

Aus der Klinik und Poliklinik für
Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
Zentrum für operative Medizin
Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf
Direktor: Prof. Dr. med. Johannes M. Rueger

Beurteilung der Lebensqualität nach perkutaner transiliosakraler Schraubenosteosynthese

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Humanmedizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von:

Jörg Spiller
aus Papenburg

Hamburg 2013

**Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 12.02.2014**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

Prüfungsausschuss, der Vorsitzende: Prof. Dr. W. Lehmann

Prüfungsausschuss, zweite Gutachterin: PD Dr. S. Tribius

Prüfungsausschuss, dritter Gutachter: Prof. Dr. M. Härter

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
1.1. Einführung	6
1.2. Anatomie des Beckens	7
1.2.1. Anatomie des Beckens	7
1.2.2. Knöcherne Anteile	8
1.2.3. Ligamentäre Anteile	10
1.2.4. Nerven	13
1.2.5. Gefäße	14
1.3. Einteilung und Klassifikation der Sakrumfraktur	16
1.4. Diagnostik der Sakrumfraktur	19
1.5. Therapieoptionen	22
1.6. Fragestellung	26
2. Material und Methoden	27
2.1. Krankengut	27
2.2. Datenerhebung	27
2.3. Radiologische Einteilung	28
2.4. Fragebogen zum Allgemeinen Gesundheitszustand SF-36	30
2.5. Majeed Score - Funktionsfragebogen zum Outcome nach Beckenfrakturen	30
2.6. Korrelation zwischen Majeed Score und SF-36	32
3. Ergebnisse	33
3.1. Patientenkollektiv	33
3.1.1. Geschlechts- und Altersverteilung	34
3.1.2. Unfallursachen	35
3.1.3. Begleitverletzungen	37
3.1.4. Häufigkeit der Sakrumfrakturen nach Frakturtypen	38
3.1.5. Operative Versorgung, Klinikaufenthalt und Komplikationen	40
3.2. Radiologische Ergebnisse	41

3.3. Ergebnisse der Fragebogenauswertung	43
3.3.1. Fragebogen zum Allgemeinen Gesundheitszustand SF-36	43
3.3.2. Ergebnisse Majeed Score - Funktionsfragebogen zum Outcome nach Beckenfrakturen	51
3.3.3. Korrelation zwischen Majeed Score und SF-36	52
3.4. Einfluss der Schraubenlage auf die Lebensqualität	52
4. Diskussion	54
4.1. Allgemeine Diskussion der Ergebnisse der Krankenakten	54
4.1.1. Epidemiologie	54
4.1.2. Frakturtypen, Unfallursachen und Begleitverletzungen	55
4.1.3. Komplikationen	57
4.2. Radiologische Ergebnisse	58
4.3. Ergebnisse der Fragebogenauswertung und der Einfluss der Schraubenlage	60
4.4. Diskussion der Methodik	62
5. Zusammenfassung	65
6. Abkürzungsverzeichnis	67
7. Literaturverzeichnis	69
8. Danksagung	77
9. Lebenslauf	78
10. Eidesstattliche Erklärung	79

Für meine lieben Eltern

1. Einleitung

1.1. Einführung

Mit einer Inzidenz von 3-8% aller Frakturen stellen Beckenringverletzungen eine relativ seltene Frakturform dar (71). Dabei handelt es sich größtenteils um einfache Frakturen des vorderen Beckenrings, die wenig Einfluss auf die Stabilität des Beckens haben (34, 93). Besondere Bedeutung haben jedoch schwere, die Stabilität beeinflussende Beckenverletzungen mit Beteiligung des hinteren Beckenrings. Diese sind meist Folge von Hochrasanztraumen, wie beispielsweise Stürze aus großer Höhe oder Verkehrsunfälle, und treten häufig im Rahmen eines Polytraumas auf (15, 84). Die Letalität, welche von 3,7% bei einfachen Verletzungen (Typ A nach AO) bis 18,9% bei schweren Verletzungen (Typ C) reicht, ist abhängig von der Frakturschwere (17). Häufigste Todesursachen sind dabei pelvine Massenblutungen oder septische Komplikationen (8, 15).

Bei 18-30% der Patienten mit Verletzungen des Beckens finden sich Frakturen des Os sacrum (19, 29). Vor allem wegen der häufig vorliegenden begleitenden Allgemeinverletzungen werden diese oftmals übersehen. Laut Pohlemann liegt die Rate der initial übersehenen Sakrumfrakturen bei 30-60% (66).

Wie bereits oben erwähnt, werden Sakrumfrakturen ätiologisch verursacht durch Hochrasanztraumen im Straßenverkehr, sowie durch Stürze aus großer Höhe. Dabei kommt es entweder zu einem direkten Anprall oder zu einer indirekten Hebelbewegung über den Oberschenkelknochen (67). Die Hochrasanztraumen machen einen Großteil der Verletzungen aus. Ein weitaus größerer Anteil sind aufgrund der demographischen Entwicklung die Verletzungen bei älteren Menschen im Rahmen eines Bagateltraumas oder als Insuffizienzfrakturen. Isolierte Sakrumfrakturen sind dabei mit 11% seltener und treten meist als Ermüdungsfrakturen bei bestehender schwerer Osteoporose oder als Folge maligner Tumore auf (14, 18, 51).

Neben den klinisch relevanten Problemen und Komplikationen, die Sakrumfrakturen im Rahmen instabiler Beckenringverletzungen verursachen können, ist die Sakrumfraktur stets als Wirbelsäulenverletzung mit der Möglichkeit von Nervenschädigungen zu betrachten. Je nach Frakturlokalisation schwankt die Rate an Nervenschäden. So sind laterale Frakturen zwar häufig, führen aber eher selten zu Nervenschäden. Umgekehrt verhält es sich mit den wesentlich seltener vorkommenden zentralen Frakturen, die dann aber in hohem Maße mit Nervenschäden einhergehen (20, 30).

Für die Stabilisierung von Sakrumfrakturen stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Als minimalinvasives Verfahren wurde die perkutane transiliosakrale Schraubenosteosynthese eingeführt. Sie hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Indikationen stellen SI-Gelenk-Sprengungen, Sakrumfrakturen ohne begleitende Nervenschäden, transiliakale/transsakrale Luxationsfrakturen, sowie gering dislozierte Sakrumausbruchfrakturen, die sich jeweils geschlossen anatomisch reponieren lassen, dar (27).

Für den Patienten ist sein persönliches „Outcome“ nach der Frakturversorgung, besonders bezüglich der sozialen und physischen Reintegration in das tägliche Alltagsleben, von enormer Bedeutung. Neben messbaren, objektiven Indikatoren spielt die subjektiv empfundene Lebensqualität eine erhebliche Rolle.

Ziel der hier vorliegenden Studie ist zu untersuchen, ob ein Zusammenhang zwischen der Schraubenlage nach perkutaner transiliosakraler Schraubenosteosynthese und der subjektiven Lebensqualität besteht.

1.2. Anatomie des Beckens

1.2.1. Anatomie des Beckens

Das Becken bildet die Verbindung zwischen den Beinen und dem Rumpf. Es wird von drei Knochen gebildet, den beiden Ossa coxae (Hüftbeinen) und dem Os sacrum (Kreuzbein). Durch die ringförmige Struktur dient das Becken einerseits der Übertragung der Körperlast von der Wirbelsäule auf die Beine, andererseits hat es

aufgrund seiner äußeren Form auch eine mechanische Schutzfunktion für die inneren Organe, die großen Gefäße und Nervenbahnen.

1.2.2. Knöcherne Anteile

Die beiden Ossa coxae bestehen jeweils aus einem Os ilium (Darmbein), Os pubis (Schambein) und Os ischii (Sitzbein). Diese drei Anteile bilden das Acetabulum (Hüftgelenkspfanne).

Am Os ilium unterscheidet man eine großflächige, nach kranial gerichtete Knochenplatte, die Ala ossis ilii (Darmbeinschaukel) und einen massiven Sockel, den Corpus ossis ilii, dessen kaudaler Anteil den oberen Sektor des Acetabulums bildet. Dorsal der Darmbeinschaukel befindet sich die Facies auricularis als Gelenkfläche für das Iliosakralgelenk.

Das Os pubis geht nach ventral in den Ramus superior ossis pubis und Ramus inferior ossis pubis (oberer und unterer Schambeinast) über und trägt die Facies symphysialis zur Verbindung mit dem Os pubis der Gegenseite. Bei der Symphyse handelt es sich um eine Synchondrose. Sie besteht aus einem aus Faserknorpel aufgebauten Discus interpubicus.

Das Os ischii beiteiligt sich mit seinem Corpus ossis ischii am Aufbau der Hüftpfanne und mit dem Ramus ossis ischii an der dorsokaudalen Begrenzung des Foramen obturatum.

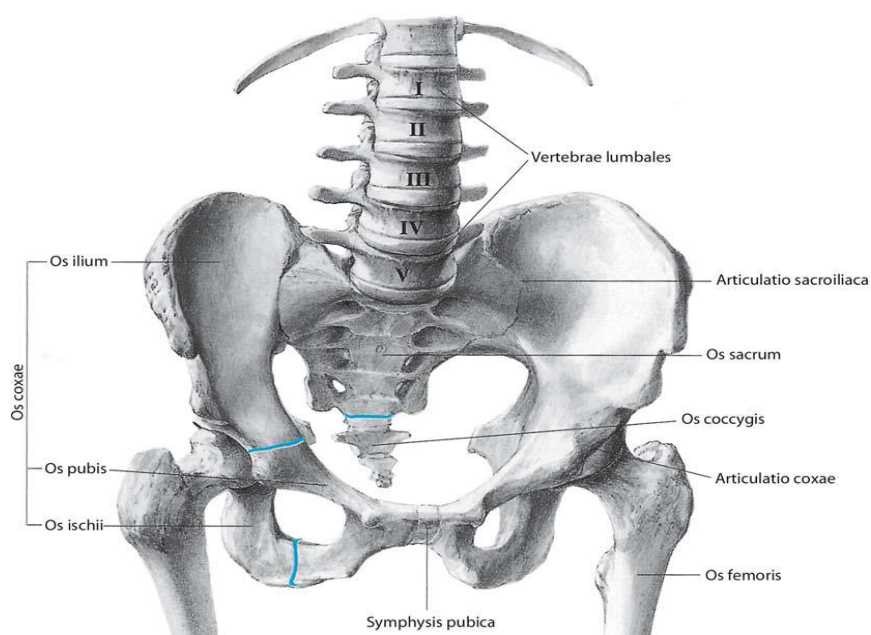


Abb. 1: Becken in der Ansicht von ventral (65)

Das Os sacrum (Kreuzbein) ist die Verbindungsstruktur zwischen Wirbelsäule und Beckenring dar und ist ein wichtiger Stabilisator des knöchernen Beckenrings. Es besteht aus fünf Sakralwirbeln, die bis zum 20. Lebensjahr miteinander verschmelzen und endet schließlich im Os coccygis (Steißbein). Als Fortsetzung des Wirbelkanals enthält das Os sacrum den Canalis sacralis (Sakralkanal). Der Austritt der Nervenwurzeln wird durch die Foramina sacralia pelvina et dorsalia ermöglicht.

Die Basis des Sakrums bildet das obere Ende des Kreuzbeins und die Verbindungsfläche zur über ihr liegenden Zwischenwirbelscheibe. Beidseits lateral begrenzt wird das Os sacrum durch die Massae laterales, wegen ihrer Form auch Alae ossis sacri genannt. Im Bereich der Ala sacralis befindet sich die Facies auricularis, die über die Iliosakralgelenke mit den Darmbeinschaufeln artikuliert. Das Iliosakralgelenk stellt eine Amphiarthrose dar und ist durch kräftige extra- und intraartikuläre Bänder gesichert.

Die rudimentären Procc. spinosi (Dornfortsätze) sind zur verschmolzen zur Crista sacralis mediana. Lateral hiervon befinden sich paarig die Cristae sacralis intermediae.

Das Os sacrum bildet insgesamt eine dreieckige Struktur mit einer Verjüngung von kranial nach kaudal. Im Bereich des 3. Sakralwirbels ändert sich die Orientierung der Sakrumebene von dorso kaudal nach ventro kaudal. Die durchschnittliche Neigung der Basis ossis sacri zur Senkrechten beträgt hierbei recht konstant 47° , wobei die Verlaufsrichtung interindividuell stark variiert (25, 50, 58, 65, 68, 78, 80, 102).

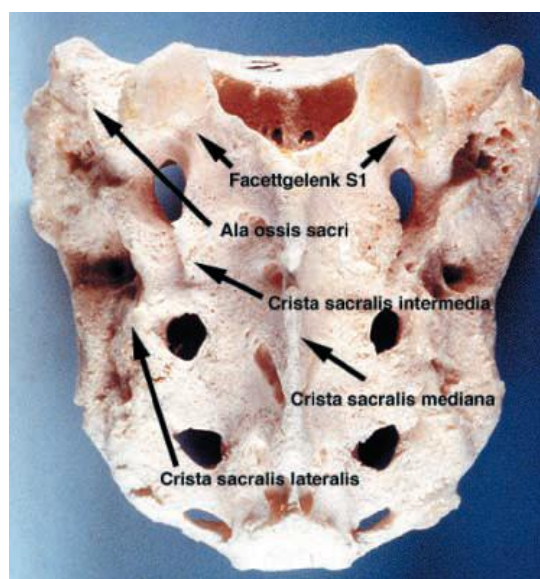


Abb. 2: Anatomie des Os sacrum von dorsal (68)

Von besonderer klinischer Relevanz in Hinblick auf eine transiliosakrale Schraubenosteosynthese ist neben der oben beschriebenen Varianz der Verlaufsrichtung der Basis ossis sacri die Höhe und Breite des Knochenkorridors von S1 und S2. So zeigt Noojin et al (60) für S1 bei einer Auswertung von 13 CT-Schnitten eine durchschnittliche Höhe von nur 27,76mm bei einer durchschnittlichen Breite von 28,05mm.

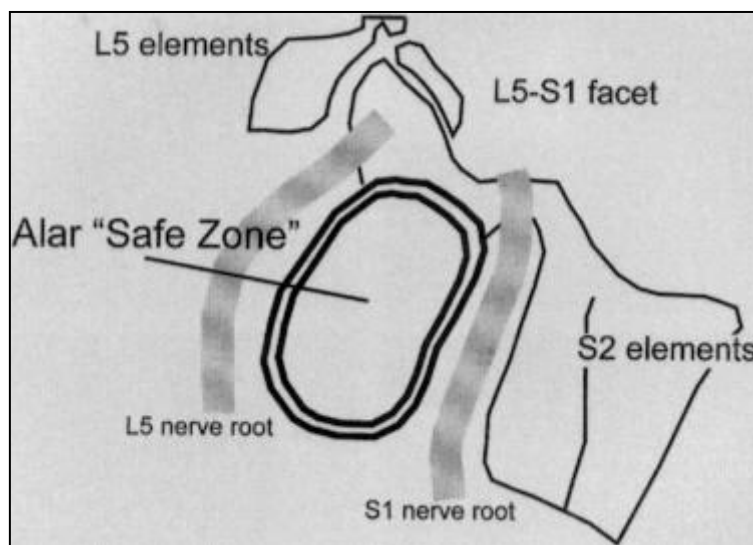


Abb 3: „Safe Zone“ zur sicheren Schraubenimplantation (60)

1.2.3. Ligamentäre Anteile

Um dem Beckenring eine ausreichende Stabilität zu gewährleisten, sind die starken Bandstrukturen von größter Bedeutung. Von der Rückseite des Os sacrum ziehen die kräftigen sakroiliakalen Bänder von den Neuroforamina nach lateral. Hier finden sich die mechanisch hoch relevanten Ligg. sacroiliacae interosseae und die kräftigen Ligg. sacroiliacae dorsales.

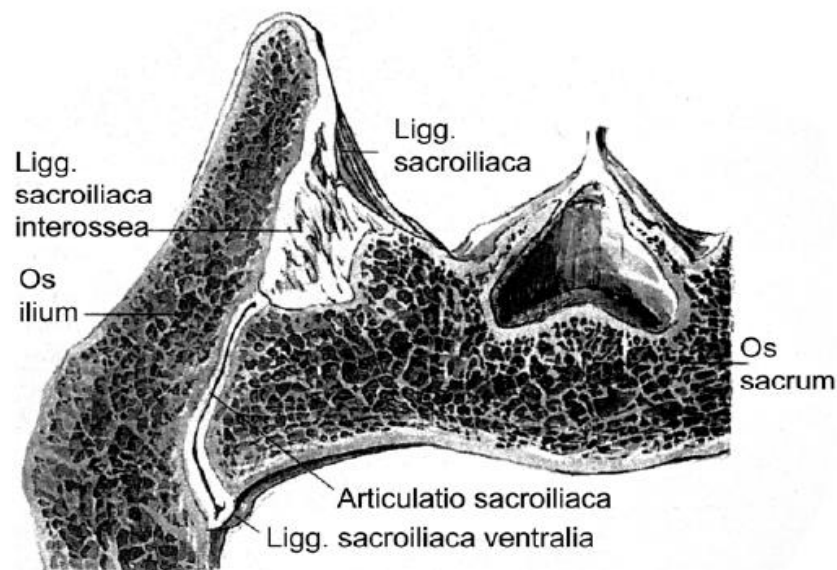


Abb. 4: Bandverbindungen am Iliosakralgelenk (97)

Auf der Rückseite des Sakrums finden sich beidseits das Lig. sacrospinale und das Lig. sacrotuberale. Sie fixieren das Sakrum gegen Rotationen um die Transversalebene.

Nach kranial ziehen das Lig. lumbosacrale und das Lig. iliolumbale zu den Querfortsätzen des 5. Lendenwirbelkörpers.

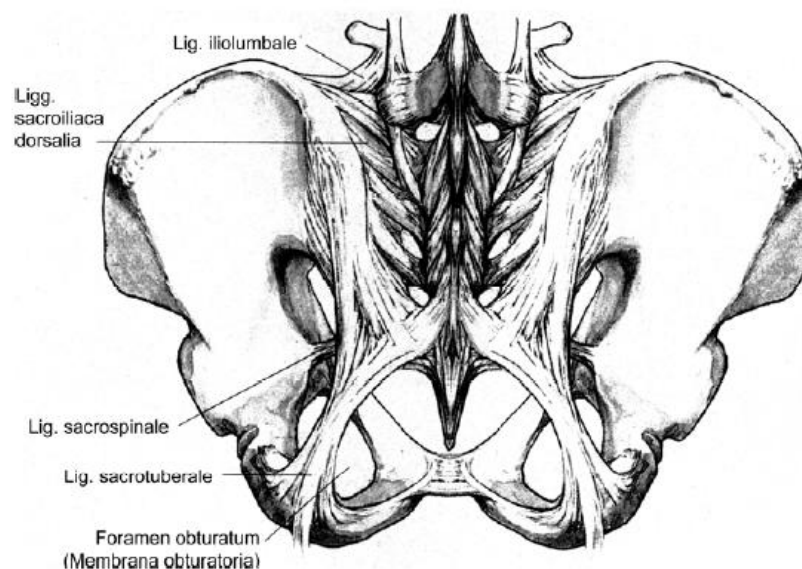


Abb. 5: Dorsale Ligamente des Os sacrum (97)

Die ventrale Fixation und Ergänzung des Iliosakralgelenks erfolgt durch die Ligg. sacroiliaca ventralia.

Wichtige Bedeutung besitzen die straffen dorsalen Bandstrukturen bei der Beurteilung und Differenzierung von Instabilitäten von Beckenverletzungen. Bei stabilen Typ-A- Verletzungen liegt keine Beteiligung der hinteren Beckenringstrukturen vor. Bei den teilstabilen Typ-B-Verletzungen kommt es zu einer Verletzung des vorderen Beckenringes und zum Teil des hinteren Beckenrings. Dabei kommt es zum Zerreißen der Ligg. sacroiliacalia ventralia. Kommt es zu einer kompletten Ruptur der sakroiliakalen Bänder handelt es sich um eine komplett instabile Typ C- Verletzung (16).

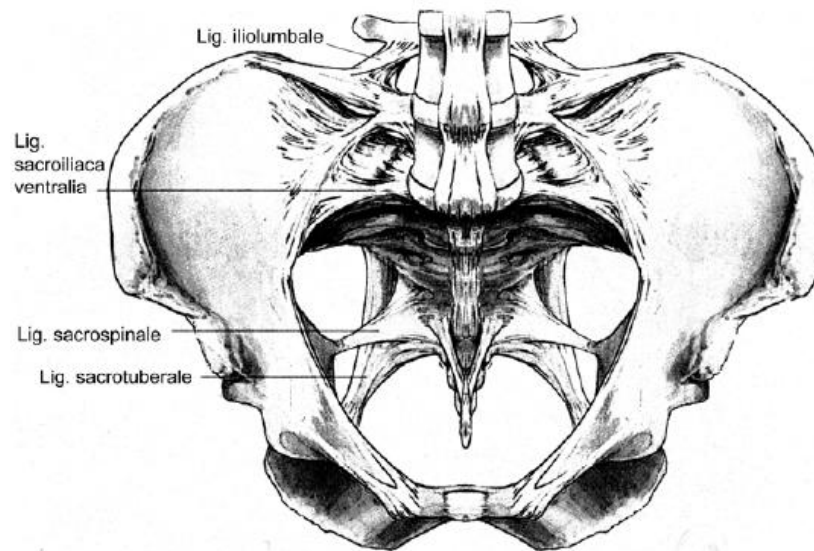


Abb. 6: Ventrale Ligamente des Os sacrum (97)

1.2.4. Nerven

Die den Canalis spinalis im Bereich der Lendenwirbelsäule und des Kreuzbeins verlassenden Spinalnerven vereinigen sich zu einem Plexus. Die Rr. ventrales der Nervenwurzeln Th12-S3 vereinigen sich zum Plexus lumbosacralis, der in einen cranialen Plexus lumbalis von Th12-L4 und einen caudalen Plexus sacralis von L5-S3 unterteilt wird. Der Plexus lumbosacralis liegt dabei weniger als 5 mm unter der Sakrumkortikalis. Er verläuft hauptsächlich ventral der Iliosakralgelenke und besteht aus 3 verschiedenen Anteilen, die sowohl motorische als auch sensible Fasern enthalten:

Plexus lumbalis (Th12-L4): Der Plexus lumbalis zieht zwischen dem dorsalen und ventralen Anteil des M. psoas major nach kaudal. Ihm entspringen der N. iliohypogastricus, N. ilioinguinalis, N. genitofemoralis, N. cutaneus femoris lateralis, N. femoralis und der N. obturatorius. Die größte Bedeutung obliegt dabei dem N. femoralis und dem N. obturatorius.

Plexus sacralis (L4-S4): Ventral des M. piriformis liegt der Plexus sacralis. Ihm entspringen der N. glutealis superior, N. glutealis inferior, N. cutaneus femoris posterior und der N. ischiadicus. Der N. ischiadicus verlässt als größter und wichtigster Nerv durch das Foramen infrapiriforme das Becken. Ebenfalls erwähnenswert ist der N. pudendus (S2-S4), der eine wichtige Funktion für die Regulation der Kontinenz von Stuhl und Harn besitzt.

Plexus coccygeus (S4-S5): Der Plexus coccygeus beinhaltet rein sensible Nerven, die die Haut über dem Steißbein, sowie Teile der Perianalregion innervieren (25, 50, 58, 65, 68, 78, 80, 102).

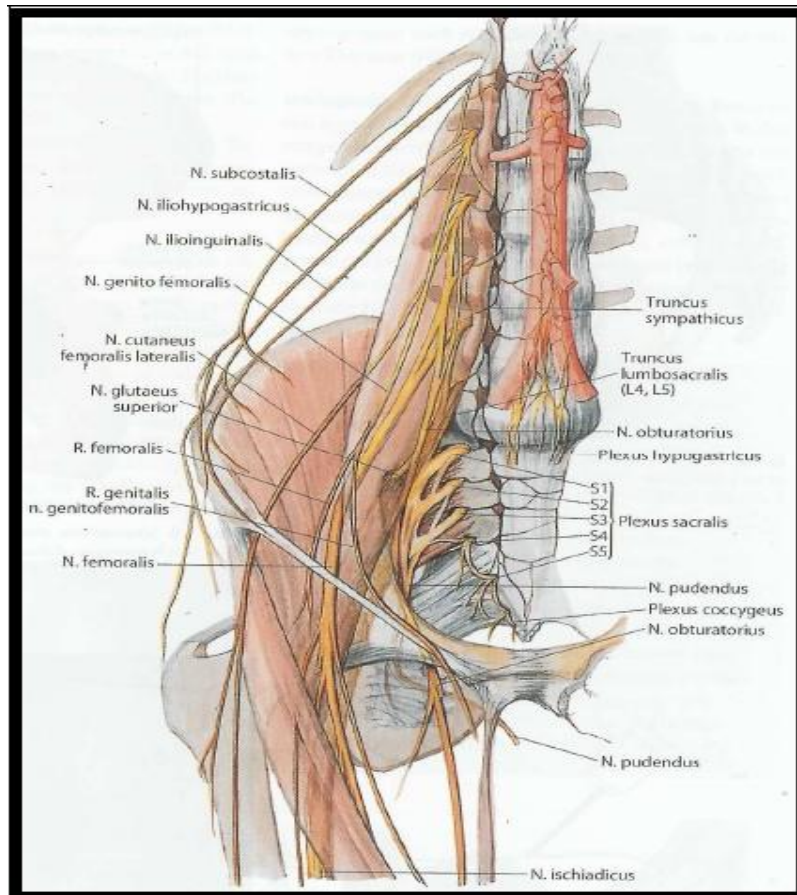


Abb. 7: Plexus lumbosacralis (102)

1.2.5. Gefäße

Neben dem Plexus lumbosacralis weisen auch die A. und V. iliaca interna eine Annäherung an die ventrale Sakrumkortikalis (Abb. 7, 8). Die V. iliaca interna nähert sich hierbei auf weniger als 5mm an. Ebenfalls eine enge Lagebeziehung besteht im Bereich des Promontoriums bei der A. und V. sacralis mediana, sowie beim sympathischen sakralen Nervengeflecht (46, 72, 94).

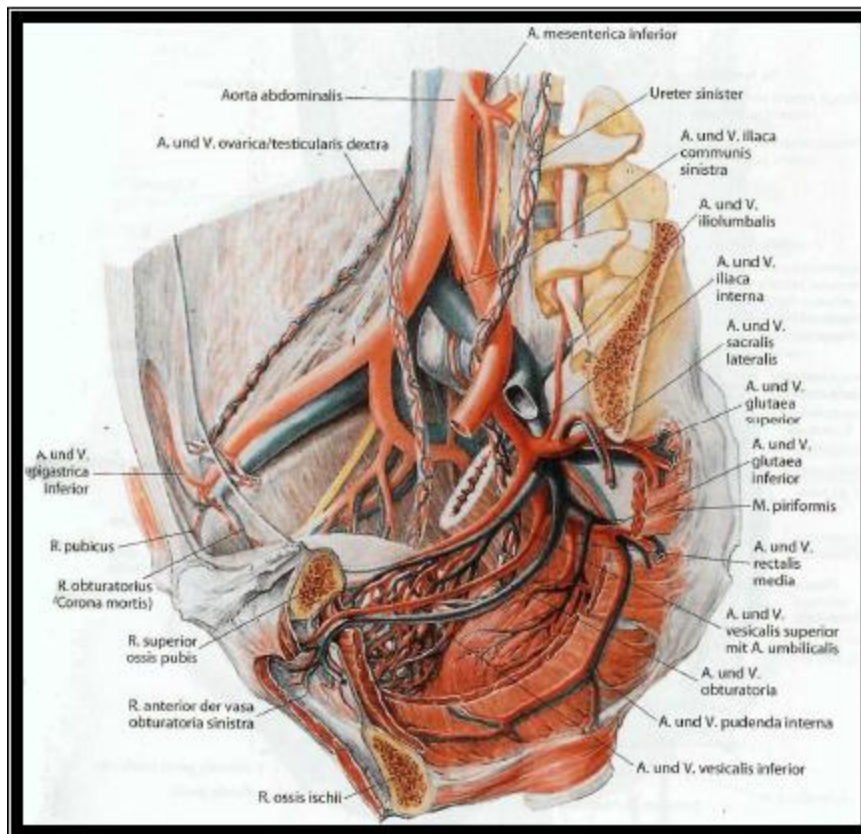


Abb. 8: Arteriell Gefäßsystem des Beckens (102)

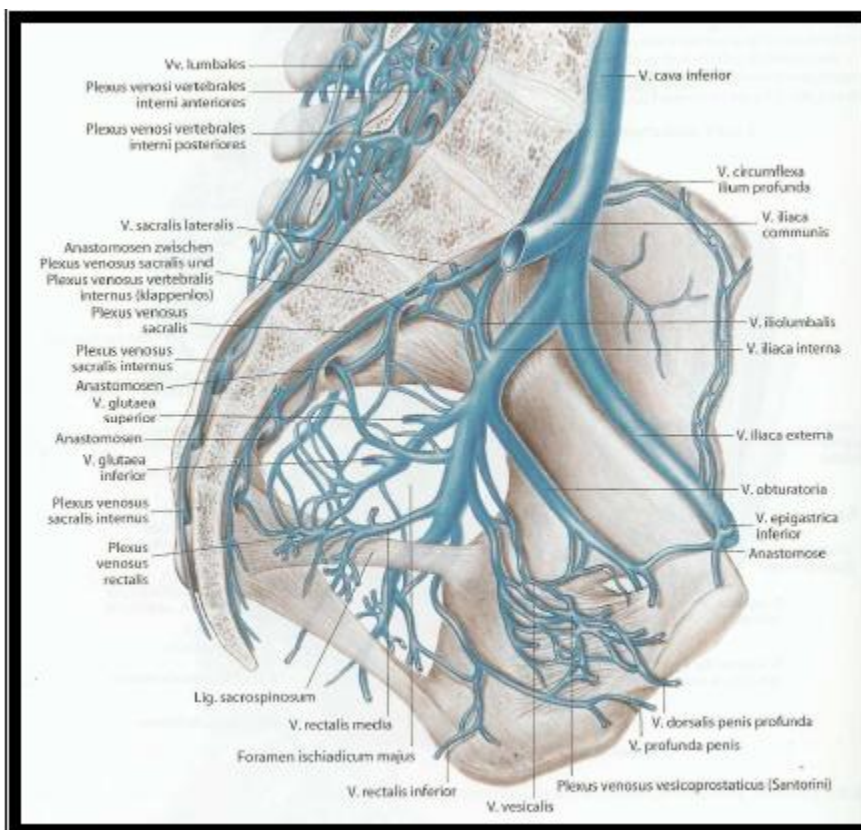


Abb. 9: Venöses Gefäßsystem des Beckens (102)

1.3. Einteilung und Klassifikation der Sakrumfraktur

Als gebräuchlichste Einteilung der Beckenfrakturen hat sich die Klassifikation nach Tile etabliert (91). Grundlage für die unterschiedliche Einteilung stellen dabei der Unfallmechanismus und die Stabilität des Beckens dar. Die Stabilität ist dabei in hohem Maße abhängig von den dorsalen ligamentären Strukturen. Beckenfrakturen werden in drei Typen (A, B, C) unterteilt. Bei Typ-A-Verletzungen bleibt der hintere Beckenring intakt. Diese gelten somit als stabile Frakturen. Hierzu gehören nicht dislozierte vordere Beckenringfrakturen, Frakturen des Beckenrandes sowie Sakrumfrakturen distal der Iliosakralfuge. Typ-B-Frakturen weisen neben einer vorderen Beckenfraktur eine partielle Verletzung des dorsalen Beckenrings (Ruptur der Ligg. sacroiliacale ventralia) auf. Sie zeigen sich zwar vertikal stabil, sind jedoch rotationsinstabil. Komplette instabil stellen sich letztendlich Typ-C-Verletzungen dar. Hierbei kommt es zu einer kompletten Unterbrechung des ventralen und dorsalen Beckenrings mit der Ruptur aller dorsalen Bänder (16, 91).

Medelman (56) teilte 1937 die Sakrumfraktur in drei Frakturtypen ein. Dabei unterschied er zwischen longitudinal, schräg und horizontal verlaufender Fraktur. Die longitudinal verlaufende Fraktur stellte die häufigste Form dar.

Bonnin (7) erfasste bereits 1945 die Komplexität von Sakrumfrakturen. Er unterschied zunächst in zwei Hauptgruppen: Frakturen, die durch direktes Trauma entstanden sind und Frakturen, die durch indirekte Krafteinwirkung hervorgerufen wurden. Innerhalb dieser zwei Hauptgruppen differenzierte er nach dem anatomischen Verlauf der Fraktur.

Wie Bonnin stellte Schmidek et al. (78) 1984 eine Klassifikation vor, bei der zwischen Frakturen, hervorgerufen durch direkte Krafteinwirkung, und Frakturen, hervorgerufen durch indirekte Krafteinwirkung, unterschieden wurde. Kurze Zeit später griffen Sabiston und Wing (76) diese Klassifikation auf, lösten sich aber von der Einteilung in zwei Gruppen und gaben stattdessen eine Korrelation zu den begleitenden Nervenschäden an.

Denis et al. (19) führten 1988 eine bis heute gebräuchliche Klassifikation ein. Diese stützt sich auf eine Analyse von 236 Sakrumfrakturen. Sie teilten das Sakrum aufgrund der beobachteten Nervenschäden anatomisch in folgende drei Zonen ein.

Typ 1: Frakturverlauf durch die Ala sacralis ohne Beteiligung der Neuroforamina oder des Spinalkanals (Zone 1)

Typ 2: Frakturverlauf durch ein oder mehrere Neuroforamina. ohne Beteiligung des Spinalkanals (Zone 2)

Typ 3: Frakturen, die den Spinalkanal betreffen und Querfrakturen (Zone 3)

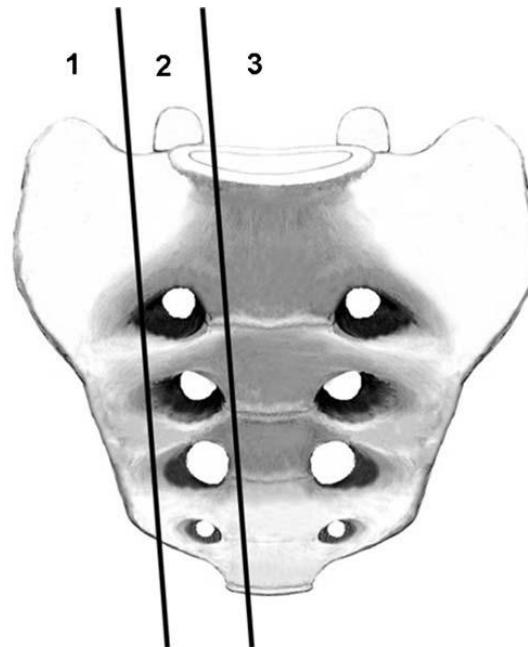


Abb. 10: Klassifikation der Sakrumfraktur nach Denis et. al. (19)

Typ 3-Frakturen wurden von Roy-Camille et al. (75) und in der Erweiterung Strange-Vognsen and Lebech (87) als spinopelvine Ausrissverletzungen weiter klassifiziert. Diese können dabei als „U“- , „H“- , „II“- , „T“- und „Y“-Form auftreten.

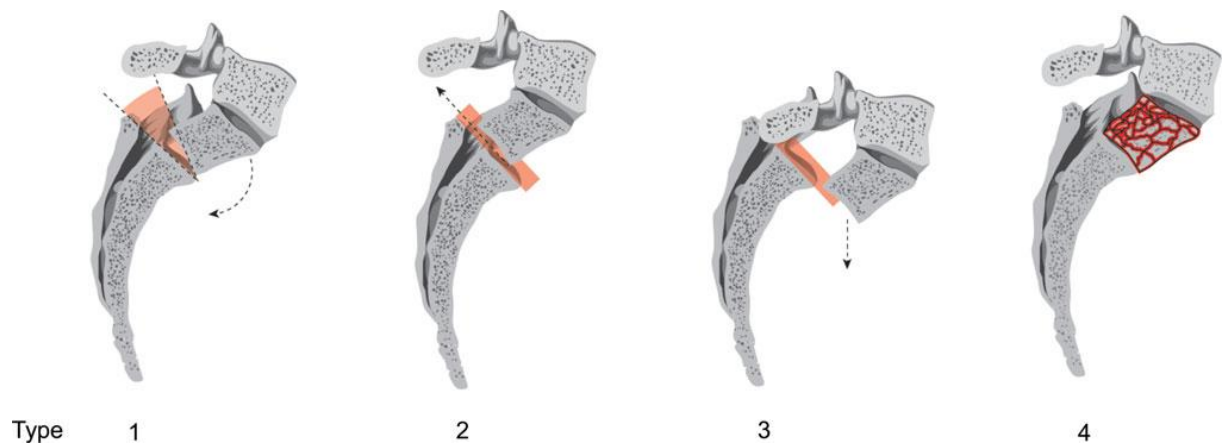


Abb. 11: **1-3** Spinopelvine Ausrissverletzungen nach Roy-Camille et al. (75), **4** Erweiterung nach Strange-Vognsen (47, 87)

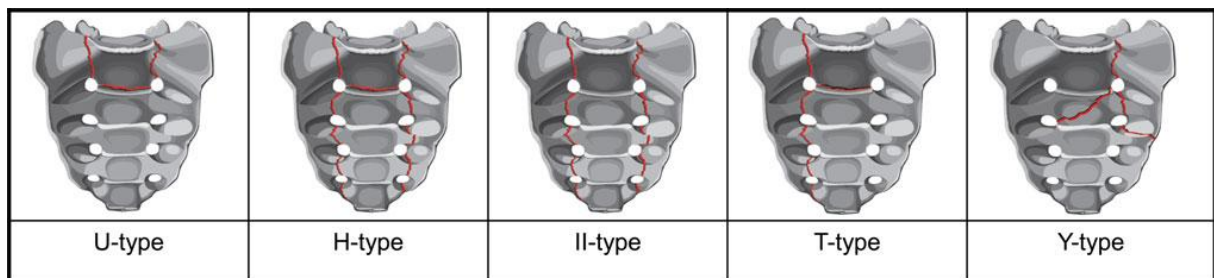


Abb. 12: Formen der spinopelvinen Ausrissverletzung (47)

Das Vorkommen der jeweiligen Sakrumfrakturverläufe ist sehr unterschiedlich. So beschrieben Denis et al. (19) eine Häufigkeit von Typ 1-Frakturen von 50,4%. Transforaminale Frakturen vom Typ 2 wurden in 34% der Fälle beobachtet, Typ 3-Frakturen bildeten den geringsten Anteil mit 15,6%.

Umgekehrt verhält es sich mit neurologischen Komplikationen. Die Rate der beobachteten Ausfälle steigt dabei von Zone 1 bis Zone 3 an. Transalare Frakturen der Zone 1 zeigten in 5,9% der Fälle Schädigungen (hauptsächlich die L5-Wurzel und den N. ischiadicus betreffend), Zone 2 Frakturen in 28,4% der Fälle (hauptsächlich N.ischiadicus assoziiert mit unilateralen L5, S1, S2 Wurzelläsionen) und Zone 3 Frakturen in 56,7% (hauptsächlich Sphinkterstörungen von Harnblase und Anus, sowie Störungen der Sexualfunktion) (19).

Eine weitere Modifikation der Klassifikation erfolgte 1990 von Gibbons et al. (29). Sie behielten die Einteilung des Sakrums in longitudinale Zonen bei, untergliederten jedoch im Unterschied zu Denis et. al. die zentralen Zone 3 Frakturen in vertikale und transversale Frakturen. Auch Gibbons et al. beobachteten ein Ansteigen

neurologischer Komplikationen von Zone 1 (24%), über Zone 2 (29%) bis Zone 3 (58%).

1.4. Diagnostik der Sakrumfraktur

Als erste orientierende Maßnahme zur Diagnosefindung sollte, wenn möglich, eine Unfallanamnese erhoben werden und ein grober Überblick über den Unfallmechanismus gewonnen werden. Dem anschließen sollte sich eine klinische Untersuchung. Auch wenn sich die Diagnostik im Wesentlichen auf die radiologische Bildgebung stützt, können so bereits im Vorfeld Hinweise auf Beckeninstabilitäten gefunden werden. Zur Untersuchung wird der Patient vollkommen entkleidet. Dabei ist bei der Inspektion besonders auf Wunden, Prellmarken und Schürfungen zu achten. Blutaustritte aus Urethra und Rektum können dabei schon früh Hinweise auf schwere Begleitverletzungen geben (65, 68, 102).

Nach der Inspektion erfolgt eine Überprüfung der Stabilität. Klinisch werden dabei vier Grade unterschieden (68):

- **stabiler Beckenring**, sowohl bei a.-p.-Kompression, als auch bei seitlicher Kompression
- **federnde Instabilität** bei a.-p.- und seitlicher Kompression, die keine wesentliche Beeinträchtigung der Stabilität bedeutet
- **ausgeprägte Rotationsinstabilität**, besonders bei a.-p.-Kompression, Auseinanderklappen der Beckenhälften
- **komplette Instabilität** mit einer zum Stammskelett unabhängigen Bewegung einer Beckenhälfte durch Stauchung/ Zug am Bein und Beckenkompression

So früh wie möglich sollten zur Erhebung des Pulsstatus Leisten- und Fußpulse palpiert werden und eine orientierende neurologische Untersuchung erfolgen. Dabei sollten Fußheber und -senker, sowie Kniestrecker, Sensibilität an Unterschenkel, Fußrücken und Fußsohle untersucht werden. Zusätzlich sollten auch der Sphinktertonus und die perianale Sensibilität geprüft werden (68, 102).

Den ersten Schritt der radiologischen Bildgebung stellt die Beckenübersichtsaufnahme im a.p.- Strahlengang dar. Als Standardröntgendiagnostik ist diese bei allen Beckenverletzten und bei allen Polytraumatisierten durchzuführen. Bereits hier kann in 88-94% der Fälle die Diagnose einer Beckenfraktur gestellt werden (23, 102). Angaben über Dislokationen der Fragmente in kraniokaudaler oder in anterior-posteriorer Ebene lassen sich jedoch nicht machen (92, 93, 102).

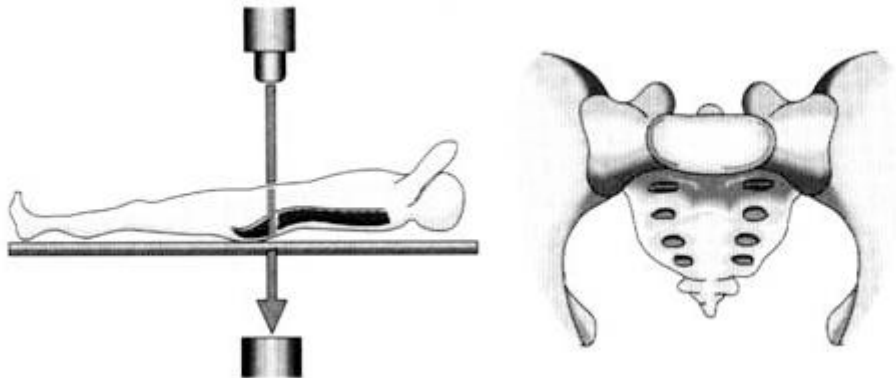


Abb. 13: Beckenübersichtsaufnahme in a.p. (101)

Zur besseren Beurteilung von Frakturverläufen oder bei Nachweis einer Verletzung des dorsalen Beckenrings werden ergänzend Schrägaufnahmen nach Pennel und Tile durchgeführt (64).

Bei der sogenannten Inletaufnahme wird der Röntgenstrahl um 40-60° nach kranial geneigt. Dies ermöglicht eine Beurteilung der Beckeneingangsebene bezüglich Versetzungen des Beckens nach dorsal und ventral.

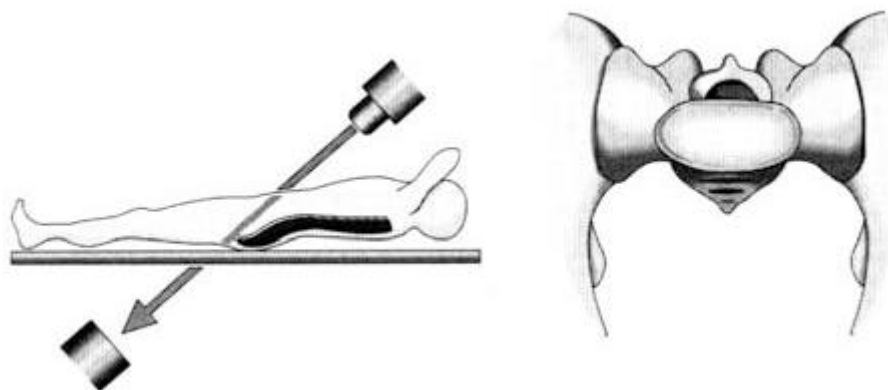


Abb. 14: Inletaufnahme: 40–60° nach kranial geneigter Strahlengang (101)

Die Outletaufnahme erfolgt mit 30-45° kaudal geneigtem Röntgenstrahl und dient der Darstellung von Vertikalverschiebungen. In der Regel ist das ganze Sakrum ohne wesentliche Projektionsfehler zu erkennen, da das Sakrum senkrecht zu seiner Ventralfläche getroffen wird.

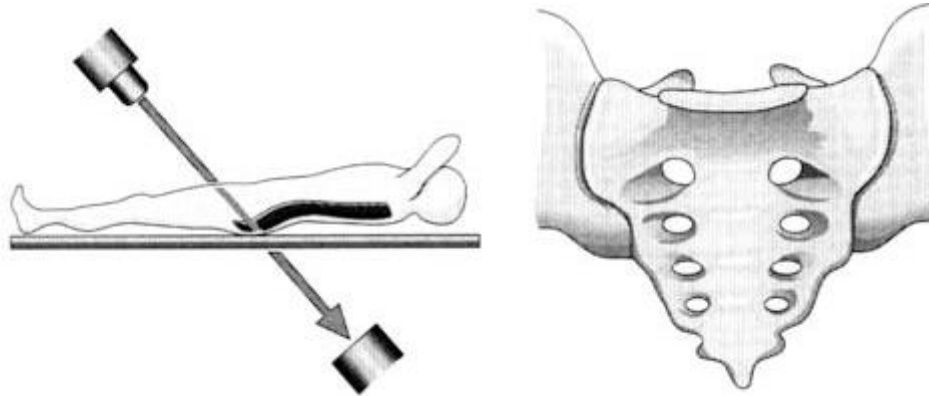


Abb. 15: Outletaufnahme: 40–45° nach kaudal geneigter Strahlengang (101)

Die Einführung von standardisierten intraoperativen Bildwandlereinstellungen zur Durchleuchtung in der Inlet- und Outletprojektion durch Matta u. Saucedo (55) ließ nun eine Schraubenpositionierung bis über die Mittellinie des Sakrums hinweg mit ausreichender Sicherheit zu (95).

In der speziellen Diagnostik der Sakrumfraktur stellen sich diese drei Standardröntgenaufnahmen jedoch problematisch dar. In der Literatur wird die Anzahl der in der Beckenübersicht primär erkennbaren Sakrumfrakturen sehr uneinheitlich angegeben. So schwankt die Rate von 30% (61) bis 61% (39). Montana et al. (59) berichten von 35% primär übersehenen Frakturen, von denen auch nach Zweitdurchsicht nach weiterführender Diagnostik (z.B. CT) 27% nicht nachzuvollziehen waren (59). Insbesondere Überlagerungen von Gasen und Weichteilen beeinträchtigen und erschweren die Beurteilung des Sakrums (37, 45).

In der Detaildiagnostik der Sakrumfraktur stellt die Computertomographie (CT) heutzutage das Standardverfahren dar. Besonders in der Bewertung von Frakturform, Dislokation und Instabilität ist die Computertomographie der konventionellen Röntgendiagnostik deutlich überlegen (37, 71).

Beim Verdacht auf Vorliegen einer Sakrumfraktur sollte die CT- Untersuchung somit möglichst frühzeitig erfolgen, um rasch eine endgültige Diagnose und einen definitiven Behandlungsplan zu erstellen (68).

Besondere diagnostische Probleme stellen Ermüdungsfrakturen aufgrund von Osteoporose, Steroidtherapie, bei Überbeanspruchung durch Leistungssport oder als Folgeerscheinung nach Bestrahlung bei gynäkologischen Tumoren dar (13, 18, 51, 54). Ermüdungsfrakturen entstehen oftmals ohne adäquates, Erinnerungliches Trauma und beschränken sich meist auf Schmerzen im Gesäßbereich. Diese unauffällige Klinik kann zur einer verzögerten Diagnosefindung sowie einer daraus resultierenden verzögerten adäquaten Therapie führen.

Henes et al. (35) zeigte in seiner Studie den zunehmenden Stellenwert der Magnetresonanztomographie (MRT) insbesondere bei der Diagnostik okkultter Beckenfrakturen. So zeigte er eine signifikant höhere Sensitivität bei der Diagnostik von Beckenfrakturen als beim CT. Besonders bei älteren Patienten mit dem klinischen Verdacht einer Sakrumfraktur bei unauffälligem CT sollte sich eine MRT-Untersuchung anschließen.

1.5. Therapieoptionen

Die Therapie der Sakrumfraktur orientiert sich vor allem am Instabilitätsgrad und am Ausmaß der Fragmentdislokation (68).

Der Großteil der Sakrumfrakturen kann konservativ-funktionell behandelt werden. Indikationen dazu stellen nicht die Stabilität beeinflussende Frakturen, undislozierte Frakturen und Frakturen ohne neurologische Schäden dar (31, 68).

Zur operativen Versorgung stehen aktuell verschiedene Verfahrensweisen zur Verfügung. Grundsätzlich ist zu sagen, dass sich die interne Stabilisierung in der langfristigen Frakturversorgung gegen die externe Versorgung durchgesetzt hat. Von klinischer Relevanz sind dabei die Distraktionsspondylodese mit Fixateur externe, die perkutane transiliosakrale Schraubenosteosynthese, Sakralstäbe, lokale Osteosynthesen und quere Platten (16, 26, 40, 41, 66, 74).

Klinisch etabliert hat sich bisher die transiliosakrale Schraubenosteosynthese. Erstmals beschrieben wurde diese Technik 1934 von Lehmann (46) und etwas

später von Meyer-Burgdorf (57). In den 70er Jahren wurde diese Technik von Letournel (49) wieder aufgegriffen. Damals noch offen durchgeführt, verschraubte er das Sakroiliakalgelenk unter digitaler Kontrolle der Reposition.

Als minimalinvasives Verfahren hat zunehmend die von Ebraheim (22) und Duwelius (20) eingeführte perkutane transiliosakrale Schraubenosteosynthese an Bedeutung gewonnen. Es stellte eine sichere Alternative zur offenen Reposition mit anschließender interner Fixation bei instabilen dorsalen Beckenfrakturen dar.

Ein weiterer Fortschritt gelang Matta und Saucedo (55) mit der Einführung von standardisierten Bildwandlereinstellungen in Inlet- und Outletprojektion zur besseren intraoperativen Visualisierung. Durch die Einführung einer weiteren seitlichen Durchleuchtung erhöhte sich die Sicherheit und es konnte eine wesentlich höhere Kontrolle der Schraubenlage erreicht werden.

Die perkutane transiliosakrale Verschraubung erfolgt bei einseitiger Verschraubung in Rückenlage, für beidseitige Verschraubungen bevorzugt in Bauchlage. Nach Überprüfen der optimalen Durchleuchtungsmöglichkeiten erfolgt Bildverstärker (BV) kontrolliert die geschlossene Reposition der Sakrumfraktur. Nun wird zunächst der Eintrittspunkt für den Zieldraht im seitlichen Strahlengang aufgesucht und die korrekte Ausrichtung im Verhältnis zum Neuroforamen S1 und zur ventralen Begrenzung im Bildverstärker kontrolliert. Bei korrekter Lage wird der Zieldraht nun bis in den Wirbelkörper vorgebohrt. Es erfolgt eine weitere Kontrolle der Lage in Inlet- und Outletprojektion. Nach Vorbohren mit einem 5,0mm-Bohrer erfolgt die definitive Schraubenimplantation (5, 27, 48)

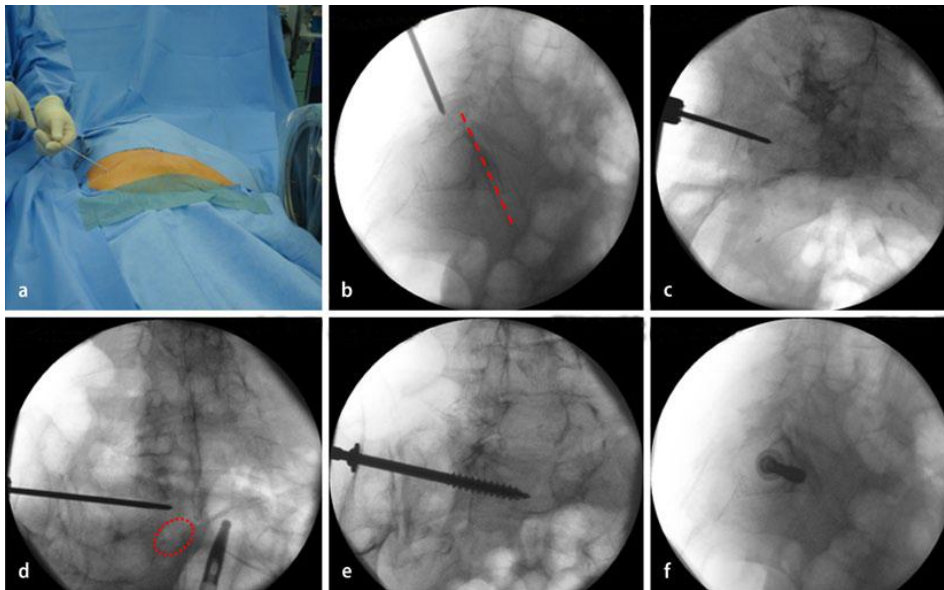


Abb. 16: **a, b** Eintrittspunktbestimmung. **c** Korrekte Lage in Inletprojektion **d** Korrekte Lage in Outletprojektion **e, f** Kontrolle der korrekten Schraubenlage (48)

Studien zeigten, dass die perkutane transiliosakrale Schraubenosteosynthese gegenüber der offenen Frakturversorgung vorteilhaft in Bezug auf Blutverlust, OP-Dauer und postoperative Wundheilungsstörungen ist (73, 80). Trotz der besseren Darstellungsmöglichkeiten zeigten sich jedoch zum Teil schwerwiegende Komplikationen, insbesondere Implantatfehlagen mit konsekutiven neurologischen Schäden (73). Tosounidis et al. (95) stellten heraus, dass durch penibelste Einhaltung von Patientenselektion, ausreichende Möglichkeit eine geschlossene Reposition durchzuführen und zu visualisieren, sowie durch die genaue Einhaltung von OP-Vorbereitung, -planung und Operationstechnik eine perkutane Stabilisierungsmethode zur Verfügung steht, die eine ausreichende Sicherheit bietet. Durch penibelste Einhaltung von Patientenselektion und der ausreichenden Möglichkeit, eine geschlossene Reposition durchzuführen, stellten Tosounidis et al. (95) heraus, dass eine perkutane Stabilisierungsmethode zur Verfügung steht, die eine ausreichende Sicherheit bietet. Dabei sollte weiterhin auf genaue Einhaltung von OP-Vorbereitung, -planung und Operationstechnik geachtet werden.

Für eine noch exaktere operative Versorgung stehen inzwischen Navigationsgeräte zur Verfügung, die beispielsweise eine fluoroskopisch oder computertomographisch gestützte Einbringung von transiliosakralen Schrauben in das Sakrum erlauben

Durch diese Techniken lässt sich die Sicherheit der Schraubenimplantation in das korrekte Zielgebiet erhöhen (3, 17, 84, 85, 86). Briem et. al (10) zeigte ebenfalls, dass sich die Strahlenbelastung für Patient und Personal bei navigiertem Vorgehen im Vergleich zur Verwendung eines Bildverstärkers deutlich verringert. Es zeigte sich ebenfalls kein relevanter Zeitverlust bei Zuhilfenahme der Navigation. Jedoch konnte die Präzision gegenüber der konventionellen Technik nicht erhöht werden. Diese konnte nur durch Verwendung eines 3D-Bildwandlers erhöht werden, jedoch bei deutlich erhöhtem logistischem Aufwand (9).

1.6. Fragestellung

Kern dieser Arbeit ist der Vergleich der Ergebnisse der Lebensqualität von Patienten mit Sakrumfrakturen nach perkutaner transilioskraler Schraubenosteosynthese in der Abteilung für Unfallchirurgie am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf mit den Resultaten in der Literatur. Die diagnostischen Möglichkeiten und Therapiekonzepte unterliegen dem andauernden Fortschritt. Um eine anhaltend hohe Qualität auf dem aktuellen Stand der Medizin zu gewährleisten ist es notwendig, die eigene Vorgehensweise regelmäßig zu hinterfragen und diese gegebenenfalls aktuellen Erkenntnissen anpassen.

Während in der Vergangenheit meist die vollständige anatomische Rekonstruktion und der Verlauf begleitender Nervenschäden als Maß für den Behandlungserfolg gewertet wurden, rückt gegenwärtig die vollständige Restitutio und persönliche Zufriedenheit im Alltag der Patienten immer stärker in den Vordergrund. Aus diesem Grund befasst sich ein Teil dieser Arbeit mit der subjektiven Selbsteinschätzung und der sozialen Reintegration der Patienten und stellt diese in Bezug zum Einfluss der Schraubenlage bzw. der Schraubenfehlage.

Folgendes sollte im Verlauf dieser Arbeit also geklärt werden:

1. Gibt es einen Zusammenhang zwischen den postoperativ evaluierten im CT objektivierbaren Schraubenlagen und der subjektiven Selbsteinschätzung der Lebensqualität der Patienten?
2. Hat die Anzahl der verwendeten Schrauben einen Einfluss auf die Lebensqualität?
3. Gibt es eine Korrelation zwischen dem allgemeinen SF36-Fragebogen und dem beckenspezifischen Majeed Score?

2. Material und Methoden

2.1. Krankengut

Die retrospektive Studie umfasst ein Patientenkollektiv, das im Zeitraum von 2002 bis 2009 in der unfallchirurgischen Klinik des Universitätsklinikums Eppendorf mit der Diagnose einer Sakrumfraktur durch eine perkutane transiliosakrale Schraubenosteosynthese operativ versorgt wurde. Ausschlusskriterien stellten dabei pathologische Frakturen im Rahmen maligner Erkrankungen, Verletzungen verursacht in suizidaler Absicht und Mehrfachverletzungen mit persistierender Funktionseinschränkung im Bereich der unteren Extremität.

2.2. Datenerhebung

Die Datenerhebung der Studie lässt sich in drei Teile gliedern:

1. Erhebung der Daten aus den Krankenakten
2. Auswertung der bildgebenden Verfahren (prä- und postoperative CT-Bilder)
3. Patientenbefragung mittels zwei standardisierter Fragebögen

Im ersten Arbeitsschritt wurden die Krankenakten der Patienten nach folgenden Kriterien ausgewertet:

- Anamnese
- Zeiträume des stationären Aufenthalts (inkl. Zeit: Aufnahme bis OP)
- Einweisungsgrund/ Unfallursache
- Begleitverletzungen
- Neurologischer Status prä-/ postoperativ
- Befunde der bildgebenden Verfahren
- Therapieart, Schraubenanzahl und -länge
- Intraoperative Komplikationen
- Postoperative Infektionen, Wundheilungsstörungen
- Revisionspflichtigkeit

- Postoperative Osteoporoseprophylaxe

2.3. Radiologische Einteilung

Die Analyse der bildgebenden Verfahren umfasste die Frakturklassifikation nach Denis et. al (19) im präoperativ angefertigten CT-Bild, sowie die Beurteilung der Schraubenlage im postoperativen CT-Bild nach eigens entwickeltem Schema.

Die Frakturen wurden nach Denis wie folgt eingeteilt:

Einteilung der Sakrumfrakturen nach Denis	
<u>Typ</u>	<u>Beschreibung</u>
1	transalarer Frakturverlauf (Zone 1)
2	neuroforaminaler Frakturverlauf (Zone 2)
3	zentraler Frakturverlauf (Zone 3)

Abb. 17: Klassifikation der Sakrumfrakturen nach Denis et al. (19)

Unabhängig von der Klassifikation der Sakrumfrakturen nach Denis wurden Iliosakralfugensprengungen als solche erfasst und dokumentiert.

Als nächstes erfolgte im postoperativen CT die Bestimmung der Schraubenlage. Dabei wurde ein Schema entwickelt um die Schraubenlagen optimal zu beschreiben:

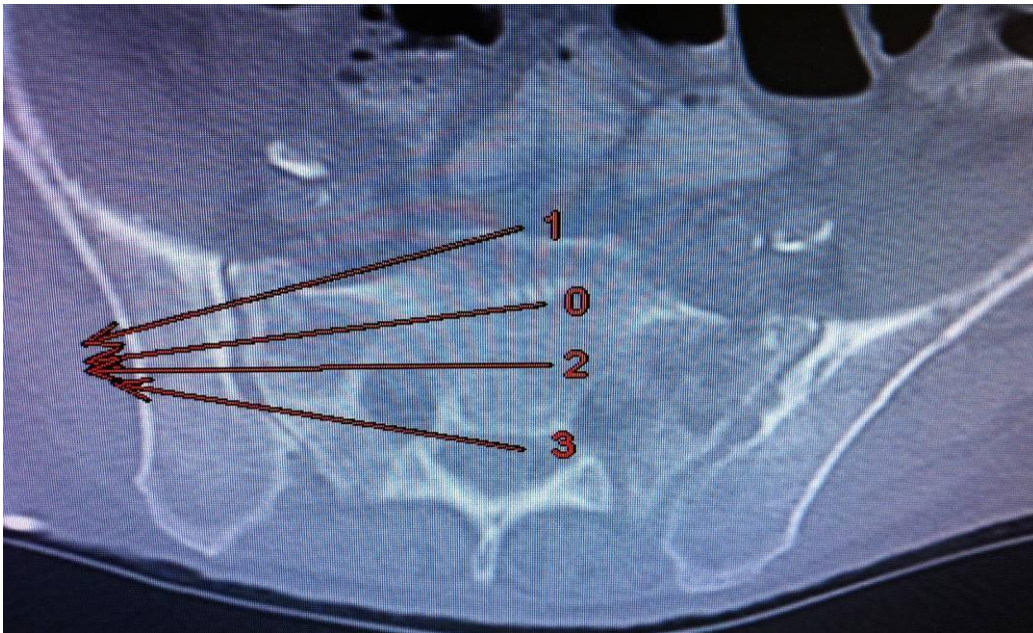


Abb. 18: Eigene Einteilung der möglichen Schraubenlagen im CT

Schraubenlage	
<u>Lagetyp</u>	<u>Beschreibung</u>
0	optimale, komplett intraossäre Lage der Schraube
1	Perforation der ventralen Kortikalis
2	Schraube hat Bezug zum Neuroforamen
3	Schraube hat Bezug zum Spinalkanal

Abb. 19: Einteilung der postoperativen Schraubenlagen

Den dritten Pfeiler der Studie stellt die Patientenbefragung mittels zwei Fragebögen dar, die per Post an die Patienten verschickt wurden.

2.4. Fragebogen zum Allgemeinen Gesundheitszustand SF-36

Der 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36) stellt ein kurzes, krankheitsübergreifendes Messinstrument zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität der Patienten dar. Ursprünglich stammt er aus dem Angloamerikanischen, wird aber heute nach Übersetzung in mehrere Sprachen international verwendet. Mit seiner Hilfe werden anhand von 36 Items in folgenden acht Dimensionen sowohl Bereiche der physischen als auch der psychischen Gesundheit erfasst:

- Körperliche Funktionsfähigkeit
- Körperliche Rollenfunktion
- Körperliche Schmerzen
- Allgemeine Gesundheitswahrnehmung
- Vitalität
- Soziale Funktionsfähigkeit
- Emotionale Rollenfunktion
- Psychisches Wohlbefinden

Für jede einzelne Dimension lässt sich durch Gewichtung und Addition der Zahlenwerte der Items ein Wert zwischen 0 und 100 berechnen, wobei 100 den bestmöglichen Zustand angibt. So können die Subskalen untereinander, mit anderen Kollektiven oder der sogenannten Normpopulation verglichen werden. Übergeordnet lässt sich außerdem der allgemeine Gesundheitszustand bestimmen. Ein Zusatzpunkt bezieht sich auf die Veränderung des Gesundheitszustands im Vergleich zum Jahr davor. Als Kurzform des SF-36 existiert der SF-12-Fragebogen. Er besteht aus 12 der 36 ursprünglichen Items und erfragt ebenfalls alle acht oben genannten Dimensionen.

Das Ergebnis des SF-12 erbringt 80 % der Präzision der SF-36-Version (11, 12).

2.5. Majeed Score - Funktionsfragebogen zum Outcome nach Beckenfrakturen

Zur Evaluation und Beurteilung des klinischen Outcomes nach Sakrumfrakturen wurde der von Majeed et al (53) entwickelte Majeed Pelvic Score verwendet. Mit

diesem soll die subjektive Zufriedenheit mit fünf alltäglichen Items abgefragt werden. Dazu gehören: Schmerz, Arbeiten, Sitzen, Sexualität, Stehen/Gehen. Dieser Fragebogen bietet die Vorteile einer einfachen Handhabung, einer kurzen, verständlichen Evaluation klinischer Kriterien, sowie der ganzheitlichen Betrachtung des Patienten und zeitgleich die Beurteilung beckenspezifischer Aspekte. Dabei stellen über 85 erreichte Punkte ein sehr gutes Ergebnis, 70 bis 84 Punkte ein gutes Ergebnis, 55 bis 69 Punkte ein befriedigendes Ergebnis dar. Unter 55 erreichten Punkten ist das Ergebnis unbefriedigend.

Pain – 30 Points		Standing – 36 Points	
Intense, continuous at rest	0-5	<i>A walking aid (12)</i>	
Intense with activity	10	Bedridden or almost	0-2
Tolerable, but limits activity	15	Wheelchair	4
With moderate activity, abolished by rest	20	Two crutches	6
Mild, intermittend, normal activity	25	Two sticks	8
Slight, occasional or no pain	30	One stick	10
		No sticks	12
Work – 20 Points		<i>B Gait unaided (12)</i>	
No regular work	0-4	Cannot walk or almost	0-2
Light work	8	Shuffling small steps	4
Change of job	12	Gross limp	6
Same job, reduced performance	16	Moderate limp	8
Same job, same performance	20	Slight limp	10
		Normal	12
Sitting – 10 Points		<i>C Walking distance (12)</i>	
Painful	0-4	Bedridden or few meters	0-2
Painful if prolonged or awkward	6	Very limited time and distance	4
Uncomfortable	8	Limited with sticks, difficult without	6
Free	10	prolonged standing possible	
		One hour with a stick, limited without	8
		One hour without sticks, slight pain or limp	10
		Normal for age and general condition	12
Sexual intercourse – 4 Points			
Painful	0-1		
Painful if prolonged or awkward	2		
Uncomfortable	3		
Free	4		

Abb. 20: Majeed Pelvic Score (53)

2.6. Korrelation zwischen Majeed Score und SF-36

Die Zusammenhänge zwischen beiden Fragebögen wurden anhand bivariater Korrelationen nach Pearson überprüft. Dabei handelt es sich um einen Parameter für den Grad des linearen Zusammenhangs. Er kann Werte zwischen -1 und $+1$ annehmen. Bei einem Wert von $+1$ besteht eine vollständig positive, bei einem Wert von -1 eine vollständig negative lineare Korrelation zwischen den beobachteten Merkmalen. Wenn der Korrelationskoeffizient den Wert 0 aufweist, hängen die beiden Merkmale nicht linear voneinander ab (32).

3. Ergebnisse

3.1. Patientenkollektiv

Im Zeitraum von 2002-2009 sind in der unfallchirurgischen Klinik des Universitätsklinikums Eppendorf 143 Patienten mit der Diagnose Sakrumfraktur operativ durch eine perkutane transiliosakrale Schraubenosteosynthese versorgt worden. Nach Analyse der Krankenakten und bildgebender Verfahren schieden aus diesem Kollektiv 42 Patienten wegen unzureichender Datenlage aus. Die verbliebenen 101 Patienten stellten die Grundlage dieser retrospektiven Studie dar.

Von den 101 Patienten waren zum Untersuchungszeitpunkt 24 Patienten verstorben, fünf Patienten waren unbekannt verzogen. Ausgeschlossen von der Befragung mittels Fragebogen wurden sieben Patienten wegen eines Suizidversuchs, drei Patienten wegen Mehrfachverletzungen mit persistierender Funktionsstörung im Bereich der unteren Extremität und ein Patient wegen einer pathologischen Fraktur im Rahmen eines Multiplen Myeloms. Somit konnten 61 Patienten zur Beantwortung der Fragebögen angeschrieben werden. Hiervon beantworteten 55 die ihnen zugesandten Fragebögen, was einer Antwortrate von 90,2% entspricht. Zwei Fragebögen waren dabei aufgrund mangelhafter Bearbeitung nicht zu verwerten.

Zwischen dem Erleiden der Sakrumfraktur und der Befragung mittels Fragebögen lagen zwischen 22 und 96 Monate (Tab.1). Nach durchschnittlich 3,86 Jahren konnte somit aus einem Gesamtkollektiv von 101 Patienten die Lebensqualität von 53 Patienten erhoben werden, was einer Befragungsrate von 53% entspricht.

min.	22 Monate
max.	96 Monate
Mittelwert	46 Monate
Median	44 Monate
Standardabweichung (SD)	20 Monate

Tabelle 1: Follow-up der angeschriebenen Patienten

3.1.1. Geschlechts- und Altersverteilung

Das Gesamtkollektiv aus 101 Patienten setzt sich aus 69 weiblichen und 32 männlichen Patienten zusammen. Daraus ergibt sich ein Verhältnis von männlichen zu weiblichen Patienten von 2,15 (Tab.2).

	weiblich	männlich	gesamt	Verhältnis w/m
Anzahl	69	32	101	2,15
Anteil in Prozent	68,32%	31,68%	100%	/

Tabelle 2: Geschlechtsverteilung der Patienten im Gesamtkollektiv

Der Altersdurchschnitt des Gesamtkollektivs lag bei 58 Jahren, wobei der jüngste Patient zum Unfallzeitpunkt 4 und der älteste 92 Jahre alt war. Der Median liegt bei 60 Jahren. (Mittelwert: 58 Jahre, SD: $\pm 22,83$ Jahre) (Abb.21).

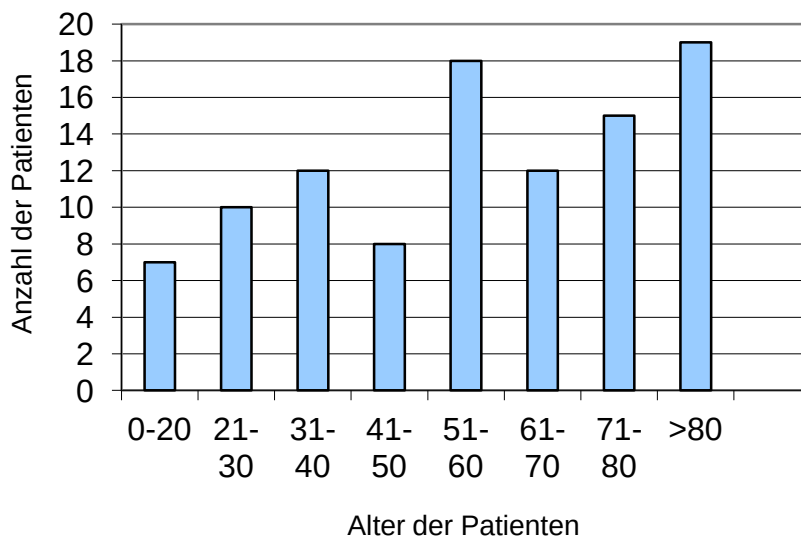


Abbildung 21: Altersverteilung der Patienten im Gesamtkollektiv

In der Gruppe der 61 angeschriebenen Patienten ist der Frauenanteil ähnlich dem des Gesamtkollektivs. 42 Patienten sind weiblich, 19 sind männlich (Tab. 3).

	weiblich	männlich	gesamt	Verhältnis w/m
Anzahl	42	19	61	2,21
Anteil in Prozent	68,85%	31,15%	100%	/

Tabelle 3: Geschlechtsverteilung des angeschriebenen Kollektivs

Der Altersdurchschnitt liegt hier bei 56 Jahren, wobei der jüngste Patient zum Unfallzeitpunkt 4 und der älteste 89 Jahre alt war. Der Median liegt bei 58 Jahren. (Mittelwert: 58 Jahre, SD: $\pm 23,68$ Jahre) (Abb.22).

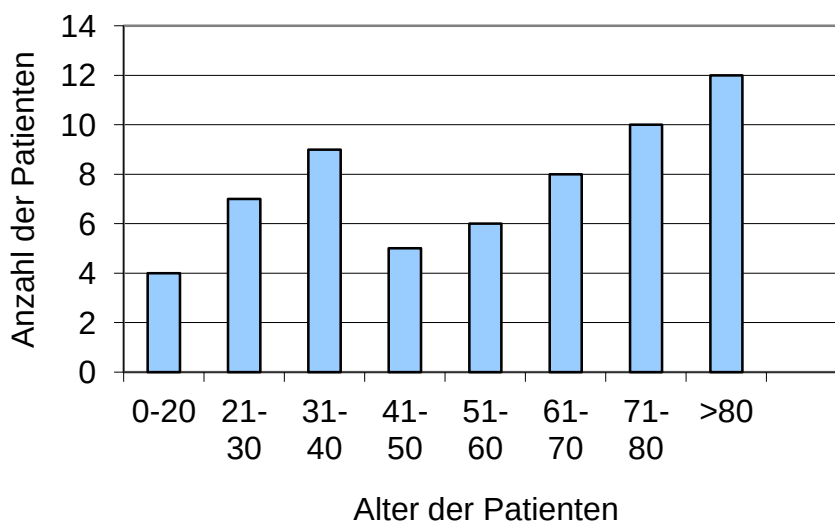


Abbildung 22: Altersverteilung des angeschriebenen Kollektivs

3.1.2. Unfallursachen

Als führende Unfallursache ist eindeutig der Sturz zu erkennen (49% im Gesamtkollektiv, 52% im angeschriebenen Kollektiv), gefolgt von Verkehrsunfällen (34% im Gesamtkollektiv und 38% im angeschriebenen Kollektiv). Zu dieser Gruppe gerechnet wurden Unfälle mit dem Bus, LKW, PKW, Motorrad und Fahrrad, sowie Verkehrsunfälle von Fußgängern. Eine weitere wichtige Unfallursache stellt der versuchte Suizid dar. In 7% der Fälle im Gesamtkollektiv war dies der Fall. Da eine Verletzung hervorgerufen in suizidaler Absicht ein Ausschlusskriterium darstellte, kommt dieser Unfallmechanismus im angeschriebenen Kollektiv nicht vor. In 8% der Fälle im Gesamtkollektiv und im angeschriebenen Kollektiv war keine

stattgefundenes Trauma erinnerlich, bzw. der Unfallmechanismus unklar (Abb.23+24).

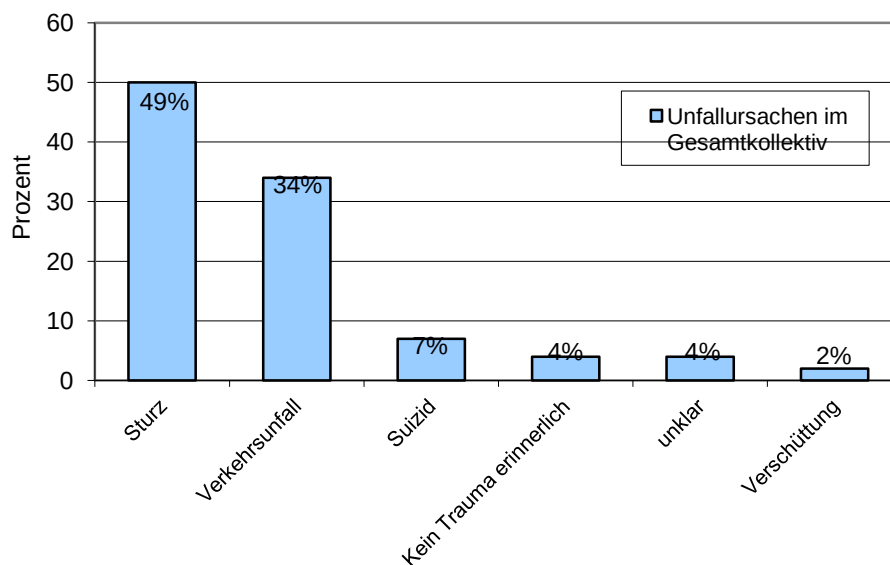


Abbildung 23: Unfallursachen im Gesamtkollektiv

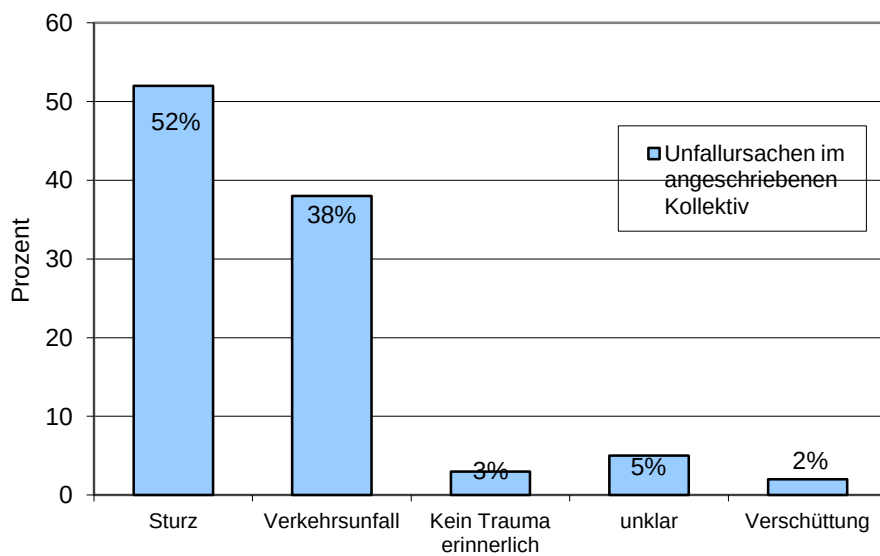


Abbildung 24: Unfallursachen im angeschriebenen Kollektiv

3.1.3. Begleitverletzungen

Mit Ausnahme von 29 Patienten, bei denen die Beckenringfraktur lediglich eine isolierte Verletzung ist, sind 72 Patienten mehrfach verletzt. Der Anteil Mehrfachverletzte am Gesamtkollektiv entspricht somit 71,3%. Im Kollektiv der angeschriebenen Patienten liegt in 14 Fällen eine isolierte Sakrumverletzung vor, 47 Patienten erlitten mehrfache Verletzungen, was einem prozentualen Anteil von 77% entspricht (Tab.4, Abb.25).

Begleitverletzungen	Gesamtkollektiv (n=101)		Kollektiv angeschriebener Patienten (n=61)	
isolierte Sakrumverletzung	29	28,7%	14	23%
Schädel-Hirn-Trauma	29	28,7%	20	32,8%
Thorax	26	25,7%	14	23%
Abdomen	17	16,8%	10	16,4%
Wirbelsäule	33	32,7%	24	39,3%
Obere Extremität	27	26,7%	13	21,3%
Untere Extremität	27	26,7%	16	26,2%

Tabelle 4: Verteilung der Begleitverletzungen im Gesamtkollektiv und im angeschriebenen Kollektiv

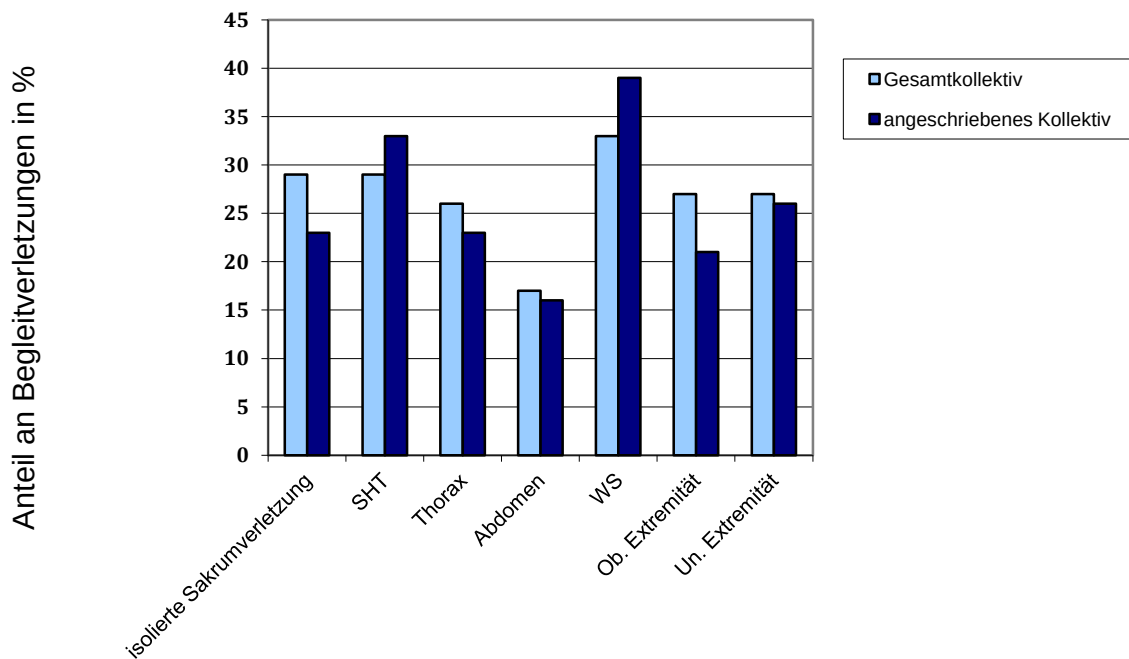


Abbildung 25: Prozentualer Anteil betroffener Körperregionen unter den Begleitverletzungen

3.1.4. Häufigkeit der Sakrumfrakturen nach Frakturtypen

Die Sakrumfrakturen wurden nach Denis et al. klassifiziert (19). Im Gesamtkollektiv lagen bei 101 Patienten 130 Frakturen vor. Dabei erlitten 72 Patienten eine einseitige Sakrumfraktur (71%), 29 Patienten eine beidseitige Fraktur (29%). Dabei waren 74 Verletzungen als Typ 1-, 40 als Typ 2- und sechs Verletzungen als Typ 3-Frakturen einzustufen. In zehn Fällen lag eine IS-Fugensprengung vor (Tab.5+6, Abb.26+27).

	Anzahl	Prozent
Typ 1	74	56%
Typ 2	40	31%
Typ 3	6	5%
IS-Fugensprengungen	10	8%

Tabelle 5: Frakturklassifikation im Gesamtkollektiv

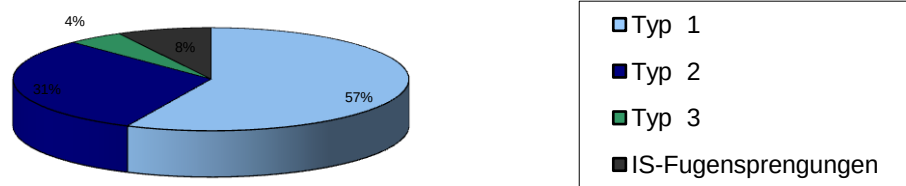


Abbildung 26: Frakturklassifikation im Gesamtkollektiv

Im angeschriebenen Kollektiv lagen dagegen bei 61 Patienten 81 Sakrumfrakturen vor, 41 Patienten erlitten einseitige (67%), 20 Patienten beidseitige Frakturen (33%). Typ 1-Verletzungen traten hier in 46, Typ 2-Verletzungen in 24 und Typ 3-Verletzungen in vier Fällen auf. Als IS-Fugensprengungen waren hier sieben Verletzungen einzustufen.

	Anzahl	Prozent
Typ 1	46	56%
Typ 2	24	30%
Typ 3	4	5%
IS-Fugensprengungen	7	9%

Tabelle 6: Frakturklassifikation im angeschriebenen Kollektiv

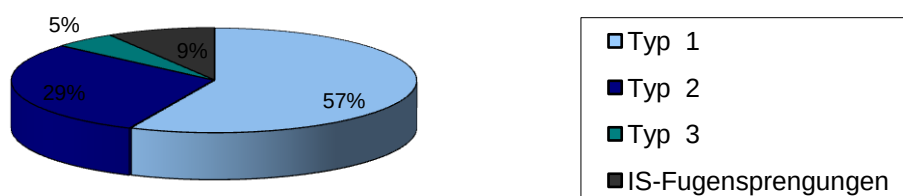


Abbildung 27: Frakturklassifikation im angeschriebenen Kollektiv

3.1.5. Operative Versorgung, Klinikaufenthalt und Komplikationen

Die operative Versorgung der Sakrumfraktur mittels perkutaner transiliosakraler Schraubenosteosynthese erfolgte durchschnittlich nach 6,8 Tagen (SD: $\pm 2,8$ Tage). Das Minimum lag dabei bei 0, das Maximum bei 76 Tagen.

In 28 Fällen wurde zusätzlich zur Verschraubung eine Stabilisation des vorderen Beckenrings durchgeführt (27,8%) (Tab.7). Diese erfolgte in 21 Fällen durch einen Fixateur externe, in fünf Fällen durch eine offene Symphysenverplattung und in zwei Fällen erfolgte eine Kombination aus Fixateur externe und Symphysenplatte.

	Anzahl	Prozent
Fixateur externe	21	20,8%
Symphysenplatte	5	5%
Fixateur ext. + Symphysenplatte	2	2%

Tabelle 7: Zusätzliche ventrale Versorgung des Beckens

Zur Versorgung der 130 Sakrumfrakturen der 101 Patienten des Gesamtkollektivs wurden 143 Schrauben verwendet. Dabei wurden in 99 Fällen einheitlich 7,3mm dicke, kanülierte Spongiosaschrauben mit 16mm Gewindelänge verwendet. Bei einer 15-jährigen Patientin wurden 6,5mm durchmessende Schrauben (16mm-Gewinde), bei einem 4-Jährigen wurden 4,0mm dicke Schrauben (12mm-Gewinde) verwendet. Bei 73 Patienten erfolgte eine einseitige perkutane transiliosakrale Schraubenosteosynthese zur Frakturversorgung, wobei bei sieben Patienten (9,6%) mehr als eine Schraube verwendet wurde. Bei 28 Patienten wurde eine beidseitige ISG-Verschraubung durchgeführt, in vier Fällen (14,3%) mit mehr als zwei Schrauben.

Intraoperative Komplikationen traten in einem Fall auf (1%). Dabei kam es nach Beginn der Operation in Rückenlage aufgrund der vorliegenden Anatomie zu Problemen bei der Platzierung des Führungsdrahtes im Os sacrum, sodass die Operation nach intraoperativem Umlagern in Bauchlage fortgesetzt wurde.

Postoperative Komplikationen waren bei sieben Patienten (6,9%) zu beobachten. Dabei kam es bei zwei Patienten zu Wundheilungsstörungen im Operationsgebiet. Eine operative Sanierung erfolgte sechs Tage bzw. 18 Tage postoperativ.

In drei Fällen zeigte sich in den radiologischen Kontrolluntersuchungen eine Implantatlockerung. In einem Fall entschloss man sich, die Schraube zu entfernen und eine Reosteosynthese vorzunehmen. In einem weiteren Fall wurde die Osteosyntheseschraube nachgezogen, der letzte Fall war nicht revisionspflichtig.

In einem Fall kam es postoperativ zu einer tiefen Beinvenenthrombose (TVT), in einem anderen Fall erlitt die Patientin einen Tag postoperativ einen Mesenterialinfarkt.

Implantatversagen und implantatbedingte Gefäß-Nerven-Läsionen waren nicht zu beobachten. Die Letalität in diesem Kollektiv lag bei 0% (Tab. 8).

	Anzahl	Prozent
Exitus letalis	0	0%
Wundheilungsstörungen	2	2%
TVT	1	1%
Mesenterialinfarkt	1	1%
Implantatlockerungen	3	3%
Implantatversagen	0	0%
Implantatbedingte Gefäß-Nerven-Läsionen	0	0%

Tabelle 8: Postoperative Komplikationen

Die Patienten des Gesamtkollektivs hielten sich durchschnittlich 28 Tage im Universitätsklinikum Eppendorf auf. Hierbei dauerte der kürzeste Aufenthalt sieben Tage und der längste mit 180 Tagen etwa sechs Monate. Der Median ließ sich bei 29 Tagen bei einer Standardabweichung von 15 ermitteln.

3.2. Radiologische Ergebnisse

Die unmittelbar postoperativ angefertigten computertomographischen Aufnahmen der Patienten des Gesamtkollektivs wurden analysiert. Die Bestimmung der Schraubenlage erfolgte nach einem selbst entwickelten Schema.

Es zeigte sich, dass von 143 eingebrachten Schrauben 116 in Schraubenlage 0 (Abb. 29a) lagen. 81,11% der Schrauben zeigten sich also eine optimale, korrekte Lage. Eine ventrale Perforation des Kortikalis (Schraubenlage 1, Abb. 29b) zeigte sich bei sieben Schrauben (4,9%). Bei 20 Schrauben (13,99%) lag ein Bezug zum Neuroforamen vor (Abb. 29c). Schraubenlage 3 zeigte sich in keinem der Fälle. Zusammenfassend ist also zu sagen, dass 81,11% der Schrauben eine korrekte Lage vorwiesen, 18,89% der Schrauben zeigten eine Fehllage (Tab. 9, Abb. 28).

Schraubenlage	Anzahl	Prozent
0	116	81,11%
1	7	4,9%
2	20	13,99%
3	-	-

Tabelle 9: Radiologisch analysierte Schraubenlage

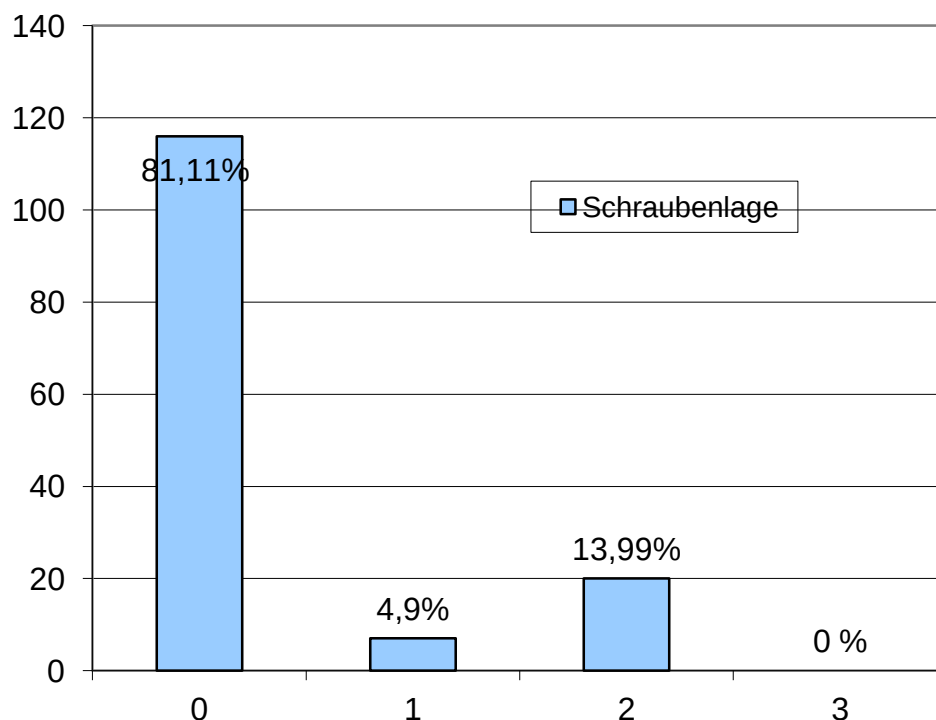
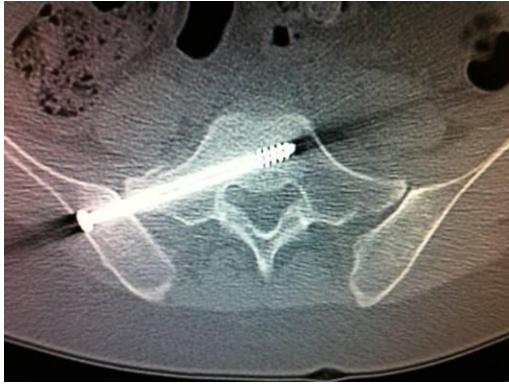


Abbildung 28: Anzahl der unterschiedlichen Schraubenlagen



a) Schraubenlage 0



b) Schraubenlage 1



c) Schraubenlage 2

Abbildung 29 a-c: Beispiele zur Schraubenlage aus dem Patientenkollektiv

3.3. Ergebnisse der Fragebogenauswertung

Abgeschlossen wurde die Patientenbefragung im Juli 2011. Aus dem Gesamtkollektiv konnten 61 Patienten (60,4%) befragt werden. Aus dieser Gruppe haben 55 (90,2%) die Fragebögen zurückgesendet, 2 Fragebögen waren aufgrund unvollständiger Bearbeitung nicht auszuwerten.

3.3.1. Fragebogen zum Allgemeinen Gesundheitszustand SF-36

Der Fragebogen wurde von 53 Patienten in einem durchschnittlichen Follow up von 46 Monaten beantwortet, das entspricht einem Gesamtrücklauf von 86,9%.

Bei unseren Patienten ergab sich für die Dimension der körperlichen Funktionsfähigkeit (KÖFU) im Mittel ein Punktwert von 59,81, für die körperliche

Rollenfunktion (KÖRO) ein Wert von 45,75 und für die körperlichen Schmerzen (SCHM) ein Wert von 62,36. Für die Dimension der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung (AGES) wurde durchschnittlich ein Wert von 58,11 ermittelt. Errechnet wurde für die Vitalität (VITA) ein Punktwert von durchschnittlich 53,40, für die soziale Funktionsfähigkeit (SOFU) ein Mittelwert von 72,64 und für die emotionale Rollenfunktion (EMRO) ein Wert von 60,38 Punkten. Das psychische Wohlbefinden (PSYC) lag bei durchschnittlich 68,53 Punkten. Somit ergaben sich für die körperliche Summenskala ein durchschnittlicher Punktwert von 40,15 und für die psychische Summenskala ein Punktwert von 47,8. Die im Rahmen unserer Studie berechneten Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen und Graphen im Detail aufgeführt im Vergleich zur deutschen Normstichprobe für die Altersgruppe von 51-60 Jahren.

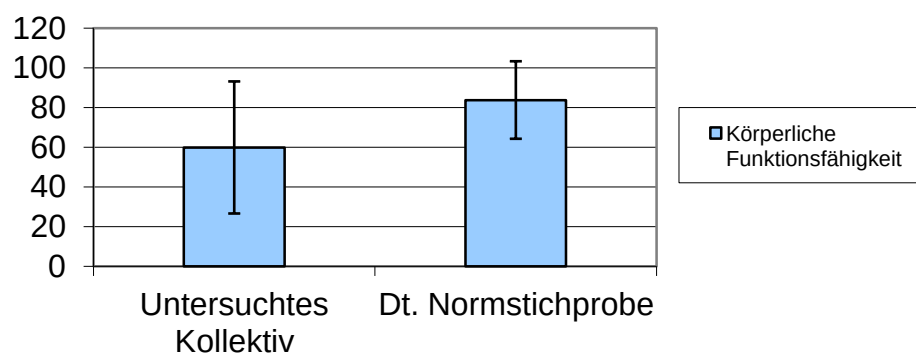


Abbildung 30: Körperliche Funktionsfähigkeit

	Mittelwert	Standardabweichung	p-Wert
Untersuchtes Kollektiv (N=53)	59,81	33,27	<0,001
Dt. Normstichprobe 51-60 Jahre	83,71	19,53	

Tabelle 11: Körperliche Funktionsfähigkeit

Bei der körperlichen Funktionsfähigkeit zeigt sich für Patienten mit perkutaner transiliosakraler Schraubenosteosynthese bei Sakrumfraktur im Vergleich zur deutschen Normstichprobe eine signifikante Verringerung ($p < 0,001$).

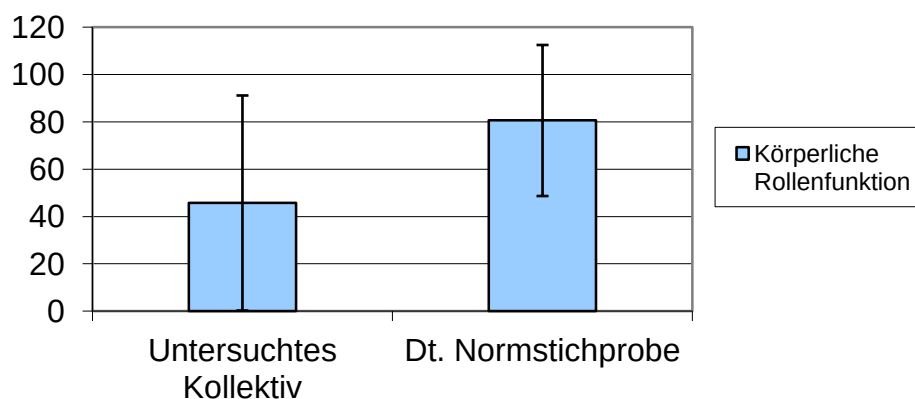


Abbildung 31: Körperliche Rollenfunktion

	Mittelwert	Standardabweichung	p-Wert
Untersuchtes Kollektiv (N=53)	45,75	45,4	<0,001
Dt. Normstichprobe 51-60 Jahre	80,59	31,89	

Tabelle 12: Körperliche Rollenfunktion

Bei der körperlichen Rollenfunktion zeigt sich ebenfalls eine signifikante Verringerung ($p < 0,001$) der Ergebnisse der Patienten des untersuchten Kollektivs im Vergleich zur altersentsprechenden deutschen Normstichprobe.

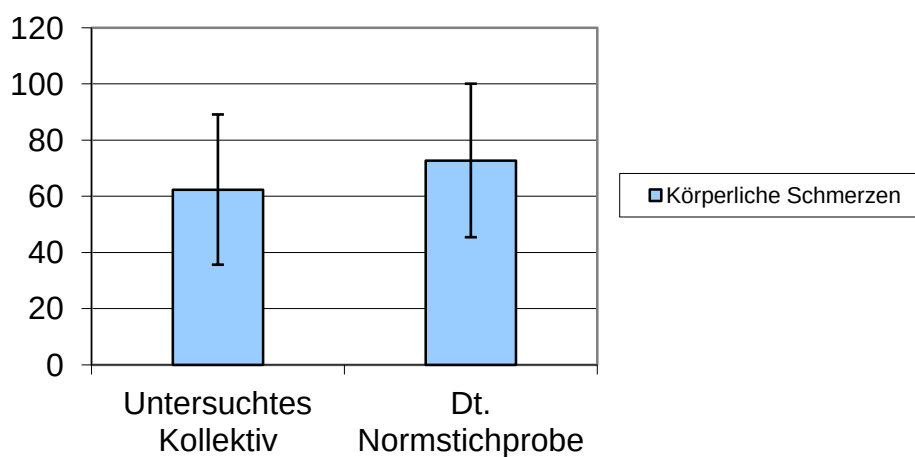


Abbildung 32: Körperliche Schmerzen

	Mittelwert	Standardabweichung	p-Wert
Untersuchtes Kollektiv (N=53)	62,36	26,75	0,007
Dt. Normstichprobe 51-60 Jahre	72,73	27,33	

Tabelle 13: körperliche Schmerzen

Es zeigt sich ebenfalls eine signifikante Erhöhung ($p=0,007$) körperlicher Schmerzen im untersuchten Kollektiv im Vergleich zur deutschen Normstichprobe.

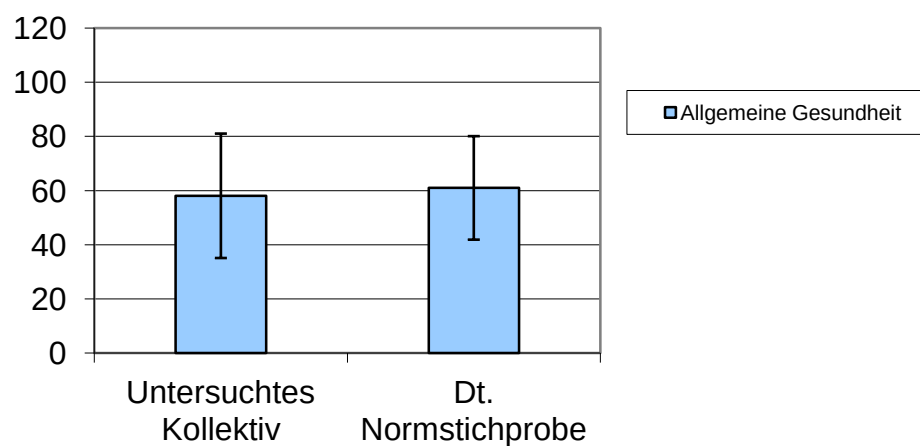


Abbildung 33: Allgemeine Gesundheit

	Mittelwert	Standardabweichung	p-Wert
Untersuchtes Kollektiv (N=53)	58,11	22,98	0,360
Dt. Normstichprobe 51-60 Jahre	61,03	19,12	

Tabelle 13: Allgemeine Gesundheit

Bei der Allgemeinen Gesundheit sind im Vergleich beider Populationen keine signifikanten Unterschiede zu erkennen ($p=0,360$).

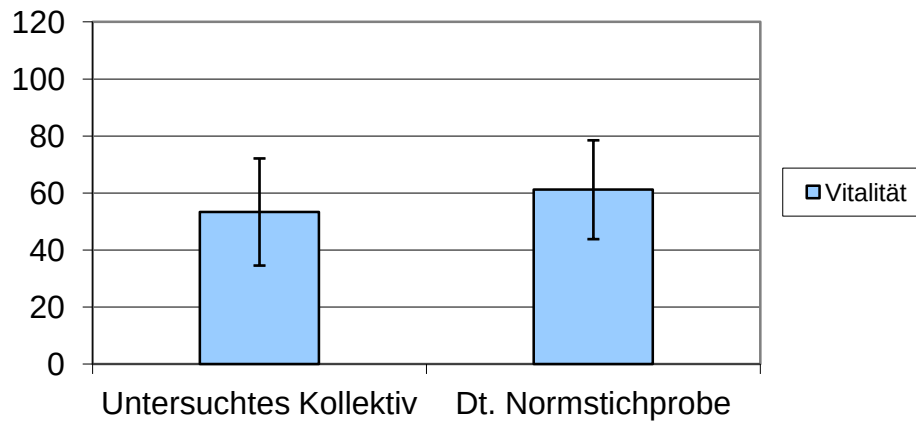


Abbildung 34: Vitalität

	Mittelwert	Standardabweichung	p-Wert
Untersuchtes Kollektiv (N=53)	53,40	18,78	0,004
Dt. Normstichprobe 51-60 Jahre	61,21	17,33	

Tabelle 15: Vitalität

Für die untersuchte Dimension Vitalität ergab sich wiederum eine signifikante Verringerung im untersuchten Kollektiv ($p=0,004$).

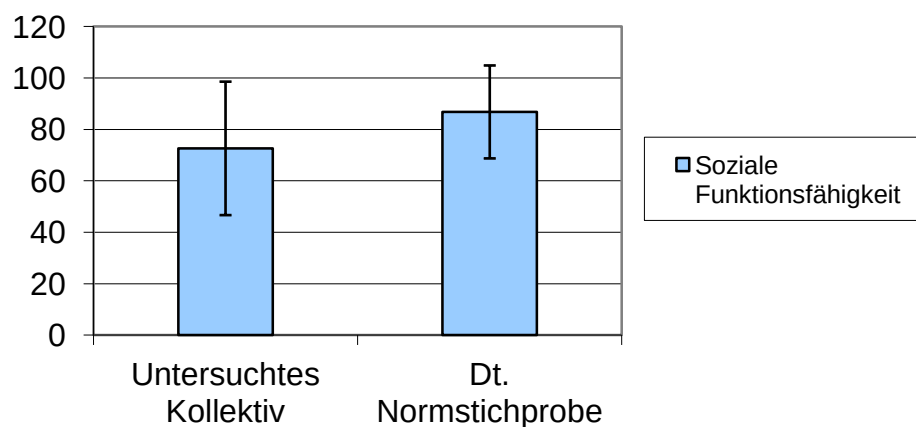


Abbildung 35: Soziale Funktionsfähigkeit

	Mittelwert	Standardabweichung	p-Wert
Untersuchtes Kollektiv (N=53)	72,64	25,95	<0,001
Dt. Normstichprobe 51-60 Jahre	86,81	18,07	

Tabelle 16: Soziale Funktionsfähigkeit

Ebenfalls bei der sozialen Funktionsfähigkeit zeigt sich eine signifikante Verringerung ($p<0,001$) beim nachuntersuchten Kollektiv im Vergleich zur deutschen Normstichprobe.

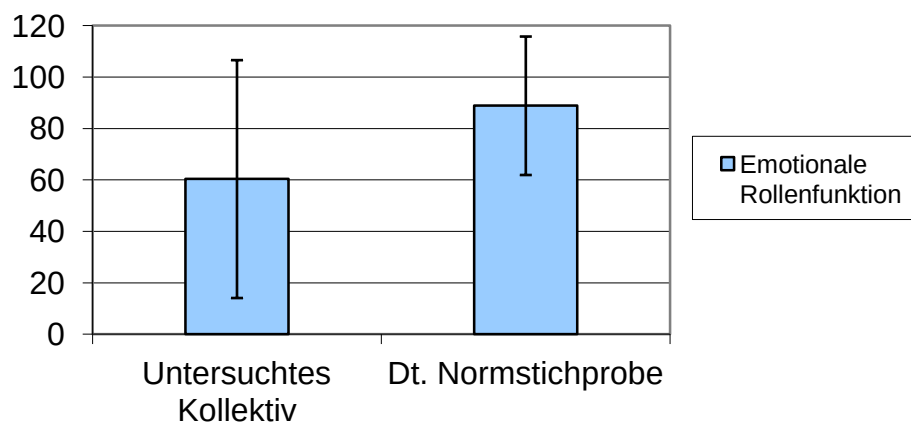


Abbildung 36: Emotionale Rollenfunktion

	Mittelwert	Standardabweichung	p-Wert
Untersuchtes Kollektiv (N=53)	60,38	46,25	<0,001
Dt. Normstichprobe 51-60 Jahre	88,89	26,92	

Tabelle 17: Emotionale Rollenfunktion

Auch die Dimension der emotionalen Rollenfunktion stellt sich im untersuchten Kollektiv im Vergleich zur deutschen Normpopulation signifikant verringert dar ($p<0,001$).

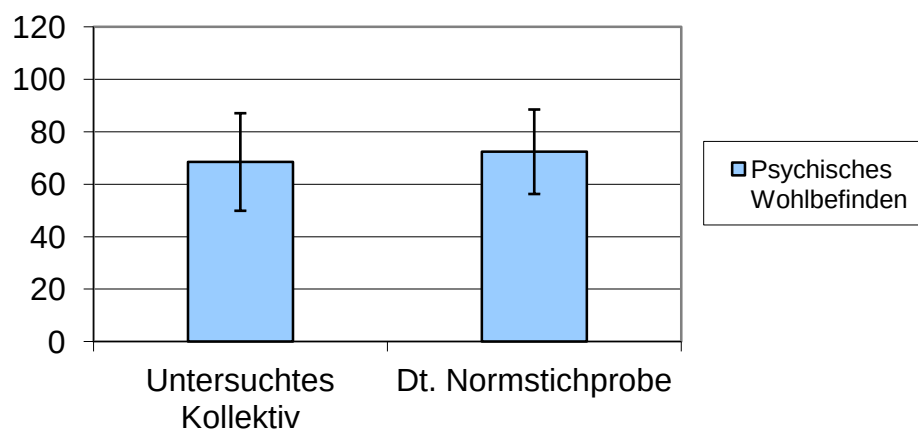


Abbildung 37: Psychisches Wohlbefinden

	Mittelwert	Standardabweichung	p-Wert
Untersuchtes Kollektiv (N=53)	68,53	18,60	0,132
Dt. Normstichprobe 51-60 Jahre	72,44	16,11	

Tabelle 18: Psychisches Wohlbefinden

Keine signifikanten Unterschiede ($p=0,132$) lassen sich für das psychische Wohlbefinden erkennen.

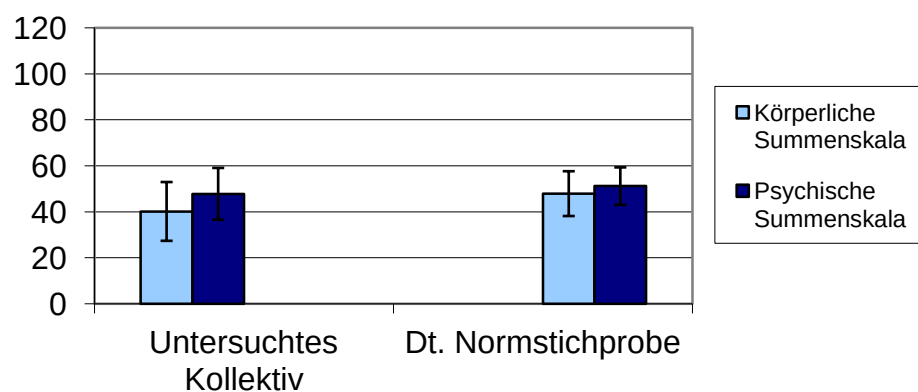


Abbildung 38: Körperliche - und psychische Summenskala

	Mittelwert	Standardabweichung	p-Wert
Untersuchtes Kollektiv (N=53)	40,15	12,78	<0,001
Dt. Normstichprobe 51-60 Jahre	47,89	9,74	

Tabelle 19: Körperliche Summenskala

	Mittelwert	Standardabweichung	p-Wert
Untersuchtes Kollektiv (N=53)	47,8	11,26	0,034
Dt. Normstichprobe 51-60 Jahre	51,16	8,14	

Tabelle 20: Psychische Summenskala

Für die körperliche ($p < 0,001$) und psychische Summenskala ($p = 0,034$) ergeben sich für das untersuchte Kollektiv im Vergleich zur deutschen Normpopulation signifikante Verringerungen.

Insgesamt zeigt sich somit, dass bei 6 von 8 untersuchten Items eine signifikante Verminderung der Punktwerte beim untersuchten Kollektiv im Vergleich zur deutschen, altersentsprechenden Normpopulation zu beobachten ist.

Es zeigte sich im SF-36 eine reduzierte gesundheitsbezogene Lebensqualität bezüglich der körperlichen Funktionsfähigkeit ($p < 0,001$), der körperlichen Rollenfunktion ($p < 0,001$), der körperlichen Schmerzen ($p = 0,007$), der Vitalität ($p = 0,004$), der sozialen Funktionsfähigkeit ($p < 0,001$) sowie der emotionalen Rollenfunktion ($p < 0,001$).

Insgesamt gibt es also eine signifikante Verminderung bei der körperlicher ($p < 0,001$) und der psychischer ($p = 0,034$) Summenskala beim untersuchten Kollektiv im Vergleich zur deutschen, altersentsprechenden Normpopulation bei einem durchschnittlichen postoperativen Follow-up von 46 Monaten.

3.3.2. Ergebnisse Majeed Score - Funktionsfragebogen zum Outcome nach Beckenfrakturen

Ein sehr gutes Ergebnis mit einem Punktwert von >85 lag bei 24 Patienten (45%) vor. Ein gutes Ergebnis mit 70-84 erreichten Punkten lag bei 12 Patienten (23%) vor, ein befriedigendes Ergebnis mit 55-69 Punkten wurde bei 11 Patienten (21%) ermittelt. Lediglich sechs Patienten (11%) erreichten einen Punktwert <55 und zeigten somit ein schlechtes Ergebnis.

Die durchschnittliche Punktezahl liegt somit bei 77,8 Punkten, welches einem guten Ergebnis entspricht. Der Median ließ sich bei 77 Punkten und mit einer Standardabweichung von 19,9 ermitteln.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass in 68% der Fälle sehr gute und gute Ergebnisse erreicht wurden, in 21% befriedigende Ergebnisse und in 11% der Fälle ein schlechtes Ergebnis.

Majeed Score	Anzahl	%
>85 Pkt. → Sehr gut	24	45%
70-84 Pkt. → Gut	12	23%
55-69 Pkt. → Befriedigend	11	21%
<55 Pkt. → Schlecht	6	11%

Tabelle 21: Ergebnisse Majeed Pelvic Outcome Score

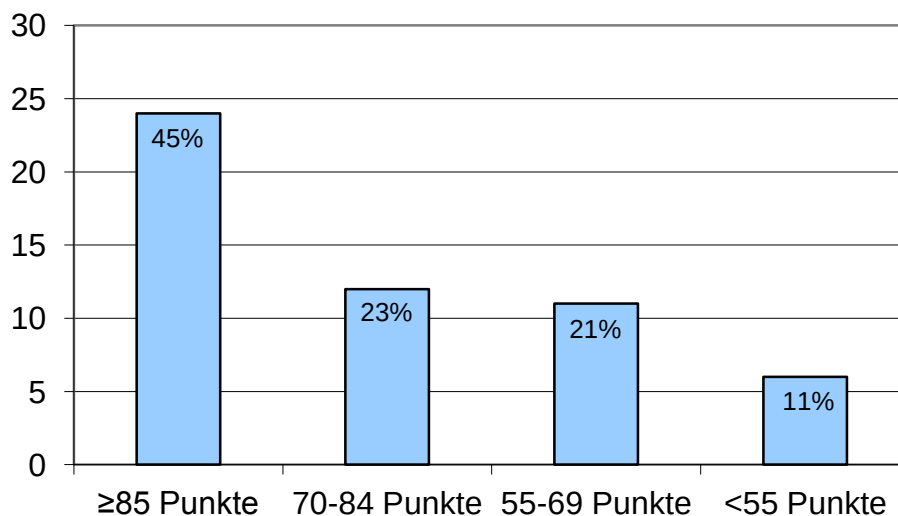


Abbildung 39: Ergebnisse Majeed Pelvic Outcome Score

3.3.3. Korrelation zwischen Majeed Score und SF-36

Es zeigt sich, dass der Majeed Pelvic Outcome Score und der SF-36 in allen Dimensionen positiv miteinander korrelieren. Die Ergebnisse des Majeed Pelvic Outcome Score und der körperlichen Summenskala des SF-36 Fragebogens korrelieren nach Pearson ($r=0,855$). Auch die Dimensionen körperliche Funktionsfähigkeit ($r=0,825$), Körperliche Schmerzen ($r=0,780$), Körperliche Rollenfunktion ($r=0,769$), allgemeine Gesundheit ($r=0,683$), soziale Funktionsfähigkeit ($r=0,659$), Vitalität ($r=0,617$), psychisches Wohlbefinden ($r=0,578$), emotionale Rollenfunktion ($r=0,491$) und die psychische Summenskala ($r=0,376$) korrelieren positiv mit den Ergebnissen des Majeed Pelvic Outcome Score.

3.4. Einfluss der Schraubenlage auf die Lebensqualität

Bei den 53 Patienten wurden insgesamt 81 Schrauben implantiert. Dabei wurden 31 mal eine Schraube verwendet (58,5%), 17 mal zwei Schrauben (32,1%), vier mal drei Schrauben (7,6%) und einmal vier Schrauben (1,8%). Dabei lagen bei 39 Patienten keinerlei Fehllagen vor (73,6%), bei 11 Patienten war eine Schraube fehlplatziert (20,8%) und bei drei Patienten lag eine Fehlplatzierung von zwei Schrauben vor (5,6%).

	Anzahl der Schrauben	Anzahl der Patienten
Schrauben insgesamt	1	31
	2	17
	3	4
	4	1
Anzahl der fehlplatzierten Schrauben	0	39
	1	11
	2	3

Tabelle 23: Anzahl der verwendeten und der fehlplatzierten Schrauben

Es zeigt sich, dass die Anzahl der Schrauben keinen signifikanten Einfluss auf die Lebensqualität gemessen mit dem Majeed Score hat ($p=0,207$). Die Anzahl der deplatzierten Schrauben hingegen hat einen signifikanten Einfluss auf die Lebensqualität ($p=0,001$).

Des Weiteren hat sich eine signifikante Reduktion für die Lebensqualität bezüglich des Alters gezeigt ($p=0,009$).

4. Diskussion

4.1. Allgemeine Diskussion der Ergebnisse der Krankenakten

4.1.1. Epidemiologie

Die Sakrumfraktur ist eine seltene Frakturform, jedoch zeigen die Veröffentlichungen in der nahen Vergangenheit tendenziell eine steigende Inzidenz. Ein Großteil der Autoren führt das auf eine Altersumschichtung der Bevölkerungsstrukturen in den letzten Jahrzehnten zurück, die sich vor allem zugunsten der älteren Personenschichten verschoben hat. Gleichsinnig steigt damit die Zahl der Personen mit chronischen Erkrankungen, geschwächtem Immunsystem und begleitender Osteoporose (42, 43, 98). Des Weiteren haben sich minimal-invasive Techniken und operative Sakrumeingriffe fest etabliert und werden somit häufiger angewendet (30, 55).

Die Sakrumfraktur ist eine Fraktur, die in jedem Lebensalter auftreten kann. Die Literatur zu den epidemiologischen Merkmalen, wie die geschlechtliche Verteilung und die Altersstruktur, zeigte Unterschiede zu unserer Patientenpopulation. Anhand der Abbildungen zur Altersverteilung ist zu erkennen, dass in der überwiegenden Anzahl der Fälle die Sakrumfraktur in unserem Patientengut im höheren Alter auftrat. Die Altersverteilung im Gesamtkollektiv zeigte einen Häufigkeitsgipfel in der zweiten Lebenshälfte, wie das Durchschnittsalter von 58 Jahren (4-92 Jahre) verdeutlicht. Pohlemann et al. (67) beschreiben 1992 dagegen ein Durchschnittsalter von 32,7 Jahren mit einem Häufigkeitsgipfel im Lebensabschnitt von 20-40 Jahren. Auch Lykomitros et al. (52) und Siebler et al. (81) berichten mit einem Durchschnittsalter von 30 bzw. 28 Jahren von deutlich jüngeren Patientenpopulationen. Ursachen für diese Unterschiede können unterschiedliche Einschluss- und Ausschlusskriterien dieser Studien sein. Zudem spricht Böhme et al (6) von einem rasanten Anstieg an Patienten mit Altersosteoporose aufgrund der altersdemographischen Entwicklung in Deutschland und einer daraus folgenden Zunahme Osteoporose assoziierter Frakturen.

In unserer Studie waren Frauen deutlich häufiger betroffen als Männer. Von insgesamt 101 Patienten erkrankten 69 weibliche (68 %) und 32 männliche (32 %)

Patienten. Einige Autoren (11, 78, 79) geben allerdings ein tendenzielles Überwiegen des männlichen Geschlechts mit bis zu 70% in ihren Studien an, ohne eine Ursache dafür zu nennen.

Ursachen für diese Unterschiede bezüglich des Durchschnittsalters und der Geschlechterverteilung können wiederum verschiedene Einschluss- und Ausschlusskriterien dieser Studien sein. So stellten Verletzungen verursacht in suizidaler Absicht und Polytraumata der unteren Extremitäten in der vorliegenden Studie ein Ausschlusskriterium dar. Die Literatur zeigt jedoch, dass schwerwiegende Verletzungen meist Folge von Hochrasanztraumen sind und meist jüngere, männliche Patienten betreffen (21, 28, 34, 99).

Ein weiterer Grund für diese Abweichungen von den in der Literatur anzutreffenden Zahlen könnte der von Kannus et al. (42) beschriebene signifikante Anstieg der Inzidenz von Osteoporose-assoziierten Beckenfrakturen von über 60-jährigen Frauen sein. Nach Alost et al. (1) steigt die Wahrscheinlichkeit eines Bagateltraumas ab dem 65. Lebensjahres signifikant an.

4.1.2. Frakturtypen, Unfallursachen und Begleitverletzungen

Das Verteilungsmuster der Frakturtypen sowie der Begleitverletzungen gestaltet sich im Gesamtkollektiv und dem nachuntersuchten Kollektiv ähnlich.

Den am häufigsten im Gesamtkollektiv vorkommenden Frakturtypen stellte die Typ 1-Fraktur nach Denis mit 56% dar, gefolgt von Typ 2-Frakturen mit 31%. Mit 5% selten war die zentral verlaufende Typ 3-Fraktur nach Denis. 71% der Patienten erlitten eine einseitige Sakrumfraktur, bei 29% der Patienten lag eine beidseitige Fraktur vor.

In der Literatur zeigen sich uneinheitliche Daten in der Häufigkeitsverteilung der einzelnen Frakturlokalisationen. So beschreiben Pohlemann et al. (67) ein ähnliches Verteilungsmuster bei 205 nach Denis eingeteilten Sakrumfrakturen mit 54,4 % Typ 1-, 36,1% Typ 2- und 9,6% Typ 3-Frakturen. Töttermann et al. (96) hingegen beschreiben mit über 70% ein deutliches Überwiegen von Typ 2-Frakturen, gefolgt von Typ 3- (22,5%) und letztendlich nur 6,5% Typ 1-Frakturen. Gründe dafür sind möglicherweise das mit 31 Patienten eher kleine Patientenkollektiv und die vornehmliche Betrachtung von um mindestens 10mm dislozierten Sakrumfrakturen.

Übereinstimmungen mit der Literatur zeigen sich bezüglich der ein-, bzw. beidseitigen Sakrumfrakturen. So beschreiben Nothofer et al. (62) mit dem Vorliegen von 77% einseitigen und 23% beidseitigen Frakturen ähnliche Zahlen wie in der vorliegenden Studie.

Als führende Unfallursache im Gesamtkollektiv ist mit 49 % eindeutig der Sturz zu erkennen. An zweiter Stelle mit 34% stand der Unfall im Straßenverkehr. Zu dieser Gruppe gerechnet wurden Unfälle mit dem Bus, LKW, PKW, Motorrad und Fahrrad, sowie Verkehrsunfälle von Fußgängern. In den Untersuchungen von Lykomitros et al. (52) und Pohlemann et al. (67) zeigen sich wieder deutliche Unterschiede. Hier steht eindeutig mit je über 80% der Verkehrsunfall im Vordergrund, Stürze spielen nur eine untergeordnete Rolle. Ähnliche Ergebnisse lassen sich bei Siebler et al. (81) finden. Diese unterschiedlichen Ergebnisse zeigen und erklären wiederum deutlich den Zusammenhang zwischen Geschlecht, Alter und Unfallursache.

Balogh et al. (5) und Culemann et al. (16) fassen treffend zusammen: Patienten mit einer Beckenfraktur nach einem „High-Energy“-Trauma sind überwiegend männlich, jünger und weisen schwerere Verletzungen auf. Bei Patienten mit einem „Low-Energy“-Trauma handelt es sich dagegen meist um ältere Frauen, die sich durch Stürze, zumeist im häuslichen Bereich oder aus geringer Höhe eine Beckenfraktur zugezogen haben.

Diese Tendenzen spiegeln sich auch bei der Betrachtung der Begleitverletzungen wieder. Leichte Verletzungen wie Hautabschürfungen und Prellungen ausgeschlossen lagen im Gesamtkollektiv bei etwas mehr als 2/3 der Patienten Begleitverletzungen vor, knapp 1/3 der Patienten erlitt isolierte Sakrumfrakturen. Führend stellten sich dabei bei 33% begleitende Wirbelsäulenverletzungen dar, gefolgt von den Schädel-Hirn-Traumata mit 29% und Verletzungen von oberer und unterer Extremität mit je 27%. Verletzungen des Thorax und des Abdomens lagen in 26% bzw. 17% der Fälle vor. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass die vorliegenden Begleitverletzungen nicht weiter nach der Schwere der Verletzung aufgeschlüsselt wurden. So ist beispielsweise leitliniengerecht (38) bereits eine Commotio cerebri den Schädel-Hirn-Traumata zugeordnet.

Isolierte Sakrumverletzungen sind in der Literatur mit einem Anteil von 10,9-13% deutlich seltener (84, 96). Pohlemann et al. (67) beschreiben in ihrer Studie ein anderes Verteilungsmuster mit deutlich höherem prozentualen Anteil der einzelnen Körperregionen. So liegen in seiner Studie begleitende Schädel-Hirn-Traumata bei

über 50% der Patienten vor, gefolgt von Verletzungen der unteren Extremität mit 47,6% und Verletzungen des Thorax mit 43,1%. Übereinstimmungen zu unseren Studienergebnissen finden sich bei begleitenden Wirbelsäulenverletzungen. Weitere repräsentative Literaturvergleiche lassen sich schwierig anstellen. So berichten Siebler et al. (81) nur von 11 Patienten, von denen acht (73%) eine begleitende Wirbelsäulenverletzung aufweisen. Über ein ähnlich kleines Patientenkollektiv von 16 Patienten berichten Lykomitros et al. (52). Denis et al. (19) berichten in ihrer Untersuchung zwar von 236 Patienten, jedoch beschränkten sie ihre Beschreibungen lediglich auf das Vorliegen von neurologischen Defiziten. Ebenfalls schwierig stellen sich Vergleiche mit Töttermann et al. (96) dar, da in ihrer Studie lediglich zwischen einfach und mehrfach Verletzten unterschieden wird.

4.1.3. Komplikationen

Im Gesamtkollektiv waren in sieben Fällen (6,9%) postoperative Komplikationen zu beobachten.

Die häufigste Komplikation mit drei Fällen (2,9%) stellte dabei eine in den radiologischen Kontrolluntersuchungen nachgewiesene Implantatlockerung dar. In einem Fall erfolgte eine Reosteosynthese, in einem weiteren Fall wurde die Osteosyntheseschraube nachgezogen, der letzte Fall war nicht revisionspflichtig. In der Literatur werden bei 5-10% sekundäre Schraubenlockerungen beschrieben (62, 95). Tosounidis et al. (95) beschreiben dabei als Ursache in einem ihrer Fälle eine begleitende Instabilität des vorderen Beckenrings.

Im eigenen Patientengut erlitten zwei von 101 Patienten (2%) eine Wundinfektion. Tosounidis berichtet dabei sogar von keinerlei beobachteten Wundinfektionen nach perkutaner transiliosakraler Schraubenosteosynthese.

Bei den anderen dorsalen Stabilisierungstechniken sind Wundheilungsstörungen häufig. Für die deutlich invasivere Therapie instabiler Sakrumfrakturen mit dorsaler Sakrumdistanzosteosynthese (DSDO) werden beispielsweise Infektionsraten von bis zu 20% beschrieben (62).

In der Literatur liegen die Angaben bezüglich neurologischer Schäden hervorgerufen durch Schraubenfehlagen bei bis zu 15% (74). Neben neurologischen Irritationen stellt eine Läsion der A. glutea superior ein weitere gefürchtete Komplikation dar (92). Im untersuchten Patientenkollektiv kam es in keinem der Fälle zu einer iatrogenen Gefäß- oder Nervenschädigung. Obwohl die perkutane transiliosakrale Schraubenosteosynthese ein Standardverfahren in der Versorgung von hinteren Beckenringverletzungen ist, stellt sich die exakte Platzierung der Schrauben als schwierig dar und ist äußerst bedeutsam bei der Vermeidung neurologischer Komplikationen. Templeman et al. (90) beschreiben den Korridor der korrekten Schraubenlage in S1 als sehr klein. Nach Durchsicht von postoperativ angefertigten CT-Scans beschreibt er eine durchschnittliche Distanz von ventralem Cortex zum Neuroforamen von 21,7mm. Schlussfolgernd stellt er fest, dass ein Abweichen von lediglich 4° vom optimalen Schraubenkorridor bereits eine ventrale Perforation der Kortikalis oder eine Affektion des Neuroforamens bedeutet.

4.2. Radiologische Ergebnisse

Wie bereits beschrieben stellt sich die exakte Platzierung der Schrauben bei perkutaner transiliosakraler Schraubenosteosynthese als sehr anspruchsvoll dar. So beschreiben Tonetti et al. eine Schraubenfehlage nach konventioneller perkutaner Schraubenplatzierung bei 26 % der Fälle. Des Weiteren halten sie fest, dass 10 von 13 extraossären Schraubenlagen bei der Versorgung der ersten 15 Patienten auftraten. Tosounidis et al. (95) weisen auf die große Bedeutung der persönlichen Erfahrung des Operators hin. Ebenfalls eine wichtige Komponente auf dem Weg zur sicheren Schraubenimplantation stellt die intraoperative Bildqualität dar (72, 73).

In der vorliegenden Studie wurden bei 101 Patienten 143 Schrauben implantiert. Dies entspricht einem Durchschnitt von 1,4 Schrauben pro Patient. Ähnliche Zahlen mit 1,4-1,8 Schrauben pro Patient zeigen sich in der Literatur (95, 103).

Zur Evaluation der Schraubenlage im postoperativen Computertomogramm wurde ein eigenes Schema entwickelt. Dabei wurden die Schraubenlagen vorher in vier verschiedene Lagetypen eingeteilt. Schraubenlage 0 beschreibt dabei die korrekte, optimale, komplett intraossäre Lage, Schraubenlage 1 eine ventrale Perforation der

Kortikalis, Schraubenlage 2 eine Beteiligung der Neuroforamina und schließlich Schraubenlage 3 einen Bezug zum Spinalkanal.

Dieses Schema stellt eine Modifikation der von Smith et al. (83) 2006 beschriebenen Einteilung zur Beschreibung der Schraubenlage dar, welche häufiger in der Literatur anzufinden ist (10, 44, 103). So beschreibt Smith im postoperativen CT ebenfalls eine komplett intraossäre Schraubenlage als optimale Schraubenposition. Als Fehlplatzierung beschreibt er nun jede Kortikalisperforation, wobei er jedoch nicht zwischen ventraler bzw. neuroforaminaler Perforation unterscheidet. Er beschreibt lediglich den weiteren Grad der Perforation: Grad 0 entspricht dabei keiner Perforation, Grad 1 einer Perforation kleiner als 2mm, Grad 2 einer Perforation von 2-4mm und Grad 3 einer Perforation von mehr als 4mm.

Beide Schemata beschreiben also in ähnlichen Kriterien eine optimale intraossäre Lage. Jede davon abweichende Schraubenlage wird als Fehlplatzierung eingestuft. So ist es möglich, die Fehlplatzierungsrate aussagekräftig mit anderen Studien zu vergleichen.

In unserer Studie lagen von 143 eingebrachten Schrauben 116 (81,11%) in Schraubenlage 0. Eine ventrale Perforation des Kortikalis, Schraubenlage 1, zeigte sich bei 7 Schrauben (4,9%). Bei 20 Schrauben (13,99%) lag ein Bezug zum Neuroforamen vor. Schraubenlage 3 zeigte sich in keinem der Fälle.

Demnach ist also zu sagen, dass 81,11 % der Schrauben eine korrekte, optimale komplett intraossäre Lage zeigten, bei einer Fehlplatzierungsrate von 18,89%. In der Literatur schwankt die Rate der Fehlplatzierungen deutlich. Briem et al. (10) vergleichen in ihrer Studie 2D-fluoroskopisch navigierte, perkutane transiliosakrale Sakrumverschraubungen mit konventionell durchgeführten, perkutanen transiliosakralen Schraubenosteosynthesen. Dabei zeigt sich bei navigiert versorgten Patienten eine geringere Fehlplatzierungsrate (8,5%) als bei konventioneller Technik (17,4%). Dieser Unterschied ist allerdings nicht signifikant, zeigt aber bei konventioneller Technik eine identische Fehlplatzierungsrate wie in unserer Studie.

Ähnlich wie Briem vergleichen Zwingmann et al. (103) in ihrer Studie navigierte mit konventionell durchgeführten perkutanen transiliosakralen Schraubenosteosynthesen. In der navigierten Gruppe beschreibt er bei 19% eine Schraubenfehlplatzierung. Signifikant höher war dagegen die Fehlplatzierungsrate bei der konventionell versorgten Gruppe mit 58% fehlplatzierten Schrauben.

Konrad et al. (44) beschreiben in ihrer Studie die Schraubenlage bei 3D-navigierter Sakrumverschraubung und setzen diese in Zusammenhang mit der operatorspezifischen Navigationserfahrung. Es zeigt sich selbst bei 3D-Navigation eine Fehlplatzierungsrate von bis 27%.

Eine deutlich geringere Zahl an fehlplatzierten Schrauben nach konventioneller Operationstechnik zeigt sich bei Tosounidis et al. (95). Sie beschreiben bei lediglich 2,7% eine Schraubenfehllage, jedoch ohne Hinweise darauf zu geben, wie die postoperativen Beurteilungen der Schraubenlage eingeteilt wurden.

4.3. Ergebnisse der Fragebogenauswertung und der Einfluss der Schraubenlage

Der allgemeine Gesundheitszustand unserer Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde mit Hilfe des 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36) (11, 12) und des Majeed Score (53) beurteilt.

Die subjektive Lebensqualität des Patienten wird in Zukunft einen immer größeren Stellenwert bei der Beurteilung von Therapieergebnissen einnehmen (11, 12). Der SF-36 stellt ein kurzes, krankheitsübergreifendes Messinstrument zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität der Patienten dar. Ausgewertet und interpretiert werden acht Dimensionen, sowie die körperliche und psychische Summenskala. Die Ergebnisse werden verglichen mit der deutschen Normstichprobe für die Altersgruppe von 51-60 Jahre. Diese Normstichprobe wurde gewählt, da das Durchschnittsalter der betrachteten Patienten bei 55,7 Jahren lag.

Bei unseren Patienten ergaben sich für die Subskalen der körperlichen Funktionsfähigkeit (KÖFU, $p < 0,001$), der körperlichen Rollenfunktion (KÖRO, $p < 0,001$), für die Vitalität (VITA, $p = 0,004$), die soziale Funktionsfähigkeit (SOFU, $p < 0,001$) und die emotionale Rollenfunktion (EMRO, $p < 0,001$) signifikant verringerte Werte im Vergleich zur deutschen altersentsprechenden Normstichprobe. Es zeigt sich ebenfalls eine signifikante Erhöhung körperlicher Schmerzen (SCHM, $p = 0,007$) im untersuchten Kollektiv im Vergleich zur deutschen Normstichprobe. Im Vergleich zeigte sich im SF-36 somit eine reduzierte gesundheitsbezogene Lebensqualität bezüglich körperlicher ($p < 0,001$) und psychischer ($p = 0,034$) Summenskala bei einem durchschnittlichen postoperativen Follow-up von 46 Monaten.

Lykomitros et al. (52) vergleichen in ihrer Studie die gesundheitsbezogene Lebensqualität bei operativ und konservativ versorgten Sakrumfrakturen. Dabei stellen sie fest, dass Patienten der konservativ versorgten Gruppe in jeder Dimension bessere Werte erreichten als in der operativ versorgten Gruppe. Als Ursache vermuten sie die geringere Verletzungsschwere bzw. weniger Begleitverletzungen, die eine konservative Frakturbehandlung erlauben.

Im Vergleich zu unserem Patientenkollektiv sind die von Lykomitros zusammengetragenen Daten bezüglich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität in jeder Subskala erhöht, sowohl in der konservativ, als auch in der operativ versorgten Patientengruppe. Gründe dafür sind in der unterschiedlichen Epidemiologie zu suchen. Die individuelle Einschätzung der Lebensqualität wird deutlich durch das Alter beeinflusst, ebenfalls haben männliche Personen in der Regel höhere Werte (12). So weist Lykomitros mit einem Durchschnittsalter von knapp 30 Jahren und einem Anteil von knapp 70% männlichen Patienten ein deutlich jüngeres, männerlastigeres Kollektiv auf.

Ähnliche Ergebnisse finden sich in weiteren Studien. Töttermann et al. (96) beschreiben 2007 bei 31 operativ versorgten Sakrumfrakturen in jedem Item eine signifikante Verminderung im Vergleich zur norwegischen altersentsprechenden Normpopulation. Siebler et al. (81) untersuchten 2010 das Outcome nach konservativer Therapie von Typ 3-Frakturen nach Denis. Auch bei ihnen zeigten die Patienten nach einem 2-Jahre Follow-up signifikant schlechtere Ergebnisse als die jeweilige Normpopulation.

Zur weiteren Beurteilung des klinischen Outcomes nach Sakrumfrakturen wurde neben dem SF-36 der von Majeed et al. (53) entwickelte, beckenspezifische Majeed-Score verwendet. Mit diesem soll die subjektive Zufriedenheit mit fünf alltäglichen Items abgefragt werden. Dazu gehörten: Schmerz, Arbeiten, Sitzen, Sexualität, Stehen/Gehen.

In der vorliegenden Studie zeigten sich bei 68% gute bis sehr gute Ergebnisse, bei 21% ein befriedigendes Ergebnis und bei 11% ein schlechtes Ergebnis. Der durchschnittliche Punktwert lag dabei bei 77,8 Punkten.

Vergleicht man nun die untersuchte Population mit Ergebnissen anderer Studien, die ebenfalls den Majeed Score zur Evaluation des Outcomes verwendet haben zeigen

sich folgende Zusammenhänge. Tayot et al. (89) beschreiben in ihrer Untersuchung von 20 Patienten nach perkutaner transiliosakraler Schraubenosteosynthese mit durchschnittlich 92 Punkten deutlich höhere Ergebnisse. Ein noch besseres Ergebnis zeigt sich bei Ayvaz et al. (4). Sie beschreiben bei 20 Patienten in 95% sehr gute Ergebnisse und den übrigen 5% gute Ergebnisse. Der durchschnittliche Majeed Score beträgt 93,3 Punkte. In ihrer Studie verwenden sie zusätzlich zum Majeed Score ebenfalls den SF-36 Score. Hier finden sich keine Unterschiede zur vergleichbaren Normpopulation.

Ähnliche Werte im Vergleich zur vorliegenden Studie finden sich bei weiteren Studien. Suzuki et al. (88) berichten bei 18 Patienten nach transiliakaler Plattenosteosynthese über einen durchschnittlichen Majeed Score von 78,5 Punkten. Gute bis sehr gute Ergebnisse erlangten 72%, in 22% der Fälle lag ein befriedigendes Ergebnis vor und bei 6% ein schlechtes Ergebnis.

Bei der abschließenden Betrachtung beider in der vorliegenden Studie verwendeten Fragebögen zeigt sich, dass der Majeed Pelvic Outcome Score und der SF-36 in allen Dimensionen positiv miteinander korrelieren. Die Ergebnisse des Majeed Pelvic Outcome Score und der körperlichen Summenskala des SF-36 Fragebogens korrelieren nach Pearson ($r=0,855$). Das zeigt, dass sowohl mit dem SF-36 Fragebogen, als auch mit dem Majeed Score ähnliche Aussagen zur Beurteilung der Lebensqualität bei Sakrumfrakturen gemacht werden können.

Die vorliegende Studie zeigt weiterhin, dass die Anzahl der implantierten Schrauben keinen signifikanten Einfluss auf die Lebensqualität hat. Sowohl die Anzahl der deplatzierten Schrauben, als auch das Alter hingegen führten zu einer signifikanten Reduktion der Lebensqualität. Vergleiche zu den gemachten Beobachtungen mit der Literatur stellen sich schwierig dar. Es existieren keine weiteren Studien, die das Outcome und die Lebensqualität mit der Schraubenlage bei operativ versorgten Sakrumfrakturen in Verbindung gesetzt haben.

4.4. Diskussion der Methodik

Wie bereits erwähnt nimmt die Bedeutung der Lebensqualität bei der Wahl und Beurteilung von Therapieoptionen bzw. –maßnahmen heutzutage immer mehr zu.

Interessant wäre es, die gesammelten Ergebnisse in folgenden Studien weiter zu untersuchen und deren Wert weiter zu beurteilen. Sakrumfrakturen stellen eine seltene Frakturform dar. Dadurch gestaltete es sich schwierig, aussagekräftige Vergleiche zur Literatur zu stellen. Oft handelte es sich um sehr kleine Patientenpopulationen, die untersucht wurden. Größere Multicenterstudien befassten sich dagegen nur mit Beckenfrakturen allgemein, ohne näher auf Sakrumfrakturen einzugehen.

Methodisch gesehen ist die retrospektive Anlage dieser Studie ein Schwachpunkt. Diese Studie zeigte eine signifikante Verringerung der Lebensqualität nach perkutaner transiliosakraler Schraubenosteosynthese im Vergleich zur Normpopulation. Prospektive Studien könnten die klinische Relevanz der gemachten Ergebnisse weiter einordnen. Eine Erhebung der Lebensqualität zu verschiedenen Zeitpunkten erscheint dabei sinnvoll. Dadurch könnten konkret anschließende rehabilitative, aber auch psycho- und sozialtherapeutische Nachbehandlungskonzepte näher untersucht und weiter verbessert werden.

Die Lebensqualität ist eine von vielen Faktoren abhängige Messgröße. Aktuelle, von der Fraktur unabhängige Vorerkrankungen, persönliche Lebensumstände oder frühere Unfälle können die Ergebnisse zum Nachuntersuchungszeitpunkt überlagern. Interessant wäre es auch zu untersuchen, welchen Einfluss unterschiedliche Begleitverletzungen auf die Lebensqualität haben. Um diese Einflüsse auf die Lebensqualität weiter beurteilen zu können, ist eine größere Fallzahl notwendig.

Die operative Versorgung von Sakrumfrakturen wird in der Literatur eher kritisch diskutiert. Studien haben gezeigt, dass konservative Versorgungsstrategien durchaus bessere Ergebnisse bezüglich der Lebensqualität liefern als operative (52). Eine Bildung verschiedener Patientengruppen, beispielsweise perkutane transiliosakrale Schraubenosteosynthese vs. konservative Therapie, könnten genauere Daten zur Therapieindikation geben. Eine weiterführende Studie mit einem vergleichbaren Patientengut mit konservativer Frakturversorgung ist aktuell gestartet.

Die vorliegende Studie zeigt, dass eine Fehlplatzierung der Schrauben bei perkutaner transiliosakraler Schraubenosteosynthese signifikant die Lebensqualität beeinflusst. Somit gilt es die Schraubenimplantation weiter zu verbessern. Navigationsverfahren finden heutzutage in der Medizin immer häufiger Anwendung und etablieren sich immer weiter. Studien zeigen zum Teil eine deutlich geringere

Anzahl an Fehlplatzierungen bei der Computerassistierten Verschraubung (9). Jedoch sind diese Daten auch sehr uneinheitlich. Interessant wäre es deshalb ebenfalls zu untersuchen, wie sich die Lebensqualität bei der Zuhilfenahme von Navigationsverfahren verhält.

Weitere Studien sind also zur Reproduzierbarkeit notwendig um suffiziente Aussagen über die Effektgröße und die klinische Relevanz dieser Studie machen zu können.

Zusammenfassend konnte mit dieser Arbeit also bezüglich der eingangs gestellten Fragen folgendes gezeigt werden:

1. Im Vergleich zur Normpopulation kam es nach einer perkutanen transiliosakralen Schraubenosteosynthese zu einer signifikanten Reduzierung der subjektiven Lebensqualität
2. Die Anzahl der implantierten Schrauben hat, im Gegensatz zur Anzahl der deplazierten Schrauben, keinen Einfluss auf die Lebensqualität
3. Die verwendeten SF36- und Majeed Score Fragebögen korrelieren positiv miteinander bei der Beurteilung des Outcomes.

5. Zusammenfassung

Beckenfrakturen sind mit einer Inzidenz von 5-8% aller Frakturen eine seltene Frakturform. Bei 18-30% der Patienten finden sich dabei Verletzungen des Os sacrum. Durch Umstrukturierung der Altersstruktur der Gesellschaft und der daraus resultierenden Zunahme Osteoporose-assoziiierter Beckenfrakturen ist mit einer deutlichen Zunahme des Vorkommens von Sakrumfrakturen zu rechnen.

Als minimal-invasive Versorgungsform bei nicht-, oder gering dislozierten Sakrumfrakturen hat sich die perkutane transiliosakrale Schraubenosteosynthese klinisch fest etabliert. Die hier vorliegende Arbeit basiert auf einer retrospektiven Analyse von 101 Patienten welche in der Zeit von 2002-2009 in der unfallchirurgischen Klinik des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf mit perkutaner transiliosakraler Schraubenosteosynthese operativ versorgt worden sind. Aus dem Gesamtkollektiv konnte die Lebensqualität von 53 Patienten nachuntersucht werden. Nach Auswertung der Patientendaten und Abgleich der Ergebnisse mit der aktuellen Fachliteratur können hinsichtlich der Beurteilung der operativen Therapie folgende Aussagen getroffen werden:

Mit der perkutanen transiliosakralen Schraubenosteosynthese steht ein Stabilisierungsverfahren zur Verfügung, das durch ein geringes Weichteiltrauma eine geringe Komplikationsrate aufweist. Die Platzierung der Schrauben stellt sich jedoch als sehr anspruchsvoll dar. Durch zunehmende Verbesserung der Visualisierungsmöglichkeiten und der Bildqualität gelingt eine immer bessere Schraubenimplantation. Wichtige Bedeutung wird jedoch immer noch der Erfahrung des Operateurs beigemessen.

Es zeigte sich, dass bei der Beurteilung der Lebensqualität die Anzahl der implantierten Schrauben keinen signifikanten Einfluss auf die Lebensqualität der Patienten hat. Indessen erwies sich die Anzahl der deplazierten Schrauben als signifikanter Einfluss auf das Outcome der Patienten.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Lebensqualität im Vergleich zur deutschen Normpopulation nach perkutaner transiliosakraler

Schraubenosteosynthese reduziert ist. Neben dem allgemein gültigen SF-36 Fragebogen wurde der beckenspezifische Majeed Score verwendet. Diese beiden Fragebögen korrelieren positiv miteinander.

Zur besseren Einordnung und Einschätzung der Ergebnisse könnten in zukünftigen Studien konservativ versorgte Sakrumfrakturen vergleichend bezüglich des Outcomes betrachtet werden. Desweiteren rückt die Möglichkeit der Navigation in der Beckenchirurgie in Zukunft weiter in den Fokus und bietet neue Möglichkeiten der Evaluation der postoperativen Lebensqualität.

6. Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
a.p.	anterior posterior
Abb	Abbildung
AGES	Allgemeine Gesundheitswahrnehmung
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
BV	Bildverstärker
bzw	beziehungsweise
CT	Computertomograph
dt.	deutsch
EMRO	Emotionale Rollenfunktion
et al.	et altera
KÖFU	Körperliche Funktionsfähigkeit
KÖRO	Körperliche Rollenfunktion
Lig.	Ligamentum
M.	Muskulus
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	Nervus
n.	nach
o.g.	oben genannt
Pkt.	Punkte
Proc.	Processus
PSYC	Psychisches Wohlbefinden
R.	Ramus
S.	Seite
sek.	Sekundär
SCHM	Körperliche Schmerzen
SD	Standardabweichung
SF-36	Short Form-36 Health Survey
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
SI gelenk	Sakroiliakgelenk
SOFU	Soziale Funktionsfähigkeit
TVT	Tiefe Venenthrombose

UKE	Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
V.	Vena
VITA	Vitalität
vs.	Versus
WHO	World Health Organisation
WS	Wirbelsäule
z.B.	zum Beispiel

7. Literaturverzeichnis

1. Alost T, Waldrop RD (1997), Profile of geriatric pelvic fractures presenting to the emergency department. *Am J Emerg Med* 15: 576-578
2. Altman DT, Jones CB, Routt ML (1999) Superior gluteal artery injury during iliosacral screw placement. *J Orthop Trauma* 13: 220-227
3. Arand M, Kinzl L, Gebhard F (2004) Computer-guidance in percutaneous screw stabilization of the iliosacral joint. *Clin Orthop Relat Res* (422): 201-207
4. Ayvaz M, Çağlar O, Yılmaz G, Güvendik GI, Acaroğlu RE (2011), Long-term outcome and quality of life of patients with unstable pelvic fractures treated by closed reduction and percutaneous fixation. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 17(3): 261-6
5. Balogh Z, King KL, Mackay P, McDougall D, Mackenzie S, Evans JA, Lyons T, Deane SA (2007), The epidemiology of pelvic ring fractures: a population-based study. *J Trauma* 63: 1066-1073
6. Böhme J, Höch A, Josten C (2012), Osteoporotic fractures of the pelvis. *Chirurg*. 83(10): 875-81
7. Bonnin J (1945), Sacral fractures and injuries to the cauda equina. *J Bone Joint Surg Am* 27: 113-127
8. Bosch U, Pohlemann T, Haas N, Tscherne H (1992), Klassifikation und Management des komplexen Beckentraumas. *Unfallchirurg* 95: 189-196
9. Briem D, Rueger JM, Begemann PGC, Halata Z, Bock T, Linhart W, Windolf J (2006) Computerassistierte Verschraubung des hinteren Beckenrings. *Unfallchirurg* 109: 640-646
10. Briem D, Windolf J, Rueger JM (2007), Perkutane, 2D-fluoroskopische Sakrumverschraubung in Rückenlage. *Unfallchirurg* 110:393-401
11. Bullinger M (2000), Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität mit dem SF-36- Health Survey. *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 43: 190-197
12. Bullinger M, Kirchbergergerger I, SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand Handanweisung Hogrefe Verlag, Göttingen (1998)
13. Cherin P, Ziza JM, Laredo JD, Bletry O, Godeau P (1990), A diagnosis to consider: insufficiency fracture of the sacrum. *Rev Med Interne* 11(2): 163-164

14. Cotty P, Fouquet B, Mezenge C, De Toffol B, Beaulieu F, Valat JP et al. (1989) Insufficiency fractures of the sacrum. Ten cases and a review of the literature, J Neuroradiol 16(2): 160-171
15. Culemann U, Reilmann H (1997), Verletzungen des Beckenrings. Unfallchirurg 100: 487-496
16. Culemann U, Tosounidis G, Reilmann H, Pohlemann T (2003), Beckenringverletzung. Diagnostik und aktuelle Behandlungsmöglichkeiten. Chirurg 74, 687-698
17. Culemann U, Tosounidis G, Reilmann H, Pohlemann T (2004) Injury to the pelvic ring. Diagnosis and current possibilities for treatment. Unfallchirurg 107(12): 1169-1181
18. De Smet AA, Neff JR (1985), Pubic and sacral insufficiency fractures: clinical course and radiologic findings. AJR Am J Roentgenol 145(3): 601-606
19. Denis F, Davis S, Comfort T (1988), Sacral fractures: an important problem. Retrospective analysis of 236 cases. Clin Orthop Relat Res 227: 67-81
20. Duwelius PJ, Van Allen M, Bray TJ, Nelson D (1992) Computed tomography-guided fixation of unstable posterior pelvic ring disruptions. J Orthop Trauma 6(4): 420-6
21. Eastridge BJ, Burgess AR (1997), Pedestrian pelvic fractures: 5-year experience of a major urban trauma center. J Trauma 42: 695-700
22. Ebraheim NA, Rusin JJ, Coombs RJ, Jackson WT, Holiday B (1987) Percutaneous computed-tomography-stabilization of pelvic fractures: preliminary report. J Orthop Trauma 1(3): 197-204
23. Edeiken-Monroe BS, Browner BD, Jackson H (1989), The role of standard roentgenograms in the evaluation of instability of pelvic ring disruption. Clin Orthop Relat Res 240: 63-76
24. Euler E, Das Becken: Anatomie, Biomechanik, Frakturversorgung und Tumorprothetik. Springer Verlag, Berlin (1996)
25. Frick H, Leonhardt H, Starck D, Allgemeine Anatomie, Spezielle Anatomie I, 3.Auflage. Thieme Verlag (1987)
26. Fuchtmeyer B, Maghsudi M, Neumann C, Hente R, Roll C, Nerlich M (2004), The minimally invasive stabilization of the dorsal pelvic ring with the transiliacal internal fixator (TIFI) - surgical technique and first clinical findings. Unfallchirurg 107(12): 1142-1151

27. Gänslén A, Hübner T, Krettek C (2006), Percutaneous iliosacral screw fixation of unstable pelvic injuries by conventional fluoroscopy. *Operative Orthopädie und Traumatologie* 18(3): 225-244
28. Giannoudis PV, Grotz MR, Tzioupis C, Dinopoulos H, Wells GE, Bouamra O, Lecky F (2007), Prevalence of pelvic fractures, associated injuries, and mortality: the United Kingdom perspective. *J Trauma* 63: 875-883
29. Gibbons KJ, Soloniuk DS, Razack N (1990), Neurological injury and patterns of sacral fractures. *J Neurosurg* 72(6): 889-893
30. Gvozdenovic R, Dahl BT, Blyme PJ, Kiaer T, Tøndevold E (1998), Percutaneous fixation of sacral fractures. Primary experiences with a new technique. *Ugeskr Laeger* 160(36): 5186-9
31. Hak DJ, Baran S, Stahel P (2009), Sacral fractures: current strategies in diagnosis and management. *Orthopedics* Oct: 32(10)
32. Hartung J, Statistik. Oldenbourg Verlag 1999
33. Havemann D (1997), Der Fixateur externe bei Beckenringfrakturen. *Op-Journal* 13:42-45
34. Heller M, Blanke J, Draijer F, Brossmann J, Egbers H, Havemann D (1998), Beckenringverletzungen. *Radiologe* 38: 702-709
35. Henes F, Nüchtern JV, Groth M, Habermann CR, Regier M, Rueger JM, Adam G, Großterlinden LG (2012), Comparison of diagnostic accuracy of Magnetic Resonance Imaging and Multidetector Computed Tomography in the detection of pelvic fractures *European Journal of Radiology* 81: 2337–2342
36. Hessmann MH, Rommens PM (2002), Transverse fracture-dislocation of the sacrum: a diagnostic pitfall and a surgical challenge. *Acta Chir Belg* 102(1): 46-51
37. Heuck F, Schneider R (1985) Detection of occult fractures of the pelvic bones by roentgen computed tomography. *Radiologe* 25(3): 114-120
38. http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/008-001_S2e_Schaedel-Hirn-Trauma_im_Erwachsenenalter_leitlinientext_07-2007_07-2012.pdf besucht am 06.03.2012
39. Jackson H, Kam J, Harris JH, Jr., Harle TS (1982), The sacral arcuate lines in upper sacral fractures. *Radiology* 145(1): 35-39

40. Josten C, Schildhauer TA, Muhr G (1994), Therapy of unstable sacrum fractures in pelvic ring. Results of osteosynthesis with early mobilization. *Chirurg* 65(11): 970-975
41. Kach K, Trentz O (1994), Distraction spondylodesis of the sacrum in "vertical shear lesions" of the pelvis. *Unfallchirurg* 97(1): 28-38
42. Kannus P, Palvanen M, Niemi S et al (2000), Epidemiology of osteoporotic pelvic fractures in elderly people in Finland: sharp increase in 1970–1997 and alarming projections for the new millennium. *Osteoporos Int* 11: 443–448
43. Kannus P, Palvanen M, Parkkari J et al (2005), Osteoporotic pelvic fractures in elderly women. *Osteoporos Int* 16: 1304–1305
44. Konrad G, Zwingmann J, Kotter E, Südkamp N, Oberst M (2010), Variabilität der Schraubenlage bei 3D-navigierter Sakrumverschraubung. *Unfallchirurg* 113: 29-35
45. Kricun J (1990), Fractures of the pelvis. *Orthop Clinics North Americ* 21: 573-590.
46. Lehmann J (1934), Luxation einer Beckenhälfte. *Zentralbl Chir* 37: 2149-2152
47. Lehmann W, Hoffmann, Briem D, Grossterlinden L, Petersen JP, Priemel M, Pogoda P, Ruecker A, Rueger JM (2012), Management of traumatic spinopelvic dissociations: review of the literature. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* 38(05): 517-524
48. Lehmann W, Grossterlinden LG, Rueger JM (2013), Posteriore Zugänge zum Beckenring. *Unfallchirurg* 116:205-212
49. Letournel E (1978), Pelvic fractures. *Injury* 10: 145-8
50. Lippert H, Lehrbuch Anatomie. Urban & Fischer, Elsevier GmbH (2003)
51. Lundin B, Bjorkholm E, Lundell M, Jacobsson H (1990), Insufficiency fractures of the sacrum after radiotherapy for gynaecological malignancy. *Acta Oncol* 29(2): 211-215
52. Lykomitros V, Papavasiliou K, Alzeer Z, Sayegh F, Kirkos J, Kapetanos G (2010) Management of traumatic sacral fractures: A retrospective case-series study and review of the literature *Injury, Int. J. Care Injured* 41: 266–272
53. Majeed SA (1989), Grading the outcome of pelvic fractures. *J Bone Joint Surg Br* 71(2): 304-6
54. Major NM, Helms CA (2000), Sacral Stress Fractures in Long-Distance Runners. *AJR American journal of roentgenology* 174(3): 727-9

55. Matta JM, Saucedo T (1989), Internal fixation of pelvic ring fractures. Clin Orthop Relat Res. (242): 83-97
56. Medelman J (1937), Fractures of the sacrum. Their incidence in fractures of the pelvis. Am J Roentgenol 42:100
57. Meyer-Burgdorff G (1936), Über Beckenbrüche. Zentralbl Chir 63: 1016
58. Moll KJ, Moll M. Anatomie, 18. Auflage. Urban & Fischer, Elsevier GmbH (2006)
59. Montana MA, Richardson ML, Kilcoyne RF, Harley JD, Shuman WP, Mack LA (1986), CT of sacral injury. Radiology 1986 161(2): 499-503
60. Noojin FK, Malkani AL, Haikal L (2000), Crosssectional geometry of the sacral ala for safe insertion of iliosacral lag screws: a computed tomography model. J Orthop Trauma 14:31–35
61. Northrop CH, Eto RT, Loop JW (1975) Vertical fracture of the sacral ala. Significance of non-continuity of the anterior superior sacral foraminal line. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med 124(1): 102-106
62. Nothofer W, Thonke N, Neugebauer R (2004), Die Therapie instabiler Sakrumfrakturen bei Beckenringbrüchen mit dorsaler Sakrumdistanzosteosynthese. Unfallchirurg 107: 118–128
63. Osterhoff G, Ossendorf C, Wanner G, Simmen H, Werner C (2011), Percutaneous iliosacral screw Fixation in S1 and S2 for posterior pelvic ring injuries: technique and perioperative complications. Arch Orthop Trauma Surg 131: 809–813
64. Pennal GF, Tile M, Waddell JP, Garside H (1980), Pelvic disruption: assessment and classification. Clin Orthop Relat Res 151: 12-21
65. Pohlemann T (1998), Chirurgische Anatomie. In: Tscherne H, Pohlemann T (Hrsg) Becken und Acetabulum. Springer Berlin S 5–34 (1998)
66. Pohlemann T (1998), Die Therapie der Sakrumfraktur. Hefte zu der Unfallchirurgie
67. Pohlemann T, Gänsslen A, Tscherne H (1992), Die Problematik der Sakrumfraktur. Klinische Analyse von 377 Fällen. Orthopäde 21:400–412
68. Pohlemann T, Gänsslen A, Tscherne H (2000), Fracture of the sacrum. Unfallchirurg 103(9):769-786
69. Pohlemann T, Tscherne H, Baumgärtel F, Egbers HJ, Euler E, Maurer F, Fell M, Mayr E, Quirini WW, Schlickewei W, Weinberg A (1996), Pelvic fractures:

- epidemiology, therapy and long-term outcome. Overview of the multicenter study of the Pelvis Study Group. *Unfallchirurg* 99(3): 160-7
70. Pohlemann T, Tscherne H; Euler E, Maurer F (1996), Beckenverletzungen: Epidemiologie, Therapie und Langzeitverlauf. *Unfallchirurg* 99: 160-167
 71. Rommens P, Hartwig T, Wissing H, Schmit-Neuerburg KP (1986), Diagnosis and treatment of unstable fractures of the pelvic ring. *Acta Chir Belg* 86(6): 352-359
 72. Routt M, Kregor P, Simonian P, Mayo K (1995), Early results of percutaneous iliosacral screw placed with the patient in supine position. *J Orthop Trauma* 9: 207–214
 73. Routt M, Simonian PT, Mills WJ (1997), Iliosacral screw fixation: Early complications of the percutaneous technique. *J Orthop Trauma* 11: 584–589
 74. Routt ML, Nork SE, Mills WJ (2000), Percutaneous fixation of pelvic ring disruptions. *Clin Orthop Relat Res* (375): 15-29
 75. Roy-Camille R, Saillant G, Gagna G, Mazel C. Transverse fracture of the upper sacrum. Suicidal jumper's fracture. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1985;10:838–845
 76. Sabiston CP, Wing PC (1986), Sacral fractures: classification and neurologic implications. *J Trauma* 26 (12): 1113-1115
 77. Schiebler T, Anatomie. Springer, Berlin (2003)
 78. Schmidek HH, Smith DA, Kristiansen TK (1984), Sacral fractures. *Neurosurgery* 15(5): 735-746
 79. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K, Prometheus LernAtlas der Anatomie, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Thieme Verlag (2005)
 80. Shuler TE, Boone DC, Gruen GS, Peitzman AB (1995), Percutaneous iliosacral screw fixation: early treatment for unstable posterior pelvic ring disruptions. *J Trauma* 38(3): 453-8
 81. Siebler J, Hasley BP, Mormino MA (2010), Functional Outcomes of Denis Zone III Sacral Fractures Treated Nonoperatively. *J Orthop Trauma* 24(5)
 82. Siegmeth A, Müllner T, Kukla C, Vecsei V (2000), Begleitverletzungen beim schweren Beckentrauma. *Unfallchirurg* 103: 572-581

83. Smith HE, Yuan PS, Sasso R, Papadopolous S, Vaccaro AR (2006), An evaluation of image-guided technologies in the placement of percutaneous iliosacral screws. *Spine* 31: 234 –238
84. Stockle U, Konig B, Schaffler A, Zschernack T, Haas NP (2006), Clinical experience with the Siremobil Iso-C(3D) imaging system in pelvic surgery. *Unfallchirurg* 109(1): 30-40
85. Stockle U, Konig B, Schaser K, Melcher I, Haas NP (2003), CT and fluoroscopy based navigation in pelvic surgery. *Unfallchirurg* 106(11): 914-920
86. Stockle U, Krettek C, Pohlemann T, Messmer P (2004), Clinical applications--pelvis. *Injury* 35 Suppl 1: 46-56
87. Strange-Vognsen HH, Lebech A (1991), An unusual type of fracture in the upper sacrum. *J Orthop Trauma* 5: 200–203.
88. Suzuki T, Hak DJ, Ziran BH, Adams SA, Stahel PF, Morgan SJ, Smith WR (2009), Outcome and complications of posterior transiliac plating for vertically unstable sacral fractures. *Injury* 40(4): 405-9
89. Tayot O, Meusnier T, Fessy MH, Beguin L, Carret JP, Bejui J (2001), Unstable pelvic ring fracture: osteosynthesis of the posterior lesion by percutaneous sacroiliac fixation. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 87(4): 320-30
90. Templeman D, Schmidt A, Freese J, Weisman I (1996), Proximity of iliosacral screws to neurovascular structures after internal fixation. *Clin Orthop Relat Res* (329): 194-8
91. Tile M (1996), Acute Pelvic Fractures: I. Causation and Classification. *J Am Acad Orthop Surg* 4(3):143-151
92. Tile M, *Fractures of the pelvis and acetabulum*. Williams & Williams Verlag Baltimore (1984)
93. Tile M, Pennal GF (1980), Pelvic disruption: principles of management. *Clin Orthop Relat Res* 151: 56-64.
94. Tonetti J, Cazal C, Eid A, Badulescu A, Martinez T, Vouaillat H, Merloz P (2004), Neurological damage in pelvic injuries: a continuous prospective series of 50 pelvic injuries treated with an iliosacral lag screw. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 90(2):122-31
95. Tosounidis G, Culemann U, Wirbel R, Holstein JH, Pohlemann T (2007), Percutaneous sacroiliac lag screw fixation of the posterior pelvic ring.

- Increasing safety by standardization of visualization and insertion technique. Unfallchirurg 110(8): 669-74
96. Tötterman A, Glott T, Søbørg HL, Madsen JE, Røise O (2007), Pelvic trauma with displaced sacral fractures: functional outcome at one year. Spine (Phila Pa 1976) 1;32(13): 1437-43
 97. Tscherne H, Pohlemann T, Unfallchirurgie - Becken und Acetabulum. Springer 1998
 98. Tsiridis E, Upadhyay N, Giannoudis P (2006), Sacral insufficiency fractures: current concepts of management. Osteoporos Int 17: 1716–1725
 99. Vanderschot, P. (2007), Treatment options of pelvic and acetabular fractures in patients with osteoporotic bone. Injury 38: 497-508
 100. Weigel B, Nerlich M (2005), Praxisbuch Unfallchirurgie Band 1, 1. Aufl.
 101. Wirbel R, Mutschler W, Praxis der Unfallchirurgie - Verletzungen des Beckens. Springer 1999
 102. Young JW, Resnik CS (1990), Fracture of the pelvis: current concepts of classification. AJR Am J Roentgenol 155(6): 1169-1175
 103. Zwingmann J, Konrad G, Mehlhorn AT, Südkamp NP, Oberst M (2010), Percutaneous iliosacral screw insertion: malpositioning and revision rate of screws with regards to application technique (navigated vs. Conventional). J Trauma 69(6): 1501-6

8. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all denen danken, die zum Zustandekommen dieser Arbeit beigetragen haben:

Ich danke meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. med. W. Lehmann für die freundliche Überlassung des Themas, für zahlreiche Anregungen bei der Bearbeitung und die hervorragende, zuverlässige Betreuung.

Ebenso gilt der Dank meinem Betreuer Herrn Dr. med. F. Fensky, der mir jederzeit für Fragen bereit stand und mit seinen konstruktiven Anregungen und Beiträgen aus seiner klinischen Erfahrung diese Arbeit ermöglicht hat.

Ein besonderer Dank gilt meiner Freundin Anne, die mich stets motivierte, kritisch hinterfragte und immer an den Erfolg dieser Arbeit geglaubt hat.

Weiterhin danke ich Julia Nitz für ihre akribische Hilfe bei der Korrektur und Form dieser Arbeit.

Abschließend gilt der wichtigste Dank meinen Eltern. Ihr habt mich immer in jeder Lebenslage unterstützt, vieles für mich geopfert und ihr seid immer für mich da. Ohne Euch wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

9. Lebenslauf

Schulischer Werdegang	7.1990 – 6.1994	Grundschule Dieckhausschule Papenburg
	7.1994 – 6.1996	Orientierungsstufe Kirchscheule Papenburg
	7.1996 – 6.2003	Staatliches Gymnasium Papenburg
	06.2003	Abitur – Leistungsfächer Biologie und Deutsch
Zivildienst	8.2003 – 6.2004	Zivildienst am Marienkrankenhaus Papenburg in der zentralen Patienten- und Notaufnahme
Studium	10.2006 – 9.2008	Studium der Humanmedizin an der Ruprecht Karls Universität Heidelberg
	09.2008	1. Staatsexamen in Heidelberg
	10.2008 – 10.2012	Studium der Humanmedizin an der Universität Hamburg
	10.2012	2. Staatsexamen in Hamburg
Famulaturen	07.2009 – 09.2009	Marienkrankenhaus Papenburg – Klinik für Innere Medizin, Dr. Kruthaup
	03.2011 – 05.2011	Tagesklinik Oldenburg Gynäkologie/Anästhesie, Dr. Hennefründ, Dr. Peters
Praktisches Jahr	08.2011 – 12.2011	Schön Klinik Eilbek: Orthopädie und Unfallchirurgie
	12.2011 – 03.2012	Asklepios Klinik Barmbek: Allgemein- und Unfallchirurgie
	03.2012 – 07.2012	Israelitisches Krankenhaus Hamburg: Innere Medizin
Berufliche Tätigkeit	12.2012 – 03.2013	Assistenzarzt im Evangelischen Krankenhaus Alsterdorf in der Abteilung für Chirurgie und Orthopädie unter der Leitung von Dr. Bock-Lamberlin
	seit 03.2013	Assistenzarzt in der Asklepios Klinik Barmbek in der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie unter der Leitung von Dr. Gütschow

10. Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Hamburg, den

Unterschrift: