

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Universität Würzburg
König-Ludwig-Haus
Direktor: Professor Dr. med. Maximilian Rudert

**Operative Behandlung von Beckendiskontinuität bei liegender
Hüftendoprothese mittels asymmetrischem Pfannenimplantat mit intra- und
extramedullärer Fixierung**

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von
Stephan Frenzel
aus Wien (Österreich)

Würzburg, März 2022

Referent: Prof. Dr. Dr. Boris Holzapfel

Koreferent: Prof. Dr. Nicolas Schlegel

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 22. März 2022

Der Promovend ist Arzt.

Sophie
in Dankbarkeit
gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
1.1 ZIELSETZUNG DER VORLIEGENDEN ARBEIT	4
1.2 GRUNDLAGEN DER DIAGNOSTISCHEN ABKLÄRUNG BEI VERDACHT AUF BECKENDISKONTINUITÄT	5
1.3 ÜBERBLICK ÜBER KLASSIFIKATIONSSYSTEME ACETABULÄRER KNOCHENDEFEKTE	8
1.4 AUFKLÄRUNG DER PATIENT*INNEN FÜR GEPLANTE REVISIONSEINGRIFFE BEI BECKENDISKONTINUITÄT	12
1.5 ÜBER DAS VERWENDETE IMPLANTAT (REVISIO M DER FIRMA AQ SOLUTIONS)	13
1.6 GRUNDLAGEN DER OPERATIONSTECHNIK	19
1.7 ÜBERBLICK ÜBER DAS POSTOPERATIVE BEHANDLUNGSSCHEMA FÜR BERTOFFENE PATIENT*INNEN	24
2. MATERIAL UND METHODEN	26
2.1 ETHIKVOTUM	26
2.2 ALLGEMEINES	26
2.3 STATISTISCHE AUSWERTUNG	28
3. ERGEBNISSE	29
3.1 DAS IMPLANTATÜBERLEBEN	31
3.2 REVISIONEN UND KOMPLIKATIONEN	33
3.3 HARRIS HIP SCORE	35
3.4 VISUELLE ANALOGSKALA FÜR SCHMERZ	36
4. DISKUSSION	37
Erfassung und Differenzierung der Beckendiskontinuität	37
Mechanische Stabilität	37
Implantatüberleben und Notwendigkeit weiterer Revisionseingriffe	38
Anzahl der Revisionseingriffe in der Anamnese	39
Aseptische Lockerung	39
Vorbestehende periprothetische Infektion	40
Infektion als Komplikation	41
Hüftgelenksluxationen	42
Nervenschäden	43
Studienmodell und Anzahl der Eingeschlossenen Patient*innen	44
Nachuntersuchungszeitraum	45
Lebensalter der Betroffenen	45
Operationszeit	46
Harris Hip Score und visuelle Analogskala für Schmerz	47
Limitationen der vorliegenden Arbeit	48
Schlussfolgerungen und Ausblick	48
5. ZUSAMMENFASSUNG	50
6. LITERATURVERZEICHNIS	51
APPENDIX	57
I. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
II. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	
III. FRAGEBÖGEN	
IV. DANKSAGUNG	

1. Einleitung

Die Anzahl von implantierten Hüfttotalendoprothesen (THA) und auch der damit verbundenen Revisionseingriffe nimmt in den vergangenen Jahrzehnten weltweit stetig zu [1]. Auf die Situation in den Vereinigten Staaten von Amerika Bezug nehmend wurde im Jahr 2009 von Bozic et al. für den Zeitraum von 1990 bis 2030 ein Anstieg der Hüftrevisionen um 600% prognostiziert [2], ein Trend der in anderen Arbeiten in der Zwischenzeit bestätigt wurde [3]. Bevölkerungsbezogene Analysen lassen vermuten, dass in Deutschland zumindest für Patient*innen mit einem Lebensalter von über 70 Jahren in weiterer Folge ein Plateau erreicht sein könnte [4]. Unabhängig von der Entwicklung der allgemeinen Versorgungssituation ist in Kliniken mit einem in diesem Zusammenhang hohen Spezialisierungsgrad mit einer weiteren Zunahme der Anzahl an Revisionseingriffen zu rechnen [5]. Auch für das König-Ludwig-Haus in Würzburg wurde zwischen 2005 und 2015 ein Anstieg von Hüftrevisionseingriffen von über 200% dokumentiert [4]. Nach Angaben des Deutschen Endoprothesenregisters werden in den letzten Jahren knapp 25% der durchgeführten Revisionsoperationen an künstlichen Hüftgelenken aufgrund einer Lockerung der Hüftpfanne durchgeführt [6]. In diesem Zusammenhang ist bemerkenswert, dass nach einer stattgehabten Revisionsoperation die Betroffenen in der Folge ein höheres Risiko für die Notwendigkeit weiterer Operationen aufweisen - es ist also essentiell für diese Patient*innen eine möglichst optimale und langfristige therapeutische Lösung zu finden [7].

Prinzipiell stehen bei der chirurgischen Behandlung abhängig von der zu Grunde liegenden Pathologie zahlreiche unterschiedliche operative Zugänge und Revisionssysteme zur Verfügung, die in Zusammenschau mit der individuellen Situation der Patient*innen zu wählen sind. Größere knöcherne Defekte im Bereich des Beckens stellen dabei eine besondere Herausforderung dar [8, 9]. Eine Beckendiskontinuität (abgekürzt PD, auf Englisch „pelvic discontinuity“) bei Patient*innen mit einer liegenden Hüfttotalendoprothese ist gegenwärtig immer noch ein relativ seltener Befund, die Inzidenz nimmt jedoch auch hier in den vergangenen

Jahren stetig zu [10-12]. Besonders relevant ist dabei das Vorliegen einer PD im Zusammenhang mit der Planung von etwaigen Revisionsoperationen, da für die betroffenen Patient*innen das Risiko in der Folge weitere Operationen zu benötigen deutlich erhöht ist [7]. Die Beckendiskontinuität ist definiert als eine vollständige Trennung des Darmbeins nach oben vom ischiopubischen Segment nach unten und ist typischerweise ein chronischer Zustand bei fehlgeschlagenen Hüfttotalendoprothesen [13].

Die Knochenqualität, mit der man bei Patient*innen mit PD als Behandler*in konfrontiert wird, ist oft schlecht. Eine Vielzahl von Gründen kann einen acetabulären Knochenverlust verursachen, die häufigsten sind dabei: debris-induzierte Osteolyse, Infektionen, chronische Migration der Pfanne und iatrogenen Knochenverlust bei der Komponentenentfernung in der Revisionsendoprothetik, Osteoporose, rheumatoide Arthritis und weibliches Geschlecht [14-18].

Daher hängt die optimale Behandlung der PD vom verbleibenden Wirtsknochen, dem Heilungspotenzial sowie dem Potenzial für das Einwachsen der implantierten Komponenten ab [19]:

Es ist als Behandler*in auf eine stabile Frakturfixation, eine stabile Integration der Pfannenkomponente, die Wiederherstellung oder den Erhalt des Pfannenknorpelbestandes sowie die Wiederherstellung des ursprünglichen Rotationszentrums und des korrekten Offsets sowie der Gliedmaßenlänge abzielen [20, 21]. Wenn möglich, ist eine Stabilisierung der PD durch die implantierte Hüftpfannenkomponente selbst wünschenswert. Die Rekonstruktion des Acetabulums hängt vom Vorhandensein einer anterosuperioren und posteroinferioren Beckensäulenunterstützung für die Fixierung und Stabilität der Komponente ab [22]. Eine starre Frakturfixation ist entscheidend für eine erfolgreiche Behandlung der PD [23]: eine persistierende posteriore Säuleninstabilität führt z.B. zu einer Misserfolgsrate von bis zu 67% [24]. Damit es zu einem adäquaten Knocheneinwuchs kommt, muss die Rekonstruktion des Acetabulums Mikrobewegungen ebendort minimieren und das umgebende Milieu sollte biologisch aktiv bleiben [25].

Die Behandlung der PD kann aus all den genannten Gründen sehr herausfordernd sein. In den letzten Jahren wurden mehrere Behandlungsoptionen vorgeschlagen, um dieses komplexe Problem zu bewältigen [13, 26]: Die gängigsten Methoden sind eine hemisphärische Pfannenkomponente mit posteriorer Säulenverplattung, Pfannen-Käfig-Konstrukte (auf Englisch „cup-cage-constructs“, abgekürzt CCCs), „custom made triflange acetabular components“ (abgekürzt CTACs, auf Deutsch „individuell angefertigte Triflansch-Konstrukte“) und die Beckendistraktion. Die Verwendung einer acetabulären Distraktionstechnik mit einer Jumbo-Pfanne und modularen porösen Metall-Augmenten zur Behandlung von schwerem acetabulärem Knochenverlust und damit verbundener chronischer Beckendiskontinuität wurde 2012 von Sporer et al. vorgestellt [25].

In den folgenden Jahren wurde diese Methode auch im Rahmen anderer Berichte empfohlen [22, 27]: Das zugrunde liegende Prinzip besteht darin, die Diskontinuität zu adressieren, indem der Defekt expandiert und elastische Rückstoßkräfte erzeugt werden, um das poröse Metallkonstrukt zu komprimieren und eine stabile Situation zu erreichen. Ziel ist es, die Kompression um das Acetabulumimplantat zu optimieren. Durch die Verwendung von porösen Metallkomponenten wird ein knöchernes Einwachsen erleichtert [28, 29].

1.1 Zielsetzung der vorliegenden Arbeit

In dieser Arbeit werden die Ergebnisse einer Revisionstechnik beschrieben, die mehrere Merkmale verschiedener bekannter Behandlungsstrategien für PD nach Hüftendoprothetik kombiniert: Das von uns verwendete hochporöse Monoblock-Implantat ist asymmetrisch, die Beckendistraktion und die Rekonstruktion des anatomischen Rotationszentrums werden dabei durch eine distale Positionierung des Inserts erleichtert. Das Implantat ist mit einer extramedullären anatomisch geformten Lasche ausgestattet, die an der glutealen Oberfläche des Iliums fixiert wird. Eine zusätzliche Fixierung kann durch die Implantation eines intramedullären iliakalen Darmbeinzapfens erfolgen.

Wir berichten über die klinischen und radiologischen Ergebnisse sowie über die Überlebensrate des Implantats und die Komplikationsrate, die bei einer konsekutiven Gruppe von Patient*innen beobachtet wurden, die zwischen 2009 und 2017 am Lehrstuhl für Orthopädie der Medizinischen Universität Würzburg auf Grund einer PD behandelt wurden.

In diesem Zusammenhang haben wir folgende Aspekte im Besonderen herausgearbeitet:

- Das kumulative Gesamtüberleben der eingebrachten Implantate
- Das kumulative revisionsfreie Überleben der eingebrachten Implantate
- Die prä- und postoperativen Schmerzen der behandelten Patient*innen
- Die Funktionalität der betroffenen Hüftgelenke
- Einfluss der An- bzw. Abwesenheit einer lokalen Infektion im Bereich der betroffenen Beckenregion auf das Behandlungsergebnis
- Die dokumentierte Operationszeit im Rahmen der erfassten Revisionseingriffe

1.2 Grundlagen der diagnostischen Abklärung bei Verdacht auf Beckendiskontinuität

Die diagnostische Abklärung, welche routinemäßig am König-Ludwig-Haus bei Verdacht auf eine Lockerung bei liegender Hüfttotalendoprothese durchgeführt wird, folgt standardisierten Prinzipien die bereits wiederholt publiziert und beschrieben worden sind [30, 31]. Diese Abläufe sollen hier kurz zusammengefasst werden:

Eine ausführliche **Anamneseerhebung** ist essentiell - hier wird von den betroffenen Patient*innen als Leitsymptom zumeist über Schmerzen im betroffenen Hüftgelenk berichtet, welche nach Implantation einer Hüfttotalendoprothese auftreten. Je nach ursächlicher Pathologie treten diese nach einem unterschiedlich langen (zum Teil gänzlich asyptomatischen) Intervall nach H-TEP-Implantation auf. Bei chronischen Formen der PD ist in der Regel kein auslösendes Trauma erinnerlich.

Im Rahmen der **klinischen Untersuchung** wird die Beweglichkeit und Stabilität des betroffenen Hüftgelenkes überprüft. Positive Rüttel-, Rotations- und Stauchungsschmerzen können dabei richtungsweisend für eine Veränderung im Sinne einer PD sein.

Um die Beschwerden der Betroffenen standardisiert erfassen und dokumentieren zu können werden am König-Ludwig-Haus routinemäßig für alle Patient*innen, bei denen Hüftrevisionseingriffe durchgeführt werden, Harris Hip Scores und visuelle Analogskalen für Schmerz erhoben (siehe Anhang) [31]:

Der von W.H. Harris veröffentlichte Harris Hip Score (HHS) [32] dient zur Erfassung und Quantifizierung der Hüftgelenksfunktion, die unter Zuordnung eines Zahlenwertes zwischen 0 (geringste Bewertung) und 100 (bestmögliche Bewertung) dokumentiert wird. Dafür werden Fragen bezüglich etwaiger Schmerzen, der Funktionalität im Alltag, der Gehfähigkeit, dem Vorhandensein von Deformitäten sowie dem Ausmaß der Beweglichkeit gestellt und die jeweils am besten passende Antwort erfasst. Die dabei erhaltenen Werte lassen sich grob orientierend in folgende Kategorien zusammenfassen [31, 33]: unter 70 Punkten liegt ein schlechtes funktionelles Ergebnis vor. Ein Resultat

zwischen 70 und 80 entspricht einer mittelmäßigen Funktionalität. Ab einem Wert von 80 spricht man allgemein von einem guten und bei über 90 Punkten von einem exzellenten Ergebnis.

Die visuelle Analogskala für Schmerz ist eine im klinischen Alltag ebenso wie in der Fachliteratur international etablierte Methode um Schmerzen zu erfassen [34]. Dabei werden die Befragten gebeten auf einer geraden Linie zwischen den zwei Extremwerten „kein Schmerz“ und „stärkste vorstellbare Schmerzen“ die ihrem subjektiven Befinden am besten entsprechende Stelle zu markieren. Der Auswertende erfasst dann die dieser Angabe am besten entsprechende ganze Zahl zwischen 0 und 10 (wobei 0 der absoluten Schmerzfreiheit entspricht und 10 den stärksten vorstellbaren Schmerzen).

Die konventionelle **radiologische Abklärung** erfolgt bei begründetem Verdacht mittels Röntgenbildern des suspekten Gelenkes in zwei Ebenen [6]: es wird routinemäßig ein Beckenübersichtsbild sowie eine axiale Aufnahme des betroffenen Gelenkes (nach Lauenstein) angefertigt. Ein klinischer Verdacht auf PD ist mittels dieser basalen bildgebenden Maßnahmen in der Regel bereits nachweisbar, ganz allgemein ist bei liegender H-TEP immer auf Implantatwanderung bzw. -versagen, Saumbildungen, Osteolysen, Sklerosezonen und ggf. Veränderungen im Bereich eines etwaigen Zementmantels zu achten; wenn möglich ist es geboten solche Befunde im Zeitverlauf im Vergleich mit Vorbildern zu evaluieren [9, 35]. Konventionelle Röntgenbilder sind im Regelfall besonders gut geeignet für die Einschätzung etwaiger knöcherner Veränderungen im Bereich des Iliums, jedoch weniger sensitiv für die Beurteilung der hinteren Säule des Acetabulums [36]. In vielen Fällen können Ala- und Obturatoraufnahmen sowie Faux-Profile-Ansichten zusätzliche Informationen liefern [6, 37-39]. Gerade durch liegende Pfannenimplantate kann das Erkennen von periacetabulären Defekten auf konventionellen Röntgenbildern aber erschwert werden [40]. Auch wenn in der Vergangenheit bei unklarem nativradiologischem Befund bei Verdacht auf Lockerung liegender Implantate der zusätzliche Informationsgewinn mittels Computertomographie (CT) angezweifelt worden ist [41], hat sich die Durchführung einer CT-Untersuchung bei diesen Patient*innen mittlerweile etabliert [9]. Besonders für eine etwaige OP-Planung bei ausgeprägten Knochendefekten bzw. PD hat sich die Computertomographie als hilfreich erwiesen [42]: unter anderem wird

es dadurch möglich Defektzonen und Osteolysen dreidimensional zur Darstellung zu bringen und nicht zuletzt dadurch eine individualisierte OP-Planung durchzuführen.

Von besonderer Bedeutung ist des Weiteren eine adäquate **Infektabklärung** betroffener Patient*innen: labordiagnostischer Standard ist hier ein komplettes Blutbild inklusive Leukozytenzahl sowie eine Erhebung des CRP (C-reaktives Protein)- Wertes. Letzterer hat in Bezug auf das Vorliegen eines Infektgeschehens nachgewiesener Maßen hohe Sensitivität [43]. Falls durch diese labortechnischen Untersuchungen ein Infekt nicht sicher ausgeschlossen werden kann ist eine Punktion des betroffenen Gelenks unter Bildwandlerkontrolle durchzuführen. Werden im gewonnenen Punktat eine Leukozytenzahl von über $0,5 \times 10^9/l$ bei einem Anteil neutrophiler Granulozyten von über 65% nachgewiesen ist von einer Protheseninfektion auszugehen [44]. Bei erfolgreichem Infektnachweis hat dies für die Behandlungsstrategie und das zu erwartende Ergebnis der betroffenen Patient*innen einen großen Einfluss - ein Umstand der in der Literatur gut dokumentiert ist und im Bedarfsfall mehrzeitige operative Behandlungsstrategien notwendig machen kann [45]. Auf Grund der großen Bedeutung der adäquaten Behandlung bei Vorliegen einer periprothetischen Infektion wird am König-Ludwig-Haus routinemäßig folgender standardisierter Behandlungspfad verfolgt [46, 47]: Es werden bei jeder Revision regelhaft mehrere intraoperative Gewebeproben (n=3-5) gewonnen - unabhängig davon, ob sie a priori als septisch oder aseptisch eingestuft wird. Nach der Entfernung von Implantaten wird ein gründliches Debridement durchgeführt, gefolgt von einer ausgiebigen Spülung der knöchernen Oberflächen mit Antiseptika. Das Einbringen einer Revisionsprothese bei persistierender lokaler Infektsituation sollte unbedingt vermieden werden [26]. Im Falle einer Infektion wird daher ein von den Operateuren vor Ort geformter maßgeschneiderter Platzhalter („Spacer“) eingebracht, der mit Antibiotika imprägniert ist. Der Platzhalter verbleibt in der Regel für 6 Wochen in situ, ohne dass ein „Antibiotikurlaub“ (auf Englisch „antibiotic holiday“) - also ein Pausieren der antimikrobiellen Therapie - durchgeführt wird. Mit Ablauf dieser Zeit wird das weitere Vorgehen sowie ein weiterer Revisionseingriff geplant.

1.3 Überblick über Klassifikationssysteme acetabulärerer Knochendefekte

In der Literatur der vergangenen Jahrzehnte lassen sich zahlreiche verschiedene Klassifikationen zur systematischen Beschreibung acetabulärer Knochendefekte bei liegender HTEP finden [6, 48-52].

Grundsätzlich können dabei zwei Arten von Systemen unterschieden werden [53]: Komplexere Klassifikationen, welche die Möglichkeit bieten, den vorliegenden Defekttyp radiologisch im Detail zu erfassen (wie beispielsweise von Paprosky und D'Antonio beschrieben)- so wird eine detailliertere Planung der weiteren Therapie ermöglicht, aber ihre Komplexität trägt zu einer schlechten Inter- und Intrarater-Reliabilität bei [54]. Einfachere Klassifikationssysteme fassen im Gegensatz dazu weniger der relevanten Informationen zusammen, ihre Ergebnisse sind jedoch verlässlicher reproduzierbar [42].

Auffällig sind die regelhaft auftretenden grundsätzlichen Ähnlichkeiten dieser Klassifikationssysteme, wobei jeweils ein eigenes Einstufungsschema - von leichten bis zu schweren Knochendefekten reichend - vorgeschlagen wird [54]: Die in der Gegenwart etabliertesten und am meisten angewendeten Klassifikationen gehen auf James A. D'Antonio bzw. Wayne G. Paprosky zurück.

1989 publizierten D'Antonio et al. das Klassifikationssystem gemäß der Amerikanischen Akademie orthopädischer Chirurgen (auf Englisch „American Academy of Orthopedic Surgeons“, abgekürzt AAOS) [55], die in weiterer Folge modifiziert wurde [56]. Diese **Klassifikation nach AAOS** unterscheidet dabei folgende Defekttypen:

Typ I beschreibt segmentale Defekte mit Knochenverlusten in der stützenden Hemisphäre des Acetabulums bzw. im Bereich der medialen Wand.

Typ II umfasst die kavitären Schäden der acetabulären Höhle bzw. auch der medialen Wand.

Defekte des Typs I und II können prinzipiell entweder peripher (sprich superior, anterior oder posterior) oder zentral verortet sein. Bei zentral gelegenen segmentalen Defekten ist die mediale Wand oder der mediale Acetabulumrand allerdings nicht vollständig erhalten- man spricht in diesen Fällen von Defekten des **Typ IB bzw. IIB**.

Dahingegen spricht man von peripheren Schäden wenn eine Aushöhlung der medialen Wand vorliegt, der mediale Rand jedoch intakt ist- auch hier werden **Typ IA bzw. Typ IIA** unterschieden.

Typ III fasst verschiedene Kombinationen aus Defekten des Typs I und II zusammen.

Typ IV beschreibt das Vorliegen einer Diskontinuität des betroffenen Beckens: eine gänzliche Trennung zwischen superioren und inferioren Anteilen des Acetabulums (PD).

Typ V umfasst schließlich jene Fälle, in denen eine Arthrodeese (also eine operative Versteifung) des zu beschreibenden Gelenks vorgefunden wird.

Für die 1994 veröffentlichte Einteilung gemäß der **Klassifikation nach Paprosky** [57] muss die vorhandene Bildgebung der Patient*innen in Hinblick auf das mögliche Vorliegen folgender Veränderungen kritisch überprüft werden:

- Hinweis auf Veränderung des Drehzentrums in Bezug auf die obere Obturator-Linie bzw. Migration des liegenden Implantates
- Hinweise für Defekte im Bereich des hinteren Pfeilers wie Osteolysen im Os Ischii
- Beschädigung der Tränenfigur als Hinweis auf eine Instabilität der medialen Wand
- Zerfall der Köhlerlinie als Hinweis für eine Migration des Implantates in Richtung des kleinen Beckens [25]

Anhand dieser Gesichtspunkte können folgende Gruppen und Untergruppen nach Paprosky gebildet werden:

Typ I zeigt keinen Hinweis für eine Implantatwanderung, die stützenden acetabulären Strukturen sind intakt. Die Tränenfigur kommt vollständig zur Darstellung, es finden sich keine Osteolysen im Bereich des hinteren Pfeilers.

Typ II fasst all jene Defekte zusammen, bei denen eine Schädigung des Acetabulumdaches bzw. der medialen Wand bei erhaltener anteriorer und posteriorer Säule mit einer Verlagerung des Drehzentrums von maximal zwei Zentimetern vorliegt. Folgende Untergruppen sind dabei zu unterscheiden: **Typ IIA** beschreibt eine Implantatwanderung nach cranial mit Osteolysen im Bereich des Pfannendaches, es resultiert eine ovale acetabuläre Defektzone. Von einem **Typ IIB** wird gesprochen,

wenn zusätzlich ein Defekt im Bereich des lateralen Acetabulumdaches vorliegt und eine superolaterale Implantatmigration resultiert. Wenn eine unvollständige Tränenfigur darüber hinaus auf Schäden der medialen Wand hinweist liegt ein Defekt vom **Typ IIC** nach Paprosky vor, in diesen Fällen wandert das liegende Implantat nach medial in Richtung des kleinen Beckens.

Bei größeren Beschädigungen des Pfannendaches bzw. der stützenden Strukturen mit einer Implantatwanderung von mehr als zwei Zentimetern folgt die Einteilung als **Typ III** nach Paprosky: **Typ IIIA** beschreibt eine superolaterale Migration bei erhaltenem medialen Anteil der Tränenfigur. **Typ IIIB** umfasst jene Fälle, bei denen es zu einer vollständigen Zerstörung der Tränenfigur mit Osteolysen im Bereich des Os ischii sowie einer Implantatwanderung nach superomedial kommt.

Beispielhaft für die in der Gegenwart immer noch andauernden Suche nach einer bestmöglichen Klassifikation acetabulärer Defekte (auch in Hinblick auf einen daraus ableitbaren Therapiealgorithmus) sollen hier zwei rezent publizierte Arbeiten kurz umrissen werden:

Der im Rahmen der präoperativ durchgeführten radiologischen Abklärung vermutete acetabuläre Knochendefekt entspricht nicht immer den intraoperativ festgestellten Schäden [54] - ein Umstand, den unter anderem Gozzard et al. auf eine zu niedrige Reliabilität der angewendeten Klassifikationssysteme zurückführen [58]. Paprosky et al. interpretieren diese Abweichungen hingegen als zusätzliche Schäden, welche im Rahmen der chirurgischen Entfernung der liegenden Implantate gesetzt werden [59]. Es konnte allerdings gezeigt werden, dass die Verlässlichkeit der Klassifikation stark davon abhängt, wie vertraut die Anwender mit dem in Frage stehenden Klassifikationsschema sind [40, 60]. Das von den Autoren Ghanem et al. im Jahr 2020 vorgeschlagene Klassifikationssystem [6] fokussiert gänzlich auf die intraoperativ festgestellten Schäden und unterscheiden folgende Gruppierungen: **Typ I** umfasst all jene Defekte, bei denen eine 3-Punkt-Fixierung eines eingebrachten Implantates innerhalb der Grenzen der Acetabulumwand bei halbkugelförmiger Konfiguration des Acetabulums möglich ist. Von einem **Typ II** wird bei einer möglichen 3-Punkt-Fixierung innerhalb der Grenzen der Acetabulumwand bei kavitärer/ovaler

Konfiguration des Acetabulums gesprochen. Bei **Typ III**- Defekten ist eine 3-Punkt-Fixierung eines Implantates innerhalb der Grenzen der Acetabulumwand nicht mehr möglich, es liegt eine kavitätäre Konfiguration des Acetabulums mit starkem Knochenverlust oder Beckendiskontinuität vor. Schäden des **Typ IV** liegen schließlich vor, wenn eine 3-Punkt-Fixierung innerhalb der Grenzen der Acetabulumwand auf Grund einer Beckendiskontinuität mit großem Knochenverlust und ausgeprägter Zerstörung des Beckenknochens unmöglich ist. Je nach Defekttyp empfehlen die Autoren unterschiedliche Implantate, die im Rahmen des Revisionseingriffes planmäßig zur Anwendung kommen sollen [6].

Wirtz et al. haben im Jahr 2020 die acetabuläre Defektklassifikation (auf Englisch „acetabular defect classification“, abgekürzt ADC) vorgeschlagen [9], die im Wesentlichen auf der Integrität des Acetabulumrandes und der relevanten Stützstrukturen abzielt. Es werden vier Hauptdefekttypen mit aufsteigendem Schweregrad - mit einer zusätzlichen Unterteilung in a, b und c um die Defektlokalisation jeweils näher eingrenzen - unterschieden: **Typ 1 nach ADC** fasst alle Defekte des Acetabulums mit einem intakten Pfannenrand zusammen, **Typ 2** beschreibt einen Defekt des Pfannenrandes ≤ 10 mm, bei **Typ 3 nach ADC** übersteigt der Randdefekt 10 mm und **Typ 4** beinhaltet verschiedene Arten der Beckendiskontinuität (PD). In Abhängigkeit vom festgestellten Defekttyp wird auch bei dieser Klassifikation eine Empfehlung bezüglich der im Rahmen eines Revisionseingriffes zu verwendenden Implantate abgegeben. Wirtz et al. wollen damit eine intuitive, reproduzierbare und dabei zuverlässige Leitlinie für die Bewertung und Behandlung von Acetabulumdefekten einführen. Dafür wurden sowohl präoperative Einstufungen als auch intraoperative Befunde von Defekten erfasst und verglichen; darüber hinaus wurde für die Beurteilung der Reproduzierbarkeit die Inter- und Intra-Rater-Übereinstimmung erhoben [9].

Inwieweit diese rezenten Klassifikationssysteme sich allgemein etablieren werden können ist derzeit noch nicht abschätzbar.

1.4 Aufklärung der Patient*innen für geplante Revisionseingriffe bei Beckendiskontinuität

Die Aufklärung der betroffenen Patient*innen vor einer elektiven operativen Revision bei Beckendiskontinuität muss ausführlich und gründlich erfolgen und es sollten neben der Besprechung der spezifischen Eigenschaften des Implantates, das planmäßig eingebracht werden soll, jedenfalls die folgenden Punkte im Detail erörtert werden [26, 61]:

- Allgemeine Operationsrisiken (wie beispielsweise Thrombose, Embolie, Gefäß- und Nervenverletzung, Nachblutungen, lokale bzw. fortgeleitete Infektionen)
- Risiko der Hüftgelenksluxation
- Implantatlockerung bzw. Implantatversagen, eventuell mit Entstehung von Abriebpartikeln oder Knochendefekten verbunden
- Möglichkeit der Entstehung von periprothetischen Frakturen
- Mögliche Beinlängendifferenz mit ggf. notwendigem Beinlängenausgleich
- Weichteil- bzw. Muskelschädigung mit postoperativ eventuell hinkendem Gangbild
- Periartikuläre Ossifikationen mit der Möglichkeit von Beschwerden bzw. Bewegungseinschränkungen
- Bei Hinweis auf (persistierende) periprothetische Infektion ggf. Implantation eines antibiotikahaltigen Platzhalters und Notwendigkeit eines mehrzeitigen operativen Vorgehens
- Abhängig von der intraoperativen Situation eventuell Mobilisierung mit maximal Teilbelastung der betroffenen Extremität für bis zu 12 Wochen postoperativ
- Implantatkorrosion, Implantatallergie

1.5 Über das verwendete Implantat (REVISIO M der Firma AQ Solutions)

Das Grundprinzip der Verwendung von Kranialpfannen in der Endoprothetik wurde in den achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts etabliert [31]: Durch oval geformte, nach kranial reichende Aufsockelung als Adaptation bereits existierender Pfannensysteme wurden standardisierte Revisionsimplantate entwickelt. Durch kraniale Aufsockelung bzw. ovale Formgebung konnte in vielen Fällen eine Defektdeckung auch ohne vollständig erhaltener tragfähiger knöcherner Zirkumferenz des Acetabulums erzielt werden [26, 62-64]. Die in computertomographischen Untersuchungen erhobenen Datensätze dienten als Basis für die anatomische Formgebung der zusätzlich angebrachten Beckenlaschen [65]: Durch diese Lasche entsteht eine vorgegebene Ausrichtung der Pfanne, es können zusätzliche Schrauben eingebracht und damit die Stabilität des gesamten Konstruktes erhöht werden. Der modulare Darmbeinzapfen basiert auf dem von Ring im Jahr 1968 beschriebenen Stiel, mit dessen Hilfe das von ihm beschriebene Pfannenimplantat im Os ilium verankert wird [31].

Das im Rahmen dieser Arbeit beschriebene Revisionssystem REVISIO M mit Lasche und Darmbeinzapfen wird von der Firma AQ Solutions GmbH (50354 Hürth, Deutschland) hergestellt [66] (siehe Abbildung 1):



Abbildung 1: REVISIO M Pfanne mit Lasche und modularem Darmbeinzapfen (mit freundlicher Genehmigung von AQ Solutions GmbH)

Das Implantat wird im Metallgussverfahren hergestellt. Der Prozess beginnt mit einem soliden Modell der Hüftpfannenkomponente aus mikrokristallinem Wachs. An der Oberfläche des Wachsmodells werden dann kleine hexapodale Polymerstrukturen (2,5 mm) fixiert (siehe Abbildung 2).



*Abbildung 2: Links: Wachsmodell des Implantats mit kleinen hexapodalen Polymerformen an der Oberfläche
Rechts: Oberfläche des fertigen Monoblock-Implantats (mit freundlicher Genehmigung von AQ Solutions GmbH)*

Aus diesem Modell wird über Sinterprozesse eine Negativform aus Keramik hergestellt. Mit Hilfe dieser Form wird dann eine Kobalt-Chrom-Molybdän-Legierung gegossen und das in dieser Arbeit beschriebene Monoblock-Implantat hergestellt. In einem letzten Arbeitsschritt wird das Implantat mit Titan-Niob beschichtet. Die hexapodalen Formen an der Oberfläche sorgen für eine relativ hohe "Kratzfestigkeit" (auf Englisch "scratchy stability") und reduzieren somit die Verschiebung des Bauteils durch die Verzahnung mit dem umgebenden Knochen. Andererseits erlauben diese dünnen Strukturen ein hohes Maß an elastischer Verformung und bieten eine günstige Oberfläche für das Einwachsen des umgebenden Knochens, also die Osseointegration [67, 68]. Die Lasche des Implantats ist ebenso wie der Rand der Pfanne glatt gestaltet um eine Reizung der umgebenden Strukturen inklusive der Iliopsoassehne zu minimieren. Zu bedenken ist auch, dass im Gegensatz zu trabekulären Metallpfannen der Hauptkörper der hier beschriebenen Pfanne nur sehr wenig Verformung zulässt [66].

Das REVISIO M- System ist in Außendurchmessern von bis zu 82 mm verfügbar, sämtliche Implantatgrößen weisen eine Aufsockelung von 6mm nach kranial auf (siehe Abbildung 3).

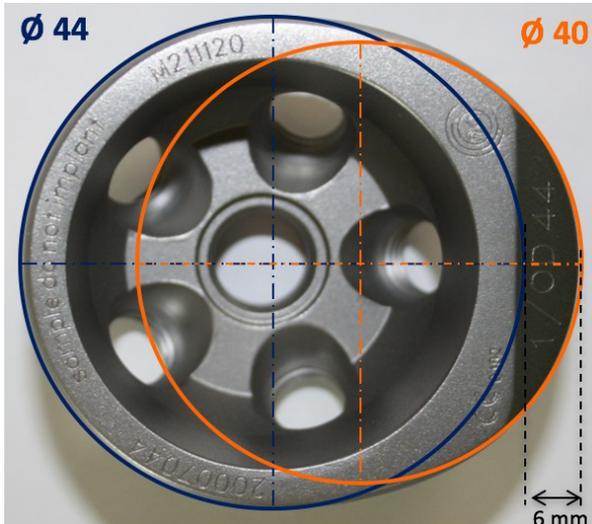


Abbildung 3: Design der REVISIO M Pfanne (mit freundlicher Genehmigung von AQ Solutions GmbH)

Der modulare Darmbeinzapfen ist in folgenden Längen erhältlich: 30, 50 und 70 mm. Das Einbringen des Zapfens erfolgt in passendem Winkel in die zuvor bereits implantierte Pfanne. Anschließend wird eine Sicherungsschraube im Bereich der Basis des Darmbeinzapfens eingebracht (siehe Abbildung 4). Das Einbringen eines Darmbeinzapfens erhöht die Stabilität des gesamten Konstrukts durch folgende Mechanismen [31]: So wie die Pfanne ist auch der Zapfen in Press-Fit-Technik einzubringen (der Durchmesser des Zapfens ist daher 0,5mm größer als der dafür vorgebohrte Kanal). Durch die Finnen des Zapfens wird etwaigen Rotationsbewegungen des Implantats entgegengewirkt. Schließlich wird durch seine mikroporöse Oberfläche die sekundäre Festigkeit des Konstruktes gesteigert.

Das Inlay des hier beschriebenen Implantats wird aus Polyethylen (PE) angefertigt. Es kann im Bedarfsfall mit einer asymmetrischen Erhöhung gewählt werden und damit bis zu einem gewissen Grad zum Ausgleich bei vermehrter Pfanneninklination bzw. verminderter Pfannenanteversion dienen [26, 66].

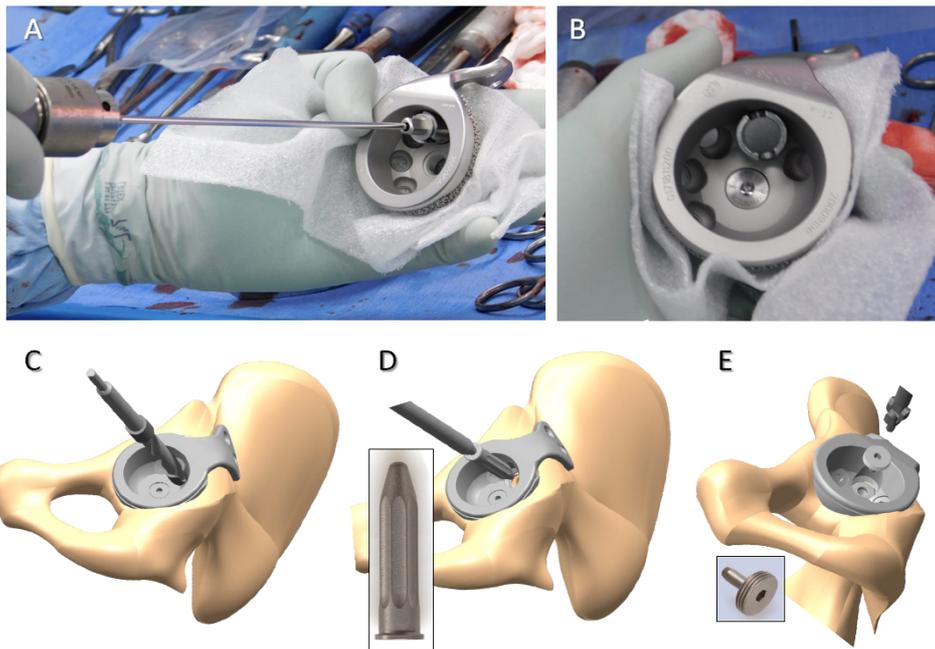


Abbildung 4: *A) Im Innenteil der Pfanne befinden sich mehrere Schraubgewinde. Eines davon ist größer, um den iliakalen Schaft aufnehmen zu können. Dieses größere Schraubengewinde kann mit einer Bohrführung besetzt werden, in die ihrerseits eine Führung zum Vorbohren eines 3 mm starken Bohrdrabtes montiert werden kann. Nun kann dieser Bohrdraht eingebracht und unter Bildwandlerkontrolle vorgebohrt werden, um seine korrekte Lage zu gewährleisten. B) Wenn der Operateur mit der Position des Bohrdrabtes zufrieden ist, können der Draht selbst und seine Führung entfernt werden, so dass nur noch die Führung für den Darmbeinzapfen-Bohrer verbleibt. C) Der Durchmesser des Bohrers beträgt 10 mm. Für jede vorhandene Zapfenlänge ist ein separater Bohrer erhältlich, der es dem Operateur erlaubt, für die passende Länge vorzubohren. Dies kann bei Bedarf unter Bildwandlerkontrolle erfolgen. D) Der Zapfen selbst hat einen Durchmesser von 10,5 mm und besteht aus TiAL6V4. Der Darmbeinzapfen ist nicht porös, sondern massiv und in drei verschiedenen Längen erhältlich (30, 50 und 70 mm). E) Nach dem Einschlagen des Zapfens wird dieser mit einer Titanschraube fixiert. (mit freundlicher Genehmigung von AQ Solutions GmbH)*

Das REVISIO M- System kann grundsätzlich zur Behandlung nahezu aller periacetabulärer Defekte eingesetzt werden, die Verwendung ist allerdings in jenen Fällen vorsichtig zu erwägen, in denen die PD mit einem großen "up-and-out"-Defekt (Paprosky Typ IIIA nach oben und außen) kombiniert ist, bei welchen der Defekt weit über die Incisura ischiadica major hinausreicht [69]:

Ein großer Paprosky-Typ-III-A-Defekt in Kombination mit PD ist selten, da Implantate, die nach oben und außen wandern, selten eine Beckendiskontinuität verursachen. Der größte cranio-caudale Durchmesser der verfügbaren REVISIO M- Pfannen beträgt 82 mm (siehe Abbildung 5), so dass dieses System nicht für die Behandlung von Defekten mit einem Durchmesser von mehr als 80 mm geeignet ist. In solchen Fällen ist CCCs

oder CTACs der Vorzug zu geben. Bei CTACs kann ein größerer Durchmesser des Hauptkörpers der Komponente gewählt werden, wodurch es möglich ist, den Defekt der posterioren Säule zu überbrücken und das anatomische Rotationszentrum auch bei sehr großen knöchernen Schäden zu rekonstruieren.

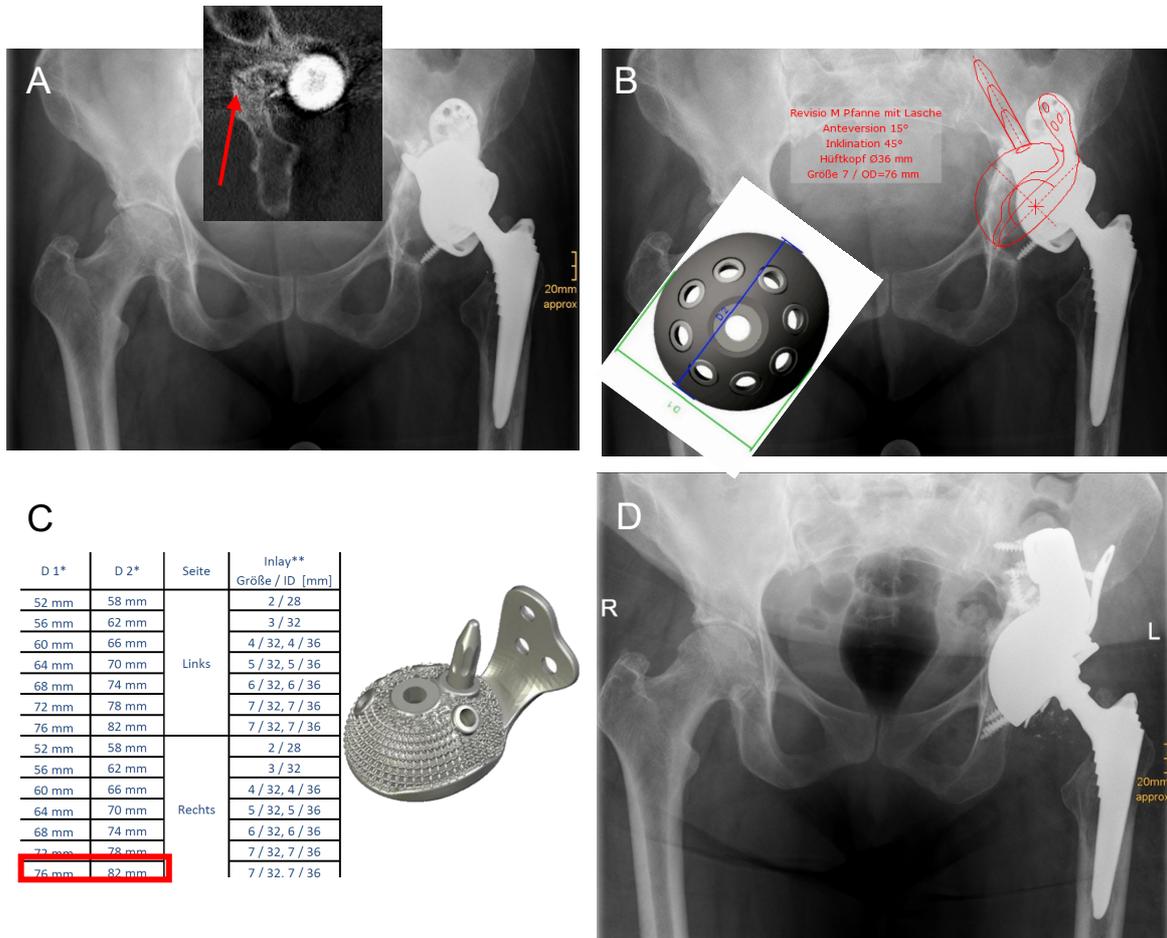


Abbildung 5: Grenzen des REVISIO M- Revisionssystems: **A)** Eine 73-jährige Patientin mit aseptischer Lockerung eines CTAC und Nonunion der posterioren Säule nach mehreren vorhergehenden andernorts durchgeführten Revisionseingriffen (es liegt eine PD in Verbindung mit einem großen Paprosky Typ IIIA Defekt vor, der weit über die Incisura ischiadica hinausreicht) **B)** Die präoperative Planung ergab, dass in diesem Fall eine REVISIO M-Pfanne nicht geeignet wäre, um den Defekt adäquat zu behandeln, da die korrekte Positionierung von Lasche und Darmbeinzapfen eine Medialisierung und Kranialisierung des Implantates erfordern würde. Zu diesem Zweck hätte noch vorhandener Knochen entfernt werden müssen. **C)** Der größte verfügbare Durchmesser der Pfanne beträgt 76(a/p) / 82(cranio-caudal) mm, wodurch sie sich nicht für die Behandlung sehr großer Defekte wie etwa in diesem Beispiel eignet. **D)** Bei solchen Defekten verwenden wir CCCs oder CTACs. Der Patient in diesem Beispiel wurde mit einer 80-mm- Revisionsschale, einem Augment, einem Käfig mit kurzer Lasche und einer Dual-Mobility-Pfanne behandelt (HHS: 29 präoperativ, 88 postoperativ; OP-Zeit 203 min). (mit freundlicher Genehmigung von AQ Solutions GmbH)

Die trabekulären Metallschalen, die für CCCs verwendet werden, sind gegenwärtig ebenfalls bis zu einem Durchmesser von maximal 80 mm erhältlich, können aber vergrößert werden, so dass auch Defekte, die in der crania-caudalen Dimension größer als 80 mm sind, behandelt werden können. Wie in Abbildung 5 dargestellt, könnte das REVISIO M- System theoretisch auch in solchen Fällen verwendet werden, folgendes ist jedoch dabei zu bedenken: umso kranialer und lateraler der Defekt („up-and-out“), desto schwieriger wird es, den Darmbeinzapfen korrekt zu positionieren und desto mehr eventuell noch erhaltener Knochen muss in medialer und kranialer Richtung für die notwendige Präparation abgetragen werden.

1.6 Grundlagen der Operationstechnik

Im Jahr 2010 haben Rudert et al. eine detaillierte Anleitung für die Implantation eines Kranialpfannensystems veröffentlicht [26]. Die dabei beschriebenen Schritte gelten im Wesentlichen unverändert für die Implantation des im Rahmen dieser Arbeit beschriebenen Revisionssystems.

Prinzipiell ist bei Revisionseingriffen – auch in Fällen von Beckendiskontinuität - immer zunächst der im Zuge der Voroperationen gewählte Zugang zu erwägen [31]. Das hier beschriebene Implantat kann grundsätzlich über jeden etablierten chirurgischen Zugang zum Hüftgelenk erfolgreich eingebracht werden: So wurde unabhängig von der in dieser Arbeit beschriebenen Gruppe von Patient*innen das REVISIO M-System am König-Ludwig-Haus wiederholt über einen adaptierten anterioren operativen Zugang (als Leitstruktur dient hier unter anderem das Fenster zwischen Musculus tensor fasciae latae und Musculus sartorius [70]) zum Hüftgelenk eingebracht [71].

Bei allen Patient*innen, die für diese Arbeit nachuntersucht worden sind, wurde ein anterolateraler operativer Zugangsweg zum betroffenen Hüftgelenk gewählt, die dabei wesentlichen Schritte sollen hier kurz gefasst wiedergegeben werden [26]:

Nach dem Setzen des Hautschnittes und dem Spalten der Faszie wird zwischen Musculus tensor fasciae latae und Musculus gluteus medius in die Tiefe präpariert und anschließend eine eventuell vorhandene ventrale Pseudokapsel exzidiert sowie lokales Narbengewebe reseziert bis das betroffene Hüftgelenk luxiert werden kann.

Nun wird eine dorsolaterale Luxationstasche im Bereich des Iliums präpariert: wenn der femorale Anteil der liegenden Prothese erhalten bleibt kann hier nach erfolgter Hüftgelenksluxation der proximale Anteil des Femurs platziert werden. In weiterer Folge wird dann zu einem späteren Zeitpunkt in dieser Region auch die Lasche des REVISIO M-Systems positioniert. Um einen guten Überblick über die Acetabulumregion zu gewährleisten kann ein Pfannenbodenhaken hilfreich sein (siehe Abbildung 6).

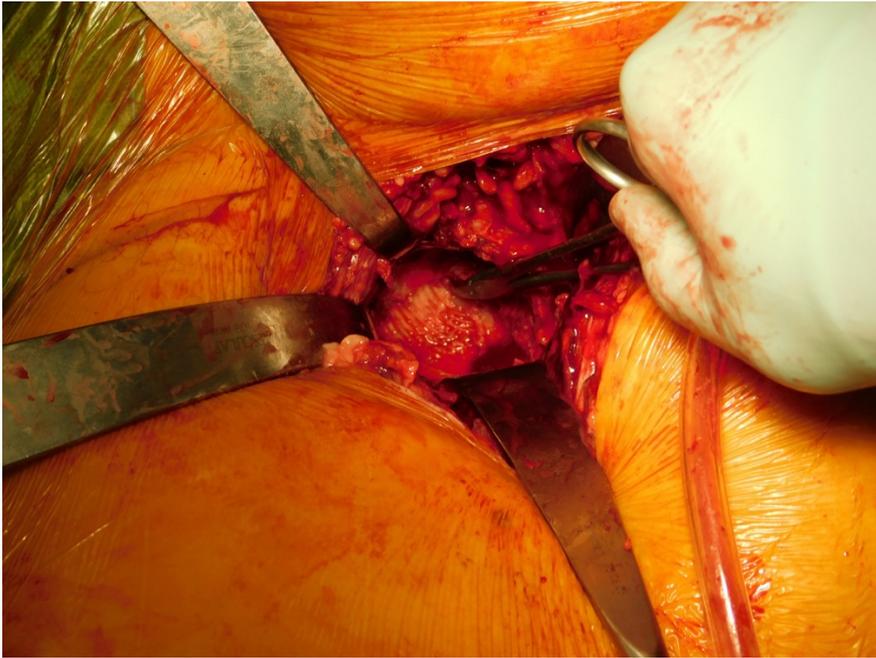


Abbildung 6: Intraoperative Darstellung des Acetabulums mit Hilfe entsprechend positionierter Haken

Nachdem eine adäquate Übersicht über die Acetabulumregion hergestellt werden konnte wird nun das liegende Pfannensystem entfernt: zunächst Extrahieren des Inlays (dies gelingt in der Regel mit Hilfe eines Meißels oder durch Einschrauben einer Spongiaschraube). Etwaige Schrauben im Bereich der liegenden Pfanne müssen anschließend ausgedreht und entfernt werden. Zeigt sich die Pfanne nicht bereits deutlich gelockert wird sie nun beispielsweise unter Zuhilfenahme von gekrümmten Rundmeißeln unter größtmöglicher Schonung der noch vorhandenen Knochensubstanz extrahiert. Eventuell vorhandener Knochenzement ist ebenso wie Granulationsgewebe oder etwaiger Metallabrieb gründlich zu entfernen. Ausgiebige Spülung auch mit Antiseptika.

Anschließend erfolgt das stufenweise Auffräsen des Pfannenlagers für die REVISIO M-Pfanne. Hierbei ist es entscheidend bei adäquater Präparation für die Pfanne möglichst viel der vorgefundenen Knochenstruktur zu erhalten [66]:

Nach gründlichem Débridement wird dabei das Acetabulum so weit distal wie möglich mit Reibahlen (Englisch: reamer) in aufsteigender Größe präpariert. Testpfannen und Originalimplantate sind beide asymmetrisch und weisen zwei überlappende Radien auf, wobei der kaudale Radius 6 mm größer ist als der kraniale (siehe Abbildung 3). Das spätere Rotationszentrum der Hüfte entspricht dem Zentrum des kaudalen und größeren Radius. Die erste Probepfanne sollte 2 mm größer sein als die letzte Reibahle, um eine

gewisse Fixierung zu erreichen, falls noch knöcherne Elemente der anterioren oder posterioren Acetabulumstrukturen vorhanden sind. Durch die Asymmetrie der Pfanne und ihre größere kraniokaudale Ausdehnung ist es jedoch möglich, eine stabile Fixierung zu erreichen, indem der Spalt zwischen dem Os ilium und dem ischiopubischen Segment vergrößert wird, dieser Aufspanneffekt kann mittels Bildwandler kontrolliert werden (siehe Abbildung 7).

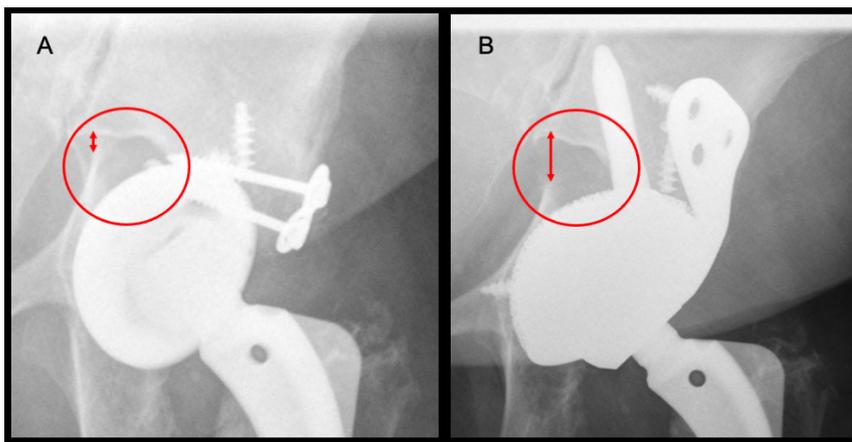


Abbildung 7: Nativradiologisch erkennbare Differenz der Spaltgröße zwischen Os ilium und ischiopubischen Segment vor (A) und nach (B) Revision und Implantation einer REVISIO M- Pfanne mit Darmbeinzapfen

Vor dem endgültigen Einbringen der Pfanne können etwaige kavitätäre Defekte des Beckens mit autologen oder hämatologischen morselisierten Knochentransplantaten aufgefüllt werden, falls dies für sinnvoll erachtet wird. Bei der Implantation der Originalkomponente wird die Lasche des REVISIO M- Systems bündig zur glutealen Oberfläche des knöchernen Darmbeinflügels positioniert (siehe diesbezüglich auch Abbildung 4).

Für die korrekte Positionierung der Lasche wird ein Cobb-Elevator zur Hilfe genommen, um eventuell noch anhaftendes Weichteilgewebe stumpf von der glutealen Oberfläche des Darmbeins abzuschieben. Es ist darauf zu achten, die Lasche nicht zu weit posterior zu positionieren, da dann der Pfannenkörper zu sehr antevertiert zu liegen kommt, wodurch später eine anteriore Dislokation oder ein Impingement zwischen dem dorsalen Rand der REVISIO M- Komponente und dem proximalen Femurende resultieren kann. Zielwert ist eine Anteversion der Pfanne von 15- 20 Grad sowie ein lateraler Inklinationwinkel von knapp 45 Grad [31].

Nun können je nach lokaler Situation 6,5-mm-Spongiosaschrauben im Bereich der vorgegebenen Öffnungen in Schale und Lasche eingebracht werden. Falls nötig kann nun wie in Abbildung 4 schematisch dargestellt der Darmbeinzapfen implantiert werden (siehe auch Abbildung 9). Anschließend wird ein Inlay der Wahl in typischer Weise eingebracht und auf seine adäquate Stabilität geprüft.

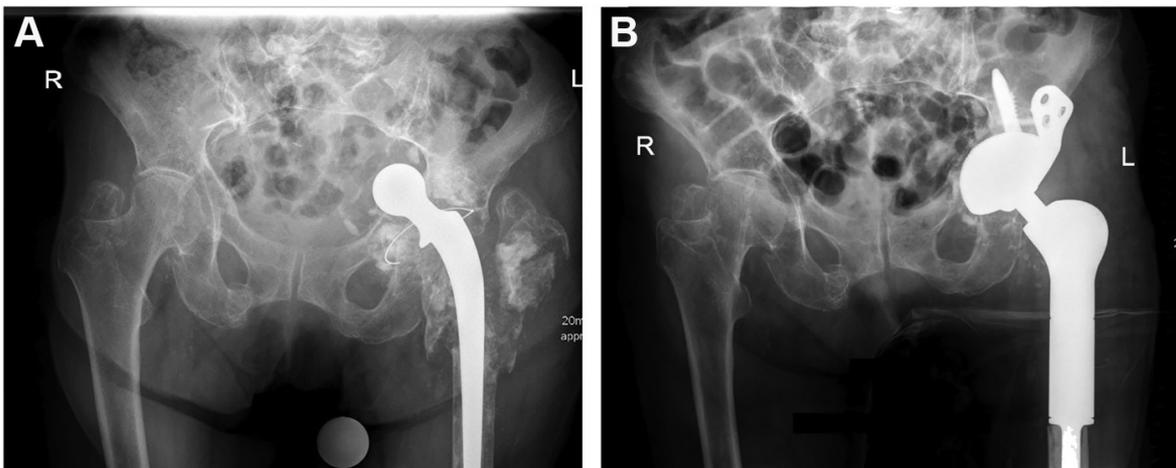


Abbildung 8: (A) Eine 90-jährige Patientin mit ausgeprägten periprothetischen Osteolysen und chronischer Beckendiskontinuität aufgrund von Abriebspuren (Typ IVB- Defekt nach AAOS). Die abgenutzte zementierte Polyethylenpfanne und der zementierte Monoblockschaft waren 26 Jahre zuvor implantiert worden. (B) Beckenübersichtsbild 6 Monate postoperativ mit gut fixiertem Acetabulumimplantat und fortschreitender knöcherner Überbrückung der Defektzone sowie proximalem Femurersatz ohne Hinweis auf Luxation oder Lockerung. (aus [69], mit freundlicher Genehmigung von ELSEVIER)

Falls zusätzlich im Bereich des proximalen Oberschenkelknochens eine Revision (z.B. im Sinne der Explantation oder Austausches eines gelockerten Femurschaftes, vgl. Abbildung 8) geplant ist, wird zu diesem Zeitpunkt ein feuchter Tupfer im Bereich der Pfanne eingelegt und sich dem Femur zugewandt. Wenn dies nicht der Fall ist erfolgt nun die Reposition des betroffenen Gelenks mit anschließender Kontrolle der Stabilität und des Bewegungsumfanges. Es werden des Weiteren Abschlussbilder mittels Bildwandler angefertigt. Abschließend erfolgt nach neuerlicher Spülung und der Einlage von Redondrainagen ein schichtweiser Wundverschluss und nach Reinigung der Operationswunde die Anlage eines sterilen Verbandes.

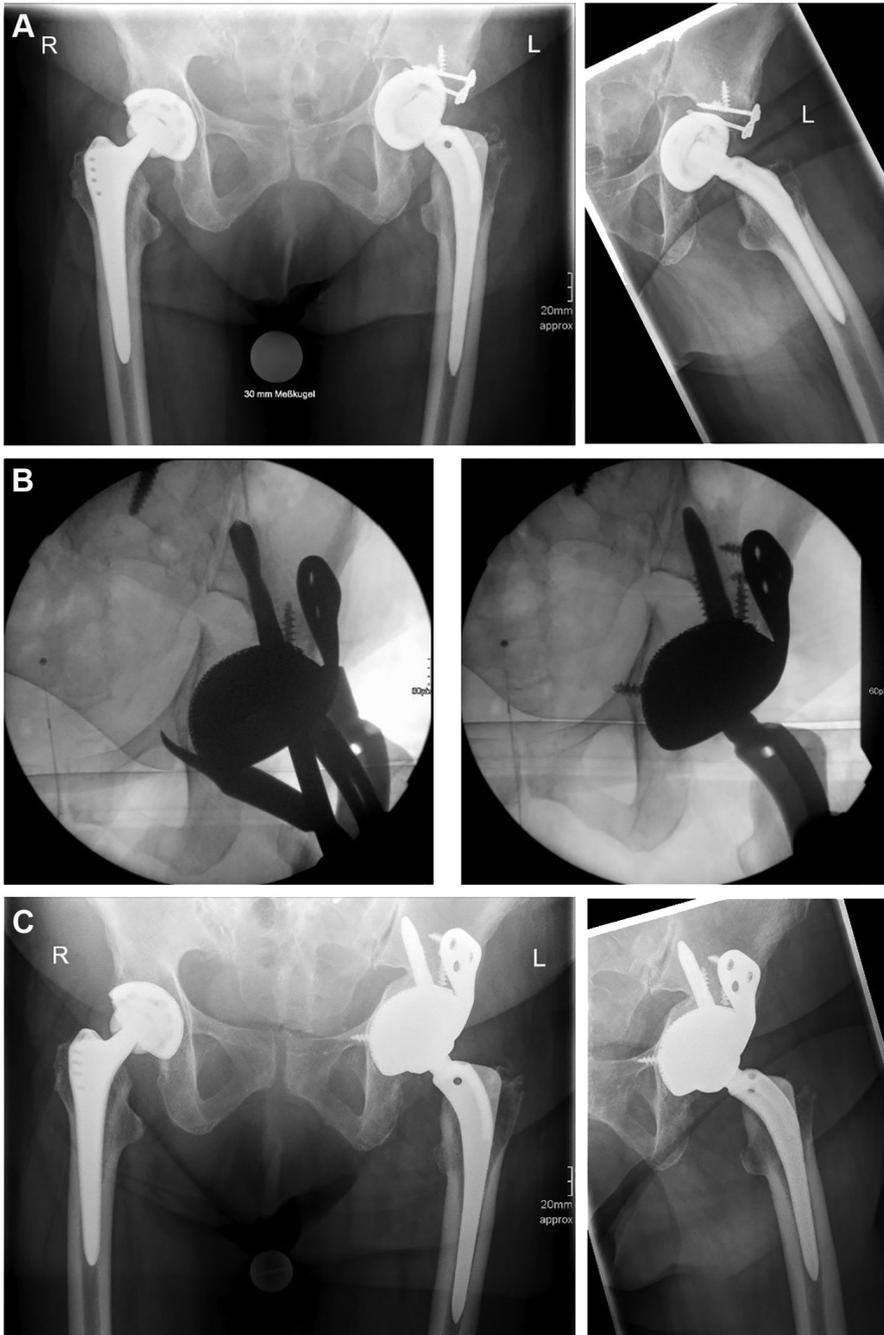


Abbildung 9: (A) Eine 75-jährige Patientin wurde nach einem geringgradigen Trauma mit einer Beckendiskontinuität vorstellig. Die Patientin war 15 Jahre zuvor auf Grund einer Dysplasie mit einer zementfreien Hüftendoprothese (Plasmafanne und Bicontact-Schaft; Aesculap Orthopedics, Melsungen, Deutschland) und einer Pfannendachplastik behandelt. Anteroposteriore und axiale konventionelle Röntgenaufnahmen zeigen eine Durchbrechung der iliopectinealen und ilioischialen Linien. (B) Intraoperativ zeigten sich osteolytische Zonen superior und posteromedial der Acetabulumkomponente, die schließlich nach dem stattgehabten leichten Trauma in einem ausgeprägten Knochendefekt resultierten (Typ IVA- Defekt nach AAOS). Intraoperative Aufnahmen mittels Bildwandler zeigen das Vorbohren (Bohrer mit 10 mm Durchmesser) für den Darmbeinzapfen (10,5 mm Durchmesser, 50 mm Länge). (C) Anteroposteriore und axiale Ansichten 6 Monate postoperativ zeigen die vollständige knöcherne Überbrückung des Defektes. (aus [69], mit freundlicher Genehmigung von ELSEVIER)

1.7 Überblick über das postoperative Behandlungsschema für betroffene Patient*innen

Nachfolgend soll das am König-Ludwig-Haus übliche postoperative Behandlungsschema für Patient*innen nach stattgehabtem Revisionseingriff auf Grund einer Beckendiskontinuität kurz zusammengefasst werden [26, 61, 72]:

- Erster geplanter Verbandswechsel und befundorientiert ggf. Entfernung liegender Redon-Drainagen am zweiten postoperativen Tag
- Befundorientierte Entfernung etwaiger Hautnähte bzw. Hautklammern um den 14. postoperativen Tag
- Postoperative Blutbildkontrollen mit Bestimmung des Hämoglobins und u.a. auch des CRP-Wertes im zeitlichen Verlauf
- Eine medikamentöse sowie physikalische antithrombotische Therapie ist zumindest bis zum Erreichen der Vollbelastung im Alltag wie verschrieben durchzuführen
- Medikamentöse Prophylaxe periartikulärer Ossifikationen innerhalb der ersten zehn postoperativen Tage (in der Regel mittels nichtsteroidalem Antirheumatikum mit zusätzlicher Verschreibung eines Protonenpumpeninhibitors)
- Adäquate postoperative Schmerztherapie nach dem diesbezüglichen Stufenschema der Weltgesundheitsorganisation
- Beginn mit isometrischen Übungen für die betroffene Extremität idealer Weise am Tag des Eingriffs
- Festlegen der Belastungsfähigkeit der betroffenen Extremität durch den Operateur direkt nach dem Eingriff: regelhaft ist eine Teilbelastung des Beines mit maximal 10kg für 6 Wochen post OP vorgesehen- bei z.B. auf Grund von schlechter Knochenqualität nicht adäquater Stabilität kann dieser Zeitraum auf bis zu 12 Wochen post OP verlängert werden
- Mobilisierung der Patient*innen wenn möglich am ersten postoperativen Tag mit physiotherapeutischer Betreuung, konsequente postoperative

Bewegungstherapie mit dem Ziel der Kräftigung der hüftumgreifenden Muskulatur

- Vermeidung von Außenrotation und Abduktion sowie Beugung über 90 Grad mit Innenrotation im Bereich der betroffenen Hüfte für zumindest sechs Wochen post OP
- Routinemäßige Kontrollen mittels konventioneller Röntgenbilder während des stationären Aufenthaltes, 6 Wochen nach dem Eingriff sowie ein Jahr post OP
- Bei mehrzeitigem Vorgehen bedingt durch einen periprothetischen Infekt ist darauf zu achten eine laufende antimikrobielle Therapie ggf. antibiogrammgemäß zu adaptieren und etwaige weitere Revisionseingriffe bei liegendem Platzhalter zeitgerecht zu planen

2. Material und Methoden

2.1 Ethikvotum

Für die hier beschriebene Arbeit liegt ein positiv bewerteter Unbedenklichkeitsantrag der Ethikkommission der Universität Würzburg vor (2018012601).

2.2 Allgemeines

Für die Durchführung dieser Studie wurden keine spezifischen finanziellen Mittel von öffentlichen, kommerziellen oder gemeinnützigen Fördereinrichtungen oder Institutionen ausgeschüttet. Alle in die Arbeit einfließenden Daten sind retrospektiv ausgewertet worden.

Die Implantatdatenbank des König-Ludwig-Hauses wurde durchsucht um all jene Patient*innen zu identifizieren, bei denen zwischen 2009 und 2017 auf Grund einer periprothetischen Beckendiskontinuität ein Revisionseingriff durchgeführt und dabei ein REVISIO M- System implantiert worden ist.

Ausschlusskriterien waren ein Alter der Patient*innen von unter 18 Jahren zum Zeitpunkt der Operation, eine Behandlung aufgrund von Beckentumoren, eine kontralaterale, behindernde Hüftkrankheit und ein Follow-up (Nachuntersuchungszeitraum) von weniger als 12 Monaten post OP (Operation).

Es wurden Alter, Geschlecht und Körpermasseindex (auf Englisch „body-mass-index“, abgekürzt BMI) aller betroffenen Patient*innen zum Zeitpunkt der Indexoperation dokumentiert. Des Weiteren wurde der zeitliche Abstand zur primären Implantation einer Hüfttotalendoprothese und etwaige in der Zwischenzeit erfolgte Revisionseingriffe erfasst.

Auf Grund des großen Bekanntheitsgrades und der weiten internationalen Verbreitung dieser Systeme in der Literatur wurden die knöchernen Defekte nach der Paprosky-Klassifikation und dem Klassifikationsschema der American Academy of Orthopedic

Surgeons (AAOS) klassifiziert [14, 42, 55]. Der definitive Defekttyp und das Vorhandensein einer PD wurde bei allen Patient*innen intraoperativ verifiziert und evaluiert.

Um beurteilen zu können, inwieweit sich das Vorhandensein einer periprothetischen Infektion auf die weiteren Krankengeschichten der Patient*innen auswirkte wurde erfasst, ob es sich bei der Indexoperation um einen aseptischen Wechsel oder ein mehrzeitiges Verfahren gehandelt hat.

Die Eigenschaften der eingebrachten REVISIO M- Implantate wurden ebenso ausgehoben wie die Anzahl der jeweils implantierten Spongiosaschrauben und ob im Zuge des Revisionseingriffes ein Darmbeinzapfen eingebracht worden ist.

Darüber hinaus wurde dokumentiert, ob es sich bei den Eingriffen um einen alleinigen Austausch der Pfannenkomponente oder auch um eine Revision im Bereich des proximalen Femurs gehandelt hat. Die Operationszeit (OT) wurde für alle Eingriffe erhoben.

Es wurde für alle Betroffenen vor dem Indexeingriff ein Harris-Hip-Score und die visuelle Analogskala für Schmerzen erfasst und diese Erhebungen mit den Angaben der Patient*innen im Rahmen der letzten vorliegenden Kontrolluntersuchung verglichen.

Die weiteren ausgewerteten Daten wurden im Rahmen der regelmäßigen Kontrolluntersuchungen erfasst, die für Patient*innen nach Implantation einer Revisionsendoprothese des Hüftgelenks am König-Ludwig-Haus vorgesehen sind: Die postoperative Auswertung umfasste die Erhebung sämtlicher aufgetretener Komplikationen, sowie etwaige Zeitpunkte und Gründe für jede Art von Revision.

Alle im Rahmen der routinemäßigen Kontrolltermine der Patient*innen angefertigten Röntgenbilder wurden im Zeitverlauf gesichtet und dabei hinsichtlich einer radiologischen Einheilung des Defekts (bewertet über anteroposteriore, axiale und schräge Ansichten) bzw. auf Hinweise für Lockerungserscheinungen der Pfannenkomponente geprüft: hierbei wurde insbesondere nach einer vertikalen oder

horizontalen Komponentenwanderung von mehr als 5 mm, Schraubenbrüchen oder der Anwesenheit oder Progression von radiologischen Saumbildungen gesucht.

2.3 Statische Auswertung

Die statistische Analyse wurde mit SigmaPlot 13.0 (Systat Software Inc.) durchgeführt. Der Zweistichproben-t-Test wurde verwendet, um auf signifikante Unterschiede zwischen dem präoperativen und dem postoperativen Status der Patient*innen zu prüfen, sofern die Daten normalverteilt waren. Bei nicht-normalverteilten Daten wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Das Implantatüberleben und das revisionsfreie Überleben wurde mit Hilfe der Kaplan-Meier-Analyse mit 95 % Konfidenzintervall (CI) berechnet. Unterschiede zwischen den Überlebenskurven wurden mit dem Log-Rank-Test ermittelt. Odds-Ratios wurden berechnet und mit dem exakten Test nach Fisher auf signifikante Unterschiede getestet. Das Signifikanzniveau wurde auf $p .05$ festgelegt.

3. Ergebnisse

Insgesamt wurde zwischen 2009 und 2017 am König-Ludwig-Haus bei 58 Patient*innen mit periprothetischer Beckendiskontinuität ein Revisionseingriff mit Implantation eines REVISIO M-Systems durchgeführt. Auf Grund der oben genannten Ausschlusskriterien konnten die Daten von 49 Patient*innen (35 weiblich, 14 männlich) mit einem mittleren Body-Mass-Index von 27 kg/m² (18-37) und einer mittleren Nachbeobachtungszeit von 71 Monaten (21-114 Monate) für dieser Arbeit ausgewertet werden.

Das mittlere Alter der Patient*innen zum Zeitpunkt der Indexoperation betrug 72 Jahre (54- 90 Jahre). Neunundsiebzig Prozent der Patient*innen berichteten zu diesem Zeitpunkt bereits über eine oder mehrere stattgehabte Revisionseingriffe in der Anamnese (Mittelwert 2), insgesamt lagen die diesbezüglichen Extremwerte bei 0 bzw. 7 Eingriffen. Die mittlere Zeitspanne von der primären Hüftprothese bis zur letzten Hüftrevision aufgrund einer PD betrug 13 Jahre (Extremwerte 1- 40 Jahre).

Für alle in die Arbeit eingeschlossenen Patient*innen liegen präoperativ, unmittelbar nach dem Revisionseingriff und im Rahmen der letzten Nachuntersuchung mindestens ein a/p- (antero-posteriores) Beckenröntgenbild und eine axiale Ansicht der betroffenen Hüfte im Sinne einer konventionellen Röntgendiagnostik vor. Der definitive Defekttyp und das Vorhandensein einer PD wurde bei allen Patient*innen intraoperativ verifiziert und evaluiert. Unter Verwendung des modifizierten Klassifizierungssystems der American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS) lagen elf Defekte vom Typ IVA, 37 vom Typ IVB und ein Defekt vom Typ IVC vor. Nach dem von Paprosky vorgeschlagenen Klassifikationsschema gab es 34 IIIB- und 15 IIC- Defekte.

Bei 38 Patient*innen führten wir einen einzeitigen aseptischen Revisionseingriff durch, während elf Patient*innen mit einem mehrzeitigen Verfahren aufgrund einer periprothetischen Infektion behandelt wurden.

Das verwendete Implantat (REVISIO M, AQ Solutions, Deutschland) und die am König-Ludwig-Haus etablierte Operationstechnik sind in der Einleitung dieser Arbeit beschrieben worden. Bei den hier erfassten Patient*innen wurden im Durchschnitt vier Schrauben im Bereich des Implantats eingebracht (Extremwerte 2-6).

Wenn die stützenden knöchernen Randlelemente sich unzureichend zeigen und daher zusätzliche Stabilität benötigt wird, kann ein zusätzlicher Darmbeinzapfen implantiert werden (siehe Abbildung 4). Die endgültige Entscheidung, ob ein Zapfen notwendig ist, wurde intraoperativ gefällt (Bei den meisten Paprosky-Typ IIC- Defekten, die mit einer PD assoziiert sind, besteht keine Notwendigkeit für einen Darmbeinzapfen, da in diesen Fällen der Pfannenrand in weiten Teilen intakt ist und das Implantat stützt. Bei Paprosky Typ IIIB- Defekten die mit PD assoziiert sind ist der Acetabulumrand jedoch zumeist nicht stützend - daher wurde bei Defekten diesen Typs routinemäßig ein Darmbeinzapfen implantiert): Elf von 49 Patient*innen (22%) in unserer Studie erhielten keinen zusätzlichen Darmbeinzapfen.

Dreißig Patient*innen wurden nur mit einer Pfannenrevision behandelt, während bei 19 Patient*innen auch der Femurschaft revidiert wurde. Die verwendeten Kopfdurchmesser waren dabei 28 mm bei neun (18%), 32 mm bei 18 (37%) und 36 mm bei 22 (45%) Patient*innen. Achtunddreißig Patienten erhielten einen Standardliner, während zehn Patient*innen einen asymmetrischen Liner mit einer 10-fach erhöhten Lippe erhielten.

Die mittlere Operationszeit für isolierte Pfannenrevisionen betrug 147 Minuten (min) (Extremwerte 109 bzw. 191 min), während die mittlere OT bei den Patient*innen mit zusätzlicher Schaftrevision 175 min (von 125 bis 277 Minuten) betrug.

3.1 Das Implantatüberleben

Das 5-Jahres-Implantatüberleben bei unseren Patient*innen betrug 91 % (CI 77 % - 96 %) (vgl. Abbildung 10).

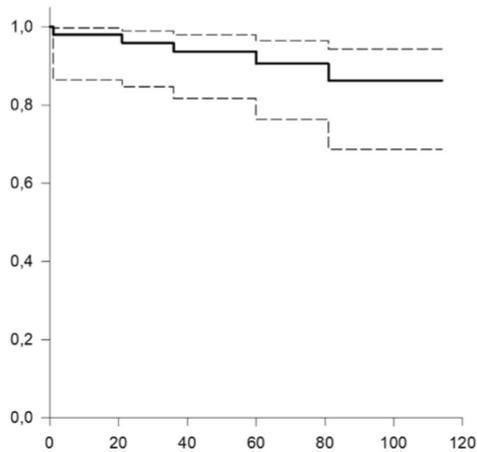
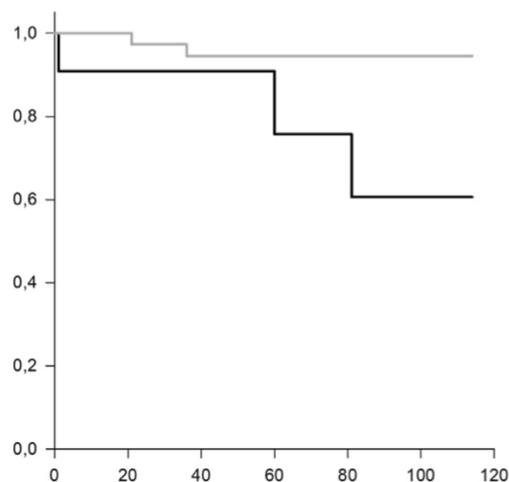


Abbildung 10: Kaplan-Meier-Kurven zur Darstellung des Gesamtüberlebens des Implantats nach Indexoperation (Zeit in Monaten auf der Abszissenachse und kumulatives Überleben auf der Ordinatenachse dargestellt)

Es bestand ein signifikanter Unterschied im Implantatüberleben zwischen Patient*innen, die in einem einzeitigen aseptischen Verfahren revidiert werden konnten, und denen, die eine zweizeitige Revision aufgrund einer periprotetischen Infektion erhielten (95% im Gegensatz zu 76%, $p = .037$) (vgl. Abbildung 11).



*Abbildung 11: Kaplan-Meier-Kurven zur Darstellung des Implantatüberlebens bei Patient*innen mit aseptischen (hellgrau) und septischen (schwarz) Revisionen (Zeit in Monaten auf der Abszissenachse und kumulatives Überleben auf der Ordinatenachse dargestellt)*

Das 5-Jahres-Überleben mit Revision auf Grund beliebiger Ursache betrug 87% (CI 74%-94%) (vgl. Abbildung 12).

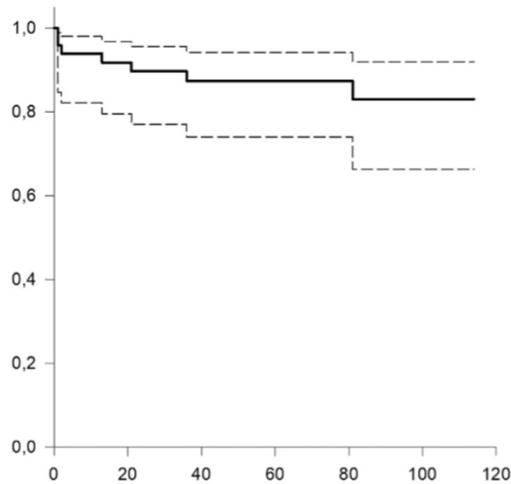
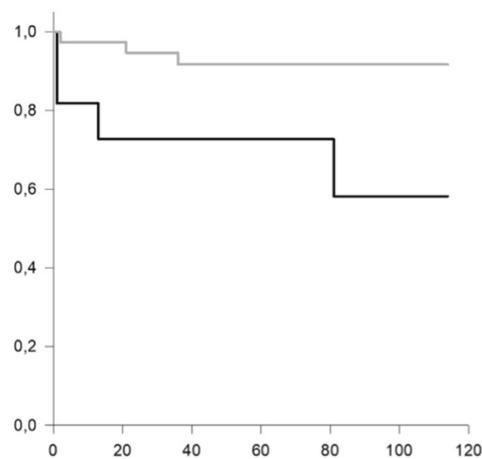


Abbildung 12: Kaplan-Meier-Kurven zur Darstellung des revisionsfreien Überlebens nach Indexoperation (Zeit in Monaten auf der Abszissenachse und kumulatives Überleben auf der Ordinatenachse dargestellt)

Auch in diesem Zusammenhang gab es einen signifikanten Unterschied zwischen aseptischen und septischen Revisionen (92% im Gegensatz zu 73%, $p = .017$) (vgl. Abbildung 13).



*Abbildung 13: Kaplan-Meier-Kurven zur Darstellung des revisionsfreien Überlebens von Patient*innen mit aseptischen (hellgrau) und septischen (schwarz) Indexoperationen (Zeit in Monaten auf der Abszissenachse und kumulatives Überleben auf der Ordinatenachse dargestellt)*

3.2 Revisionen und Komplikationen

Die Gesamtrevisionsrate bei den von uns versorgten Patient*innen betrug 16% (n= 8). Zwei dieser Patient*innen mussten aufgrund von aseptischen Lockerungen und radiologischen Anzeichen einer medialen Pfannenmigration revidiert werden: In beiden dieser Fälle musste kein Darmbeinzapfen implantiert verwendet werden.

Einem weiteren Patienten, bei dem eine Revision durchgeführt wurde, wurde im Rahmen des Eingriffs eine größere Pfanne mit einem Darmbeinzapfen implantiert.

Bei einem der Patienten erfolgte die Versorgung der PD mit Hilfe eines patientenspezifischen Implantates nach vorheriger virtueller dreidimensionaler Planung (siehe Abbildung 14).

Bei allen übrigen Patient*innen schienen die Implantate gut von dem umgebenden Knochen eingefasst worden zu sein, es fanden sich hier keine radiologischen Anzeichen für eine Implantatlockerung bzw. -wanderung oder Hinweise auf gebrochene Schrauben.

Vier Patient*innen (8%) mussten aufgrund einer periprothetischen Infektion revidiert werden. Bei zwei dieser Patient*innen wurde eine akute Infektion festgestellt; in beiden Fällen wurde eine lokale Staphylokokkenbesiedlung nachgewiesen und es gelang die erfolgreiche Behandlung mittels Revision, gründlichem Debridement und lokaler Spülung.

Zwei weitere Patient*innen litten an einer chronischen periprothetischen Infektion: in einem dieser Fälle war ein zweizeitiges Verfahren nötig und es wurde primär ein antimikrobieller Platzhalter eingebracht, welcher in einem zweiten Schritt nach sechs Wochen ausgebaut und durch eine Revisionsendoprothese ersetzt werden konnte. Der andere dieser beiden Patienten wurde mittels einer Resektionsarthroplastik und dem Belassen einer Girdlestone-Situation behandelt.

Sechs Patient*innen (12%) litten an einer postoperativen Hüftluxation. Vier dieser Patient*innen konnten nach geschlossener Reposition erfolgreich mittels Anlage einer Orthese behandelt werden; zwei Patienten benötigten aufgrund einer fortbestehenden Instabilität eine Revisionsoperation.

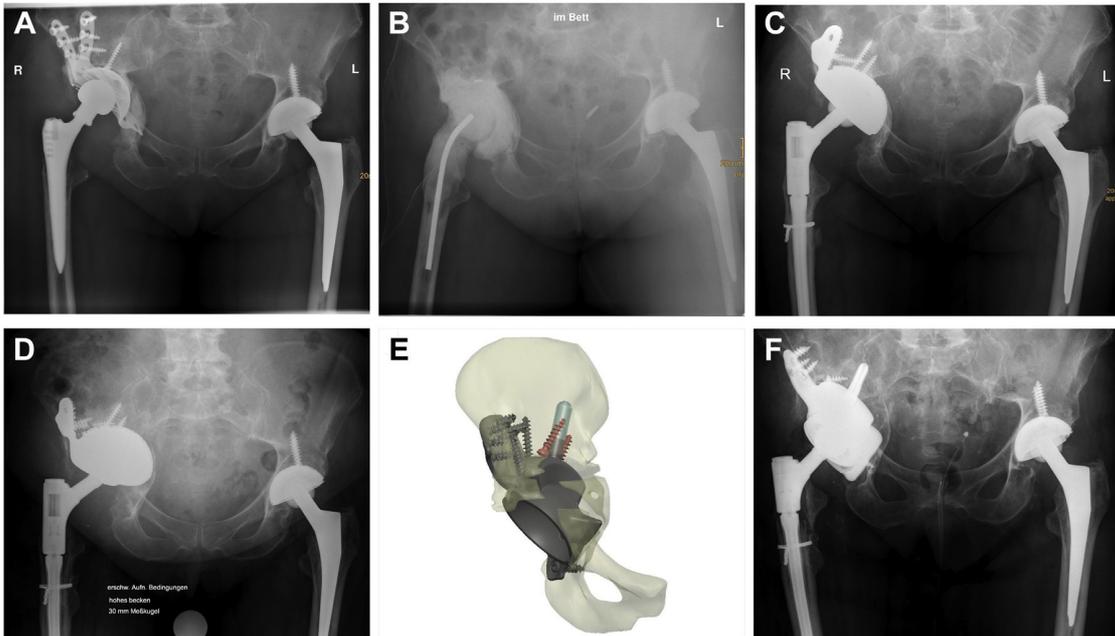


Abbildung 14: (A) Eine 78-jährige Patientin, die sich mit einem lockeren Anti-Protrusio-Cage (Käfigkonstrukt) nach mehreren Pfannenrevisionen vorstellte. (B) Die präoperative Hüftgelenkspunktion mit Aspiration erbrachte den Nachweis einer Staphylococcus-Spezies. Daher wurden die Prothesenkomponenten entfernt, ein radikales Weichteil- und Knochendebridement durchgeführt und ein Vancomycin und Gentamicin enthaltender artikulierender Platzhalter implantiert. Die intraoperative Defektbeurteilung ergab einen acetabulären Defekt vom Typ IIIB nach Paprosky mit Beckendiskontinuität. (C) Nach sechs Wochen definitiver Antibiotikatherapie wurde der Platzhalter entfernt und eine asymmetrische Hüftpfannenkomponente mit Darmbeinzapfen zusammen mit einem zementfreien modularen Revisionsschaft im Bereich des Femurs implantiert. (D) Vier Jahre postoperativ stellte sich die Patientin erneut mit einer lockeren Hüftpfannenkomponente und medialer Pfannenmigration vor. (E) Die präoperative Aspiration erbrachte ein negatives Ergebnis und es wurde ein patientenspezifisches Implantat mit Hilfe einer virtuellen 3-dimensionalen Planungssoftware entworfen. (F) Der weitere postoperative Verlauf war ereignislos und das Beckenübersichtsbild zwei Jahre nach der erneuten Revision zeigte eine gut fixierte Hüftpfannenkomponente. (aus [69], mit freundlicher Genehmigung von ELSEVIER)

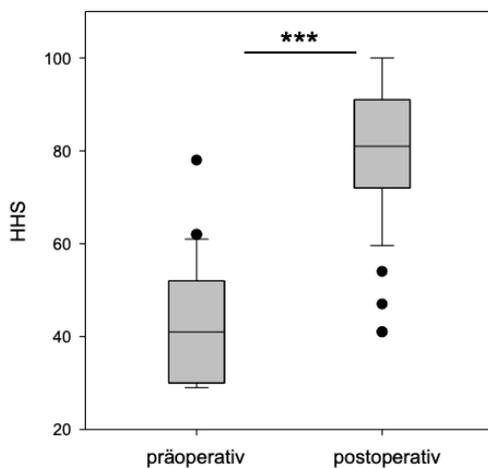
Zwei Patienten litten an einer postoperativen Lähmung des Nervus femoralis. Bei einem dieser Patienten war diese nur vorübergehend, die neurologischen Kontrolluntersuchungen zeigten eine vollständige Regeneration der sensorischen und motorischen Funktion des betroffenen Nervs. Der andere Patient litt bei der letzten Nachuntersuchung nach 42 Monaten immer noch an einer leichten Restschwäche des Nervus femoralis, benötigte diesbezüglich aber keinerlei Hilfsmittel.

Keiner der – aus welchem Grund auch immer - revidierten Patient*innen ist seitdem erneut revidiert worden.

Die Gesamtkomplikationsrate in unserer Studienpopulation betrug somit 28,6 %.

3.3 Harris Hip Score

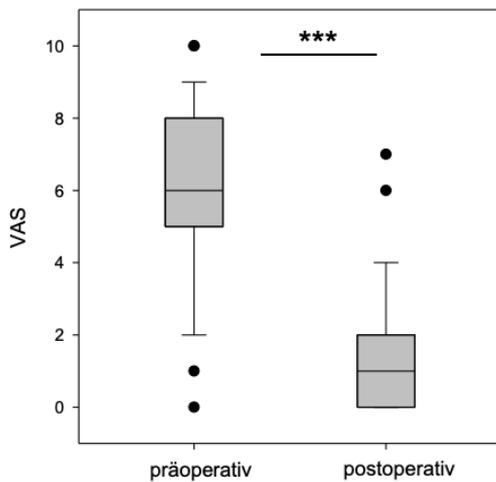
Der im Mittel erhobene Wert der Harris Hip Scores verbesserte sich signifikant von 41 (Extremwerte 29 bzw. 62) präoperativ auf 79 (Extremwerte 41 bzw. 100) bei der letzten Nachuntersuchung ($p < .001$) (vgl. Abbildung 15). Es gab einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen dem mittleren postoperativen HHS-Wert für Patient*innen mit Typ IIC-Defekten im Vergleich zu jenen mit Typ IIIB-Defekten (87 im Vergleich zu 75, $p = .016$).



*Abbildung 15: Darstellung der Harris Hip Score (HHS) Werte der Patient*innen vor der Indexoperation sowie zum Zeitpunkt der letzten vorliegenden Nachuntersuchung*

3.4 Visuelle Analogskala für Schmerz

Die visuelle Analogskala für Schmerzen veränderte sich signifikant von einem Mittelwert von sechs präoperativ (Extremwert 1 bzw. 10) auf postoperativ eins (Extremwerte 0 bzw. 7) ($p < .001$) (vgl. Abbildung 16).



*Abbildung 16: Darstellung der VAS (visuelle Analogskala für Schmerzen) Werte der Patient*innen vor der Indexoperation sowie zum Zeitpunkt der letzten vorliegenden Nachuntersuchung*

4. Diskussion

Erfassung und Differenzierung der Beckendiskontinuität

Mehrere in der Literatur zu findende Arbeiten berichten über Studiengruppen, die sowohl Patient*innen mit fortgeschrittenem acetabulärem Knochenverlust als auch solche mit Beckendiskontinuität beinhalten, ohne klar zwischen diesen beiden Patienten*innenpopulationen zu differenzieren [19, 73]; bei allen im Rahmen der vorliegenden Arbeit analysierten Patient*innen wurde präoperativ eine PD vermutet und intraoperativ verifiziert.

Trotz ihrer Seltenheit wurde eine Fülle verschiedener Revisionsstrategien entwickelt und beschrieben, um Beckendiskontinuitäten und etwaige damit einhergehende periacetabuläre Knochendefekte zu behandeln [19]. Die erfolgreiche Therapie betroffener Beckensegmente hängt dabei nicht nur von der Defektmorphologie und der angewandten chirurgischen Strategie ab, sondern auch von der Regenerationsfähigkeit der umgebenden knöchernen Strukturen, die u. a. durch frühere Revisionen, Infektionen und Abrieb in ihrer Funktion beeinträchtigt sein können: Die Behandlung der PD wird daher gegenwärtig als eine der größten Herausforderungen unter den chirurgischen Verfahren in der Hüftrevisionsendoprothetik betrachtet [74].

Mechanische Stabilität

Biomechanischen Studien konnten einige der diesbezüglichen Wissenslücken der Vergangenheit erfolgreich füllen und wir wissen heute, dass eine ausreichende Steifigkeit der Rekonstruktion und die Wiederherstellung eines biomechanisch stabilen Beckenrings eine "conditio sine qua non" ist, um die mechanische Versagensrate im Rahmen der Behandlung niedrig zu halten [75, 76]. Für die drei am häufigsten verwendeten Rekonstruktionstechniken ergab eine aktuelle Metaanalyse eine zusammengefasste mechanische Versagensrate von 13,8 % [19]. Mit 24,5 % wiesen die traditionell verwendeten Anti-Protrusions-Käfig-Konstrukte (auf Englisch „anti-protrusio-cages“, abgekürzt APCs) die höchsten mechanischen Versagensraten auf. Die

Verwendung von Pfannen-Käfig-Konstrukten (CCCs) oder „custom made triflange components“ (CTACs) war dagegen mit mechanischen Versagensraten von nur 6,7 % bzw. 5,4 % verbunden. Diese Überlegenheit wurde auf ihre hohe Steifigkeit und ihre poröse Oberflächentechnologie zurückgeführt, die das Einwachsen von Knochen prinzipiell erleichtert [73, 77, 78].

In unserer Studie beobachteten wir eine mechanische Gesamtversagensrate von 4,1 % bei Verwendung eines Implantatsystems, welches mehrere Merkmale bekannter Rekonstruktionsstrategien für PD vereint: Ähnlich wie bei anderen modernen zementfreien Acetabulum-Revisionssystemen ist die Oberfläche der mit Titan-Niob beschichteten Monoblock-Pfanne hochporös, sie ist mit hexapodalen Mikrostrukturen (Spongiosa Metal II) überzogen (vgl. Abbildung 2). Im Gegensatz zu Sporer und Paprosky erreichen wir eine ausreichende Pfannenfixation nicht durch die Distractionstechnik [77], sondern durch die Einbringung eines großen asymmetrischen Implantats: Wenn auch wahrscheinlich in geringerem Ausmaß, so gehen wir davon aus, dass bei unserer Versorgungsstrategie ebenfalls Stabilität durch elastischen Rückstoß entsteht, indem wir den Spalt zwischen den Strukturen des Iliums und den ischiopubischen Segmenten bewusst vergrößern (vgl. Abbildungen 7 und 9). Schließlich wird die Pfanne mit mehreren 6,5-mm-Spongiosaschrauben durch den Implantatkörper und die Lasche fixiert. Ähnlich wie bei Sockelpfannen kann zusätzlich ein Darmbeinzapfen eingebracht werden, der idealerweise knapp lateral des Iliosakralgelenks endet und der Belastungslinie folgt, um Scherkräfte, die auf das Implantat wirken können, zu reduzieren. Die hier beschriebenen Mechanismen gewährleisten zusammengenommen eine hochsteife Rekonstruktion [66] [69].

Implantatüberleben und Notwendigkeit von weiteren Revisionen

Mit der in dieser Arbeit dargelegten Revisionsstrategie konnten wir eine kumulative 5-Jahres-Überlebensrate mit Revision aus jedwedem Grund von 87% (CI 74%-94%) erreichen. Mehr als die Hälfte der bisher veröffentlichten Studien, die Ergebnisse einer Operation zur Behandlung von PD beschreiben, liefern keine kumulativen 5- Jahres- oder 10-Jahres-Überlebensdaten [12, 24, 79-88]. Für APCs und CCCs wurde eine kumulative 5-Jahres-Überlebensrate von 57%- 98% [73, 75, 89, 90] bzw. 87%- 100%

[75, 78, 91-93] gezeigt, wohingegen kumulative Überlebensdaten für CTACs bisher nicht in der Literatur zu finden sind.

Die Gesamtrevisionsrate lag in unserem Patient*innenkollektiv bei 16% und die Gesamtkomplikationsrate bei 29%. Diese Ergebnisse sind gut mit den in der Literatur zu findenden Ergebnissen in Einklang zu bringen [19]. So dokumentierten Taunton et al. Revisionen aus jedwedem Grund bei 20 von 57 Hüften (30,3%), die mit CTACs behandelt wurden [94]. Berry et al. [14] berichteten über eine Gesamtrevisionsrate von 33% bei Verwendung einer Kombination aus APCs und anterior-posteriorer Verplattung. Stiehl et al. [95] dokumentierten eine Revisionsrate von 47% in zehn Fällen von PD, die mit Allografts und Verplattung der betroffenen Beckenknochen behandelt worden waren. Hipfl et al. berichten wiederum von einer Gesamtrevisionsrate von 4% (4 von 35 operierten Hüften mit schwerem acetabulärem Knochenverlust oder PD) bei Verwendung von CCCs [78]. Sporer analysierte im Jahr 2012 20 Fälle von chronischer PD, die mit der Distractionstechnik behandelt worden waren [24]: 19 von 20 Patient*innen blieben dabei revisionsfrei.

Anzahl der Revisionseingriffe in der Anamnese

Neunundsiebzig Prozent (n= 39) der Patient*innen in unserer Studie hatten mindestens eine oder mehrere vorherige Revisionen (Mittelwert 2, Extremwerte 0- 7) vor der hier erfassten Index-Operation. Da die Anzahl früherer Revisionen die Überlebensraten beeinflussen könnte, bestimmten wir die kumulative 5-Jahres-Überlebensrate mit Revision aus beliebigem Grund getrennt für Patient*innen ohne frühere Revision und Patient*innen mit mindestens einer oder mehreren früheren Revisionen: Es konnte jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen diesen Gruppen festgestellt werden (100% vs. 84%, p= .16).

Aseptische Lockerung

Aufgrund der eingebrachten Implantate kann es in manchen Fällen schwierig sein, die knöcherne Heilung zu beurteilen [94]. Wir haben in Zweifelsfällen eine knöcherne Einheilung angenommen, wenn es sechs Monate nach der Indexoperation oder später keinerlei Anzeichen für eine Komponentenwanderung oder Lockerung gab- prinzipiell

kann bei der Verwendung von Implantaten mit porösen Oberflächen zur Rekonstruktion von PD das Einwachsen des umgebenden Knochens auch bei intraoperativ weniger als fünfzigprozentigem Kontakt des Implantats mit blutendem Wirtsknochen erfolgen [12, 96].

In der Literatur wird ein relevantes Risiko für die Entwicklung aseptischer Lockerungen bei der Behandlung von PD beschrieben [78, 83]. Studien zu Rekonstruktionen mittels CCCs bei schwerem acetabulärem Knochenverlust und PD berichten von aseptischen Lockerungen in 0-17 % der behandelten Patient*innen [78, 88, 91].

In einer Gruppe von 20 Patient*innen, die von Sporer et al. mit der Distractionstechnik behandelt worden sind, war eine aseptische Lockerung die Ursache für die Revision in dem einzigen Fall, der eine Reoperation benötigte [24]. Außerdem stellten sie bei vier ihrer Patient*innen eine frühe Migration der Pfannenkomponente fest, diese blieben jedoch klinisch asymptomatisch und röntgenologisch in weiterer Folge stabil.

In unserer Gruppe von Patient*innen stellten wir zwei Fälle von aseptischer Lockerung (4%) fest, die auf Grund einer unzureichenden Distraction revidiert werden mussten: in beiden Fällen war der initial gewählte Durchmesser des Pfannenimplantats zu klein. Die Wahl der richtigen Größe der Acetabulumkomponente (resultierend in einer adäquaten Distraction) ist bei der Anwendung der hier beschriebenen Technik entscheidend für ein erfolgreiches Behandlungsergebnis. Entsprechende Kenntnisse sowie eine adäquate OP-Technik sind hierbei essentiell vonnöten [66].

Sculco et. al gehen davon aus, dass das Vorliegen einer beidseitigen PD das Risiko für mechanisches Versagen und aseptische Lockerungen prinzipiell erhöht [92]. In unserer Studienpopulation befinden sich ausschließlich Fälle mit einseitiger Beckendiskontinuität.

Vorbestehende periprothetische Infektion

Bei 22% unserer Patient*innen wurde ein zweizeitiges Verfahren durchgeführt, um nicht nur die PD, sondern auch eine vorliegende periprothetische Infektion zu behandeln. Um aufzuschlüsseln, inwieweit die präoperative Diagnose das postoperative Ergebnis beeinflusst, haben wir die Implantatüberlebensraten getrennt für Patient*innen,

die in einem einzeitigen aseptischen Verfahren revidiert wurden und jene, die eine zweizeitige Revision aufgrund einer periprothetischen Infektion erhielten, analysiert: Dabei konnten wir zeigen, dass das 5-Jahres-Implantatüberleben (95% im Gegensatz zu 76%, $p = .037$) und das 5-Jahres-Überleben mit Revision aus beliebiger Ursache (92% im Gegensatz zu 73%, $p = .017$) bei Patient*innen, die mit einer zweizeitigen Revision aufgrund einer periprothetischen Infektion behandelt wurden, signifikant niedriger war. Die Wahrscheinlichkeit einer erneuten Revision aufgrund einer periprothetischen Infektion war bei Patient*innen, die einer zweizeitigen Revision unterzogen werden mussten, 13,9-mal (KI 1,7-18,3) höher ($p = .03$).

Infektion als Komplikation

In unserer Studienpopulation lag die Revisionsrate aufgrund einer periprothetischen Infektion bei 8% (zwei Fälle septischer Lockerung, die eine Revision der Hüftpfanne erforderten, und zwei oberflächliche Infektionen, die mit Débridement und Erhalt des Implantats behandelt wurden). In der Literatur liegen die Infektraten bei Patient*innen, die mit einer Hüftpfannenrevision aufgrund einer PD behandelt wurden, zwischen 0% und 15% [19, 73, 83, 97]: dabei wird in der Regel nicht darüber berichtet, wie viele Patient*innen tatsächlich aufgrund einer vorangegangenen periprothetischen Infektion mit einer gleichzeitigen PD behandelt wurden und wie dies das Überleben eines eingebrachten Implantats beeinflussen könnte.

In Arbeiten zu CCCs bei schwerem acetabulärem Knochenverlust und PD wurden Infektionsraten von 0-6 % beschrieben [78]. Taunton et al. berichteten, dass zwei von 57 PD-Patient*innen, die von ihnen mit CTACs behandelt wurden, eine Revision aufgrund einer tiefen Infektion benötigten [94]. Bei Einführung der Distractionstechnik berichteten Sporer et al. über keine einzige tiefe Infektion in einer Gruppe von 20 Patient*innen mit einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 4,5 Jahren; bei einem ihrer Patienten wurde jedoch eine operative Spülung sowie chirurgisches Débridement aufgrund einer oberflächlichen Infektion durchgeführt [24].

Hüftgelenksluxationen

In unserer Studie beobachteten wir postoperative Dislokationen bei sechs Patient*innen (12 %). Im Vergleich dazu wurden Luxationsraten bei Patient*innen nach Behandlung einer periprothetischen PD mit 0%-30% für CTACs [80-82, 84], 6%-13% für CCCs [78, 88, 91, 92] und 0%-16% für APCs [73, 79, 83, 89] angegeben. DeBoer et al. analysierten das Ergebnis von 20 mit CTACs behandelten Hüften aufgrund von PD und fanden eine postoperative Luxationsrate von 30% [81]. Hourscht et al. [73] wiesen Dislokationen bei 9 von 46 Hüften mit einem AAOS Typ III- oder Typ IV-Defekt nach, die mit einem Ganz-Verstärkungsring (auf Englisch „Ganz reinforcement ring“) behandelt worden waren (also in 20% der Fälle). Sporer et al. [24] berichteten von keiner postoperativen Dislokation bei den 20 von ihnen mittels Beckendistraktion behandelten Patient*innen.

In einer systematischen Übersichtsarbeit von Studien, die die Ergebnisse nach CTAC analysierten, fanden Chiarlone et al., dass bei diesen Patient*innen die Luxation die Hauptursache für Reoperationen war [97]. Ob diese relativ hohe Zahl auf Schwierigkeiten bei der Positionierung der großen individualisierten Implantate zurückzuführen ist, bleibt umstritten [98, 99].

Die Luxationsrate in unserer Patient*innenpopulation ist insgesamt gut mit den Ergebnissen anderer Studien vergleichbar, die das Ergebnis von Patient*innen nach Azetabulumrevision bei PD beschreiben [19]. Patient*innen, die an einer PD leiden, haben in der Regel bereits mehrere vorangegangene Revisionen hinter sich und diese Fälle sind für ihre Komplexität bekannt. Wie die Literatur zeigt, ist die Dislokationsrate bei solchen Patient*innen insgesamt relativ hoch. Die Anzahl der vorangegangenen Revisionen könnte daher ein weiterer wichtiger Risikofaktor für eine postoperative Dislokation sein, da Weichteildefekte und insbesondere Läsionen des Abduktorenapparates nach Mehrfachrevisionen häufig sind [69]. In unserer Studie gab es jedoch keinen statistisch signifikanten Unterschied im luxationsfreien 5-Jahres-Überleben zwischen Patient*innen ohne vorherige Revision und Patient*innen mit mindestens einer oder mehreren vorherigen Operationen (90% im Gegensatz zu 84%, $p = .57$). Darüber hinaus war die Wahrscheinlichkeit, wegen einer postoperativen Luxation behandelt zu werden, nur um das 1,3-fache (CI 0,2-17,2) höher für

Patient*innen, die eine oder mehrere vorherige Revisionen vor der PD-Operation hatten ($p > .99$).

In diesem Zusammenhang sollte noch erwähnt werden, dass für das REVISIO M-System prinzipiell sogenannte „constrained liner“ verfügbar sind. Diese Komponenten enthalten einen Verriegelungsmechanismus, der in den Acetabulum-Liner eingearbeitet ist, diesen mit dem prothetischen Femurkopf verbindet und so einer Luxation entgegenwirkt [66]: dadurch werden Kräfte, die sonst zu einer Dislokation führen würden, auf den Verriegelungsmechanismus, die Schnittstelle zwischen Liner und Hüftpfanne oder aber die Verbindung zwischen den Prothesenteilen und dem umgebenden Knochen übertragen. Diese Krafteinwirkung kann schlussendlich zum Versagen der Komponenten auf Grund von Lockerung, Dissoziation oder auch Bruch beitragen. Studien zu diesen Komponenten zeigen eine Versagensrate von 4% bis 29% bereits bei relativ kurzfristigen Nachuntersuchungszeiträumen [100]. Aus diesen Gründen kamen bei der Behandlung der Patient*innen, die für diese Arbeit nachuntersucht worden sind, keine „constrained liner“ zum Einsatz. Am König-Ludwig-Haus werden diese Systeme nur in Ausnahmefällen eingebracht, beispielsweise wenn das proximale Femur völlig weichteilfrei ist, und andere Optionen versagt haben.

Nervenschäden

In unserer Studie wurden postoperativ zwei Fälle einer Lähmung des Nervus femoralis dokumentiert (4%). Bei den betroffenen Patient*innen war keine Revisionsoperation erforderlich. In der Serie von Hipfl et al. (die CCCs zur PD-Defektrekonstruktion bei 35 Patient*innen einsetzen) musste bei einem Patienten, der postoperativ an einer Reizung des Ischiasnervs litt, ein Teil des eingebrachten Cages entfernt werden- diese Maßnahme führte zu einer vollständigen Wiederherstellung der Nervenfunktion [78]. Taunton et al. berichteten über zwei Patient*innen, die nach der Behandlung von 57 Patient*innen für PD mit CTACs an einer dauerhaften Lähmung des Peroneusnervs litten [94]. Bei Verwendung einer Kombination aus Käfigkonstrukt, Platte und Allograft in 16 Fällen von PD berichteten Paprosky et al. über vier Fälle von postoperativer Nervenlähmung [101].

Sporer et al. hingegen haben in der von ihnen beschriebenen Gruppe von PD-Patient*innen, die sie mittels Beckendistraktion behandelt haben, keinerlei Nervenläsionen festgestellt, aber sie berichten von anderen Komplikationen [24]: ein Patient mit einer iatrogenen Kolonperforation, die eine allgemeinchirurgische Intervention erforderte, ein anderer Patient mit einer intraoperativen Verletzung der Oberschenkelarterie, die von einem Gefäßchirurgen versorgt werden musste. In unserer Studienpopulation beobachteten wir weder Gefäßkomplikationen noch Organverletzungen.

Studienmodell und Anzahl der eingeschlossenen Patient*innen

2019 wurde von Jason R. Szczepanski und Mitarbeiter*innen eine systematische Übersichtsarbeit und Metaanalyse über die chirurgische Behandlung der Beckendiskontinuität veröffentlicht [19]: Nach Ausschluss aller Publikationen, die klar definierte Qualitätsansprüche nicht erfüllt haben (beispielsweise Arbeiten ohne expliziten Berichten über die angewendete chirurgische Revisionsstrategie bzw. deren Ergebnisse oder auch ohne Daten zum Therapieversagen) verblieben nach einer Suche über Medline und Embase lediglich 30 Studien, die diesen Ansprüchen genügten. Die hier vorliegende Arbeit erfüllt die in diesem Zusammenhang etablierten Qualitätskriterien.

Bemerkenswert ist, dass keine der von Szczepanski et al. analysierten Studien und Arbeiten prospektiver Natur waren- es handelt sich ausschließlich um retrospektive Kohortenstudien.

Gegenwärtig findet sich in der in der Literatur keine einzige prospektiv angelegte Studie, die das Ergebnis von Patient*innen beschreibt, die auf Grund einer Beckendiskontinuität mit einer Azetabulumrevision behandelt worden sind [69].

In den 30 retrospektiven Studien, die Szczepanski et al. eingeschlossen haben, wurden ausschließlich kurz- oder mittelfristige Ergebnisse von relativ kleinen Patient*innenkohorten berichtet: Nimmt man alle dabei analysierten Arbeiten zusammen wurde insgesamt lediglich von 585 Betroffenen mit Beckendiskontinuität berichtet.

Bemerkenswert ist, dass nur zwei dieser 30 Studien über mehr nachuntersuchte Patient*innen mit PD berichten als wir das in der hier vorliegenden Arbeit tun (Martin et al. konnten in diesem Zusammenhang 57 Patient*innen einschließen [75], Taunton et al. [94] berichteten über 50 Betroffene). Diese vergleichsweise geringen Patient*innenzahlen sind dadurch bedingt, dass die Beckendiskontinuität als Indikation für eine Acetabulumrevision relativ selten auftritt [11, 101]. In der hier vorliegenden Arbeit analysieren wir die Daten von 49 Patient*innen mit einseitiger periprothetischer Beckendiskontinuität und all diese Betroffenen wurden mit der gleichen Revisionsstrategie behandelt.

Nachuntersuchungszeitraum

Für 48 unserer 49 Patient*innen haben wir einen Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 24 Monaten. Nur ein Patient wurde mit einem Follow-up von weniger als 24 Monaten eingeschlossen: bei diesem einen Patienten lagen zwischen Indexoperation und der letzten in diese Arbeit eingeflossenen Kontrolluntersuchung 21 Monate. Die mittlere Nachbeobachtungszeit unserer Patient*innen beträgt 71 Monate (Extremwerte 21-114 Monate), das ist im Vergleich mit anderen Studien, die Ergebnisse nach chirurgischer Behandlung einer Beckendiskontinuität beschreiben, relativ hoch:

So hatten nur neun von 30 Studien, die von Szczepanski et al. in der im vorherigen Abschnitt vorgestellten Publikation analysiert wurden, ein längeres Follow-up als die hier vorliegende Arbeit [19].

Lebensalter der Betroffenen

Das mittlere Alter der im Rahmen dieser Arbeit nachuntersuchten Patient*innen zum Zeitpunkt der Indexoperation betrug 72 Jahre (54- 90 Jahre). Prüft man die Literatur hinsichtlich des angegebenen mittleren Lebensalters, so befinden sich Patient*innen, die aufgrund einer PD eine Revision benötigen, regelhaft in der siebten oder achten Lebensdekade [19]. In diesem Alter ist laut Fang et al. im Vergleich zu jüngeren Patient*innen mit höherer Wahrscheinlichkeit mit perioperativen Komplikationen zu rechnen [102].

Operationszeit

Ein weiterer Faktor, der zu einem erhöhten Risiko für perioperative Komplikationen beitragen kann, ist eine verlängerte Operationszeit (OT). In einer Analyse von 89.802 Hüfttotalendoprothesen konnten Surace et al. zeigen, dass eine verlängerte OP-Dauer u.a. mit einem höheren Risiko für stationäre Wiederaufnahmen, Revisionsoperationen und Infektionen für die Patient*innen verbunden war [103]. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass in der Literatur nur wenig Angaben in Hinblick auf die Operationszeiten im Rahmen der Revisionsendoprothetik bei PD zu finden sind. Für CTACs berichten DeBoer et al. [81] von einer mittleren OT von 300 Minuten (Extremwerte 140-575 min), während Friedrich et al. [82] eine mittlere OT von 215 Minuten (120- 600 min) darlegen. Bostrom et al. analysieren die Ergebnisse von 31 Hüften, die bei schweren periacetabulären Defekten mit APCs revidiert wurden, darunter sechs Hüften mit PD. In ihrer Serie beträgt die mittlere OT 209 Minuten (123-388 min). Sie berichten jedoch nicht im Speziellen über die Patient*innen, die aufgrund von PD revidiert wurden, und geben die in diesem Zusammenhang ermittelten Operationszeiten nicht getrennt von den übrigen behandelten Knochendefekten an [79]. Hipfl et al. führten 35 Revisionshüfteingriffe mit CCCs durch, darunter 24 Patienten mit PD. In dieser Studie betrug die mittlere OT 187 Minuten (122-292 min) [78]. Bemerkenswert ist, dass in all den genannten Studien nicht unterschieden wird zwischen Fällen, in denen nur die acetabuläre Komponente revidiert wurde und Fällen, in denen sowohl die acetabuläre als auch die femorale Komponente ersetzt wurde [78, 79, 81, 82].

In unserer Studie betrug die mittlere Operationszeit für die isolierte Revision der Hüftpfannenkomponente 147 Minuten (109-191 min), während als mittlere OT für Revisionen sowohl der Pfanne als auch des Femurschaftes 175 Minuten (125-277 min) ermittelt werden konnten. Im Vergleich zu der von Hipfl et al. beschriebenen Operationszeit [78] war die OT in unserer Studie relativ kurz, dies könnte durch die Monoblock-Struktur der von uns verwendeten Hüftpfannenkomponente (ohne die Notwendigkeit, verschiedene Schnittstellen mit Zement zu verbinden) erklärt werden. Die längere Operationszeit bei der Verwendung von CTACs könnte auf die

Notwendigkeit einer umfangreichen Weichteilpräparation für die korrekte Positionierung des sperrigen Implantats und die anschließende Verschraubung zurückzuführen sein. Außerdem muss bei vielen CTACs der Liner in den Hauptkörper des Implantats zementiert werden, was zu einer verlängerten OT beitragen könnte.

Harris Hip Score und visuelle Analogskala für Schmerz

Der mittlere postoperative Harris-Hip-Score (HHS) unserer Patient*innen verbesserte sich signifikant von 41 (Extremwerte 29- 62) präoperativ auf 79 (Extremwerte 41- 100) bei der letzten Nachuntersuchung ($p < .001$). Dies steht im Einklang mit anderen Studien, die über das Ergebnis chirurgischer Eingriffe bei PD berichten. DeBoer et al. analysierten das Ergebnis von 20 Hüftrevisionen mit CTACs. Der mittlere HHS ihrer Patient*innen zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung lag bei 80 (Extremwerte 64- 100) [81]. Hipfl et al. untersuchten das Ergebnis von Patient*innen nach Revision mit CCCs und fanden einen mittleren postoperativen HHS Wert von 72 (Extremwerte 40- 89) [78]. Abolghasemian et al. [93] berichteten über einen mittleren postoperativen HHS von 71 (Extremwerte 54- 95) bei Patient*innen, bei deren Revisionseingriffen APCs implantiert worden waren.

In unserer Studie haben wir versucht, die Ergebnisse getrennt für Acetabulumdefekte vom Typ IIC und Typ IIIB und für Patient*innen mit und ohne vorherige Revisionen zu analysieren. Interessanterweise gab es einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen dem mittleren postoperativen HHS für Patient*innen mit Typ IIC- Defekten im Vergleich zu jenen mit Typ IIIB- Defekten (87 im Gegensatz zu 75, $p = .016$). Darüber hinaus fanden wir einen statistisch signifikanten Unterschied im mittleren postoperativen HHS von Patient*innen, die sich keiner vorherigen Revision unterzogen hatten, und solchen, die sich mindestens einer vorherigen Revision unterzogen hatten (89 im Gegensatz zu 75, $p = .024$).

Die Visuelle Analogskala für Schmerzen veränderte sich bei unserem Patient*innenkollektiv hochsignifikant ($p < .001$) von einem Mittelwert von sechs präoperativ auf einen Mittelwert von eins postoperativ. Diese deutliche Verbesserung steht gut im Einklang mit diesbezüglichen Ergebnissen aus anderen Publikationen [31].

Insgesamt spiegeln die in unserer Arbeit dokumentierte Ergebnisse in Hinblick auf HHS und VAS die deutliche Beeinträchtigung wider, unter der die betroffenen Patient*innen initial leiden: diese scheint die Folge von Gewebedefekten, mehrfachen früheren Revisionen oder anderen Faktoren wie Infektion, Patient*innenalter oder Komorbiditäten zu sein.

Limitationen der vorliegenden Arbeit

Diese Arbeit hat bestimmte Einschränkungen, auf die hier hingewiesen werden soll: Aufgrund ihres retrospektiven Studienaufbaus können Beobachtungs- und Auswahlfehler nicht ausgeschlossen werden. Wie bereits erwähnt, ist die hier dargelegte chirurgische Technik nicht geeignet, um jeden mit PD assoziierten periacetabulären Defekt zu behandeln. Daher könnten die in dieser Arbeit dokumentierten guten Ergebnisse auf eine entsprechende Patient*innenselektion zurückzuführen sein. Weitere Einschränkungen sind die Heterogenität der Patient*innencharakteristika, die kleine Anzahl der eingeschlossenen Patient*innen und das Fehlen einer Kontrollgruppe, in der andere etablierte Techniken wie CTACs, CCCs oder APCs eingesetzt worden wären.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Verwendung des REVISIO M- Systems eine zuverlässige und sichere Methode zur Behandlung der periprothetischen Beckendiskontinuität ist- in der vorliegenden Arbeit konnten wir gute Ergebnisse für einen mittelfristigen Nachuntersuchungszeitraum nachweisen.

Das 5-Jahres-Implantatüberleben und das 5-Jahres-Überleben mit Revision aus jedwedem Grund waren dabei signifikant niedriger bei betroffenen Patient*innen, die auf Grund einer periprothetischen Infektion im Rahmen eines zweizeitigen chirurgischen Vorgehen behandelt wurden. Ähnlich wie in anderen Studien, die das Ergebnis nach Hüftgelenksrevision bei PD untersuchten, ist die hier beschriebene Gesamtkomplikationsrate von knapp 29% beachtlich, was darauf zurückgeführt werden könnte, dass sich die meisten unserer Patient*innen mehreren früheren Revisionen unterziehen mussten, bevor sie im Rahmen der Indexoperation mit der in dieser Arbeit beschriebenen Revisionsstrategie behandelt wurden.

In Zukunft könnte diese Technik die bereits etablierten Vorgehensweisen zur Behandlung der chronischen Beckendiskontinuität ergänzen und prinzipiell auch bei Patient*innen mit akut auftretender Diskontinuität oder periprothetischer Acetabulumfraktur eingesetzt werden (vgl. Abbildung 17).

Im Falle von Defektsituationen, in denen "Implantate von der Stange" – wie das hier beschriebene REVISIO M- System – nicht geeignet erscheinen, konnten rezent vielversprechende Behandlungsergebnisse für individuell als Monoblock mit Lasche und der Möglichkeit der Implantation eines Darmbeinzapfens angefertigte Acetabulumkomponenten (auf Englisch „custom made monoflanged acetabular component“, abgekürzt CMAC) publiziert werden [104]: dies gilt beispielsweise für Patient*innen mit zu ausgeprägtem Verlust an stützendem Knochen des vorderen und/oder hinteren Pfannenrandes, unter Umständen mit einer zusätzlichen Defektzone im Bereich der acetabulären Kuppel.

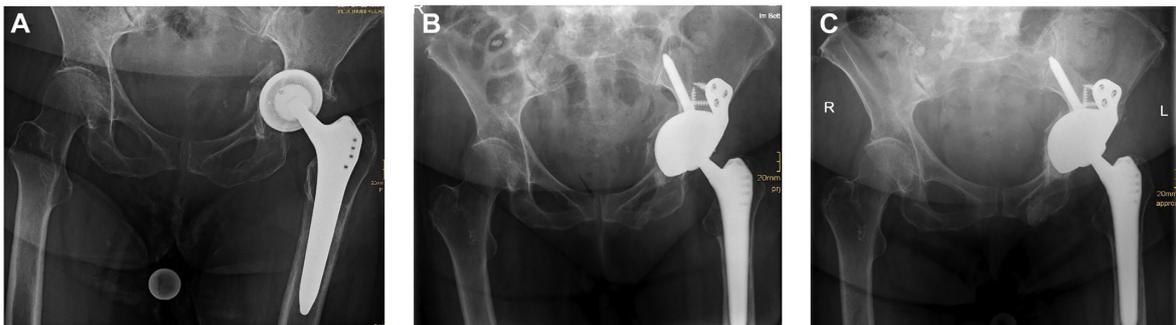


Abbildung 17: (A) Eine 73-jährige Patientin, die unter anderem an paranoider Schizophrenie und Demenz sowie an Morbus Parkinson leidet, wird nach einem adäquaten Trauma vorgestellt (sieben Jahre zuvor war die Implantation einer Allofit Pfanne und eines Alloclassic SL Schaftes (Fa. Zimmer Biomet, Freiburg, Deutschland) durchgeführt worden). (B) Beckenübersichtsaufnahme nach der ersten postoperativen Mobilisierung und (C) Sechs Monate postoperativ: es ist eine fortschreitende knöcherne Konsolidierung um die Kuppel der Pfanne und die Heilung der Frakturen des oberen und unteren Schambeinastes erkennbar. (aus [69], mit freundlicher Genehmigung von ELSEVIER)

5. Zusammenfassung

In dieser monozentrischen retrospektiven Kohortenstudie analysierten wir die Daten von 49 Patient*innen (35 weiblich, 14 männlich) mit unilateraler periprothetischer Beckendiskontinuität, die zwischen 2009 und 2017 an der orthopädischen Klinik König-Ludwig-Haus in Würzburg revidiert und mittels einer asymmetrischen Acetabulumkomponente (dem REVISIO M- System der Firma AQ Solutions GmbH) behandelt worden sind. Das mittlere Alter der Betroffenen zum Zeitpunkt der Indexoperation betrug 72 Jahre (54- 90 Jahre). Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum lag bei 71 Monaten (Extremwerte 21-114 Monate). Sämtliche in der Folge aufgetretenen Komplikationen wurden dokumentiert und die radiologischen und funktionellen Ergebnisse (anhand des Harris Hip Scores sowie der visuellen Analogskala für Schmerz) wurden ausgewertet. Mittels Kaplan-Meier-Analyse konnte für unsere Studiengruppe ein 5-Jahres-Implantatüberleben von 91% (Konfidenzintervall 77%-96%) festgestellt werden. Die 5-Jahres-Überlebensrate mit Revision aus jedweder Ursache betrug 87% (Konfidenzintervall 74%-94%). Die Gesamtrevisionsrate betrug 16% (n= 8). Zwei der Patient*innen benötigten eine Revision der eingebrachten Acetabulumkomponente auf Grund einer aseptischen Lockerung. Bei vier Patient*innen (8%) wurde eine periprothetische Infektion festgestellt: ein Patient wurde deshalb mit einer zweizeitigen Revision und ein weiterer mit einer Resektionsarthroplastik behandelt. Die anderen zwei Patient*innen wurden jeweils mit einem chirurgischen Eingriff im Sinne eines Debridements, ausgiebiger Spülung sowie dem Austausch der mobilen Teile behandelt. Von sechs Patient*innen (12%), die eine Hüftluxation erlitten, war bei zweien die Implantation einer Dual-Mobility-Acetabulumkomponente erforderlich. Der mittlere Harris Hip Score verbesserte sich in unserem Patient*innenkollektiv von 41 präoperativ auf 79 bei der letzten Nachuntersuchung ($p < .001$); die visuelle Analogskala für Schmerzen verbesserte sich hochsignifikant von einem Mittelwert von sechs präoperativ auf postoperativ eins ($p < .001$). Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Implantation des REVISIO M-Systems eine zuverlässige und sichere Behandlungsmethode für periprothetische Beckendiskontinuität ist, die mittelfristig zu guten klinischen und radiologischen Ergebnissen führt.

6. Literaturverzeichnis

1. Labek, G., et al., *Revision rates after total joint replacement: cumulative results from worldwide joint register datasets*. J Bone Joint Surg Br, 2011. **93**(3): p. 293-7.
2. Bozic, K.J., et al., *The epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States*. J Bone Joint Surg Am, 2009. **91**(1): p. 128-33.
3. Lubbeke, A., et al., *Mapping existing hip and knee replacement registries in Europe*. Health Policy, 2018. **122**(5): p. 548-557.
4. Holzapfel, B.M. and M. Rudert, *[Acetabular revision arthroplasty : Current concepts and new developments]*. Orthopade, 2017. **46**(2): p. 111-113.
5. Kurtz, S.M., et al., *Primary and revision arthroplasty surgery caseloads in the United States from 1990 to 2004*. J Arthroplasty, 2009. **24**(2): p. 195-203.
6. Ghanem, M., et al., *Acetabular defect classification and management : Revision arthroplasty of the acetabular cup based on 3-point fixation*. Orthopade, 2020. **49**(5): p. 432-442.
7. Schwarzkopf, R., H.E. Ihn, and M.D. Ries, *Pelvic discontinuity: modern techniques and outcomes for treating pelvic disassociation*. Hip Int, 2015. **25**(4): p. 368-74.
8. Hoberg, M., et al., *[Treatment of acetabular bone defects in revision hip arthroplasty using the Revisio-System]*. Orthopade, 2017. **46**(2): p. 126-132.
9. Wirtz, D.C., et al., *Acetabular defects in revision hip arthroplasty: a therapy-oriented classification*. Arch Orthop Trauma Surg, 2020. **140**(6): p. 815-825.
10. Kurtz, S., et al., *Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030*. J Bone Joint Surg Am, 2007. **89**(4): p. 780-5.
11. Bozic, K.J., et al., *Comparative Epidemiology of Revision Arthroplasty: Failed THA Poses Greater Clinical and Economic Burdens Than Failed TKA*. Clin Orthop Relat Res, 2015. **473**(6): p. 2131-8.
12. Kosashvili, Y., et al., *Acetabular revision using an anti-protrusion (ilio-ischial) cage and trabecular metal acetabular component for severe acetabular bone loss associated with pelvic discontinuity*. J Bone Joint Surg Br, 2009. **91**(7): p. 870-6.
13. Abdel, M.P., R.T. Trousdale, and D.J. Berry, *Pelvic Discontinuity Associated With Total Hip Arthroplasty: Evaluation and Management*. J Am Acad Orthop Surg, 2017. **25**(5): p. 330-338.
14. Berry, D.J., et al., *Pelvic discontinuity in revision total hip arthroplasty*. J Bone Joint Surg Am, 1999. **81**(12): p. 1692-702.
15. Chatoos, M., J. Parfitt, and M.F. Pearse, *Periprosthetic acetabular fracture associated with extensive osteolysis*. J Arthroplasty, 1998. **13**(7): p. 843-5.
16. Cooper, R.A., et al., *Polyethylene debris-induced osteolysis and loosening in uncemented total hip arthroplasty. A cause of late failure*. J Arthroplasty, 1992. **7**(3): p. 285-90.
17. Maloney, W.J., et al., *Severe osteolysis of the pelvic in association with acetabular replacement without cement*. J Bone Joint Surg Am, 1993. **75**(11): p. 1627-35.
18. Schmalzried, T.P., M. Jasty, and W.H. Harris, *Periprosthetic bone loss in total*

- hip arthroplasty. Polyethylene wear debris and the concept of the effective joint space.* J Bone Joint Surg Am, 1992. **74**(6): p. 849-63.
19. Szczepanski, J.R., D.M. Perriman, and P.N. Smith, *Surgical Treatment of Pelvic Discontinuity: A Systematic Review and Meta-Analysis.* JBJS Rev, 2019. **7**(9): p. e4.
 20. Gravius, S., et al., *[Acetabular defect reconstruction in revision surgery of the hip. Autologous, homologous or metal?]*. Orthopade, 2009. **38**(8): p. 729-40.
 21. Koob, S., et al., *[Biological downsizing : Acetabular defect reconstruction in revision total hip arthroplasty]*. Orthopade, 2017. **46**(2): p. 158-167.
 22. Laflamme, G.Y., et al., *Periprosthetic fractures of the acetabulum during cup insertion: posterior column stability is crucial.* J Arthroplasty, 2015. **30**(2): p. 265-9.
 23. Gililland, J.M., et al., *Biomechanical analysis of acetabular revision constructs: is pelvic discontinuity best treated with bicolumnar or traditional unicolumnar fixation?* J Arthroplasty, 2013. **28**(1): p. 178-86.
 24. Sporer, S.M., et al., *Acetabular distraction: an alternative for severe defects with chronic pelvic discontinuity?* Clin Orthop Relat Res, 2012. **470**(11): p. 3156-63.
 25. Sheth, N.P., C.M. Melnic, and W.G. Paprosky, *Acetabular distraction: an alternative for severe acetabular bone loss and chronic pelvic discontinuity.* Bone Joint J, 2014. **96-B**(11 Supple A): p. 36-42.
 26. Rudert, M., et al., *[Standardized reconstruction of acetabular bone defects using the cranial socket system]*. Oper Orthop Traumatol, 2010. **22**(3): p. 241-55.
 27. Gollwitzer, H., et al., *[Revision arthroplasty of the hip: acetabular component]*. Chirurg, 2010. **81**(4): p. 284-92.
 28. Vasconcellos, L.M., et al., *Evaluation of bone ingrowth into porous titanium implant: histomorphometric analysis in rabbits.* Braz Oral Res, 2010. **24**(4): p. 399-405.
 29. Taniguchi, N., et al., *Effect of pore size on bone ingrowth into porous titanium implants fabricated by additive manufacturing: An in vivo experiment.* Mater Sci Eng C Mater Biol Appl, 2016. **59**: p. 690-701.
 30. Hoberg, M., B.M. Holzapfel, and M. Rudert, *[Painful hip arthroplasty: a diagnostic algorithm]*. Orthopade, 2011. **40**(6): p. 474-80.
 31. Mausolf, N.H., *Klinische und radiologische Ergebnisse nach Hüftprothesenwechsel durch Implantation eines kranial aufgesockelten Revisionspfannensystems.* 2020, Inauguraldissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik König-Ludwig-Haus: Würzburg, Deutschland.
 32. Harris, W.H., *Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation.* J Bone Joint Surg Am, 1969. **51**(4): p. 737-55.
 33. Nilsdotter, A. and A. Bremander, *Measures of hip function and symptoms: Harris Hip Score (HHS), Hip Disability and Osteoarthritis Outcome Score (HOOS), Oxford Hip Score (OHS), Lequesne Index of Severity for Osteoarthritis of the Hip (LISOH), and American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS) Hip and Knee Questionnaire.* Arthritis Care Res (Hoboken), 2011. **63 Suppl 11**: p. S200-7.

34. Heller, G.Z., M. Manuguerra, and R. Chow, *How to analyze the Visual Analogue Scale: Myths, truths and clinical relevance*. Scand J Pain, 2016. **13**: p. 67-75.
35. Springer, B.D., et al., *Why revision total hip arthroplasty fails*. Clin Orthop Relat Res, 2009. **467**(1): p. 166-73.
36. Claus, A.M., et al., *Radiographic definition of pelvic osteolysis following total hip arthroplasty*. J Bone Joint Surg Am, 2003. **85**(8): p. 1519-26.
37. Walde, T.A., et al., *Sensitivity and specificity of plain radiographs for detection of medial-wall perforation secondary to osteolysis*. J Arthroplasty, 2005. **20**(1): p. 20-4.
38. Zimlich, R.H. and T.K. Fehring, *Underestimation of pelvic osteolysis: the value of the iliac oblique radiograph*. J Arthroplasty, 2000. **15**(6): p. 796-801.
39. Thomas, A., et al., *Utility of judet oblique x-rays in preoperative assessment of acetabular periprosthetic osteolysis: a preliminary study*. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 2007. **36**(7): p. E107-10.
40. Yu, R., et al., *Validity and reliability of the Paprosky acetabular defect classification*. Clin Orthop Relat Res, 2013. **471**(7): p. 2259-65.
41. Martini, F., et al., *[Postsurgical computed tomography of uncemented hip arthroplasty]*. Rofo, 2003. **175**(10): p. 1413-6.
42. Horas, K., et al., *Acetabular defect classification in times of 3D imaging and patient-specific treatment protocols*. Orthopade, 2017. **46**(2): p. 168-178.
43. Ghanem, E., et al., *The use of receiver operating characteristics analysis in determining erythrocyte sedimentation rate and C-reactive protein levels in diagnosing periprosthetic infection prior to revision total hip arthroplasty*. Int J Infect Dis, 2009. **13**(6): p. e444-9.
44. Schinsky, M.F., et al., *Perioperative testing for joint infection in patients undergoing revision total hip arthroplasty*. J Bone Joint Surg Am, 2008. **90**(9): p. 1869-75.
45. Ong, K.L., et al., *Prosthetic joint infection risk after total hip arthroplasty in the Medicare population*. J Arthroplasty, 2009. **24**(6 Suppl): p. 105-9.
46. Fink, B., et al., *Sufficient release of antibiotic by a spacer 6 weeks after implantation in two-stage revision of infected hip prostheses*. Clin Orthop Relat Res, 2011. **469**(11): p. 3141-7.
47. Zimmerli, W., A. Trampuz, and P.E. Ochsner, *Prosthetic-joint infections*. N Engl J Med, 2004. **351**(16): p. 1645-54.
48. Saleh, K.J., et al., *Development, test reliability and validation of a classification for revision hip arthroplasty*. J Orthop Res, 2001. **19**(1): p. 50-6.
49. Gustilo, R.B. and H.S. Pasternak, *Revision total hip arthroplasty with titanium ingrowth prosthesis and bone grafting for failed cemented femoral component loosening*. Clin Orthop Relat Res, 1988(235): p. 111-9.
50. Gross, A.E., et al., *Bone grafts in hip replacement surgery. The pelvic side*. Orthop Clin North Am, 1993. **24**(4): p. 679-95.
51. Parry, M.C., et al., *A comparison of the validity and reliability of established bone stock loss classification systems and the proposal of a novel classification system*. Hip Int, 2010. **20**(1): p. 50-5.
52. Engh, C.A., et al., *Results of cementless revision for failed cemented total hip arthroplasty*. Clin Orthop Relat Res, 1988(235): p. 91-110.
53. Telleria, J.J. and A.O. Gee, *Classifications in brief: Paprosky classification of acetabular bone loss*. Clin Orthop Relat Res, 2013. **471**(11): p. 3725-30.

54. Johanson, N.A., et al., *Grading acetabular defects: the need for a universal and valid system*. J Arthroplasty, 2010. **25**(3): p. 425-31.
55. D'Antonio, J.A., et al., *Classification and management of acetabular abnormalities in total hip arthroplasty*. Clin Orthop Relat Res, 1989(243): p. 126-37.
56. Hwang K T, K.Y.H., *Revision Total Hip Arthroplasty of an Acetabular Cup with Acetabular Bone Defects*. J Korean Hip Soc 23, 2011. **23**(4): p. 237-247.
57. Paprosky, W.G., P.G. Perona, and J.M. Lawrence, *Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty. A 6-year follow-up evaluation*. J Arthroplasty, 1994. **9**(1): p. 33-44.
58. Gozzard, C., et al., *A comparison of the reliability and validity of bone stock loss classification systems used for revision hip surgery*. J Arthroplasty, 2003. **18**(5): p. 638-42.
59. Paprosky, W.G. and M.B. Cross, *CORR Insights(R): Validity and reliability of the Paprosky acetabular defect classification*. Clin Orthop Relat Res, 2013. **471**(7): p. 2266.
60. Campbell, D.G., et al., *Reliability of acetabular bone defect classification systems in revision total hip arthroplasty*. J Arthroplasty, 2001. **16**(1): p. 83-6.
61. Wirtz, D.C., et al., [*Acetabular revision arthroplasty with a novel cementless augment-and-modular-cage system (MRS-C) : Surgical technique and preliminary clinical results*]. Oper Orthop Traumatol, 2020. **32**(3): p. 248-261.
62. Gotze, C., et al., [*Limits in cementless hip revision total hip arthroplasty. Midterm experience with an oblong revision cup*]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 2003. **141**(2): p. 182-9.
63. Koster, G. and S. Rading, *Revision of failed acetabular components utilizing a cementless oblong cup: an average 9-year follow-up study*. Arch Orthop Trauma Surg, 2009. **129**(5): p. 603-8.
64. Moskal, J.T., M.E. Higgins, and J. Shen, *Type III acetabular defect revision with bilobed components: five-year results*. Clin Orthop Relat Res, 2008. **466**(3): p. 691-5.
65. Gradinger R, J.P., Burgkart R, Rudert M, *Das Kranialpfannensystem*, in *Revisionsendoprothetik der Hüftpfanne*, R.C. Wirtz D. C., Reichel H., Editor. 2008, Springer: Heidelberg (DE).
66. AQ Solutions GmbH; Hürth, D., *Das REVISIO M Pfannensystem*. 2020.
67. Mittelmeier, W., et al., [*Cementless fixation of the endoprosthesis using trabecular, 3-dimensional interconnected surface structures*]. Orthopade, 1997. **26**(2): p. 117-24.
68. Mittelmeier, W., et al., [*Comparative static biomechanical studies of tripod surface structures of cementless endoprostheses*]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 1999. **137**(2): p. 122-8.
69. Frenzel, S., et al., *Acetabular Revision With Intramedullary and Extramedullary Iliac Fixation for Pelvic Discontinuity*. J Arthroplasty, 2020. **35**(12): p. 3679-3685 e1.
70. Rudert, M., et al., *The Wuerzburg procedure: the tensor fasciae latae perforator is a reliable anatomical landmark to clearly identify the Hueter interval when using the minimally-invasive direct anterior approach to the hip joint*. BMC Musculoskelet Disord, 2016. **17**: p. 57.
71. Prodinger, P.M., et al., *Revision Arthroplasty Through the Direct Anterior*

- Approach Using an Asymmetric Acetabular Component.* J Clin Med, 2020. **9**(9).
72. Peters, K.M., *Rehabilitation nach Hüftprothesenwechsel*, in *Revisionsendoprothetik der Hüftpfanne*, R.C. Wirtz D. C., Reichel H., Editor. 2008, Springer: Heidelberg (DE).
 73. Hourscht, C., et al., *Reconstruction of AAOS type III and IV acetabular defects with the Ganz reinforcement ring: high failure in pelvic discontinuity.* Arch Orthop Trauma Surg, 2017. **137**(8): p. 1139-1148.
 74. Patsiogiannis, N., N.K. Kanakaris, and P.V. Giannoudis, *Periprosthetic hip fractures: an update into their management and clinical outcomes.* EFORT Open Rev, 2021. **6**(1): p. 75-92.
 75. Martin, J.R., et al., *Construct Rigidity: Keystone for Treating Pelvic Discontinuity.* J Bone Joint Surg Am, 2017. **99**(9): p. e43.
 76. Ribes-Iborra, J., et al., *Biomechanical study of pelvic discontinuity in failed total hip arthroplasty. Lessons learnt from the treatment of pelvic fractures.* Injury, 2017. **48 Suppl 6**: p. S34-S39.
 77. Hasenauer, M.D., W.G. Paprosky, and N.P. Sheth, *Treatment options for chronic pelvic discontinuity.* J Clin Orthop Trauma, 2018. **9**(1): p. 58-62.
 78. Hipfl, C., et al., *Cup-cage reconstruction for severe acetabular bone loss and pelvic discontinuity.* Bone Joint J, 2018. **100-B**(11): p. 1442-1448.
 79. Bostrom, M.P., et al., *Acetabular revision with the Contour antiprotrusion cage: 2- to 5-year followup.* Clin Orthop Relat Res, 2006. **453**: p. 188-94.
 80. Colen, S., et al., *A modified custom-made triflanged acetabular reconstruction ring (MCTARR) for revision hip arthroplasty with severe acetabular defects.* Acta Orthop Belg, 2013. **79**(1): p. 71-5.
 81. DeBoer, D.K., et al., *Revision total hip arthroplasty for pelvic discontinuity.* J Bone Joint Surg Am, 2007. **89**(4): p. 835-40.
 82. Friedrich, M.J., et al., *Management of severe periacetabular bone loss combined with pelvic discontinuity in revision hip arthroplasty.* Int Orthop, 2014. **38**(12): p. 2455-61.
 83. Rogers, B.A., et al., *The reconstruction of periprosthetic pelvic discontinuity.* J Arthroplasty, 2012. **27**(8): p. 1499-1506 e1.
 84. Wind, M.A., Jr., M.L. Swank, and J.I. Sorger, *Short-term results of a custom triflange acetabular component for massive acetabular bone loss in revision THA.* Orthopedics, 2013. **36**(3): p. e260-5.
 85. Ramappa, M., et al., *Early results of a new highly porous modular acetabular cup in revision arthroplasty.* Hip Int, 2009. **19**(3): p. 239-44.
 86. Sporer, S.M. and W.G. Paprosky, *Acetabular revision using a trabecular metal acetabular component for severe acetabular bone loss associated with a pelvic discontinuity.* J Arthroplasty, 2006. **21**(6 Suppl 2): p. 87-90.
 87. Kim, W.Y., et al., *Porous tantalum uncemented acetabular shells in revision total hip replacement: two to four year clinical and radiographic results.* Hip Int, 2008. **18**(1): p. 17-22.
 88. Konan, S., et al., *The cup-cage reconstruction for pelvic discontinuity has encouraging patient satisfaction and functional outcome at median 6-year follow-up.* Hip Int, 2017. **27**(5): p. 509-513.
 89. Makita, H., et al., *Revision Total Hip Arthroplasty Using the Kerboull Acetabular Reinforcement Device and Structural Allograft for Severe Defects of the Acetabulum.* J Arthroplasty, 2017. **32**(11): p. 3502-3509.

90. Regis, D., et al., *A minimum of 10-year follow-up of the Burch-Schneider cage and bulk allografts for the revision of pelvic discontinuity*. J Arthroplasty, 2012. **27**(6): p. 1057-63 e1.
91. Amenabar, T., et al., *Promising Mid-term Results With a Cup-cage Construct for Large Acetabular Defects and Pelvic Discontinuity*. Clin Orthop Relat Res, 2016. **474**(2): p. 408-14.
92. Sculco, P.K., et al., *The Evolution of the Cup-Cage Technique for Major Acetabular Defects: Full and Half Cup-Cage Reconstruction*. J Bone Joint Surg Am, 2017. **99**(13): p. 1104-1110.
93. Abolghasemian, M., et al., *The challenge of pelvic discontinuity: cup-cage reconstruction does better than conventional cages in mid-term*. Bone Joint J, 2014. **96-B**(2): p. 195-200.
94. Taunton, M.J., et al., *Pelvic discontinuity treated with custom triflange component: a reliable option*. Clin Orthop Relat Res, 2012. **470**(2): p. 428-34.
95. Stiehl, J.B., R. Saluja, and T. Diener, *Reconstruction of major column defects and pelvic discontinuity in revision total hip arthroplasty*. J Arthroplasty, 2000. **15**(7): p. 849-57.
96. Lakstein, D., et al., *Trabecular Metal cups for acetabular defects with 50% or less host bone contact*. Clin Orthop Relat Res, 2009. **467**(9): p. 2318-24.
97. Chiarlone, F., et al., *Acetabular custom-made implants for severe acetabular bone defect in revision total hip arthroplasty: a systematic review of the literature*. Arch Orthop Trauma Surg, 2020. **140**(3): p. 415-424.
98. Baauw, M., et al., *The accuracy of positioning of a custom-made implant within a large acetabular defect at revision arthroplasty of the hip*. Bone Joint J, 2015. **97-B**(6): p. 780-5.
99. Weber, M., et al., *Customized implants for acetabular Paprosky III defects may be positioned with high accuracy in revision hip arthroplasty*. Int Orthop, 2019. **43**(10): p. 2235-2243.
100. Lachiewicz, P.F. and S.S. Kelley, *The use of constrained components in total hip arthroplasty*. J Am Acad Orthop Surg, 2002. **10**(4): p. 233-8.
101. Paprosky, W., S. Sporer, and M.R. O'Rourke, *The treatment of pelvic discontinuity with acetabular cages*. Clin Orthop Relat Res, 2006. **453**: p. 183-7.
102. Fang, M., et al., *The Effect of Advancing Age on Total Joint Replacement Outcomes*. Geriatr Orthop Surg Rehabil, 2015. **6**(3): p. 173-9.
103. Surace, P., et al., *The Association Between Operative Time and Short-Term Complications in Total Hip Arthroplasty: An Analysis of 89,802 Surgeries*. J Arthroplasty, 2019. **34**(3): p. 426-432.
104. von Hertzberg-Boelch, S.P., et al., *Custom Made Monoflange Acetabular Components for the Treatment of Paprosky Type III Defects*. J Pers Med, 2021. **11**(4).

Appendix

I. Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: REVISIO M Pfanne mit Lasche und modularem Darmbeinzapfen (mit freundlicher Genehmigung von AQ Solutions GmbH).....</i>	<i>13</i>
<i>Abbildung 2: Links: Wachsmo- dell des Implantats mit kleinen hexapodalen Polymerformen an der Oberfläche Rechts: Oberfläche des fertigen Monoblock-Implantats (mit freundlicher Genehmigung von AQ Solutions GmbH).....</i>	<i>14</i>
<i>Abbildung 3: Design der REVISIO M Pfanne (mit freundlicher Genehmigung von AQ Solutions GmbH)</i>	<i>15</i>
<i>Abbildung 4: A) Im Innenteil der Pfanne befinden sich mehrere Schraubgewinde. Eines davon ist größer, um den iliakalen Schaft aufnehmen zu können. Dieses größere Schraubengewinde kann mit einer Bohrführung besetzt werden, in die ihrerseits eine Führung zum Vorbohren eines 3 mm starken Bohrdrahtes montiert werden kann. Nun kann dieser Bohrdraht eingebracht und unter Bildwandlerkontrolle vorgebohrt werden, um seine korrekte Lage zu gewährleisten. B) Wenn der Operateur mit der Position des Bohrdrahtes zufrieden ist, können der Draht selbst und seine Führung entfernt werden, so dass nur noch die Führung für den Darmbeinzapfen-Bohrer verbleibt. C) Der Durchmesser des Bohrers beträgt 10 mm. Für jede vorhandene Zapfenlänge ist ein separater Bohrer erhältlich, der es dem Operateur erlaubt, für die passende Länge vorzubohren. Dies kann bei Bedarf unter Bildwandlerkontrolle erfolgen. D) Der Zapfen selbst hat einen Durchmesser von 10,5 mm und besteht aus TiAL6V4. Der Darmbeinzapfen ist nicht porös, sondern massiv und in drei verschiedenen Längen erhältlich (30, 50 und 70 mm). E) Nach dem Einschlagen des Zapfens wird dieser mit einer Titanschraube fixiert. (aus [69], mit freundlicher Genehmigung von AQ Solutions GmbH).....</i>	<i>16</i>
<i>Abbildung 5: Grenzen des REVISIO M- Revisionssystems: A) Eine 73-jährige Patientin mit aseptischer Lockerung eines CTAC und Nonunion der posterioren Säule nach mehreren vorhergehenden andernorts durchgeführten Revisionseingriffen (es liegt eine PD in Verbindung mit einem großen Paprosky Typ IIIA Defekt vor, der weit über die Incisura ischiadica hinausreicht) B) Die präoperative Planung ergab, dass in diesem Fall eine REVISIO M-Pfanne nicht geeignet wäre, um den Defekt adäquat zu behandeln, da die korrekte Positionierung von Lasche und Darmbeinzapfen eine Medialisierung und Kranialisierung des Implantates erfordern würde. Zu diesem Zweck hätte noch vorhandener Knochen entfernt werden müssen. C) Der größte verfügbare Durchmesser der Pfanne beträgt 76(a/p) / 82(cranio-caudal) mm, wodurch sie sich nicht für die Behandlung sehr großer Defekte wie etwa in diesem Beispiel eignet. D) Bei solchen Defekten verwenden wir CCCs oder CTACs. Der Patient in diesem Beispiel wurde mit einer 80-mm- Revisionsschale, einem Augment, einem Käfig mit kurzer Lasche und einer Dual-Mobility-Pfanne behandelt (HHS: 29 präoperativ, 88 postoperativ; OP-Zeit 203 min). (mit freundlicher Genehmigung von AQ Solutions GmbH).....</i>	<i>17</i>
<i>Abbildung 6: Intraoperative Darstellung des Acetabulums mit Hilfe entsprechend positionierter Haken.....</i>	<i>20</i>

Abbildung 7: Nativradiologisch erkennbare Differenz der Spaltgröße zwischen Os ilium und ischiopubischen Segment vor **(A)** und nach **(B)** Revision und Implantation einer REVISIO M- Pfanne mit Darmbeinzapfen.....21

Abbildung 8: **(A)** Eine 90-jährige Patientin mit ausgeprägten periprothetischen Osteolysen und chronischer Beckendiskontinuität aufgrund von Abriebspuren (Typ IVB- Defekt nach AAOS). Die abgenutzte zementierte Polyethylenpfanne und der zementierte Monoblockschaft waren 26 Jahre zuvor implantiert worden. **(B)** Beckenübersichtsbild 6 Monate postoperativ mit gut fixiertem Acetabulumimplantat und fortschreitender knöcherner Überbrückung der Defektzone sowie proximalem Femurersatz ohne Hinweis auf Luxation oder Lockerung. (aus [69], mit freundlicher Genehmigung von ELSEVIER).....22

Abbildung 9: **(A)** Eine 75-jährige Patientin wurde nach einem geringgradigen Trauma mit einer Beckendiskontinuität vorstellig. Die Patientin war 15 Jahre zuvor auf Grund einer Dysplasie mit einer zementfreien Hüftendoprothese (Plasmapfanne und Bicontact-Schaft; Aesculap Orthopedics, Melsungen, Deutschland) und einer Pfannendachplastik behandelt. Anteroposteriore und axiale konventionelle Röntgenaufnahmen zeigen eine Durchbrechung der iliopectinealen und ilioischialen Linien. **(B)** Intraoperativ zeigten sich osteolytische Zonen superior und posteromedial der Acetabulumkomponente, die schließlich nach dem stattgehabten leichten Trauma in einem ausgeprägten Knochendefekt resultierten (Typ IVA- Defekt nach AAOS). Intraoperative Aufnahmen mittels Bildwandler zeigen das Vorbohren (Bohrer mit 10 mm Durchmesser) für den Darmbeinzapfen (10,5 mm Durchmesser, 50 mm Länge). **(C)** Anteroposteriore und axiale Ansichten 6 Monate postoperativ zeigen die vollständige knöcherne Überbrückung des Defektes. (aus [69], mit freundlicher Genehmigung von ELSEVIER).....23

Abbildung 10: Kaplan-Meier-Kurven zur Darstellung des Gesamtüberlebens des Implantats nach Indexoperation (Zeit in Monaten auf der Abszissenachse und kumulatives Überleben auf der Ordinatenachse dargestellt)32

Abbildung 11: Kaplan-Meier-Kurven zur Darstellung des Implantatüberlebens bei Patient*innen mit aseptischen (hellgrau) und septischen (schwarz) Revisionen (Zeit in Monaten auf der Abszissenachse und kumulatives Überleben auf der Ordinatenachse dargestellt)32

Abbildung 12: Kaplan-Meier-Kurven zur Darstellung des revisionsfreien Überlebens nach Indexoperation (Zeit in Monaten auf der Abszissenachse und kumulatives Überleben auf der Ordinatenachse dargestellt)33

Abbildung 13: Kaplan-Meier-Kurven zur Darstellung des revisionsfreien Überlebens von Patient*innen mit aseptischen (hellgrau) und septischen (schwarz) Indexoperationen (Zeit in Monaten auf der Abszissenachse und kumulatives Überleben auf der Ordinatenachse dargestellt)33

Abbildung 14: (A) Eine 78-jährige Patientin, die sich mit einem lockeren Anti-Protrusio-Cage (Käfigkonstrukt) nach mehreren Pfannenrevisionen vorstellte. (B) Die präoperative Hüftgelenkspunktion mit Aspiration erbrachte den Nachweis einer Staphylococcus-Spezies. Daher wurden die Prothesenkomponenten entfernt, ein radikales Weichteil- und Knochendebridement durchgeführt und ein Vancomycin und Gentamicin enthaltender artikulierender Platzhalter implantiert. Die intraoperative Defektbeurteilung ergab einen acetabulären Defekt vom Typ IIIB nach Paprosky mit Beckendiskontinuität. (C) Nach sechs Wochen definitiver Antibiotikatherapie wurde der Platzhalter entfernt und eine asymmetrische Hüftpfannenkomponente mit Darmbeinzapfen zusammen mit einem zementfreien modularen Revisionsschaft im Bereich des Femurs implantiert. (D) Vier Jahre postoperativ stellte sich die Patientin erneut mit einer lockeren Hüftpfannenkomponente und medialer Pfannenmigration vor. (E) Die präoperative Aspiration erbrachte ein negatives Ergebnis und es wurde ein patientenspezifisches Implantat mit Hilfe einer virtuellen 3-dimensionalen Planungssoftware entworfen. (F) Der weitere postoperative Verlauf war ereignislos und das Beckenübersichtsbild zwei Jahre nach der erneuten Revision zeigte eine gut fixierte Hüftpfannenkomponente. (aus [69], mit freundlicher Genehmigung von ELSEVIER).....34

Abbildung 15: Darstellung der Harris Hip Score (HHS) Werte der Patient*innen vor der Indexoperation sowie zum Zeitpunkt der letzten vorliegenden Nachuntersuchung.....35

Abbildung 16: Darstellung der VAS (visuelle Analogskala für Schmerzen) Werte der Patient*innen vor der Indexoperation sowie zum Zeitpunkt der letzten vorliegenden Nachuntersuchung.....36

Abbildung 17: (A) Eine 73-jährige Patientin, die unter anderem an paranoider Schizophrenie und Demenz sowie an Morbus Parkinson leidet, wird nach einem adäquaten Trauma vorgestellt (sieben Jahre zuvor war die Implantation einer Allofit Pfanne und eines Alloclassic SL Schaftes (Fa. Zimmer Biomet, Freiburg, Deutschland) durchgeführt worden). (B) Beckenübersichtsaufnahme nach der ersten postoperativen Mobilisierung und (C) Sechs Monate postoperativ: es ist eine fortschreitende knöcherne Konsolidierung um die Kuppel der Pfanne und die Heilung der Frakturen des oberen und unteren Schambeinastes erkennbar. (aus [69], mit freundlicher Genehmigung von ELSEVIER).....49

II. Abkürzungsverzeichnis:

AAOS: Amerikanische Akademie orthopädischer Chirurgen, auf Englisch
„American Academy of Orthopedic Surgeons”

ADC: acetabuläre Defektklassifikation, auf Englisch „acetabular defect classification“

al.: alii, auf Lateinisch „andere“

a/p: antero-posterior

APCs : Anti-Protrusions-Käfig- Konstrukte, auf Englisch „anti-protrusio-cages“

BMI: Körpermasseindex, auf Englisch „body-mass-index“

bzw.: beziehungsweise

CCCs: Pfannen-Käfig-Konstrukte, auf Englisch „cup-cage-constructs“

CI: Konfidenzintervall

CMAC: individuell als Monoblock mit Lasche und der Möglichkeit der Implantation eines
Darmbeinzapfens angefertigte Acetabulumkomponenten, auf Englisch
„custom made monoflanged acetabular component“

CRP: C-reaktives Protein

CT: Computertomographie

CTACs: individuell angefertigte Dreiflanken-Pfannenkomponenten, auf Englisch
„custom made triflange acetabular components“

Fa.: Firma

ggf.: gegebenenfalls

GmbH: Gesellschaft mit beschränkter Haftung

HHS: Harris Hip Score

Inc.: eingetragene Kapitalgesellschaft, englische Abkürzung für „incorporated“

kg: Kilogramm

min: Minuten

mm: Millimeter

OP: Operation

OT: Operationszeit, auf Englisch „operating time“

PD: Beckendiskontinuität, auf Englisch „pelvic discontinuity“

PE: Polyethylen

u.a.: unter anderem

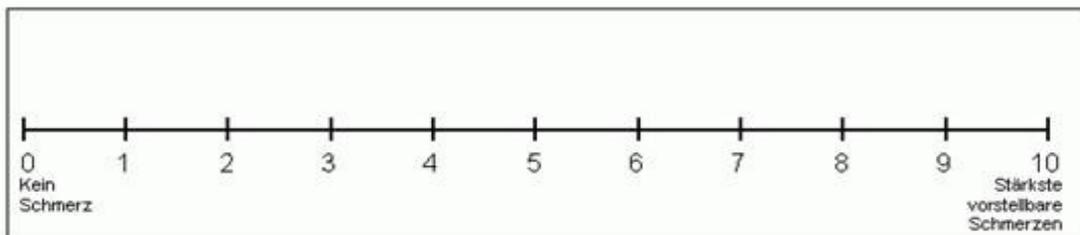
VAS: visuelle Analogskala für Schmerzen

vgl.: vergleiche

III. Fragebögen

Im Folgenden sind die im Rahmen der Nachuntersuchung verwendeten Schemata aufgeführt:

Visuelle Analogskala für Schmerzen (VAS) / Numerische Schmerzskala



Zahlenwert aktuell:

Zahlenwert präoperativ:

Harris Hip Score

	Koenig-Ludwig-Haus Amb. Hochschulambulanz D -97074 Würzburg, Brettreichstraße 11 / Tel: 0931 803-0
Pat.:	Geb.Dat.:
Fall-Nr.:	
Gelenk: <input checked="" type="radio"/> Hüfte <input type="radio"/> Knie erhoben am:	
Seite: <input type="radio"/> rechts <input type="radio"/> links erhoben durch: Nils Mausolf	
Art: <input type="radio"/> Erstimplantation <input type="radio"/> Wechsel OP am:	
Zeitpunkt <input type="radio"/> Prä-OP <input type="radio"/> 1 Jahr (postOP) <input type="radio"/> nach 5 Jahren <input type="radio"/> nach 10 Jahren	

Harris Hip Score (WAF-Studie)

Schmerzen

Schmerz

- Kein Schmerz
- leichter Schmerz (gelegentliche Beschwerden oder geringgradige Schmerzwahrnehmung, die Aktivität ist nicht behindert)
- geringer Schmerzen (keine Auswirkung auf die durchschnittliche Aktivität, selten mäßige Schmerz nach ungewohnten Tätigkeiten, gelegentlich z.B. Aspirin)
- mäßiger Schmerzen (Schmerz erträglich, regelmäßige Arbeit möglich, jedoch Behinderung bei gewöhnlicher Aktivität, gelegentlich stärkere Analgetika erforderlich)
- deutliche Schmerzen (starke, gelegentlich auftretende und wieder vergehende Schmerzen, ernsthafte Einschränkung des Aktivitätsniveaus, stärkere Schmerzmittel)
- schwere Schmerzen (starker Schmerz auch im Bett, der Schmerz zwingt den Patienten überwiegend im Bett zu bleiben, schwerste Beeinträchtigung)

Tägliche Tätigkeiten

Treppen

- eine Stufe nach der anderen ohne Nachziehen des Beines und ohne Gebrauch des Geländers
- Stufe nach Stufe ohne Nachziehen eines Beines, aber mit Geländer
- Treppengehen ist noch möglich mit beliebigen Hilfsmitteln
- Patient ist nicht in der Lage Treppen zu steigen

Patient ist in der Lage, öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen

- ja

Sitzen

- Patient kann bequem auf jedem Stuhl für 1 Stunde sitzen
- Patient kann bequem auf einem hohen Stuhl für eine halbe Stunde sitzen
- Patient ist nicht in der Lage, auf irgend einem Stuhl bequem zu sitzen

Schuhe und Strümpfe

- Patient kann ohne weiteres Strümpfe anziehen und Schuhe binden
- Patient kann unter Schwierigkeiten Strümpfe anziehen und Schuhe binden
- Patient ist nicht in der Lage, Schuhe oder Strümpfe anzuziehen

Gehfähigkeit

Hinken

- kein Hinken
- leichtes Hinken
- mäßiges Hinken
- schweres Hinken

Gehhilfen

- keine
- einzelner Stock für längere Strecken
- einzelner Stock für die meiste Zeit
- eine Unterarm-Gehstütze
- zwei Stöcke
- zwei Unterarm-Gehstützen oder Gehunfähig

Gehstrecke

- unbegrenzt
- zwei Kilometer
- 200 - 500 Meter
- nur in der Wohnung
- Bett oder Stuhl

Nur vom Arzt zu erheben

Untersucher: _____

Beweglichkeit

EXAKTE Bewegungsausmaße notieren!

Adduktionskontraktur [°]

Innenrotationskontraktur [°]

Beugekontraktur [°]

Beinlängendifferenz [cm]

Beugung [°]

Abduktion [°]

Adduktion [°]

Außenrotation [°]

Innenrotation [°]

Summe

IV. Danksagung

Diese Arbeit beruht auf der Zeit, die ich in den Jahren 2018 und 2019 im Rahmen meiner Ausbildung in Würzburg verbringen durfte. Diese Monate hätte ich fachlich wie menschlich nicht sinnvoller und erfüllender verbringen können - für die lehrreichen und rundum gelungenen Erfahrungen sei allen Mitarbeiter*innen des König-Ludwig-Hauses von Herzen gedankt.

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. Dr. Boris Holzapfel, durch dessen enthusiastische Unterstützung und fachlicher Kompetenz das Verfassen der vorliegenden Arbeit zum Vergnügen geworden ist.

Ohne Prof. Dr. Maximilian Rudert wäre ich gar nie nach Würzburg gekommen, es gäbe diese Arbeit nicht und die Erfahrung vor Ort wäre nicht annähernd dieselbe gewesen - VIELEN DANK für die großzügige Unterstützung in vielen Belangen!

Darüber hinaus gilt mein Dank den Patient*innen des König-Ludwig-Hauses, ohne deren Bereitschaft zur anonymisierten Datenauswertung wissenschaftliches Arbeiten in dieser Form nicht möglich wäre.