In ihrem Verlauf zieht die interne Iliacalarterie durch den Beckeneingang zur lateralen Wand des kleinen Beckens und teilt sich oberhalb des Foramen ischiadicum majus in zwei Hauptstämme. Diese teilen sich in ihrem Verlauf in mehrere viszerale Äste zur Versorgung der Beckenorgane (Uterus, Rektum, Harnblase, Analkanal, etc.), sowie parietale Äste (Mm. Iliopsoas et obturator int., Kreuzbein, Becken, Sakralkanal).(3)

Viszerale Äste:

- Arteria umbilicalis: Versorgt mit ihren Endästen die Harnblase und den Ductus deferens
- Arteria vesicalis inferior: Sie zieht zum Harnblasenboden sowie mit Ästen zur Prostata bzw. Vagina
- Arteria rectalis media: Bildet mit den Aa. rectales sup. et inf. Anastomosen zur Versorgung des Rektum

- Arteria uterina (bei der Frau): Zieht meist als direkter Ast der A. iliaca interna durch das Ligamentum latum von lateral zur Cervix uteri. Sie versorgt mit Endästen Uterus, Vagina, Ovar und Tuba uterina
- Arteria vaginalis (bei der Frau): Diese Arterie entspringt teilweise auch als größerer Ast aus der Art. uterina und zieht zur Vagina
- Arteria pudenda interna: Sie verlässt primär das Becken durch das Foramen infrapiriforme um anschließend durch das Foramen ischiadicum minus in die Fossa ischioanalis einzutreten. Sie versorgt mit ihren Endästen Analkanal, Damm, Urethra sowie das äußere Genitale

#### Parietale Äste:

- Arteria iliolumbalis: Versorgt mit ihren Endästen die muskuläre und knöcherne Beckenwand
- Arteria sacralis lateralis: Zieht zum Os sacrum
- Arteriae gluteae superior et inferior: Versorgen die kraniale bzw. kaudale Gesäßmuskulatur nach Durchtritt des Foramen supra- bzw. infrapiriforme
- Arteria obturatoria: Zieht nach ventral zur Versorgung des Caput femoris sowie der Adduktoren und tiefen Hüftmuskeln

Den Beckenarterien schließen sich gleichnamige Venen an(1), sodass auf das venöse System im Becken an dieser Stelle nicht detailliert eingegangen werden soll. Hervorzuheben sei noch, dass die viszerale Venen oft ausgedehnte venöse Plexus bilden (Plexus venosus sacralis, rectalis, vesicalis, etc.). Aus diesen venösen Konglomeraten kann es bei Verletzungen des Beckens zu massiven venösen Blutungen kommen.

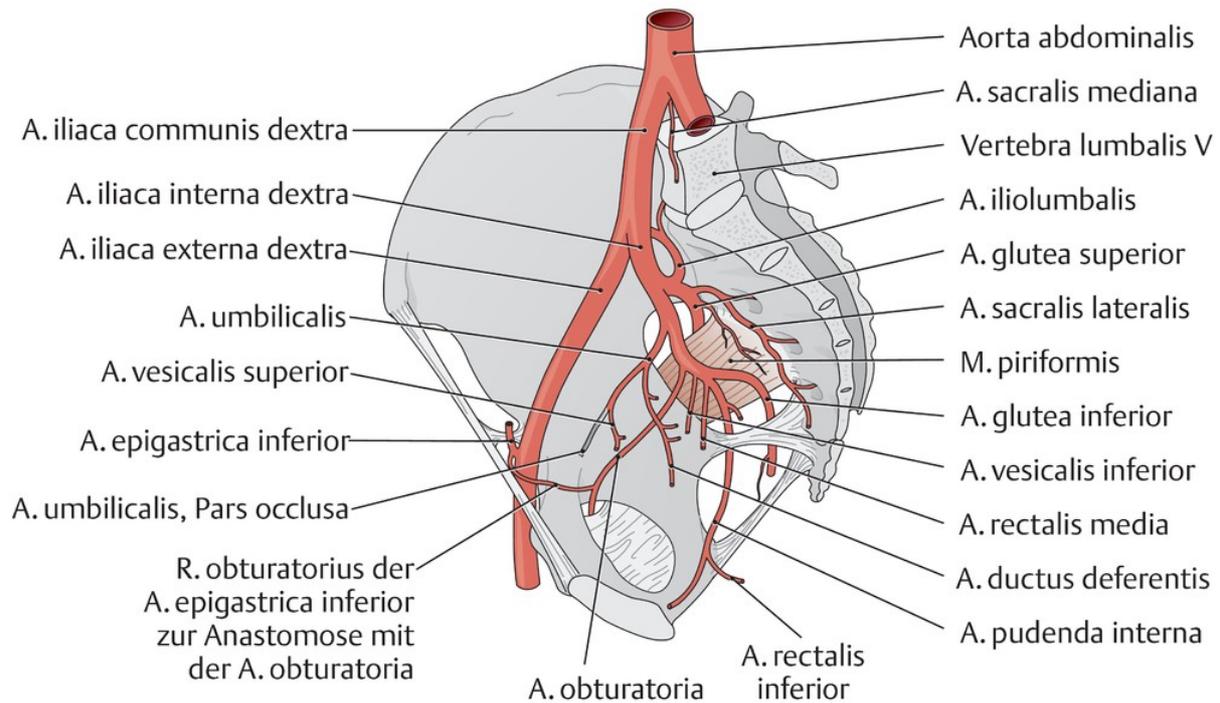


Abbildung 4: Schematische Darstellung der rechten A. iliaca interna am männlichen Becken (1)

Das **Nervensystem** des Beckens besteht aus vegetativen und somatischen Anteilen.

Zur Versorgung der Beckenorgane bilden die sympathischen und parasympathischen Fasern des vegetativen Nervensystems den Plexus hypogastricus inferior. Dieser besteht aus topographisch unterscheidbaren gemischten Einzelplexus. In diesen treten die vegetativen Fasern an das Erfolgsorgan heran.

Sympathikus: Die sympathischen Anteile treten entweder als paarige Nervi hypogastrici vom Plexus hypogastricus superior, oder als Nervi splanchnici sacrales aus den Ganglia sacralia in den Plexus hypogastricus inferior ein.

Parasympathikus: Die parasympathischen Fasern erreichen über die Nervi splanchnici pelvici den Plexus hypogastricus inferior.

Die somatischen Nerven des Beckens entspringen drei großen Plexus:

- Plexus lumbalis (L1-L4): Die aus diesem Plexus entstammenden peripheren Nerven verlaufen vor allem an der Rumpfwand. Lediglich der N. obturatorius zieht am medialen Rand des M. psoas zum Canalis obturatorius.

- Plexus sacralis (L4-S4): Dessen Nerven ziehen größtenteils durch die zwei Anteile des Foramen ischiadicum majus aus dem Becken heraus:
  - Foramen suprapiriforme: Als einziger peripherer Nerv des Plexus sacralis zieht der N. gluteus sup. aus dem Foramen suprapiriforme zu den Mm. glutei med. + min.
  - Foramen infrapiriforme: Hierdurch verlassen die Nervi gluteus inf. (M. gluteus max.), cutaneus femoris posterior, ischiadicus und pudendus das Becken. Letzterer zieht anschließend durch das Foramen ischiadicum minus wieder ins Becken in die Fossa ischioanalis und dort durch den Canalis pudendalis um den Damm und das äußere Genitale zu innervieren.
  
- Plexus coccygeus (S4-Co1): Dieser versorgt die Haut über dem Steißbein.

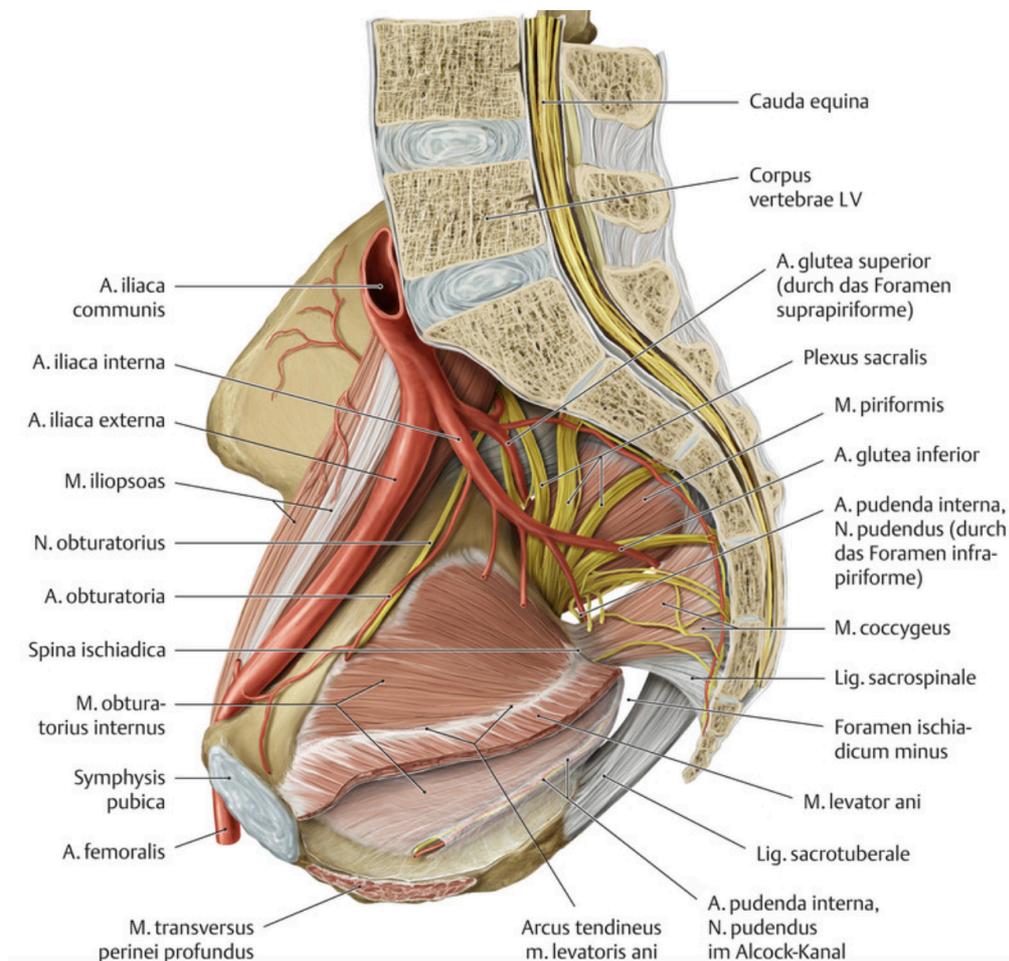


Abbildung 5: Lage des Plexus sacralis im Beckenraum mit Verlauf seiner Nerven (1)

### 1.1.2. Mikrobiologische Systematik

An dieser Stelle soll ein kurzer systematischer Überblick über die für diese Arbeit notwendige mikrobiologische Thematik gegeben werden. Der Fokus liegt hierbei auf der Bakteriologie. Da virale Erreger für die vorliegende Arbeit keine Rolle spielen, wird auf die Virologie nicht eingegangen. Bei einigen wenigen Patienten zeigte sich eine zusätzliche Candida-Pilzinfektion, sodass hierauf am Ende dieses Kapitels kurz eingegangen wird.

Bakterien zeigen einen grundsätzlich anderen Aufbau als eukaryote Zellen. Sie besitzen keine Zellorganellen, haben andere Ribosomstrukturen und verfügen über eine Zellwand.(4) Die allermeisten Bakterien funktionieren prototroph, sind also mithilfe ihrer enzymatischen Ausstattung in der Lage, selbst die für sie notwendigen Stoffwechsellieferungen zu erbringen.(5) Sie sind im Durchschnitt 2 - 10 µm groß bei einer Länge von 1 - 15 µm. Lichtmikroskopisch sind Bakterien ab einer 400 – fachen Vergrößerung sichtbar und lassen sich mikroskopisch durch folgende Kriterien unterscheiden:

- Form:
  - kugelförmig (Kokken)
  - spiralförmig
  - stäbchenförmig
  
- Begeißelung
  - Ohne Begeißelung
  - Monotriche Begeißelung
  - Politrache Begeißelung
  
- Sporenbildung: gewisse Bakterien (z.B. Clostridien, Bazillen) können unter bestimmten Bedingungen Sporen ausbilden, welche bei stark reduzierter Stoffwechsellage eine hohe Resistenz gegen äußere Einwirkungen zeigen und somit Jahrzehnte überleben können.
  
- Kapsel: Viele Bakterienspezies bilden zum Schutz vor Phagozytose durch Makrophagen eine Schleimkapsel aus. Diese stellt einen wichtigen Virulenzfaktor dar.

Diese lichtmikroskopisch differenzierbaren Merkmale werden häufig auch in der klinischen Mikrobiologie für die Charakterisierung von bakteriellen Krankheitserregern verwendet.(4)

Ein weiterer klinisch hoch relevanter Differenzierungsparameter ist das bakterielle Anfärbemuster in der Gramfärbung. Die unterschiedlichen Strukturmerkmale der Bakterien-Zellwand haben hierbei Einfluss darauf, wie gut ein Jod-Anilin-Farbstoffkomplex die Zellwand anfärben kann. Man unterscheidet:

- grampositive Bakterien (erscheinen Blau nach Färbung)
- gramnegative Bakterien (erscheinen Rot nach Färbung)

Nach der Anfärbung lässt sich bei den Kokken-Bakterien ein weiteres Differenzierungsmerkmal lichtmikroskopisch erkennen, das Anlagerungsverhalten:

- Haufenkokken (Staphylokokken)
- Kettenkokken (Streptokokken)
- Kokken als Zweierpaar (Diplokokken)

Eine letzte, klinische relevante Unterteilung von Bakterien bezieht sich auf deren Verhalten in Anwesenheit von Sauerstoff. Hierbei lassen sich anhand des Bakterien-Wachstumsverhalten in Abhängigkeit von Sauerstoff folgende Gruppen unterscheiden:

- anaerobe Bakterien: sterben in Gegenwart von Sauerstoff ab
- aerobe Bakterien: überleben in Gegenwart von Sauerstoff (ihr Enzym Superoxid-Dismutase macht die toxischen Hydroperoxid-Radikale in O<sub>2</sub>-haltigem Milieu unschädlich)
- fakultativ anaerobe Bakterien: Fähigkeit zur Vermehrung in Ab-/Anwesenheit von O<sub>2</sub>(4)

Abschließend soll an dieser Stelle noch kurz auf die Mykologie eingegangen werden, da sich bei einigen Patienten dieser Studienpopulation eine (zusätzliche) Infektion mit dem Hefepilz Candida zeigte. Die bisher bekannten ca. 300.000 Pilzarten sind von einer großen

Heterogenität geprägt und nur ein geringer Teil von ihnen ist von medizinischer Relevanz. Diese humanmedizinisch relevanten Pilze werden nach dem DHSB-System in 4 Gruppen eingeteilt:

- **Dermatophyten**
- **Hefepilze**
- **Schimmelpilze**
- **Biphasische Pilze**

Die allermeisten medizinisch relevanten Pilze besitzen keine Virulenzfaktoren im klassischen Sinne. Somit kommt es erst bei lokaler oder systemischer Immunschwäche zur Infektion. Damit gelten Pilze zumeist als opportunistische Erreger.(4) Die in dieser Studie relevanten Hefe- oder auch Sprosspilze der Gattung „*Candida albicans/ glabrata*“ leben als Kommensalen auf Haut und Schleimhaut des Menschen und führen nur unter bestimmten Bedingungen zur endogenen Infektion.

## 1.2. Spezieller Teil

Nachdem im allgemeinen Teil der Einleitung auf die relevante Anatomie sowie die mikrobiologische Systematik eingegangen wurde, widmet sich der folgende Einleitungsteil dem Verletzungsmuster an sich. Nach der Beschreibung der häufigsten Unfallmechanismen erfolgt die Klassifikation von Beckenring- und Acetabulumfrakturen sowie die Beschreibung der häufigsten Begleitverletzungen. Anschließend wird auf die gängigen Therapieverfahren sowie deren Komplikationen eingegangen.

### 1.2.1. Ätiologie und Unfallmechanismen

Grundsätzlich handelt es sich bei Verletzungen des Beckenringes aufgrund der hierfür meist benötigten hohen Energieeinwirkung um seltene Verletzungsmuster. Die Ausnahme hiervon stellt der osteoporotisch vorbelastete Knochen des alten Patienten dar. Hierbei reicht teilweise bereits ein Niederenergietrauma.

So konnte in verschiedenen großen Kohortenstudien eine Häufigkeit von 20-37/100.000 Einwohnern festgestellt werden. Somit liegt die prozentuale Häufigkeit in Bezug auf alle Frakturen zwischen 0,3-8 % je nach Studie.(6-8) In ca. 15% der Fälle zeigt sich eine begleitende Acetabulumfraktur. Aufgrund der oben beschriebenen hohen benötigten Energie zeigt sich bei 20% aller polytraumatisierten Patienten eine Verletzung des Beckenringes.(7) Die prozentuale Verteilung der Beckenringfrakturen bzgl. der AO-Klassifikation nach Tile (Klassifikationsbeschreibung s. 1.2.2.) zeigt folgendes Verteilungsmuster in der Kohortenstudie von Gänsslen et al.:

Typ A	54,8%
Typ B	24,7%
Typ C	20,5%

*Tabelle 1: Verteilungsmuster nach AO-Klassifikation*

61,7 % aller Patienten dieser Studie waren mehrfach verletzt.(7) Dies unterstreicht abermals die hohe benötigte Energie für diese Verletzungsart. Zeigen sich bei den Begleitverletzungen Läsionen der abdominalen/pelvinen Weichteil- und Organstrukturen, so spricht man von einer komplexen Beckenverletzung. Insgesamt haben Beckenringverletzungen noch immer eine

hohe Mortalität. Diese liegt je nach Studie bei 5-20%. Bei komplexen Beckenverletzungen steigt diese auf 21-33 %.(6, 7)

In der Auswertung der Traumaursache zeigte sich mit fast 60 % der Verkehrsunfall als Unfallursache Nummer eins. Die am häufigsten betroffenen Verkehrsteilnehmer waren Autofahrer sowie Fußgänger. Als zweite dominierende Ursache konnte ein Sturzgeschehen (aus großer Höhe > 3m) festgestellt werden.(7)

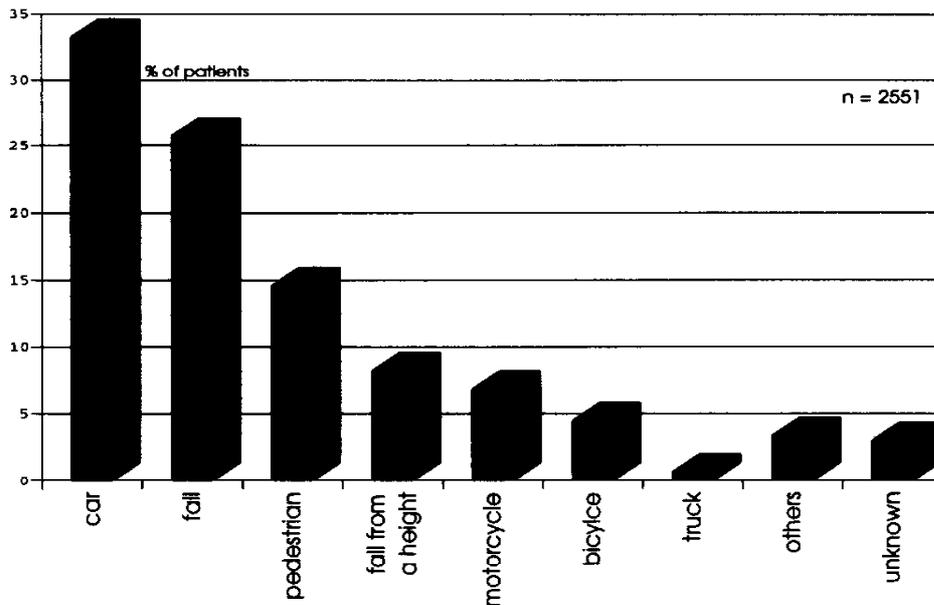


Abbildung 6: prozentuale Häufigkeit der Verletzungsursachen (7)

## 1.2.2. Klassifikation von Beckenverletzungen

Im nachfolgenden Kapitel soll die allgemeine Klassifikation von knöchernen Beckenverletzungen erfolgen, geordnet nach Verletzungen des vorderen/hinteren Beckenringes sowie des Acetabulum.

### 1.2.2.1. Beckenring

Die Verletzungen des knöchernen Beckenringes werden vor allem in Europa mit der AO-Klassifikation nach Tile eingeteilt.(8) Hierbei erfolgt die Einteilung in A-/B- und C-Verletzungen mit jeweils noch bestehenden Untergruppen.

Typ A Frakturen: Typ A-Verletzungen sind stabile Verletzungen des Beckenringes wie z.B. apophysäre Abrißfrakturen sowie rotatorisch und translatorisch stabile Beckenschaufelfrakturen oder vordere Beckenringfrakturen und Querfrakturen des Os sacrum oder des Os coccygis.(9, 10) Es gibt 3 Subtypen der Typ A-Frakturen:

- Typ A1: Beckenrandverletzungen bzw. Abrissfrakturen des Beckens
- Typ A2: Frakturen des Hüftknochens
- Typ A3: Querfrakturen von Os sacrum und Os coccygeum

Typ B Frakturen: Bei den B-Verletzungen liegt eine rotatorische Instabilität vor, während die Stabilität in der translatorischen Ebene erhalten ist. Am vorderen Beckenring ist entweder die Symphyse zerrissen oder der vordere knöcherne Beckenring in seiner Kontinuität unterbrochen.(8) Die Integrität des hinteren Beckenringes ist zumindest teilweise erhalten, da lediglich die ventralen oder dorsalen sakrospinalen Bänder gerissen sind. Auch bei den B-Verletzungen erfolgt die Unterteilung in 3 Subtypen.

- Typ B1: „open book“-Verletzung als Außenrotationstrauma mit Unterbrechung des vorderen Beckenringes, klassischerweise durch eine Symphysensprengung, ggf. auch durch eine Fraktur des oberen/unteren Schambeinastes.
- Typ B2: laterale Kompressionsfraktur als Innenrotationstrauma. Hierbei kommt es entweder zur ipsilateralen Verletzung der ventralen und dorsalen Strukturen, oder der sogenannten „bucket-handle“-Verletzungen mit Verletzung der anterioren Strukturen auf der einen Seite und der posterioren Strukturen kontralateral.
- Typ B3: Hierbei handelt es sich um ein bilaterales Verletzungsmuster. Entweder im Sinne einer beidseitigen „open book“-Verletzung, einer beidseitigen lateralen Kompressionsfraktur oder einer Kombination dieser beiden Verletzungsmuster.

Typ C Frakturen: Bei den Typ C-Verletzungen liegt eine vollständige Kontinuitätsunterbrechung des hinteren und vorderen Beckenringes vor. Somit sind diese Verletzungen als rotatorisch und translatorisch instabil zu werten. Als Begleitverletzung findet sich zusätzlich eine Zerreißung der Weichteilstrukturen des Beckenbodens. Auch hierbei erfolgt die Einteilung in 3 Untergruppen:

- Typ C1: unilateral vollständig instabil (translatorischer- und rotatorischer Ebene)
- Typ C2: unilateral vollständig instabil mit teilweiser Instabilität kontralateral
- Typ C3: bilateral vollständig instabil(11)

Nachfolgende Abbildung verdeutlicht nochmals die möglichen Frakturtypen und deren Einteilung nach AO-Klassifikation.

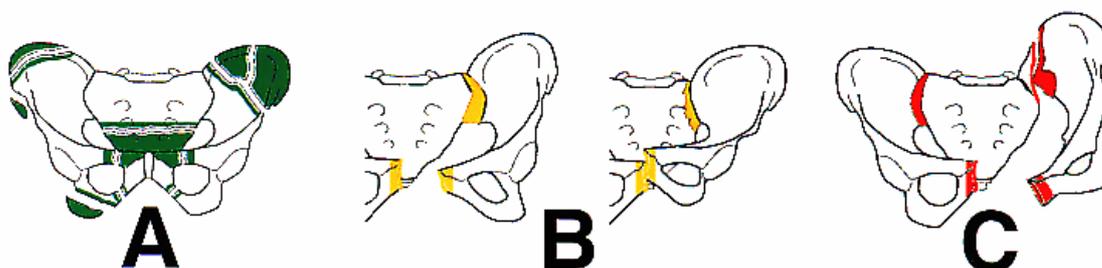


Abbildung 7: AO-Frakturklassifikation nach Tile (10)

### 1.2.2.2. Acetabulum

Die Klassifikation von Acetabulumfrakturen ist historisch von einer großen Heterogenität geprägt gewesen, sicherlich auch der Komplexität und Variabilität dieses Verletzungsmusters geschuldet. Die erste wirklich systematische und sich an der klinischen Relevanz orientierende Einteilung war die Letournel-Klassifikation.(9) Diese wurde Anfang der 1960er-Jahre von Judet und Letournel anhand erweiterter anatomischer und anatomisch-radiologischer Untersuchungen zur Morphologie des unverletzten Acetabulum entwickelt. Diese anatomisch-radiologischen Untersuchungen führten damals zu einem gänzlich neuen Verständnis dieses Verletzungsmusters und sind die Basis für das heute geläufige und am weitesten verbreitete AO-OTA Klassifikationssystem.(12) Auf das AO-Klassifikationssystem wird an anderer Stelle noch genauer eingegangen.

Die anatomische Grundlage der Letournel-Klassifikation ist die 2-Pfeilerstruktur des Acetabulum.(13) Dieses besteht funktionell betrachtet aus einem hinteren und einem vorderen Pfeiler in Form eines auf dem Kopf stehenden „Y“. Dabei dient der biomechanisch wichtigere hintere Pfeiler hauptsächlich der Lastübertragung des Körpergewichtes von der Wirbelsäule über das Iliosakralgelenk auf den Oberschenkel. Er setzt sich anteilig aus dem Os

ilium und Os ischii zusammen.(12) Der ventrale (vordere) Pfeiler wird von Anteilen des Os ilium und des Os pubis gebildet. Abbildung 8 verdeutlicht die 2-Pfeilerstruktur der Letournel-Klassifikation nochmals.

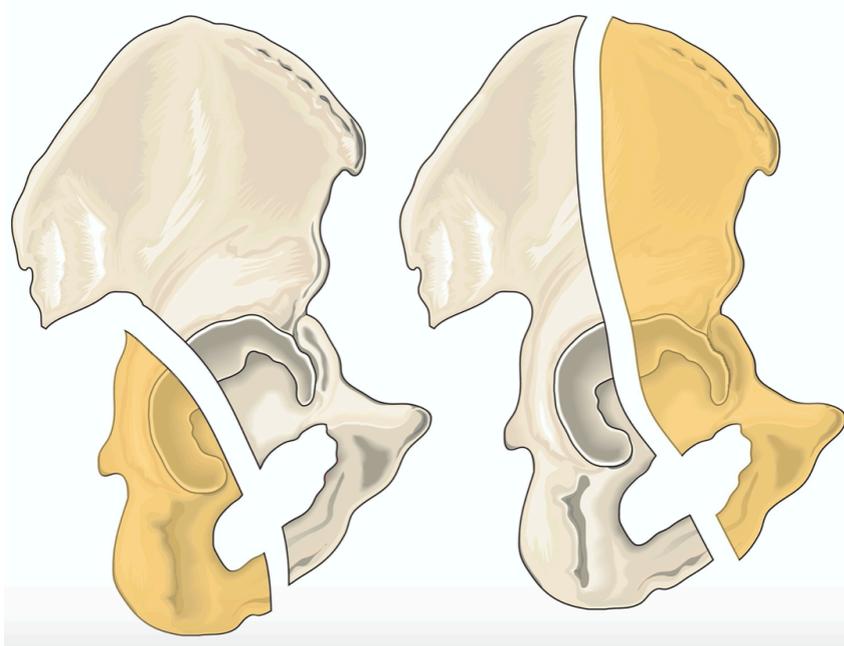


Abbildung 8: Hinterer und vorderer Pfeiler des Acetabulum nach Letournel (12)

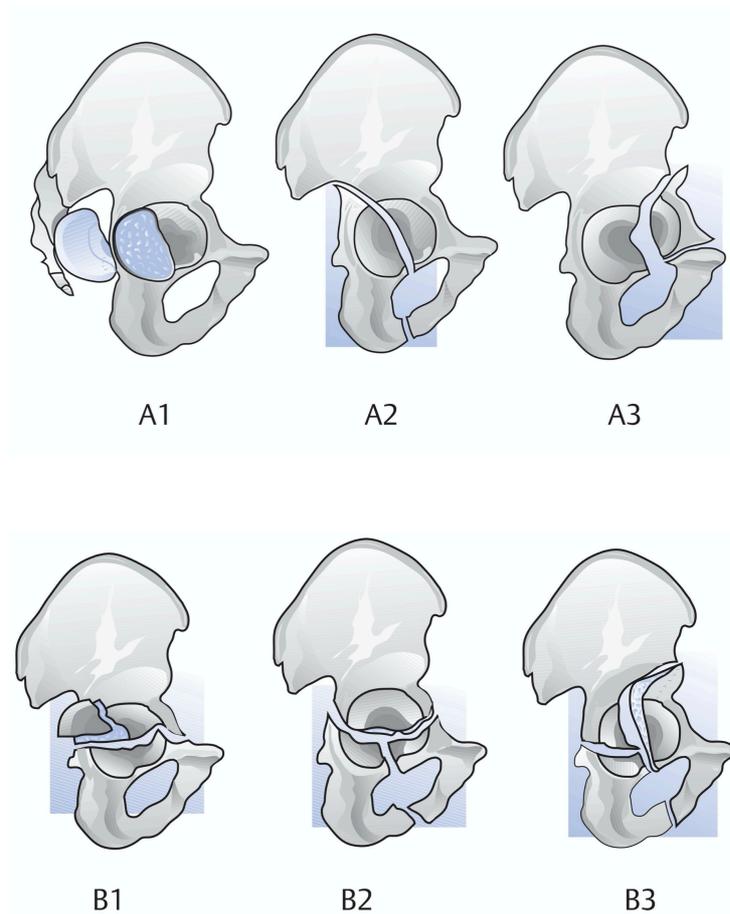
Durch die aus den radiologischen Auswertungen gewonnenen Erkenntnisse postulierte Letournel 5 einfache, elementare Frakturtypen mit jeweils nur einer einzelnen Hauptfrakturlinie. Zusätzlich definierte er 5 aus den Elementarfrakturen zusammengesetzte Frakturen.(9) Genauer soll an dieser Stelle auf diese Klassifikation nicht eingegangen werden, da im Folgenden die heute gebräuchlichste AO-Klassifikation erläutert wird.

Die heute meistgebrauchte AO-Klassifikation entstand aus Bestrebungen zur Vereinheitlichung und Weiterentwicklung der Klassifikation von Acetabulumfrakturen, welche von Müller et al. vorangetrieben wurde. Diese AO/OTA-Klassifikation basiert auf oben beschriebener Einteilung nach Judet und Letournel, berücksichtigt darüber hinaus jedoch auch prognostisch relevante zusätzliche Verletzungen des Hüftgelenkes wie bspw. Hüftkopffrakturen, Impressions- und Trümmerzonen.(12) Das Grundprinzip hierfür ist die „hierarchische“ Frakturgliederung in Dreiergruppen. Hierbei werden unterschieden:(14)

- partiell artikuläre Frakturen (Typ A)
- Frakturen mit Querkomponente (Typ B)

- komplett artikuläre Frakturen (Typ C)

Jeder dieser Hauptfrakturtypen (A, B, C) wird in 3 Frakturgruppen unterteilt (A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3). Die Frakturtypen und -gruppen sind nach zunehmendem Schweregrad von A nach C bzw. A1-C3 eingeteilt. (15) Ist eine Gruppeneinteilung nicht möglich, so wird diese Fraktur mit dem Buchstaben D klassifiziert. Darüber hinaus wird jede Frakturgruppe weiter in 3 Subgruppen unterteilt (A1.1 - C3.3). Auf diese weitere Subgruppen-Unterteilung soll im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht weiter eingegangen werden, da das Augenmerk dieser Arbeit nicht auf Acetabulumfrakturen liegt.



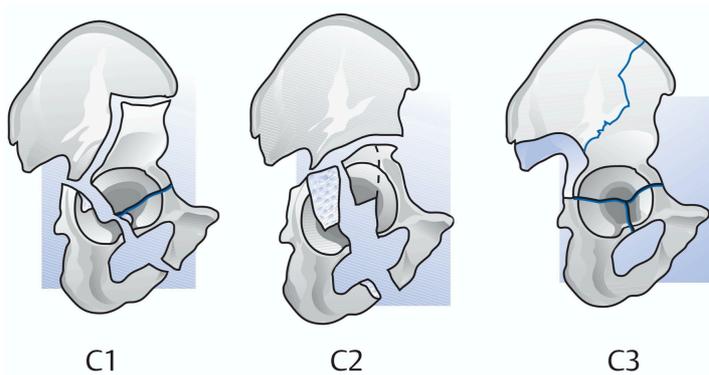


Abbildung 9: AO-Klassifikation Acetabulumfrakturen (16)

### 1.2.3. Begleitverletzungen

Da es sich bei knöchernen Beckenverletzungen häufig um stattgehabte Hochrasanztraumen handelt, hiervon ausgenommen die Subgruppe der (osteoporotischen) Frakturen beim alten Menschen meist durch einfaches Sturzgeschehen, ist auch die Rate an Begleitverletzungen insgesamt hoch. So zeigte sich in einer großen deutschen Studie von Gänsslen et al. eine Rate von 69,4% an Patienten mit Begleitverletzungen des Kopfes, Rumpfes oder der Extremitäten. 61,7% dieser Patienten waren mehrfach verletzt, im Sinne von mindestens zwei vorliegenden Begleitverletzungen.(7) Abbildung 10 verdeutlicht nochmals das prozentuale Verteilungsmuster der Begleitverletzungen in dieser Studie.

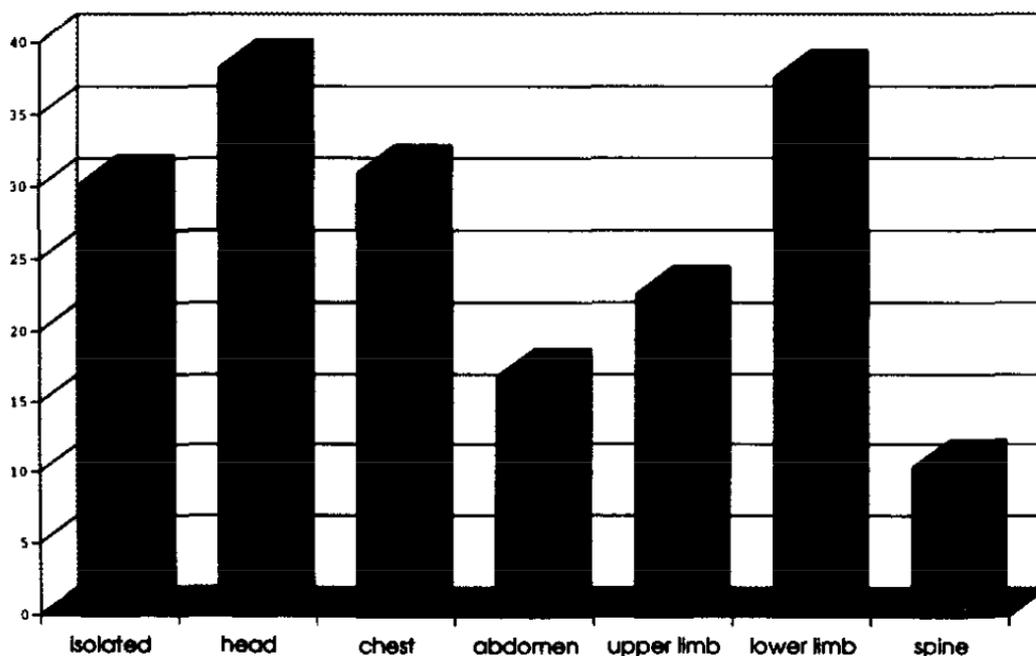


Abbildung 10: Verteilungsmuster der Begleitverletzungen nach Gänsslen et al. (7)

Neben den begleitenden knöchernen Verletzungen liegen häufig auch Weichteil- und intraabdominale Verletzungen vor. Speziell bei Überrolltraumen findet sich des Öfteren ein zusätzliches schweres Weichteiltrauma im Sinne einer Morel-Lavallée-Verletzung. Hierbei liegt ein zirkuläres Décollement der Haut im Becken- sowie Gesäßbereich vor, im Sinne einer vollständigen Abscherung des Subkutangewebes. Hierdurch kommt es regelmäßig zum anschließenden teilweisen oder kompletten Untergang des Haut- und Unterhautgewebes. Dies wiederum kann bei einer gegebenenfalls notwendigen operativen Frakturstabilisation häufig Probleme mit sich bringen.(8)

Bei den intraabdominellen Begleitverletzungen ist speziell die Harnblasenverletzung zu nennen. Sie entsteht im Rahmen dieses Verletzungsmusters fast immer als stumpfes Trauma im Sinne einer „Explosionsverletzung“ der uringefüllten Blase, z.B. im Rahmen eines Unterbauchtraumas durch den Sicherheitsgurt bei einem Verkehrsunfall. Mehr als 95% aller Verletzungen der Harnblase entstehen im Rahmen von Beckenringverletzungen als Begleitverletzung. Entweder durch eine Scherverletzung oder durch direkte Perforation durch Frakturfragmente. Zusätzlich zeigt sich in etwa der Hälfte dieser Fälle eine zusätzliche Urethraverletzung. Insgesamt gehen 15-25% aller Verletzungen des Beckenringes mit begleitenden Harnblasenverletzungen einher.(17)

Somit lässt sich festhalten, dass eine knöcherner Verletzung des Beckens häufig mit schweren Begleit- und Mehrverletzungen einhergeht, was bei den dominierenden Unfallmechanismen wie Hochrasanztraumen und Sturz aus großer Höhe nicht verwundert.

#### **1.2.4. Therapieverfahren**

Bei der Wahl des Therapieverfahrens ist grundsätzlich zwischen konservativem und operativem Vorgehen zu unterscheiden. Die Entscheidung richtet sich in aller Regel nach der Art der Beckenverletzung in der AO-Klassifikation. Zur Diagnostik ist heute das Becken-CT, häufig im Rahmen der notwendigen Polytrauma-Spirale, der Goldstandard. Die MRT-Bildgebung hat in der Akutversorgung von Beckenverletzungen einen untergeordneten Stellenwert, kommt jedoch teilweise bei kindlichen Verletzungsmustern und stabilen Kreislaufverhältnissen im Rahmen der Strahlenhygiene zum Einsatz.(18) Bei allen kreislaufstabilen Patienten kann im Anschluss an die Komplettierung der Diagnostik (FAST-Sonographie, Bilddiagnostik weiterer verletzter Körperregionen) über das weitere therapeutische Vorgehen entschieden werden.

Sollte der Patient aufgrund einer komplexen Beckenverletzung hämodynamisch instabil sein, so kommt der Primärstabilisation nach dem Notfallalgorithmus bei komplexen Beckenverletzungen eine führende Rolle zu. Dieser ist in Abbildung 11 als Flussdiagramm dargestellt.

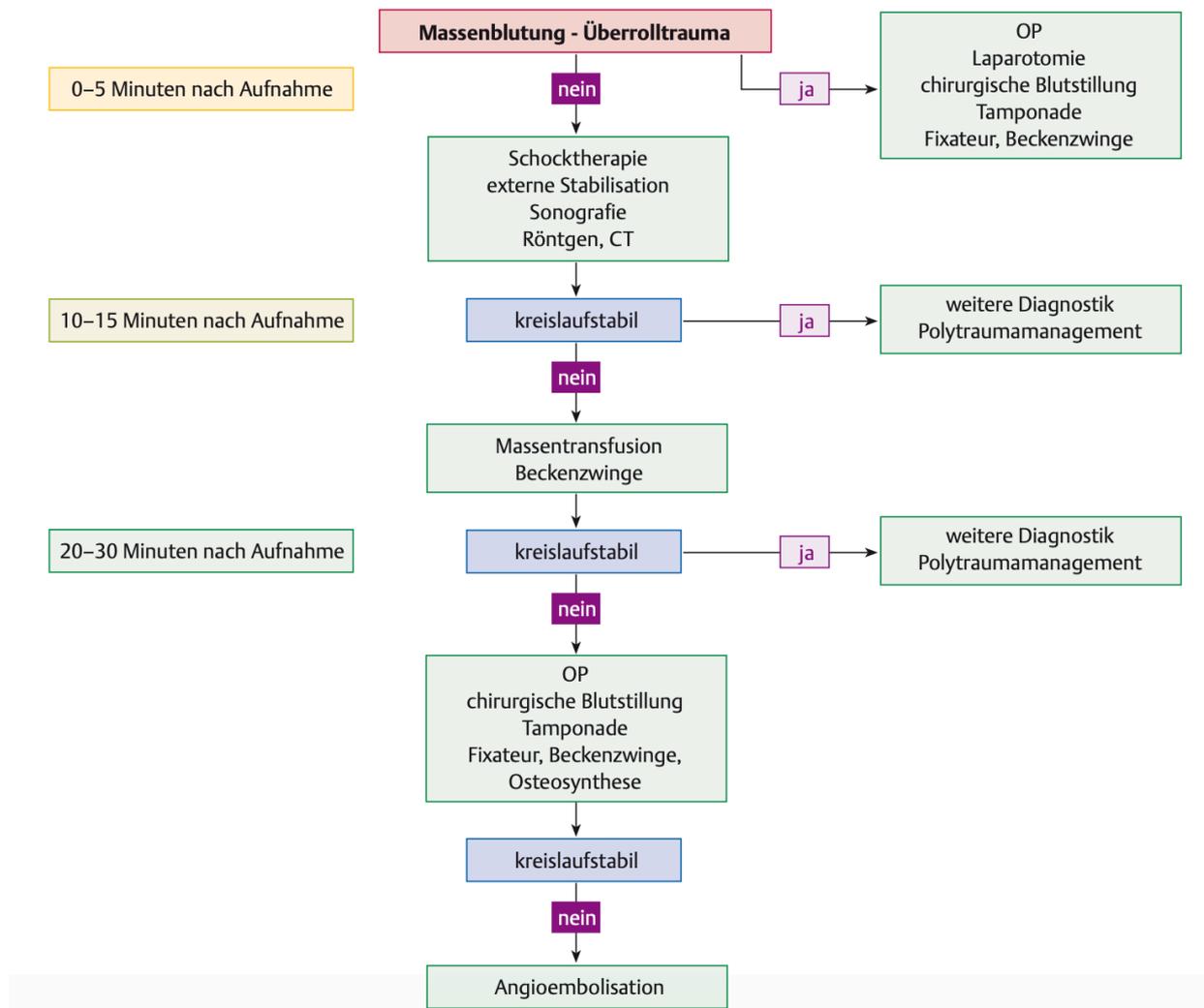


Abbildung 11: Notfallalgorithmus bei komplexen Beckenverletzungen (18)

Die Therapie beim kreislaufstabilen Patienten richtet sich nach der biomechanischen Stabilität des frakturierten Beckens. Typ-A Frakturen gelten als primär stabil und können initial fast immer konservativ behandelt werden. Hierbei erfolgt die Teilbelastung der betroffenen Beckenhälfte an Unterarmgehstützen zwischen 4 und 6 Wochen. Regelmäßige Röntgenkontrollen sind obligat. Sollte es zu keinem zügigen Schmerzurückgang mit ausgeprägter, schmerzbedingter Mobilisationseinschränkung kommen, ist gegebenenfalls sekundär auf ein operatives Verfahren zu wechseln.(19) Primäre OP-Indikationen können bei

Muskelabrisfrakturen oder bei Fragmentdruck auf Weichteile, Gefäße, Nerven oder Beckenorgane bestehen.(18)

Becken-Verletzungen Typ B nach AO-Klassifikation werden überwiegend operativ versorgt. Die laterale Kompressionsfraktur B2.1 nach AO mit weitgehend erhaltener Symmetrie des Beckens und nur geringer Dislokation des vorderen, einseitig instabilen Beckenringes stellt hierbei eine Ausnahme dar. Diese spezielle Typ B Fraktur kann meist primär konservativ therapiert werden.(19) Typ B Open-Book-Verletzungen mit entsprechender Beteiligung des hinteren Beckenringes sind als absolute OP-Indikation anzusehen. Hierbei kann jedoch zumeist durch ausschließliche Osteosynthese des vorderen Beckenringes durch die primär erhaltene dorsale Vertikalstabilität auch der hintere Beckenring ausreichend stabilisiert werden. Transsymphysäre Instabilitäten sollten hierbei nach offener Reposition immer mittels interner Fixation stabilisiert werden. Transpubische Instabilitäten können in Abhängigkeit vom Befund mit einem supraacetabulären Fixateur externe oder mit einer internen Osteosynthese fixiert werden.(20) Auf die einzelnen Osteosyntheseverfahren wird an späterer Stelle noch genauer eingegangen.

Typ C-Beckenverletzungen erfordern prinzipiell eine operative Stabilisation. Am hinteren Beckenring kommen hierbei häufig Einzelschrauben zur Verschraubung des Iliosakralgelenkes zur Anwendung. Die Verletzung des vorderen Beckenringes wird entweder durch eine Plattenosteosynthese (ggf. als Verfahrenswechsel nach primärer Anlage eines Fixateur externe) oder einer Ausbehandlung im Fixateur externe adressiert.(19) In Einzelfällen können auch Einzelschraubenosteosynthesen im Sinne einer „Kriechschraube“ zum Einsatz kommen.

Nachdem auf die Therapieverfahren bei Beckenringverletzungen eingegangen wurde, sollen abschließend noch die Versorgungsstrategien für Acetabulumfrakturen abgehandelt werden. Auch hierbei muss wieder zwischen konservativem und operativem Vorgehen unterschieden werden. Eine konservative Therapie ist möglich bei nicht dislozierten Frakturen, sowie Frakturen ohne Beteiligung der gewichttragenden Gelenkoberfläche bzw. mit einem Frakturversatz von weniger als 2 mm im Bereich der gewichtstragenden Gelenkoberfläche sowie erhaltener Gelenkkongruenz zwischen Gelenkpfanne und Hüftkopf, des weiteren bei Frakturen im Bereich der hinteren Wand mit weniger als 20 % Gelenkflächenbeteiligung sowie ohne intraartikuläre Komponente. Beim konservativen Therapieregime erfolgt in aller Regel eine Entlastung / Teilbelastung an UA-Gehstützen für ca. 6 Wochen unter regelmäßigen

Röntgenkontrollen sowie häufig auch eine Flexionsbeschränkung auf 60° im betroffenen Hüftgelenk für 2-6 Wochen. Speziell bei Frakturen der Acetabulum-Hinterwand ist hierbei Vorsicht geboten, damit eine häufig vorhandene Instabilität im Bereich der hinteren Gelenkkapsel nicht zu einer Hüftgelenksluxation führt.(19)

Häufig ist jedoch eine operative Reposition und Rekonstruktion mit anschließender Osteosynthese indiziert. Da gerade bei den in dieser Arbeit dominierenden Hochrasanztraumen das Acetabulum meist durch die Stauchungskomponente des Hüftkopfes als Kraftüberträger auseinandergedrängt wird,(21) ist bei diesem Verletzungsmuster eine konservative Therapie aufgrund der höhergradigen Dislokationen der einzelnen Acetabulumfragmente nicht möglich. Die operative Therapie ist bei folgenden Frakturmustern indiziert:

- Verlust der Gelenkkongruenz
- Subluxation des Hüftkopfes
- Dislokation der Gelenkoberfläche von mehr als 2 mm
- freie Fragmente im Gelenkspalt
- große Frakturen des hinteren Pfannenrandes(19, 22)

Die primären Vorteile der operativen Reposition und Stabilisation sind die stabile Rekonstruktion des Acetabulum und die dadurch mögliche postoperative Mobilisation und frühfunktionelle Nachbehandlung. Langfristig kann die Entstehung einer posttraumatischen Coxarthrose verhindert oder zumindest deutlich verzögert werden.(19)

Nachdem auf die jeweiligen Indikationen für ein konservatives sowie operatives Vorgehen eingegangen wurde, soll im Folgenden auf die möglichen Therapieverfahren im operativen Setting eingegangen werden.

#### **1.2.4.1. Fixateur externe / Beckenzwinge**

Der Fixateur externe ist nach wie vor das „Arbeitspferd“ der operativen Frakturversorgung im Bereich der Beckenringverletzungen. Er kommt sowohl im Rahmen des „damage-control“-Prinzips in der Schwerverletztenversorgung als auch bei der Ausbehandlung von Beckenringfrakturen zum Einsatz. Als chirurgische Primärtherapie beim „damage-control“-

Prinzip erfolgt die Anlage eines ventralen supraacetabulären oder iliakal-angebrachtem Fixateur externe als Stabilisator. Speziell bei Open-Book Verletzungen kann hierdurch das intrapelvine Volumen effektiv verkleinert werden und ein Tamponadeffekt erzielt werden.(8) Die definitive Osteosynthese kann dann meist erst nach Stabilisierung des Patienten auf der Intensivstation vorgenommen werden, häufig nach 5 – 7 Tagen im sogenannten „Window of Opportunity“.(23) Eine Ausbehandlung im Fixateur externe ist jedoch prinzipiell auch möglich. Bei der Anlage erfolgt das bilaterale, perkutane Einbringen von Schanzschrauben im supraacetabulären Bereich des Os ilium. Die Schanzschrauben können auch zur gegebenenfalls noch notwendigen geschlossenen Reposition der Fraktur im Sinne eines „Joystick“ genutzt werden. Nach Frakturreposition erfolgt dann die Verbindung der einzelnen Schanzschrauben über ein modulares Gestängesystem zur Stabilisation und Fixation des Repositionsergebnisses.(24) Abbildung 12 zeigt exemplarisch zwei gängige Systeme von Beckenfixateuren.

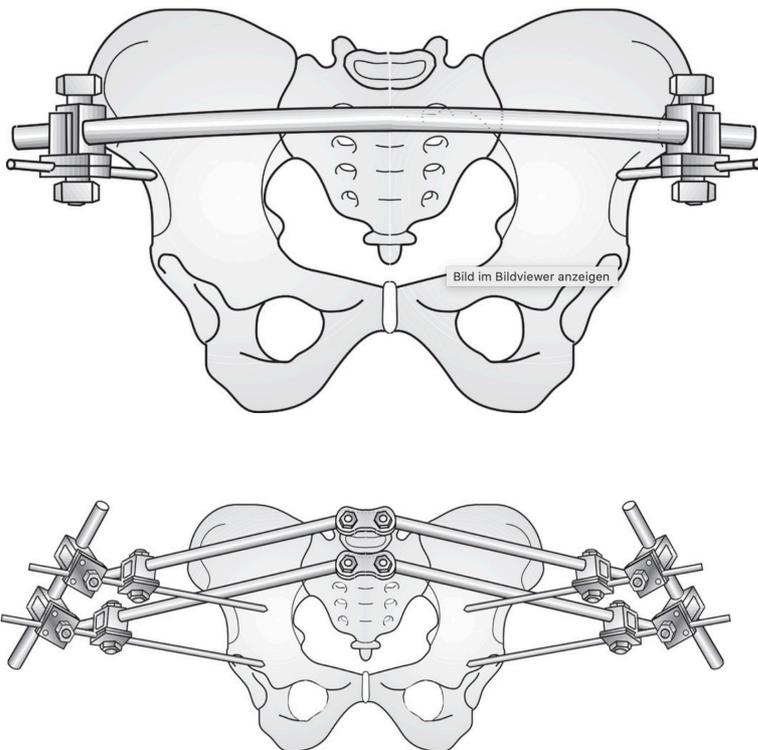


Abbildung 12: Fixateur externe Systeme im Bereich des Beckens (18)

Folgende Indikationen können mit diesen Fixateursystemen therapiert werden:

- notfallmäßige Primärstabilisation von instabilen Typ B und Typ C Verletzungen des Beckens, bis zum Verfahrenswechsel auf die definitive osteosynthetische Versorgung
- definitive Versorgung von Typ B Beckenverletzungen
- definitive Versorgung der anterioren Instabilität bei Typ C Verletzungen mit transpubischer Instabilität nach vorheriger posteriorer interner Stabilisation
- additive zusätzliche anteriore Stabilisation nach erfolgter anteriorer interner Stabilisation
- definitive Therapie von kindlichen Beckenringverletzungen(24)

Aufgrund der „Komfort“- und Handlingnachteile bei externen Fixateursystemen sowohl für den Patienten als auch für die (intensiv)-medizinische Pflege sowie der biomechanisch insgesamt eher ungünstigen Kraft- und Hebelverhältnisse haben einige Arbeitsgruppen ein System entwickelt, bei dem der Verbindungsträger der einzelnen Pins transcutan unter der Haut verläuft. Dies führt zu einem deutlichen Komfortgewinn bringt jedoch andere Komplikationsmöglichkeiten mit sich.(25, 26) Bisher haben sich diese Systeme nicht flächendeckend durchgesetzt.

Die Beckenzwinge kommt in der notfallmäßigen Stabilisation des instabilen hinteren Beckenringes bei instabiler Kreislaufsituation zum Einsatz. Sie ist im Bereich des hinteren Beckenringes bezüglich Stabilität dem Fixateur externe überlegen und führt durch eine Kompression der (zumeist venösen) Blutungen im Bereich des Beckens häufig zu einer Verbesserung / Stabilisation der Kreislaufsituation. Sie ist zur Ausbehandlung jedoch nicht geeignet, sodass sich fast immer ein Verfahrenswechsel mit definitiver Osteosynthese des hinteren Beckenringes im Verlauf anschließt.(16) Abbildung 13 zeigt das Prinzip und die korrekten Anlagepunkte der Beckenzwinge schematisch.

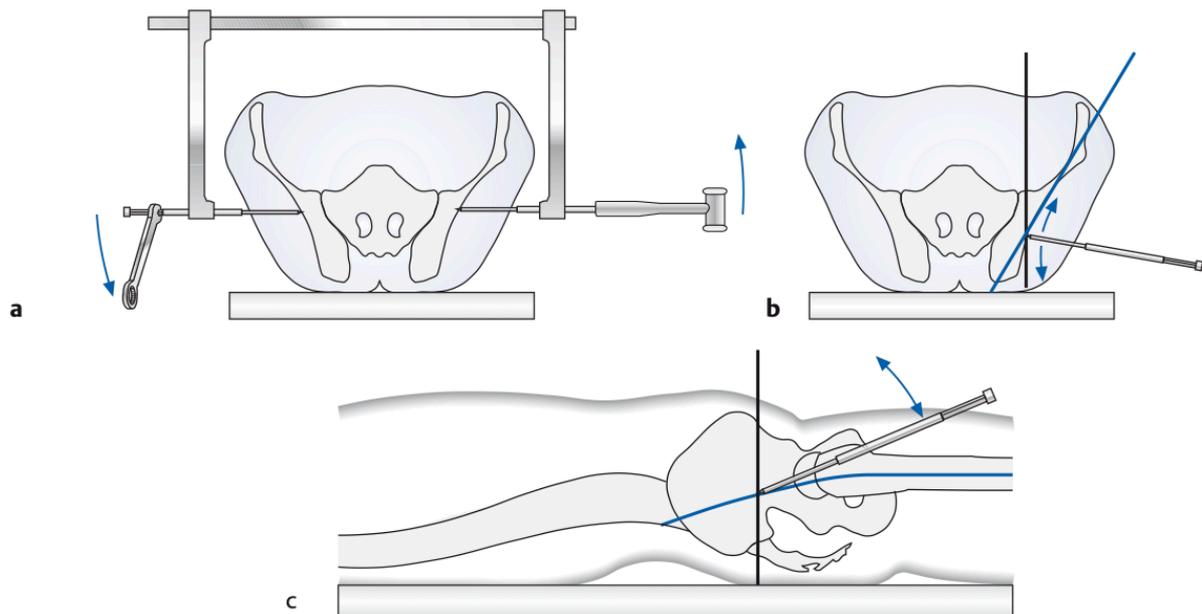


Abbildung 13: Prinzip der Beckenzwinge, sowie korrekte Position der Pins (18)

#### 1.2.4.2. ISG-Verschraubung / Plattenosteosynthese / Schraubenosteosynthese

Neben den externen Stabilisationsverfahren kommen in der Chirurgie der Beckenringfrakturen und ISG-Fugensprengungen auch interne Osteosyntheseverfahren zum Einsatz. Im Bereich des hinteren Beckenringes sind dies zuallermeist folgende Verfahren:

- transiliosakrale Zugschraubenosteosynthese
- iliosakrale Plattenosteosynthese
- iliolumbale Transfixation / lumbopelvine Stabilisation

Die gedeckte Verschraubung des Iliosakralgelenkes mittels Einzelschrauben (transiliosakrale Zugschraubenosteosynthese) setzt eine gelungene geschlossene Reposition der ISG-Fugensprengung oder der lateralen Sakrumfraktur voraus. Gelingt die geschlossene Reposition und Retention, erfolgt unter Bildwandlerkontrolle das Einbringen kanülierter Einzelschrauben nach temporärer Platzierung von K-Drähten und röntgenologischer Lagekontrolle. Hierbei muss vor allem bei einer sakralen Schraubenplatzierung medial der sakralen Foramina sehr exakt auf eine korrekte Lage der Schrauben geachtet werden, damit

es zu keinen Irritationen / Verletzungen von Nervenwurzeln kommt.(27) Dieses Verfahren kommt bei beidseitigen Verletzungsmustern auch bilateral zum Einsatz. Abbildung 14 zeigt schematisch die Schraubenlage im Pedikel des 1. Sakralwirbels sowie die OP-Lagerung und Bildwandlerkontrolle:

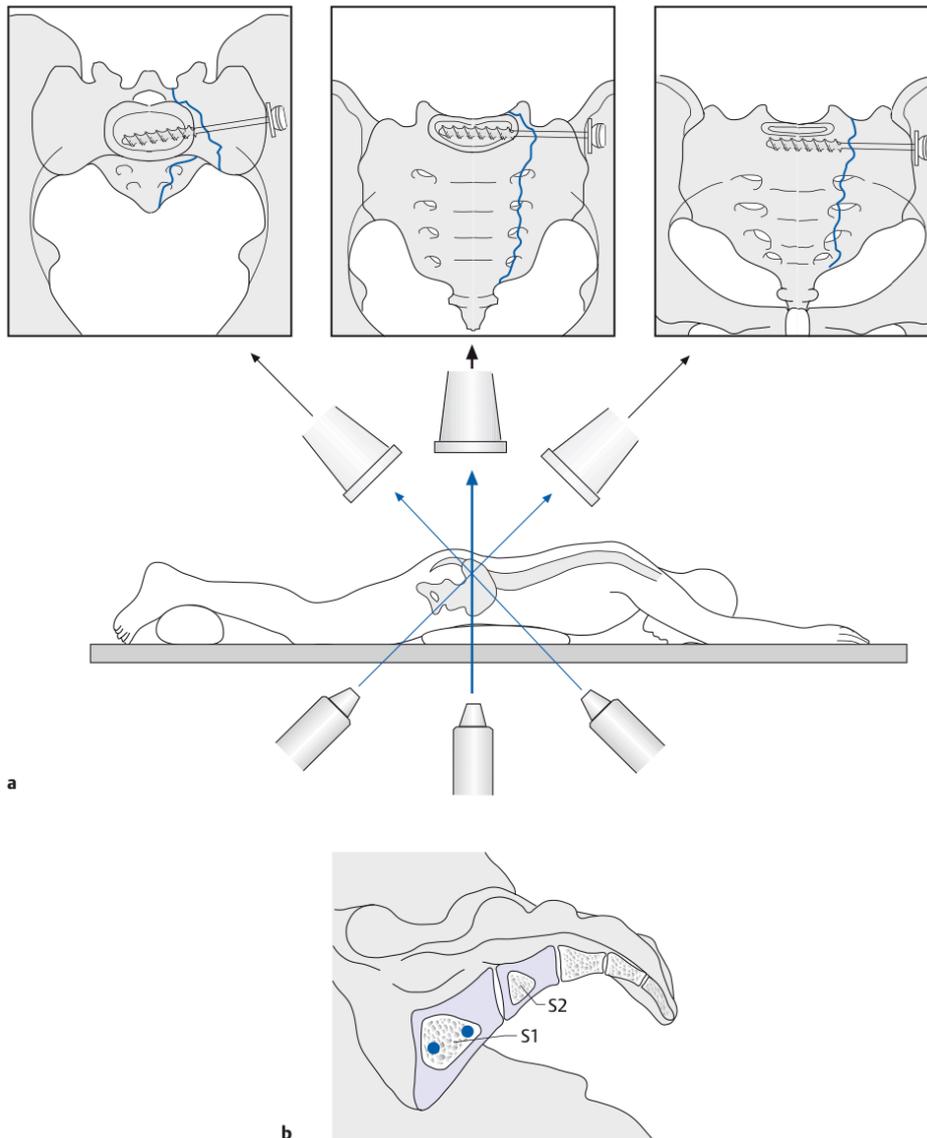


Abbildung 14: ISG-Verschraubung (18)

Gelingt keine geschlossene Reposition, erfolgt zumeist die ventrale Plattenosteosynthese des dorsalen Beckenringes mit offener Reposition. Dies setzt jedoch voraus, dass sowohl das Os sakrum als auch das Os ilium ISG-Fugen-nah nicht wesentlich frakturiert sind. Bei diesem

Verfahren werden Platten V-förmig zueinander angeordnet.(19) Wichtig ist hierbei die möglichst gute anatomische Reposition, da eine (Rest)-Dislokation das Outcome wesentlich verschlechtert.(28)

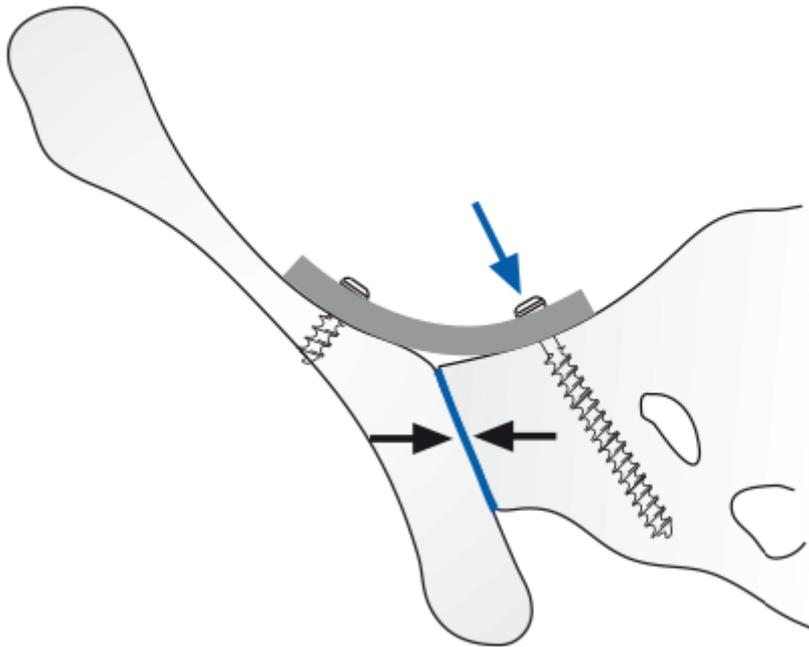


Abbildung 15: Lage einer Platte zur Stabilisation einer ISG-Fugensprengung (18)

Ein offenes dorsales Vorgehen am hinteren Beckenring ist deutlich seltener indiziert. Es kann jedoch speziell bei mehrfragmentären komplexen Sakrum-Frakturen zum offenen Frakturdebridement oder bei traumatischer Nervenkompression notwendig sein. Auch lumbopelvine Stabilisierungen von Mehrfragmentfrakturen verlangen teilweise nach einem dorsalen Zugang am hinteren Beckenring.(19)

Abbildung 16 zeigt anhand einer Röntgenaufnahme exemplarisch eine iliolumbale Transfixation sowie zusätzliche Plattenosteosynthese des Sakrum.

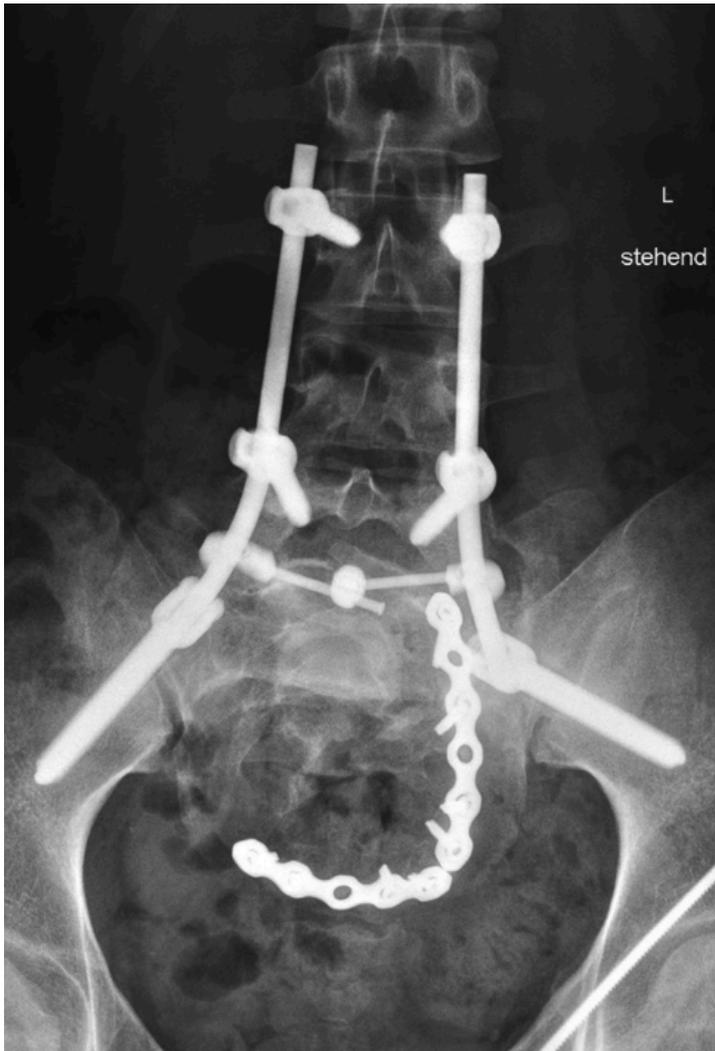


Abbildung 16: iliolumbale Transfixation mit additiver Plattenosteosynthese des Sakrum (19)

Nachdem in obigem Abschnitt die häufigsten dorsalen Osteosyntheseverfahren dargestellt wurden, wird in folgendem Teil noch auf die ventralen Verfahren eingegangen. Als interne Stabilisationsverfahren kommen hierbei zumeist zur Anwendung:

- Plattenosteosynthese der Symphyse
- Plattenosteosynthese des oberen Schambeinastes
- (perkutane) Schraubenosteosynthese des oberen Schambeinastes (Kriechschraube)

Die Plattenosteosynthese der Symphyse stellt das gängigste Verfahren zur operativen Versorgung von Symphysensprengungen dar. Ab einer Diastase von mehr als 1,5 cm besteht regelhaft die Indikation zur Reposition und Stabilisation. Hierbei wird über einen suprapubischen Hautschnitt die Symphyse schrittweise dargestellt und nach Reposition

mittels 4-/5-Lochplatte stabilisiert. Bei gleichzeitigen Frakturen des Schambeines kann die Osteosynthese auf den oberen Schambeinast ausgeweitet werden.(16) Hierfür muss gegebenenfalls ein erweiterter oder alternativer Zugangsweg gewählt werden. Undislozierte Frakturen des oberen Schambeinastes oder undislozierte Frakturen der Beckenschaufel können auch mit perkutanen Schraubenosteosynthesen versorgt werden (Kriechschraubenprinzip).(19) Die Abbildungen 17 und 18 zeigen anhand von ausgewählten Röntgenaufnahmen nochmals die hier beschriebenen Osteosyntheseverfahren des vorderen Beckenringes.



Abbildung 17: 4-Loch Plattenosteosynthese der Symphyse mit additiver Kriechschraubenosteosynthese des oberen Schambeinastes (19)

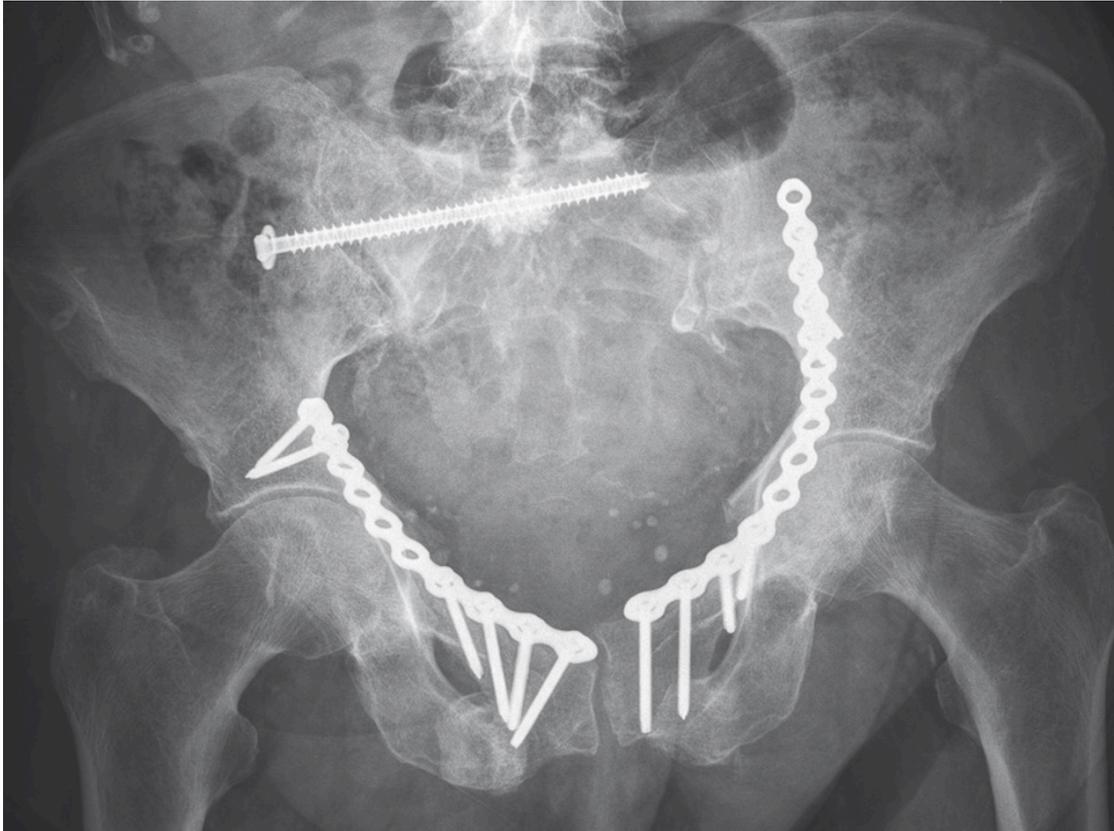


Abbildung 18: Plattenosteosynthese des oberen Schambeinastes (über Stoppa-Zugang) (19)

Natürlich gibt es noch weitere Osteosyntheseverfahren im Bereich des vorderen und hinteren Beckenringes. Die hier aufgeführten stellen jedoch die absolute Mehrheit der klinisch verwendeten Verfahren dar.

Folgender Algorithmus zur Entscheidungsfindung bei Beckenringverletzungen nach Hochenergie-Trauma zeigt nochmals die gängigen hier beschriebenen Stabilisationsverfahren in Gegenüberstellung zur konservativen Therapie:

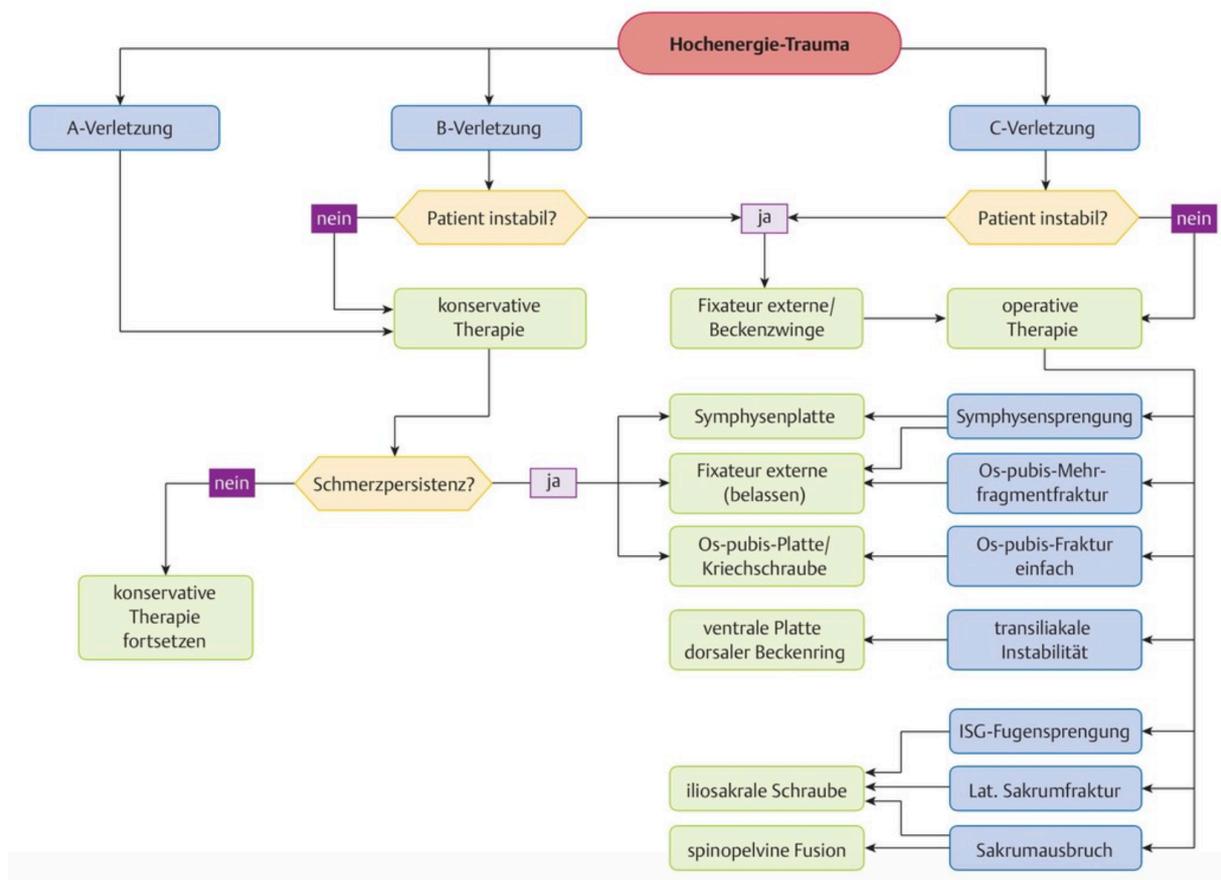


Abbildung 19: Therapiealgorithmus bei Beckenverletzungen (19)

Nach der Beschreibung der gängigen Osteosyntheseverfahren bei Beckenringverletzungen soll noch auf die operativen Verfahren bei Acetabulumfrakturen eingegangen werden. Das grundlegende Prinzip ist auch hierbei die möglichst anatomische Reposition der Frakturfragmente, die Wiederherstellung der Gelenkkongruenz und Stabilisierung der Fraktur. Dies ermöglicht eine frühfunktionelle Nachbehandlung und Mobilisation des Patienten.(16) Die jeweiligen Indikationen für ein konservatives / operatives Therapieregimes wurden bereits eingehend erläutert. Die operative Stabilisation von Acetabulumfrakturen erfolgt fast immer mittels Plattenosteosynthese. Hierbei stehen unterschiedliche Platten- und Schraubensysteme aus Stahl bzw. Titan zur Verfügung. Es gibt anatomisch vorgeformte oder vom Operateur selbst zu biegende Platten in winkelstabiler und nicht-winkelstabiler Variante. Prinzipiell bieten jedoch nach vorherrschender Meinung winkelstabile Plattensysteme in der Acetabulumchirurgie keinen relevanten Vorteil, da konventionelle Systeme bessere Schraubenpositionierungsoptionen bieten und somit eine intraartikuläre Schraubenlage bzgl. des Hüft-/ISG-Gelenkes besser vermieden werden kann.(29) Bezüglich der chirurgischen

Frakturexposition gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Zugangswegen. Die Wahl des Zugangsweges hängt neben der Erfahrung des Operateurs ganz entscheidend von der Lokalisation der jeweiligen Fraktur ab (hinterer/vorderer Pfeiler; hintere/vordere Wand; Querfraktur, etc.). Gängige Zugangswege in der Acetabulumchirurgie sind u.a.:

- Ilio-inguinaler Zugang
- (modifizierter) Stoppa-Zugang
- Pararektus-Zugang
- Kocher-Langenbeck-Zugang(29, 30)

Abbildung 20 veranschaulicht die jeweiligen Schnittführungen ausgewählter Zugänge nochmals.

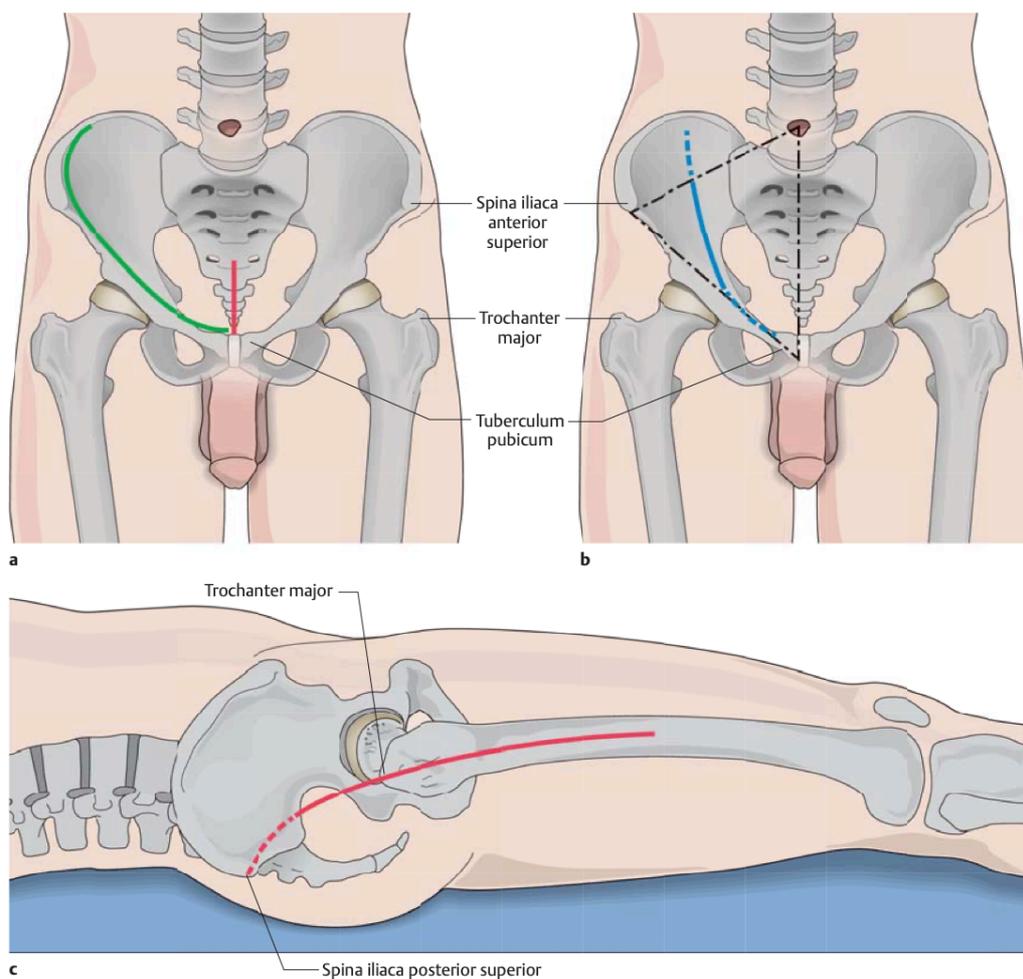


Abb. 10 ■ Inzisionsführung verschiedener anteriorer Zugänge zum Acetabulum. a Ilio-inguinaler Zugang (grüne Linie), modifizierter Stoppa-Zugang (rote Linie) und b Pararektuszugang (blaue Linie). c Kocher-Langenbeck-Zugang (rote Linie).

Abbildung 20: Schnittführung für verschiedene Zugangswege in der Acetabulumchirurgie (29)

## 1.2.5. Komplikationen

Insgesamt stellt die operative Therapie von Becken- und Acetabulumfrakturen aufgrund der häufig per se schweren Traumafolgen und Begleitverletzungen als auch der komplexen anatomischen Strukturen im jeweiligen OP-Gebiet ein durchaus komplikationsträchtiges Feld der Traumachirurgie dar. An dieser Stelle soll deswegen auf die relevantesten Komplikationen eingegangen werden.

### 1.2.5.1. operative Risiken

Bei Anlage eines Fixateur externe am Becken kann es beim Einbringen der Schanz-Schrauben zu Verletzungen des N. cutaneus femoris lateralis kommen, mit daraus resultierenden Hypästhesien / Schmerzen im Versorgungsgebiet. Durch konsequentes Verwenden der Bohrhülse lässt sich dieses Risiko minimieren.(19) Bei Verwendung der transcutanen Fixateur-Gestänge ließen sich in untersuchten Studienpopulationen bei bis zu 48,3 % der Patienten postoperative Irritationen dieses Nervs feststellen.(25) Die Kompression der Bauchdecke durch zu nahe Montage des Quergestänges ist eine weitere Komplikation bei Verwendung des Fixateur externes.

Werden bei Beckenfrakturen eine offene Reposition und plattenosteosynthetische Stabilisation durchgeführt, gibt es auch hierbei eine Reihe von relevanten Komplikationen, deren Häufigkeit und Relevanz sich je nach verwendetem Zugangsweg unterscheiden. Eine Verletzung der Blase ist aufgrund der anatomischen Nähe zum OP-Gebiet eine häufige Gefahr, weshalb bei diesen Eingriffen immer präoperativ ein Blasenkatheter angelegt werden sollte. Eine weitere gefürchtete Komplikation ist die Verletzung der sogenannten Corona mortis, einer Verbindungsarterie zwischen der Art. obturatoria und der Art. epigastrica inf. bzw. der Art. iliaca ext. Hierbei kann es zu ausgeprägten Blutungen kommen, welche aufgrund der Retraktionstendenz dieser Arterie oftmals schwer stillbar sind.(31) Verletzungen oder Irritationen des N. obturatorius / N. femoralis durch „blindes“ Setzen von Repositionszangen bzw. ausgeprägtem Zug / Lagerung in Extensionsstellung sind weitere mögliche Komplikationen. Auch eine Verletzung des Plexus lumbosacralis bzw. der fünften Lumbalnervenwurzel bei Verwendung des ersten Fensters des ilioinguinalen Zuganges ist des Öfteren zu beobachten. Bei einer gedeckten Verschraubung des ISG ist intraoperativ auf eine sicher intraossäre Lage der Einzelschraube(n) zu achten um eine Schädigung des Plexus lumbosacralis zu vermeiden. Frühe postoperative Komplikationen sind Nachblutungen mit

daraus resultierenden Hämatomen, welche ggf. eine operative Entlastung indizieren. Sekundäre Dislokationen, speziell bei osteoporotischem Knochen oder falscher Dimension / unzureichender Verankerung im Knochen stellen eine weitere postoperative Problematik dar. An Langzeitkomplikationen finden sich v.a. Arthrosen im Bereich des Iliosakralgelenkes, speziell bei nicht exakter anatomischer Reposition, persistierende Instabilitäten zumeist im Bereich der Symphyse, Hernien im Zugangsbereich sowie Pseudarthrosenbildungen und ausbleibende knöcherne Konsolidierung.(19, 32)

Bei der operativen Therapie von Acetabulumfrakturen treffen viele der oben genannten Komplikationen und Risiken in unterschiedlicher Ausprägung ebenfalls zu. Die häufigsten sind hierbei die perioperative tiefe Beinvenenthrombose, die intraartikuläre Schraubenfehlage sowie die sekundäre Dislokation durch ungenügende Fixation. Auch die intraoperative Verletzung von Gefäßen und nervalen Strukturen zählt zu den häufigeren Komplikationen.(19) Bei den iatrogenen Nervenschädigungen ist besonders der N. ischiadicus zu nennen, welcher in der Literatur mit bis zu 16% postoperativer Funktionsbeeinträchtigung beschrieben wird.(33) In neueren Untersuchungen aus den Datensätzen der Arbeitsgemeinschaft Becken der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie konnte diese hohe Rate an postoperativen Beeinträchtigungen jedoch nicht bestätigt werden. (34) An Spätkomplikationen sind eine verzögerte Knochenbruchheilung bis hin zur Ausbildung einer manifesten Pseudarthrose, die avaskuläre Hüftkopfnekrose sowie die Hüftarthrose und die Ausbildung von heterotopen Ossifikationen zu nennen.(19)

### **1.2.5.2. Infektionen**

Infektionen im Bereich der Becken- und Acetabulumchirurgie stellen seit jeher eine relevante Komplikation dar, welche das postoperative Outcome und Procedere negativ beeinflussen. In der frühen Ära der chirurgischen Therapie dieser Entitäten mittels offener Reposition und interner Fixation wurden in Studien postoperative Infektionsraten von bis zu über 15% festgestellt. (35, 36) Die Gründe für diese hohen Infektraten sahen die Autoren in den langen OP-Zeiten sowie den Begleitverletzungen. In neueren Untersuchungen zeigten sich postoperative Infektionsraten zwischen 1,9% (32) und 3,4% (37) im Bereich der Beckenringchirurgie, sowie von 2,3% - 5,6% im Bereich der Acetabulumchirurgie. (38-40) Als Risikofaktoren für die Entwicklung einer postoperativen Wundinfektion zeigten sich:

- Verletzungsschwere / Begleitverletzungen
- OP-Dauer > 3 Std.
- prolongierter Aufenthalt auf einer Intensivstation
- Transfusion von Blutprodukten
- Diabetes Mellitus
- Übergewicht

Diese Punkte konnten in zahlreichen Studien insgesamt als Risikofaktoren für postoperative Wundinfekte bestätigt werden und sind nicht spezifisch für die Becken- und Acetabulumchirurgie. (41-45)

Kommt es zu einer postoperativen Infektsituation, so ist zumeist eine operative Therapie des Infektes indiziert. Auch wenn es sich hierbei fast immer um Weichteilinfekte ohne initiale osteitische Beteiligung der knöchernen Strukturen handelt, ist in den meisten Fällen der Ausbau oder zumindest Wechsel des eingebrachten Implantatmaterials indiziert, mit gegebenenfalls Wechsel des Stabilisationsverfahrens mit z.B. zeitweiliger Anlage eines Fixateur externe während des Sanierungsintervalles. (22) Die Behandlung der eigentlichen Infektion besteht zumeist aus einem vollständigen und falls erforderlich, wiederholten chirurgischen Debridement und Spülung der Weichteile sowie einer systemischen antibiotischen Therapie mit einem Breitband-Antibiotikum. (46) Diese kann nach Vorliegen der mikrobiologischen Ergebnisse keimspezifisch angepasst und verschmälert werden. Die Antibiotikagabe erfolgt in aller Regel für 6 Wochen.

In bisherigen Untersuchungen zeigte sich bei Infektionen nach Beckenosteosynthesen häufig eine Besiedelung mit Staphylokokken-Stämmen, vor allem *St. aureus* und *St. epidermidis*. (40) Die Häufigkeit der Besiedelung mit Staphylokokken und deren Fähigkeit zur Bildung von Biofilmen, speziell auf Implantaten und Osteosynthesematerialien, mit den daraus resultierenden Penetrationsproblemen der eingesetzten Antibiotika, macht den Ausbau des eingebrachten Implantates wie oben beschrieben zumeist unumgänglich. (47)

Kommt es bei Beckenosteosynthesen zum Infekt, ist dies dementsprechend immer mit einem langwierigen Verlauf mit multiplen weiteren Operationen zur Infektsanierung und zumeist Wechsel des Osteosyntheseverfahrens verbunden. Erschwerend hinzu kommt die komplexe Anatomie im Bereich des Beckens mit hoher Zugangsmorbidität. Aus der eigenen klinischen

Erfahrung in unserem Hause mit diesem Patientenkollektiv entstand zudem der Eindruck einer hohen Rezidivrate nach operativer Infektsanierung.

Es lässt sich somit festhalten, dass eine postoperative Infektion nach Becken-/Acetabulumchirurgie eine schwerwiegende Komplikation darstellt, welche zumeist die Mortalität und Morbidität erhöht und das Patientenoutcome verschlechtert.

Aus oben genannten Punkten entstand der Antrieb für diese Untersuchung und Arbeit. Die Ziele zu Beginn des Projektes lassen sich wie folgt skizzieren:

- Verbesserung der bisher schlechten Datenlage zu dieser Verletzungsentität in Kombination mit einem Infekt
- Untersuchung der Rezidivhäufigkeit
- Analyse des Keimstatus der Patienten zum Zeitpunkt des Wundverschlusses in Korrelation mit der Rezidivhäufigkeit und ggf. Ableitung von Therapieempfehlungen
- Überlegungen zur Problematik der häufig begleitenden schweren Weichteilverletzungen und deren Management (Morel-Lavallée-Läsion)

## 2. Material und Methodik

Nachdem im vorangegangenen Kapitel auf die allgemeinen Grundlagen sowie die relevante Anatomie und die Verletzungsmuster eingegangen wurde, soll in diesem Abschnitt auf Material und Methodik dieser Arbeit eingegangen werden.

### 2.1. Patientenkollektiv

Zur Ermittlung des Patienten-Grundkollektives erfolgte zu Beginn der Recherche eine Abfrage im klinikinternen Datenbanksystem zum Thema „Beckeninfekte“ nach ICPM-Codes. Bei der ICPM-Klassifikation handelt es sich um eine von der World Health Organization (WHO) im Jahre 1978 herausgegebene „internationale Klassifikation der Behandlungsmethoden in der Medizin“ („international Classification of Procedures in Medicine“). Dies ist eine der gängigsten Klassifikationen zur Kategorisierung von medizinischen Prozeduren und Verfahren, in erster Linie von Operationen. (48) Es wurden hierbei folgende ICPM-Codes abgefragt:

- 5-780.0d Exploration Knochengewebe: Becken
- 5-780.4d Einlegen eines Medikamententrägers: Becken
- 5-780.6d Debridement: Becken
- 5-780.7d Sequesterotomie: Becken
- 5-780.8d Sequesterotomie mit Einlegen eines Medikamententrägers: Becken
- 5-782.0d Exzision und Resektion von erkranktem Knochengewebe: Partielle Resektion: Becken

Zusätzlich erfolgte eine Freitextsuche in allen OP-Berichten mit den Stichwort-Kombinationen:

- Infekt + Becken
- Infekt + ISG
- Infekt + Symphyse

Die Kombination dieser beiden Suchabfragen erbrachte eine Grundpopulation von 456 Patienten. Durch die bewusst weit gefasste Suchabfrage wurden viele für diese Arbeit nicht relevante Verletzungsentitäten bzw. Eingriffe miterfasst, vor allem die Hüftendoprothetik. Nach Durchsicht aller 456 Patientenakten konnte eine für diese Untersuchung relevante

Population von 47 Patienten ermittelt werden, welche im Rahmen einer Verletzung des knöchernen Beckenringes und / oder einer Acetabulumfraktur mit begleitendem / anschließendem Beckeninfekt in der BG-Unfallklinik Murnau operativ behandelt wurden. Von diesen 47 Patienten konnten letztlich 43 in die endgültige Auswertung aufgenommen werden, 4 Patienten mussten als „lost to follow up“ ausgeschlossen werden.

## **2.2. Erstellung der Datenbank**

Nach Ermittlung der für diese Studie relevanten Gesamtpopulation erfolgte die Erstellung einer Datenbank primär durch tabellarische Aufarbeitung mit Microsoft Excel für die spätere Einspeisung in die klinikinterne Microsoft Access-Datenbank. Folgende Parameter wurden erfasst:

- Patientenummer
- Fallnummer
- Name des Patienten
- Geburtsdatum
- Geschlecht
- Anschrift
- Telefonnummer
- Verletzungsmuster
- Unfallmechanismus
- Keimspektrum
- Wechsel des Keimspektrums während der Behandlung
- Dauer des Indexaufenthaltes
- Entlassdatum im Rahmen des Indexaufenthaltes
- Keimpositivität / Keimnegativität der intraoperativen Abstriche der letzten OP während des Indexaufenthaltes
- Infektrezidiv dokumentiert oder nicht

### **2.2.1. Fallbezogene Daten**

Die fallbezogenen Daten wie Fallnummer des Indexaufenthaltes sowie Patientenummer der Probanden konnten aus dem SAP-System der Klinik generiert werden. Anschließend erfolgte die tabellarische Dokumentation in Microsoft Excel.

### **2.2.2. Patientenbezogene Daten**

Die patientenbezogenen Daten wie der vollständige Name sowie das Geburtsdatum und Geschlecht wurden ebenfalls dem klinikinternen SAP-System entnommen und tabellarisch dokumentiert. Die Kontaktdaten wurden auf Aktualität überprüft und sofern vorhanden, die telefonischen Kontaktdaten für die spätere Nacherhebung erfasst.

### **2.2.3. Verletzungsmuster**

Aus den vorhandenen medizinischen Unterlagen wurde das Verletzungsmuster erfasst und dokumentiert. Hierzu wurde auf die gängige AO-Klassifikation für Beckenverletzungen zurückgegriffen. Folgende Verletzungsmuster sowie deren Kombinationen wurden unterschieden:

- Beckenverletzung Typ A nach AO-Klassifikation
- Beckenverletzung Typ B nach AO-Klassifikation
- Beckenverletzung Typ C nach AO-Klassifikation
- Acetabulumfraktur
- Beckenverletzung Typ A nach AO-Klassifikation + Acetabulumfraktur
- Beckenverletzung Typ B nach AO-Klassifikation + Acetabulumfraktur
- Beckenverletzung Typ C nach AO-Klassifikation + Acetabulumfraktur
- Hemipelvektomie
- Sonstige

Endoprothetische Eingriffe an der Hüfte mit Infektverlauf wurden aus dieser Studie explizit ausgeschlossen, da hierzu bereits umfangreiche Forschungsergebnisse existieren.

#### **2.2.4. Unfallmechanismus**

Der Traumamechanismus, welcher zu der jeweiligen Beckenverletzung führte, wurde ausgewertet, dokumentiert und kategorisiert. Folgende Traumamechanismen wurden unterschieden:

- Verkehrsunfall
- Sturz aus großer Höhe (> 3m)
- Sturz aus geringer Höhe (< 3m)
- Überrolltrauma (PKW, LKW, Heuballen)
- Einklemmung (Baum, Gabelstapler, Presse)
- Fahrradsturz
- Ski-/Snowboardsturz
- Sonstige

#### **2.2.5. Dauer des Indexaufenthaltes und Entlassdatum**

Bei den zumeist längeren und teilweise mehrfachen Klinikaufenthalten der Patienten im Rahmen der Beckenverletzung mit Infektverlauf erfolgte die Definition eines „Indexaufenthaltes“. Hierbei handelt es sich um denjenigen Aufenthalt in welchem der Infekt erstmalig behandelt wurde und ein Versuch der Sanierung unternommen wurde, bzw. der erste Aufenthalt nach Zuverlegung/Vorstellung zur Weiterbehandlung des Patienten nach auswärtig diagnostiziertem Infekt nach Beckenosteosynthese. Die Hospitalisierungsdauer (in Tagen) im Rahmen dieses Indexaufenthaltes wurde ausgewertet, um Rückschlüsse auf die durchschnittliche Krankenhausaufenthaltsdauer bei den Komplikationsverläufen ziehen zu können. Der Entlassungstag im Rahmen des Indexaufenthaltes wurde zur einfacheren Zuordnung der teilweise multiplen Aufenthalte ebenfalls erfasst und dokumentiert.

#### **2.2.6. Operative Therapie**

Zur Auswertung der durchgeführten chirurgischen Therapien wurden sämtliche ärztliche Dokumente im klinikeigenen Informationssystem sowie alle vorliegenden Bildgebungen ausgewertet, um eine vollständige Erfassung der durchgeführten Operationen beim

jeweiligen Patienten zu gewährleisten. Daraufhin erfolgte die Kategorisierung der Eingriffe, um eine bessere Auswertbarkeit zu erreichen. Folgende chirurgische Verfahren wurden hierbei unterschieden und klassifiziert:

- Osteosynthese im Bereich der Symphyse (Plattenosteosynthese)
- Fixateur externe
- Osteosynthese im Bereich des ISG perkutan (ISG-Schraube einseitig/beidseitig)
- Osteosynthese im Bereich des Beckenringes über ventralen Zugang (ilioinguinaler Zugang, Pararectus-Zugang, etc.)
- Osteosynthese im Bereich des Beckenringes über dorsalen Zugang (iliolumbaler Zugang, dorsale Plattenosteosynthese des ISG)
- Osteosynthese im Bereich des Acetabulum
- Sonstige Osteosyntheseverfahren (Kriechschrauben im Bereich des oberen Schambeinastes, ilio-lumbo-femorale Transfixation)

Die Unterscheidung erfolgte aufgrund der unterschiedlichen anatomischen Zugangswege und damit verbundenen Zugangsmorbiditäten, um etwaige Unterschiede in den Infektionsraten feststellen zu können. Oben genannten Kategorien wurden Nummern von 1-7 zugeordnet um die einzelnen Verfahren sowie deren Kombinationen auswerten zu können. Folgende Tabelle veranschaulicht dies:

<b>Nummer</b>	<b>Osteosyntheseverfahren / chirurg. Zugangsweg</b>
1	OS im Bereich der Symphyse
2	Fixateur externe
3	OS im Bereich ISG perkutan
4	OS im Bereich Beckenring ventraler Zugang
5	OS im Bereich Beckenring dorsaler Zugang
6	OS im Bereich Acetabulum
7	Sonstiges OS-Verfahren

*Tabelle 2: Osteosyntheseverfahren und Zugangswege*

Für die weitere Auswertung bezüglich der Verfahrenskombinationen lassen sich die Osteosyntheseverfahren folgendermaßen zusammenfassen:

- Nummer **1 / 2**: Osteosyntheseverfahren für den **vorderen** Beckenring
- Nummer **3 / 4 / 5**: Osteosyntheseverfahren für den **hinteren** Beckenring
- Nummer **6 / 7**: **Acetabulum + Sonstiges**

### 2.2.7. Keimspektrum / Wechsel des Keimspektrums

Die gesamten mikrobiologischen Befunde der Probanden bezüglich des Keimspektrums und eines etwaigen Wechsels des Keimspektrums ab dem Indexaufenthalt wurden ausgewertet und kategorisiert. Folgende Kategorien wurden erfasst und ausgewertet:

- Name des Erregers
- Art des Erregers (Kokken, Stäbchen, Pilze)
- Gramfärbung bei den bakteriellen Erregern
- O<sub>2</sub>-Toleranz (aerob, anaerob, fakultativ anaerob)
- Häufigkeit des Erregers in der Studienpopulation (in absoluten Zahlen und Prozentwerten)

Zusätzlich erfolgte die Auswertung bezüglich eines Wechsels des Keimspektrums. Hierzu wurden die mikrobiologischen Ergebnisse bei erstmaligem Auftreten des Keimes mit den gewonnenen Proben aus allen darauffolgenden intraoperativen Proben verglichen. Sofern hierbei ein Wechsel des Keimspektrums oder eine Besiedelung mit zusätzlichen Keimen festgestellt wurde, erfolgte die Klassifikation als „wechselndes Keimspektrum“.

### 2.2.8. Mikrobiologischer Status bei letzter OP

Um bezüglich eines etwaigen Rezidivs Aussagen treffen zu können, wurden die mikrobiologischen Ergebnisse der letzten „Sanierungs“-OP ausgewertet und dokumentiert. Unterschieden wurde, ob ein endgültiger Verschluss des Situs bei Keimnegativität erfolgte, oder ob weiterhin eine Keimpositivität in den mikrobiologischen Auswertungen bestand.

Da die Frage der „erfolgreichen“ Infektsanierung bzw. das Auftreten von Infektrezidiven essentieller Bestandteil dieser Studie ist, wurden sämtliche mikrobiologische Befunde ab dem Indexaufenthalt sowie alle Patientendokumente bezüglich des Auftretens eines Infektrezidives nach dem Indexaufenthalt ausgewertet.

### **2.2.9. Rezidiv**

Ein zentraler Endpunkt dieser Untersuchung war die Frage nach der „Sanierbarkeit“ von Infektionen im Bereich des Beckens nach osteosynthetischer Versorgung sowie der Rezidivrate bezüglich des Infektgeschehens. Um hierzu eine Aussage treffen zu können, wurden alle vorhandenen Dokumente der jeweiligen Patienten ab dem Indexaufenthalt sowie die entsprechenden mikrobiologischen Ergebnisse ausgewertet. Ermittelt wurde, ob es nach der Entlassung im Rahmen des Indexaufenthaltes nochmals zu einem Infekt-(Rezidiv) im Bereich des Beckens kam, d.h. ob der Patient bei uns oder in einem anderen Krankenhaus aufgrund eines Rezidivs erneut behandelt wurde. Sofern dies nicht aus den vorhandenen Unterlagen und mikrobiologischen Ergebnissen ersichtlich wurde, erfolgte die Abfrage mittels Fragebogen, welcher den jeweiligen Patienten zugesandt wurde (s. Anhang). Bei denjenigen Probanden, welche den Fragebogen nicht zurücksandten bzw. unbekannt verzogen waren oder Unklarheiten bzgl. der Angaben im Fragebogen bestanden, wurde zusätzlich eine telefonische Nacherhebung diesbezüglich durchgeführt, sofern die jeweiligen telefonischen Kontaktdaten vorlagen. Durch dieses mehrstufige Verfahren konnte bei der großen Mehrheit der Probanden (ca. 80%) die Frage des Auftretens eines Infektrezidives beantwortet werden. Im Rahmen dieses mehrstufigen Datenerhebungsverfahrens wurde strikt auf die Einhaltung aller Richtlinien zum Datenschutz geachtet. Ein Ethikvotum war für diese Untersuchung nicht notwendig.

### **2.3. Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels Microsoft Excel Version 16.55 für Macintosh sowie R (R Core Team, 2018, Version 4.0.4 für Windows 10 x64). Zusammenhänge zwischen kategorialen Variablen wurden mittels Fisher's exact Test berechnet.

### 3. Ergebnisse

Im Zeitraum vom 16.09.2002 bis 24.10.2019 wurden insgesamt 47 Patienten mit einer osteosynthetischen Stabilisation im Bereich des Beckenringes mit anschließendem Infektverlauf in der BG-Unfallklinik Murnau behandelt. Letztlich konnten 43 Patienten in die Auswertung aufgenommen werden, 4 Patienten waren „lost to follow up“. Trotz eines „Pooling“ von Patienten mit diesem Verletzungsbild in Zentren wie der BG-Unfallklinik Murnau und einem Zeitraum von über 15 Jahren zeigt die doch geringe Anzahl an Patienten, dass es sich bei der Kombination dieses Verletzungsmusters mit anschließendem Infektverlauf um eine per se sehr seltene Entität handelt.

#### 3.1. Patientenkollektiv

Das letztlich untersuchte und ausgewertete Patientenkollektiv bestand aus 43 Personen.

Die Geschlechterverteilung stellte sich folgendermaßen dar:

<b>Geschlecht</b>	<b>Anzahl (Prozent)</b>
Männlich	32 (74,4 %)
Weiblich	11 (25,6 %)

*Tabelle 3: Geschlechtsverteilung im Patientenkollektiv*

Es lässt sich festhalten, dass Männer mit knapp 75 % den Großteil der Studienpatienten ausmachen.

Die Altersverteilung des Patientenkollektives zum Verletzungszeitpunkt stellt sich wie folgt dar:

<b>Kategorie</b>	<b>Durchschnittsalter in a</b>
Männer	43,8
Frauen	50,4
Gesamtpopulation	45,4

*Tabelle 4: Durchschnittsalter (gesamt / geschlechtsspezifisch)*

### 3.2. Verletzungsmuster

Nach der statistischen Auswertung der Verletzungsmuster aller 43 Patienten mit Infekten nach Osteosynthese des Beckens nach o.g. Schema (s. Punkt 2.2.3.) ergab sich folgende Häufigkeitsverteilung:

<b>Verletzungsmuster</b>	<b>Häufigkeit</b>
Becken-Fraktur Typ A	1
Becken-Fraktur Typ B	11
Becken-Fraktur Typ C	16
Acetabulum-Fraktur	5
Becken-Fraktur Typ A + Acetabulum-Fraktur	0
Becken-Fraktur Typ B + Acetabulum-Fraktur	0
Becken-Fraktur Typ C + Acetabulum-Fraktur	7
Hemipelvektomie	2
Sonstige	1

*Tabelle 5: absolute Häufigkeit der einzelnen Verletzungsmuster*

Nachfolgendes Diagramm veranschaulicht die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Verletzungsmuster nochmals graphisch.

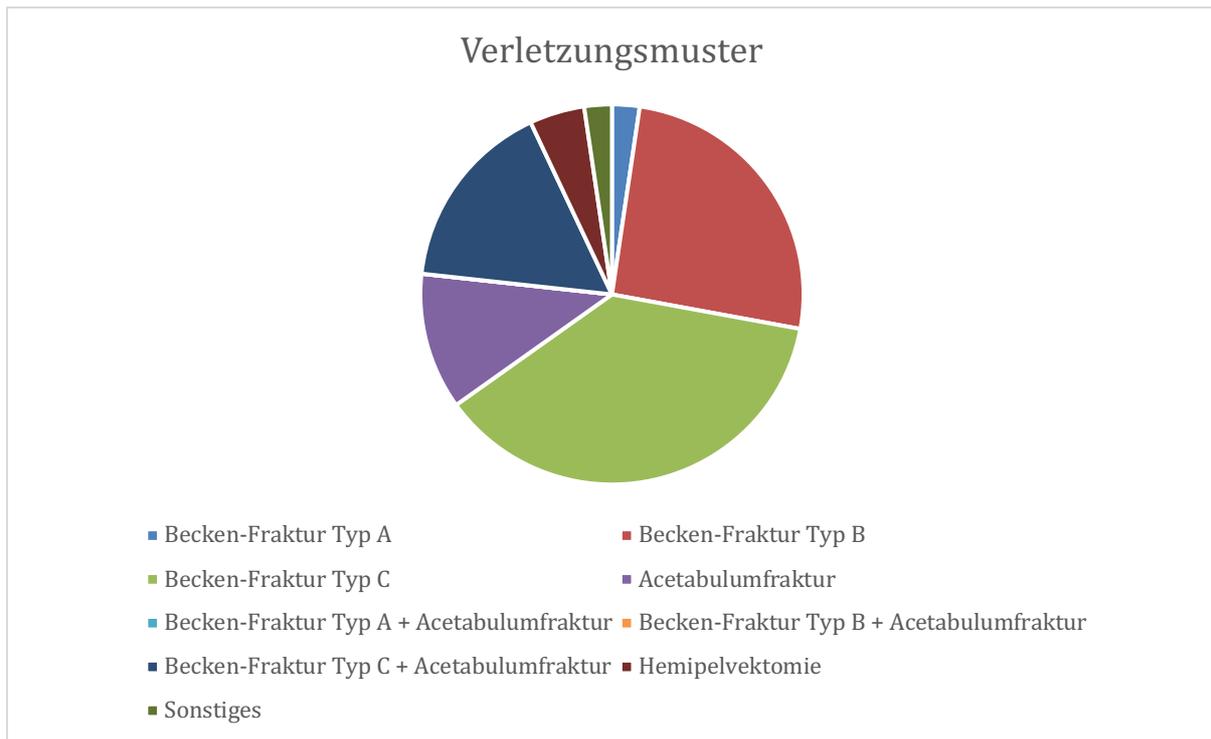


Abbildung 21: Verteilung der Verletzungsmuster

Bei insgesamt 23 Patienten mit Becken-C Verletzungen bzw. Kombinationsverletzungen aus Becken-C Verletzungen und Acetabulumfrakturen sowie 2 Patienten mit Hemipelvektomie muss man konstatieren, dass die grundsätzliche Verletzungsschwere bei über der Hälfte aller Patienten des Gesamtkollektives als sehr hoch einzustufen ist.

### 3.3. Unfallmechanismus

Die Auswertung der zugrundeliegenden Unfall-/Traumamechanismen erbrachte folgende Häufigkeitsverteilung:

Unfallmechanismus	Häufigkeit
Sturz aus großer Höhe (> 3m)	10
Sturz aus geringer Höhe (< 3m)	1
Verkehrsunfall (VU)	15
Fahrradsturz	2
Überrolltrauma (PKW, LKW, Heuballen)	4
Einklemmung (Baum, Gabelstapler, Presse)	4
Ski-/Snowboardsturz	2
Sonstiges	5

Tabelle 6: absolute Häufigkeit der Unfallmechanismen

Nachfolgendes Diagramm veranschaulicht graphisch die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Unfallmechanismen:

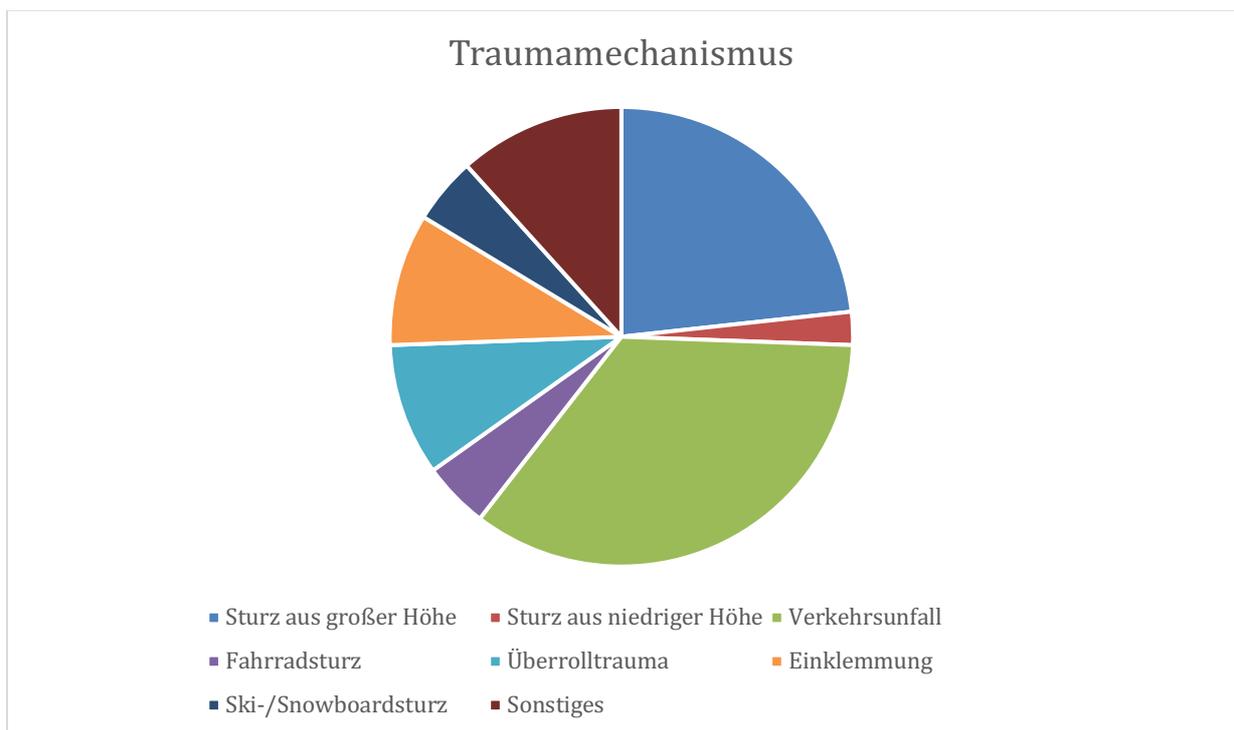


Abbildung 22: Verteilung des Traumamechanismus

Bei näherer Betrachtung der zugrundeliegenden Unfallmechanismen mit einer Vielzahl an Verkehrsunfällen und Stürzen aus großer Höhe muss das Hochrasanztrauma als führender

Traumamechanismus für die Entstehung dieser Verletzungsentitäten angesehen werden. Vor dem Hintergrund des insgesamt eher jungen Patientenalters und der damit einhergehenden hohen Knochenfestigkeit der Patienten (im Vergleich zur häufig osteoporotisch bedingten Insuffizienzfraktur des Beckens beim alterstraumatologischen Patienten) ist die Notwendigkeit eines hochenergetischen Traumas als plausibel anzusehen.

### 3.4. Operative Therapie

Zur Auswertung der chirurgischen Therapie, also der operativen Eingriffe, wurden folgende Kategorien unterschieden (s.a. 2.2.6.):

Nummer	Osteosyntheseverfahren / chirurg. Zugangsweg
1	OS im Bereich der Symphyse
2	Fixateur externe
3	OS im Bereich ISG perkutan
4	OS im Bereich Beckenring ventraler Zugang
5	OS im Bereich Beckenring dorsaler Zugang
6	OS im Bereich Acetabulum
7	Sonstiges OS-Verfahren

*Tabelle 7: Kategorisierung der OS-Verfahren (OS = Osteosynthese)*

Anzumerken ist, dass es bei vielen Patienten Kombinationen dieser Osteosyntheseverfahren gab. Es wurde hierbei jedes Osteosyntheseverfahren einzeln erfasst, sodass es insgesamt 88 Einzel-Osteosynthesen bei den 43 Patienten gab. Neben der Einzelauswertung erfolgte zusätzlich die Erfassung und Auswertung von Kombinationen der Einzelverfahren. Folgende unter 2.2.6. bereits erwähnten Kategorien wurden hierbei unterschieden:

<b>Nummer</b>	<b>Kategorie</b>
1 / 2	Osteosyntheseverfahren für den <b>vorderen</b> Beckenring
3 / 4 / 5	Osteosyntheseverfahren für den <b>hinteren</b> Beckenring
6	Acetabulum
7	Sonstiges

*Tabelle 8: Kategorisierung der OS-Verfahren nach Lokalisation/Zugangsweg*

Die Auswertung der 88 einzelnen Osteosyntheseverfahren erbrachte nachfolgende Häufigkeitsverteilung:

<b>Nummer /Osteosyntheseverfahren</b>	<b>Anzahl</b>
1 / OS im Bereich der Symphyse	21
2 / Fixateur externe	16
3 / OS im Bereich ISG perkutan	23
4 / OS im Bereich Beckenring ventraler Zugang	14
5 / OS im Bereich Beckenring dorsaler Zugang	6
6 / OS im Bereich Acetabulum	5
7 / Sonstiges OS-Verfahren	3

*Tabelle 9: absolute Häufigkeit der Osteosyntheseverfahren*

Es lässt sich feststellen, dass die plattenosteosynthetischen Stabilisationen im Bereich der Symphyse sowie die perkutanen Schraubenosteosynthesen der Iliosakralgelenke (einseitig oder beidseitig) die häufigsten Osteosyntheseverfahren waren. Nachfolgende Grafik visualisiert dies:

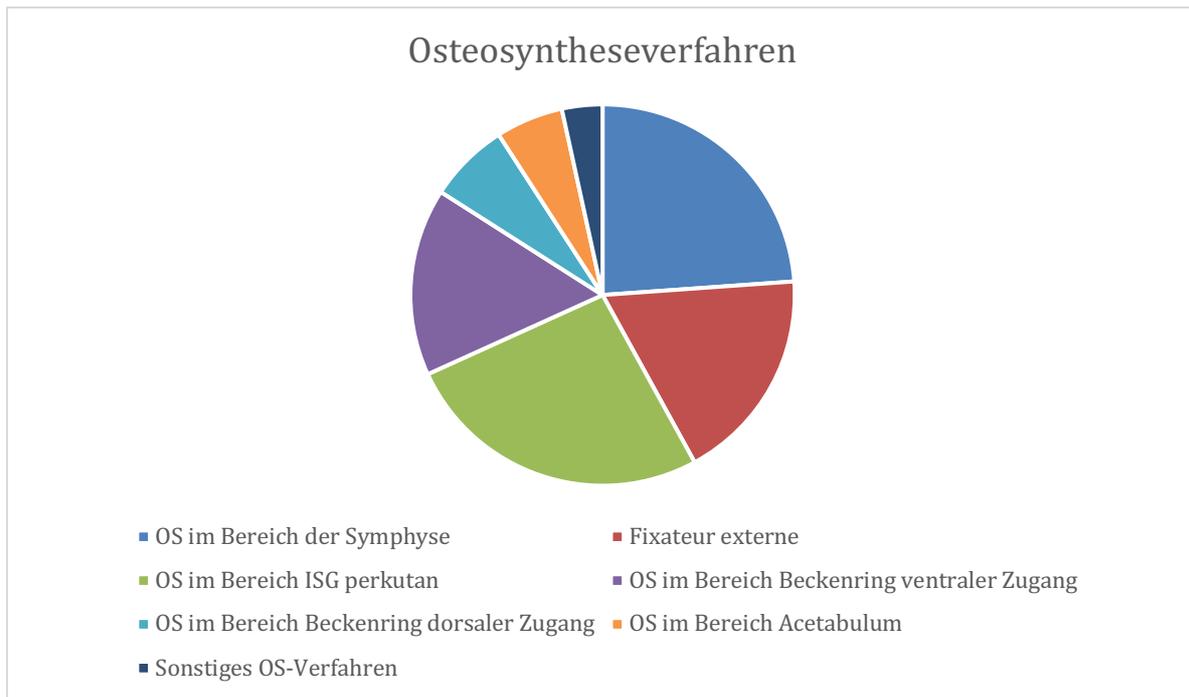


Abbildung 23: Verteilung der Osteosyntheseverfahren

Bei der Auswertung der Osteosynthesen bzgl. des vorderen vs. hinteren Beckenringes im Vergleich zu den restlichen Osteosyntheseverfahren zeigte sich folgendes Verteilungsmuster:

Nummer / Kategorie	Anzahl
1 + 2 = vorderer Beckenring	37
3 + 4 + 5 = hinterer Beckenring	43
6 = Acetabulum	5
7 = Sonstiges	3

Tabelle 10: absolute Häufigkeit der Osteosynthesen nach anatomischer Lokalisation

Die Osteosyntheseverfahren im Bereich des vorderen und hinteren Beckenringes halten sich somit annähernd die Waage, während die Versorgungen im Bereich des Acetabulum sowie die sonstigen Osteosynthesen zahlenmäßig deutlich seltener vorkamen. Nachfolgendes Schaubild stellt dies nochmals graphisch dar:

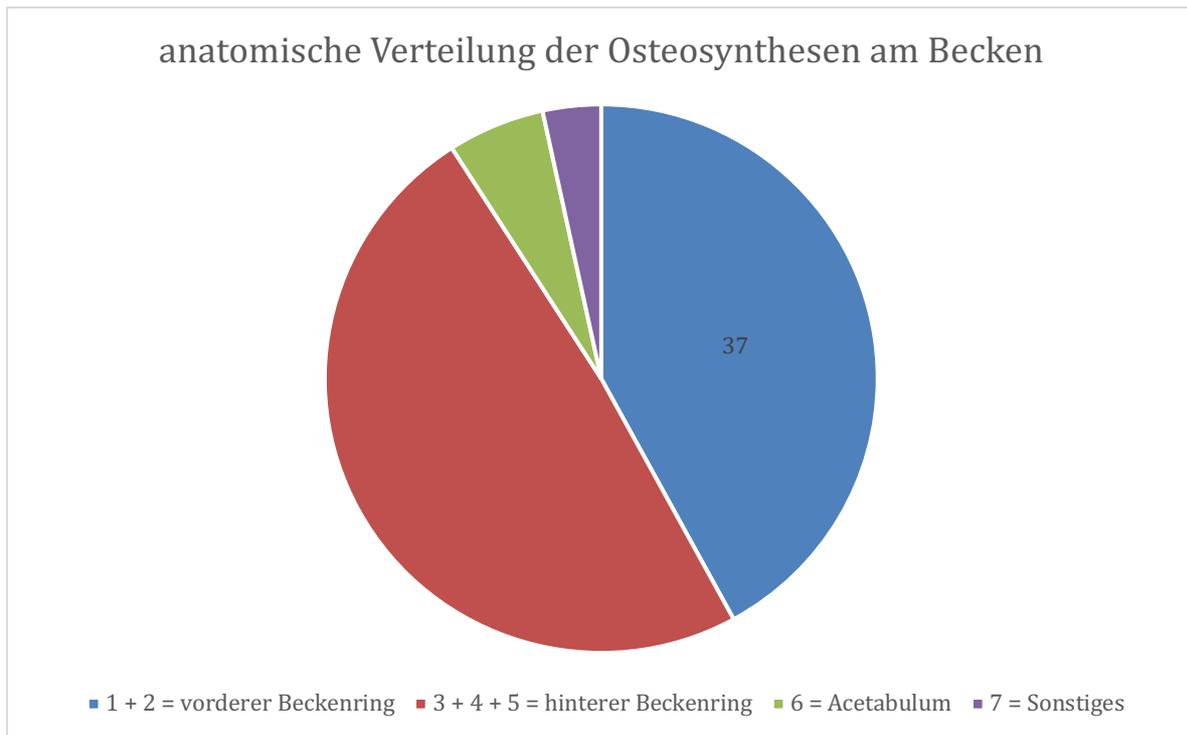


Abbildung 24: anatomische Verteilung der Osteosynthesen am Becken

Zusätzlich erfolgte die Auswertung bezüglich etwaiger Verfahrenskombinationen bei jedem einzelnen Patienten. Hierbei konnten nachfolgende Kombinationen in der dargestellten Häufigkeit erfasst werden:

- Kombination aus Osteosynthese am vorderen Beckenring (Nummer 1/2) und Osteosynthese am hinteren Beckenring (Nummer 3/4/5) -> **26 mal**
- Kombination aus Osteosynthese am hinteren Beckenring (Nummer 3/4/5) und Osteosynthese am Acetabulum (Nummer 6) -> **2 mal**

Es lässt sich festhalten, dass bei 28 von 43 Patienten eine Verfahrenskombination bei der chirurgischen Versorgung notwendig war, wobei der überwiegende Anteil hiervon aus der Kombination eines Verfahrens am vorderen und am hinteren Beckenring bestand (26 von 43 Patienten -> 60,5 % des Gesamtkollektives). Auch dies verdeutlicht nochmals die meist zugrundeliegende hohe Verletzungsschwere in diesem Patientenkollektiv.

### 3.5. Dauer des Indexaufenthaltes

Die durchschnittliche Krankenhausverweildauer der Patienten im Rahmen des Indexaufenthaltes betrug 65,3 Tage. Als Indexaufenthalt wurde hierbei der stationäre Aufenthalt definiert, in dessen Rahmen die Infektion des Beckens erstmals unter septisch-chirurgischen Maximen in der BG-Unfallklinik Murnau behandelt wurde. Er ist somit der erste Aufenthalt zur Infektsanierung, die als primäres Therapieziel nach der Manifestation des Beckeninfektes zu werten ist. Die hierdurch entstehende, deutlich längere Krankenhaus-Verweildauer im Vergleich zu Beckenverletzungen ähnliches Schweregrades ohne Infektverlauf wird an späterer Stelle im Rahmen der Diskussion im Kapitel 4.1. thematisiert.

### 3.6. Mikrobiologie

Eines der vorrangigen Ziele dieser Studie war die Analyse des zugrundeliegenden Keimspektrums bei Beckeninfektionen sowie die Frage, ob es im Laufe des Infektes zu einem Keimwechsel / dem Auftreten unterschiedlicher Keime kommt. Zusätzlich wurde untersucht, ob der endgültige Wundverschluss im Rahmen des Indexaufenthaltes „sauber“ oder mit weiterhin vorliegender Keimbesiedelung in den mikrobiologischen intraoperativen Abstrichen erfolgte, um daraus gegebenenfalls Rückschlüsse auf die Rezidivrate ziehen zu können.

Ein **Wechsel des Keimspektrums im Verlauf des Infektgeschehens** im Vergleich zu den mikrobiologischen Ergebnissen der ersten Proben konnte bei **21** von **43** Patienten festgestellt werden, bei 22 Patienten blieb es bei den Keim-Befunden der ersten Abstriche. Es lässt sich somit eine fast paritätische Verteilung diesbezüglich feststellen.

Keimwechsel	Prozent
Ja	48,8 %
Nein	51,2 %

*Tabelle 11: prozentuale Häufigkeit eines Keimwechsels in Gesamtpopulation*

Die Analyse der „**Keimpositivität/Keimnegativität**“ in den intraoperativen Proben der letzten Operation (definitiver Wundverschluss) ergab bei **9** Patienten eine **Keimnegativität** und bei **33** Proben eine **weiterhin bestehende Keimbesiedelung**. Bei einem Patienten ist der

mikrobiologische Status retrospektiv nicht mehr nachvollziehbar und wurde deshalb als unklar deklariert.

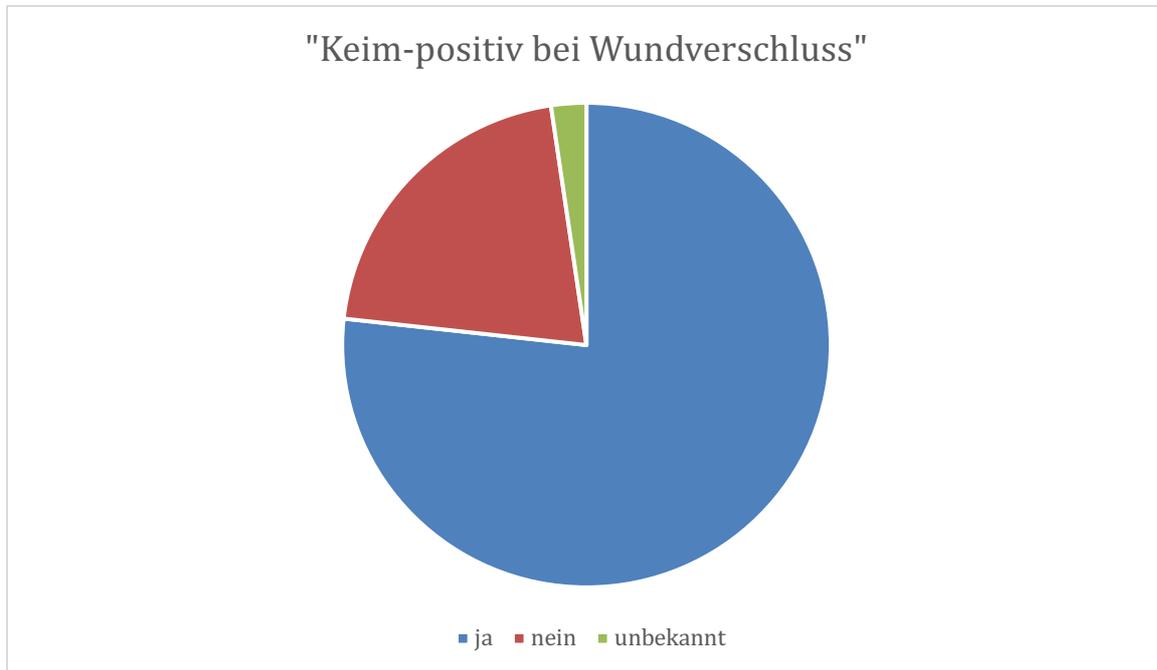


Abbildung 25: mikrobiologischer Status bei sekundärem Wundverschluss

Nachfolgende Tabelle veranschaulicht dies nochmals in prozentualen Werten:

Keim-positiv bei Wundverschluss	Prozent
Ja	76,7 %
Nein	21,0 %
Unbekannt	2,3 %

Tabelle 12: Keimstatus bei Wundverschluss

Somit muss konstatiert werden, dass bei **über ¾ aller Patienten** durch die operative Therapie zur Infektsanierung **keine Keimnegativität** erreicht werden konnte. Dies wirft letztlich die Frage auf, ob Infekte nach Osteosynthesen im Bereich des Beckens häufig als nicht sanierbar betrachtet werden müssen!

Die Analyse des Keimspektrums erbrachte eine Gesamtzahl von 38 unterschiedlichen Keimen. Es wurden hierbei sämtliche mikrobiologische Ergebnisse aller Operationen von allen

Patienten ausgewertet. Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über alle Einzelkeime, deren Häufigkeit (pro Patienten wurde jeder Keim nur einmal gewertet, auch bei mehrfachem Auftreten in den intraoperativen Gewebeproben und Abstrichen), der Keim-Art, der Klassifikation im Rahmen der Gramfärbung sowie der O<sub>2</sub>-Toleranz der Keime.

<b>Keim (alphabetisch)</b>	<b>Häufigkeit</b>	<b>Art</b>	<b>Gram</b>	<b>O<sub>2</sub>-Toleranz</b>
Staph. epidermidis	26	Kokken	+	fak. anaerob
Staph. aureus	16	Kokken	+	fak. anaerob
Enterococcus faecalis	10	Kokken	+	fak. anaerob
Escherichia coli	8	Stäbchen	-	fak. anaerob
Enterococcus faecium	6	Kokken	+	fak. anaerob
Pseud. aeruginosa	4	Stäbchen	-	aerob
Propriani acnes	3	Stäbchen	+	anaerob
Citrobacter coseri	2	Stäbchen	-	fak. anaerob
Enterobacter cloacae	2	Stäbchen	-	fak. anaerob
Klebsiella pneumoniae	2	Stäbchen	-	fak. anaerob
koagul.-neg. Staphylokokken	2	Kokken	+	fak. anaerob
Peptostreptococcus species	2	Kokken	+	anaerob
Propriani species	2	Stäbchen	+	anaerob
Proteus vulgaris	2	Stäbchen	-	fak. anaerob
Staph. haemolyticus	2	Kokken	+	fak. anaerob
Staph. lugdunensis	2	Kokken	+	fak. anaerob
Staph. warneri	2	Kokken	+	fak. anaerob
Bacteroides fragilis	1	Stäbchen	-	anaerob
Bacteroides thetaiotaomicron	1	Stäbchen	-	anaerob
betahäm. Streptokokken	1	Kokken	+	fak. anaerob
Candida albicans	1	Pilz	entfällt	entfällt
Candida glabrata	1	Pilz	entfällt	entfällt
Citrobacter freundii	1	Stäbchen	-	fak. anaerob
Clostridium difficile	1	Stäbchen	+	anaerob
Corynebacterium species	1	Stäbchen	+	fak. anaerob
Enterobacter amnigenus	1	Stäbchen	-	fak. anaerob
Enterobacter hormaechei	1	Stäbchen	-	fak. anaerob

Finnegoldia magna	1	Kokken	+	anaerob
Klebsiella oxytoca	1	Stäbchen	-	fak. anaerob
Morganella morganii	1	Stäbchen	-	fak. anaerob
Peptostreptococcus prevotii	1	Kokken	+	anaerob
Providencia vulgaris	1	Stäbchen	-	fak. anaerob
Serratia	1	Stäbchen	-	fak. anaerob
Staph. Capitis	1	Kokken	+	fak. anaerob
Streptococcus agalactiae	1	Kokken	+	fak. anaerob
Streptococcus mitis	1	Kokken	+	fak. anaerob
Streptococcus parasanguinis	1	Kokken	+	fak. anaerob
Streptococcus salivarius	1	Kokken	+	fak. anaerob

*Tabelle 13: Klassifikation + absolute Häufigkeit aller detektierten Keime*

Für eine bessere Übersichtlichkeit werden nachfolgend die einzelnen Kategorien aufgearbeitet und tabellarisch visualisiert.

In der Betrachtung der Einzelkeime sticht der **Staphylococcus epidermidis** mit einem Nachweis bei **26 von 43 Patienten** heraus. Eine Besiedelung/Infektion mit einem **Staphylococcus aureus** konnte in **16 Fällen** nachgewiesen werden. In der Betrachtung der Nachweishäufigkeit spielen neben diesen beiden Hauptkeimen lediglich noch die Darmkeime **Enterococcus faecalis / faecium** sowie **Escherichia coli** eine zahlenmäßige Rolle, jedoch deutlich seltener in der Nachweis-Anzahl als oben genannte.

Nachfolgende Tabelle verdeutlicht die prozentuale Häufigkeit des Auftretens der 5 o.g. häufigsten Keime in Bezug auf alle 43 Patienten:

Keim	prozentuale Häufigkeit bei allen 43 Patienten
Staph. epidermidis	60,5 %
Staph. aureus	37,2 %
Ent. faecalis	23,3 %
E. coli	18,6 %
Ent. faecium	14,0 %

*Tabelle 14: prozentuale Häufigkeit der fünf häufigsten Keime*

Die große Dominanz von *Staphylococcus epidermidis* als Auslöser von Infekten bei Beckenosteosynthesen deckt sich stark mit der klinischen Erfahrung in unserem Hause.

Bei der Häufigkeitsauswertung der **Keimarten** zeigte sich folgendes Verteilungsmuster:

Insgesamt konnten 19 unterschiedliche Stäbchen-Arten, 17 Kokken-Arten und 2 Arten von Pilzen gefunden werden.

<b>Keimart</b>	<b>Häufigkeit</b>
Stäbchen	19
Kokken	17
Pilze	2

*Tabelle 15: absolute Häufigkeit der unterschiedlichen Keimarten*

Bezüglich der **Eigenschaften im Rahmen der Gramfärbung** zeigten die nachgewiesenen 36 Bakterienarten (die beiden nachgewiesenen Pilzarten fallen bei dieser Betrachtung naturgemäß aus dem Kollektiv) folgendes Verteilungsmuster:

<b>Gramfärbung</b>	<b>Anzahl</b>
positiv	21
negativ	15

*Tabelle 16: absolute Häufigkeit der detektieren Keime nach Gramfärbung*

Bei der Auswertung der O<sub>2</sub>-Toleranz bestand das Gesamtkollektiv ebenfalls „nur“ aus den 36 unterschiedlichen Bakterienarten, da die beiden nachgewiesenen Pilzarten bei dieser Betrachtung ebenfalls nicht berücksichtigt werden können. Folgendes Verteilungsmuster zeigte sich:

<b>O<sub>2</sub>-Toleranz</b>	<b>Häufigkeit</b>
fakultativ anaerob	27
anaerob	8
aerob	1

*Tabelle 17: absolute Häufigkeit nach O<sub>2</sub>-Toleranz*

### 3.7. Nachsorgezeitraum

Der Nachsorgezeitraum im Rahmen der Datenerhebung in dieser Arbeit schwankt naturgemäß stark. Er ist definiert als Zeitraum zwischen dem Entlass-Monat des Indexaufenthaltes und dem Ende der Datenerhebungsperiode dieser Arbeit im Oktober 2021. Bei allen 43 Patienten des Gesamtkollektives ergab sich ein durchschnittlicher Nachsorgezeitraum von **98,2 Monaten (empirischer Mittelwert)** mit einer **Standardabweichung von 49,9**. Der kürzeste Nacherhebungszeitraum betrug 24 Monate, der längste 226 Monate.

Somit lässt sich trotz der großen Streuung bezüglich des Nacherhebungszeitraumes von einem insgesamt sehr langen Erfassungszeitraum sprechen, welcher eine suffiziente Erfassung von Infektrezidiven erwarten lässt.

Nachfolgende Tabelle listet nochmals die einzelnen Nachsorgezeiträume auf.

Patient	Nacherhebungszeitraum in Monaten
1	226
2	210
3	191
4	189
5	180
6	158
7	143
8	140
9	137
10	127
11	125
12	124
13	123
14	113

15	111
16	111
17	110
18	108
19	105
20	105
21	103
22	100
23	92
24	78
25	77
26	76
27	72
28	62
29	61
30	58
31	56
32	56
33	56
34	56
35	54
36	52
37	49
38	46
39	46
40	46
41	42
42	26
43	24

*Tabelle 18: Dauer des Nacherhebungszeitraumes (in Monaten) aller Patienten*

### 3.8. Rezidiv

Nachdem im vorangegangenen Kapitel die statistische Auswertung und Darstellung des gesamten Patientenkollektives erfolgte, soll an dieser Stelle auf die Untergruppe der Patienten mit einem nachgewiesenen Rezidiv (**Rezidivpopulation**) eingegangen werden und deren etwaige Unterschiede **zur Restpopulation ohne Infektrezidiv / unklarem Rezidivstatus**. Bei **7** Patienten des Gesamtkollektives konnte ein **Infektionsrezidiv** beobachtet werden, wohingegen es bei **27** Probanden während des Nacherhebungszeitraumes zu **keinem neuerlichen Auftreten einer Infektion** im Bereich des Beckens kam. Bei **9** Patienten konnte die **Frage eines Infektrezidives letztlich nicht geklärt** werden, trotz schriftlicher und telefonischer Nacherhebung. Nachfolgende Graphik und Tabelle illustriert die Häufigkeitsverteilung.

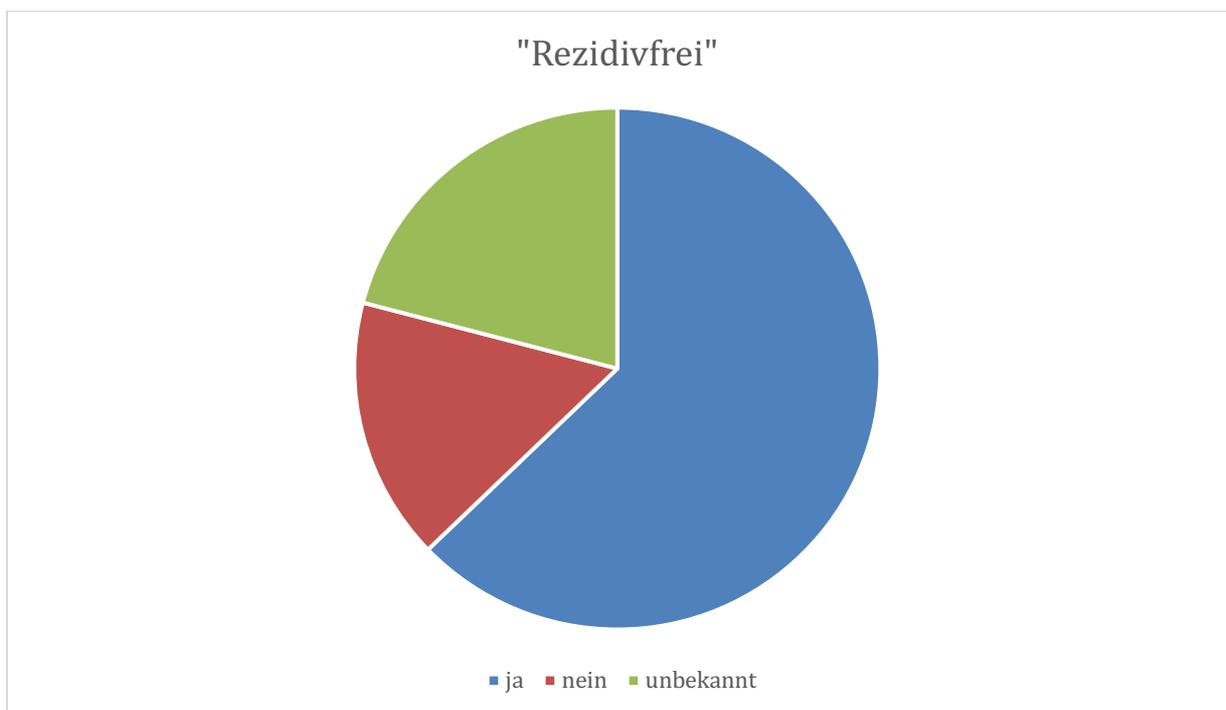


Abbildung 26: Rezidivstatus

Rezidivfrei	prozentuale Häufigkeit im Gesamtkollektiv
ja	62,8 %
nein	16,3 %
unbekannt	20,9 %

*Tabelle 19: prozentuale Häufigkeit der Rezidivfreiheit*

Somit stehen sich für die nachfolgenden Auswertungen und Vergleiche folgende zwei Subpopulationen „gegenüber“.

- Population mit **gesichertem Infektrezidiv** (7 Patienten)
- Population mit **gesicherter Rezidivfreiheit / unklarem Rezidivstatus** (27 + 9 = 36 Patienten)

Eine Frage dieser Studie war die Zeit bis zum Auftreten eines etwaigen **Infektrezidives**. Bei den 7 Patienten mit Rezidiv kam es nach **durchschnittlich 4,7 Monaten** zum Wiederauftreten der Infektion, bei einer Variabilität von einem Monat bis zu maximal 8 Monaten.

Rezidiv-Patient	Zeitraum bis Rezidiv in Monaten
1	8
2	8
3	5
4	4
5	4
6	3
7	1

*Tabelle 20: Zeitraum (in Monaten) bis Rezidiv in Rezidivpopulation*

Bei der **Geschlechtsverteilung** zeigt sich ein deutliches Bild. 6 von 7 Patienten mit Rezidiv waren Männer, lediglich eine Frau erlitt ein Infektrezidiv. Die prozentuale Verteilung sowie der Vergleich mit der Geschlechtsverteilung innerhalb des Restkollektives ohne Rezidiv bzw. unklarem Rezidivstatus zeigt nachfolgende Tabelle.

Geschlecht	% in Rezidivpopulation	% in Restpopulation
männlich	85,7 %	72,2 %
weiblich	14,3 %	27,8 %

Tabelle 21: Geschlechtsverteilung Rezidivpopulation / Restpopulation

Das **durchschnittliche Patientenalter** bei den Rezidivpatienten betrug 41,7 Jahre bei einem Median von 37, in der Restpopulation 46,1 Jahre bei einem Median von 47,5.

Kollektiv	Ø - Alter in Jahren	Median
Rezidivkollektiv	41,7	37
Restkollektiv	46,1	47,5

Tabelle 22: Durchschnittsalter / Median in Rezidivkollektiv / Restkollektiv

Nachfolgende Abbildung stellt die Altersverteilung nochmals graphisch dar:

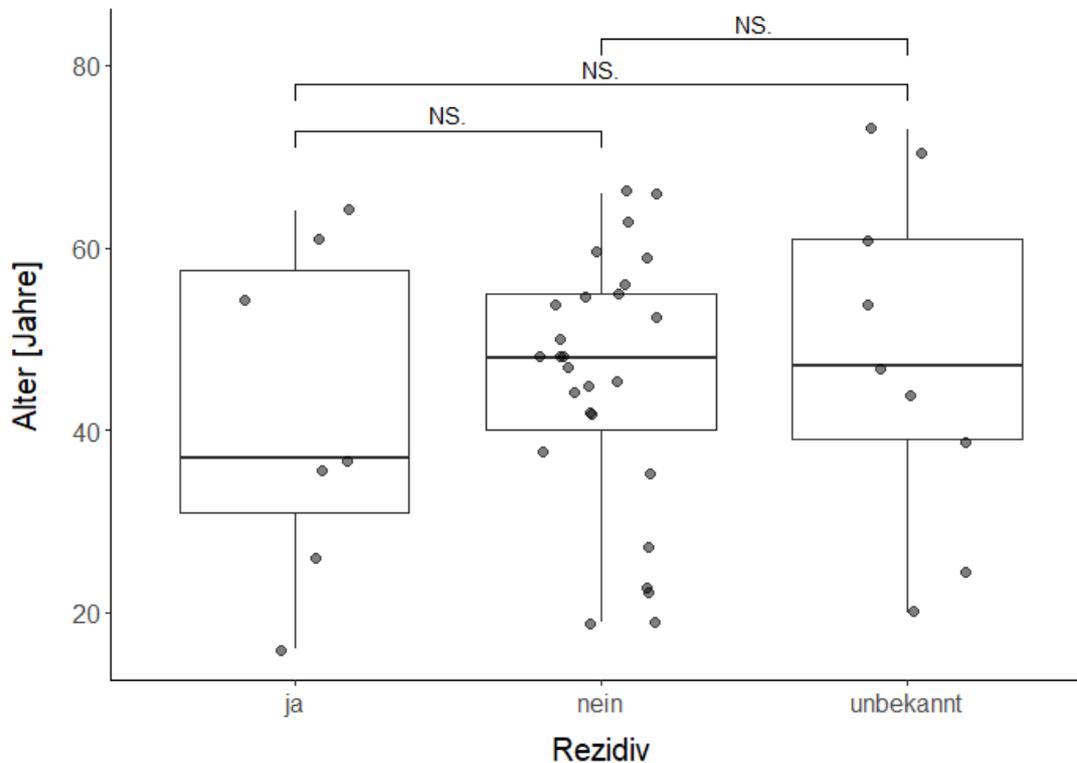


Abbildung 27: Altersverteilung der Studienpopulation

Die **durchschnittliche Aufenthaltsdauer** im Rahmen des Indexaufenthaltes betrug bei den Rezidivpatienten 53,7 Tage bei einem Median von 47, bei den restlichen Patienten 67,6 Tage bei einem Median von 43.

Kollektiv	Ø - Aufenthaltsdauer in Tagen	Median
Rezidivkollektiv	53,7	47
Restkollektiv	67,6	43

Tabelle 23: durchschnittliche Aufenthaltsdauer (in Tagen) / Median in Rezidivkollektiv / Restkollektiv

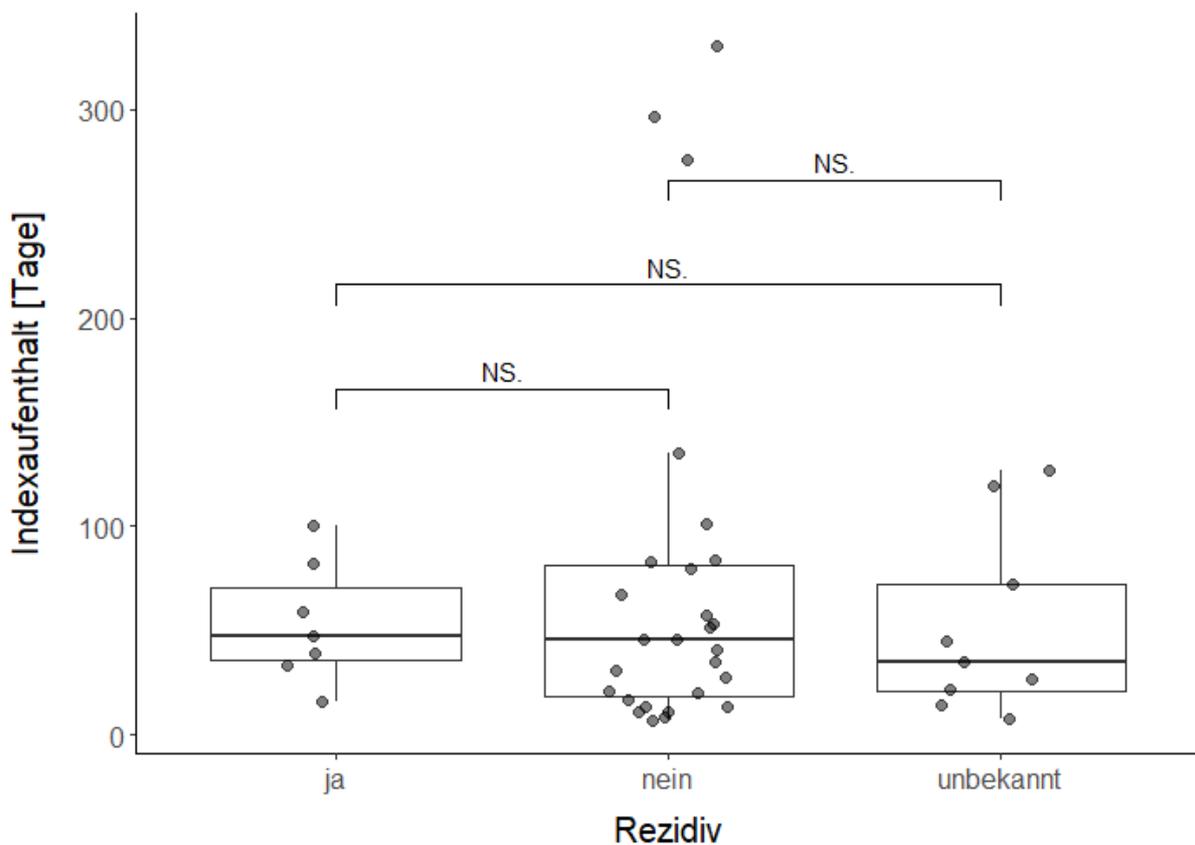


Abbildung 28: Dauer des Indexaufenthaltes

Ein **Wechsel des Keimspektrums** im Laufe der chirurgischen Therapie konnte bei den Rezidivpatienten in 57,1 % der Fälle nachgewiesen werden, 42,9 % blieben ohne Wechsel des

Keimspektrums. In der Restpopulation zeigte sich ein Keimwechsel bei 47,2 % der Patienten, 52,8 % hatten keine zusätzlichen Keimarten in den nachfolgenden mikrobiologischen Testungen.

<b>Kollektiv</b>	<b>wechselndes Keimspektrum</b>	<b>konstantes Keimspektrum</b>
Rezidivkollektiv	57,1 %	42,9 %
Restkollektiv	47,2 %	52,8 %

*Tabelle 24: prozentuale Häufigkeit eines Keimwechsels in Rezidivpopulation / Restpopulation*

<b>Kollektiv</b>	<b>wechselndes Keimspektrum</b>	<b>konstantes Keimspektrum</b>	<b>p</b>
Rezidiv	4	3	1 <sup>a</sup>
Kein Rezidiv	13	13	

*Tabelle 25: absolute Häufigkeiten bzgl. Keimwechsel in Rezidivpopulation / Population ohne Rezidiv (a = Fisher's exact Test)*

Eine Keimfreiheit („sauber verschlossen“) in den mikrobiologischen Testungen im Rahmen der letzten OP konnte in der Rezidivpopulation bei 28,6 % festgestellt werden, 71,4 % waren zum Zeitpunkt des definitiven Wundverschlusses in den Testungen weiterhin Keim-positiv. In der Population ohne Infektrezidiv / unklarem Rezidivstatus waren nur 19,4 % keimfrei bei Wundverschluss, 77,8 % waren weiterhin Keim-positiv, bei einem Patienten konnte der Keimstatus zum Zeitpunkt des Wundverschlusses nicht nachvollzogen werden.

<b>Kollektiv</b>	<b>keim-negativ bei Wundverschluss</b>	<b>keim-positiv bei Wundverschluss</b>
Rezidivkollektiv	28,6 %	71,4 %
Restkollektiv	19,4 %	77,8 %

*Tabelle 26: prozentuale Häufigkeit des Keimstatus bei Wundverschluss in Rezidivkollektiv / Restkollektiv*

<b>Kollektiv</b>	<b>keim-negativ bei Wundverschluss</b>	<b>keim-positiv bei Wundverschluss</b>	<b>p</b>
Rezidiv	2	5	0.606 <sup>a</sup>
Kein Rezidiv	5	21	

*Tabelle 27: absolute Häufigkeit des Keimstatus in Rezidivpopulation / Population mit Rezidivfreiheit (a = Fisher's exact Test)*

Somit lässt sich an dieser Stelle bereits festhalten, dass der mikrobiologische Status zum Zeitpunkt des Wundverschlusses keinen relevanten Einfluss auf die Rezidivrate hat. Zur Interpretation obiger Tabelle 27 sowie der durchgeführten statistischen Testung mittels Fisher's exact Test muss angefügt werden, dass für die Testung die Rezidivpopulation gegen die Population der definitiv Rezidiv-freien Patienten verglichen wurde, um statistisch saubere Interpretationen zu ermöglichen. In der Subpopulation der rezidivfreien Patienten musste für diese Berechnung ein Patient ausgeschlossen werden, da bei diesem der Keimstatus bei Wundverschluss nicht eruierbar war. Somit ergibt sich für die statistische Berechnung die Zahl von 7 Patienten mit gesichertem Infektrezidiv vs. 26 Patienten mit Rezidivfreiheit. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Häufigkeit eines Rezidives nicht mit der Keimfreiheit bei Wundverschluss assoziiert ist (Fisher's exact Test  $p=0.606$ : s. Tabelle 27)

Oben genannte Einschlusskriterien für die statistische Berechnung mittels Fisher's exact Test gelten ebenso für die in Tabelle 25 dargestellte Frage der Auswirkung eines wechselnden Keimspektrums auf die Rezidivrate. Auch hierbei wurden für statistisch saubere Ergebnisse die Subpopulationen „gesichertes Rezidiv vs. gesichert rezidiv-frei“ miteinander verglichen. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Rezidives und eines Keimspektrumwechsels ließ sich ebenfalls nicht nachweisen (wechselnd vs. konstant; Fisher's exact Test  $p=1$ ; Tabelle 25)

Die Verteilung der **Verletzungsmuster** stellte sich in den beiden Populationen folgendermaßen dar. Die tabellarische Gegenüberstellung dient der besseren Visualisierung und Übersichtlichkeit:

<b>Verletzungsmuster</b>	<b>Häufigkeit in Rezidivpopulation</b>	<b>Häufigkeit in Restpopulation</b>
Beckenring Typ A	0 %	2,8 %
Beckenring Typ B	28,6 %	25,0 %
Beckenring Typ C	28,6 %	38,9 %
Acetabulumfraktur	14,3 %	11,1 %
Beckenring Typ C + Acetabulumfraktur	28,6 %	13,9 %
Hemipelvektomie	0 %	5,6 %
Sonstiges	0 %	2,8 %

*Tabelle 28: prozentuale Häufigkeit der Verletzungsmuster in Rezidivpopulation / Restpopulation*

Nachfolgendes Diagramm stellt die prozentuale Häufigkeitsverteilung der Verletzungsmuster in den beiden Populationen nochmals graphisch gegenüber:

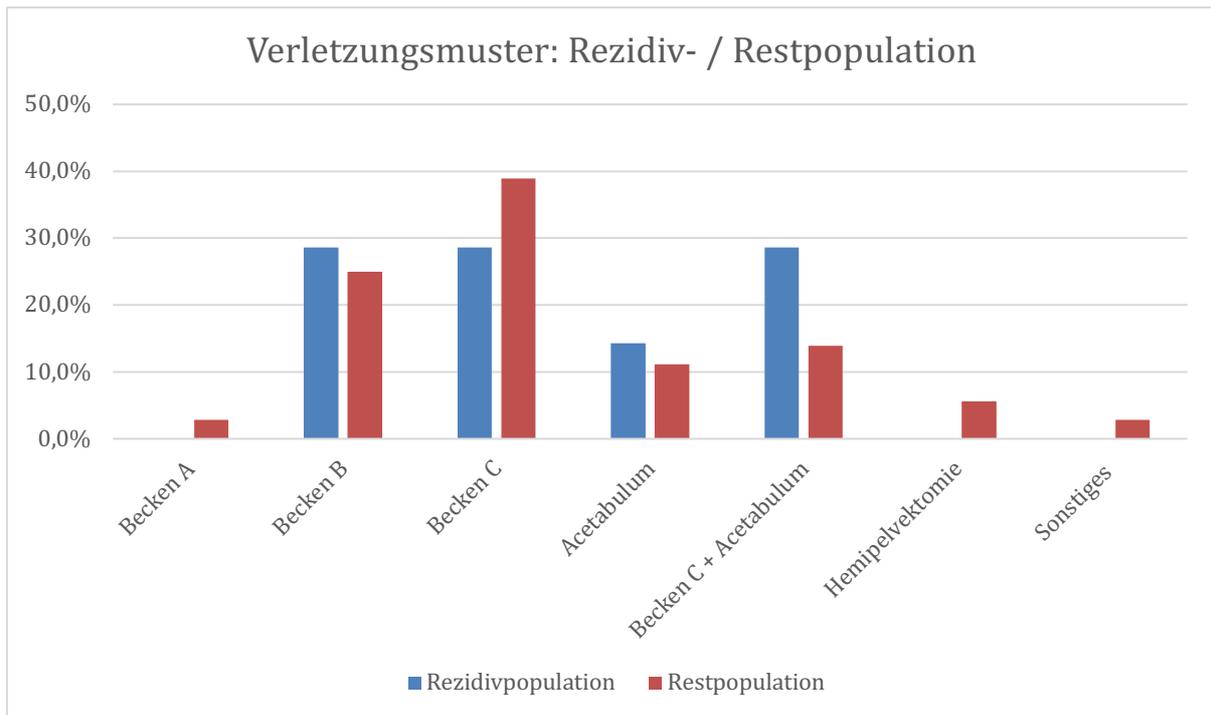


Abbildung 29: prozentuale Verteilung der Verletzungsmuster

Bei der Auswertung des zugrundeliegenden **Unfallmechanismus** in den beiden Populationen zeigte sich nachfolgendes Verteilungsmuster:

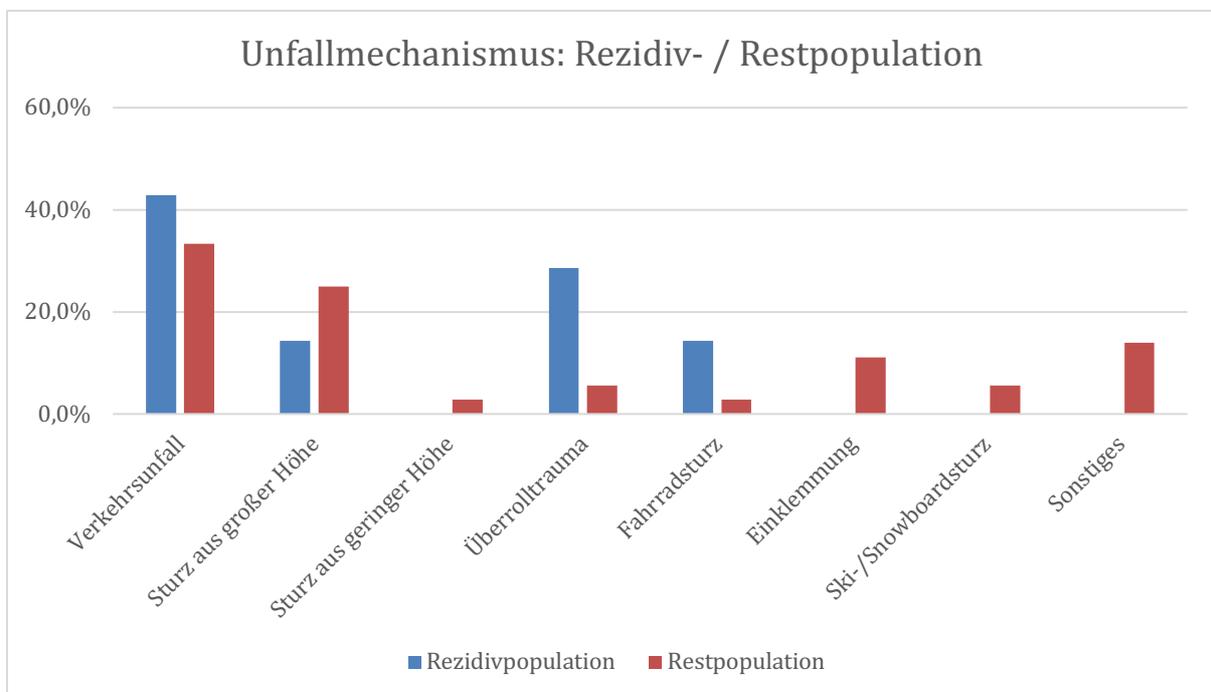


Abbildung 30: prozentuale Verteilung der Unfallmechanismen

Bei Betrachtung der Unfallmechanismen in den beiden Populationen fällt vor allem die große Häufigkeit der Überrolltraumen in der Subpopulation der Rezidivpatienten auf. Auf die mit diesem Unfallmechanismus zumeist einhergehende Decollement-Verletzung, häufig im Sinne einer Morel-Lavallée-Läsion, und dem damit verbundenen ausgeprägten Weichteilschaden, wird im Rahmen der Ergebnisdiskussion unter Punkt 4.3. noch näher eingegangen.

Die Auswertung der **chirurgischen Therapie** der beiden Subpopulationen erbrachte eine Anzahl von **18** Einzelosteosynthesen in der Rezidivpopulation sowie **70** Einzelosteosynthesen in der Restpopulation. Nachfolgende Tabelle veranschaulicht nochmals die einzelnen Osteosyntheseverfahren und deren Kombinationen nach anatomischen Zugangswegen in den Populationen sowie gegenüberstellend in beiden Populationen.

Einzel-Osteosyntheseverfahren	Anzahl	
	Rezidivpopulation	Restpopulation
Symphyse (1)	4	17
Fixateur externe (2)	5	11
ISG-Verschraubung (ein-/beidseits) (3)	4	19
ventraler Zugang zum hinteren Beckenring (4)	2	12
dorsaler Zugang zum hinteren Beckenring (5)	1	5
Acetabulum (6)	2	3
Sonstiges (7)	0	3
	= 18 Einzelosteosynthesen	= 70 Einzelosteosynthesen
Osteosynthesen/ -Kombinationen nach Zugangswegen	Anzahl / Prozent in Subpopulation	
	Rezidivpopulation	Restpopulation
vorderer Beckenring = 1/2	1 / 14,3 %	4 / 11,1 %
hinterer Beckenring = 3/4/5	0 / 0 %	7 / 19,4 %
Acetabulum (6)	1 / 14,3 %	2 / 5,6 %
vorderer Beckenring + hinterer Beckenring = 1/2 + 3/4/5	4 / 57,1 %	19 / 52,8 %
Acetabulum + vorderer Beckenring = 6 + 1/2	0 / 0 %	0 / 0 %
Acetabulum + hinterer Beckenring = 6 + 3/4/5	0 / 0 %	1 / 2,8 %
Acetabulum + vorderer Beckenring + hinterer Beckenring = 6 + 1/2 + 3/4/5	1 / 14,3 %	0 / 0 %

*Tabelle 29: absolute / prozentuale Häufigkeit der Osteosynthesen / Kombinationen in den Subpopulationen*

Die **mikrobiologische Auswertung** und Gegenüberstellung der beiden Subpopulationen erbrachte in der Rezidivgruppe eine Gesamtzahl von **21** Einzelkeimnachweisen, in der Restpopulation konnten **95** Einzelkeimnachweise festgestellt werden. Nachfolgende Tabellen zeigen die einzelnen Keime sowie deren absolute und prozentuale Häufigkeit in der jeweiligen Subpopulation. Die in der Gesamtpopulation 5 häufigsten Keime wurden in den Tabellen jeweils durch Fettschrift hervorgehoben.

**Rezidivpopulation:**

<b>Keim</b>	<b>absolute Häufigkeit</b>	<b>prozentuale Häufigkeit bei allen 7 Patienten der Population</b>
<b>Staph. epidermidis</b>	4	57,1 %
<b>Ent. faecalis</b>	3	42,9 %
<b>Staph. aureus</b>	2	28,6 %
<b>E. coli</b>	1	14,3 %
Staph. capitis	1	14,3 %
Pseud. aeruginosa	1	14,3 %
Corynebac. species	1	14,3 %
Citrobacter coseri	1	14,3 %
Strepto. agalactiae	1	14,3 %
Peptostrepto. species	1	14,3 %
Staph. lugdunensis	1	14,3 %
Ent. cloacae	1	14,3 %
Klebsiella pneumoniae	1	14,3 %
Propriani acnes	1	14,3 %
koagul.neg. Staphylokokken	1	14,3 %

*Tabelle 30: absolute / prozentuale Häufigkeit der detektierten Keime in Rezidivpopulation*

**Population mit Rezidivfreiheit / unklarem Rezidivstatus:**

<b>Keim</b>	<b>absolute Häufigkeit</b>	<b>prozentuale Häufigkeit bei allen 36 Patienten der Population</b>
<b>Staph. epidermidis</b>	24	66,6 %
<b>Staph. aureus</b>	14	38,9 %
<b>Enterococcus faecalis</b>	7	19,4 %
<b>Escherichia coli</b>	7	19,4 %
<b>Enterococcus faecium</b>	6	16,7 %
Pseud. aeruginosa	3	8,3 %
Propriani acnes	2	5,6 %
Propriani species	2	5,6 %
Proteus vulgaris	2	5,6 %
Staph. Haemolyticus	2	5,6 %
Staph. Warneri	2	5,6 %
bacteroides fragilis	1	2,8 %
bacteroides thetaiotaomicron	1	2,8 %
betahäm. Streptokokken	1	2,8 %
Candida albicans	1	2,8 %
candida glabrata	1	2,8 %
citrobacter coseri	1	2,8 %
citrobacter freundii	1	2,8 %
Clost. difficile	1	2,8 %
Enterobacter amnigenus	1	2,8 %
Enterobacter Cloacae	1	2,8 %
Enterobacter Hormaechei	1	2,8 %
Finegoldia magna	1	2,8 %
Klebsiella oxytoca	1	2,8 %
Klebsiella pneumoniae	1	2,8 %
koagul. -neg. Staphylokokken	1	2,8 %
Morganella morganii	1	2,8 %

Peptostreptococcus prevotii	1	2,8 %
Peptostreptococcus species	1	2,8 %
Providencia vulgaris	1	2,8 %
Serratia	1	2,8 %
Staph. Lugdunensis	1	2,8 %
Streptococcus mitis	1	2,8 %
Streptococcus parasanguinis	1	2,8 %
Streptococcus salivarius	1	2,8 %

*Tabelle 31: absolute / prozentuale Häufigkeit der detektierten Keime in Population mit Rezidivfreiheit / unklarem Rezidivstatus*

Die unter Kapitel 3.6. beschriebenen 5 häufigsten Keime in der Gesamtpopulation werden in nachfolgender Tabelle nochmals bezüglich ihrer Häufigkeit in den beiden Subpopulationen gegenübergestellt.

<b>Keim</b>	<b>proz. Häufigkeit in Rezidivpopulation</b>	<b>proz. Häufigkeit in Restpopulation</b>
Staph. epidermidis	57,1 %	66,6 %
Staph. aureus	28,6 %	38,9 %
Ent. faecalis	42,9 %	19,4 %
E. coli	14,3 %	19,4 %
Ent. faecium	0 %	16,7 %

*Tabelle 32: prozentuale Häufigkeit der fünf häufigsten Keime in den Subpopulationen*

Auffällig ist die deutlich größere Häufigkeit des Darmkeimes Enterococcus faecalis in der Subpopulation der Rezidivpatienten. Die restlichen Keime zeigen im Rahmen der normalen Varianz keine relevant unterschiedlichen Häufigkeitsmuster.

## 4. Diskussion

Im folgenden Teil der Dissertation sollen 4 ausgewählte Themenbereiche nochmals näher betrachtet werden. Zuerst sollen die Kernaussagen und Erkenntnisse dieser Studie kompakt zusammengefasst und dargestellt werden. Im Anschluss wird auf den mikrobiologisch-infektiologischen Aspekt dieser Arbeit und das Keimspektrum eingegangen. In Punkt 4.3. wird das Augenmerk auf die oftmals begleitenden Weichteilverletzungen bei diesen Traumata gelegt, da diese bei näherer Betrachtung der Studienergebnisse durchaus eine Outcome-relevante Rolle spielen könnten. Zuletzt erfolgt eine kritische Betrachtung der eigenen Studie mit den bestehenden Limitationen und Kritikpunkten sowie ein Ausblick auf weitere Forschungsfragen und Ansatzpunkte für nachfolgende Untersuchungen, welche sich im Rahmen dieser Arbeit ergeben haben.

### 4.1. Kernaussagen der Studie

Die knöcherne Verletzung des Beckenringes und / oder des Acetabulum ist wie beschrieben eine seltene Verletzungsentität, welche häufig in Zentren der traumatologischen Maximalversorgung therapiert wird. Deswegen ist die Expertise bezüglich dieser Verletzungen auch tendenziell in diesen wenigen Zentren zu finden. Dadurch erklärt sich wohl auch die eher geringe Anzahl an Forschungsarbeiten und Studien zu diesem Themengebiet. Weiterhin ist ein Infektverlauf im Rahmen von Verletzungen des Beckenringes und / oder Acetabulum eine eher seltene Konstellation. Somit wird die klinische und wissenschaftliche Expertise für diesen speziellen Themenkomplex nochmals geringer. Einige Studien zum Thema Infektionen nach operativ versorgten Beckenverletzungen existieren jedoch. So konnten Stover et. al. 2012 in einer Multicenter-Studie bzgl. Infektion nach dorsalem Zugang zur Versorgung von Becken-C Verletzungen eine Infektrate von 3,4 % ermitteln.(37) Auf eine nahezu identische Rate an Frühinfektionen von 3,3 % kamen Vaidya et. al. in ihrer Multicenter Studie bezüglich Komplikationen nach subkutaner interner Fixation des vorderen Beckenringes.(26) Ding et. al. kamen bezüglich früher Revisionen nach operativ versorgten Acetabulumfrakturen auf eine Rate von 7 % aufgrund von Infektionen und Weichteilkomplikationen.(49) Bei offenen Beckenfrakturen und bei abdominellen Begleitverletzungen wie intra- oder extraperitonealen Harnblasenrupturen sowie Verletzungen des Rektums kann die Infektionsrate jedoch stark ansteigen. Bei diesen Begleitverletzungen wurden je nach chirurgischer Therapie dieser Verletzungen Infektionsraten von 33 – 50 % detektiert.(50, 51)

All diese Studien untersuchen jedoch die Infektionsrate nach Beckenosteosynthese und ggf. die Auswirkung der Infektion auf Outcome-Parameter wie Tod und Länge des Klinikaufenthaltes. Ziel dieser Studie war es, einen Schritt weiter zu gehen und den weiteren „Verlauf“ der Patienten nach der Diagnose „Beckeninfektion“ zu untersuchen. Auch dem Verdacht der Häufung bestimmter weniger Keimarten, welcher sich im klinischen Alltag ergab, sollte nachgegangen werden. Die Frage der Infektsanierung/-beruhigung ist in der septischen Chirurgie ein ständiger Begleiter im klinischen Alltag. Dieser wurde im Rahmen dieser Untersuchung ebenfalls Aufmerksamkeit geschenkt, ebenso der damit verbundenen Frage nach etwaigen Rezidiven, welche im Langzeitverlauf auftreten können.

Bei der Auswertung der Studienpopulation zeigte sich mit fast 75 % eine deutliche Häufung des männlichen Geschlechts. Das Durchschnittsalter sowohl in der Gesamtpopulation als auch der Subpopulation der dominierenden Männer von ca. 45 respektive 44 Jahren zeigt, dass es sich bei den Patienten um zumeist junge, gesunde und in der Regel erwerbstätige Menschen handelt. Es lässt sich also festhalten, dass es sich bei den hier untersuchten Verletzungen und Komplikationen um ein „Trauma des jüngeren Mannes“ handelt. Aufgrund der Schwere der Verletzung mit dem zusätzlichen Infektverlauf kann von einem durchaus „lebensverändernden“ Trauma für die typische Patientenpopulation gesprochen werden, vor allem auch in Anbetracht des hohen funktionellen Anspruches bzgl. Alltagsmobilität und Sportfähigkeit dieses jungen Patientenkollektives.

Die vorrangigen Verletzungsmechanismen decken sich mit den Ergebnissen bezüglich oben beschriebener Patientenpopulation. Es lassen sich hierbei 3 große Bereiche unterscheiden. Zuerst die Unfälle im Straßenverkehr (v.a. Motorrad) mit teilweise begleitender Einklemmung, weiters die Unfälle bei Freizeitaktivitäten, häufig im Rahmen von Risikoaktivitäten wie Ski, Snowboard oder Mountainbiken mit der entsprechenden Trauma-Energie aufgrund der häufig hohen Geschwindigkeit. Die dritte große Gruppe stellen die Traumen im Rahmen von Arbeitsunfällen (bg-lich oder privat) dar, insbesondere Tätigkeiten in großer Höhe mit daraus resultierenden Stürzen (Gerüst, Silo), landwirtschaftliche Arbeiten sowie Baumfäll- und Waldarbeiten mit teilweise korrespondierender Einklemmung und/oder Überrolltraumen (Heuballen, Gabelstapler, Baum). Da das männliche Geschlecht sowohl bezüglich des Risikoverhaltens im Straßenverkehr als auch im Rahmen von risikoreichen Freizeit- und Sportaktivitäten als deutlich gefährdeter einzuschätzen ist, als auch bei den handwerklichen

und landwirtschaftlichen Tätigkeiten als dominierendes Geschlecht anzusehen ist, verwundert die Dominanz im Rahmen der Geschlechterverteilung in dieser Studie nicht. Bezüglich der Aufenthaltsdauer im Krankenhaus konnte in dieser Studie gezeigt werden, dass sich durch die Infektion eine massive Steigerung der Dauer ergibt. Dies ist aufgrund des dann wechselnden Therapieregimes hin zu einem septischen Setting mit häufigen Revisionen und Etappendebridements nicht verwunderlich. Dennoch zeigt es die Schwere und Auswirkung der Komplikation „Beckeninfektion“. So ergab sich in dieser Untersuchung eine durchschnittliche Krankenhausverweildauer im Rahmen des Indexaufenthaltes von 65,3 Tagen. Liu et. al. konnten in ihrer Studie aus dem Jahr 2021 eine durchschnittliche Krankenhausverweildauer nach operativer Therapie des vorderen und hinteren Beckenringes bei Becken-C Verletzungen von 20,9 Tagen feststellen.(52) Beim Vergleich dieser Zahlen ergibt sich ca. eine Verdreifachung der Hospitalisierungsdauer durch die Komplikation „Beckeninfektion“. Umso mehr gilt es nicht nur aus Patientensicht, sondern auch unter ökonomischen Gesichtspunkten, diese Komplikation zu vermeiden.

## **4.2. Keimspektrum**

In diesem Kapitel soll auf die wichtigsten Erkenntnisse dieser Studie im mikrobiologischen Bereich eingegangen werden und Vorschläge für Konsequenzen für den klinischen Alltag diskutiert werden.

Ein großes Anliegen zu Beginn dieser Studie war die wissenschaftliche Aufarbeitung des relevanten Keimspektrums bei Infektionen nach Beckenosteosynthese. Im klinischen Alltag mit dieser Verletzungsentität ergab sich der Verdacht, dass einige wenige Keime vorrangig im Rahmen einer Infektion vorkommen. Speziell die Staphylokokken spielten unserer Wahrnehmung nach eine klar dominierende Rolle. Dem galt es in einer wissenschaftlichen Untersuchung nachzugehen. Bei Betrachtung der mikrobiologischen Ergebnisse dieser Studie bestätigt sich dieser klinische Verdacht absolut. Nachfolgend ist an dieser Stelle nochmals eine Tabelle mit den fünf häufigsten Keimen eingefügt:

Keim	prozentuale Häufigkeit bei allen 43 Patienten
Staph. epidermidis	60,5 %
Staph. aureus	37,2 %
Ent. faecalis	23,3 %
E. coli	18,6 %
Ent. faecium	14,0 %

*Tabelle 33: prozentuale Häufigkeit der fünf häufigsten Keime in Gesamtpopulation*

Die Staphylokokken dominieren deutlich bei den analysierten Keimen. Bei nahezu 2 von 3 Patienten in unserem Kollektiv konnte im Verlauf der chirurgischen Behandlung ein Staph. epidermidis in den mikrobiologischen Abstrichen detektiert werden. Bei immerhin noch mehr als jedem dritten Patienten ließ sich ebenfalls oder zusätzlich ein Staph. aureus nachweisen. Diese Ergebnisse decken sich mit anderen Studienergebnissen. So konnten Kanakaris et. al. in ihrer 2021 publizierte Studie bzgl. tiefen Infektionen nach operativer Rekonstruktion von Beckenfrakturen den Keim St. aureus, in diesem Falle sogar MRSA, als häufigsten detektierten Keim nachweisen.(53) Es gilt daher bei der primär empirischen Antibiotika-Therapie diese Keimgruppe auf jeden Fall suffizient mit abzudecken. Die zweite relevante Gruppe neben den Staphylokokken stellen Darmkeime wie die Enterokokken (Ent. faecalis + Ent. faecium) sowie der Keim E. coli dar. Diese jedoch mit einer deutlich geringeren Häufigkeit als die Staphylokokken. Das häufige Vorkommen von Darmkeimen wirft die Fragestellung auf, ob es in diesen Fällen zu begleitenden (Mikro-) Verletzungen des Darmes kam. Diese Fragestellung ließ sich im Rahmen dieser Studie jedoch nicht beantworten, da intraabdominelle Begleitverletzungen nicht mitdetektiert wurden. Studien zur Infektion bei Beckenfrakturen mit begleitender Harnblasenverletzung zeigten jedoch eine deutlich höhere Rate an Infektion bei konservativ therapierter Harnblasenruptur gegenüber der operativen Harnblasennaht.(50) Somit könnte man durchaus die Vermutung aufstellen, dass auch Verletzungen des Darmes zu einer deutlich höheren Rate an Infektionen durch den Austritt von Darmkeimen in das Abdomen und kleine Becken führen könnten.

Eine weitere Auffälligkeit bei den mikrobiologischen Auswertungen dieser Studie ist die Tatsache, dass es bei fast der Hälfte aller Patienten im Rahmen der intraoperativen Abstrichentnahmen zu einem Wechsel des Keimspektrums oder dem Auftreten von zusätzlichen Keimen kam. Es zeigte sich auch, dass bei den meisten Patienten mehr als ein

Keim detektiert werden konnte. Lediglich bei 14 von 43 Patienten wurde im Rahmen aller Probenentnahmen nur ein Keim über den gesamten Verlauf detektiert. Es handelte sich also zumeist um Mischinfektionen mit mehreren/multiplen Keimen, die teilweise auch noch wechselten oder zeitversetzt detektiert wurden. Dies zeigt die Schwierigkeit eines suffizienten Antibiotika-Regimes für diese Patienten im klinischen Alltag. Es bedarf hierbei der konsequenten Reevaluation der Antibiotikatherapie nach jedem neuerlichen chirurgischen Debridement und ggf. die Anpassung. Des Weiteren sollte bei der intraoperativen Abstrichentnahme große Sorgfalt vorherrschen um aus allen relevanten Bereichen des Situs mikrobiologisch verwertbare Abstrichergebnisse zu erhalten. Auch auf die konsequente und genaue Beschriftung der Abstriche und Gewebeproben mit der Entnahmestelle sollte geachtet werden, um eine spätere genaue Zuordnung beispielsweise bzgl. der „Tiefe“ des Infektes zu erleichtern.

Bezüglich des mikrobiologischen Status bei der letzten OP (sekundärer Wundverschluss) zeigte sich ein überraschendes Ergebnis. Retrospektiv betrachtet waren **über 75 %** aller Patienten zum Zeitpunkt des Wundverschlusses noch **„Keim-positiv“**. Hierbei ließ sich auch kein relevanter Unterschied in den beiden Subpopulationen „Rezidiv“ vs. „Rezidiv-frei“ feststellen. Diese hohe Zahl an weiterhin bestehenden Infekten überrascht und zeigt wie schwierig eine definitive Infektsanierung im Bereich des Beckens ist. Diese Ergebnisse zeigen sich deutlich konträr zu den Ergebnissen von Kanakaris et. al., welche eine Keimeradikation in 93 % der Fälle berichten.(53)

Betrachtet man die Rezidiv-Quote in unserer Untersuchung von lediglich 16,3 % so fällt auf, dass diese doch sehr niedrige Zahl in deutlichem Widerspruch zu der zumeist fortbestehenden Keimbesiedelung steht. Es lässt sich somit konstatieren, dass zumeist keine Infektsanierung und Keimeradikation gelang, dies jedoch nur in einer geringen Anzahl an Fällen zu einem klinisch relevanten Infektrezidiv führte. Man kann postulieren, dass es über den größtenteils sehr langen Nachbeobachtungszeitraum gelang, eine dauerhafte Infektberuhigung zu erzielen. Einschränkend muss hierbei jedoch auf die gut 20 % an Patienten verwiesen werden, bei denen die Frage des Infektrezidives nicht evaluiert werden konnte und damit als unklar zu werten ist.

Unter Berücksichtigung oben beschriebener Ergebnisse könnte man für den klinischen Alltag und das Management dieser Patienten postulieren, dass ein septisch-chirurgisches Debridementprogramm nicht bis zum Vorliegen von negativen mikrobiologischen Ergebnissen

erfolgen muss, da eine vollständige Keim-Eradikation eher selten gelingt, dies jedoch in den allermeisten Fällen zu keinem Wiederaufflammen des Infektes führt. Ziel ist vielmehr die „Infektberuhigung“ mit sekundärem Wundverschluss nach klinischen Gesichtspunkten wie makroskopisch sauberen Wundverhältnissen, Verlauf von laborchemischen Infektparametern und radiologischen Verlaufskontrollen.

### **4.3. Weichteilproblematik**

Ein weiterer Punkt dem in Rahmen der Ergebnisdiskussion Aufmerksamkeit geschenkt werden soll, ist die Problematik der begleitenden Weichteilverletzungen und deren Management im klinischen Alltag. Wie weiter oben bereits beschrieben ist ein hoher Anteil der Patienten beim initialen Trauma sehr großen einwirkenden Kräften ausgesetzt (Verkehrsunfall, Sturz aus großer Höhe, Überrolltrauma, etc.). In einer großen Anzahl an Fällen kommt es neben den knöchernen Traumafolgen zu mehr oder weniger ausgeprägten Weichteilverletzungen im Bereich des Beckens und Körperstammes. Speziell bei den Überrolltraumen und Einklemmungen kommt es durch die hierbei entstehenden massiven Scherkräfte zu teilweise extrem ausgeprägten Weichteilschäden bis hin zum Vollbild einer Morel-Lavallée-Läsion. Dieses Verletzungsmuster zeichnet sich durch eine teilweise vollständige Abscherung des gesamten Subkutangewebes von der darunter liegenden Faszie im Beckenbereich aus. Hierdurch entstehen teilweise sehr große Weichteildefekte und Gewebetaschen, welche eine sehr schlechte Heilungstendenz aufgrund der vollständigen Abscherung von darunter liegendem Gewebe zeigen, und in weiterer Folge auch einen idealen Raum für Weichteilinfektionen darstellen.

Beim Vergleich der Unfallmechanismen in den beiden Subpopulationen „Rezidiv“ vs. „Rezidivfrei“ zeigte sich eine deutliche Häufung der Überrolltraumen in der „Rezidiv“-Population gegenüber den Rezidiv-freien Patienten (28,6 % vs. 5,6 %). Da es wie bereits beschrieben speziell bei diesem Traumamechanismus zu ausgeprägten Decollementverletzungen kommt, könnte hierin ein Grund für das Auftreten von Infektrezidiven vermutet werden. Für den klinischen Alltag und das Management dieser Verletzungen ergibt sich hieraus unserer Meinung nach die klare Empfehlung, den Fokus des chirurgischen und antibiotischen Therapieregimes nicht nur auf die Knochensituation zu legen, sondern auch die Weichteilsituation und deren Verletzungsmuster sehr genau zu analysieren und zu

adressieren. Dem Weichteildebridement sollte im Rahmen des septisch-chirurgischen Prozederes großes Augenmerk geschenkt werden.

#### **4.4. Kritikpunkte der Studie / offene Fragen**

Wie jede klinische Studie hat auch diese Untersuchung Schwächen und Kritikpunkte. Auf diese soll in diesem Kapitel eingegangen werden. Zusätzlich sollen Fragestellungen genannt werden, die sich im Rahmen der Studie ergeben haben, welche jedoch in diesem Setting nicht beantwortet und untersucht werden konnten. Dies soll auch als Input und Anregung für zukünftige Studien gedacht sein, da auf diesem Feld die Datenlage wie bereits erwähnt, spärlicher als in anderen Bereichen ist.

Als ersten „Kritikpunkt“ lässt sich sicherlich das retrospektive Studiendesign nennen. Hierdurch entfällt naturgemäß die Möglichkeit einer „aktiven“ Studiengestaltung. Etwaige Unterschiede in den Behandlungsabläufen der einzelnen Patienten sind somit nicht beeinflussbar und auch nachträglich häufig nicht detektierbar. Vereinzelt unklare mikrobiologische Ergebnisse lassen sich retrospektiv nicht immer zu 100 % klären. Somit wäre eine prospektiv angelegte Studie bezüglich des Verlaufes bei Infektionen nach Beckenosteosynthese eine gute Möglichkeit, noch weitere Studienergebnisse zu erhalten.

Auch das geringe Patientenkollektiv von letztlich „nur“ 43 Personen lässt sich kritisieren. Hierbei muss jedoch abermals darauf hingewiesen werden, dass diese Verletzungsentität mit zusätzlichen Infektverlauf sehr selten ist. Der lange Untersuchungszeitraum von über 17 Jahren in einem großen Maximalversorgungszentrum wie der BG-Unfallklinik Murnau lässt erwarten, dass eine deutliche Erhöhung des Patientenkollektives in einem angemessenen Zeitraum nur mit einer groß angelegten Multicenter-Studie zu realisieren wäre. Dieser Gedanke wäre es sicherlich wert weiter verfolgt zu werden. Solche multizentrischen Studien stellen jedoch ein sehr personen- und kostenintensives Projekt dar.

Ein letztes Kritikpunkt, der an dieser Stelle genannt werden soll, ist die Rate von gut 20 % an Patienten, bei denen die Frage des Rezidives trotz mehrstufigem Evaluationsverfahren letztlich nicht beantwortet werden konnte. Ein gewisser Prozentsatz an unklarer Datenlage ist in der klinischen Forschung sicherlich unvermeidbar und es ließe sich durchaus postulieren, dass eine Nacherhebungsrate von fast 80 % bei einer retrospektiven Studie als absolut befriedigend zu werten ist. Letztlich ergibt sich jedoch bei ca. 20 % fehlenden Daten bzgl. des

Infektrezidives statistisch ein gewisser Unsicherheitsfaktor bei der Interpretation der Ergebnisse.

Im nachfolgenden soll noch auf 2 Fragestellungen eingegangen werden, welche sich im Verlauf dieser Untersuchung ergaben. Zum einen wäre hierbei die Frage nach dem funktionellen Outcome der Patienten im Langzeitverlauf. Dieser Themenkomplex konnte im Rahmen dieser Studie trotz anfänglicher Überlegungen diesbezüglich nicht nachgegangen werden. Bei den Probanden, welche telefonisch nachevaluiert wurden ergab sich subjektiv das Bild eines tendenziell guten bis sehr guten Status bzgl. Restbeschwerden und verbliebenen Einschränkungen. Dies war jedoch nur eine kleine Gruppe der Gesamtpopulation und lässt somit keinerlei Aussage diesbezüglich zu. Hierzu wäre eine strukturierte Nacherfassung mittels standardisierten Nacherhebungs-Tools notwendig. Auch die teilweise deutlich unterschiedliche Schwere der primären Beckenverletzung müsste hierbei mitberücksichtigt werden.

Die zweite Frage welche sich aus den Ergebnissen dieser Studie unserer Ansicht nach ergibt, ist die Frage eines „Wechsels des Therapieregimes“. Da wie gezeigt in unserem Kollektiv tendenziell keine Infektsanierung gelang, sondern lediglich eine Infektberuhigung, könnte man postulieren, dass ein deutlich verkürztes chirurgisches Etappendebridement sinnvoll sein könnte. Ein Konzept könnte sein, im Infektfall ein- bis zweimal radikal zu debridieren und hierbei auch einen Fokus auf das suffiziente Weichteildebridement vor allem bei entsprechenden Begleitverletzungen zu legen. Anschließend könnte der frühzeitige Wundverschluss und die „Ausbehandlung“ mit einer Langzeit-Antibiotika-Therapie erfolgen. Interessant wäre der Vergleich, ob es hierdurch gelingt, die Hospitalisierungsdauer und das perioperative Setting deutlich zu verkürzen, ohne ein Mehr an Infektrezidiven zu provozieren.

Dieser letzte Punkt soll lediglich einen Ausblick auf weiter bestehende und neue Fragestellungen in diesem Feld der Infektraumatologie geben und gegebenenfalls zu weiteren Forschungsvorhaben auf diesem Gebiet anregen.

## 5. Zusammenfassung

Vorliegende Promotionsarbeit umfasst eine retrospektive Untersuchung und Auswertung von 43 Patienten mit Beckenfrakturen und / oder Acetabulumfrakturen mit zusätzlichem Infekt im Verlauf der stationären Behandlung in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Murnau. Der erfasste Zeitraum der Untersuchung erstreckte sich letztlich von September 2002 bis Oktober 2021. In diesem Zeitraum wurden alle Patienten erfasst, welche in unserem Hause aufgrund eines Infektverlaufes im Rahmen einer Beckenverletzung therapiert wurden. Der Untersuchungszeitraum von 19 Jahren und die dafür doch sehr geringe Anzahl von 43 Patienten zeigt die Seltenheit dieser Kombination von Verletzungsmuster und mikrobiologisch gesichertem Infektverlauf.

Eine Fraktur im Bereich des Beckens / Acetabulum stellt eine per se sehr schwerwiegende Verletzung dar welche, abgesehen von den osteoporotisch bedingten Insuffizienzfrakturen des alten Menschen, eine hohe kinetische Krafteinwirkung durch den Unfallmechanismus voraussetzt. Bei zusätzlichen Infektionen in diesem Bereich ergeben sich hierdurch teils sehr schwerwiegende Konsequenzen und Beeinträchtigungen für die Betroffenen.

Ziel dieser Studie war es, die klinischen „Eindrücke“ bzgl. Verlauf und Keimspektrum dieses Patientenkollektives wissenschaftlich aufzuarbeiten und den Langzeitverlauf im Hinblick auf etwaige Infektrezidive zu untersuchen, um daraus Handlungsempfehlungen für das klinische Management dieser Patienten ableiten zu können. Die zu diesem Themenkomplex bisher publizierten Studien untersuchen zumeist die Rate an Infekten nach Beckenosteosynthese, nicht jedoch den weiteren Verlauf nach Detektion des Infektes. Diese bestehende „wissenschaftliche Lücke“ sollte mit dieser Studie angegangen werden.

Der klinische Eindruck einer deutlichen Dominanz von Staphylokokken bei Infektionen des Beckens, speziell des Staph. epidermidis konnte wissenschaftlich erhärtet werden. Bei mehr als 6 von 10 Patienten erfolgte im Verlauf der Infektbehandlung ein Nachweis dieses Keimes in den mikrobiologischen Untersuchungen. Auf die suffiziente antibiotische Abdeckung dieses Keimspektrums sollte im klinischen Alltag auch bei (noch) fehlendem Staphylokokken-Nachweis großer Wert gelegt werden.

Weiters bestätigte sich der Eindruck aus dem klinischen Alltag, dass es häufig nicht gelingt, eine Keimeradikation zu erzielen. Bei  $\frac{3}{4}$  unserer Patienten zeigte sich ein weiterhin positiver Keimstatus im Rahmen der mikrobiologischen Ergebnisse zum Zeitpunkt des definitiven Wundverschlusses. Diese sehr hohe Zahl zeigt sich deutlich konträr zu den Ergebnissen

anderer Studien, die von Sanierungsraten über 90 % berichten. Interessanterweise führte die hohe Anzahl an weiterhin bestehenden Keimnachweisen bei unserer Population jedoch nicht zu hohen Raten an klinischen Infekt-Rezidiven, trotz sehr langen Nachbeobachtungszeiträumen. Lediglich gut 16 % erlitten im Verlauf ein klinisch manifestes Infektrezidiv. Somit postulieren wir ein kürzeres Intervall im Rahmen des Etappendebridements lediglich bis zu makroskopisch „sauberen“ Wundverhältnissen und anschließend den zügigen sekundären Wundverschluss in Kombination mit einer Langzeit-Antibiose. Einschränkend bleibt die Zahl von gut 20 % Patienten zu nennen, bei denen der Rezidivstatus in dieser Untersuchung ungeklärt bleibt.

Eine weitere „Konsequenz“ für den klinischen Alltag bei diesen Patienten ist die Fokussierung auf etwaige bestehende Weichteilverletzungen. Speziell die teilweise begleitenden Decollementverletzungen bis hin zum Vollbild einer Morell-Lavallée-Läsion bedürfen einer konsequenten chirurgischen Therapie und eines radikalen Debridements, da diese in unseren Augen einen deutlichen Risikofaktor für die Ausbildung eines Infektes im Rahmen dieser Verletzungen darstellen.

Abschließend bleibt noch anzumerken, dass die Forschung auf diesem sehr speziellen Gebiet der septischen Traumatologie noch am Anfang steht und es weiterer, groß angelegter Studien bedarf, um zu statistisch aussagekräftigen Ergebnissen zu kommen.

## Literaturverzeichnis

1. Aumüller G, Aust G, Doll A. Duale Reihe Anatomie. Thiemeverlag, Stuttgart. 2010.
2. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Prometheus Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Thiemeverlag, Stuttgart. 2005:357.
3. Rohen JW. Topographische Anatomie: Lehrbuch mit besonderer Berücksichtigung der klinischen Aspekte und der bildgebenden Verfahren; mit 101 Tabellen. Schattauer Verlag; 2008. ISBN: 3794526163.
4. Groß U. Kurzlehrbuch Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie. Georg Thieme Verlag; 2013. ISBN: 3131522534.
5. Hof H, Dörries R, Geginat G. Medizinische Mikrobiologie. Thieme; 2014. ISBN: 3131253150.
6. Pohlemann T, Tscherne H, Baumgartel F, Egbers HJ, Euler E, Maurer F, Fell M, Mayr E, Quirini WW, Schlickewei W, Weinberg A. [Pelvic fractures: epidemiology, therapy and long-term outcome. Overview of the multicenter study of the Pelvis Study Group]. Unfallchirurg. 1996 Mar;99(3):160-7. Beckenverletzungen: Epidemiologie, Therapie und Langzeitverlauf. Übersicht über die multizentrische Studie der Arbeitsgruppe Becken. Epub 1996/03/01. Cited in: Pubmed; PMID 8685720.
7. Gansslen A, Pohlemann T, Paul C, Lobenhoffer P, Tscherne H. Epidemiology of pelvic ring injuries. Injury. 1996;27 Suppl 1:S-A13-20. Epub 1996/01/01. Cited in: Pubmed; PMID 8762338.
8. Bail HJ, König B, Schaser KD, Schwabe P. Beckenverletzungen aktuell: Die Rolle des Fixateurs bei Ringinstabilitäten. Trauma und Berufskrankheit. 2015;18(S2):158-164. doi:10.1007/s10039-015-0037-1.
9. Judet R, Judet J, Letournel E. Fractures of the Acetabulum: Classification and Surgical Approaches for Open Reduction. Preliminary Report. J Bone Joint Surg Am. 1964 Dec;46:1615-46. Epub 1964/12/01. Cited in: Pubmed; PMID 14239854.
10. Stöckle U. Schräg dorsaler Beckenfixateur - Ein neues Konzept zur Beckenstabilisierung: Klinische und biomechanische Grundlagen, Entwicklung, Biomechanische Testung [Habilitationsschrift]; 2001.
11. Tile M. Acute Pelvic Fractures: I. Causation and Classification. J Am Acad Orthop Surg. 1996 May;4(3):143-151. eng. Epub 1996/05/01. doi:10.5435/00124635-199605000-00004. Cited in: Pubmed; PMID 10795049.
12. Gansslen A, Müller M, Nerlich M. Azetabulumfrakturen. Georg Thieme Verlag; 2015. ISBN: 3132047511.
13. Letournel E, Judet R, Elson RA. Fractures of the Acetabulum. Vol 2nd Edition. Springer; 1993.

14. Müller M. The comprehensive classification of fractures, Part 2: Pelvis and acetabulum. Berlin: Springer; 2004.
15. Association OT. Fracture and dislocation compendium. J Orthop Trauma. 1996;10(1):32-40.
16. Ewerbeck V, Wentzensen A, Grützner PA, Holz F, Krämer K-L, Pfeil J, Sabo D. Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie. Vol. 4. Thieme; 2014.
17. Largiadèr F, Saeger H-D, Keel M, Bruns C. Checkliste Chirurgie. Georg Thieme Verlag; 2016.
18. Günther K-P, Hoffmann R. SOPs in der Orthopädie und Unfallchirurgie. SOPs in der Orthopädie und Unfallchirurgie. 1. Auflage ed.: Georg Thieme Verlag; 2018. De.
19. Wirtz DC, Stöckle U. Hüfte: Expertise Orthopädie und Unfallchirurgie. Georg Thieme Verlag; 2018. ISBN: 3132010618.
20. Wirth C, Mutschler W. Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie. Fuß & Sprunggelenk. 2013;6:48.
21. Stannard JP, Schmidt AH, Kregor PJ, Wentzensen A, Gebhard F, Grützner PA, Ruchholtz S, Stöckle U. Spezielle Unfallchirurgie. Georg Thieme Verlag; 2011. ISBN: 3131652217.
22. Ruchholtz S, Wirtz DC. Orthopädie und Unfallchirurgie essentials: Intensivkurs zur Weiterbildung. Georg Thieme Verlag; 2019. ISBN: 313154483X.
23. Bühren V, Keel M, Marzi I. Checkliste Traumatologie. Thieme; 2005. ISBN: 3135981061.
24. Gansslen A, Pohlemann T, Krettek C. A simple supraacetabular external fixation for pelvic ring fractures. Oper Orthop Traumatol. 2005 Sep;17(3):296-312. Der einfache supraacetabuläre Fixateur externe für die Behandlung von Beckenfrakturen. Epub 2005/09/01. doi:10.1007/s00064-005-1134-2. Cited in: Pubmed; PMID 16132252.
25. Fang C, Alabdulrahman H, Pape HC. Complications after percutaneous internal fixator for anterior pelvic ring injuries. Int Orthop. 2017 Sep;41(9):1785-1790. eng. Epub 2017/02/27. doi:10.1007/s00264-017-3415-4. Cited in: Pubmed; PMID 28236073.
26. Vaidya R, Kubiak EN, Bergin PF, Dombroski DG, Critchlow RJ, Sethi A, Starr AJ. Complications of anterior subcutaneous internal fixation for unstable pelvis fractures: a multicenter study. Clin Orthop Relat Res. 2012 Aug;470(8):2124-31. eng. Epub 2012/01/06. doi:10.1007/s11999-011-2233-z. Cited in: Pubmed; PMID 22219004.
27. Lindahl J, Hirvensalo E. Outcome of operatively treated type-C injuries of the pelvic ring. Acta Orthop. 2005 Oct;76(5):667-78. Epub 2005/11/03. doi:10.1080/17453670510041754. Cited in: Pubmed; PMID 16263614.
28. Burkhardt M, Culemann U, Seekamp A, Pohlemann T. Strategies for surgical treatment of multiple trauma including pelvic fracture. Review of the literature. Unfallchirurg. 2005 Oct;108(10):812, 814-20. Operative Versorgungsstrategien beim Polytrauma mit

Beckenfraktur. Eine Literaturübersicht. Epub 2005/09/06. doi:10.1007/s00113-005-0997-x. Cited in: Pubmed; PMID 16142460.

29. Perl M, Hierholzer C, Woltmann A, Thannheimer A, Bühren V. Azetabulumchirurgie. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date. 2015;10(01):3-26. doi:10.1055/s-0033-1358107.

30. Isaacson MJ, Taylor BC, French BG, Poka A. Treatment of acetabulum fractures through the modified Stoppa approach: strategies and outcomes. Clin Orthop Relat Res. 2014 Nov;472(11):3345-52. Epub 2014/01/15. doi:10.1007/s11999-014-3460-x. Cited in: Pubmed; PMID 24420164.

31. Sanna B, Henry BM, Vikse J, Skinningsrud B, Pekala JR, Walocha JA, Cirocchi R, Tomaszewski KA. The prevalence and morphology of the corona mortis (Crown of death): A meta-analysis with implications in abdominal wall and pelvic surgery. Injury. 2018 Feb;49(2):302-308. Epub 2017/12/16. doi:10.1016/j.injury.2017.12.007. Cited in: Pubmed; PMID 29241998.

32. Moon do H, Kim NK, Won JS, Choi JS, Kim DH. Outcome of Surgical Treatment of AO Type C Pelvic Ring Injury. Hip Pelvis. 2014 Dec;26(4):269-74. Epub 2014/12/01. doi:10.5371/hp.2014.26.4.269. Cited in: Pubmed; PMID 27536592.

33. Helfet DL, Schmeling GJ. Management of complex acetabular fractures through single nonextensile exposures. Clin Orthop Relat Res. 1994 Aug;(305):58-68. Epub 1994/08/01. Cited in: Pubmed; PMID 8050248.

34. Lehmann W, Hoffmann M, Fensky F, Nuchtern J, Grossterlinden L, Aghayev E, Lehmann H, Stuby F, Rueger JM. What is the frequency of nerve injuries associated with acetabular fractures? Clin Orthop Relat Res. 2014 Nov;472(11):3395-403. Epub 2014/08/22. doi:10.1007/s11999-014-3838-9. Cited in: Pubmed; PMID 25141842.

35. Goldstein A, Phillips T, Sclafani SJ, Scalea T, Duncan A, Goldstein J, Panetta T, Shaftan G. Early open reduction and internal fixation of the disrupted pelvic ring. J Trauma. 1986 Apr;26(4):325-33. Epub 1986/04/01. doi:10.1097/00005373-198604000-00004. Cited in: Pubmed; PMID 3959137.

36. Kellam JF, McMurtry RY, Paley D, Tile M. The unstable pelvic fracture. Operative treatment. Orthop Clin North Am. 1987 Jan;18(1):25-41. Epub 1987/01/01. Cited in: Pubmed; PMID 3796960.

37. Stover MD, Sims S, Matta J. What is the infection rate of the posterior approach to type C pelvic injuries? Clin Orthop Relat Res. 2012 Aug;470(8):2142-7. Epub 2012/06/23. doi:10.1007/s11999-012-2438-9. Cited in: Pubmed; PMID 22723246.

38. Letournel EJ, R.; Elson, R. Fractures of the Acetabulum. Berlin, Germany; New York, NY, USA: Springer-Verlag; 1993.

39. Matta JM. Fractures of the acetabulum: accuracy of reduction and clinical results in patients managed operatively within three weeks after the injury. J Bone Joint Surg Am. 1996 Nov;78(11):1632-45. Epub 1996/11/01. Cited in: Pubmed; PMID 8934477.

40. Iqbal F, Younus S, Asmatullah, Zia OB, Khan N. Surgical Site Infection Following Fixation of Acetabular Fractures. *Hip Pelvis*. 2017 Sep;29(3):176-181. Epub 2017/09/29. doi:10.5371/hp.2017.29.3.176. Cited in: Pubmed; PMID 28955683.
41. Kaiser AB, Herrington JL, Jr., Jacobs JK, Mulherin JL, Jr., Roach AC, Sawyers JL. Cefoxitin versus erythromycin, neomycin, and cefazolin in colorectal operations. Importance of the duration of the surgical procedure. *Ann Surg*. 1983 Oct;198(4):525-30. Epub 1983/10/01. doi:10.1097/00000658-198310000-00012. Cited in: Pubmed; PMID 6354113.
42. Cruse PJ, Foord R. The epidemiology of wound infection. A 10-year prospective study of 62,939 wounds. *Surg Clin North Am*. 1980 Feb;60(1):27-40. Epub 1980/02/01. doi:10.1016/s0039-6109(16)42031-1. Cited in: Pubmed; PMID 7361226.
43. Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, Silver LC, Jarvis WR. Guideline for Prevention of Surgical Site Infection, 1999. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. *Am J Infect Control*. 1999 Apr;27(2):97-132; quiz 133-4; discussion 96. Epub 1999/04/10. Cited in: Pubmed; PMID 10196487.
44. Suzuki T, Morgan SJ, Smith WR, Stahel PF, Gillani SA, Hak DJ. Postoperative surgical site infection following acetabular fracture fixation. *Injury*. 2010 Apr;41(4):396-9. Epub 2009/12/17. doi:10.1016/j.injury.2009.11.005. Cited in: Pubmed; PMID 20004894.
45. Al-Mulhim FA, Baragbah MA, Sadat-Ali M, Alomran AS, Azam MQ. Prevalence of surgical site infection in orthopedic surgery: a 5-year analysis. *Int Surg*. 2014 May-Jun;99(3):264-8. Epub 2014/05/17. doi:10.9738/INTSURG-D-13-00251.1. Cited in: Pubmed; PMID 24833150.
46. Li Q, Liu P, Wang G, Yang Y, Dong J, Wang Y, Zhou D. Risk Factors of Surgical Site Infection after Acetabular Fracture Surgery. *Surg Infect (Larchmt)*. 2015 Oct;16(5):577-82. Epub 2015/08/01. doi:10.1089/sur.2014.134. Cited in: Pubmed; PMID 26230521.
47. Buttner H, Mack D, Rohde H. Structural basis of *Staphylococcus epidermidis* biofilm formation: mechanisms and molecular interactions. *Front Cell Infect Microbiol*. 2015;5:14. Epub 2015/03/06. doi:10.3389/fcimb.2015.00014. Cited in: Pubmed; PMID 25741476.
48. Bartkowski R, Raskop AM. Use of the ICPM surgical key: initial experiences in routine clinical documentation and reimbursement calculation. *Langenbecks Arch Chir Suppl Kongressbd*. 1997;114:822-4. Anwendung des ICPM-Operationsschlüssels: Erste Erfahrungen in der klinischen Routinedokumentation und bei der Entgeltermittlung. ger. Epub 1997/01/01. Cited in: Pubmed; PMID 9574280.
49. Ding A, O'Toole RV, Castillo R, Reahl B, Montalvo R, Nascone JW, Sciadini MF, Carlini AR, Manson TT. Risk Factors for Early Reoperation After Operative Treatment of Acetabular Fractures. *J Orthop Trauma*. 2018 Jul;32(7):e251-e257. Epub 2018/06/20. doi:10.1097/BOT.0000000000001163. Cited in: Pubmed; PMID 29916991.
50. Yao HH, Esser M, Grummet J, Atkins C, Royce P, Hanegbi U. Lower risk of pelvic metalware infection with operative repair of concurrent bladder rupture. *ANZ J Surg*. 2018 Jun;88(6):560-564. Epub 2017/11/11. doi:10.1111/ans.14233. Cited in: Pubmed; PMID 29124851.

51. Song W, Zhou D, Xu W, Zhang G, Wang C, Qiu D, Dong J. Factors of Pelvic Infection and Death in Patients with Open Pelvic Fractures and Rectal Injuries. *Surg Infect (Larchmt)*. 2017 Aug/Sep;18(6):711-715. Epub 2017/08/02. doi:10.1089/sur.2017.083. Cited in: Pubmed; PMID 28759327.
52. Liu L, Fan S, Zeng D, Chen Y, Song H, Zeng L, Jin D. Clinical application of anterior ring internal fixator system combined with sacroiliac screw fixation in Tile C pelvic fracture treatment. *J Orthop Surg Res*. 2021 Dec 14;16(1):715. Epub 2021/12/16. doi:10.1186/s13018-021-02863-y. Cited in: Pubmed; PMID 34906168.
53. Kanakaris NK, Ciriello V, Stavrou PZ, West RM, Giannoudis PV. Deep infection following reconstruction of pelvic fractures: prevalence, characteristics, and predisposing risk factors. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2021 Mar 8. Epub 2021/03/09. doi:10.1007/s00068-021-01618-y. Cited in: Pubmed; PMID 33683381.

## Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: VERTEILUNGSMUSTER NACH AO-KLASSIFIKATION .....	16
TABELLE 2: OSTEOSYNTHESEVERFAHREN UND ZUGANGSWEGE .....	45
TABELLE 3: GESCHLECHTSVERTEILUNG IM PATIENTENKOLLEKTIV .....	48
TABELLE 4: DURCHSCHNITTSALTER (GESAMT / GESCHLECHTSSPEZIFISCH) .....	48
TABELLE 5: ABSOLUTE HÄUFIGKEIT DER EINZELNEN VERLETZUNGSMUSTER.....	49
TABELLE 6: ABSOLUTE HÄUFIGKEIT DER UNFALLMECHANISMEN .....	51
TABELLE 7: KATEGORISIERUNG DER OS-VERFAHREN (OS = OSTEOSYNTHESE) .....	52
TABELLE 8: KATEGORISIERUNG DER OS-VERFAHREN NACH LOKALISATION/ZUGANGSWEG.....	53
TABELLE 9: ABSOLUTE HÄUFIGKEIT DER OSTEOSYNTHESEVERFAHREN .....	53
TABELLE 10: ABSOLUTE HÄUFIGKEIT DER OSTEOSYNTHESEN NACH ANATOMISCHER LOKALISATION .....	54
TABELLE 11: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT EINES KEIMWECHSELS IN GESAMTPOPULATION .....	56
TABELLE 12: KEIMSTATUS BEI WUNDVERSCHLUSS.....	57
TABELLE 13: KLASSEKATION + ABSOLUTE HÄUFIGKEIT ALLER DETEKTIEREN KEIME.....	59
TABELLE 14: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER FÜNF HÄUFIGSTEN KEIME.....	59
TABELLE 15: ABSOLUTE HÄUFIGKEIT DER UNTERSCHIEDLICHEN KEIMARTEN.....	60
TABELLE 16: ABSOLUTE HÄUFIGKEIT DER DETEKTIEREN KEIME NACH GRAMFÄRBUNG .....	60
TABELLE 17: ABSOLUTE HÄUFIGKEIT NACH O <sub>2</sub> -TOLERANZ .....	60
TABELLE 18: DAUER DES NACHERHEBUNGSZEITRAUMES (IN MONATEN) ALLER PATIENTEN .....	62
TABELLE 19: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER REZIDIVFREIHEIT .....	64
TABELLE 20: ZEITRAUM (IN MONATEN) BIS REZIDIV IN REZIDIVPOPULATION.....	64
TABELLE 21: GESCHLECHTSVERTEILUNG REZIDIVPOPULATION / RESTPOPULATION .....	65
TABELLE 22: DURCHSCHNITTSALTER / MEDIAN IN REZIDIVKOLLEKTIV / RESTKOLLEKTIV .....	65
TABELLE 23: DURCHSCHNITTLICHE AUFENTHALTSDAUER (IN TAGEN) / MEDIAN IN REZIDIVKOLLEKTIV / RESTKOLLEKTIV .....	66
TABELLE 24: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT EINES KEIMWECHSELS IN REZIDIVPOPULATION / RESTPOPULATION.....	67
TABELLE 25: ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN BZGL. KEIMWECHSEL IN REZIDIVPOPULATION / POPULATION OHNE REZIDIV (A = FISHER'S EXACT TEST).....	67
TABELLE 26: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DES KEIMSTATUS BEI WUNDVERSCHLUSS IN REZIDIVKOLLEKTIV / RESTKOLLEKTIV .....	67
TABELLE 27: ABSOLUTE HÄUFIGKEIT DES KEIMSTATUS IN REZIDIVPOPULATION / POPULATION MIT REZIDIVFREIHEIT (A = FISHER'S EXACT TEST).....	68
TABELLE 28: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER VERLETZUNGSMUSTER IN REZIDIVPOPULATION / RESTPOPULATION .....	69
TABELLE 29: ABSOLUTE / PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER OSTEOSYNTHESEN / KOMBINATIONEN IN DEN SUBPOPULATIONEN .....	72
TABELLE 30: ABSOLUTE / PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER DETEKTIEREN KEIME IN REZIDIVPOPULATION .....	73
TABELLE 31: ABSOLUTE / PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER DETEKTIEREN KEIME IN POPULATION MIT REZIDIVFREIHEIT / UNKLAREM REZIDIVSTATUS .....	75
TABELLE 32: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER FÜNF HÄUFIGSTEN KEIME IN DEN SUBPOPULATIONEN.....	75
TABELLE 33: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER FÜNF HÄUFIGSTEN KEIME IN GESAMTPOPULATION .....	79

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: BECKENGÜRTEL UND BECKENRING (1) .....	6
ABBILDUNG 2: ISOLIERTES RECHTES HÜFTBEIN MIT SEINEN ANTEILEN (2) .....	6
ABBILDUNG 3: BANDAPPARAT DES MENSCHLICHEN BECKENS (A: VENTRO-KRANIAL / B: DORSAL) (2).....	8
ABBILDUNG 4: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER RECHTEN A. ILIACA INTERNA AM MÄNNLICHEN BECKEN (1).....	11
ABBILDUNG 5: LAGE DES PLEXUS SACRALIS IM BECKENRAUM MIT VERLAUF SEINER NERVEN (1).....	12
ABBILDUNG 6: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER VERLETZUNGSURSACHEN (7) .....	17
ABBILDUNG 7: AO-FRAKTURKLASSIFIKATION NACH TILE (10).....	19
ABBILDUNG 8: HINTERER UND VORDERER PFEILER DES ACETABULUM NACH LETOURNEL (12).....	20
ABBILDUNG 9: AO-KLASSIFIKATION ACETABULUMFRAKTUREN (16) .....	22
ABBILDUNG 10: VERTEILUNGSMUSTER DER BEGLEITVERLETZUNGEN NACH GÄNSSLEN ET AL. (7) .....	22
ABBILDUNG 11: NOTFALLALGORITHMUS BEI KOMPLEXEN BECKENVERLETZUNGEN (18) .....	24
ABBILDUNG 12: FIXATEUR EXTERNE SYSTEME IM BEREICH DES BECKENS (18) .....	27
ABBILDUNG 13: PRINZIP DER BECKENZWINGE, SOWIE KORREKTE POSITION DER PINS (18) .....	29
ABBILDUNG 14: ISG-VERSCHRAUBUNG (18).....	30
ABBILDUNG 15: LAGE EINER PLATTE ZUR STABILISATION EINER ISG-FUGENSPRENGUNG (18).....	31
ABBILDUNG 16: ILIOLUMBALE TRANSFIXATION MIT ADDITIVER PLATTENOSTEOSYNTHESE DES SAKRUM (19).....	32
ABBILDUNG 17: 4-LOCH PLATTENOSTEOSYNTHESE DER SYMPHYSE MIT ADDITIVER KRIECHSCHRAUBENOSTEOSYNTHESE DES OBEREN SCHAMBEINASTES (19).....	33
ABBILDUNG 18: PLATTENOSTEOSYNTHESE DES OBEREN SCHAMBEINASTES (ÜBER STOPPA-ZUGANG) (19).....	34
ABBILDUNG 19: THERAPIEALGORITHMUS BEI BECKENVERLETZUNGEN (19) .....	35
ABBILDUNG 20: SCHNITTFÜHRUNG FÜR VERSCHIEDENE ZUGANGSWEGE IN DER ACETABULUMCHIRURGIE (29) .....	36
ABBILDUNG 21: VERTEILUNG DER VERLETZUNGSMUSTER.....	50
ABBILDUNG 22: VERTEILUNG DES TRAUMAMECHANISMUS.....	51
ABBILDUNG 23: VERTEILUNG DER OSTEOSYNTHESEVERFAHREN .....	54
ABBILDUNG 24: ANATOMISCHE VERTEILUNG DER OSTEOSYNTHESEN AM BECKEN .....	55
ABBILDUNG 25: MIKROBIOLOGISCHER STATUS BEI SEKUNDÄREM WUNDVERSCHLUSS.....	57
ABBILDUNG 26: REZIDIVSTATUS.....	63
ABBILDUNG 27: ALTERSVERTEILUNG DER STUDIENPOPULATION .....	65
ABBILDUNG 28: DAUER DES INDEXAUFENTHALTES.....	66
ABBILDUNG 29: PROZENTUALE VERTEILUNG DER VERLETZUNGSMUSTER .....	70
ABBILDUNG 30: PROZENTUALE VERTEILUNG DER UNFALLMECHANISMEN .....	70

## Anhang

## Fragebogen:

Sehr geehrte(r) Frau/Herr .....,

Sie befanden sich in der Vergangenheit aufgrund eines Infektes nach einem Beckenbruch in Behandlung in der BG Unfallklinik Murnau.

Unser Interesse ist es, im Rahmen von Nachsorgebefragungen die Folgen der Verletzung und des Infektes zu erfassen und damit die Qualität der zukünftigen Behandlungen zu verbessern. Insbesondere interessiert uns, ob Sie aufgrund der Verletzung in der Folgezeit nochmals behandelt wurden.

Um dies genauer zu untersuchen, sind wir auf Ihre Mithilfe angewiesen. Im Anhang finden Sie einen kurzen Fragebogen mit 2 Fragen.

Wir wären Ihnen sehr dankbar, wenn Sie sich diese kurze Zeit nehmen würden, um die Fragen zu beantworten und uns im beigelegten, frankierten Umschlag zurückzusenden. Die Beantwortung der Fragen nimmt erfahrungsgemäß nicht länger als 3 - 5 Minuten in Anspruch. Ihre Daten werden selbstverständlich anonym und vertraulich behandelt. Ihre Teilnahme ist freiwillig. Sofern Sie nicht an dieser Nachuntersuchung teilnehmen möchten oder später Ihre Meinung ändern, ist dies jederzeit möglich und es erwachsen Ihnen daraus keinerlei Nachteile.

Bei Rückfragen stehen wir Ihnen selbstverständlich gerne und jederzeit telefonisch oder per Email zur Verfügung.

Wir danken Ihnen schon jetzt vielmals für Ihre Unterstützung und wünschen Ihnen weiterhin alles Gute.

Mit freundlichen Grüßen,

Dr. med. univ. Florian Kellermann

Florian.Kellermann@bgu-murnau.de

Telefon: 08841-48-4732

Prof. Dr. Jan Friederichs

Jan.Friederichs@bgu-murnau.de

Telefon: 08841-48-4731

Prof. Dr. Sven Hungerer

Sven.Hungerer@bgu-murnau.de

Telefon: 08841-48-4326

Sehr geehrte(r) Frau/Herr ....., aufgrund der Datenschutzrichtlinien sind wir dazu verpflichtet, von Ihnen ein schriftliches Einverständnis bzgl. unserer Datenerhebung und Auswertung anzufordern.

Wir haben Ihnen nachfolgend dieses Dokument bereits unterschriftsreif erstellt. Sollten Sie hiermit einverstanden sein, würden wir Sie bitten, dieses beigelegte Blatt zu unterschreiben. Sollten Sie mit einem oder mehreren dieser Punkte nicht einverstanden sein, können Sie den jeweiligen Punkt auch durchstreichen. Es werden im Rahmen dieser Nachuntersuchung lediglich die medizinischen Daten ihrer Beckenverletzung sowie Ihre Angaben aus dem Fragebogen ausgewertet. Sollten Sie bzgl. der Beckenverletzung in einer anderen Klinik ebenfalls behandelt worden sein, würden wir ggf. die medizinischen Unterlagen aus dieser Klinik anfordern, sofern sie für unsere Nachuntersuchung relevant sind und Sie damit einverstanden sind.

Falls wir bzgl. Ihres Falles noch Fragen hätten, würden wir uns ggf. telefonisch bei Ihnen melden, falls Sie damit einverstanden sind.

Wir entschuldigen uns für diese formalen Umstände, aber ohne ihr schriftliches Einverständnis ist uns die Verwendung ihrer Daten leider nicht gestattet.

Vielen Dank nochmals für Ihre Mithilfe!

Ich, Frau/Herr .... erkläre mich hiermit mit nachfolgenden Punkten einverstanden:

- Meine medizinischen Daten bezüglich meiner Beckenverletzung dürfen zu oben genannten Studienzwecken erhoben und im Rahmen der Nachuntersuchung verwendet werden und in einer Datenbank der BGU Murnau gespeichert werden.
- Einer verletzungsbezogenen Follow-Up Untersuchung durch Beantwortung des Fragebogens sowie dessen Auswertung stimme ich zu.
- Sollte ich in einer auswärtigen Klinik bzgl. der Beckenverletzung ebenfalls behandelt worden sein, stimme ich einer Einholung der Dokumente über diese auswärtige Behandlung zu.
- Sollten sich bzgl. meines Falles im Rahmen dieser Studie noch Fragen ergeben, stimme ich einer telefonischen Kontaktaufnahme durch einen der involvierten Ärzte zu.

Meine Teilnahme an dieser Nachuntersuchung ist freiwillig und mir ist bewusst, dass ich diese Zustimmung jederzeit und ohne Angabe von Gründen ganz oder in Teilen widerrufen kann. In diesem Falle werden die erhobenen Daten gelöscht oder anonymisiert und in dieser Form genutzt.

Ich erkläre mich bereit, an dem oben genannten Projekt freiwillig teilzunehmen.

....., den .....

.....

(Unterschrift)

## **Fragebogen**

Frage 1:

Sind Sie nach der Entlassung aus der BG Unfallklinik Murnau nochmals im Bereich des Beckens in einer anderen Klinik operiert worden?

Falls ja, geben Sie bitte an **wann**, in **welcher Klinik** und **was hierbei gemacht wurde**.

Frage 2:

Wurden Sie nach der Entlassung aus der BG Unfallklinik Murnau wegen des/eines Infektes im Beckenbereich mit einem Antibiotikum behandelt? Falls ja, geben Sie bitte an **wann** und von **wem/welcher Klinik**.

## Danksagung

Der größte Dank gilt meinem Betreuer Prof. Dr. med. Jan Friederichs. Durch seine fortwährende und intensive Unterstützung meiner Arbeit an diesem Projekt, von der Ideenfindung bis zur Korrektur des fertigen Manuskriptes, war es mir überhaupt erst möglich, diese Promotion neben meiner klinischen Tätigkeit erfolgreich abzuschließen. Ein herzliches Dankeschön dafür!

Bedanken möchte ich mich auch bei Dr. Iris Leister, welche mich im Bereich der Statistik betreut und unterstützt hat, ein Feld in welchem man nicht genug Unterstützung haben kann.

Ein weiterer Dank gebührt Prof. Bernhard Holzmann für die Übernahme der Mentorenschaft.

Neben den Personen in meinem beruflichen Umfeld gilt es auch im privaten Umfeld bei einigen Leuten „Danke“ zu sagen!

Zuallererst bei meinen Eltern, welche mich von Anbeginn meines langen Ausbildungsweges zu jeder Zeit auf jede nur erdenkliche Art und Weise unterstützt haben. Ohne Sie wäre ich niemals an diesen Punkt gelangt und somit auch niemals diese Arbeit entstanden.

Letztlich möchte ich mich auch bei vielen engen Freunden ganz herzlich bedanken, welche durch die zusätzliche zeitliche Belastung dieses Projektes manchmal ein bisschen zu kurz kamen, ohne mir jemals deswegen ein schlechtes Gefühl zu geben.

Allen genannten Menschen nochmals ein herzliches „DANKESCHÖN“