

Aus der orthopädischen Klinik und Poliklinik

der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. Maximilian Rudert

Versagensanalyse primärer Hüftendoprothesen

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Anna Ramona Lörler geb. Sichermann

aus Ansbach

Würzburg, Mai 2021



Referent: Prof. Dr. Maik Hoberg

Koreferent: Prof. Dr. Rafael Jakubietz

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 19.05.2022

Die Promovendin ist Ärztin

Für meinen Ehemann und meine Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Entwicklungsgeschichte und Stellenwert der Hüftgelenksendoprothetik ..	1
1.2	Ursachen für das Versagen von Hüftgelenksendoprothesen	3
1.2.1	Aseptische Lockerung	3
1.2.2	Infektion	5
1.2.3	Luxation	8
1.2.4	Inlay- und Materialverschleiß.....	11
1.2.5	Periprothetische Fraktur	13
1.2.6	Impingement	16
1.2.7	Persistierende Schmerzen	18
1.3	Ziel- und Fragestellung	19
2	Material und Methoden.....	20
2.1	Patientenkollektiv.....	20
2.2	Datenerhebung.....	20
2.3	Literaturrecherche.....	21
2.4	Statistische Auswertung.....	21
3	Ergebnisse.....	22
3.1	Patientenalter bei Indeximplantation und Revision	22
3.2	Prothesenstandzeit	25
3.3	Indikationsdiagnose für Primärimplantation.....	27
3.4	Revisionsgründe	28
3.5	Prothesentyp	30
3.6	Therapie	31
3.7	Zusammenfassung in Bezug auf die Standzeit.....	33

4	Diskussion	35
4.1	Patientenalter	35
4.2	Indexdiagnose	37
4.3	Revisionsgründe	41
4.3.1	Aseptische Lockerung	41
4.3.2	Infektion	42
4.3.3	Luxation	43
4.3.4	Inlay- und Materialverschleiß.....	44
4.3.5	Periprothetische Fraktur	45
4.3.6	Impingement	46
4.3.7	Persistierende Schmerzen	47
4.4	Prothesentyp	47
4.5	Therapie und Revisionstyp.....	50
5	Zusammenfassung.....	53
6	Literaturverzeichnis	54

Anhang

1 Einleitung

1.1 Entwicklungsgeschichte und Stellenwert der Hüftgelenksendoprothetik

In der alltäglichen klinischen Praxis sind bestimmte operative Maßnahmen mittlerweile nicht mehr wegzudenken. So bildet insbesondere für die Chirurgie des Bewegungsapparates der künstliche Ersatz von Gelenken wie der Hüfte einen der bedeutendsten Eingriffe (23, 86, 87).

In Deutschland zählt der alloplastische Hüftgelenksersatz zu den 20 häufigsten Operationen. Mit 243.477 eingesetzten Prothesen im Jahr 2019 entsprach dies Rang sechs (111).

Im Jahr 2015 belegte Deutschland mit 299 implantierten Hüftprothesen pro 100.000 Einwohnern Platz zwei im weltweiten Vergleich hinter der Schweiz mit 308. Damit lag der Wert über dem OECD-Durchschnitt von 166 (86). Im Jahr 2017 lag die Rate in Deutschland bereits bei 309 vor der Schweiz mit 307 (87).

Um an diesen Punkt zu gelangen, waren jedoch einige Entwicklungsschritte nötig. Diese begannen im 18. Jahrhundert mit der Resektion und anschließender Rekonstruktion von Gelenken ohne Fremdmaterial. Später kamen Interponate hinzu, um einer zunehmenden Einsteifung der Gelenke entgegenzuwirken. Diese bestanden zum Teil aus körpereigenem, aber auch bereits aus alloplastischem Material. Um 1900 unternahmen Chirurgen erste Versuche, mit Elfenbein eine Prothese herzustellen, wobei auch bereits eine Art Vorläufer des heute verwendeten Zementes in Form einer Mixtur aus Kolophonium, Bimsstein oder Gips in Gebrauch war. Dieses Vorhaben war jedoch mit einer hohen Infektionsrate verbunden und erwies sich somit als unzureichend (46).

Nach weiteren verschiedenartigen Experimenten dauerte es allerdings noch bis zu den 1960er-Jahren, bis entscheidende Erfolge erzielt wurden, die auch noch für die heutige Praxis bedeutsam sind. Damals modifizierte der britische Chirurg John Charnley den bisherigen Stand durch neue Prinzipien wie der Einführung der Zementierung mit Polymethylmethacrylat zur dauerhaft soliden Verankerung im Knochen. Hinzu kam Polyethylen als neues Material zur Reduktion von Abrieb durch die an der Prothese aufeinandertreffenden Oberflächen. Diese Errungenschaften wurden im Lauf der Zeit noch weiter modifiziert, aber die Prinzipien Charnleys von einer festen Einbringung der Prothese in den Knochen für primäre Stabilität, welche heutzutage auch ohne Zement gelingt, sowie die Einführung neuer Oberflächenmaterialien zur Minimierung der

Reibung sind noch immer präsent und für den Erfolg der heutigen Alloarthroplastik verantwortlich (46, 69).

Dies zeigt sich am hervorragenden Abschneiden der Hüftgelenksendoprothetik mit 10-Jahres-Überlebensraten der Prothesen von 90-95%. (38, 47, 58, 61, 88).

Trotz dieser Erfolgszahlen steht der endoprothetische Hüftgelenksersatz vor großen Herausforderungen. Durch die Veränderung der Bevölkerungsstruktur wird es immer mehr alte, noch für eine Operation geeignete Menschen geben, die aufgrund von degenerativen Gelenkveränderungen künstliche Hüftgelenke benötigen. Ebenso wird durch stetige Weiterentwicklung der Prothesen zu längerer Haltbarkeit hin und durch innovative Arbeit an der operativen Methodik der Anteil der jüngeren Patienten weiter steigen. Dies bedeutet somit im Umkehrschluss, dass trotz der großen Erfolgszahlen auch die Zahl an Revisionseingriffen steigt, da insgesamt mehr Menschen mit künstlichem Hüftgelenk leben. (21, 34, 40, 58, 74).

Diese Entwicklung kann man beispielsweise in den USA beobachten. Dort lag im Jahr 1980 die Prävalenz des Hüftgelenksersatzes noch bei 0,11% und stieg im Laufe der Jahrzehnte kontinuierlich an und wuchs bis 2010 auf etwa das Achtfache mit 0,83% (77). Bei den Revisionseingriffen zeigte sich in Deutschland eine Steigerung um 22% zwischen 2005 und 2011 (123).

Mehr Revisionen bedeuten gleichzeitig mehr Eingriffe von längerer Dauer mit höherem Blutverlust und dementsprechend längerer Liegezeit im Vergleich zur primären Operation, was mitunter die Kosten ansteigen lässt (13).

Daraus resultiert, dass die Hüftgelenks- und damit verbundene Revisionsendoprothetik in den kommenden Jahren weiterhin an Bedeutung gewinnen wird. Daher hat es einen enorm hohen Stellenwert, damit verbundene Schwierigkeiten zu identifizieren.

1.2 Ursachen für das Versagen von Hüftgelenksendoprothesen

1.2.1 Aseptische Lockerung

In zahlreichen Analysen wurde die aseptische Lockerung als der dominierende Versagensgrund vorgefunden (3, 21, 28, 29, 59, 104, 114, 119).

Mit aseptischer Lockerung ist ein Zustand gemeint, bei welchem an der Kontaktzone von Prothese und dem Knochen eine mechanische Instabilität besteht (39). Diese kommt durch Knochenabbau um die Prothese herum zustande. Bei Osteolysezonen, die nur lokal auftreten, kann die Stabilität des Implantates noch ausreichend sein und es wird keine Symptomatik beim Patienten hervorgerufen (113).

Viele verschiedene Faktoren, die eine Lockerung begünstigen können, stehen dabei gegenwärtig in der Diskussion. Generell kann man diese in solche differenzieren, die den Empfänger des Implantates angehen sowie genetische, operationstechnische und die Prothese betreffende (19).

Des Weiteren wird zwischen mechanisch und biologisch bedingter Lockerung unterschieden. Die mechanische entsteht durch Versagen des Materials beispielsweise durch operationstechnische Fehler, mangelhaftem, zerrissenem Zementsaum oder gebrochenem Femurstiel, die biologische beruht auf Reaktionen des Körpers auf abgeriebene Partikel des allogeenen Prothesenmaterials. Beide Mechanismen laufen jedoch nicht klar nacheinander ab und der genaue zeitliche Verlauf ist noch ungeklärt (97).

Sowohl gebrochener, fehlerhafter Zement als auch abgeriebene Partikel des Prothesenmaterials führen als Reaktion auf die Fremdkörper zur Aktivierung von Makrophagen und Osteoklasten, die für einen Abbau an Knochenmasse um die Prothese herum verantwortlich sind. Zudem wird Gelenkflüssigkeit vermehrt in den nun entstehenden Zwischenraum eindringen, was zum Einschwemmen weiterer Abriebpartikel führt, wodurch dieser Prozess verstärkt wird. Dabei bedingen Keramik und Metall weniger Abrieb im Gegensatz zu Polyethylen. Hier und beim Zement wird angenommen, dass es durch einen Alterungsprozess des Materials zu einer zunehmenden Porosität und Verschleiß kommt. Daraus resultiert eine höhere Anfälligkeit für Abrieb und Brüche. Bei den zementierten Implantaten ist am Acetabulum vermehrt erhöhte Druckspannung, am Femur sind Scherkräfte verantwortlich für den Verschleiß des Zementes (113).

Bei Cherian et al. wurden patientenbezogene Eigenschaften, die das Risiko für eine Lockerung erhöhen, untersucht. Dabei wurden das Geschlecht, körperliche Aktivität, BMI und Tabakkonsum als Attribute der Patienten ausgewählt. Es zeigte sich, dass männliches Geschlecht und erhöhte Aktivität das Risiko für eine aseptische Lockerung ansteigen ließ, wohingegen bei hohem BMI und Rauchen sich jeweils kein Zusammenhang ergab (19).

In einer Studie aus China aus dem Jahr 2014 war dies jedoch der Fall. Hierbei handelt es sich um eine Fall-Kontroll-Studie, die Tabakabusus und BMI über 28 kg/m² als Risiken für eine Lockerung detektierte. Als weitere Faktoren waren dort eine angeborene Hüftdysplasie als Indexdiagnose, Alter der Patienten unter 45 Jahren bei der Primäroperation des künstlichen Hüftgelenkes genannt und das Leben im ländlichen Raum. Als Gründe dafür wurden unter anderem ein höherer Grad an körperlicher Belastung sowie verzögerte und unzureichende Maßnahmen in Diagnostik und Therapie in ländlich geprägten Regionen aufgeführt (126).

Zu dem Schluss, dass jüngeres Alter eine Lockerung begünstigen kann, kommen auch andere Autoren (12, 20, 81).

Dass auch die Wahl des Materials und die Art der Prothese einen Einfluss auf das Lockerungsverhalten haben kann, zeigte sich in der Studie von Clauss et al. Hier wurden die Lockerungsraten verschiedener Typen des Müller-Geradschaftes jeweils in den Materialien Cobalt und Titan analysiert. Dabei wurde auch hier festgestellt, dass das männliche Geschlecht häufiger betroffen war. Bei der Beschaffenheit der Schäfte fand man heraus, dass schmälere Schäfte und solche vom lateralisiertem SL-Typ verstärkt zur Lockerung neigten. Beim Material erwies sich Cobalt gegenüber Titan als vorteilhaft (20).

Bezüglich der Lockerung des acetabulären Parts der Prothese fand man heraus, dass eine Verschiebung nach sagittal und kranial in stereophotogrammetrischen Messungen im Röntgen einen Hinweis auf zukünftige aseptische Lockerungen geben könnte (84).

Ebenso trat in einer weiteren Studie bei einem geringen Anteil der sieben untersuchten zementierten Pfannentypen eine früh auftretende Wanderungstendenz des acetabulären Implantatteils auf, was die Gefahr einer späteren Lockerung wahrscheinlich erscheinen ließe (2).

Außerdem wurde beobachtet, dass die Lockerung der acetabulären Komponente zweimal so oft vorkommt wie die der femoralen (36, 96, 97). Dem stehen die Daten von Clohisy et al. entgegen, in welchen der Femurstiel eine höhere Lockerungsrate besaß

(21). Auch im Report des Endoprothesenregisters der Schweiz des Zeitraums 2015-2019 lag die Lockerungsrate des femoralen Implantatanteils mit 21,7% leicht über dem des acetabulären mit 18% (115).

Somit lässt sich aus der Betrachtung möglicher Ursachen einer aseptischen Lockerung erkennen, dass ihre multifaktorielle Genese die Findung einer genauen Entstehungsursache ausgesprochen erschwert.

1.2.2 Infektion

Eine Infektion des künstlichen Gelenkes stellt für den behandelnden Operateur eine große Herausforderung dar und kann gravierende Probleme für den Patienten bedeuten. Darunter fallen wiederholte Revisionen mit vermehrter Antibiotikagabe sowie Verlängerung von Krankenhaus- und anschließenden Rehabilitationsaufenthalten. Zudem erhöht sich die Zahl der Wiedervorstellungen. (14, 43).

Verbesserungen im Infektionsmanagement wie Antibiotikaverabreichung zur Prävention sowie Belüftungsvorrichtungen mit laminarer Luftströmung in den Operationssälen konnten die Infektionsrate eindämmen (132).

Trotzdem gehört die Infektion immer noch zu den häufigsten Komplikationen.

Die Inzidenz schwankt dabei um 0,5 bis 3% aller Primärimplantate. Bei Revisionen sind es sogar 4 bis 6% (14, 105).

Hinzu kommt, dass Infektionen des alloplastischen Materials nach Hüftgelenkersatz auch aus ökonomischer Sicht relevant sind. Bozic und Ries kommen zu dem Ergebnis, dass für Revisionen aufgrund von Infektionen 2,8-mal höhere direkte Kosten anfallen als bei aseptischen Lockerungen und diese 4,8-mal mehr ins Gewicht fallen als bei der Implantation der primären Prothese (14).

Bei der Einteilung periprothetischer Infektionen können nach Zimmerli Früh-, verzögert auftretende und Spätinfektionen voneinander abgegrenzt werden. In diese Art der Einteilung fließen sowohl der zeitliche Aspekt des Auftretens als auch die Entstehungsursache mit ein. Um eine Frühinfektion handelt es sich, wenn diese innerhalb von drei Monaten nach Primärimplantation auftritt. Häufig sind dabei sehr stark pathogene Mikroorganismen wie *Staphylococcus aureus* oder ein Gram-negativer Bacillus involviert. Daher erscheint diese oft klinisch mit den typischen Zeichen einer akuten Entzündung. Auch eine erhöhte Körpertemperatur ist nicht selten beim Patienten zu beobachten (131, 132).

Erfolgt die Infektion erst in einem Zeitraum von 3-24 Monaten postoperativ, spricht man von verzögerter oder „Low-grade-Infektion“. Diese äußert sich eher symptomarm, vor allem durch Schmerzen und Lockerung. Oftmals sind hierbei keine klassischen klinischen Entzündungszeichen präsent, was die diagnostische Abgrenzung zur aseptischen Lockerung erschwert. Hier sind es eher Keime mit geringerer Pathogenität zum Beispiel koagulase-negative Staphylokokken oder *Propionibacterium acnes* (132). Bei Infektionen, die über 24 Monate nach dem Eingriff auftreten, handelt es sich um Spätinfektionen. Im Gegensatz zu den frühen und verzögerten Infektionen, die durch eine Verschleppung von auf dem Prothesenmaterial siedelnden Keimen zustande kommen, ist die Ursache einer späten Infektion eine systemische Verbreitung der Mikroorganismen über den Blutstrom. Vor allem entzündliche Erkrankungen der Haut, des Respirations- und Urogenitalsystems sind bei einer hämatogenen Aussaat für einen Protheseninfekt typisch. Aber auch Eingriffe und Entzündungen an Zahnfleisch und Zähnen können als Eintrittspforten dienen (132).

Es gibt einige Risikofaktoren für eine Protheseninfektion. In einer Studie an chinesischen Patienten wiesen Probanden mit einem Body-Mass-Index von über 28 kg/m², ältere Patienten zwischen 65 und 75 Jahren, Diabetiker, Alkoholabhängige und Patienten aus ländlichen Gebieten eine erhöhte Rate an Infektionen auf (125).

Bozic et al. kamen zu dem Ergebnis, dass Patienten mit Depressionen, Übergewicht, Herzrhythmusstörungen sowie das männliche Geschlecht einer vermehrten Gefahr für Infektionen des Kunstgelenkes ausgesetzt sind (15).

Die klinische Symptomatik bei der Protheseninfektion umfasst eine große Variabilität mit individueller Ausprägung. Dies kann bei der Diagnostik erhebliche Probleme bereiten, was oft zu Verzögerungen in der Diagnosestellung und damit auch in der Therapie führen kann. Typische Kardinalsymptome der Infektion wie Rötung bis hin zu bereits nach dem Eingriff bestehenden Schmerzen oder erneutem Schmerz nach zunächst postoperativer Symptomfreiheit sind möglich und können eine Infektion anzeigen. Deshalb gilt es grundlegend, bei Schmerzen immer mit einer Infektion zu rechnen und diese als Ursache dafür auszuschließen (43).

Für die Diagnostik können Laborwerte im Blut einen Hinweis auf eine Infektion geben, sind jedoch unspezifisch. Dabei hat das C-reaktive Protein eine größere Aussagekraft als die Blutsenkungsgeschwindigkeit und Leukozytenzahl (110). Von Vorteil ist es dabei, Vorbefunde zum Vergleich zu haben und die Werte regelmäßig zu kontrollieren (132). Des Weiteren ist die Gelenkpunktion mit Anfertigung einer Gramfärbung relevant für die genaue Bestimmung des Keimes. Aus dem Punktat lässt sich außerdem die

Leukozytenzahl in der Synovialflüssigkeit bestimmen. In einer Studie konnte gezeigt werden, dass bei der Infektion von Kniegelenksprothesen bei einem gezählten Wert von über 1700 pro ml oder einem Prozentsatz von 65 Leukozyten eine Sensitivität von 94 bis 97% vorliegt (117).

Auch sollte eine histopathologische Untersuchung von direkt beim Revisionseingriff entnommenem Gewebe sowie von entfernten Prothesenteilen selbst erfolgen (89).

Ebenso zeigen radiologische bildgebende Verfahren wie konventionelles Röntgen und Computertomografie hier nur unspezifische Veränderungen, welche mögliche Hinweise auf eine Infektion sein können. Dies trifft auch auf die Szintigrafie zu. Dabei hat die Leukozytenszintigrafie eine höhere Aussagekraft. Jedoch ist auch hier keine sichere Differenzierung möglich, ob mit einer Lockerung zusätzlich ein infektiöser Prozess einhergeht (43).

Seit einigen Jahren bietet sich die FDG-Positronenemissionstomographie bei unklarem Sachverhalt ergänzend an. Gegenüber der Leukozytenszintigrafie ist sie zeitsparender und hat eine bessere Auflösung. Dabei ist eine große Variabilität in der Sensitivität und Spezifität zu beobachten. Diese Werte unterscheiden sich je nach Definition der Kriterien für eine Infektion. In einer neuen Studie konnte im Optimalfall 81 Prozent Sensitivität und 94 Prozent Spezifität erreicht werden (121).

Für die Therapie einer infizierten Endoprothese haben die radikale Beseitigung der Infektion und der Schmerzen sowie die Aufrechterhaltung der Bewegungsfähigkeit des Gelenkes oberste Priorität (43, 44, 132).

Dazu reicht eine alleinige medikamentöse Therapie im Regelfall nicht aus, da die Wirksamkeit meist unzureichend gegen die Ausbildung eines Biofilms der Erreger um die Prothese herum ist (131).

Operativ hat sich vor allem das zweizeitige Vorgehen etabliert. Bei Hüftendoprothesen, die sich innerhalb der ersten drei Monate nach Primärimplantation frühinfizieren, wird diese bei ausreichend gegebener Stabilität in situ belassen und mit einem gründlichen Débridement, Wechsel der mobilen Anteile und Wunddrainage versorgt. Für später auftretende Infektionen wird bevorzugt ein zweizeitiger Wechsel praktiziert. Beim zweizeitigen Wechsel wird das Primärimplantat entfernt und vorübergehend ein antibiotikahaltiger Platzhalter eingesetzt. Dieser sogenannte Spacer wird in der Regel nach sechs Wochen wieder entfernt und durch eine neue Prothese ersetzt. Dabei erfolgen ebenso ein sorgfältiges Débridement und eine Gewebeentnahme für histopathologische Untersuchungen und Resistenztestungen. Zudem erhalten beide Patientengruppen eine entsprechende systemische Antibiotikatherapie. Bei Problemen

wie extremer Wundheilungsstörung, chronischen Wundzuständen mit permanenter Infektionsgefahr oder mangelnder Compliance wird keine Reimplantation angestrebt. Als Ultima Ratio bleibt bei entsprechend gravierendem Befund die Amputation des Gelenkes oder der gesamten Extremität. Bei inoperablen Patienten, kann auch eine alleinige antimikrobielle Therapie erfolgen, bei der jedoch in der Regel keine vollständige Ausmerzungen der Infektion erreicht werden kann (43, 131, 132).

1.2.3 Luxation

Etwa 50% aller Luxationen treten bereits drei Monate nach dem primären Hüftgelenksersatz als Frühluxation auf. Im ersten Jahr nach Implantation sind es sogar über 75%. Früh auftretende Luxationen sind hier weniger wiederholungsanfällig als solche, die sich erst später ereignen. (98).

Die Inzidenz schwankt in der Literatur von 0,2 bis zu 10% für den Primäreingriff, bei Revisionen sogar von 10 bis 28%. (26, 91, 92).

Wie bei der Infektion wird hier eine Untergliederung nach dem postoperativen Zeitintervall, in dem die Luxation auftritt, vorgenommen. Nach Parvizi et al. werden Frühluxationen nach bis zu sechs Monaten von Spätluxationen nach fünf Jahren postoperativ differenziert. Dazwischen folgt noch die Patientengruppe mit Luxation nach sechs Monaten bis zu fünf Jahren. Dabei reicht bei früh auftretenden Luxationen meist eine konservative Therapie mit geschlossener Reposition ohne Operation aus, späte hingegen gehen häufig mit einer aufwendigen Revisionsoperation einher (91).

Hinzu kommt, dass späte Luxationen oft mit weiteren Problemen assoziiert sind. Bei bis zu einem Drittel kommen zusätzlich infektiöse Befunde hinzu, weshalb diese durch entsprechende diagnostische Maßnahmen ausgeschlossen werden sollten. Ebenfalls können Abrieb, welcher häufig auch eine Mitursache der Luxation darstellt, oder Lockerung begleitend vorliegen. Auch hier ist eine entsprechende weitere Diagnostik notwendig (98).

Diese Einteilung nach dem Zeitraum des Auftretens lässt auch Rückschlüsse auf die zugrundeliegenden Risikofaktoren und Ursachen für die Luxation zu. Denen, die bereits im Früh- bis Zwischenstadium auftreten, liegen als Prädisposition hohes Alter, weibliches Geschlecht, Muskelschwäche und neurologisch-kognitive Funktionsstörungen zugrunde. Auch hat man beobachtet, dass Patienten mit bestimmten Diagnosen, bei denen ein endoprothetischer Hüftgelenksersatz indiziert ist, anfälliger für Luxationen der implantierten Prothese sind. Zu diesen Diagnosen zählen

unter anderem Schenkelhalsfrakturen, Hüftkopfnekrosen und entzündliche Arthritiden. Später eintretende Luxationen haben eine komplexere Genese, die meist auf mehreren Einflussfaktoren beruht. Diese setzt sich zusammen aus Polyethylenabrieb, Muskelschwund, neurologischen Defiziten sowie trochantären Distorsionsfrakturen aufgrund von Abrieb und Osteolysen. Außerdem können ein junges Alter, welches mit verstärktem Abrieb durch mehr Aktivität verbunden ist, weibliches Geschlecht mit höherer Neigung zu muskulärer Schwäche, unerkannte Fehlpositionierung und Impingement dazu beitragen (91).

Eine Luxation kann durch die Herstellung eines inkorrekten Offsets bedingt sein, wobei einerseits die Position der Pfanne und auch der gewählte operative Zugang eine wesentliche Rolle spielt. Je nach Zugang sollte die Pfanne in entsprechender Anteversions-Position implantiert werden. Beim posterioren Zugangsweg, sollte vor allem bei Revisionen eine um 10 Grad höhere Anteversion gewählt werden, bei operativen Zugängen von vorne kann bereits eine Anteversion von 20 Grad das Risiko für eine Luxation erhöhen (98).

Auch der operative Zugang an sich scheint demnach einen Einfluss zu haben. Bei Berry et al. war die Luxationsrate für den anterolateralen Zugang mit 3,1% am geringsten, wobei sie für den posterolateralen Zugang mit 6,9% mehr als zweimal so hoch ausfiel (9).

Bedeutsam ist auch weiterhin die Größe des Prothesenkopfes. Berry et al. untersuchten für drei verschiedene Kopfgrößen (22, 28 und 32 mm Durchmesser) bei jeweils drei Zugängen (anterolateral, transtrochantär und posterolateral) die Luxationsrate. Hierbei zeigte sich das geringste Risiko für den 32-mm-Kopf bei anterolateralem Zugang und das höchste für den 22-mm-Kopf bei posterolateralem Zugang (9).

Durch einen größeren Kopf kann die sogenannte „jumping distance“, die bei der Luxation überwunden werden muss, vergrößert werden. Dabei handelt es sich um die Strecke, die der Kopf aus der Pfanne bewegt werden muss, um zu luxieren. (98, 118).

Die Erhöhung der Kopfgröße ist allerdings durch individuelle anatomische und physikalische Gegebenheiten nur bis zu einem bestimmten Grad möglich, da der größere Kopf durch stärkere Rotationen des Kopfes auf dem Konusteil einen höheren Abrieb bedingt und das Drehzentrum des Hüftgelenks lateralisiert wird. Zudem kommt es zwar mit größerem Kopf zu weniger Impingement zwischen dem femoralen und acetabulären Prothesenteil, welches hier zum Heraushebeln des Kopfes aus der

Pfanne und somit zur Luxation führen kann, aber die Gefahr für ein Impingement zwischen Trochanter und Os ilium, also den knöchernen Anteilen, steigt (98, 118).

Weiterhin werden in der Literatur noch indikationsspezifische und patientenbezogene Risikofaktoren für eine Luxation genannt.

Diese sind in Tabelle 1 zusammengefasst (41, 57, 98).

Tab. 1 Indikations- und Patientenbezogene Riskofaktoren für Luxationen

Indikationsspezifische Risikofaktoren	Patientenbezogene Risikofaktoren
ausgeprägte Arthritiden und Femurkopfnnekrosen	Alter
Dysplasien	Weibliches Geschlecht
Vorerkrankungen und Schäden der Muskulatur verbunden mit Arthrose	Gut mögliche präoperative Beweglichkeit
Posttraumatische Arthrosen	Postoperativ eingeschränkte Beweglichkeit aufgrund von Gelenkerkrankungen
Zustand nach wiederholten Revisionsoperationen	American-Society-of-Anesthesiologists -Score (ASA) ≥ 3
	Neurologisch/psychatrische Erkrankungen (z.B. Demenz, Parkinson)
	Mangelnde Compliance

Zum therapeutischen Vorgehen ist zunächst die geschlossene Reposition mit begleitender Durchleuchtungskontrolle unter anästhesiologischen Maßnahmen angezeigt. Wenn dies nicht erfolgreich ist oder bei stark fehlpositionierten Implantatanteilen, ist auf ein offenes Verfahren zu wechseln. Bei einer konservativen Therapiestrategie erfolgt anschließend eine Gips- und/oder Orthesenbehandlung für 6-12 Wochen (92, 98).

Diese wird bei Patienten praktiziert, die in der Lage sind, die entsprechende Ursache im weiteren Verlauf zu kontrollieren oder wenn ein operativer Eingriff aufgrund von bestimmten Einflussfaktoren wie besonderen Vorerkrankungen sich als nicht aussichtsreich darstellt. Die operative Therapie wird dem Grund für die Luxation

entsprechend gestaltet, wobei unter anderem Veränderungen der Pfannenposition, Wechsel des Kopfes auf ein größeres Modell sowie die Rekonstruktion der Weichteile durchgeführt werden (98).

Zur effektiven Prävention einer Luxation ist eine sorgfältige Planung der Operation und die Strategie zum genauen Einbau des neuen Implantats von entscheidender Bedeutung. Dabei ist es wichtig, das neue Gelenk so zu rekonstruieren, dass eine nachträglich postoperative pelvirochantäre Insuffizienz vermieden wird. Dies gelingt unter anderem, indem man ein korrektes femorales und acetabuläres Offset herstellt; letzteres durch eine nicht zu starke Medialisierung beim Fräsen. Auch ist es wichtig, die benachbarten Gelenke und ihre Bewegung zu beachten. Besonders bei einem Revisionseingriff sind diverse Maßnahmen zu ergreifen, um einer erneuten Luxation vorzubeugen. Für die Auswahl der korrekten Implantate, muss entsprechend nach der jeweiligen Ursache für die Luxation gefahndet werden, welche dieser Gefahr entgegenwirken. Hinzu kommen eine ausführliche Aufklärung und Einweisung des Patienten in den zukünftigen Umgang mit dem künstlich ersetzten Gelenk (98).

1.2.4 Inlay- und Materialverschleiß

Eine über Jahrzehnte andauernde Entwicklungsgeschichte etablierte die heute existierende Form der modernen Hüftendoprothese. Dabei haben sich diverse Rohstoffe zur Herstellung als erfolgreich erwiesen, welche für eine lange Haltbarkeit und Stabilität der Implantate im Knochen sorgen (46).

Dennoch kommt es bei einem geringen Prozentsatz im Laufe der Jahre zu Veränderungen des Materials aufgrund von Verschleiß und Abrieb von Partikeln.

Dabei sind Ausmaß und Qualität des Abriebs abhängig von den verwendeten Materialien, die an der Prothese aufeinandertreffen. Hierbei unterscheidet man grob vier Kategorien: der Abrieb des Polyethyleninlays, welches sich zwischen Gelenkpfanne und -kopf befindet, Reibung zwischen Keramikteilen, Abrieb zwischen zwei Metallkomponenten und der Korrosionsverschleiß am Konus (8).

Es kommt hierbei zu unterschiedlichen auf die Umgebung des Gelenkes begrenzte Entzündungsreaktionen in der Synovia mit Einwanderung von Immunzellen, welche ebenso als Osteolysen in Erscheinung treten können. Außerdem kann das Metall dabei so stark zerstört werden, dass einzelne Prothesenbestandteile brechen (8).

Neben den Osteolysen, die durch die Gewebsreaktion mit den Abriebpartikeln entstanden sind und zu Lockerungen führen können, resultieren möglicherweise weitere

Probleme. Durch den Abrieb von Material kann es zu einer Fehlpositionierung und Dezentrierung des Gelenkkopfes der Prothese kommen, sodass die Wahrscheinlichkeit einer Impingementproblematik, vermehrter Instabilität oder einer Luxation steigen kann (118).

Mit konventionellem Röntgen können große Osteolysen sowie Fehlstellungen oder frakturierte Prothesenteile diagnostiziert werden. Auch laborchemische Erhöhungen von Metallionen wie Cobalt- oder Chrom-Ionen im Blut können ein Hinweis auf vermehrten Verschleiß bei Prothesen mit Metalloberflächen sein. Bisher ist als therapeutische Option in der Regel eine operative Revision mit Austausch der verschlissenen Prothesenteile Mittel der Wahl (8).

Wie bereits oben dargestellt, birgt zudem ein größerer Kopf das Risiko eines vermehrten Abriebs (98, 118). Die Entwicklung von Inlays mit hochvernetzten Polyethylenfasern, Bestrahlung und verbesserte Sterilisationstechniken erbrachten deutlich weniger Linearabrieb auch bei Verwendung größerer Köpfe. Lediglich der volumetrische Abrieb steht noch mit großen Köpfen über 36 mm in Zusammenhang (66, 67, 118).

Daher zeigte sich in neuesten Untersuchungen ein Trend zur Wahl größerer Köpfe von 32 bis 36 mm für die Prothese, da diese, wie bereits weiter oben geschildert, durch den größeren Bewegungsumfang zu weniger Impingementproblematik der Implantate neigen und die Luxationswahrscheinlichkeit minimieren. Zudem kommen sie dem originalen Hüftkopf anatomisch gesehen ähnlicher. Jedoch gilt immer noch, dass ein zu groß gewählter Kopf zu vermehrtem Abrieb und Schmerzhaftigkeit führen kann. Deshalb sollte ein Kopf mit über 38 mm nur bei begründeter Indikation, wie zum Beispiel Revisionen mit starken Defiziten der Muskulatur und fehlendem Trochanter major, verwendet werden (98, 118).

Dass durch das Inlay mit hochvernetztem Polyethylen vermehrt größere Köpfe verwendet werden, zeigte auch eine Studie aus Australien, die ebenso diesem neuen Inlaymaterial eine geringere Zahl an Revisionseingriffen aufgrund von Abrieb bescheinigt (112).

Die ideale Prothese sollte folglich keinen Abrieb trotz möglichst großem Kopf zur Prävention einer Luxation aufweisen. Ebenso sollten keine Reaktionen im Gewebe auf den Fremdkörper entstehen und gleichzeitig aufgrund seiner chemischen Eigenschaften ausreichend beständig sein, um Implantatbrüche zu vermeiden (100).

Abschließend kann jedoch gesagt werden, dass nicht nur die Materialwahl eine tragende Rolle spielt, sondern immer auch das Patientenverhalten, die operative Vorgehensweise und die Form der Prothese (118).

1.2.5 Periprothetische Fraktur

Stetige Verbesserungen in der Operationstechnik und Weiterentwicklung der Materialien führten zu einer längeren Prothesenhaltbarkeit. Daraus resultiert eine schnellere Tendenz zum künstlichen Hüftgelenkersatz. Dadurch erhalten nun mehr jüngere Patienten eine Prothese, aber auch mehr ältere, da durch den demographischen Wandel die Anzahl der Älteren mit Indikation für eine Prothese insgesamt vergrößert ist und diese auch hier schneller gestellt wird (34, 40).

Dieser verlängerte Lebensabschnitt mit Prothese führt zu einer mit zunehmender Standzeit stärkeren Minderung an Knochensubstanz und einer schlechteren Knochendichte mit höherer Anfälligkeit für einen Knochenbruch. Bei jüngeren Patienten wird dies durch die noch stärker vorhandene körperliche Belastung begünstigt, bei den älteren durch die generell im Alter verringerte Knochendichte. Somit ist die Steigerung der Implantationszahl mit einer vermehrten Inzidenz periprothetischer Frakturen verknüpft (52, 70–72, 90).

Komorbiditäten und mangelnde Compliance aufgrund altersbedingt reduzierten körperlichen Ressourcen erschweren oft zusätzlich die ohnehin sehr anspruchsvolle operative Versorgung, die bei einer periprothetischen Fraktur nötig ist (52).

Die operationstechnisch hohen Anforderungen sowie längere Liegezeiten aufgrund von Problemzuständen führen zu verminderten Erfolgsraten und zu einer höheren Mortalität (37, 90).

Sie erscheint vergleichsweise hoch. Bei Bhattacharyya et al. war die Mortalität nach einem Jahr mit 11% vergleichbar groß wie bei einer Fraktur am nativen, nicht prothetisch versorgten Hüftgelenk und fiel damit signifikant höher aus als nach primärer Versorgung mit einer Hüft- oder Kniegelenktotalendoprothese (11).

Die Inzidenz der periprothetischen Fraktur zeigt sich in der Literatur als sehr variabel. Für die Fraktur der femoralen Komponente werden Werte von 0,1 bis 27,8 % angegeben. Eine Fraktur des Acetabulums wird mit einer Inzidenz von 0,4 bis 5 % seltener beschrieben (90).

Das Deutsche Hüftendoprothesenregister erwähnte in seinem Bericht von 2017 einen Anteil von 11,6%. Damit bildete dort die Fraktur den vierthäufigsten Grund für das Versagen einer Hüftendoprothese mit einer Steigerung zu den Vorjahren (28).

Dabei lassen sich verschiedene Einteilungen bei Frakturen, die um die Prothese herum auftreten, vornehmen. Man kann zunächst zwischen intra- und postoperativen differenzieren (52, 70, 90).

Hinzu kommen solche, denen ein Trauma als Ursache vorangegangen ist (90). Außerdem wird nach betroffenem Knochenteil in acetabuläre und femorale Frakturen gegliedert (52).

Intraoperative Frakturen werden vor allem beim Einbau des Schaftes verursacht. Die Fixationsmethode ist dabei mit entscheidend. Bei zementfreien Schäften kommt es häufiger zu einem Knochenbruch (70, 73, 90, 108).

Denn die bei der zementfreien Schaftimplantation verwendete Press-Fit-Technik verstärkt die Gefahr, dass es zu Rissen im Knochen kommt, die sich oft erst nach vermehrter Wiederbeanspruchung des Knochens nach dem Eingriff zeigen. Dabei trägt eine sehr schmale Markhöhle zu erschwerten Verhältnissen für den Operateur bei, was das Risiko erhöht, dass bei dieser Technik knöcherne Fissuren entstehen (52).

Postoperative Frakturen kommen vor allem vor, wenn durch die Operation entstandene Knochenschäden bestehen bleiben, die Prothese nicht mehr ausreichend fest sitzt oder das Material versagt. Dann ist bereits ein Bagateltrauma als Ursache ausreichend (37, 52).

Neben Traumata und der zementfreien Press-Fit-Implantation sind oft verschiedene miteinander im Zusammenhang stehende Faktoren beteiligt, die eine Fraktur wahrscheinlicher machen. Hier kann zunächst das Patientenalter genannt werden, welches mit weiteren Erkrankungen assoziiert ist. Dazu zählt unter anderem mindere Knochenqualität im Rahmen einer Osteoporose, die ebenso als eigener Risikofaktor gilt (37, 108). Die Osteoporose ist bei Frauen aufgrund der postmenopausal veränderten hormonellen Konstellation weitaus häufiger angesiedelt als bei Männern. Somit gilt das weibliche Geschlecht insgesamt ebenso als anfälliger für periprothetische Frakturen (37, 52, 108).

Alter und Komorbidität zeigten auch eine höhere Mortalität laut einer Studie, in der kardiovaskuläre Erkrankungen, Niereninsuffizienz, Hypothyreose und Alter über 75 die Mortalität signifikant erhöhten. Das Geschlecht hingegen ergab hier keinen Effekt (78).

Als weitere Risikofaktoren wurden Erkrankungen mit Knochenschäden wie solche der rheumatoiden Genese oder Morbus Paget aufgeführt. Auch neurodegenerative Erkrankungen, die mit Paresen einhergehen, zählen aufgrund der erhöhten Sturzgefahr dazu, ebenso Lockerungen und Osteolysen um die Prothese (37, 52, 90, 108).

Man kann zur Klassifikation verschiedene Systeme verwenden, welche auch Hinweise zur therapeutischen Versorgung liefern.

Das Acetabulum betreffende Frakturen teilt man nach Peterson und Lewallen ein. Dabei unterscheidet man je nach Sitz der Pfanne einen Typ I mit klinisch und radiologisch

solide sitzender Pfanne. Bei Typ II ist diese hingegen lose, sodass für die Therapie eine osteosynthetische Versorgung in Frage kommt. Typ-I-Frakturen müssen nur bei starker Dislokation der Frakturteile operativ versorgt werden (52).

Bei periprothetischen Frakturen am Femur ist die Vancouver-Klassifikation am meisten in Gebrauch. Sie umfasst die Kriterien des Ortes der Fraktur sowie Beschaffenheit und Zustand von Prothese und Knochen. Typ A betrifft die Region der Trochanteren. Hier reicht eine konservative Behandlung oft aus, wenn keine allzu starke Achsenabweichung vorliegt. Um Typ B handelt es sich, wenn das Femur unterhalb des Trochanters bis zum Ende des Prothesenstiels gebrochen ist. Hier wird bei solidem Implantat (Typ B1) eine winkelstabile Platte angebracht. Bei einer Lockerung der Prothese und gleichzeitig guter Knochensubstanz (Typ B2) erhält der Patient ein modulares Revisionssystem oder eine Langschaftprothese. Wenn die Knochenqualität nur unzureichend ist (Typ B3) wird auf Modularimplantate speziell für Revisionen oder bei Tumoren verwendete Prothesen gewechselt, bis hin zum prothetischen Femurtotalersatz. Dieser ist vor allem bei älteren Patienten mit multiplen Vorerkrankungen anzuraten, da diese durch die höhere Stabilität frühzeitig mobilisiert werden können. Bei Frakturen distal der Prothese (Typ C) wird wie bei einer distalen Femurfraktur die Osteosynthese mit winkelstabilen Platten oder einem retrograden Verriegelungsnagel vorgenommen. Zusätzliche Stabilität können bei allen Typen Draht- oder Bandcerclagen, Wachstumsfaktoren sowie allo- und autologe Plastiken liefern (52).

Insgesamt ist bei intraoperativen Frakturen eine unverzügliche Behandlung anzustreben. Für postoperative Frakturen gilt keine notfallmäßige, jedoch eine dringliche Operationsindikation, wobei diese einer sorgfältig überlegten Planung bedarf. Ziel ist es, den Patienten durch ein solides Verfahren schnellstmöglich zu mobilisieren (52).

Allgemein gilt zur Prävention einer postoperativen Fraktur, Probleme und Diagnosen frühzeitig zu erfassen, um eine Revisionsoperation rechtzeitig einzuleiten (52).

Außerdem kann bereits bei der Primäroperation, bei im Vorfeld bekannten Knochenerkrankungen oder durch intraoperativ erkanntem schlechtem Zustand der Knochenmasse durch schonende Maßnahmen und der richtigen Technik einer späteren Fraktur vorgebeugt werden (37).

Kardiovaskuläre Vorerkrankungen sollten bereits im Vorfeld gut kontrolliert sein und präoperativ bestmöglich eingestellt werden, wenn dies nicht durch die Dringlichkeit der Frakturversorgung limitiert wird (78).

1.2.6 Impingement

Zu einem Impingement kommt es, wenn Gewebeteile bei der Bewegung eines Gelenkes eingezwängt werden oder aneinanderstoßen, was zu Schmerzen führt. Hier muss zwischen Impingement des natürlichen und des prothetisch versorgten Hüftgelenkes differenziert werden. Bei letzterem können zusätzlich zu Knochen- und Weichteilen auch die Prothesenteile verantwortlich sein. Somit wird hier zwischen einem durch knöchernen und durch Implantatanteile verursachtem Impingement unterschieden (50, 76, 79).

Das durch das Implantat verursachte Impingement ist häufig auf ein zu geringes Kopf-Hals-Größenverhältnis, eine falsch und in zu starker Retroversion eingebrachte Pfanne oder ein den Kopf übergreifendes zu großes Pfanneninlay zurückzuführen, wodurch ein Anstoßen des Halses an die Außenseite des zu groß gewählten Inlays wahrscheinlich wird. Hinzu kommen hier vermehrter Abrieb und Luxationsgefahr (50, 76, 79).

Das durch den Knochen bedingte Impingement kommt zustande durch ein nach kranio-medial verlagertes Drehzentrum und ein zu kleines Offset des Schaftes. Hierbei stoßen dann jeweils die Trochanteren an Teile des Beckenknochens (50, 79).

Grundsätzlich besteht der Verdacht auf eine Impingement-Problematik bei Schmerzen in der Leiste im Rahmen aktiver Beugungsbewegungen wie Treppenlaufen oder aus dem Auto aussteigen (18).

Schmerzhaftigkeit bei Außenrotations- und Abduktionsbewegung können diagnostische Hinweise auf ein knöchernes Impingement am Trochanter major geben. Schmerzen, die durch Innenrotations-, Flexions- und Adduktionsbewegungen ausgelöst werden, zeigen eher ein Impingement am Trochanter minor an und schmerzhaftige Bewegungen in Außenrotation, Flexion und Abduktion weisen vor allem auf ein Implantat-Impingement an der prothetisch versorgten Hüfte hin (79).

Hinzu kommt in der Diagnostik die Bildgebung, bei der vor allem das konventionelle Röntgen oder Computertomografie, insbesondere, wenn eine Implantatfehlage ausgeschlossen werden soll, eine Rolle spielen (18, 79). Außerdem kann eine Besserung der Symptomatik durch Injektion von Kortison und Lokalanästhetika in den Iliopsoasmuskel ein Hinweis sein (18, 30).

Für Therapiestrategien bei bestehenden Leistenschmerzen mit Verdacht auf ein Impingement als Ursache gibt es verschiedene Ansätze. Chalmers et al. verglichen in einer retrospektiven Studie konservative und operative Maßnahmen. Bei Patienten mit nicht-operativer Therapie aus Krankengymnastik, Schmerztherapie mit NSAR und Kortisoninjektionen konnte bei 50 % der Patienten eine Reduktion der Schmerzen in der Leiste erreicht werden. Bei Patienten mit operativer Versorgung konnte ebenso eine

Verbesserung entweder durch eine Revision der Pfanne oder durch eine Iliopsoas-Tenotomie erbracht werden. Außerdem fand man heraus, dass der Überstand der Pfanne für die Wahl der entsprechenden OP-Technik ein Entscheidungskriterium darstellt. Denn Patienten mit einem Überstand des Pfannenrandes über acht Millimeter profitierten eher von einem operativen Wechsel des Acetabulumanteils der Prothese (18).

Wenn der Pfannendachüberstand unter acht Millimeter beträgt, kann man bei der operativen Therapie zwischen der offenen und der arthroskopischen wählen. Die offene erlaubt eine bessere Übersicht auf die Implantatteile und deren Stellung zueinander im Situs, dafür ist sie durch die höhere Invasivität mit größerem Infektrisiko behaftet und von längerer Dauer des Klinikaufenthaltes sowie des anschließenden Rehabilitationsprozesses (30).

Die Arthroskopie ist neben der Therapie auch diagnostisch bedeutsam und weist exzellente Ergebnisse auf (30).

Bei Gedouin und Hutten beispielsweise waren bei 8 von 10 Patienten postoperativ keine Schmerzen mehr vorhanden, bei den übrigen zwei Patienten konnte eine Reduktion erreicht werden (42).

In einer anderen Studie verlief der Eingriff bei 91,4% der Patienten erfolgreich, 6 Wochen nach der OP lag die Erfolgsrate bereits bei 94,3% (55).

Bei der offenen Methode ist sie etwas geringer bis vergleichbar mit guten Ergebnissen in 75 bis 91,5% der Fälle (30, 55).

Durch einige Strategien kann einem Impingement präventiv begegnet werden. Dazu zählt unter anderem die Größe des Kopfes. Größere Köpfe zeigen eine geringere Wahrscheinlichkeit, ein Impingement zu entwickeln. Denn durch Wahl eines größeren Kopfes wird das Kopf-/Hals-Größenverhältnis und damit das Bewegungsausmaß erhöht, wodurch ein Anstoßen des Halses am Inlay geringer ausfällt (122).

Ebenfalls dazu beitragen kann der Einbau von Schaft und Pfanne in aneinander angepasster Anteversion, sodass das Offset nicht durch stark nach medial oder kranial abweichendes Drehmoment des Acetabulums verkleinert wird (76).

1.2.7 Persistierende Schmerzen

Wenn nach Implantation eines künstlichen Hüftgelenkes Schmerzen bestehen bleiben, kann dies eine Vielzahl von Ursachen und Risikofaktoren haben. Deshalb ist ein algorithmisches Diagnostikverfahren von Nöten, um dem Patienten eine langwierige Prozedur an Diagnostik ohne Nutzen zu ersparen (50).

Insgesamt waren Frauen in Analysen häufiger betroffen (51, 85). Als mögliche Ursache hierfür könnte eine erhöhte Empfindlichkeit von Frauen gegenüber dem verwendeten Metall sein. In einer Studie konnte hier gezeigt werden, dass bei Patienten mit nicht durch eine Diagnose wie Infektion, Implantatfehlange oder in der Bildgebung sichtbaren Osteolysen, Frauen mit einem Leukozytenstimulations-Index von 3,5 (im Gegensatz zu 2,8 bei den Männern) eine signifikant höhere Reaktion auf Metall aufwiesen. Gleichzeitig hatten Frauen ein signifikant höheres Schmerzniveau (17).

Als weitere Risiken ergaben sich psychische Erkrankungen wie Depression (127) und ein erhöhter BMI (51).

Obwohl sich über die Jahre die Prothesen und OP-Techniken stetig weiterentwickelt haben, ist immer noch bis zu einem Fünftel der Patienten von Schmerzen nach Implantation einer Hüftgelenksendoprothese betroffen.

Insgesamt existieren hierzu auch stark schwankende Zahlen in der Literatur. Hier wird der Anteil an Patienten mit persistierenden Schmerzen mit 7 bis 23% beschrieben (10). Dies zeigt, dass durch die stark subjektive Komponente des Schmerzes und die unterschiedlichen Messmethoden in den Studien die Messbarkeit deutlich erschwert bleibt.

Bei Wylde et al. hatten gar 27% bleibende Schmerzen nach dem Eingriff, jedoch waren diese in den meisten Fällen von geringer Intensität und traten diskontinuierlich auf. Zudem kam es nach der Operation zu einer Verbesserung im Vergleich zum präoperativen Zustand, sodass demnach trotzdem der primäre alloplastische Ersatz des Hüftgelenkes insgesamt als erfolgversprechende Methode angesehen werden kann, um eine Verringerung von Schmerzen zu erreichen (127).

Daher ist eine gute Aufklärung des Patienten erforderlich, dass trotz hoher Erfolgsaussicht eine Restgefahr für ein weniger gutes Resultat vorhanden ist (10).

Auch hier ist eine gründliche Anamnese und körperliche Untersuchung nötig, um bereits einige Differenzialdiagnosen auszuschließen oder die Entscheidung für weitere Untersuchungen wie Bildgebung, Laborverfahren oder Infiltrationsdiagnostik zu treffen (50).

1.3 Ziel- und Fragestellung

In der Vergangenheit wurden bereits wiederholt Daten zur Analyse der Komplikationen der Hüftendoprothetik erhoben. Hierbei sind insbesondere die Ursachen für ein Versagen der Prothese von Interesse, um weiterhin Innovationen und Verbesserungen zu erzielen. Nun sollen auch im Folgenden Daten von 785 Patienten des König-Ludwig-Hauses, der orthopädischen Klinik und Poliklinik der Universität Würzburg, dazu dienen, die Gründe für ein Versagen von Primärprothesen am Hüftgelenk herauszuarbeiten und zum besseren Verständnis der Problematik beitragen.

Dabei richtet sich die Betrachtung hauptsächlich an folgenden Fragen aus:

- Welches Alter ergab sich für die Patienten im Durchschnitt bei Indeximplantation und Revision jeweils?
- Welcher Zeitabschnitt bestand zwischen dem primären- und dem Revisionseingriff?
- Welche Gründe führten zu einer primären Revision der Hüftgelenksprothese?
- Welche Indikationsdiagnosen ergaben sich für die Patienten, die überhaupt zur Implantation einer Hüftgelenksendoprothese führten?
- Welche Arten von Revisionen wurden durchgeführt?
- Wie hoch waren Anzahl und Häufigkeiten der Indexdiagnosen, der Versagensursachen der Prothesen und Revisionsarten?

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Eingeschlossen wurden Daten von Patienten, die im Zeitraum von 2007 bis 2016 im König-Ludwig-Haus in Würzburg zur Revision einer Hüftgelenksendoprothese in Behandlung waren. Die primären Prothesen wurden zum Teil in domo, zum Teil aber auch in anderen Häusern implantiert. Es wurden nur die Primärrevisionen berücksichtigt. Patienten mit mehrfachen Revisionen wurden ausgeschlossen.

Somit ergaben sich 785 Patienten, davon 440 weibliche und 345 männliche.

2.2 Datenerhebung

Für die Datensammlung wurden die elektronischen Patientenakten der Klinik und dabei hauptsächlich die OP-Berichte des primären und sekundären Eingriffes verwendet.

Eine Unbedenklichkeitserklärung der Ethikkommission der Universität Würzburg zur Durchführung einer retrospektiven Datenanalyse wurde eingeholt.

Zunächst wurde das Alter der Patienten bestimmt sowohl bei Primär- als auch bei Sekundär-OP. Ebenso die Standzeit in Monaten, also die Haltbarkeit der Prothese im Zeitraum zwischen Index-OP und Revision. Hierbei wurden drei Gruppen gebildet. Eine frühe Gruppe mit Standzeit 0 bis unter 60 Monate, eine mittlere Gruppe von 60 bis unter 120 Monaten und eine späte mit Haltbarkeit über 120 Monate. Sowohl beim Alter als auch bei den untersuchten Parametern Indexdiagnose, Revisionsgrund, Prothesen- und Revisionstyp erfolgte auch immer eine separate Auswertung beider Geschlechter. Die Kategorien Geschlecht, Indexdiagnose, Revisionsgrund, Prothesentyp, Revisionstyp und Alter der Patienten bei Primär- und Sekundär-OP wurden zudem mit der Standzeit in Beziehung gesetzt.

Nicht immer konnten dabei alle 785 Daten verwendet werden, da teilweise die Informationen nicht mehr aus den Akten erhoben werden konnten. Diese Patienten wurden in der entsprechenden Grafik ausgeschlossen.

In folgender Tabelle erfolgte eine Zusammenfassung von Indexdiagnosen, der Revisionsgründe und Revisionstypen, die sich aus den Daten ergaben.

Tab. 2 Zusammenfassung der unterschiedlichen Indexdiagnosen, Revisionsgründe und -typen

Indexdiagnosen	Revisionsgründe	Revisionstyp
Coxarthrose	Lockerung	Totalrevision
Fraktur	Infektion	Teilrevision Acetabulum
Hüftkopfnekrose	Luxation	Teilrevision Femur
Rheumatoide Arthritis	Inlay- und Materialverschleiß	Spacerimplantation
Tumor	Periprothetische Fraktur	Sonstige
Sonstige	Impingement	
	Persistierende Schmerzen	
	Sonstige	

Das Alter der Patienten ist in Jahren, die Standzeit in Monaten mit der jeweiligen Standardabweichung angegeben.

2.3 Literaturrecherche

Die Literaturrecherche erfolgte über die Datenbanken von Pubmed sowie die Cochrane Library. Zudem wurden Ausführungen des Statistischen Bundesamtes und Berichte verschiedener Endoprothesenregister und des Robert-Koch-Institutes aus dem Internet verwendet.

2.4 Statistische Auswertung

Zur Auswertung der Daten wurde das Programm Microsoft ® Excel® 2016 für Windows (Version16.0.9126.2152© 32 BIT) verwendet.

3 Ergebnisse

3.1 Patientenalter bei Indeximplantation und Revision

Bei der Erstimplantation ihrer Hüftgelenksendoprothese waren die Patienten im Durchschnitt 62,2 (\pm 11,5) Jahre alt. Hierbei konnten 780 der 785 Patientendaten verwendet werden (Abb.1).

Die Revision erfolgte im Mittel im Alter von 69,5 (\pm 11,2) Jahren, wobei alle 785 Datensätze verwertbar waren (Abb.3).

Der Vergleich zwischen weiblichen und männlichen Patienten zeigt, dass in dem vorliegenden Kollektiv Frauen sowohl die erste Prothese als auch die Revision später erhielten. Frauen bekamen ihre Erstimplantation durchschnittlich mit 63,2 (\pm 11,7) Jahren (Abb.2) und die Revision mit 70,7 (\pm 10,8) Jahren (Abb.4). Männer hingegen wurden erstmals im Alter von 61,0 (\pm 11,2) Jahren operiert (Abb.2) und sekundär mit 67,8 (\pm 11,4) Jahren (Abb.4).

Die größten Anteile an Patienten bildeten bei Index-OP die Altersgruppen 50-59 mit 29,4% und 60-69 mit 28,8% in der Gesamtpopulation. Bei den Frauen waren mit 28,1% die 70-79-jährigen am häufigsten, bei den Männern mit 32,1% die 60-69-jährigen.

Bei der Revision war die größte Altersgruppe die der 70-79-Jährigen mit 40,6%. Ebenso zeigte sich dies bei beiden Geschlechtern mit einem Wert von 41,8% bei den Frauen und 39,1% bei den Männern.

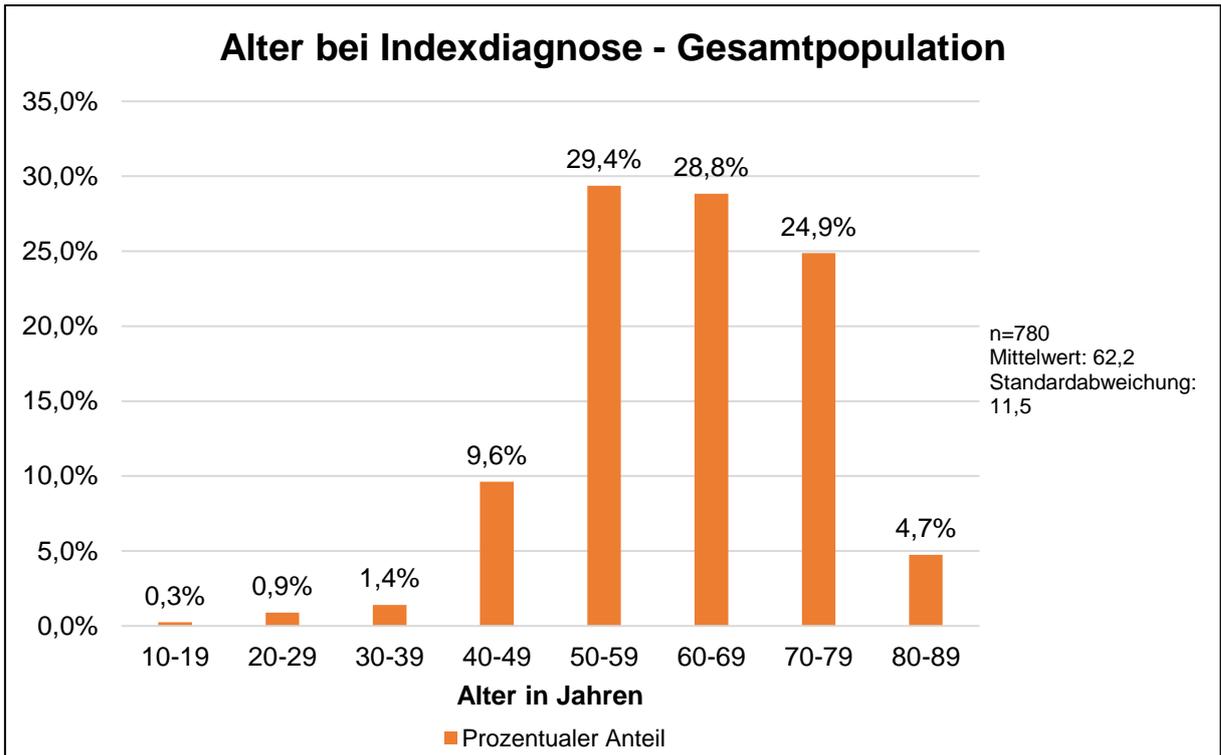


Abb. 1 Häufigkeitsverteilung des Alters aller Patienten bei Indexoperation

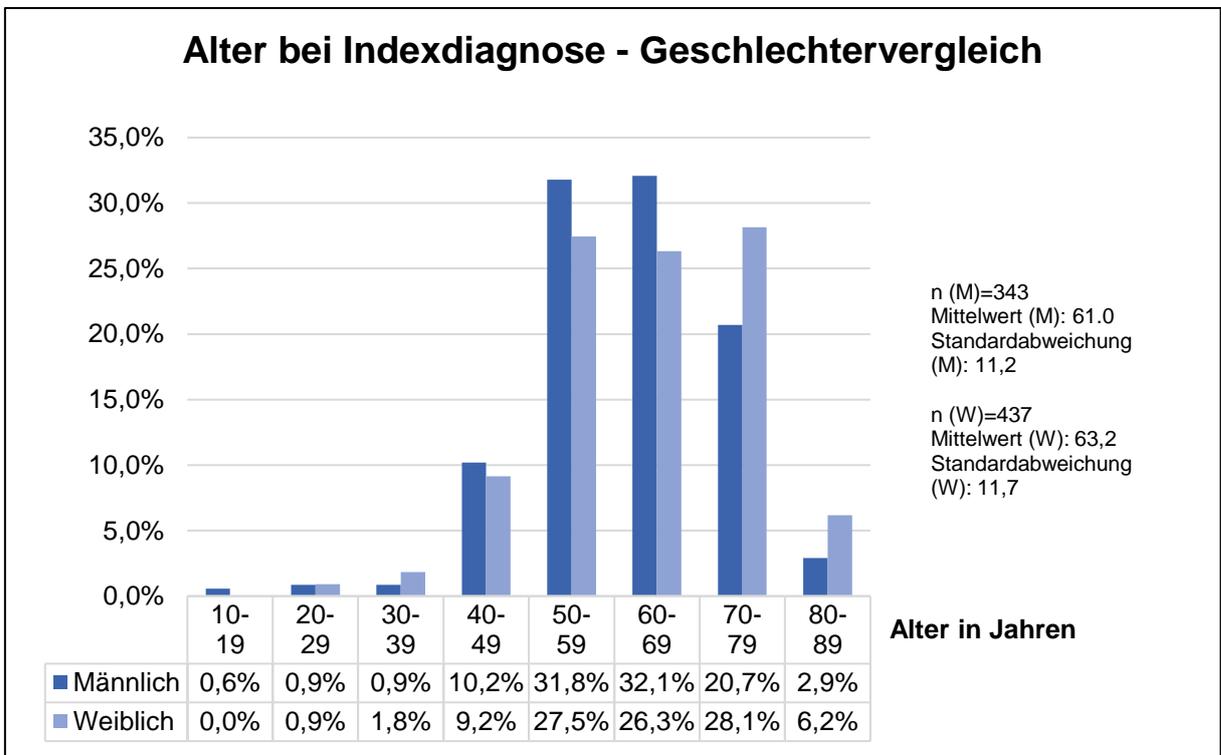


Abb. 2 Häufigkeitsverteilung des Alters männlicher und weiblicher Patienten im Vergleich

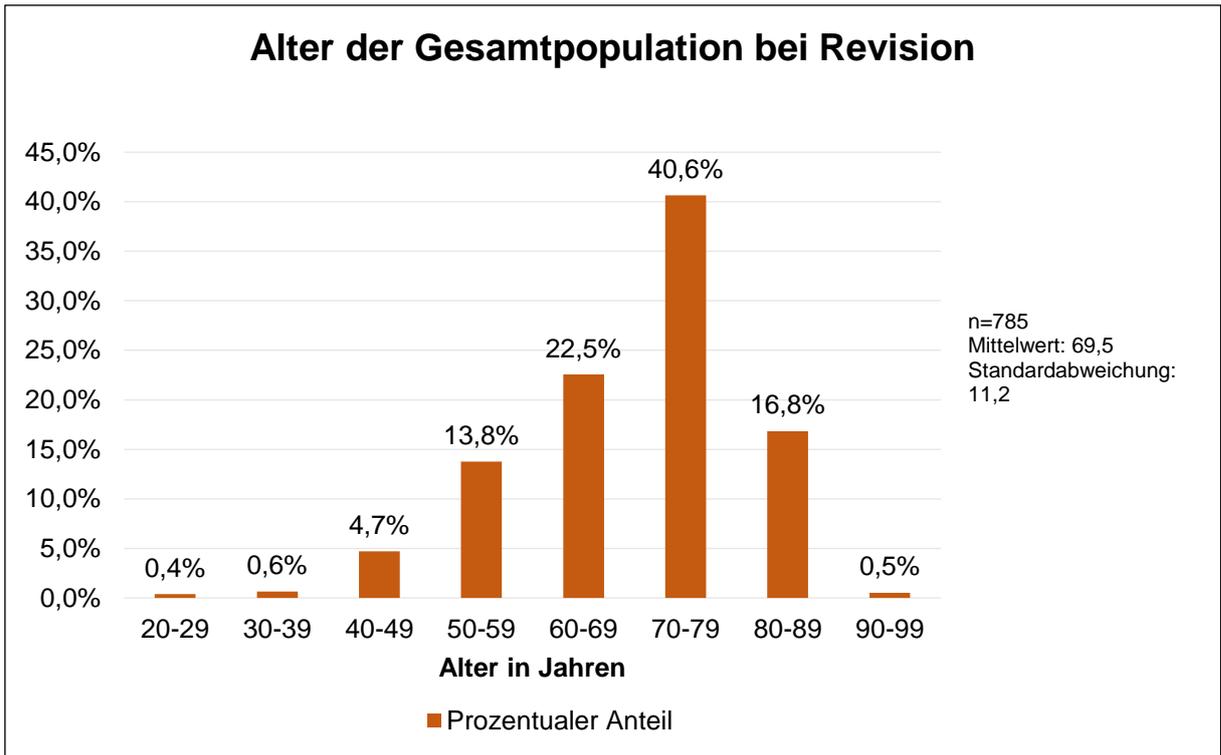


Abb. 3 Häufigkeitsverteilung des Alters aller Patienten bei Revision

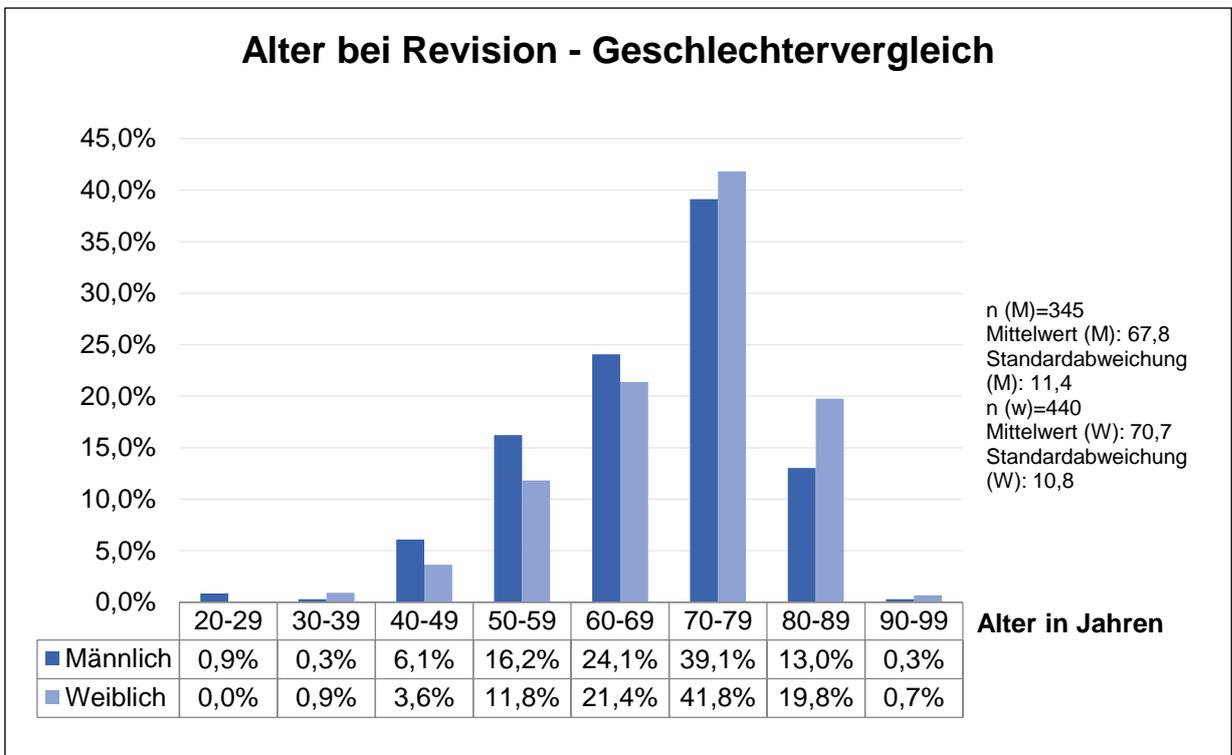


Abb. 4 Häufigkeitsverteilung des Alters männlicher und weiblicher Patienten bei Revision

3.2 Prothesenstandzeit

Im gesamten Patientenkollektiv betrug die durchschnittliche Standzeit der Primärprothese 88,0 Monate ($\pm 101,2$) (Abb. 5). Davon bekamen 52,9% die Revision bereits nach 0 bis unter 60 Monaten. Nach 60 bis unter 120 Monaten versagten 15,4 Prothesen und 31,6% der Revisionen wurden später als 10 Jahre nach Index-OP durchgeführt (Abb. 5).

Bei der Betrachtung der beiden Geschlechter ergab sich eine mittlere Prothesenverweildauer von 92,4 ($\pm 113,9$) Monaten für weibliche Patienten (Abb. 6). Bei den männlichen Patienten war die Prothese im Schnitt 82,4 ($\pm 88,2$) Monate haltbar (Abb. 7).

Nach 0 bis unter 60 Monaten mussten bei den Frauen 53,1%, bei den Männern 52,8% der Prothesen revidiert werden. Im Zeitraum von 60 bis unter 120 Monate erfolgte bei 13,5% der weiblichen und bei 17,8% der männlichen Patienten der Revisionseingriff. Später als 120 Monate erfolgte die Revision bei 33,4% der Frauen und bei 29,5% der Männer (Abb. 6 und 7).

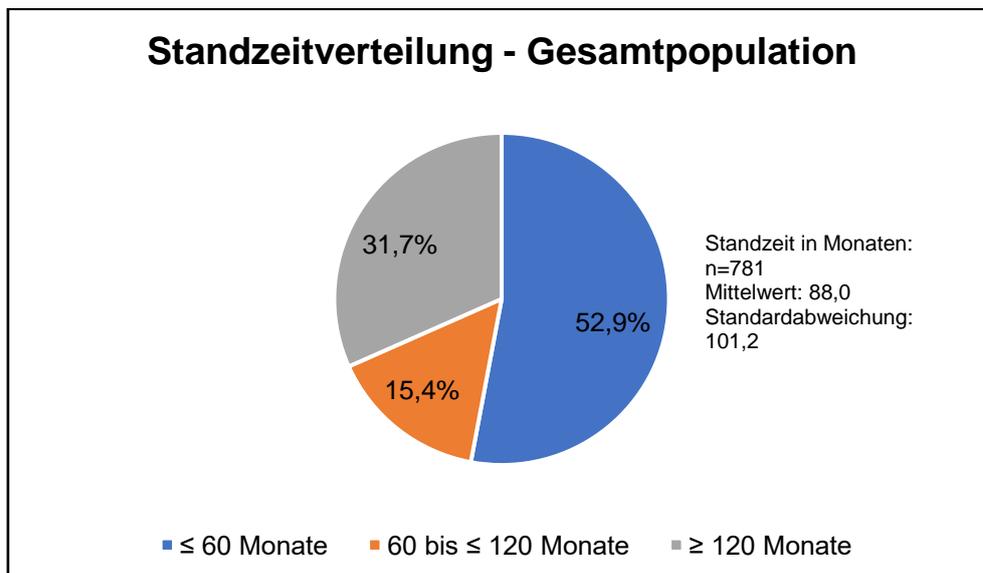


Abb. 5 Verteilungsübersicht der Indexprothesenstandzeit in verschiedenen Zeiträumen des gesamten Patientenkollektivs

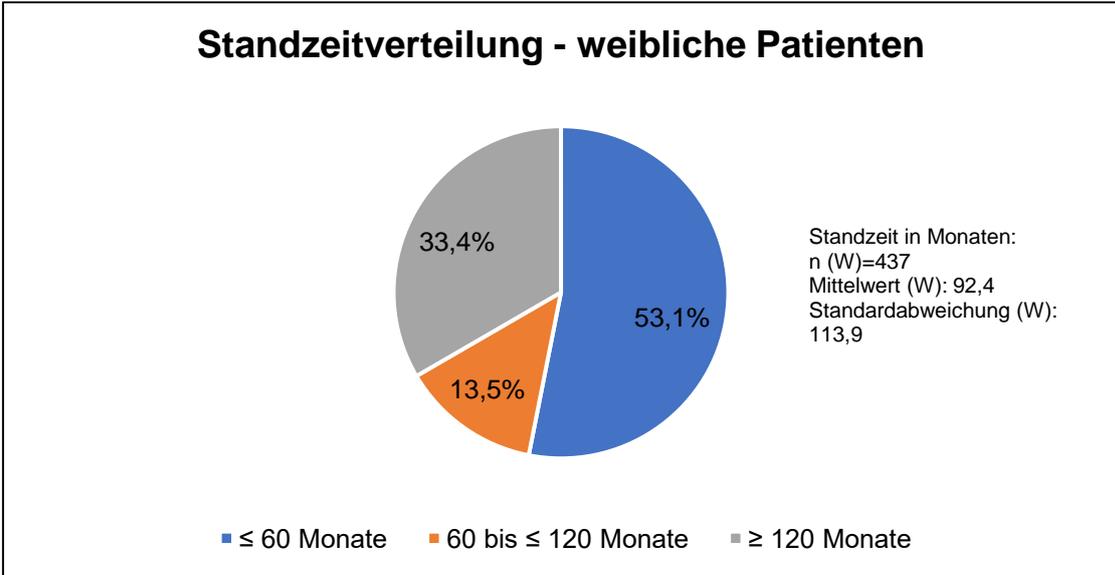


Abb. 6 Verteilungsübersicht der Indexprothesenstandzeit in verschiedenen Zeiträumen für weibliche Patienten

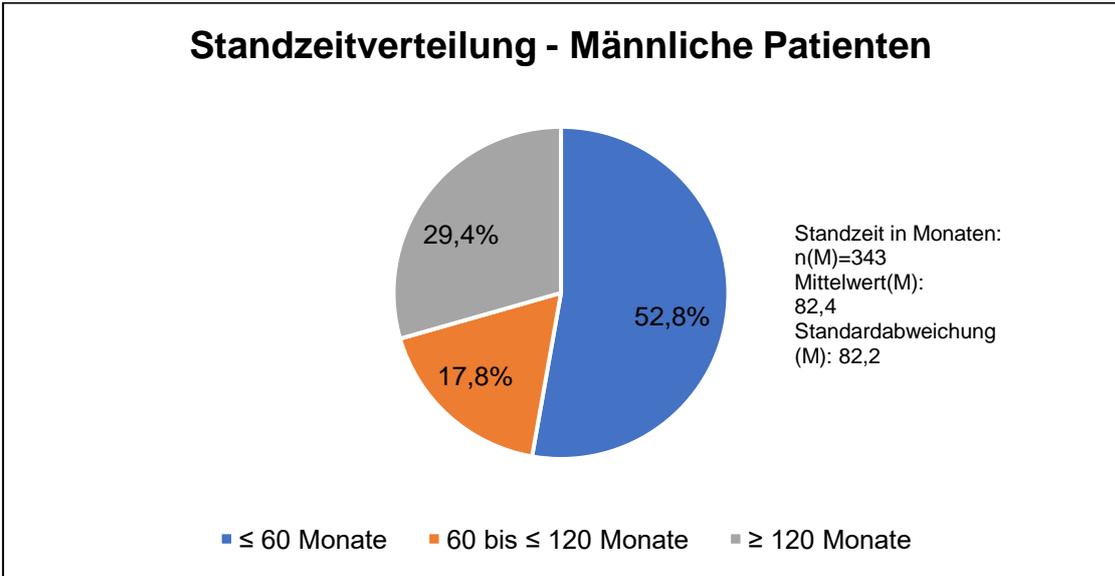


Abb. 7 Verteilungsübersicht der Indexprothesenstandzeit in verschiedenen Zeiträumen für männliche Patienten

3.3 Indikationsdiagnose für Primärimplantation

Von den 785 Patienten war von einigen die Indexdiagnose nicht mehr zu erheben, sodass 678 Patienten bleiben. Davon waren 300 männlich und 378 weiblich.

Bei der dominierenden Diagnose, die eine Indikation für den künstlichen Ersatz des Hüftgelenkes darstellt, handelte es sich in der vorliegenden Population um Coxarthrose mit 81,4%. Als zweithäufigste Indikation folgten mit 8,1% die Fraktur (Abb. 8).

Bei beiden Geschlechtern war Coxarthrose als hauptsächliche Diagnose für die Erstimplantation der Endoprothese verantwortlich (81,2% bei den weiblichen, 81,7% bei den männlichen Patienten). Am zweithäufigsten war bei den Frauen die Fraktur mit 9,8%, bei den Männern hingegen die Hüftkopfnekrose mit 6,3% (Abb. 9).

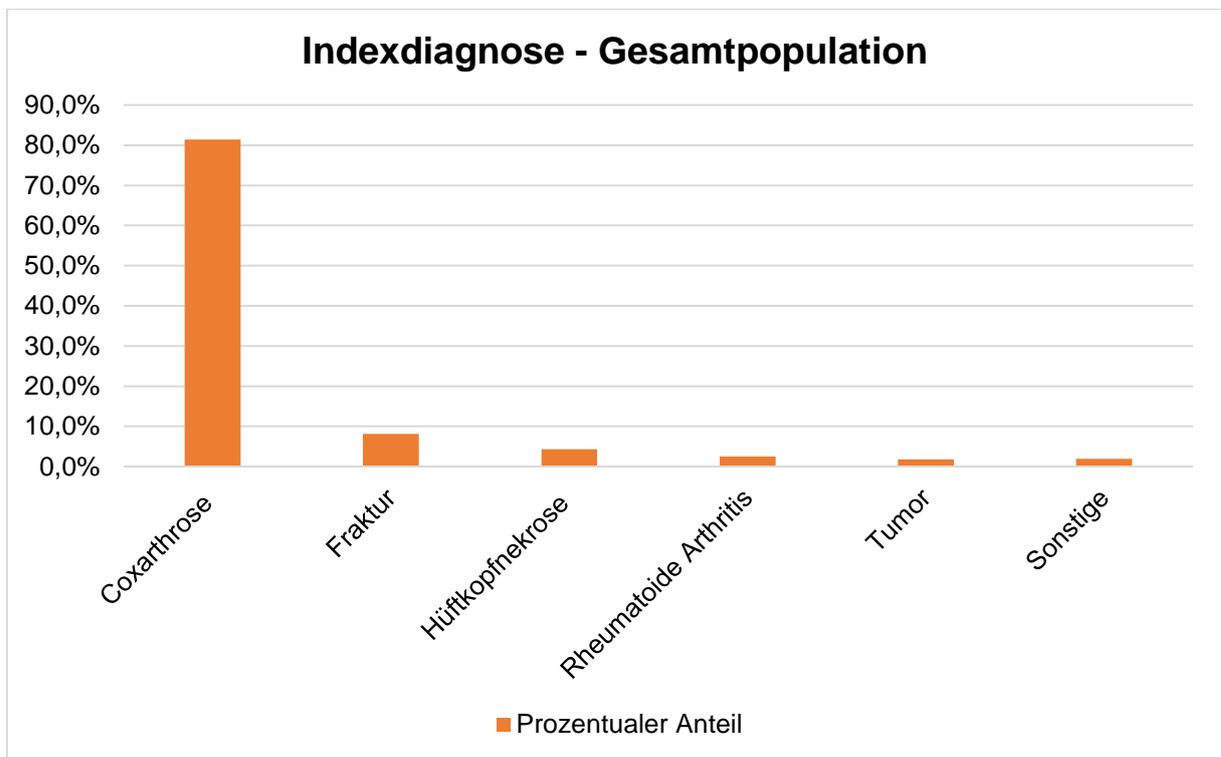


Abb. 8 Indexdiagnosen in der Gesamtpopulation in Prozent

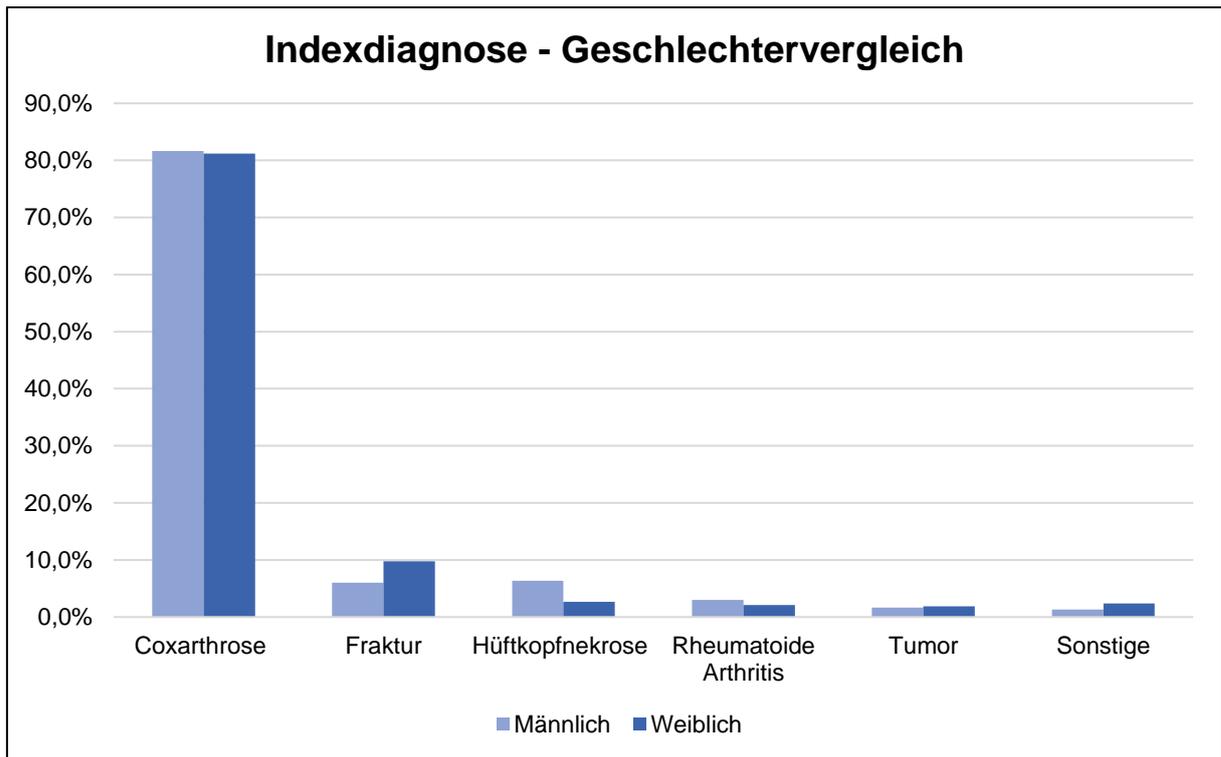


Abb. 9 Indexdiagnosen der beiden Geschlechter in Prozent

3.4 Revisionsgründe

Den häufigsten Grund für die Revision einer Hüftgelenksendoprothese stellte in der vorliegenden Population Lockerung mit 39,4% dar. An zweiter Stelle stand die Infektion mit 20,3% (Abb. 10). Ebenso zeigte sich dies bei beiden Geschlechtern, wo bei 40,7% der weiblichen und bei 37,7% der männlichen Patienten eine Lockerung der Prothese als häufigste Ursache für ein Versagen auftrat. Dahinter folgte auch hier die Infektion der Prothese, wobei hier 26,1% der Männer und 15,7% der Frauen betroffen waren (Abb. 11).

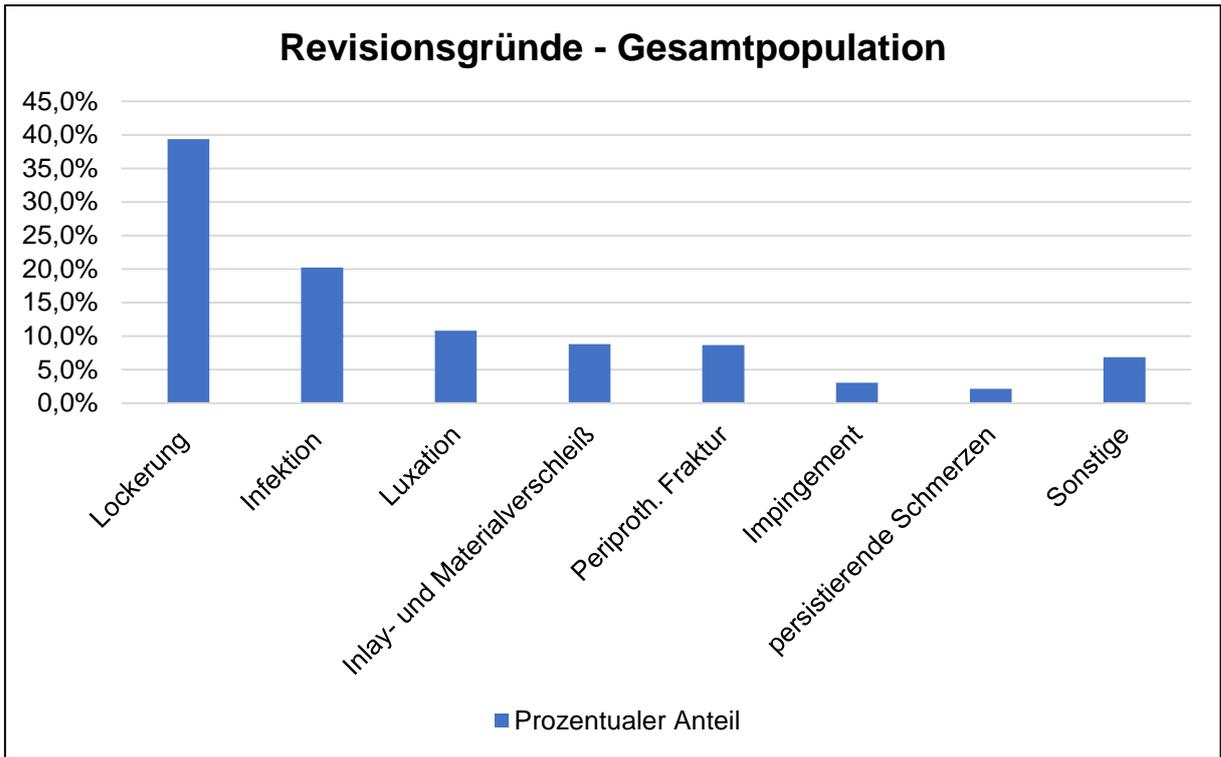


Abb. 10 Häufigkeiten der einzelnen Revisionsgründe in Prozent

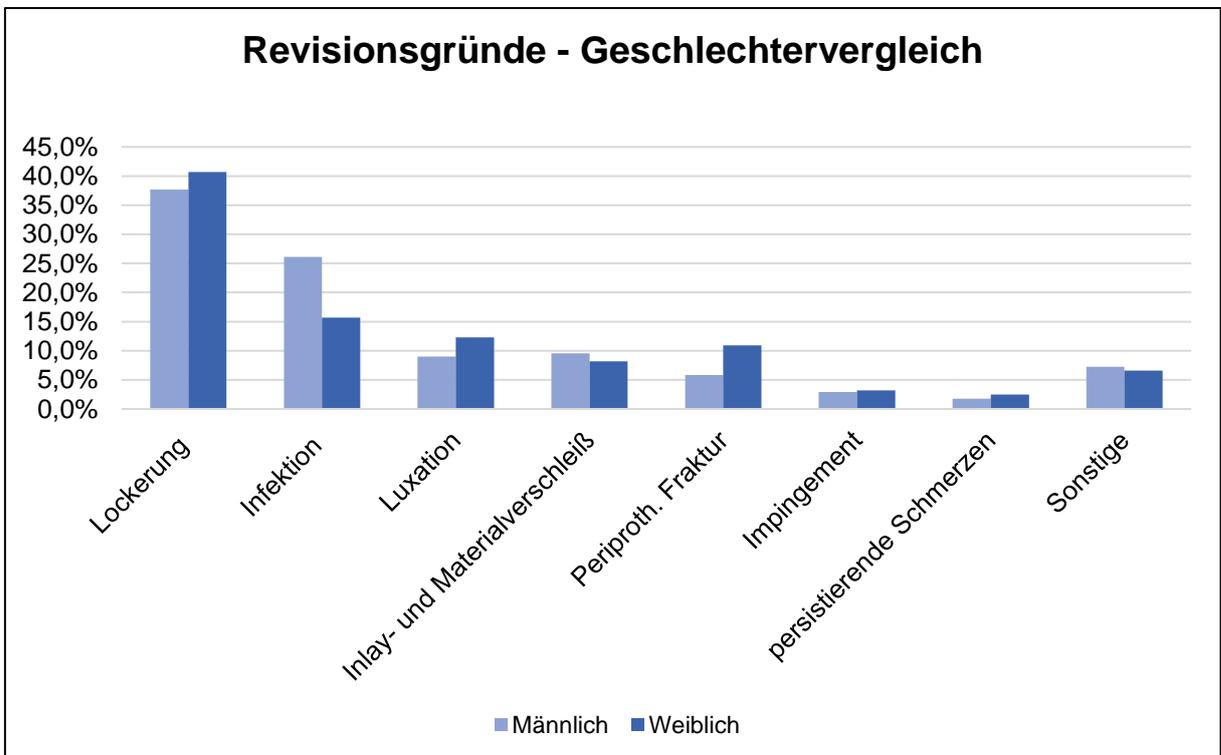


Abb. 11 Häufigkeiten der einzelnen Revisionsgründe beim jeweiligen Geschlecht in Prozent

3.5 Prothesentyp

Mit einem Anteil von 67,7% von 781 zu verwertenden Daten wurden bei der primären Implantation zementfreie Prothesen verwendet, 32,3% der zu revidierenden Prothesen hingegen waren zementiert (Abb. 12). Bei den 343 erfassten männlichen Patienten herrschte bei den zementfreien Implantaten ein prozentualer Anteil von 74,1% und bei den zementhaltigen 25,9% vor. Die insgesamt 438 Frauen hatten zu 62,8% zementlose und zu 37,2% einzementierte Implantate zu verzeichnen (Abb. 13).

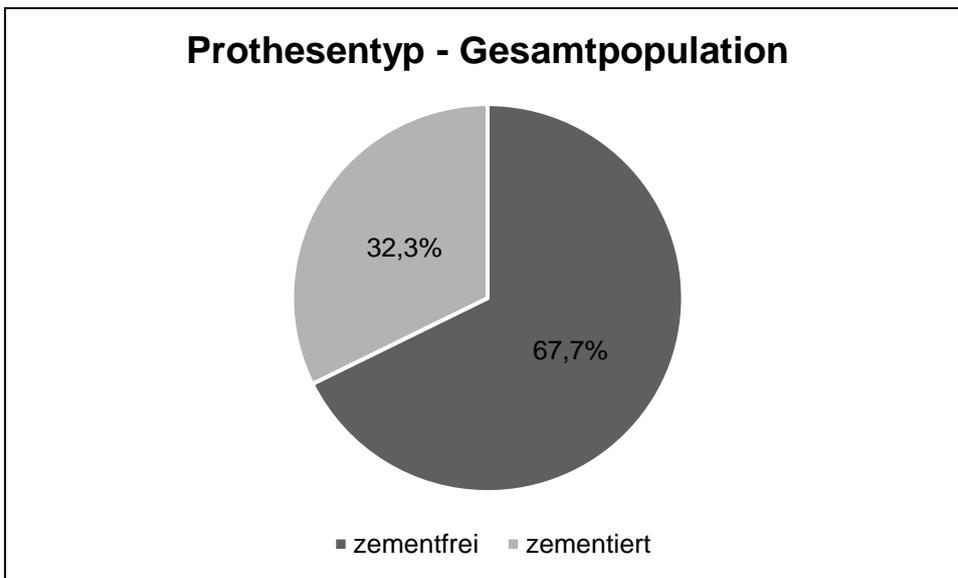


Abb. 12 Prothesentyp der Gesamtpopulation in Prozent

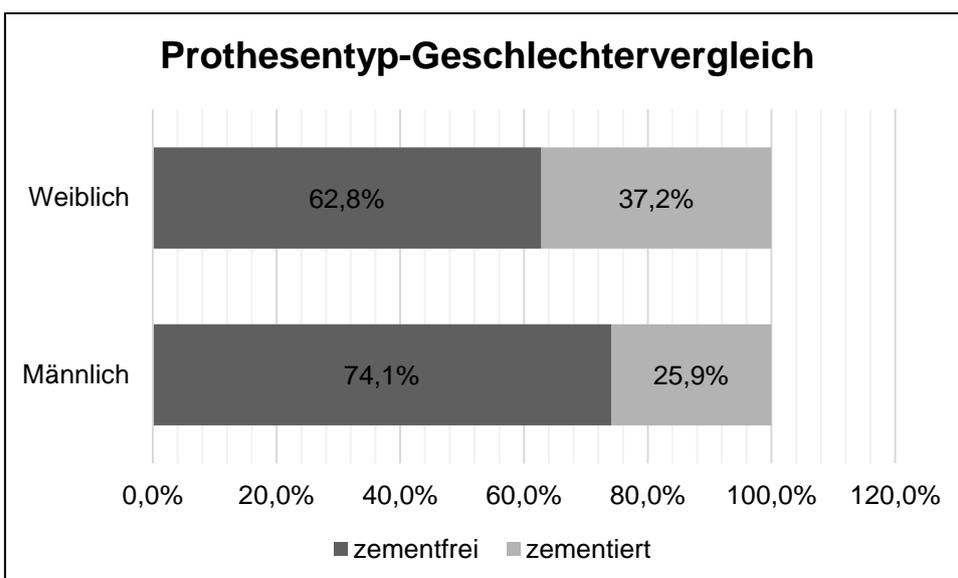


Abb. 13 Prothesentypverteilung der Geschlechter in Prozent

3.6 Therapie

Als therapeutische Maßnahmen wurden im vorliegenden Patientenkollektiv Teilrevisionen sowohl am acetabulären als auch am femoralen Part der Prothese angewendet. In manchen Fällen waren totale Revision beider Gelenkkomponenten oder die Implantation eines zementhaltigen Spacers nötig. Alle anderen Therapien, die nicht in diese Kategorien fielen, wurden unter „Sonstige“ zusammengefasst (Abb. 14).

Insgesamt erfolgte im Gesamtkollektiv am häufigsten die Revision der femoralen Teilprothese mit 34,1%. An zweiter Stelle standen Revisionen an der Pfannenkomponente mit 24,8%. Bei den Frauen wurden mit 33,0% Schaft- und 28,4% Pfannenwechsel am meisten praktiziert. Bei den Männern waren es mit 35,7% ebenfalls die Teilrevisionen am Femur, gefolgt von den Spacerimplantationen zu 21,7% (Abb. 14).

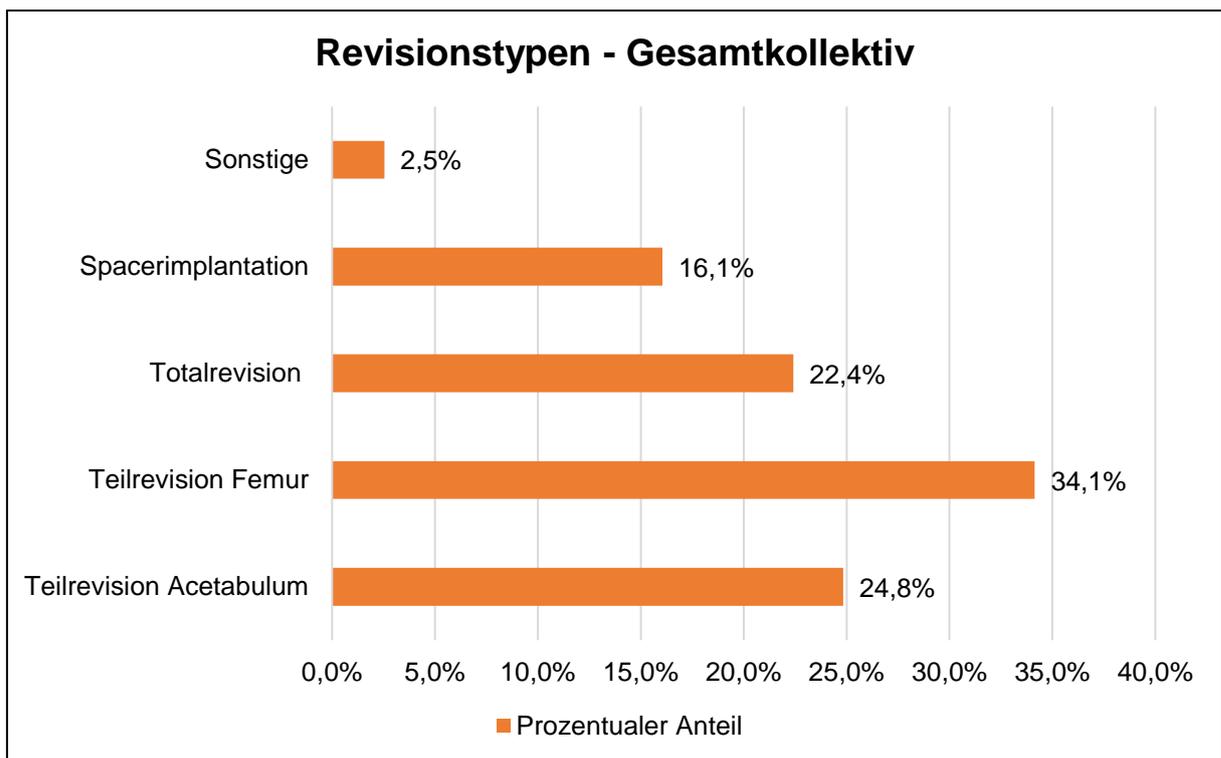


Abb. 14 Häufigkeiten der einzelnen Revisionstypen des Gesamtkollektivs in Prozent

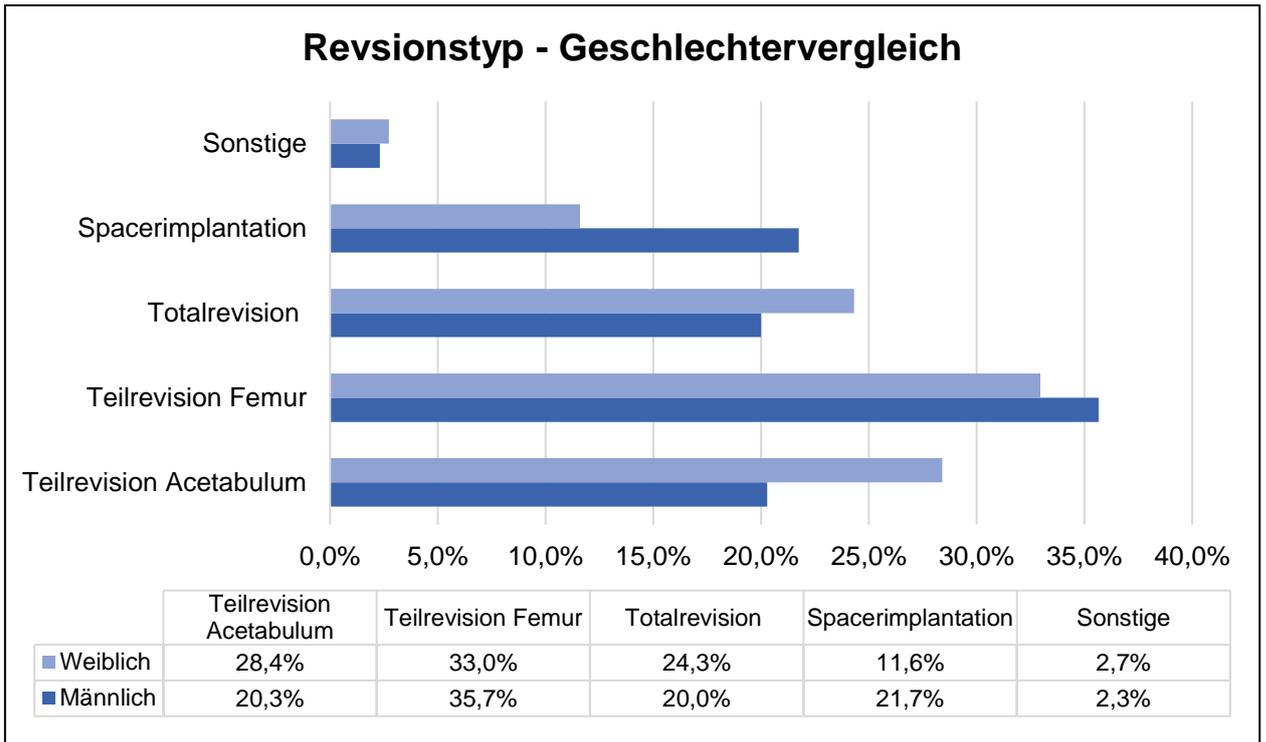


Abb. 15 Häufigkeitsverteilung der Revisionstypen jeweils bei männlichen und weiblichen Patienten in Prozent

3.7 Zusammenfassung in Bezug auf die Standzeit

Bei der Verteilung auf die einzelnen Standzeitgruppen ergab sich in der ersten Gruppe bis unter 60 Monate ein Frauenanteil von 56,2%. In der Zeitspanne von 60 bis unter 120 Monaten lag dieser bei 49,2% und in der spätesten Gruppe mit über 120 Monaten bei 59,1%.

Den häufigsten Revisionsgrund bildete die Lockerung der Prothese, wobei diese in der späten und mittleren Standzeitkategorie zu 57,5% und 50,2% vorherrschte. Der Anteil an Prothesen, die sich bereits nach weniger als 60 Monaten lockerten, lag bei 28,1% (Tab. 3).

Beim verwendeten Prothesentyp wurde in allen Standzeitkategorien etwa ein Verhältnis von einem Drittel zementhaltiger zu zwei Dritteln zementloser Implantate ermittelt (Tab. 3).

Bei der Therapie wurde eine Teilrevision am Acetabulum am häufigsten nach über 120 Monaten mit einem Anteil von 30,8% durchgeführt. Beim femoralen Prothesenteil erfolgte die Revision mit 37,8% vorrangig bereits nach unter 60 Monaten. Teilrevisionen fanden sich am meisten nach über 120 Monaten zu 26,3%. Die meisten Spacerimplantationen wurden bereits nach unter 60 Monaten zu 18,9% vorgenommen. Das durchschnittliche Alter bei der Erstimplantation der Endoprothese war in der frühen Gruppe bei 65,4 ($\pm 11,3$) Jahren und in der mittleren bei 62,6 ($\pm 10,6$) Jahren. In der späten Gruppe fand sich ein Durchschnittsalter von 56,8 ($\pm 10,4$) (Tab. 3).

Coxarthrose zeigte sich in allen drei Zeitabschnitten als am meisten vorherrschende Indexdiagnose, wobei diese in der Kategorie „60 bis unter 120 Monate“ mit 82,4% am häufigsten war (Tab. 3).

Bei der Revisionsoperation waren die Patienten in der Gruppe mit der längsten Standzeit nach Primärimplantation mit 73,0 ($\pm 10,0$) im Schnitt am ältesten (Tab. 3).

Tab. 3 Übersicht der Patienteneigenschaften in Bezug auf die Standzeit

	Standzeit in Monaten		
	≤ 60	60 bis ≤ 120	≥ 120
n	413 (52,9%)	120 (15,4%)	247 (31,6%)
Geschlecht			
weiblich	232 (56,2%)	59 (49,2%)	146 (59,1%)
männlich	181 (43,8%)	61 (50,8%)	101 (40,9%)
Indexdiagnose			
Coxarthrose	311 (81,2%)	84 (82,4%)	156 (81,3%)
Fraktur	41 (10,7%)	4 (3,9%)	10 (5,2%)
Hüftkopfnekrose	14 (3,7%)	7 (6,9%)	8 (4,2%)
Rheumatoide Arthritis	4 (1%)	3 (2,9%)	10 (5,2%)
Tumor	8 (2,1%)	1 (1%)	3 (1,6%)
Sonstige	5 (1,3%)	3 (2,9%)	5 (2,6%)
Revisionsgrund			
Impingement	23 (5,6%)	0 (0%)	1 (0,4%)
Infektion	108 (26,2%)	23 (19,2%)	28 (11,3%)
Inlay- und Materialverschleiß	7 (1,7%)	4 (3,3%)	45 (23,5%)
Lockerung	116 (28,1%)	69 (57,5%)	124 (50,2%)
Luxation	54 (13,1%)	10 (8,3%)	11 (4,5%)
Periproth. Fraktur	46 (11,1%)	4 (3,3%)	14 (5,7%)
persistierende Schmerzen	16 (3,9%)	0 (0%)	1 (0,4%)
Sonstige	43 (10,4%)	10 (8,3%)	10 (4%)
Prothesentyp			
zementfrei	284 (68,8%)	80 (66,7%)	165 (66,8%)
zementiert	129 (31,2%)	40 (33,3%)	82 (33,2%)
Revisionstyp			
Teilrevision Acetabulum	85 (20,6%)	33 (27,5%)	76 (30,8%)
Teilrevision Femur	156 (37,8%)	32 (26,7%)	78 (31,6%)
Totalrevision	82 (19,9%)	28 (23,3%)	65 (26,3%)
Spacerimplantation	78 (18,9%)	21 (17,5%)	27 (10,9%)
Sonstige	12 (2,9%)	6 (5%)	1 (0,4%)
Alter bei Primärimplantation			
weiblich	66,9 (±11,2)	63,5 (±7,2)	57,2 (±10,8)
männlich	63,4 (±11,0)	61,8 (±11,5)	56,3 (±9,8)
gesamt	65,4 (±11,3)	62,6 (±10,6)	56,8 (±10,4)
Alter bei Revision			
weiblich	68,4 (±11,0)	71,5 (±9,6)	73,8 (±10,1)
männlich	64,8 (±11,1)	69,4 (±12,1)	71,9 (±10,0)
gesamt	66,9 (±11,2)	70,5 (±11,0)	73 (±10,0)

4 Diskussion

Wie einleitend dargestellt ist die steigende Prävalenz von Gelenkerkrankungen mit einem verstärkten Einsatz der primären Hüftendoprothetik und daran anschließenden Revisionseingriffen verbunden. Dies stellt den klinischen Alltag weltweit zukünftig vor große Herausforderungen und bringt eine steigende sozioökonomische Belastung des Gesundheitswesens mit sich.

Deshalb gilt es, die dargestellten Komplikationen auf diesem Gebiet weiter im Auge zu behalten, um stetig wachsenden Anforderungen gerecht zu werden.

Dazu sollen auch die oben aufgezeigten Ergebnisse dienen.

Hier zeigt sich, dass die einzelnen Versagensursachen in den Analysen sehr heterogen sind.

4.1 Patientenalter

In der vorliegenden Population ergab sich ein durchschnittliches Alter der Patienten für die Primärimplantation von 62,2 (\pm 11,5) und bei Revision von 69,5 (\pm 11,2) Jahren. In der Literatur liegen deutliche Unterschiede. In einer retrospektiven Studie aus Taiwan bekamen die Patienten mit 47,1 (\pm 13,6) Jahren ihre Erstprothese und die Revision im Alter von durchschnittlich 56,6 (\pm 13,4) Jahren deutlich früher (74).

Auch in einer US-amerikanischen Studie waren die Patienten mit 59 Jahren bei Indexoperation etwas jünger (119).

Ähnlich den Daten der oben aufgeführten Studie waren die Ergebnisse der Untersuchung von Clohisy et al., in welcher die Patienten bei Revision im Durchschnitt mit 63,3 Jahren etwas älter waren (21).

Hierbei fällt auf, dass es auch einen Zusammenhang zwischen dem Alter und den in der Population vorherrschenden Indexdiagnosen geben könnte.

Am Beispiel der Diagnosen Osteoarthritis und Osteonekrose wird dies deutlich, da man anhand von Studien zeigen konnte, dass deren Verbreitung in einzelnen Ethnien unterschiedlich stark ausgeprägt ist (48, 49).

Auch in der Analyse von Liu et al. aus Taiwan war bei den Patienten asiatischer Abstammung nicht die Arthritis des Hüftgelenkes, sondern die Hüftkopfnekrose die häufigste Indexdiagnose (74).

Die Nekrose des Hüftgelenkes trat laut Studien im Gegensatz zur Arthrose bereits bei jüngeren Patienten auf (68, 74). Somit könnte dies eine Erklärung für das jüngere Alter der Patienten der taiwanesischen Studie bei Primärimplantation liefern (74).

Aus der US-amerikanischen Studie von Ulrich et al. wurde ebenfalls offensichtlich, dass das Alter der Patienten mit Osteonekrose mit im Schnitt 48 Jahren wesentlich geringer war als bei Patienten mit Osteoarthrose mit durchschnittlich 67 Jahren (119).

Im Bericht des deutschen Endoprothesenregisters von 2017 betrug das Durchschnittsalter 72 Jahre, wobei die Alterssparte von 75 bis 84 Jahren mit 32,7% am häufigsten vertreten war. Das Durchschnittsalter war somit höher als in den oben gezeigten Daten mit 62,2 Jahren (28). Bei den Altersgruppen waren dort 50-59-Jährige mit 29,4% knapp vor den 60-69-Jährigen am meisten vertreten.

Hierbei muss allerdings bedacht werden, dass es sich bei den Zahlen des Registers um Werte aus einem Jahr handelt und nicht wie in der Studie, die Daten von mehreren Jahren umfasste. Zudem lag eine höhere Populationszahl vor.

In Schweden zeigte sich im Bericht des Prothesenregisters von 2016, dass das Durchschnittsalter bei Primärimplantation über die Jahre geringer wurde - außer, wenn sich eine Fraktur als Indexdiagnose herausstellte (59).

Das Alter bei Revision fiel im deutschen Register mit durchschnittlich 75 Jahren kaum höher aus als bei der Index-OP (28). Bei den obigen Patienten war der Unterschied mit 69,5 Jahren größer. Dafür fielen die häufigsten Altersgruppen etwa gleich aus. Dort waren es die 75-84-Jährigen mit 41,1%, bei den Patienten aus dem König-Ludwig-Haus mit 40,6% die 70-79-Jährigen (28).

In Schweden waren die Ergebnisse ähnlich, was die Altersgruppen angeht. Jedoch war hier im Verlauf nur in den Zeitperioden 1981-1995 und 2011-2015 eine Gesamtzunahme beim Alter erkennbar, in weiteren Zeitperioden ergab sich eher eine Stagnation (59).

Zudem ergaben die Daten, dass Frauen sowohl die Primäroperation als auch die Revision später erhielten. Dies war auch in beiden Registern der Fall (28, 59).

Dass Frauen im Schnitt bei Revision älter sind, konnten auch andere Studien bestätigen (54, 60, 74, 81).

In einer Studie waren Frauen mit Arthrose der Hüfte, des Knies und der Wirbelsäule bei operativer Behandlung in bereits weiter fortgeschrittenem Erkrankungsstadium als Männer. Als Erklärung hierfür wird unter anderem angeführt, dass Männer wohl weniger vor Komplikationen einer Operation zurückschrecken als Frauen und ein höheres

Interesse daran haben, dass ihre Beweglichkeit und demnach körperliche Funktionalität möglichst schnell wiederhergestellt ist (60).

Des Weiteren wird aus den Daten ersichtlich, dass das Durchschnittsalter bei Primärimplantation bei Patienten mit Standzeit von über 120 Monaten geringer ausfiel als bei denen mit einer Standzeit von 60 bis unter 120 Monaten und unter 60 Monaten. Daraus lässt sich die Hypothese ableiten, dass man eine längere Haltbarkeit des Implantates erzielt, wenn die Prothese früher im Leben des Patienten eingebaut wurde. Dem widerspricht jedoch die Studienlage. Hier zeigte sich, dass junges Alter eine frühe Revision wahrscheinlicher macht (5, 31, 62, 65, 106).

Als Erklärung dafür, dass jüngeres Alter eine frühe Revision begünstigt, wird angeführt, dass es durch intensivere alltägliche Auslastung der Gelenke bei jüngeren Patienten zu einem vorzeitigen Verschleiß der Endoprothesen kommt, welche somit früher ersetzt werden müssen. Daher ist hier stabileres und gleichzeitig teureres Material von Nöten (65).

Ebenso ersichtlich wird dies anhand der Daten von Ulrich et al., da auch dort jüngere Patienten eine geringere Standzeit aufwiesen als ältere (119).

Insgesamt ist ein Anstieg des Alters einerseits aufgrund der demographischen Entwicklung zu verzeichnen, andererseits ergeben sich höhere Primärimplantationszahlen für die unter 65-Jährigen durch die stetige Innovation der Attribute der modernen Endoprothesen (65, 119, 124).

4.2 Indexdiagnose

Die Arthrose ist die dominierende Gelenkerkrankung weltweit. Meistens betrifft sie Hüfte, Knie, Wirbelsäule und die kleinen Gelenke der Hand und des Fußes (4, 33, 101, 103, 129).

Die weltweite Verbreitung der Arthrose des Hüftgelenks hängt stark von der ethnischen Herkunft ab. In der weißen kaukasischen Bevölkerung ist sie am höchsten. Wissenschaftliche Untersuchungen beschreiben, dass zwischen 3 bis 6 % aller Menschen dieser Ethnie davon betroffen sind. Bei Asiaten, amerikanischen Ureinwohnern, Afro- und Lateinamerikanern ist die Prävalenz wesentlich geringer, sie liegt hier nur bei unter einem Prozent (49).

Hinzu kommt, dass die Diagnose Coxarthrose auf unterschiedliche Art gestellt werden kann, was Auswirkungen auf die Höhe der Prävalenz ermöglicht.

In einer Metaanalyse fanden sich demnach Prävalenzen der Hüftarthrose durch eigene Aussagen von Patienten zwischen 6,7 und 9,7%. Bei einer bildgebenden Diagnostik ergaben sich Werte zwischen 1 und 45% und anhand von Symptomatik als Diagnosekriterium zwischen 0,9 und 7,4% (95).

Unterschiede gibt es auch hinsichtlich des Geschlechts. Eine Studie, bei der Patienten aus Baden-Württemberg analysiert wurden, zeigte, dass ab Erreichen des 40. Lebensjahrs die Prävalenz bei Frauen 6,18% und bei Männern 6,08% im Jahr 2016 betrug. Neuerkrankt waren 0,65% der Frauen und 0,62% der Männer.

Ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Geschlechtern trat erst ab dem 75. Lebensjahr auf, wo die Inzidenz für Frauen bei 1,28% und bei Männern bei 1,09% lag (32).

Wie hoch nun das Risiko ist, im Lauf des Lebens einen künstlichen Hüftgelenksersatz aufgrund von Coxarthrose zu benötigen, zeigte eine Studie, in der die Daten aus den Ländern Norwegen, Finnland, Dänemark, Australien und Schweden im Jahr 2003 mit 2013 verglichen wurden. In allen Ländern, außer bei den norwegischen Frauen, erhöhte sich das Risiko signifikant. Hinzu kam, dass Frauen für die Notwendigkeit zum totalen künstlichen Ersatz des Hüftgelenkes ein insgesamt höheres Lebenszeitrisko aufwiesen. So hatten Frauen in Australien im Jahr 2003 beispielsweise ein Risiko von 9,3%, welches 2013 bereits bei 12,6% lag. Bei den australischen Männern ergab sich ein 7,6% hohes Risiko 2003 und 2013 bereits eines von 10,5% (1).

In weiteren Studien bildete die Coxarthrose mit über 70% Anteil die häufigste Diagnose, die zur Implantation einer Hüftprothese führte (34, 38, 75, 119).

Aus dem norwegischen Hüftprothesenregister geht dabei auch hervor, dass dieser Anteil über die Jahre zugenommen hat und den Trend der Zunahme bestätigt. Im Zeitraum 1987-1992 waren es noch 67%, 2003-2007 bereits 76% (34). In weiteren neueren Studien lag der Anteil der Coxarthrose als Indexdiagnose bei 77% (31) und 74,5% (80). Diese Zahlen lassen die Bedeutsamkeit der Diagnose Coxarthrose für die Hüftendoprothetik in Erscheinung treten.

In der hier vorliegenden Datenauswertung lag sie mit 81,4% weit vor der zweithäufigsten Diagnose einer Fraktur mit nur 8,1%. Dies zeigten auch die Zahlen aus dem schwedischen Hüftprothesenregister aus dem Jahr 2002. Hier kann man insbesondere die Veränderung der einzelnen Indexdiagnosen in den unterschiedlichen Altersgruppen verfolgen. Im jüngeren Alter bei den unter 20-Jährigen bildete die entzündliche Arthritis den Hauptgrund. Arthrose spielte hier eine untergeordnete Rolle. Mit zunehmendem

Alter veränderte sich dies deutlich. Hierbei machte Coxarthrose bei den 60-69-Jährigen über 80% aus (75).

Auch im Registerbericht aus Schweden von 2016 kann man die Unterschiede zwischen den einzelnen Altersgruppen bei den Indexdiagnosen im Zeitraum 2000-2016 feststellen. Die primäre Coxarthrose war in der Mehrzahl der Fälle bei den 60-75-Jährigen vorherrschend. Traumata und Frakturen betrafen zum größten Teil die Ältesten mit über 75 Jahren. Die Diagnosen Hüftkopfnekrose, inflammatorische Arthritis und Tumore waren hingegen bei den unter 50-Jährigen am stärksten vertreten. Ebenfalls ist der Anteil der primären Coxarthrose von 2012-2016 kontinuierlich auf 80,8% gestiegen. Dies traf auch auf Frakturen zu, deren Anteil 2016 8,7% ausmachte. Bei anderen Diagnosen wie entzündliche Arthritis oder Tumoren sanken die Zahlen. Für die Hüftkopfnekrose ergab sich in etwa eine Stagnation (59).

Aus anderen Teilen der Welt, wie beispielsweise Asien, werden andere Ergebnisse berichtet. Wie bereits weiter oben dargestellt, bot die Studie von Liu et al. die aseptische Knochennekrose mit 53,7% als häufigste Indexdiagnose vor der Coxarthrose mit nur 13,7%, wobei Genetik und ethnische Herkunft als möglicher Einflussfaktor gelten (49, 74).

Hier zeigt sich wiederum der mögliche Zusammenhang des Alters mit der Indexdiagnose. Denn die taiwanesischen Patienten waren im Durchschnitt bei Erstimplantation wesentlich jünger (74).

Auch das schwedische Hüftprothesenregister bestätigt, wie oben erläutert, dass eine Hüftkopfnekrose häufiger bei jüngeren Patienten auftrat (59).

Bei der häufigsten Diagnose Coxarthrose waren Männer und Frauen in der oben gezeigten Population etwa gleichermaßen betroffen. Bei anderen Indexdiagnosen ergaben sich Unterschiede. Aufgrund einer Fraktur wurde die Indikation zur Hüftprothese bei Frauen mit 9,8% häufiger gestellt als bei Männern mit nur 6,0%. Männer hatten hingegen mehr Hüftkopfnekrosen zu verzeichnen (6,3% im Gegensatz zu 2,6%).

Dass das männliche Geschlecht einen Risikofaktor für eine Hüftkopfnekrose darstellt, zeigte eine Studie aus China. Weitere Risikofaktoren waren erhöhte Werte der Triglyceride und LDL-Cholesterin im Blut, starkes Rauchen und Alkoholkonsum sowie familiäre Vorbelastung und Therapie mit Kortikosteroiden (130). Alkoholabusus und Einnahme von Kortison, was zu verstärkter Immunsuppression führt und damit auch anfälliger macht für Infektionen, war auch in Taiwan mit vermehrter Hüftkopfnekrose assoziiert (74).

2002 wurde im schwedischen Hüftprothesenregister eine steigende Tendenz jeweils bei den Frakturen prophezeit. Als Ursache vermutete man bei Frakturen, dass man zunehmend bei dislozierten Schenkelhalsfrakturen eher sofort zum prothetischen Ersatz des Gelenkes neigt als zu einer gelenkerhaltenden Versorgung mit Nägeln. Für die rheumatoide Arthritis hingegen vermutete man eher einen Rückgang, was dem stetig weiteren Fortschritt und der Weiterentwicklung der medikamentösen Therapie zu verdanken wäre (75).

Diese Vermutungen konnten im Bericht des Registers von 2016 bestätigt werden. Dort zeigte sich ein Rückgang bei Patienten mit rheumatoider Arthritis und eine Steigerung derer mit Frakturen (59).

Im Bericht des deutschen Prothesenregisters von 2017 finden sich keine Daten zu den Indexdiagnosen. Hier erscheint nur eine Statistik zu Voroperationen, wobei 95,9% noch keine Voroperationen im Hüftgelenksbereich aufwiesen (28).

Was die Standzeit betrifft, hatten in der hier vorliegenden Studie Patienten mit Coxarthrose in allen drei Gruppen ein ähnliches Ergebnis. Für Frakturen zeigte sich, dass Prothesen mit dieser Indexdiagnose mit 10,7% am häufigsten früh nach weniger als 60 Monaten versagten. Bei den anderen Diagnosen kann aufgrund der geringen Fallzahl keine Aussage getroffen werden, welche Diagnosen mit einer entsprechenden Standzeit verbunden waren. Bei Liu et al. zeigte sich hier sowohl für die primäre Coxarthrose mit 23,5% als auch für die posttraumatische Coxarthrose mit 14,7% am häufigsten ein frühes Versagen unter 5 Jahren. Eine Fraktur als Indexdiagnose wurde hier bei den Ergebnissen nicht aufgeführt (74).

Auch bei Ulrich et al. fielen in den Standzeitgruppen die Ergebnisse für Osteoarthrose jeweils ähnlich aus, bei der posttraumatischen Arthrose zeigte sich ebenso ein vermehrt frühes Versagen (119).

Als mögliche Ursache dafür, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Revision bei Indexdiagnose „Fraktur“ steigt, wird aufgeführt, dass das Patientenklientel hier oft ältere Frauen mit Osteoporose umfasst. Außerdem sind es oft Patienten mit höherer Komorbidität sowie Neigung zu Stürzen und schlechter Compliance (38).

4.3 Revisionsgründe

4.3.1 Aseptische Lockerung

Auch in dem vorliegenden Patientenkollektiv machte die aseptische Lockerung mit 39,4% den Hauptgrund für ein Versagen der Prothese aus. Dies ist mit den Zahlen des deutschen Prothesenregisters im Einklang, wo die Rate 2017 34,4% betrug (28). Bei anderen fiel dieser Anteil sogar noch höher aus, wie bei Ulrich et al. mit 51,9% (119).

Auch das schwedische Prothesenregister des Jahres 2016 wies hier mit 53,9% einen Anteil von über der Hälfte an den Revisions-Operationen aufgrund von Lockerungen auf, wobei hier ein Abwärtstrend in den letzten Jahren zu beobachten war. Zwischen 2001 und 2003 lag der Anteil sogar bei 74,3%. Andere Gründe wie Infektionen, Luxationen und periprothetische Frakturen gewannen im Gegenzug an Bedeutung (59).

Clohisy et al. differenzierten außerdem, welcher Part der Prothese eine Lockerung erfuhr. Dabei zeigte sich, dass die femorale Komponente 24% aller Lockerungen ausmachte und damit am häufigsten betroffen war. 19% hingegen fielen auf das Acetabulum (21). Dies widerspricht anderen Ergebnissen, bei welchen das Acetabulum häufiger gelockert war (28, 36, 96, 97).

Insgesamt lag der Anteil der Lockerungen bei Clohisy et al. bei 55% und bleibt somit der Hauptgrund. Zusätzlich wurde eine eigene Kategorie mit Osteolysen ohne Lockerungszeichen geführt. Diese bildete bei 13% aller Patienten den Versagensgrund (21).

In der taiwanesischen Abhandlung von Liu et al. hingegen stellte mit 32,4% eine Infektion in der Frühphase nach einer Standzeit von unter fünf Jahren die häufigste Ursache dar, wobei eine Lockerung mit 25,7% bereits an zweiter Stelle stand. (74).

In der vorliegenden Studie kann man erkennen, dass die meisten Revisionen aufgrund von Lockerungen sich auf die späten Standzeitgruppen verteilen. In der frühen Revisionsgruppe war der Anteil mit 28,1% fast halb so groß wie in den späteren mit 57,5% und 50,2%. Auch Ulrich et al. kommen in ihrer Analyse zu dem Endresultat, dass aseptische Lockerung im Gegenzug zu den übrigen Ursachen später zur Revision führte (119).

Bei Clohisy et al. kam die aseptische Lockerung in allen drei Standzeitgruppen als häufigster Grund vor, jedoch ebenso mit Anstieg in der spätesten Gruppe nach über zehn Jahren. Hinzu kam eine deutliche Steigerung der Rate an Osteolysen ohne Lockerungssaum um die Prothese herum (21).

Besonders deutlich wird das späte Auftreten der aseptischen Lockerung bei Johnsen et al. in einer Untersuchung dänischer Patienten, die über einen Zeitraum von 1995 bis 2002 durchgeführt wurde. Von den 36.984 dort aufgeführten Prothesen waren 1.132 Revisionen. Dabei stellten in den ersten sechs Monaten nach primärem Hüftprothesenersatz Dislokation, periprothetische Fraktur und Infektion die häufigsten Ursachen zur Revision dar. Nach über sechs Monaten postoperativ löste die aseptische Lockerung diese ab und war ab diesem Zeitpunkt die häufigste Ursache (56).

Es gilt demnach, vor allem bei Patienten mit bereits längerer Standzeit besonders auf die möglichen Risikofaktoren für eine Lockerung zu achten, um diese rechtzeitig zu erkennen und entsprechend intervenieren zu können.

4.3.2 Infektion

Im vorliegenden Patientenkollektiv erfolgte die Einteilung ebenso, wie weiter oben erläutert, nach frühen (0 bis unter 60 Monate), verzögerten (60 bis unter 120 Monaten) und späten (mehr als 120 Monate) Infektionen. Hier wird ersichtlich, dass es sich bei der Infektion im Gegensatz zur aseptischen Lockerung um ein eher schon früh auftretendes Problem handelt, da sie mit 26,2% in der frühen Gruppe mehr als doppelt so häufig wie in der späten mit 11,3% vorherrschte. Dies bestätigen auch Liu et al. Hier waren ebenso in den ersten 5 Jahren die meisten Infektionen zu verzeichnen (74).

In einer weiteren Studie zeigte sich bei 60 Patienten, die über den Zeitraum von 1985 bis 2001 untersucht wurden, 29% frühe, 41% verzögerte und 30% späte Infektionen (44). In der hier vorliegenden Studie trat die Infektion mit 20,3% als zweithäufigster Grund auf, was mit dem deutschen Prothesenregisterbericht von 2017 wiederum vergleichbar ist. Dort lag die Rate bei 18,9% (28).

In der Literatur findet man die Infektion teilweise auch als häufigste Diagnose, wie dies bei Liu et al. in den ersten fünf Jahren nach Primärimplantation der Fall war (74). In Schweden zeigten sich über die Jahre kontinuierlich zunehmende Infektionsraten als Ursache für eine Hüftprothesenrevision. Als mögliche Erklärung hierfür wird das durch die demografische Entwicklung veränderte Patienten Klientel mit mehr älteren und damit infektiologisch anfälligeren Patienten angeführt (59).

Mit 61,7% überwog darin jedoch der Anteil an Patienten männlichen Geschlechts, was bei Bozic et al. unter den Risikofaktoren beschrieben ist. Hier lag der Männeranteil bei Infektionen mit 19,4% deutlich über dem der Frauen (11,6%) (15). Auch andere Arbeiten

bestätigen, dass das männliche Geschlecht mit höherem Risiko für eine Protheseninfektion vergesellschaftet ist (24, 102).

Auch in der vorliegenden Studie sind Männer mit 26,1% gegenüber 15,7% häufiger betroffen. Zur Erklärung, was der Grund für den höheren Männeranteil bei den periprothetischen Infektionen ist, existieren bisher noch wenige Ansätze. Eine mögliche Erklärung liefert eine Studie, in der gezeigt werden konnte, dass Patienten mit symptomatischer benigner Prostatahyperplasie mit 7,9% eine signifikant höhere Infektionsrate aufwiesen als Patienten der Kontrollgruppe mit 2,8%. Denn die benigne Prostatahyperplasie ist häufiger mit Urogenitalinfektionen assoziiert, wodurch es zu einer hämatogenen Streuung von Bakterien kommen kann (128). Ein weiterer Grund könnten die Unterschiede bei der Zusammensetzung der bakteriellen Flora sein. So zeigte sich, dass Männer häufiger mit *Staphylococcus aureus* besiedelt sind (35, 109). Außerdem wurde beschrieben, dass bei Männern Gewebsschäden in höherem Maße nach künstlichem Hüftgelenksersatz zu größerem Risiko für Infektionen führen (25, 93).

4.3.3 Luxation

Mit 10,8% waren Luxationen am dritthäufigsten in der oben beschriebenen Population vertreten. Im deutschen Endoprothesenregister von 2017 waren es mit 12,2% etwas mehr (28).

Im schwedischen Hüftendoprothesenregister handelte es sich um den vierthäufigsten Grund im Jahr 2016, wobei auch hier seit 2001 über die Jahre wieder eine Zunahme stattfand. Dabei war auch eine Steigerung der Rate mit zunehmendem Alter zu verzeichnen. Somit kann auch hier die über diese Zeitspanne gewachsene Luxationsrate durch die zunehmend älteren Patienten eine denkbare Erklärung darstellen (59).

Bei der Luxation handelt es sich ebenso wie bei der Infektion um einen vorrangig in der Frühphase bedeutsamen Versagensgrund. Dies bestätigen auch Preininger et al., dass sich die Luxationen zu etwa 50% innerhalb der ersten drei Monate und in mehr als dreiviertel der Fälle im ersten Jahr ereignen, in welchen es bei diesen schon früh auftretenden Luxationen weniger zu Folgeereignissen kommt (98).

Dies deckt sich mit den eigenen Daten, wobei in der Zeitspanne bis unter 60 Monate mit 13,1% eine Luxation am häufigsten als Revisionsgrund auftrat.

In den Studien von Liu et al. 2015 und Ulrich et al. 2008 wurde die Luxation nicht als Grund erwähnt. Hier existiert als ähnliche Kategorie nur „Instabilität“, welche mit

zunehmender Haltbarkeit der Prothesen seltener auftrat (74, 119). Auch Clohisy et al. kamen zu diesem Ergebnis (21).

Jedoch können in den Populationen dieser drei Studien die Luxationsraten von so geringer Relevanz gewesen sein, dass sie nur unter „Sonstige Gründe“ fielen oder überhaupt nicht vorkamen, sodass demnach ein direkter Vergleich mit den oben dargestellten Daten aus dem König-Ludwig-Haus hier nicht möglich ist.

4.3.4 Inlay- und Materialverschleiß

Am vierthäufigsten war der Inlay- und Materialverschleiß der Grund für eine Revision der Hüftprothese in dem hier vorliegenden Datensatz mit 8,8%, bei anderen Arbeiten wie Liu et al. hingegen lag dieser Grund bereits auf Platz zwei und war somit weitaus bedeutsamer. Dort wurde zudem noch eine Differenzierung vorgenommen und zusätzlich die Kategorie „Abrieb und Lockerung“ mitbetrachtet, welche dort die häufigste Ursache ausmachte (74).

Eine zusätzliche Kategorie „Lockerung und Inlayabrieb“ existiert in dem oben dargestellten Patientenkollektiv nicht, da der Anteil zu gering ausfiel.

Im deutschen Hüftprothesenregister erschien der Verschleiß auf Platz fünf der häufigsten Revisionsgründe mit 8,2% in ähnlicher Häufigkeit, wobei das Versagen einer Implantatkomponente zusätzlich mit 2% eine separate Kategorie bildete (28). Bei Ulrich et al. wurde hingegen der Begriff „Component failure“ aufgeführt, wobei keine genaue Erklärung geliefert wurde, welche Patienten hierunter fielen. Dies machte mit 2,1% vom Gesamtkollektiv einen sehr geringen Anteil aus (119).

Der Abrieb des Polyethylen-Inlays trat ebenso wie eine Lockerung im Zeitverlauf nach dem Einbau der Prothese später vermehrt auf, wie auch Liu et al. bestätigen konnten. Dort zeigte sich eine enorme Zunahme von 4,9% bis zu unter fünf Jahren Standzeit im Gegensatz zu 29% nach über zehn Jahren (74).

Bei Ulrich et al. trat das Versagen der Implantatteile bereits in der Frühphase nach unter zwei Jahren auf (119).

Ein Grund hierfür könnte sein, dass hier das Versagen der Teile aufgrund von Ausdehnung erfolgt ist. Denn laut Rahman et al. muss man den Abrieb von Verformung der Materialien abgrenzen. Letzterer tritt bereits meist in den ersten Monaten postoperativ auf (99).

Mit 9,6% im Gegensatz zu 8,2% waren etwas mehr männliche Probanden betroffen. Liu et al. bestätigen dies nicht. Hier waren es im Verhältnis etwas mehr Frauen (74).

Insgesamt ist es in der Literatur noch in zu unzureichendem Maße vertreten, welches Geschlecht ein höheres Risiko für einen Materialverschleiß besitzt, was dies schwer vergleichbar macht.

4.3.5 Periprothetische Fraktur

Mit 8,7% folgten die periprothetischen Frakturen direkt nach dem Inlay- und Materialverschleiß. Damit lag diese Population unter dem im deutschen Prothesenregister 2017 angegebenen Wert von 11,6% und bildet erst den fünfthäufigsten Grund (28).

In Schweden fiel der Anteil 2016 vergleichbar hoch aus wie in Deutschland. Allerdings zeigte sich auch hier wieder ein Wachstum des Anteils seit 2001, wo dieser noch weit unter 10% lag. Erneut war auch hier bei der Altersentwicklung derselbe Trend wie bei der Luxation erkennbar, dass im Alter die Gefahr einer periprothetischen Fraktur als Revisionsgrund ansteigt. Bei den Personen ab 85 war die Rate im Gegensatz zu allen anderen jüngeren Altersgruppen mehr als doppelt so hoch und sogar weit über 20%. Wiederum wurde die Bevölkerungsentwicklung dafür als Erklärung genutzt, dass durch mehr ältere Menschen mit höherer Wahrscheinlichkeit für eine Fraktur die Zahl der Frakturen insgesamt ansteigt (59).

Ebenso traten laut der Daten die meisten Frakturen in der Frühphase auf. Mit 11,1% war der Anteil in der frühen Gruppe höher als bei den anderen Gruppen mit 3,3% in der mittleren und 5,7% in der späten.

Auch andere kommen zu diesem Resultat. Liu et al. hatten ebenso in den ersten fünf Jahren postoperativ mit 9,8% die meisten periprothetischen Frakturen zu verzeichnen (74).

Bei Ulrich et al. waren die Zeitabschnitte etwas kleiner gehalten und auch hier wurden die meisten Revisionen aufgrund von Frakturen im Zeitintervall nach weniger als 2 Jahren mit 6,30% durchgeführt. Hier wurde auch zusätzlich eine Einteilung mit Haltbarkeit der Prothese „unter fünf Jahre“ und „über fünf Jahre“ vorgenommen, wobei der Anteil der Patienten mit periprothetischen Frakturen „unter fünf“ mit 5,90% fast doppelt so groß war wie in der Kategorie „über fünf Jahre“ mit nur 2,50% (119).

Jedoch wurde wie in der vorliegenden Arbeit auch in den meisten anderen Arbeiten mit Untersuchungen zu verschiedenen Revisionsgründen und der Häufigkeit ihres Auftretens nicht angegeben, ob es sich bei den frühesten Frakturen um intra- oder postoperative Frakturen handelte und was die Ursachen für eine solche waren.

Es wurde häufig nicht erfasst, ob der acetabuläre oder der femorale Gelenkteil betroffen war. Hier sind auch die obigen Daten limitiert.

Somit sind besonders in den ersten Jahren nach der Operation Patienten gefährdet, eine Fraktur entlang der Prothese zu erleiden und dass diese dann vorzeitig mit hohem Aufwand revidiert werden muss.

4.3.6 Impingement

Ein Impingement als Revisionsursache einer Hüftgelenksendoprothese wird in der Literatur kaum berücksichtigt, da es dort offensichtlich in zu geringer Anzahl vorkommt und vermutlich in Kategorien wie „andere Gründe“ oder „bestehender Schmerz“ untergeordnet wird. Deshalb ist ein Vergleich mit anderen Autoren schwierig. Auch im Bericht des deutschen Hüftendoprothesenregisters von 2017 erscheint das Impingement vermutlich unter der Kategorie „Andere Gründe“ (28).

Dies gilt ebenso für die Register aus Schweden von 2016 sowie Australien von 2017 (3, 59).

Im Register der Schweiz von 2015 taucht der Grund Impingement mit einem Anteil von 1,5% auf (114).

Auch in der vorliegenden Studie ist es der am zweitwenigsten vorherrschende Grund für Prothesenversagen.

Die Ursache für das geringe Auftreten in den Studien bei der Evaluation der Gründe für Revision könnte damit zusammenhängen, dass die Diagnose sowohl anhand der Klinik als auch radiologisch erschwert ist, weil es sich um einen aktiv ablaufenden Vorgang handelt (76).

Auch beim Impingement handelt es sich wiederum um einen früh zu Problemen führenden Sachverhalt, welcher fast ausschließlich nach unter 60 Monaten vorkommt mit einem Anteil von 5,6% im Gegensatz zu 0,0% und 0,4% in den späteren Zeitabschnitten. In den Studien von Liu und Ulrich et al. ist es nicht als separat betrachtete Kategorie vertreten, weshalb hier kein Vergleich erfolgen kann (74, 119).

Insgesamt sind die Fallzahlen in den Studien klein, was wohl im Gegensatz zu anderen Revisionsgründen am zu geringen Auftreten und der komplizierteren Diagnostik liegt. Hier besteht somit noch Nachholbedarf, sodass Aussagen über eine größere Population getroffen werden können.

4.3.7 Persistierende Schmerzen

In der vorliegenden Auswertung waren 2,2% der Patienten von persistierenden Schmerzen betroffen, woraus die Revision der Prothese resultierte. Bei Ulrich et al. waren es sogar insgesamt 8% (119).

Das australische Hüftprothesenregister gibt hier einen Wert von 1,4% an (3).

Im deutschen, schwedischen oder schweizerischen Prothesenregister tauchen Schmerzen nicht in der Aufzählung der Gründe für Revision auf (28, 59, 114).

Bezogen auf die Standzeit traten bei den Patienten dieser Studie die Schmerzen fast ausschließlich in den ersten Jahren nach der Primärimplantation auf. Dies zeigten auch die Ergebnisse von Ulrich et al., in welchen der Anteil in den ersten zwei Jahren 15,2% ausmachte und nach über zehn Jahren nur noch 1,4% (119).

Da Schmerz eine stark subjektive Komponente mit sich bringt, trägt dies ebenso zu einer schwierigen Erfassbarkeit und zu stark unterschiedlichen Ergebnissen und wohl zu einer Unterrepräsentation bei. Außerdem ist oft nicht klar definiert, wann im Verlauf die Schmerzen auftraten, sodass auch hier die Ergebnisse unterschiedlich ausfallen. Weitere Analysen, wie man postoperative Schmerzen nach Hüftgelenksimplantation am besten erfassen kann, sind in Zukunft nötig, um den Ursachen konkret auf den Grund gehen zu können.

4.4 Prothesentyp

Einer der vielfach kontrovers diskutierten Streitpunkte der Endoprothetik ist die Frage, welche Implantationsart nun das bessere Langzeitergebnis liefert: Die zementierte oder die zementfreie Hüftprothese.

Über die Jahre haben sich weltweit unterschiedliche Trends in bestimmten Ländern zu einer Methode hin etabliert. In den Staaten Skandinaviens zeigte sich über die Jahre eine starke Verbreitung der zementierten Prothese. In Norwegen beispielsweise lag ein Anteil von insgesamt 79% zementierter Prothesen im Zeitraum von 1987-2007 vor. Der Trend ergab jedoch bei einer Gesamtzunahme implantierter Hüftendoprothesen eine Abwärtsbewegung bei der Verwendung zementierter Prothesen. Im Zeitraum 1987-1992 waren es noch 82%, wohingegen 2003 und später nur noch 75% zu verzeichnen waren (34).

Auch auf Schweden, wo von allen skandinavischen Ländern am meisten zementiert wurde, lässt sich dies übertragen. Dort betrug die Zementierungsrate zwischen den

Jahren 1998 und 2000 noch 92 bis 93% (75), 2016 hingegen waren es nur noch 61,9% und damit ein deutlicher Rückgang (59).

In Australien war ebenso eine Zunahme der zementfreien Prothesen von 2003 mit noch 51,3% zu 63,4% im Jahr 2016 zu verzeichnen (3).

In Deutschland lag 2017 der Anteil der zementfreien Prothesen bei 77,2%, wobei auch hier im Vergleich zum Vorjahr ein Wachstum um 3% beschrieben wurde (28)

Die Schweiz gibt sogar noch höhere Zahlen in ihrem Register an. 86% unzementierte Prothesen wurden hier für Patienten mit primärer Coxarthrose eingebaut (114).

Für die oben gezeigten Daten im Zeitraum von 2007 bis 2016 wurden zementfreie Prothesen zu 67,7% eingebaut, also etwa zehn Prozentpunkte weniger als es bundesweit im Jahr 2017 der Fall war (28).

Bei der Studie aus Taiwan von Liu et al. wurden im Zeitraum von 2000 bis 2012 von 395 Prothesen 91,1% zementfrei eingebracht (74). Hier muss wieder bedacht werden, dass die Patienten bei Erstimplantation wesentlich jünger waren als in diesem Kollektiv und daher vermutlich eher zementfrei als Methode gewählt wurde (74).

Im Vergleich der beiden Geschlechter war bei Frauen der Anteil zementierter Prothesen mit 33,7% im Gegensatz zu den Männern mit 25,9% etwas höher. Dies könnte wiederum daran liegen, dass Frauen im Durchschnitt älter waren bei Erstimplantation und bei älteren Menschen immer noch eine Tendenz zur zementierten Prothese besteht. Liu et al. wiesen hier wiederum andere Ergebnisse auf. Hier hatten Frauen zu 85,5% und Männer sogar zu 94,7% zementfreie Prothesen erhalten. Jedoch waren auch hier Frauen im Schnitt älter (74).

Bei Betrachtung, wie häufig in den hier vorhandenen Daten zementierte im Gegensatz zu zementfreien Implantaten in den einzelnen Standzeitgruppen vertreten waren, ließ sich kaum ein Unterschied an den Prozentzahlen feststellen. Insgesamt sind es etwas weniger zementfreie bei längerer Standzeit. Liu et al. kommen zu ähnlichen Ergebnissen (74), sodass anhand dieser Analysen nicht möglich ist, eine Aussage darüber zu treffen, welcher Prothesentyp ein frühes oder eher ein spätes Versagen wahrscheinlich macht. Für die Zementierung gilt, dass sich hierbei weniger die chemischen Bestandteile des Zements über die Jahre verändert haben, sondern die Weiterentwicklung der Art der Zementierungstechnik (69).

Heutzutage schneiden beide Techniken, zementfrei und zementiert, mit ähnlich guten Ergebnissen in Studien ab, insofern die Methoden nach bestimmten sich etablierten Standards durchgeführt werden (63).

Dies bestätigt auch eine Metaanalyse, in welcher beschrieben wird, dass die richtige Anwendung der Zementierungstechnik mit sorgfältig angelegtem Zementsaum und der Verwendung der besser in Studien abschneidenden polierten Schaftkomponenten sowohl bei älteren, als auch bei Patienten unter 50 Jahren zu einer langfristig guten Haltbarkeit führt (7).

Noch mehr als die Schaftform nimmt die Operationstechnik und dabei vor allem die Art und Weise, wie der Zement eingebracht wird, eine Schlüsselrolle ein (16, 69).

Dabei brachten die Entwicklungen von Markraumstopper, Zementspritze sowie der Jet-Lavage für die Druckspülung und -zementierung enorme Verbesserungen (16, 64, 82). Wichtig ist hier eine gute Interferenz zwischen spongiösem Knochen und dem Zement. Deshalb ist die Erhaltung von Spongiosa bei der Zementierung entscheidend, um eine bestmögliche Verankerung im Knochen durch Verzahnung zwischen Knochen und Zement zu erreichen (16).

Einige ältere Studien zeigten bereits, dass die Entfernung von zu viel Spongiosa mit erhöhten Lockerungsraten verbunden ist (6, 94).

Dieser Erhalt des nötigen spongiösen Knochens gelingt durch korrekte Bearbeitung des Knochens mit der Raspel und einer gründlichen Spülung mit der Jet-Lavage-Druckspültechnik. Dies hat sich gegenüber der Spülung mit Spritze als überlegen erwiesen (16, 64).

Durch die intensive Spülung mit Druck kann eine Vergrößerung der Penetrationsoberfläche für den Zement am Knochen erreicht werden und somit eine bessere Haltbarkeit, was auch auf die Pfanne zutrifft. Auch hier wurde vor allem durch Verbesserung der Spül- und Zementierungstechnik eine längere Standzeit erzielt (16, 69).

Da man dachte, dass bei den damals nach veralteten Methoden zementiert fixierten Prothesen kleinste Zementteile schuld am frühen Versagen in Form von Osteolysen und Lockerungen waren, wollte man eine direkte zementfreie Verankerung im Knochen herbeiführen, sodass die Prothese mit dem Knochen verwächst und sich darin integriert (46, 69).

Dabei wurde ebenfalls eine Vergrößerung der Oberfläche genutzt, welche bei der Zementierung für die Osteointegration der Prothese eine tragende Rolle einnimmt. Daher wurden verschiedene Oberflächenbeschichtungen und Formen entwickelt und getestet (46).

Es gibt zahlreiche Studien, die einen Vergleich von zementierten mit nicht zementierten Implantatkomponenten vornehmen. Van Praet und Mulier stellten in einer Metaanalyse

das Outcome bei verschiedenen Pfannen dar und kamen zu dem Schluss, dass insgesamt die zementierten ein besseres Überleben aufwiesen, obwohl es eine immer stärkere Tendenz zur Verwendung zementfreier Implantate gibt (120).

Ni et al. zeigten in einer Metaanalyse für die ersten zwei Jahre einen Vorteil für zementierte Prothesen, danach zeigte sich mittelfristig bei den meisten Studien kein signifikanter Unterschied (83). Bei Corten et al. wird der zementfreien Fixation der Vorzug gegeben (22).

Ebenso untersucht hat man den Zusammenhang mit dem Alter. Hooper et al. kamen zu dem Ergebnis, dass es ein besseres Überleben der Prothese bei Zementierung gebe, jedoch hatten bei Patienten unter 65 Jahren zementfreie Prothesen einen Vorteil gegenüber den zementierten, insbesondere beim Revisionsgrund der aseptischen Lockerung (53).

Für ältere Patienten über 75 Jahren gibt es ebenfalls Analysen. So fanden Tanzer et al., dass zementierte Schäfte im Schnitt eine geringere Frührevisionsrate nach drei Monaten hatten als zementfreie, was wiederum für die Tendenz spricht, bei älteren Patienten die Indikation zur Zementierung großzügiger zu stellen (116).

Bei der Revisionsendoprothetik sind gleichsam die individuellen Umstände des Patienten zu beachten und demnach die entsprechende Methode in etablierter Technik anzuwenden. Dabei hat sich vor allem meist die zementfreie Verankerung bewährt, da für das Zementieren des Wechselschaftes oft nicht mehr ausreichend nötige Spongiosa zur optimalen ossären Integration des Zementes vorhanden ist (45).

Nach Betrachtung der Ergebnisse verschiedener Studien kann man schließen, dass sich beide Methoden jeweils unter anderen Bedingungen als vorteilhaft erweisen und anhand der Eigenschaften und Umstände des Patienten entschieden werden sollte, welche Art der beiden Techniken angewandt wird.

4.5 Therapie und Revisionstyp

Die Art von Operation, die bei der Revision jeweils vorgenommen wurde, ist eingeteilt in Teilrevision für Acetabulum und Femur, Totalrevision, Spacerimplantation und Sonstige, wie in Abbildung 14 dargestellt.

Bei Liu et al. werden nur die Typen „Major“- und „Minor“-Revision differenziert. Dabei bedeutet letztere, dass nur eine Gelenkkomponente, das heißt nur Acetabulum oder nur

Femur revidiert wurde und „Major“-Revision, eine Behandlung beider Gelenkaggregate (74).

Anhand von Daten der Hüftprothesenregister aus verschiedenen skandinavischen Ländern wurde ersichtlich, wie oft die jeweiligen Prothesenteile revidiert werden mussten. Insgesamt mussten hier am häufigsten in allen drei aufgeführten Ländern Dänemark, Norwegen und Schweden die Pfannen isoliert revidiert werden. Dabei herrschte in Dänemark mit 43,7% die größte Rate vor. Die meisten isolierten Schaftrevisionen hatte Norwegen mit 27,5% vorzuweisen. Bei den Totalrevisionen lag Schweden mit 28,4% an erster Stelle (47).

Bei den oben aufgeführten Daten ließ sich feststellen, dass der Anteil an Totalrevisionen im Zeitverlauf anstieg. Bei den frühen Revisionen unter 60 Monaten lag er bei 19,9%. Nach 60 bis unter 120 Monaten Standzeit waren es 23,3% und mit 26,3% erreichte der Anteil nach über 120 Monaten schließlich den höchsten Wert. Dieser Trend war bei Liu et al. nicht erkennbar. Hier sank dieser Anteil von 74,3% bei den Prothesen mit weniger als fünf Jahren Haltbarkeit auf 70,5% bei denen mit über 10 Jahren (74).

Des Weiteren nimmt die Rate an Spacerimplantationen in den oben gezeigten Daten ab und ist mit 18,9% im ersten Zeitabschnitt unter 60 Monate am größten und sinkt auf 10,9% bei einer Standzeit von mehr als 120 Monaten. Dies liegt an der sinkenden Infektionsrate im späten Verlauf. Dabei wurden die Spacerimplantationen bei Männern deutlich häufiger vollzogen. Der Grund dafür ist der höhere Anteil an Protheseninfektionen bei Männern, bei denen als therapeutische Maßnahme zunächst der Ersatz der infizierten primären Prothese durch einen Spacer praktiziert wurde.

Laut dem Bericht des deutschen Hüftendoprothesenregisters von 2017 ist der Totalaustausch der Implantate mit 30% am häufigsten erfolgt (28). Bei den oben auftretenden, in Würzburg operierten Patienten fanden sich mit 22,4% insgesamt weniger Totalrevisionen als im Register. Hier wurde am häufigsten der Schaftwechsel vollzogen mit 34,1%. Aber auch im deutschen Register von 2017 zeigte sich ein öfter praktizierter Schaft- als Pfannenwechsel (62,8 % im Gegensatz zu 49,4 %) (28).

Sowohl die Daten aus Skandinavien als auch die des Deutschen Prothesenregisters von 2017 sowie die oben gezeigten stehen im Gegensatz zu denen aus Taiwan von Liu et al., was den Anteil der Totalrevisionen betrifft. Hier lag die Rate je nach Standzeit zwischen 70,5 und 74,3% (74). Im deutschen Register und in Skandinavien bewegt sich dieser Anteil zwischen 16,4% in Dänemark und 30% in Deutschland (28, 47).

Zur Vorgehensweise bei der Revisionsendoprothetik ist es wichtig, dass eine entscheidende Komponente für ein längerfristig gutes Outcome die Schaffung einer sorgfältigen Weichgeweberekonstruktion darstellt (45).

Dabei dient die Einteilung nach Paprosky zur Einschätzung des Ausmaßes der Deformationsverhältnisse am Knochen (27).

Je nach vorliegendem Schweregrad des Knochendefektes ist eine entsprechend angemessene Prothese zu wählen, wobei auch immer die individuelle Situation des Patienten wie Alter, Mobilitätsfähigkeit, Body-Maß-Index sowie Knochenqualität berücksichtigt werden muss (45).

Je höhergradig der Defekt, umso eher müssen weiter distal krafteinleitende und sich weiter diaphysär verankernde Implantate verwendet werden. Dabei eignen sich vor allem modulare Revisionsprothesen, um ein korrektes Offset sowie die Beinlänge individuell zu rekonstruieren (45).

Vor allem am Acetabulum ist die Beschaffenheit des vorhandenen knöchernen Apparates von entscheidender Bedeutung für den Erfolg und die Haltbarkeit der Revisionsprothese. Dabei zeigt sich häufig erst intraoperativ die wahre Schwierigkeit, das passende Implantat zu wählen, da der Defekt häufig in der Bildgebung maskiert erscheint (45).

Eine ausreichend langfristig stabile zementfreie Press-Fit-Implantation kann nur bei zu 40-60% erhaltenem knöchernem Acetabulum gewährleistet werden (107).

Je nach Ausmaß und Situation sind bei höhergradigen Schäden an der Pfanne unter anderem Transplantationen von Knochen, größere zementfreie Pfannen mit zum Teil Verschraubungen bis hin zu komplizierten Rekonstruktionen nötig (45, 107).

Abschließend lässt sich sagen, dass die Revisionsendoprothetik stark von der jeweiligen Ausgangssituation des Patienten und dem Ausmaß des knöchernen Defektes abhängt.

5 Zusammenfassung

Es erfolgte eine retrospektive Auswertung zur Analyse der Versagensursachen von primären Hüftgelenksendoprothesen anhand eines Kollektivs von 785 Patienten mit operativer Revision einer Primärprothese am König-Ludwig-Haus, der orthopädischen Klinik der Universität Würzburg, im Zeitraum von 2007-2016.

Das Durchschnittsalter bei Erstimplantation betrug insgesamt 62,2 Jahre, bei Revision 69,5 Jahre.

Die durchschnittliche Prothesenstandzeit lag bei 88,0 Monaten.

Sowohl beim Alter als auch bei der Standzeit lagen Frauen jeweils über, Männer jeweils unter dem Gesamtdurchschnitt.

Als häufigste Versagensursache zeigte sich eine Lockerung (39,4%). Weitere waren Infektion (20,3%), Luxation (10,8%), Inlay- und Materialverschleiß (8,8%), periprothetische Fraktur (8,7%), Impingement (3,1%) und persistierende Schmerzen (2,2%).

Patienten, die spät eine Revision erhielten, waren im Schnitt älter. In anderen Analysen hingegen galt junges Alter als Risikofaktor für frühzeitige Revision.

Als häufigste Indexdiagnose für die Indikation zur primären Prothese konnte mit großem Abstand die Coxarthrose mit 81,4% identifiziert werden. Weitere waren Fraktur (8,1%), Hüftkopfnekrose (4,3%), rheumatoide Arthritis (2,5%) und Tumor (1,8%). Hier zeigten sich Unterschiede bei den Geschlechtern, wobei Frakturen häufiger bei weiblichen und Hüftkopfnekrosen häufiger bei männlichen Patienten auftraten.

Mit 67,7% waren die primären Prothesen überwiegend zementfrei implantiert.

Überwiegend wurde bei den Revisionseingriffen eine Teilrevision am Femur mit 34,1% durchgeführt.

Abschließend lässt sich aus den Ergebnissen ableiten, dass diese mit der internationalen Forschung größtenteils übereinstimmen und ein vergleichbares Resultat in Bezug auf die Standzeit vorherrscht.

Zudem wurde offensichtlich, dass die meisten Versagensursachen bereits in der Frühphase nach Primärimplantation in Erscheinung treten, jedoch ist nach längerer Standzeit die Prothesenlockerung als häufigste Ursache für eine Revision besonders bedeutsam.

6 Literaturverzeichnis

1. Ackerman IN, Bohensky MA, Steiger R de, Brand CA, Eskelinen A, Fenstad AM et al. Lifetime Risk of Primary Total Hip Replacement Surgery for Osteoarthritis From 2003 to 2013: A Multinational Analysis Using National Registry Data. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2017; 69(11):1659–67.
2. Aspenberg P, Wagner P, Nilsson KG, Ranstam J. Fixed or loose? Dichotomy in RSA data for cemented cups. *Acta Orthop* 2008; 79(4):467–73.
3. Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry (AOANJRR). National Joint Replacement Registry Annual Report 2017: Hip, Knee & Shoulder Arthroplasty; o.J. [Stand: 06.02.2020]. Verfügbar unter: <https://aoanjrr.sahmri.com/annual-reports-2017>.
4. Barbour KE, Lui L-Y, Nevitt MC, Murphy LB, Helmick CG, Theis KA et al. Hip Osteoarthritis and the Risk of All-Cause and Disease-Specific Mortality in Older Women: A Population-Based Cohort Study. *Arthritis & rheumatology (Hoboken, N.J.)* 2015; 67(7):1798–805.
5. Bayliss LE, Culliford D, Monk AP, Glyn-Jones S, Prieto-Alhambra D, Judge A et al. The effect of patient age at intervention on risk of implant revision after total replacement of the hip or knee: a population-based cohort study. *The Lancet* 2017; 389(10077):1424–30.
6. Beckenbaugh RD, Ilstrup DM. Total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 1978; 60(3):306–13.
7. Bedard NA, Callaghan JJ, Stefl MD, Liu SS. Systematic review of literature of cemented femoral components: what is the durability at minimum 20 years followup? *Clin Orthop Relat Res* 2015; 473(2):563–71.
8. Berry DJ, Abdel MP, Callaghan JJ. What are the current clinical issues in wear and tribocorrosion? *Clin Orthop Relat Res* 2014; 472(12):3659–64.
9. Berry DJ, Knoch M von, Schleck CD, Harmsen WS. Effect of femoral head diameter and operative approach on risk of dislocation after primary total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87-A(11):2456–63.
10. Beswick AD, Wylde V, Gooberman-Hill R, Blom A, Dieppe P. What proportion of patients report long-term pain after total hip or knee replacement for

osteoarthritis? A systematic review of prospective studies in unselected patients. *BMJ Open* 2012; 2(1):e000435.

11. Bhattacharyya T, Chang D, Meigs JB, Estok DM, Malchau H. Mortality after periprosthetic fracture of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89(12):2658–62.
12. Bordini B, Stea S, Clerico M de, Strazzari S, Sasdelli A, Toni A. Factors affecting aseptic loosening of 4750 total hip arthroplasties: multivariate survival analysis. *BMC Musculoskelet Disord* 2007; 8(69).
13. Bozic KJ, Katz P, Cisternas M, Ono L, Ries MD, Showstack J. Hospital resource utilization for primary and revision total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87-A(3):570–6.
14. Bozic KJ, Ries MD. The impact of infection after total hip arthroplasty on hospital and surgeon resource utilization. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87-A(8):1746–51.
15. Bozic KJ, Ward DT, Lau EC, Chan V, Wetters NG, Naziri Q et al. Risk factors for periprosthetic joint infection following primary total hip arthroplasty: a case control study. *J Arthroplasty* 2014; 29(1):154–6.
16. Breusch SJ, Schneider U, Reitzel T, Kreutzer J, Ewerbeck V, Lukoschek M. Die Bedeutung der Jet-Lavage für das In-vitro- und In-vivo-Zementiererergebnis. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2001; 139(1):52–63.
17. Caicedo MS, Solver E, Coleman L, Jacobs JJ, Hallab NJ. Females with Unexplained Joint Pain Following Total Joint Arthroplasty Exhibit a Higher Rate and Severity of Hypersensitivity to Implant Metals Compared with Males: Implications of Sex-Based Bioreactivity Differences. *J Bone Joint Surg Am* 2017; 99-A(8):621–8.
18. Chalmers BP, Sculco PK, Sierra RJ, Trousdale RT, Berry DJ. Iliopsoas Impingement After Primary Total Hip Arthroplasty: Operative and Nonoperative Treatment Outcomes. *J Bone Joint Surg Am* 2017; 99(7):557–64.
19. Cherian JJ, Jauregui JJ, Banerjee S, Pierce T, Mont MA. What Host Factors Affect Aseptic Loosening After THA and TKA? *Clin Orthop Relat Res* 2015; 473(8):2700–9.
20. Clauss M, Gersbach S, Butscher A, Ilchmann T. Risk factors for aseptic loosening of Müller-type straight stems: a registry-based analysis of 828 consecutive cases with a minimum follow-up of 16 years. *Acta Orthop* 2013; 84(4):353–9.

21. Clohisy JC, Calvert G, Tull F, McDonald D, Maloney WJ. Reasons for revision hip surgery: a retrospective review. *Clin Orthop Relat Res* 2004; (429):188–92.
22. Corten K, Bourne RB, Charron KD, Au K, Rorabeck CH. What works best, a cemented or cementless primary total hip arthroplasty?: minimum 17-year followup of a randomized controlled trial. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469(1):209–17.
23. Courpied J-P, Caton JH. Total Hip Arthroplasty, state of the art for the 21st century. *Int Orthop* 2011; 35(2):149–50.
24. Dale H, Fenstad AM, Hallan G, Havelin LI, Furnes O, Overgaard S et al. Increasing risk of prosthetic joint infection after total hip arthroplasty. *Acta Orthop* 2012; 83(5):449–58.
25. Dale H, Skråmm I, Løwer HL, Eriksen HM, Espehaug B, Furnes O et al. Infection after primary hip arthroplasty: a comparison of 3 Norwegian health registers. *Acta Orthop* 2011; 82(6):646–54.
26. Dargel J, Oppermann J, Brüggemann G-P, Eysel P. Dislocation following total hip replacement. *Dtsch Arztebl Int* 2014; 111(51-52):884–90.
27. Della Valle CJ, Paprosky WG. The femur in revision total hip arthroplasty evaluation and classification. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 420:55–62.
28. Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Endoprothesenregister Deutschland (EPRD): Jahresbericht 2017; 2017 [Stand: 06.02.2020]. Verfügbar unter:
https://www.eprd.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Publikationen/Berichte/EPRD-Jahresbericht_2017_Einzelseiten_Online-Version.pdf.
29. Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Endoprothesenregister Deutschland (EPRD): Jahresbericht 2019; 2019 [Stand: 01.01.2021]. Verfügbar unter:
https://www.eprd.de/fileadmin/user_upload/Jahresbericht_2019_doppelseite_2.0.pdf.
30. Di Benedetto P, Niccoli G, Magnanelli S, Beltrame A, Gisonni R, Cainero V et al. Arthroscopic treatment of iliopsoas impingement syndrome after hip arthroplasty. *Acta Biomed* 2019; 90(1):104–9.

31. Dy CJ, Bozic KJ, Pan TJ, Wright TM, Padgett DE, Lyman S. Risk factors for early revision after total hip arthroplasty. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2014; 66(6):907–15.
32. Endres H, Schneider O, Scharf H-P, Kaufmann-Kolle P, Knapstein S, Hermann C et al. Koxarthrose – Epidemiologie und Versorgungsrealität – Versorgungsdatenanalyse von 2,4 Millionen Versicherten der AOK Baden-Württemberg ab 40 Jahren. *Z Orthop Unfall* 2018; 156(6):672–84.
33. Felson DT, Zhang Y. An update on the epidemiology of knee and hip osteoarthritis with a view to prevention. *Arthritis Rheum* 1998; 41(8):1343–55.
34. Fevang B-TS, Lie SA, Havelin LI, Engesaeter LB, Furnes O. Improved results of primary total hip replacement. *Acta Orthop* 2010; 81(6):649–59.
35. Fierer N, Hamady M, Lauber CL, Knight R. The influence of sex, handedness, and washing on the diversity of hand surface bacteria. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2008; 105(46):17994–9.
36. Forster-Horvath C, Egloff C, Valderrabano V, Nowakowski AM. The painful primary hip replacement - review of the literature. *Swiss Med Wkly* 2014; 144(w13974).
37. Franklin J, Malchau H. Risk factors for periprosthetic femoral fracture. *Injury* 2007; 38(6):655–60.
38. Furnes O, Lie SA, Espehaug B, Vollset SE, Engesaeter LB, Havelin LI. Hip disease and the prognosis of total hip replacements. A review of 53,698 primary total hip replacements reported to the Norwegian Arthroplasty Register 1987-99. *J Bone Joint Surg Br* 2001; 83-B(4):579–86.
39. Gallo J, Havranek V, Zapletalova J, Lostak J. Male gender, Charnley class C, and severity of bone defects predict the risk for aseptic loosening in the cup of ABG I hip arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord* 2010; 11(243).
40. Gasbarra E, Perrone FL, Celi M, Rao C, Feola M, Cuozzo N et al. Total hip arthroplasty revision in elderly patients. *Aging Clin Exp Res* 2013; 25(1):61-63.
41. Gausden EB, Parhar HS, Popper JE, Sculco PK, Rush BNM. Risk Factors for Early Dislocation Following Primary Elective Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty* 2018; 33(5):1567-1571.

42. Gédouin J-E, Hutten D. Technique and results of endoscopic tenotomy in iliopsoas muscle tendinopathy secondary to total hip replacement: a series of 10 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 2012; 98(4):19-25.
43. Gehrke T. Infiziertes Kunstgelenk. In: Claes L, Kirschner P, Perka C, Rudert M, Hrsg. *AE-Manual der Endoprothetik: Hüfte und Hüftrevision*. Berlin, Heidelberg: Arbeitsgemeinschaft Endoprothetik; 2012. S. 390–6.
44. Giulieri SG, Graber P, Ochsner PE, Zimmerli W. Management of infection associated with total hip arthroplasty according to a treatment algorithm. *Infection* 2004; 32(4):222–8.
45. Gravius S, Randau T, Wirtz DC. Was tun, wenn die Hüftendoprothese versagt? : Neue Trends in der Revisionsendoprothetik. *Orthopade* 2011; 40(12):1084–94.
46. Halder AM. Geschichte der Endoprothetik des Hüftgelenks. In: Claes L, Kirschner P, Perka C, Rudert M, Hrsg. *AE-Manual der Endoprothetik: Hüfte und Hüftrevision*. Berlin, Heidelberg: Arbeitsgemeinschaft Endoprothetik; 2012. S. 1–14.
47. Havelin LI, Fenstad AM, Salomonsson R, Mehnert F, Furnes O, Overgaard S et al. The Nordic Arthroplasty Register Association: a unique collaboration between 3 national hip arthroplasty registries with 280,201 THRs. *Acta Orthop* 2009; 80(4):393–401.
48. Hoaglund FT, Oishi CS, Gialamas GG. Extreme variations in racial rates of total hip arthroplasty for primary coxarthrosis: a population-based study in San Francisco. *Ann Rheum Dis* 1995; 54(2):107–10.
49. Hoaglund FT, Steinbach LS. Primary osteoarthritis of the hip: etiology and epidemiology. *J Am Acad Orthop Surg* 2001; 9(5):320–7.
50. Hoberg M, Holzapfel BM, Rudert M. Schmerzhafter Hüftendoprothetik: Ein diagnostischer Algorithmus. *Orthopade* 2011; 40(6):474–80.
51. Hofstede SN, Gademan MGJ, Stijnen T, Nelissen RGHH, Marang-van de Mheen PJ. The influence of preoperative determinants on quality of life, functioning and pain after total knee and hip replacement: a pooled analysis of Dutch cohorts. *BMC Musculoskelet Disord* 2018; 19(68).

52. Holzapfel BM, Prodinger PM, Hoberg M, Meffert R, Rudert M, Gradinger R. Periprothetische Frakturen bei Hüftendoprothese : Klassifikation, Diagnostik und Therapiestrategien. *Orthopade* 2010; 39(5):519–35.
53. Hooper GJ, Rothwell AG, Stringer M, Frampton C. Revision following cemented and uncemented primary total hip replacement: a seven-year analysis from the New Zealand Joint Registry. *J Bone Joint Surg Br* 2009; 91-B(4):451–8.
54. Inacio MCS, Ake CF, Paxton EW, Khatod M, Wang C, Gross TP et al. Sex and risk of hip implant failure: assessing total hip arthroplasty outcomes in the United States. *JAMA Intern Med* 2013; 173(6):435–41.
55. Jerosch J, Neuhäuser C, Sokkar SM. Arthroscopic treatment of iliopsoas impingement (IPI) after total hip replacement. *Arch Orthop Trauma Surg* 2013; 133(10):1447–54.
56. Johnsen SP, Sørensen HT, Lucht U, Søballe K, Overgaard S, Pedersen AB. Patient-related predictors of implant failure after primary total hip replacement in the initial, short- and long-terms. A nationwide Danish follow-up study including 36,984 patients. *J Bone Joint Surg Br* 2006; 88-B(10):1303–8.
57. Jolles BM, Zangger P, Leyvraz P-F. Factors predisposing to dislocation after primary total hip arthroplasty: a multivariate analysis. *J Arthroplasty* 2002; 17(3):282–8.
58. Karachalios T, Komnos G, Koutalos A. Total hip arthroplasty: Survival and modes of failure. *EFORT Open Rev* 2018; 3(5):232–9.
59. Kärrholm J, Lindahl H, Malchau H, Mohaddes M, Nemes S, Rogmark C et al. The Swedish Hip Arthroplasty Register Annual Report 2016; 2017.
60. Katz JN, Wright EA, Guadagnoli E, Liang MH, Karlson EW, Cleary PD. Differences between men and women undergoing major orthopedic surgery for degenerative arthritis. *Arthritis Rheum* 1994; 37(5):687–94.
61. Katz JN, Wright EA, Wright J, Malchau H, Mahomed NN, Stedman M et al. Twelve-year risk of revision after primary total hip replacement in the U.S. Medicare population. *J Bone Joint Surg Am* 2012; 94-A(20):1825–32.
62. Khatod M, Cafri G, Namba RS, Inacio MCS, Paxton EW. Risk factors for total hip arthroplasty aseptic revision. *J Arthroplasty* 2014; 29(7):1412–7.

63. Konan S, Abdel MP, Haddad FS. Cemented versus uncemented hip implant fixation: Should there be age thresholds? *Bone Joint Res* 2019; 8(12):604–7.
64. Kreutzer J, Schneider M, Schlegel U, Ewerbeck V, Breusch SJ. Zementierte Hüftendoprothetik in Deutschland -- ein Update. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2005; 143(1):48–55.
65. Kurtz SM, Lau E, Ong K, Zhao K, Kelly M, Bozic KJ. Future young patient demand for primary and revision joint replacement: national projections from 2010 to 2030. *Clin Orthop Relat Res* 2009; 467(10):2606–12.
66. Lachiewicz PF, Heckman DS, Soileau ES, Mangla J, Martell JM. Femoral head size and wear of highly cross-linked polyethylene at 5 to 8 years. *Clin Orthop Relat Res* 2009; 467(12):3290–6.
67. Lachiewicz PF, Soileau ES, Martell JM. Wear and Osteolysis of Highly Crosslinked Polyethylene at 10 to 14 Years: The Effect of Femoral Head Size. *Clin Orthop Relat Res* 2016; 474(2):365–71.
68. Lamb JN, Holton C, O'Connor P, Giannoudis PV. Avascular necrosis of the hip. *BMJ* 2019; 365(8201).
69. Learmonth ID, Young C, Rorabeck C. The operation of the century: total hip replacement. *The Lancet* 2007; 370(9597):1508–19.
70. Lindahl H. Epidemiology of periprosthetic femur fracture around a total hip arthroplasty. *Injury* 2007; 38(6):651–4.
71. Lindahl H, Garellick G, Regnér H, Herberts P, Malchau H. Three hundred and twenty-one periprosthetic femoral fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88-A(6):1215–22.
72. Lindahl H, Malchau H, Herberts P, Garellick G. Periprosthetic femoral fractures classification and demographics of 1049 periprosthetic femoral fractures from the Swedish National Hip Arthroplasty Register. *J Arthroplasty* 2005; 20(7):857–65.
73. Lindberg-Larsen M, Jørgensen CC, Solgaard S, Kjersgaard AG, Kehlet H. Increased risk of intraoperative and early postoperative periprosthetic femoral fracture with uncemented stems. *Acta Orthop* 2017; 88(4):390–4.
74. Liu K-L, Wu W-T, Wang J-H, Yu T-C, Wen S-H, Chen I-H. When and how do prosthetic hips fail after total hip arthroplasties?-A retrospective study. *J Formos Med Assoc* 2016; 115(9):786–93.

75. Malchau H, Herberts P, Eisler T, Garellick G, Söderman P. The Swedish Total Hip Replacement Register. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84-A(2):2–20.
76. Malik A, Maheshwari A, Dorr LD. Impingement with total hip replacement. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89(8):1832–42.
77. Maradit Kremers H, Larson DR, Crowson CS, Kremers WK, Washington RE, Steiner CA et al. Prevalence of Total Hip and Knee Replacement in the United States. *J Bone Joint Surg Am* 2015; 97-A(17):1386–97.
78. Märdian S, Perka C, Schaser K-D, Gruner J, Scheel F, Schwabe P. Cardiac disease and advanced age increase the mortality risk following surgery for periprosthetic femoral fractures. *Bone Joint J* 2017; 99-B(7):921–6.
79. Matziolis G, Perka C. Schmerzhaftes, nicht gelockertes, nicht infiziertes Hüftgelenk: Gelenkassoziierte Faktoren [Impingement-Syndrom]. In: Claes L, Kirschner P, Perka C, Rudert M, Hrsg. *AE-Manual der Endoprothetik: Hüfte und Hüftrevision*. Berlin, Heidelberg: Arbeitsgemeinschaft Endoprothetik; 2012. S. 381–8.
80. Mjaaland KE, Svenningsen S, Fenstad AM, Havelin LI, Furnes O, Nordsletten L. Implant Survival After Minimally Invasive Anterior or Anterolateral Vs. Conventional Posterior or Direct Lateral Approach: An Analysis of 21,860 Total Hip Arthroplasties from the Norwegian Arthroplasty Register (2008 to 2013). *J Bone Joint Surg Am* 2017; 99(10):840–7.
81. Münger P, Röder C, Ackermann-Liebrich U, Busato A. Patient-related risk factors leading to aseptic stem loosening in total hip arthroplasty: a case-control study of 5,035 patients. *Acta Orthop* 2006; 77(4):567–74.
82. Nedungayil SK, Mehendele S, Gheduzzi S, Learmonth ID. Femoral cementing techniques: current trends in the UK. *Ann R Coll Surg Engl* 2006; 88(2):127–30.
83. Ni GX, Lu WW, Chiu KY, Fong DY. Cemented or uncemented femoral component in primary total hip replacement? A review from a clinical and radiological perspective. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2005; 13(1):96–105.
84. Nieuwenhuijse MJ, Valstar ER, Kaptein BL, Nelissen RGHH. Good diagnostic performance of early migration as a predictor of late aseptic loosening of acetabular cups: results from ten years of follow-up with Roentgen

- stereophotogrammetric analysis (RSA). *J Bone Joint Surg Am* 2012; 94-A(10):874–80.
85. Nikolajsen L, Brandsborg B, Lucht U, Jensen TS, Kehlet H. Chronic pain following total hip arthroplasty: a nationwide questionnaire study. *Acta Anaesthesiol Scand* 2006; 50(4):495–500.
 86. OECD. Health at a Glance 2017. o.O.; 2017 [Stand: 29.02.2020]. Verfügbar unter: <https://www.oecd.org/unitedstates/Health-at-a-Glance-2017-Key-Findings-UNITED-STATES.pdf>.
 87. OECD. Health at a glance 2019. o.O.; 2019 [Stand: 31.12.2020]. Verfügbar unter: <http://www.oecd.org/health/health-systems/health-at-a-glance-19991312.htm>.
 88. Older J. Charnley low-friction arthroplasty: a worldwide retrospective review at 15 to 20 years. *J Arthroplasty* 2002; 17(6):675–80.
 89. Osmon DR, Berbari EF, Berendt AR, Lew D, Zimmerli W, Steckelberg JM et al. Executive summary: diagnosis and management of prosthetic joint infection: clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis* 2013; 56(1):e1-e25.
 90. Park KJ, Menendez ME, Barnes CL. Perioperative Periprosthetic Fractures Associated With Primary Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty* 2017; 32(3):992–5.
 91. Parvizi J, Picinic E, Sharkey PF. Revision total hip arthroplasty for instability: surgical techniques and principles. *J Bone Joint Surg Am* 2008; 90-A(5):1134–42.
 92. Patel PD, Potts A, Froimson MI. The dislocating hip arthroplasty: prevention and treatment. *J Arthroplasty* 2007; 22(4 Suppl 1):86–90.
 93. Pedersen AB, Svendsson JE, Johnsen SP, Riis A, Overgaard S. Risk factors for revision due to infection after primary total hip arthroplasty. A population-based study of 80,756 primary procedures in the Danish Hip Arthroplasty Registry. *Acta Orthop* 2010; 81(5):542–7.
 94. Pellicci PM, Salvati EA, Robinson HJ. Mechanical failures in total hip replacement requiring reoperation. *J Bone Joint Surg Am* 1979; 61(1):28–36.
 95. Pereira D, Peleteiro B, Araújo J, Branco J, Santos RA, Ramos E. The effect of osteoarthritis definition on prevalence and incidence estimates: a systematic review. *Osteoarthr Cartil* 2011; 19(11):1270–85.

96. Perka C, Thiele K. Aseptische Komplikationen: Aseptisch gelockertes Hüftgelenk. In: Claes L, Kirschner P, Perka C, Rudert M, Hrsg. AE-Manual der Endoprothetik: Hüfte und Hüftrevision. Berlin, Heidelberg: Arbeitsgemeinschaft Endoprothetik; 2012. S. 373–80.
97. Pizzoferrato A, Ciapetti G, Stea S, Toni A. Cellular events in the mechanisms of prosthesis loosening. Clin Mater 1991; 7(1):51–81.
98. Preininger B, Haschke F, Perka C. Diagnostik und Therapie der Luxation nach Hüfttotalprothesenimplantation. Orthopade 2014; 43(1):54–63.
99. Rahman L, Cobb J, Muirhead-Allwood S. Radiographic methods of wear analysis in total hip arthroplasty. J Am Acad Orthop Surg 2012; 20(12):735–43.
100. Rajpura A, Kendoff D, Board TN. The current state of bearing surfaces in total hip replacement. Bone Joint J 2014; 96-B(2):147–56.
101. Rächle M, Cemerka M, Eibenberger B, Breitenseher M. Arthrose - Update 2012. Radiologe 2012; 52(2):149–55.
102. Reina N, Delaunay C, Chiron P, Ramdane N, Hamadouche M. Infection as a cause of primary total hip arthroplasty revision and its predictive factors. Orthop Traumatol Surg Res 2013; 99(5):555–61.
103. Robert-Koch-Institut. Gesundheit in Deutschland. Berlin; 2015. Verfügbar unter: https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GesInDtld/gesundheit_in_deutschland_2015.pdf?__blob=publicationFile.
104. Sadoghi P, Liebensteiner M, Agreiter M, Leithner A, Böhler N, Labek G. Revision surgery after total joint arthroplasty: a complication-based analysis using worldwide arthroplasty registers. J Arthroplasty 2013; 28(8):1329–32.
105. Salvati EA, Della González Valle A, Masri BA, Duncan CP. The infected total hip arthroplasty. Instr Course Lect 2003; 52:223–45.
106. Santaguida PL, Hawker GA, Hudak PL, Glazier R, Mahomed NN, Kreder HJ et al. Patient characteristics affecting the prognosis of total hip and knee joint arthroplasty: a systematic review. Can J Surg 2008; 51(6):428–36.
107. Shon WY, Santhanam SS, Choi JW. Acetabular Reconstruction in Total Hip Arthroplasty. Hip Pelvis 2016; 28(1):1–14.

108. Sidler-Maier CC, Waddell JP. Incidence and predisposing factors of periprosthetic proximal femoral fractures: a literature review. *Int Orthop* 2015; 39(9):1673–82.
109. Skramm I, Moen AEF, Alm-Kristiansen K, Bukholm G. Nasal carriage of *Staphylococcus aureus*: which sequence types do orthopedic surgical healthcare workers carry? *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007; 28(6):737–9.
110. Spangehl MJ, Masri BA, O'Connell JX, Duncan CP. Prospective analysis of preoperative and intraoperative investigations for the diagnosis of infection at the sites of two hundred and two revision total hip arthroplasties. *J Bone Joint Surg Am* 1999; 81(5):672–83.
111. Statistisches Bundesamt. Die 20 häufigsten Operationen insgesamt (OPS5): Vollstationär behandelte Patientinnen und Patienten in Krankenhäuser 2019; 2020 [Stand: 31.12.2020]. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Tabellen/drg-operationen-insgesamt.html>.
112. Steiger R de, Lorimer M, Graves SE. Cross-Linked Polyethylene for Total Hip Arthroplasty Markedly Reduces Revision Surgery at 16 Years. *J Bone Joint Surg Am* 2018; 100(15):1281–8.
113. Sundfeldt M, Carlsson LV, Johansson CB, Thomsen P, Gretzer C. Aseptic loosening, not only a question of wear: a review of different theories. *Acta Orthop* 2006; 77(2):177–97.
114. Swiss National Joint Register. SIRIS Report 2012-2015: Annual Report of the Swiss National Joint Registry, Hip and Knee; o.J. [Stand: 06.02.2020]. Verfügbar unter: www.swissorthopaedics.ch/images/content/SIRIS/170516_SIRISAnnualReport2015_Finalcopie.pdf.
115. Swiss National Joint Register. SIRIS Report 2012-2019: Annual Report of the Swiss National Joint Registry, Hip and Knee; 2020 [Stand: 01.01.2021]. Verfügbar unter: <https://www.siris-implant.ch/de/index.php?section=Downloads&download=191>.
116. Tanzer M, Graves SE, Peng A, Shimmin AJ. Is Cemented or Cementless Femoral Stem Fixation More Durable in Patients Older Than 75 Years of Age? A Comparison of the Best-performing Stems. *Clin Orthop Relat Res* 2018; 476(7):1428–37.

117. Trampuz A, Hanssen AD, Osmon DR, Mandrekar J, Steckelberg JM, Patel R. Synovial fluid leukocyte count and differential for the diagnosis of prosthetic knee infection. *Am J Med* 2004; 117(8):556–62.
118. Tsikandylakis G, Mohaddes M, Cnudde P, Eskelinen A, Kärrholm J, Rolfson O. Head size in primary total hip arthroplasty. *EFORT Open Rev* 2018; 3(5):225–31.
119. Ulrich SD, Seyler TM, Bennett D, Delanois RE, Saleh KJ, Thongtrangan I et al. Total hip arthroplasties: what are the reasons for revision? *Int Orthop* 2008; 32(5):597–604.
120. van Praet F, Mulier M. To cement or not to cement acetabular cups in total hip arthroplasty: a systematic review and re-evaluation. *SICOT J* 2019; 5(35):1–9.
121. Verberne SJ, Temmerman OPP, Vuong BH, Raijmakers PG. Fluorodeoxyglucose positron emission tomography imaging for diagnosing periprosthetic hip infection: the importance of diagnostic criteria. *Int Orthop* 2018; 42(9):2025–34.
122. Waddell BS, Koch C, Trivellas M, Burket JC, Wright T, Padgett D. Have large femoral heads reduced prosthetic impingement in total hip arthroplasty? *Hip Int* 2019; 00(0):1–6.
123. Wengler A, Nimptsch U, Mansky T. Hip and knee replacement in Germany and the USA: analysis of individual inpatient data from German and US hospitals for the years 2005 to 2011. *Dtsch Arztebl Int* 2014; 111(23-24):407–16.
124. Wolf BR, Lu X, Li Y, Callaghan JJ, Cram P. Adverse outcomes in hip arthroplasty: long-term trends. *J Bone Joint Surg Am* 2012; 94(14):e103 (1)-(8).
125. Wu C, Qu X, Liu F, Li H, Mao Y, Zhu Z. Risk factors for periprosthetic joint infection after total hip arthroplasty and total knee arthroplasty in Chinese patients. *PLoS ONE* 2014; 9(4):e95300.
126. Wu C, Qu X, Mao Y, Li H, Liu F, Zhu Z. Developmental dysplasia of the hip, age, BMI, place of residence and tobacco abuse increase the odds of aseptic loosening in Chinese patients. *PLoS ONE* 2014; 9(1):e85562.
127. Wylde V, Hewlett S, Learmonth ID, Dieppe P. Persistent pain after joint replacement: prevalence, sensory qualities, and postoperative determinants. *Pain* 2011; 152(3):566–72.

128. Yazdi H, Restrepo C, Foltz C, Hammad M, Chung PH, Gomella LG et al. Symptomatic Benign Prostatic Hyperplasia: A Risk Factor for Periprosthetic Joint Infection in Male Patients. *J Bone Joint Surg Am* 2020; 102(7):543–9.
129. Zengini E, Finan C, Wilkinson JM. The Genetic Epidemiological Landscape of Hip and Knee Osteoarthritis: Where Are We Now and Where Are We Going? *J Rheumatol* 2016; 43(2):260–6.
130. Zhao D-W, Yu M, Hu K, Wang W, Yang L, Wang B-J et al. Prevalence of Nontraumatic Osteonecrosis of the Femoral Head and its Associated Risk Factors in the Chinese Population: Results from a Nationally Representative Survey. *Chin Med J* 2015; 128(21):2843–50.
131. Zimmerli W. Clinical presentation and treatment of orthopaedic implant-associated infection. *J Intern Med* 2014; 276(2):111–9.
132. Zimmerli W, Trampuz A, Ochsner PE. Prosthetic-joint infections. *N Engl J Med* 2004; 351(16):1645–54.

Anhang

I Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Häufigkeitsverteilung des Alters aller Patienten bei Indexoperation	23
Abb. 2 Häufigkeitsverteilung des Alters männlicher und weiblicher Patienten im Vergleich.....	23
Abb. 3 Häufigkeitsverteilung des Alters aller Patienten bei Revision	24
Abb. 4 Häufigkeitsverteilung des Alters männlicher und weiblicher Patienten bei Revision.....	24
Abb. 5 Verteilungsübersicht der Indexprothesenstandzeit in verschiedenen Zeiträumen des gesamten Patientenkollektivs	25
Abb. 6 Verteilungsübersicht der Indexprothesenstandzeit in verschiedenen Zeiträumen für weibliche Patienten.....	26
Abb. 7 Verteilungsübersicht der Indexprothesenstandzeit in verschiedenen Zeiträumen für männliche Patienten	26
Abb. 8 Indexdiagnosen in der Gesamtpopulation in Prozent	27
Abb. 9 Indexdiagnosen der beiden Geschlechter in Prozent	28
Abb. 10 Häufigkeiten der einzelnen Revisionsgründe in Prozent	29
Abb. 11 Häufigkeiten der einzelnen Revisionsgründe beim jeweiligen Geschlecht in Prozent.....	29
Abb. 12 Prothesentyp der Gesamtpopulation in Prozent.....	30
Abb. 13 Prothesentypverteilung der Geschlechter in Prozent	30
Abb. 14 Häufigkeiten der einzelnen Revisionstypen des Gesamtkollektivs in Prozent	31
Abb. 15 Häufigkeitsverteilung der Revisionstypen jeweils bei männlichen und weiblichen Patienten in Prozent.....	32

II Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Indikations- und Patientenbezogene Riskofaktoren für Luxationen	10
Tab. 2 Zusammenfassung der unterschiedlichen Indexdiagnosen, Revisionsgründe und -typen.....	21
Tab. 3 Übersicht der Patienteneigenschaften in Bezug auf die Standzeit.....	34

III Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BMI	Body-Mass-Index
et al.	et altera
FDG	Fluordesoxyglucose
Kg/m ²	Kilogramm/Quadratmeter
LDL	Low-density-Lipoprotein
M	Männliche Patienten
ml	Milliliter
mm	Millimeter
NSAR	Nichtsteroidale Antirheumatika
OECD	Organisation for economic Cooperation and Development
OP	Operation
SL	Straight Lateral
Tab.	Tabelle
USA	United States of America
W	Weibliche Patienten