

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF HELIOS ENDO-Klinik Hamburg

Akademisches Lehrkrankenhaus des
Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf

Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. T. Gehrke
Doktorvater / Betreuer: Prof. Dr. med. M. Gebauer

Retrospektive klinische Studie zur Untersuchung der Versagensursachen von primären Hüftendoprothesen

Dissertation

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

vorgelegt von:

Tobias Oliver Wolf
geboren in Neu Kaliß

Hamburg 2016

**Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 25.04.2017**

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

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. Matthias Gebauer

Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: Prof. Dr. Florian Barvencik

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	5
1.1. Geschichte der Endoprothetik.....	6
1.2. Versagensursachen.....	8
1.2.1. Aseptische Lockerung.....	8
1.2.2. Luxation der Hüftendoprothese.....	10
1.2.3. Periprothetische Infektion.....	11
1.2.4. Periprothetische Femurfrakturen.....	12
1.2.5. Seltene Versagensursachen.....	13
1.3. Zielsetzung und Fragestellung der Studie.....	15
2. Material und Methoden.....	16
2.1. Studienbeschreibung.....	16
2.2. Erfasste Patientendaten.....	17
2.3. Gegenüberstellung prozentualer Häufigkeiten.....	19
2.4. Kaplan-Meier Auswertung.....	21
2.5. Competing risk Analyse.....	22
2.6. Biometrische Auswertung.....	23
3. Ergebnisse.....	24
3.1. Allgemeine Aufstellung der Ergebnisse.....	24
3.2. Zusammenhänge verschiedener Variablen.....	27
3.2.1. Zeit bis Revision in Abhängigkeit von der Verankerungsform.....	27
3.2.2. Revisionsgründe in Abhängigkeit von der Verankerungsform.....	27
3.2.3. Zeit bis Revision in Abhängigkeit vom Alter bei der Primärimplantation.....	28
3.2.3. Revisionsgründe in Abhängigkeit vom Alter bei der Primärimplantation.....	29
3.2.4. Zeit bis zur Revision in Abhängigkeit von der primären Diagnose.....	30
3.2.5. Revisionsgrund in Abhängigkeit von der primären Diagnose.....	31
3.2.6. Revisionsgründe in Abhängigkeit vom Zeitraum bis zur Revision.....	33
3.2.5. Analyse periprothetischer Infektionen.....	35
3.2.6. Analyse der aseptischen Schaftlockerung.....	35
3.2.7. Revisionsintervall bei aseptischer Schaftlockerung in Abhängigkeit vom Schaftdesign.....	37

3.2.8. Analyse der Schaftsysteme.....	38
3.2.8.1. Oberflächenersatzprothesen.....	38
3.2.8.2. Kurzschaftendoprothesen.....	39
3.2.8.3. Zementfreie Standardschäfte.....	40
3.2.8.4. Zementierte Standardschäfte.....	41
3.3. Kaplan-Meier Auswertung.....	42
3.4. Competing risk Analyse.....	45
4. Diskussion.....	48
5. Zusammenfassung.....	59
6. Abkürzungsverzeichnis.....	61
7. Literaturverzeichnis.....	63
8. Danksagung.....	70
9. Lebenslauf.....	71
10. Eidesstattliche Versicherung.....	73

1. Einleitung

Die Hüftendoprothetik stellt ein bedeutendes und relevantes Feld der orthopädischen Chirurgie dar und hat seit ihrer Erstbeschreibung durch Gluck im Jahre 1891 einen beispiellosen Aufstieg mit einer gleichsam kontinuierlich ansteigenden Anzahl der Indexoperationen erfahren (OECD 2013). Die zunehmende Verschiebung der Altersstruktur der Bevölkerung bei gleichzeitig steigendem Aktivitätsniveau bedingt einen wachsenden Bedarf an gelenkersetzenden Operationen. Durch verbesserte operative Techniken sowie eine steigende Qualität der Implantate ist es möglich, hohe Zufriedenheit der Patienten (Nilsson et al. 2003 und Fender et al. 1999) und verlängerte Prothesenstandzeiten (Malchau et al. 2002) zu generieren. Die Notwendigkeit von Innovationen im Bereich der Endoprothetik ist einerseits getrieben durch das Ziel einer auch zukünftig noch weiterhin verbesserten Patientenversorgung, andererseits stehen diesem Streben wirtschaftliche Interessen der Hersteller gegenüber. So wurden beispielsweise im Zeitraum 1998 – 2000 in Deutschland 178 unterschiedliche Prothesenschaftertypen und 174 Pfannensysteme auf den Markt gebracht (Kienapfel et al. 2003). Der Chirurg muss vor diesem Hintergrund jeweils abwägen und kritisch überprüfen, ob neue Implantate den älteren Modellen überlegen sind. Weiterhin bleibt zu bedenken, dass das Ausüben einer neuen OP-Technik mit einer Lernkurve verbunden ist. Bereits kleine Fehler in der operativen Durchführung können mit erheblichen negativen Auswirkungen für den Patienten und einem eventuellen operativen Revisionsbedarf einhergehen. Welche unterschiedlichen Facetten die Entwicklung der Hüftendoprothetik bietet, wird im folgenden in einer kurzen Abhandlung der Historie deutlich.

1.1. Geschichte der Endoprothetik

Der Beginn der Endoprothetik des Hüftgelenkes datiert auf den Anfang des 19. Jahrhunderts und der Einführung der Resektionsalloarthroplastik. 1821 erfolgte durch den Londoner Chirurg Anthony White eine Resektion des Hüftkopfes und des Schenkelhalses bei einem 19-jährigen Mann, der nach einer traumatischen Hüftgelenksluxation gehunfähig wurde. Im Rahmen der Herstellung dieser sogenannten „Girdlestone-Situation“ stellte sich der proximale Femurstumpf in das Azetabulum ein. Es resultierte zwar ein geringerer Bewegungsumfang, jedoch waren die Patienten nach Rekonvaleszenz wieder schmerzreduziert gehfähig (Blauth & Donner 1979).

Eine Weiterentwicklung stellte die Interpositionsarthroplastik dar. Körpereigene Gewebe, beispielsweise Muskulatur oder Sehnen, aber auch körperfremde Gewebe wie z.B. Metall, Gummi oder Holz kamen zum Einsatz, um als Platzhalter im resezierten Gelenk zu fungieren. So gelang zumindest eine Remobilisierung des Gelenkes (Reimers 1970). Die Alloarthroplastik, d.h. der vollständige Ersatz eines Gelenkes durch ein Implantat, gelang Themistocles Gluck erstmals Ende des 19. Jahrhunderts in Form eines Scharniergelenkes aus Elfenbein am Knie. Er legte somit den Grundstein für die moderne Endoprothetik (Gluck 1891). Eine Weiterentwicklung waren Hemiprothesen, welche die Gebrüder Jean und Robert Judet 1950 in Form eines Femurkopfes aus Plexiglas mit einem in den Schenkelhals reichenden Stiel anwendeten (Judet & Judet 1950). Zur besseren Verankerung entwickelten Moore und Bohlmann 1943 eine Femurkopfprothese aus einer Chrom-Kobalt-Legierung (Moore & Bohlmann 1943). Wiles entwickelte 1938 in London die erste Totalendoprothese der Hüfte. Die Fixation des Metallkopfes erfolgte mittels intramedullärer Stifte. Die Metallpfanne wurde mit Schrauben bzw. Bolzen im Azetabulum verankert (Wiles 1957).

Aufgrund der Metall-Metall-Gleitpaarung resultierte ein hoher Metallabrieb sowie dementsprechend hohe Lockerungsraten. Eine weitere Entwicklung war die Fixation der Prothesenkomponenten mit Knochenzement (Polymethylmetacrylat) durch Haboush 1953 und Charnley 1960 (Charnley 1961, 1981). Der Problematik des Abriebes begegnete Charnley durch Reduktion des Kopfdurchmessers auf 22,2 mm und Verwendung von Pfannen aus Teflon sowie später aus hochverdichtetem Polyethylen.

Die Prothesenkopfgrößen erfuhren jeweils Veränderungen durch Müller 1964 auf 32 mm und Buchholz 1966 auf 38 mm (Müller 1970 und Buchholz 1973). Eine modulare Hüfttotalendoprothese (H-TEP) mit veränderbaren Steckköpfen wurde durch Weber 1968 entwickelt (Weber 1970). Nach Anwendung von Metallköpfen wurde ab 1974 mit Aluminiumoxid (Keramik) gearbeitet. Parallel entwickelte sich die zementfreie Technik, ein Titanschaft wurde erstmals von Siwash 1967 implantiert (Siwash 1968). Im weiteren Verlauf erfuhren die Implantate weitere Modifikationen. Das Design der Schäfte wurde verändert mit dem Ziel der besseren Kraftübertragung und der Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen Knochen und Prothese. Einen Titanschaft mit distaler Press-fit-Verankerung wurde von Zweymüller 1980 und ein Titanschaft mit konischer Form von Spotorno 1983 entwickelt (Zweymüller et al. 1995 und Spotorno et al. 1993).

Die Methode der knochensparenden Resektion gerade bei jüngeren Patienten wurde mit der Verbesserung der Kappenprothesen von McMinn mit Metall-Metal-Gleitpaarung Anfang der neunziger Jahre etabliert (McMinn et al. 1996). Die Entwicklung von weiteren Schaftsystemen mit dem Ziel der knochensparenden Technik erbrachte weiterhin eine Vielzahl von anatomischen Schaft- und Kurzschaftsystemen. Die Mannigfaltigkeit des Prothesendesigns erlaubt es in der Gegenwart optimalerweise Prothesentypen auszuwählen, die je nach Anatomie des Femur eine optimale Kraftübertragung bei höchstmöglicher Fixation gewährleisten. Jedoch müssen neue Schaftsysteme zunächst beweisen, dass die Standzeiten der älteren Modelle erreicht und übertroffen werden. Von entscheidender Bedeutung ist dabei die regelmäßige intensive Analyse der Versagensursachen. Die vier häufigsten Revisionsgründe sind in absteigender Reihenfolge die aseptische Lockerung, Instabilität mit konsekutiven Luxationen, periprothetische Infektionen sowie periprothetische Frakturen (Ulrich et al. 2007). Eine beispielhafte Darstellung dieser Versagensursachen zeigen die folgenden Ausführungen.

1.2. Versagensursachen

1.2.1. Aseptische Lockerung

Die häufigste Ursache der ersten Revision nach Primärimplantation einer Hüftendoprothese ist die aseptische Lockerung. Betroffen sind entweder der Schaft, die Pfanne oder beide Komponenten gemeinsam. In der Pathogenese der aseptischen Lockerung spielt der Material-Abrieb eine wesentliche Rolle. Somit wird diese Versagensursache häufig als Spätkomplikation apparent.

Polyethylenabrieb entsteht bei Abnutzung des Polyethyleninlays oder der Polyethylenpfanne. Metallabrieb entsteht häufig an der Stelle der modularen Steckverbindung des Prothesenkopfes mit dem Metallkonus (Trunnionosis) oder bei Metall-Metall-Gleitpaarungen. Der Abrieb des Polymethylmethacrylats (PMMA-Abrieb, sog. Zementabrieb) tritt bei zementierter Verankerung im Bereich der Grenzflächen zum Implantat einerseits oder zum Gewebe andererseits auf. Ein Erklärungsmodell für die aseptische Lockerung ist die sogenannte partikelassoziierte Osteolyse. Dabei werden Makrophagen durch die Phagozytose von Abriebpartikeln aktiviert, die ihrerseits eine Kaskade von Mediatoren in Gang setzen und Osteoklasten aktivieren, die dann sukzessiv Osteolysen verursachen (Yang et al. 2002). Die Osteolysen breiten sich um die Prothesenkomponente aus und führen entsprechend zur Lockerung. Begünstigt wird eine Implantatlockerung durch verminderte Knochenqualität (Nixon et al. 2007) und bei Fehllage einzelner Prothesenkomponenten, die zur Überlastung des Knochens führen.

Die Risiken bei fehlerhafter Positionierung von beispielsweise Hüftkappenendoprothesen, haben nicht selten schwerwiegende Folgen. Bei Malpositionierung der femoralen Komponente entsteht ein „Notching“ am Schenkelhals, welches bis zur Schenkelhalsfraktur führen kann (McLawhorn et al. 2012). Ebenso führt die Fehllage der femoralen und azetabulären Komponente zu einer überhöhten Randbelastung („edge loading“). Dies löst bei Metall-Metall-Gleitpaarungen exzessiven Abrieb mit z.T. sehr hohen Metallionenkonzentrationen im Blut und Gelenkpunktat aus (Wang et al. 2012). Das folgende Röntgenbild (Abb. 1) zeigt typische Zeichen der aseptischen Schaftlockerung bei einer zementfreien Kurzschaftendoprothese.

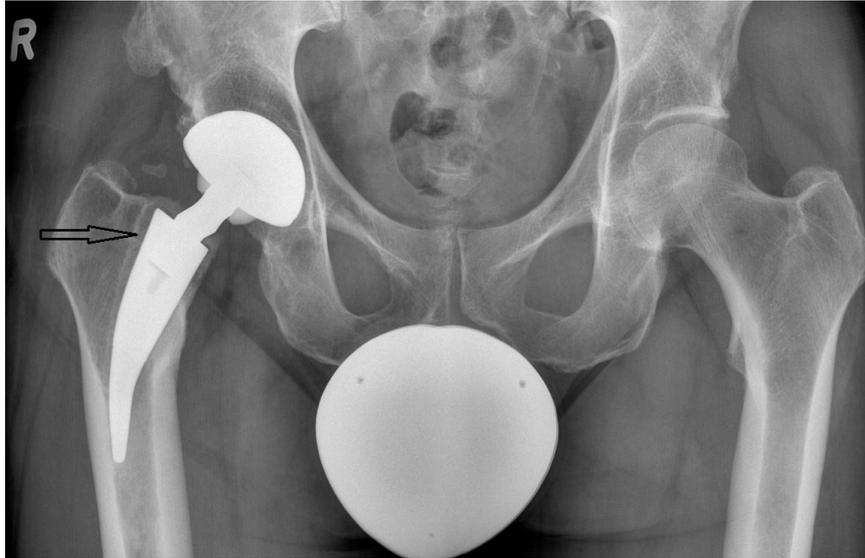


Abb. 1: aseptische Schaftlockerung einer Kurzschaftendoprothese mit typischer Saumbildung

Der Pfeil kennzeichnet den deutlichen femoralen Lysesaum. Das folgende Röntgenbild (Abb. 2) zeigt sowohl die aseptische Lockerung des Schaftes als auch der Pfanne. Die Implantate sind jeweils mit Knochenzement verankert. Es bestehen Lysesäume im Knochen-Zement-Interface sowie Osteolysen mit Ausdünnen der Femurkortikalis über einen ausgedehnten Bereich des proximalen Femurs.



Abb. 2: aseptische Schaft- und Pfannenlockerung bei einer zementierten Hüftendoprothese

1.2.2. Luxation der Hüftendoprothese

Die Luxation der Hüftendoprothese ist für die Patienten oft eine sehr schmerzhaft Komplikation. Es handelt sich dabei häufig um eine Frühkomplikation (Melvin 2014). Prädisponierende Faktoren für ein Luxationsereignis sind Incompliance des Patienten sowie Fehlstellungen der Komponenten. Eine mangelnde Anteversion der Pfannenkomponente begünstigt beispielsweise eine dorsale Luxation (Abdel 2015). Auch der operative Zugangsweg spielt eine Rolle. Der posteriore Zugangsweg ohne anatomische Rekonstruktion der Kapsel, bzw. der kurzen Außenrotatoren ist verglichen mit dem anterolateralen und anterioren Zugang mit einer erhöhten Luxationsrate behaftet (Sheth 2015). Folgende Luxationsraten zeigten sich in einer Metaanalyse: 1) Posterior ohne anatomische Rekonstruktion 3,23%, 2) anterolateral 2,18% und 3) posterior mit anatomischer Rekonstruktion 0,7% (Dargel et al. 2014). Eine weitere Komponente, die das Luxationsrisiko beeinflusst, ist die Prothesenkopfgröße. Hier hat sich gezeigt, dass eine Zunahme des Durchmessers der Köpfe mit einer Reduktion der Luxationsneigung einhergeht (Girard 2015). Ein größerer Kopf zeigt zum einen ein höheres mechanisches Bewegungsausmaß und zum anderen besteht eine größere Distanz zwischen Pfannenzentrum und Pfannenrand („jumping distance“), welche bei einer Luxation überwunden werden muss. Das folgende Röntgenbild (Abb. 3) zeigt das typische Bild einer Hüftprothesenluxation nach dorsal.



Abb. 3: Luxation der Hüftendoprothese links

1.2.3. Periprothetische Infektion

Die periprothetische Infektion (PPI) ist eine sowohl vom Patienten als auch behandelnden Chirurgen gefürchtete Komplikation. Die Therapie ist anspruchsvoll und häufig langwierig. Die Inzidenz beträgt nach primärer Hüftendoprothesenimplantation ca. 1% (AOA 2013). Die häufigsten infektiösen Erreger sind *Staphylococcus aureus*, gramnegative Bakterien, koagulase negative Staphylokokken, Enterokokken und *Propionibacterium acnes* (Trampuz und Zimmerli 2005). Eine Sonderstellung nehmen die biofilm-bildenden Erreger ein. Nach Ausbildung des Biofilms ist die Kompetenz der Antibiotikatherapie deutlich reduziert (Campoccia et al. 2006). Bezüglich des zeitlichen Auftretens der Infektion unterscheidet man die akute (< 4 Wochen) von der chronischen PPI (> 4 Wochen). Von entscheidender prognostischer Bedeutung ist dabei die Bildung eines Biofilms. Ist dieser bereits vorhanden so ist die lokale Wirksamkeit einer Antibiotikatherapie wesentlich eingeschränkt (Winkler et al. 2014). Ein Erhaltungsversuch des Implantates ist somit nur in der Frühphase, d.h. in den ersten 4 Wochen erfolgversprechend (Faschingbauer et al. 2015). Alternativ bleibt dann nur noch der ein- oder zweizeitige Endoprothesenwechsel.

Ein geeigneter Algorithmus zur Diagnosestellung der PPI des Hüftgelenkes wurde im Rahmen des „Proceedings of the International Consensus Meeting on Periprosthetic Joint Infection“ (Gehrke und Parvizi 2013) erarbeitet. Zur Diagnosestellung werden im wesentlichen Major- und Minor-Kriterien unterschieden. Das Major-Kriterium und damit der sichere Nachweis einer PPI ist der Nachweis einer Fistel zum Gelenk. Die Analyse des Gelenkpunktes definiert die Minor-Kriterien. Im Einzelnen sind dies die mikrobiologische Kultur, der Leukozytenesterasetest, die Leukozytenzellzahl und der prozentuale Anteil an neutrophilen Granulozyten.

Für eine akute Gelenkinfektion sprechen ein C-reaktives Protein (CRP) über 100 mg/l im Serum, eine Leukozytenzellzahl > 10 000 / μ l und ein prozentualer Anteil an neutrophilen Granulozyten von >90 % im Gelenkpunktat. Auf einen eher chronischen Verlauf deuten folgende Kriterien: CRP > 10 mg/l im Serum, Leukozytenzellzahl > 3.000/ μ l und ein neutrophiler Granulozytenanteil >80 % im Gelenkpunktat.

Zur mikrobiologischen Beurteilung ist eine Bebrütung der Proben über den Zeitraum von 14 Tagen notwendig um auch langsam wachsende Erreger zu detektieren. Bei negativem Kulturergebnis und andauernder klinischer Symptomatik sollte eine weitere Punktion des Gelenkes erfolgen (Enayatollahi 2015). In seltenen Fällen ist eine sichere Diagnostik nur über eine offene Probeentnahme möglich. Ergänzend ist die radiologische Analyse. Bei chronischen Infektionen können sich Osteolysen als lokale Reaktionen des Knochens zeigen.

1.2.4. Periprothetische Femurfrakturen

Die periprothetische Femurfraktur entsteht in der Regel traumatisch im Rahmen eines Sturzereignisses, jedoch kann diese auch iatrogen beim Einbringen eines Prothesenschaftes auftreten. Eine Einteilung dieser Frakturen erfolgt nach der gängigen Vancouver-Klassifikation (Tab. 1). Die Klassifikation umfasst die Lokalisation der Fraktur, die Qualität des Knochens sowie die Stabilität des Implantates. Es werden im Einzelnen die folgenden Unterteilungen vorgenommen.

Typ	Lokalisation der Fraktur	Subtyp
A	Trochanterregion	A_G Trochanter major A_L Trochanter minor
B	Prothesenschaftbereich	B₁ Implantat stabil B₂ lockeres Implantat (gute Knochenqualität) B₃ lockeres Implantat (schlechte Knochenqualität)
C	Unterhalb Prothesenschaft	

Tab. 1: Vancouver – Klassifikation periprothetischer Femurfrakturen (Duncan & Masri 1995)

Das Therapieregime erstreckt sich über Osteosynthesen mit Zuggurtung am Trochanter major, über spezielle Plattensysteme bis hin zum Endoprothesenwechsel. Das folgende Bild zeigt eine periprothetische Femurfraktur Vancouver B₂ sowie A_G (Abb. 4).

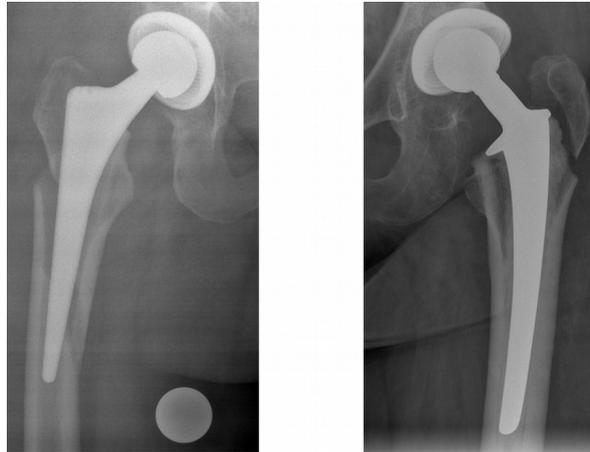


Abb. 4: Periprothetische Femurfraktur Vancouver B (links) und A (rechts)

1.2.5. Seltene Versagensursachen

Seltene Versagensursachen die sich bei der Analyse der Patientendaten zeigten seien ergänzend noch mit beeindruckenden Röntgenbildern angefügt (Abb. 5).



Abb.5: Bruch Prothesenkonus (li.), Bruch Keramikkopf (Mitte) und Prothesenschaftbruch (re.)

Ursächlich für diese seltenen Versagensursachen sind häufig Materialfehler. Probleme mit bestimmten Implantaten treten intermittierend auf, so dass diese vom Markt genommen werden müssen. Beispielsweise musste die Firma DePuy den ASR Oberflächenersatz im September 2010 aus dem Markt nehmen, nachdem es zu einer gehäuften Anzahl an Frühversagern mit diesem Implantat kam. Insbesondere ein erhöhter Metallabrieb mit konsekutiver Ausbildung von Pseudotumoren sowie Erhöhung der Serum-Metall-Ionen und z.T. generalisierten Vergiftungserscheinungen führte zu diesem Vorgehen. Zum Teil mussten sich betroffene Patienten einer Revisionsoperation unterziehen. In solchen Fällen bedeutet das für den Patienten nicht selten zusätzlich eine juristische Odyssee mit geringer Aussicht auf Entschädigung und Schadenersatz. Essentiell für Patient und Hersteller sind regelmäßige Qualitätskontrollen. Unterstützend wäre die Etablierung eines Prothesenregisters in Deutschland. Der Nachweis von gehäuften Auftreten von Produktionsfehlern, ggf. Prothesenversagern, wäre so einfacher zurückzufolgen und würde die Qualität der endoprothetischen Versorgung in Deutschland noch verbessern. In anderen Ländern, z.B. Schweden, ist dies bereits seit vielen Jahren etabliert.

1.3. Zielsetzung und Fragestellung der Studie

Aufgrund einer zunehmenden Verschiebung der Altersstruktur der Bevölkerung ergibt sich ein wachsender Bedarf des endoprothetischen Ersatzes von Gelenken. Zugleich besteht eine hohe Erwartungshaltung an das operative Ergebnis sowie die eingebrachten Implantate. Dementsprechend ist es, insbesondere vor dem Hintergrund stetiger Veränderungen der Implantate, von außerordentlicher Wichtigkeit regelmäßige kritische Versagensanalysen durchzuführen. Die in vielen Ländern bereits etablierten Endoprothesenregister mit einer zentralen Erfassung der Indexoperation sowie der verwendeten Komponenten befinden sich in Deutschland noch im Aufbau. Auf entsprechende Daten kann somit nicht zurückgegriffen werden.

Mit der vorliegenden Studie erfolgte die retrospektive Auswertung von vorhandenen Krankenakten im Zeitraum 01.01.2004 bis 15.08.2014 an der HELIOS Endo-Klinik Hamburg bezüglich der Versagensursachen und dem zeitlichen Zusammenhang der ersten Revision nach Primärimplantation eines Hüftgelenkes. Die gewonnenen Daten wurden mit aktuellen Studien und insbesondere in Bezug zur letzten Dekade mit der Arbeit von Ulrich et al. (2007) verglichen, die eine Analyse des Zeitraumes 1996 bis 2004 darstellt.

Ziel ist die Beantwortung der Frage, ob sich durch eine Veränderung der Implantate oder durch den Markteintritt gänzlich neuer Implantate in den vergangenen Jahren (z.B. Oberflächenersatzprothese, Kurzschaftendoprothese) das operative Revisionsspektrum in seiner Zusammensetzung geändert hat. Darüber hinaus wird analysiert, ob neben dem Revisionsspektrum auch eine Veränderung der Häufigkeitsverteilung der Revisionsgründe und eine veränderte Verteilung der Frühkomplikationen, bedingt durch neue Implantate, vorliegt.

2. Material und Methoden

2.1. Studienbeschreibung

Die Erhebung der Daten erfolgte in Form einer retrospektiven Analyse. Alle Patienten, bei denen im Zeitraum vom 01.01.2004 bis zum 15.08.2014 die erste Revisionsoperation nach primärer Implantation einer Hüftendoprothese erfolgte, wurden in die Studie eingeschlossen. Die erfassten Revisionsoperationen erfolgten ausschließlich in der HELIOS Endo-Klinik Hamburg. Die Einschluss- und Ausschlusskriterien sind zur besseren Übersicht im Folgenden detailliert aufgeführt.

Einschlusskriterien:

- Erste Revision nach Primärimplantation einer H-TEP
- Zeitraum der Analyse: 01.01.2004 – 15.08.2014
- Revisionsoperationen ausschließlich in der HELIOS Endo-Klinik Hamburg

Ausschlusskriterien:

- Bereits eine/mehrere Revisionsoperationen erfolgt
- Primäre Versorgung mit einer Duokopfprothese
- Revision aufgrund einer allgemein-chirurgischen Komplikation (post-operative Wundheilungsstörung oder Hämatom)
- Unzureichende Dokumentation mit fehlenden Daten zur vollständigen Abbildung der Variablen zur Beantwortung der Fragestellung

Patienten, deren Behandlungsverfahren dem Profil der Studie entsprachen, wurden mithilfe der klinikinternen Datenbank identifiziert. Diese Datenbank wurde über ORACLE erstellt. Die Datenerfassung erfolgte in einem kundeneigenen KISS. Die Datengewinnung erfolgte mit Powerbuildertools (SQL-Abfragen). Es wurden ausschließlich bereits vorhandene Patientendaten ausgewertet. Patienten wurden weder klinisch noch apparativ nachuntersucht. Die Erhebung der erforderlichen Daten erfolgte durch Analyse von OP-Berichten, Röntgenbildern und klinischer Dokumentation in Form von Ambulanz- und Entlassungsberichten.

2.2. Erfasste Patientendaten

Neben den demographischen Daten wie Alter und Geschlecht wurden der Body-Mass-Index (BMI) und das Alter bei Primärimplantation erhoben. Eine wesentliche Bedeutung nahm die Zeit von der Indexoperation bis zur Revisionsoperation ein. Essentiell für die Beantwortung der Fragestellung war die Auswertung der Revisionsgründe, d.h. die Versagensursache der primär endoprothetischen Versorgung. Folgende Revisionsgründe wurden aus den Patientenakten extrahiert:

- Aseptische Lockerung Schaft
- Aseptische Lockerung Pfanne
- Aseptische Lockerung Schaft und Pfanne
- Fehlpositionierung Schaft (s.u.)
- Fehlpositionierung Pfanne (s.u.)
- Bruch des Prothesenschaftes
- Bruch des Prothesenkonus
- Bruch des Keramikkopfes
- Mediale Schenkelhalsfraktur bei einliegender Oberflächenersatzendoprothese
- Hüftkopfnekrose bei einliegender Oberflächenersatzendoprothese
- Hüftgelenkinstabilität mit Luxation
- Psoasimpingement
- Periprothetische Infektion
- Unspezifische Beschwerden
- Periprothetische Femurfraktur mit adäquatem Trauma
- Periprothetische Femurfraktur ohne adäquates Trauma
- Periprothetische Azetabulumfraktur
- Pseudarthrose nach Femurosteotomie bei Dysplasie
- Bursitis trochanterica
- Fascienlücke
- Insuffizienz des M. gluteus medius mit resultierender Instabilität des Beckens

- Nervus Ischiadicus Läsion
- Periartikuläre (heterotope) Ossifikationen
- Verschleiß des Polyethylen-Inlays
- Metallose

Bezüglich der Fehlpositionierung des Schaftes war die klinische Symptomatik wegweisend, die für die Revision ausschlaggebend war. Bei anhaltenden Beschwerden mit Irritation des Tractus iliotibialis zeigte sich eine Valgus/Varus-Fehlstellung und somit einhergehender Offset-Verlust oder Gewinn. Ebenfalls wurde eine Malrotation mit konsekutiver Rotationsfehlstellung des Beines beobachtet. Die Versagensursache wurde dem OP-Bericht der Revision entnommen.

Gleiches Vorgehen erfolgte bei dem Revisionsgrund Fehlpositionierung der Pfannenkomponente. Es zeigte sich durch Abweichung der Inklination und Anteversion ein Überstand der Pfanne, welcher zu einem knöchernen oder weichteilbedingtem Impingement führte. Dieser zeigte sich bei der Revision intraoperativ und wurde als Versagensursache angesehen. Bei gleichzeitigem Vorliegen von Luxation und Pfannenfehlstellung wurde als primärer Revisionsgrund die Luxation ausgewählt.

Bezüglich des Implantatdesigns erfolgte eine Einteilung wie folgt:

Schaftsysteme:

- Standardschäfte
- Kurzschaftprothesen
- Oberflächenersatzprothesen (Kappen)
- Druckscheibenprothesen

Pfannensysteme:

- Zementfreie Pfannen (Pressfit- und Schraubpfannen)
- Zementierte Pfannen

Des Weiteren wurde eine Einteilung in zementierte, zementfreie und Hybrid-Verankerung vorgenommen. Dabei war die Hybrid-Verankerung definiert als zementierte Verankerung des Schaftes und zementfrei fixierte Pfanne.

Die Revers-Hybrid-Verankerung wurde als zementierte Pfanne und zementfreier Schaft definiert. Bezüglich der primären Diagnose zum Implantationszeitpunkt der Primärendoprothetik wurde eine Einteilung wie folgt vorgenommen:

- Primäre Coxarthrose
- Sekundäre Coxarthrose (s.u.)
- Hüftkopfnekrose (HKN)
- Mediale Schenkelhalsfraktur (med. SHF)
- Posttraumatische Coxarthrose
- Dysplasiecoxarthrose mit Luxation des Hüftkopfes
- Dysplasiecoxarthrose ohne Luxation des Hüftkopfes

Die sekundäre Coxarthrose beinhaltet in dieser Arbeit die Degeneration nach Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises, nach Epiphysiolysis capitis femoris, M. Perthes und als Bestrahlungsfolge.

Als Einflussfaktoren (Co-Morbiditäten) wurden sämtliche internistische Nebendiagnosen zusammengefasst. Hierunter zählen u.a. Diabetes mellitus Typ 1 und 2, arterielle Hypertonie, Herzinsuffizienz, Niereninsuffizienz, koronare Herzkrankheit, Hyperurikämie, chronische Bronchitis, periphere arterielle Verschlusskrankheit, Hyperlipidämie sowie Tumorerkrankungen. Eine detaillierte Überprüfung der Zusammenhänge zwischen der Versagensursache und einzelner Co-Morbiditäten erfolgte aufgrund der Inhomogenität nicht. Lediglich eine Gegenüberstellung der Revisionshäufigkeit mit und ohne Co-Morbiditäten wurde aufgeführt. Isoliert betrachtet wurde die prozentuale Häufigkeit der PPI abhängig vom BMI und Diabetes mellitus Typ 1 und 2.

2.3. Gegenüberstellung prozentualer Häufigkeiten

Die Analysen erfolgten im Wesentlichen deskriptiv mit Aufstellung der prozentualen Häufigkeiten. Die unterschiedlichen Variablen wurden in einer

Tabelle gesammelt und ausgewählte Abhängigkeiten dargestellt. Es wurden die Zeiträume bis zur Revision sowie der Revisionsgrund in Abhängigkeit zur Verankerungsform der Endoprothese und in Abhängigkeit des Alters bei Primärimplantation der Prothese untersucht. Das Alter bei Primärimplantation wurde zur besseren Vergleichbarkeit angelehnt an die Studie von Ulrich et al. (2007) in Patientengruppen eingeteilt:

1) 19-49 Jahre, 2) 50-69 Jahre sowie 3) 70-92 Jahre. Weiterhin erfolgte die Aufstellung der Revisionsgründe abhängig von der primären Diagnose. Dann wurde die Zeit bis zur Revision den einzelnen Primärdiagnosen gegenübergestellt sowie eine Übersicht der einzelnen Revisionsgründe nach Zeit bis zur Revision geordnet. Dabei wurden die Zeiträume eingeteilt in 1) kleiner als 1 Jahr, 2) 1-2 Jahre, 3) 2-5 Jahre und 4) 5-10 Jahre bis zur Revision. Auch in diesem Fall erfolgte die Einteilung angelehnt an die Studie von Ulrich et al. (2007).

Bei periprothetischen Infektionen erfolgte die Untersuchung auf eine Abhängigkeit von den primären Diagnosen, der Verankerung, dem Implantatdesign sowie Co-Morbiditäten, wobei nur der Diabetes mellitus separat betrachtet wurde. Ansonsten erfolgte lediglich eine Gegenüberstellung mit dem Auftreten von Co-Morbiditäten, wobei die Art der Co-Morbiditäten bzw. die Anzahl einzelner Nebendiagnosen nicht berücksichtigt wurde. Gesondert untersucht wurde dagegen der BMI in Zusammenhang mit der PPI.

Die Analysen der genannten Abhängigkeiten erfolgten als prozentuale Häufigkeit, d.h. wie häufig ist eine Variable, z.B. ein BMI größer oder kleiner als 25 oder ein Diabetes mellitus, bei Vorliegen einer PPI. Äquivalent wurde mit allen anderen Variablen verfahren.

Ein gewichtiger Anteil wurde den Gegenüberstellungen der Häufigkeiten der aseptischen Schaftlockerung gewidmet. Zunächst wurde die aseptische Lockerung zementfreier Schäfte in Abhängigkeit von den Primärdiagnosen, Verankerungstechnik und vor allem dem Implantatdesign untersucht. Gleiches Vorgehen erfolgte mit der aseptischen Lockerung zementierter Schäfte sowie eine gemeinsame Betrachtung sowohl zementfreier als auch zementierter Verankerung der Prothesenschäfte. Die einzelnen Verteilungen dieser Gruppe wurden gegenübergestellt.

2.4. Kaplan-Meier Auswertung

Die Kaplan-Meier Analyse zeigt die sogenannten Überlebenskurven. Dabei wird die Wahrscheinlichkeit, dass ein Ereignis innerhalb eines Zeitintervalls nicht eintritt geschätzt. Es erfolgten die Analysen der Zeit von der Indexoperation bis zur Revisionsoperation in Abhängigkeit vom Schaftdesign. Die Druckscheibenprothesen wurden aufgrund der geringen Anzahl (n=4) nicht in die Analysen mit eingeschlossen. Beim Prothesenschaftdesign erfolgte folgende Unterteilung:

Einteilung nach Schaftdesign:

- Standardschäfte zementiert oder hybrid
- Standardschäfte zementfrei oder rev. hybrid
- Kurzschaftprothesen
- Oberflächenersatzprothesen

Nach Auswertung der mittleren Revisionsintervalle wurden paarweise Vergleiche erstellt, und die einzelnen Schaftdesigns auf signifikante Unterschiede im Verlauf der Überlebenskurven untersucht. Dazu wurde der Log-rank-Test angewendet. Ein signifikanter Unterschied bestand bei $p < 0,05$.

Ergänzend wurde die Zeit bis zur Revision in Abhängigkeit vom Alter bei Primärimplantation analysiert. Es erfolgte eine Einteilung in 2 Gruppen, älter oder jünger als 50 Jahre. Auch in diesem Zusammenhang wurde zunächst die mittlere Zeit bis zur Revisionsoperation ermittelt. Äquivalent zum obigen Vorgehen wurde untersucht, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Überlebenskurven besteht.

Zuletzt erfolgte noch die Auswertung der Patientendaten mit der Kaplan-Meier Analyse nach Zeit bis zur Revision abhängig von der Primärdiagnose. Dabei wurde die primäre Coxarthrose mit der Hüftkopfnekrose verglichen.

2.5. Competing risk Analyse

Die Competing risk Analyse vergleicht die Überlebenszeiten von konkurrierenden Ereignissen. Bei Eintritt eines Ereignisses (z.B. Grund für die Revisionsoperation) sind automatisch die anderen Ereignisse (andere Revisionsgründe) ausgeschlossen. Die resultierenden Graphen dienen der deskriptiven Analyse des zeitlichen und kumulativen Eintretens eines Ereignisses. Dieses statistische Instrument wurde für 5 Revisionsgründe angewandt.

Diese waren aseptische Lockerung, Luxation, periprothetische Infektion, periprothetische Fraktur sowie unspezifische Beschwerden. Für die aseptische Lockerung wurden isolierte Schaftlockerung, isolierte Pfannenlockerung sowie Schaft- und Pfannenlockerung zusammengefasst. Bei der periprothetischen Fraktur wurden periprothetische Femurfraktur mit und ohne Sturzereignis, Fraktur des Trochanter major sowie Azetabulumfraktur zusammengefasst. Dabei wurden ausschließlich Patienten untersucht, bei denen als Primärdiagnose entweder HKN oder eine primäre Coxarthrose vorlag, da bei diesen Primärdiagnosen ein ähnliches Revisionspektrum und ein vergleichbarer operativer Anspruch bestand. Darüber hinaus ist bei anderen Primärdiagnosen, wie z.B. mediale Schenkelhalsfraktur oder posttraumatische Coxarthrose der Knochen als Implantatlager vorgeschädigt und begünstigt evtl. das Auftreten einer aseptischen Lockerung.

Die graphische Darstellung erfolgte mit der kumulativen Häufigkeit der Revisionsgründe (periprothetische Fraktur „f“, aseptische Lockerung „l“, Instabilität mit konsekutiver Luxation „Lux“, Periprothetische Infektionen „PPI“ und unspezifische Beschwerden „ub“) für die Kurzschäfte und zum anderen für die Standardschäfte. Isoliert betrachtet wurde die kumulative Häufigkeit für die aseptische Lockerung bei den Kurzschaftprothesen, den Oberflächenersatzprothesen und bei den Standardschäften. Mit dem Gray`s-Test erfolgte die Überprüfung auf Signifikanz. Ein signifikanter Unterschied bestand bei $p < 0,05$.

2.6. Biometrische Auswertung

Der Schwerpunkt der statistischen Auswertung wurde auf prozentuale Häufigkeiten gelegt. Darüber hinaus erfolgte die Ermittlung des Kaplan-Meier Survival und die erhobenen Scores wurden mittels Log-rank-Test auf Signifikanz geprüft. Ebenfalls erfolgte die Analyse mit der Competing risk Analyse. Die Signifikanz wurde mit dem Gray`s-Test ermittelt. Die Auswertung erfolgte über EDV mit dem Softwarepaket IBM SPSS Statistics sowie Microsoft Word und Excell 2013. Die erhobenen Daten wurden mit anderen bisher publizierten Studiendaten mit einem vergleichbaren Patientenkollektiv verglichen.

3. Ergebnisse

3.1. Allgemeine Aufstellung der Ergebnisse

Nach Auswertung der Patientenakten betrug die Gesamtanzahl der Patienten, die in die Studie eingeschlossen wurden $n = 1050$ ($m : w = 457 : 593$). Das Durchschnittsalter bei Primärimplantation betrug 62 Jahre (Range 19 - 92 Jahre). Der mittlere BMI bei Primärimplantation lag bei 27 kg/m^2 (± 5 ; Range 14-54). Der Anteil der Patienten mit einem BMI $> 25 \text{ kg/m}^2$ betrug 61,1% ($n = 642$). Bei der Analyse der Co-Morbiditäten zeigte sich, dass bei fast 90% der Patienten ($n = 938$) mindestens eine internistische Nebenerkrankung vorlag. Der mittlere Zeitraum zwischen Index- und Revisionsoperation (=Revisionsintervall) betrug 29 Monate ($\pm 28,8$ Monate, Range 0 - 123 Monate). Die initialen Diagnosen vor der Indexoperation setzen sich folgendermaßen zusammen: Primäre Coxarthrose 71% ($n = 746$), Dysplasie-Coxarthrose ohne Luxation 11,6% ($n = 122$), Hüftkopfnekrose 6,3% ($n = 66$), posttraumatische Coxarthrose 4,1% ($n = 43$), mediale Schenkelhalsfraktur 3,7% ($n = 39$), sekundäre Coxarthrosen 2,1% ($n = 22$) sowie Dysplasie-Coxarthrose mit Luxation 1,1% ($n = 12$); siehe Abb. 6.

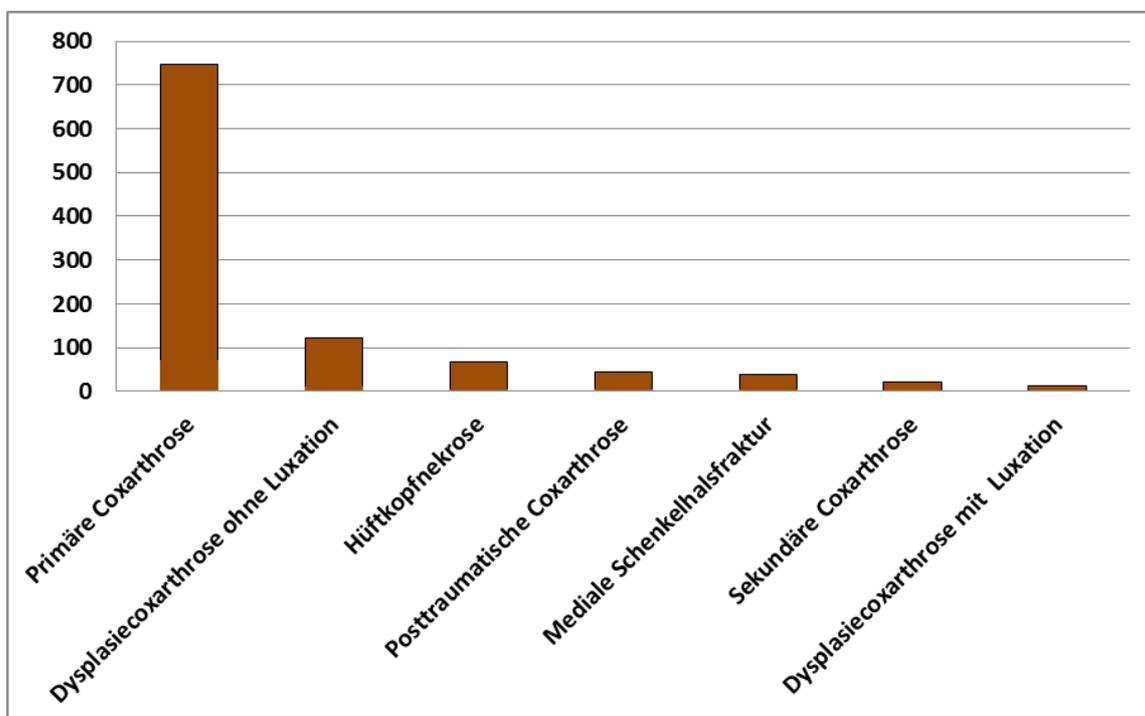


Abb. 6: Verteilung der primären Diagnosen (absolute Fallzahlen)

Bezüglich der Verankerungstechnik zeigte sich, dass 68,4% (n = 718) der H-TEPs zementfrei fixiert wurden. Eine zementierte Versorgung erfolgte bei 19,8% (n = 208), eine Hybridverankerung lag bei 8,9% (n = 93) und eine Revers-Hybrid-Technik bei 3% (n = 31) der Patienten vor.

Die Verteilung des Schaftdesigns der H-TEPs wurde angeführt von den Standardschäften. Die zweithäufigste Schaftform waren die Kurzschaftprothesen. Es folgten mit deutlichem Abstand noch Oberflächenersatzprothesen und Druckscheibenprothesen (Tab. 2).

Schaftdesign	Prozentualer Anteil
Standardschaft	70 %
Kurzschaftendoprothese	23,8 %
Kappenprothesen	5,8 %
Druckscheibenprothese	0,4 %

Tab. 2: Verteilung des Schaftdesigns

Bezogen auf das Gesamtkollektiv war die Hauptindikation, die zur Revisionsoperation führte, die aseptische Prothesenlockerung (40,2%, n = 422). Bei 277 Patienten (26,4%) zeigte sich eine aseptische Schaftlockerung, bei 114 Patienten (10,9%) eine aseptische Pfannenlockerung und bei 31 Patienten (3,0%) eine Lockerung beider Komponenten. Weitere Indikationen zur Revisionsoperation waren periprothetische Infektionen bei 193 Patienten (18,4%) und Instabilitäten mit mehrfacher (n > 2) Luxation bei 169 Patienten. Das vollständige Spektrum der Revisionsgründe ist in Tab. 3 dargestellt.

Revisionsgrund	Anzahl (total)	Anzahl (in %)
Aseptische Lockerung Schaft	277	26,4
Infektion	193	18,4
Luxation	169	16,1
Aseptische Lockerung Pfanne	114	10,9
Unspezifische Beschwerden	59	5,6
Periprothetische Femurfraktur	36	3,4
Psoasimpingement	33	3,1
Aseptische Lockerung Schaft und Pfanne	31	3,0
Periartikuläre Ossifikationen	32	3,0
Metallose	29	2,8
Inlayverschleiß	20	1,9
Fraktur Trochanter major	12	1,1
Nervus Ischiadicus-Läsion	9	0,9
Periprothetische Femurfraktur nach Sturz	4	0,4
Musculus gluteus medius Insuffizienz	4	0,4
Faszienlücke	4	0,4
Fehlpositionierung Pfanne	4	0,4
Bruch des Keramikkopfes	4	0,4
Periprothetische Azetabulumfraktur	3	0,3
Bursitis trochanterica	3	0,3
Pseudarthrose nach Femurosteotomie	2	0,2
Bruch des Prothesenkonus	2	0,2
Fehlpositionierung Schaft	2	0,2
Bruch des Prothesenschaftes	2	0,2
Mediale Schenkelhalsfraktur bei Kappe	1	0,1
Hüftkopfnekrose bei Kappe	1	0,1
gesamt	1050	100,0

Tab. 3: Revisionsgründe

3.2. Zusammenhänge verschiedener Variablen

3.2.1. Zeit bis Revision in Abhängigkeit von der Verankerungsform

Das größte Revisionsintervall der einliegenden endoprothetischen Versorgung ergab sich für die Hybrid-Verankerung. Hier lag eine mittlere Zeit bis zur Revision von 40 Monaten ($\pm 34,9$ Monate) vor. Die zementfreien Implantate zeigten ein mittleres Revisionsintervall von 29 Monaten ($\pm 27,4$ Monate), bzw. 27,4 Monate ($\pm 32,2$ Monate) bei der Revers-Hybrid-Verankerung. Die kürzeste Zeit bis zur Revisionsoperation wiesen die zementierten Implantate auf ($25,5 \pm 29,2$ Monate).

3.2.2. Revisionsgründe in Abhängigkeit von der Verankerungsform

Der häufigste Revisionsgrund bei der zementierten Verankerung war die Instabilität mit konsekutiver Luxation (43,3%). Die aseptische Schaftlockerung wurde am häufigsten sowohl bei der zementfreien Fixation (28,8%) als auch bei der Hybridverankerung (41,9%) beobachtet. Bei der Revers-Hybrid-Technik war die aseptische Pfannenlockerung (29%) am häufigsten.

Die 11 häufigsten Revisionsgründe in Abhängigkeit von der Verankerungstechnik zeigt die folgende Tabelle. Die jeweils drei häufigsten Versagensursachen sind hervorgehoben.

Revisionsgrund	Zementiert n = 208 n(%)	Zementfrei n = 718 n(%)	Hybrid n = 93 n(%)	Rev. -Hybrid n = 31 n(%)
Inlayverschleiß	0(0,0)	18(2,5)	2(2,2)	0(0,0)
Asept. Lockerung Pfanne	18(8,7)	82(11,4)	5(5,4)	9(29,0)
Asept. Lockerung Schaft	28(13,5)	207(28,8)	39(41,9)	3(9,7)
Asept. H-TEP Lockerung	13(6,3)	8(1,1)	7(7,5)	3(9,7)
Luxation	90(43,3)	66(9,2)	12(12,9)	2(6,5)
Metallose	0(0,0)	29(4,0)	0(0,0)	0(0,0)
Psoasimpingement	3(1,4)	28(3,9)	1(1,1)	0(0,0)
PPI	33(15,9)	140(19,5)	14(15,1)	6(19,4)
Unspez. Beschwerden	1(0,5)	55(7,7)	2(2,2)	1(3,2)
Periartikuläre Ossifikationen	7(3,4)	21(2,9)	3(3,2)	1(3,2)
Perproth. Femurfraktur	9(4,3)	39(5,4)	2(2,2)	2(6,5)
Andere	6(2,9)	25(3,5)	6(6,5)	4(12,9)

Tab. 4: Revisionsgründe in Abhängigkeit von der Verankerung

3.2.3. Zeit bis Revision in Abhängigkeit vom Alter bei der Primärimplantation

Betrachtet man die Zeit bis zur Revisionsoperation in Abhängigkeit vom Alter bei Primärimplantation zeigte sich das längste Revisionsintervall mit 38,8 Monate in der Gruppe 19-49 Jahre. Das kürzeste Revisionsintervall (19,6 Monate) zeigte sich bei den 70-92 Jährigen. In der Gruppe 50-69 Jahre betrug die mittlere Zeit bis zur Revision 31,1 Monate.

3.2.3. Revisionsgründe in Abhängigkeit vom Alter bei der Primärimplantation

In der Gruppe der 19-49jährigen sind die drei häufigsten Gründe zur Revisionsoperation die aseptische Schaft- (21,7%, n = 34) und Pfannenlockerung (17,2%, n = 27) sowie die PPI (12,7%, n = 20). Die drei häufigsten Revisionsgründe in der Gruppe der 50 - 69 und 70 - 92 jährigen sind die aseptische Schaftlockerung, die PPI und die Instabilität der einliegenden H-TEP mit mehrfachen Luxationsereignissen. Der jeweils häufigste Grund zur Revisionsoperation war die Luxation bei den 70 - 92 jährigen (30%, n = 83) und die aseptische Schaftlockerung in den Gruppen 19 - 49 (21,7 %, n = 34) und 50-69 Jahre (29,9%, n=184). Die Zusammenstellung der 11 häufigsten Revisionsgründe zeigt Tab. 5.

Revisionsgrund	19-49 Jahre	50-69 Jahre	70-92 Jahre
	n = 157	n = 616	n = 277
	n(%)	n(%)	n(%)
Inlayverschleiß	6(3,8)	11(1,8)	3(1,1)
Asept. Lockerung Pfanne	27(17,2)	66(10,7)	21(7,6)
Asept. Lockerung Schaft	34(21,7)	184(29,9)	59(21,3)
Asept. H-TEP Lockerung	5(3,2)	16(2,6)	10(3,6)
Luxation	11(7,0)	75(12,2)	83(30,0)
Metallose	12(7,6)	16(2,6)	1(0,4)
Psoasimpingement	8(5,1)	21(3,4)	4(1,4)
PPI	20(12,7)	114(18,5)	59(21,3)
Unspez. Beschwerden	18(11,5)	38(6,2)	3(1,1)
Periartikuläre Ossifikationen	1(0,6)	21(3,4)	10(3,6)
Perproth. Femurfraktur	4(2,5)	35(5,7)	12(4,3)
Andere	11(7,0)	19(3,1)	12(4,3)

Tab. 5: Revisionsgründe in Abhängigkeit vom Alter der Patienten

3.2.4. Zeit bis zur Revision in Abhängigkeit von der primären Diagnose

Die Analyse des Revisionsintervalls in Abhängigkeit von der primären Diagnose vor der Indexoperation zeigt, dass bei der Primärdiagnose Dysplasie mit Luxation alle Revisionen innerhalb der ersten 5 Jahre erfolgten, bzw. fast 70% sogar innerhalb des ersten Jahres nach Primärimplantation. Bei der HKN wurden 53% der Revisionen bereits im ersten Jahr durchgeführt (Tab. 6).

Primäre Diagnose	n	< 1 Jahr n(%)	1-2 Jahre n(%)	2-5 Jahre n(%)	5-10 Jahre n(%)
Prim. Coxarthrose	746	266(35,7)	147(19,7)	219(29,4)	114(15,3)
Dysplasie ohne Luxation	122	50(41,0)	18(14,8)	28(23,0)	26(21,3)
Dysplasie mit Luxation	12	8(66,7)	2(16,7)	2(16,7)	0(0,0)
HKN	66	35(53,0)	12(18,2)	11(16,7)	8(12,1)
Mediale SHF	39	11(28,2)	7(17,9)	17(43,6)	4(10,3)
Posttr. Coxarthrose	43	19(44,2)	8(18,6)	13(30,2)	3(7,0)
Sekundäre Coxarthrose	22	9(40,9)	4(18,2)	4(18,2)	5(22,7)
gesamt:	1050				

Tab. 6: Zeit bis zur Revision in Abhängigkeit von der Primärdiagnose

3.2.5. Revisionsgrund in Abhängigkeit von der primären Diagnose

Bei der Analyse der Revisionsgründe in Abhängigkeit von der Primärdiagnose erfolgte eine Beschränkung auf die am häufigsten beobachteten Komplikationen: Aseptische Schaft- und Pfannenlockerung, PPI, Instabilität mit konsekutiver Luxation, periprothetische Femurfraktur sowie unspezifische Beschwerden. In der Gruppe der Patienten mit primärer Coxarthrose war die aseptische Schaftlockerung mit 28% der häufigste Revisionsgrund. Nachfolgend lagen die PPI (19,8%), Instabilität mit konsekutiver Luxation (14,3%), aseptische Pfannenlockerung (10,3%), unspezifische Beschwerden (5,8%) und periprothetische Femurfrakturen (3,2%). Bei initial vorliegender Dysplasie ohne/mit Luxation führte die aseptische Komponentenlockerung die Häufigkeit der Revisionsgründe an. Bei Hüftkopfnekrosen, die endoprothetisch versorgt wurden, zeigte sich, dass postoperativ in 42,4% der Fälle eine Instabilität mit konsekutiver Luxation bestand. Bei posttraumatischer Coxarthrose erwies sich die periprothetische Femurfraktur mit 11,6% und bei der medialen Schenkelhalsfraktur die PPI (28,2%) als übermäßig häufig. Die detaillierte Darstellung aller primären Diagnosen zeigt ergänzend die folgende Tabelle.

Primäre Diagnose	n	Revisionsgrund					
		Aseptische Lockerung Schaft n(%)	Infektion n(%)	Luxation n(%)	Aseptische Lockerung Pfanne n(%)	Unspezifische Beschwerden n(%)	Periprothetische Femurfraktur n(%)
Prim. Coxarthrose	746	209(28,0)	148(19,8)	107(14,3)	77(10,3)	43(5,8)	24(3,2)
Dysplasie ohne Luxation	122	21(17,2)	15(12,3)	16(13,1)	23(18,9)	9(7,4)	12(9,8)
Dysplasie mit Luxation	12	3(25,0)	1(8,3)	2(16,7)	2(16,7)	0(0,0)	1(8,3)
HKN	66	11(16,7)	10(15,2)	28(42,4)	3(4,5)	3(4,5)	3(4,5)
Mediale SHF	39	15(38,5)	11(28,2)	3(7,7)	4(10,3)	2(5,1)	0(0,0)
Posttr. Coxarthrose	43	14(32,6)	7(16,3)	9(20,9)	2(4,7)	1(2,3)	5(11,6)
Sekundäre Coxarthrose	22	4(18,2)	1(4,5)	4(18,2)	3(13,6)	1(4,5)	1(4,5)
gesamt:	1050						

Tab. 7: Revisionsgründe in Abhängigkeit von der Primärdiagnose (die häufigsten zwei Revisionsgründe sind hervorgehoben)

3.2.6. Revisionsgründe in Abhängigkeit vom Zeitraum bis zur Revision

Bei den meisten Patienten (84,8%; n = 890) betrug das Revisionsintervall weniger als 5 Jahre. In der Häufigkeitsverteilung zeigen sich zwei Gipfel: 398 Patienten (37,9%) wurden innerhalb des ersten Jahres revidiert, weitere 294 Patienten (28,0%) in den postoperativen Jahren 2 - 5. Lediglich 160 (15,2%) Patienten wurden nach dem 5. Jahr revidiert (siehe Abb. 7).

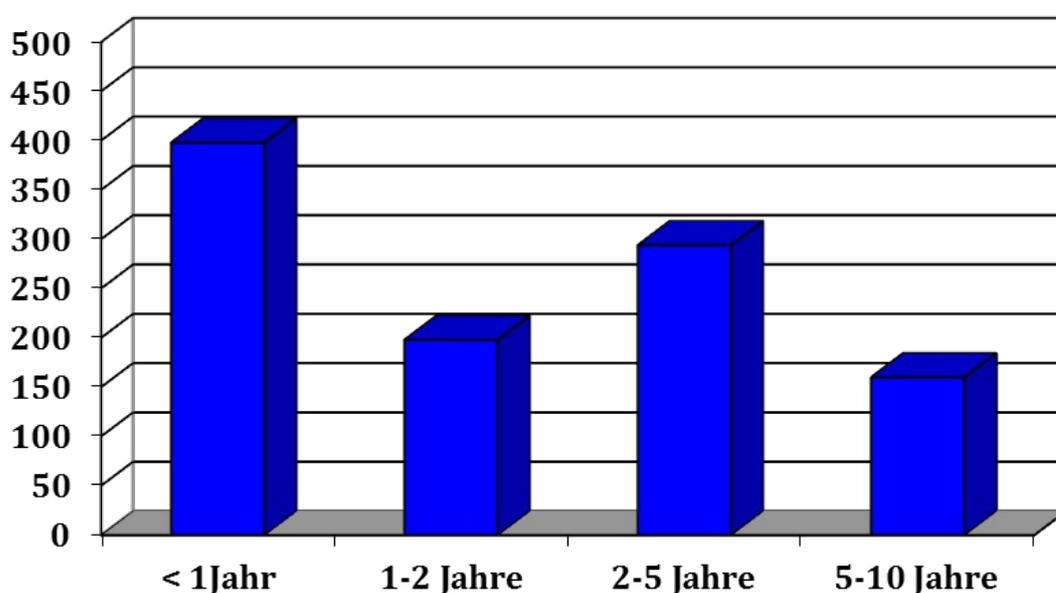


Abb. 7: Verteilung aller Revisionen (absolute Zahl) nach Zeit

Die fünf häufigsten Revisionsgründe in der Gruppe <1 Jahr waren Luxationen (28,6%, n=114), PPI (19,3%, n=77), aseptische Schafflockerungen (17,8%, n=71), periprothetische Femurfrakturen (9%, n=36) sowie aseptische Pfannenlockerungen (8%, n=32). Der Revisionsgrund periprothetische Femurfraktur wurde in der vorliegenden Studie lediglich im ersten Jahr nach Primärimplantation beobachtet. Im zweiten postoperativen Jahr zeigten sich als häufigste Revisionsgründe die aseptischen Schafflockerungen (28,8%, n = 57), PPI (20,7%, n = 41), aseptische Pfannenlockerungen (13,1%, n = 26), Instabilität mit konsekutiver Luxation (11,1%, n = 22) sowie unspezifische Beschwerden (7,1%, n = 14).

In der Gruppe 2-5 Jahre war die aseptische Schaftlockerung mit 34% (n=100) der Hauptrevisionsgrund. Nachfolgend bestanden die Revisionsindikationen aus PPI (20,4%, n = 60), aseptischen Pfannenlockerung (10,5%, n=31), Instabilitäten mit Luxationen und unspezifischen Beschwerden jeweils mit 8,5% (n=25).

In der Gruppe > 5 Jahre war die aseptische Schaftlockerung mit 30,6% (n = 49) erneut häufigster Revisionsgrund. Die aseptische Pfannenlockerung trat lediglich halb so oft auf (15,6%, n = 25). Weitere Revisionen erfolgten aufgrund von PPI (9,4%, n = 15) sowie unspezifischen Beschwerden (8,1%, n=13). Instabilitäten mit konsekutiver Luxation als Revisionsgrund zeigten sich in 5% der Fälle (n=8). Abbildung 8 fasst die oben genannten Revisionsgründe graphisch zusammen.

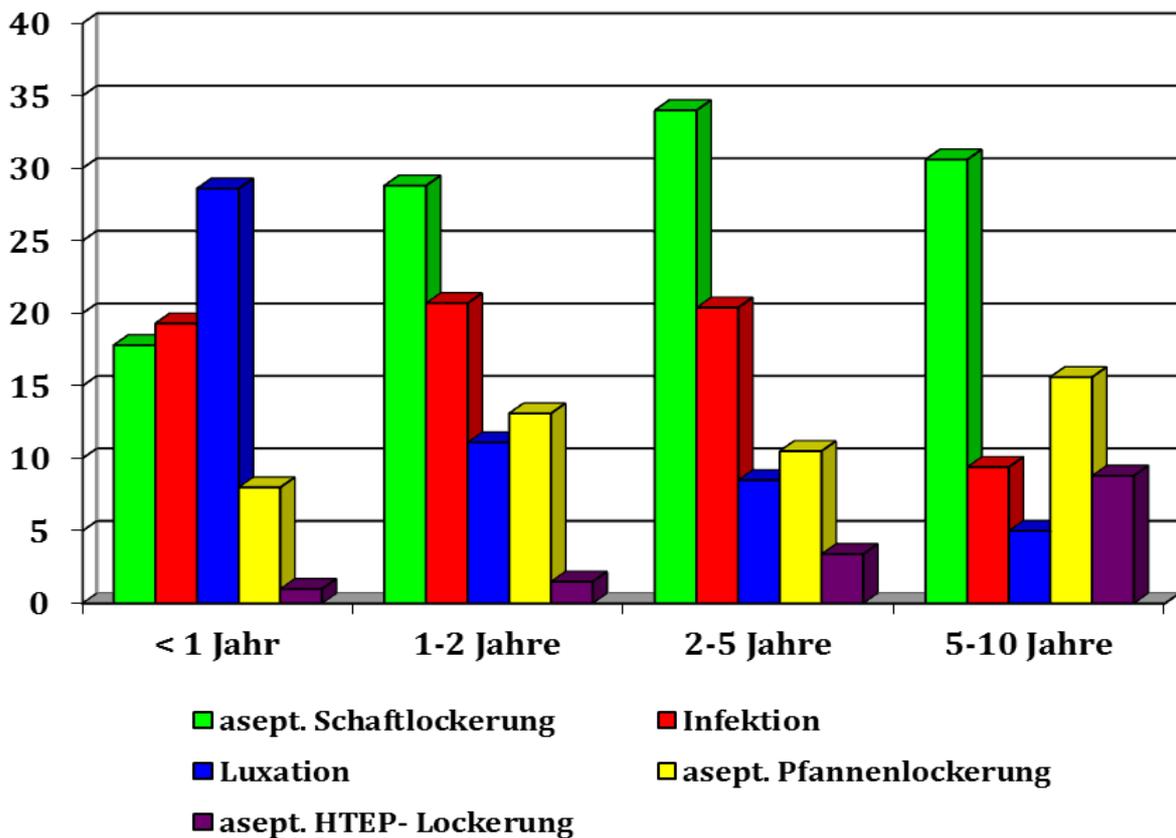


Abb.8: Verteilung der häufigsten Revisionsgründe in Prozent nach Zeit

3.2.5. Analyse periprothetischer Infektionen

Die Gesamtzahl periprothetischer Infektionen als Revisionsursache in dieser Studie lag bei $n = 193$ (m:w = 126:67). Das Durchschnittsalter betrug 63 Jahre (± 11 Jahre). Mit einem durchschnittlichen BMI von 28 kg/m^2 waren die Patienten gemäß WHO-Kriterien (nach WHO, Stand 2008) als präadipös einzustufen. Verglichen mit dem BMI des Gesamtkollektivs (27 kg/m^2) zeigte sich kein wesentlich abweichender BMI. In der Gruppe der PPI zeigte sich bei 70,5 % der Patienten (im Gegensatz zu 61,1% im Gesamtkollektiv) ein BMI $> 25 \text{ kg/m}^2$. Der mittlere Zeitraum bis zur Revision lag bei der PPI bei 24,3 Monaten ($\pm 22,6$). Der Frühinfekt, d.h. definitionsgemäß die PPI innerhalb des ersten Monats nach Primärimplantation (Winkler et al. 2014) zeigte sich bei 7,8% ($n = 15$) der Patienten. Vergleicht man die Häufigkeitsverteilung der Primär Diagnosen und der Verankerungsform in der Subgruppe PPI mit dem Gesamtkollektiv, so zeigt sich keine wesentliche Abweichung. Die Häufigkeitsverteilung des Designs der Schaftkomponente zeigt die folgende Tabelle.

Schaftdesign	Prozentualer Anteil
Standardschaft	72,5% (70%)
Kurzschaft	23,8% (23,8%)
Kappenprothesen	1,0% (5,8%)
Druckscheibenprothese	0,5% (0,4%)

Tab. 8: Schaftdesign prozentual bei PPI (Gesamtkollektiv in %)

3.2.6. Analyse der aseptischen Schaftlockerung

Eine aseptische Schaftlockerung als Revisionsgrund nach Primärimplantation trat bei 87 Patienten mit zementierter und 221 Patienten mit zementfreier Verankerung auf.

Das Geschlechterverhältnis war annähernd ausgeglichen (m:w = 163:145). Das Durchschnittsalter bei Primärimplantation und zementfreier Versorgung lag bei 61 Jahren (± 10), bei zementierter Verankerung 63 Jahre (± 13). Bei zementfreier Verankerung der Schaftkomponente zeigte sich ein mittleres Revisionsintervall von 27,8 Monaten ($\pm 23,4$). Zementierte Schaftkomponenten mussten im Mittel nach 58,3 Monaten ($\pm 29,7$) revidiert werden. Das minimale Revisionsintervall bei aseptischer Lockerung eines zementierten Schaftes in unserer Studie lag bei 9 Monaten (Range: 9-120 Monate). Bei der Betrachtung des BMI bestanden ausgeglichene Mittelwerte zwischen den Gruppen ($BMI_{\text{zementiert}} = 27\text{kg/m}^2$, $BMI_{\text{zementfrei}} = 28\text{kg/m}^2$). Bei der Betrachtung der Häufigkeit eines $BMI > 25\text{kg/m}^2$ zeigte sich, dass in der zementfrei versorgten Gruppe 76% und bei der zementierten Verankerung 58,6% der Patienten betroffen waren. Bei der aseptischen Schaftlockerung war die häufigste Diagnose bei Primärimplantation der H-TEP die primäre Coxarthrose (75,6%). Die Verteilung der weiteren Primärdiagnosen zeigt Abbildung 9.

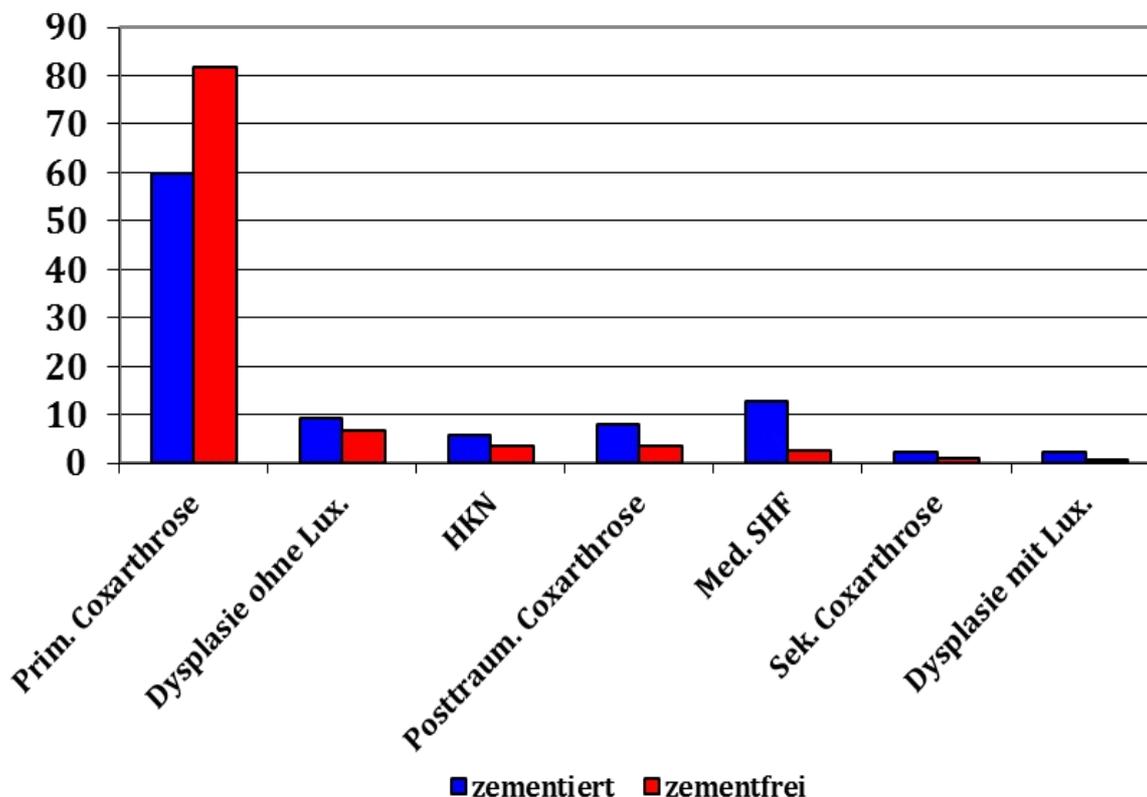


Abb.9: Verteilung der Primärdiagnosen in % bei der aseptischen Schaftlockerung

Analysiert man nun die aseptische Schaftlockerung im Hinblick auf das implantierte Schaftdesign, zeigt sich, dass von den zementfrei verankerten Schäften in 41,6% der Fälle Kurzschäfte revidiert worden sind. In 4,1% der Fälle handelte es sich um gelockerte Kappenprothesen (Abb. 10).

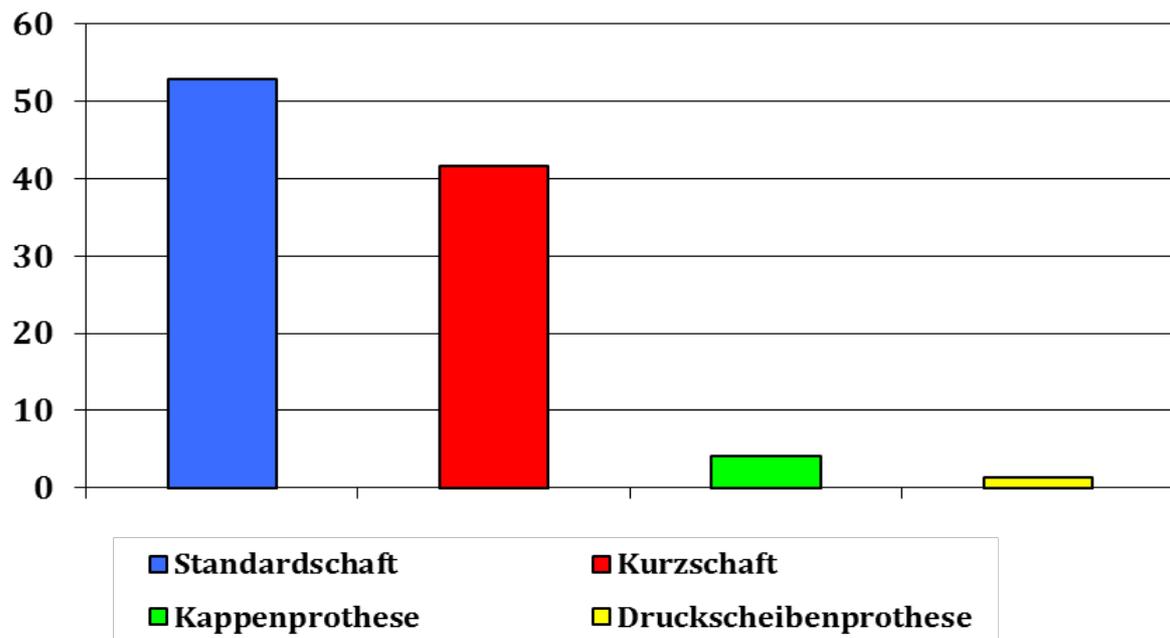


Abb.10: Verteilung, zementfrei, Schaftdesign in % bei der aseptischen Schaftlockerung

3.2.7. Revisionsintervall bei aseptischer Schaftlockerung in Abhängigkeit vom Schaftdesign

Bei der Analyse der aseptischen Schaftlockerung abhängig vom Schaftdesign zeigt sich eine interessante zeitabhängige Häufigkeitsverteilung. Insbesondere im ersten Jahr nach Primärimplantation zeigt sich die mit Abstand größte Revisionsrate bei den Kurzschäften. Über 50% der Revisionen bei Kurzschäften erfolgten bereits innerhalb des ersten Jahres. Hingegen wurden bei der zementfreien Verankerung der Standardschäfte lediglich 18,8% und bei den zementierten Schäften nur 3,5% im ersten Jahr revidiert.

Die meisten Revisionen bei zementierten Standardschäften erfolgten nach mehr als 5 Jahren, bei den zementfreien Standardschäften in der Gruppe 2-5 Jahre. Eine detaillierte Zusammenstellung zeigt die folgende Abbildung.

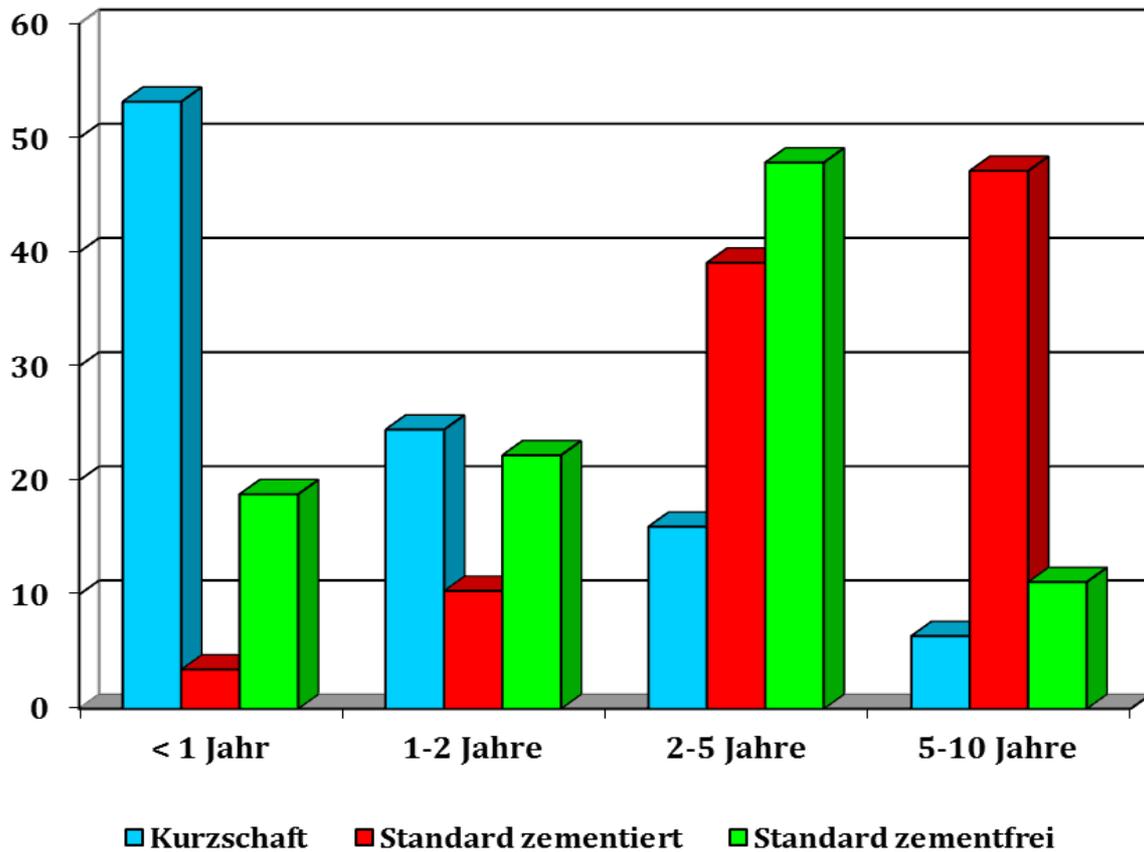


Abb.11: Verteilung Schaftdesign in % bei der aseptischen Schaftlockerung abhängig vom Zeitraum bis zur Revision

3.2.8. Analyse der Schaftsysteme

3.2.8.1. Oberflächenersatzprothesen

Insgesamt wurden 61 Patienten analysiert, die mit einer Oberflächenersatzprothese versorgt wurden. Das Durchschnittsalter betrug zum Zeitpunkt der Primärimplantation 52 Jahre (± 10). Der mittlere Zeitraum bis zur Revision betrug 55,3 Monate ($\pm 27,2$) mit einem Häufigkeitsgipfel zwischen dem 2. und 5. Jahr. Eine Differenzierung im oben genannten Zeitintervall zeigt folgende Abbildung.

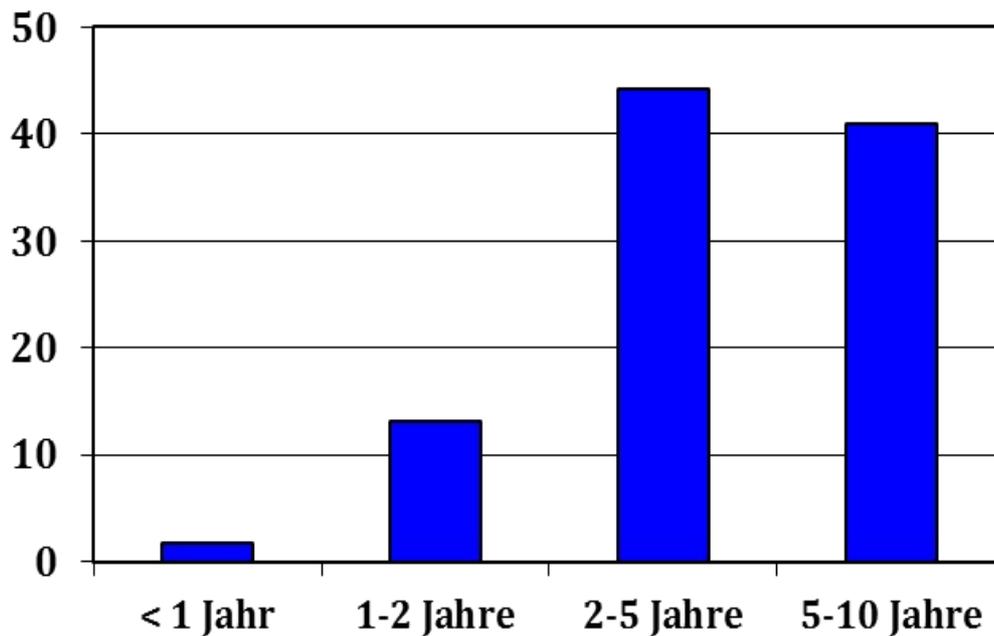


Abb. 12: Oberflächenersatzprothesenrevisionen in % abhängig vom Zeitraum bis zur Revision

Der mit Abstand häufigste Grund zur Revision bei den Oberflächenersatzprothesen lag in einer Metallose (38,3%, n=24). Unspezifische Beschwerden als Revisionsgrund traten in 18% der Fälle auf. Aseptische Lockerungen der Schaft-, bzw. der Pfannenkomponente traten in 11,5%, bzw. 14,8% auf. Die restlichen Komplikationen traten lediglich in geringer Häufigkeit auf.

3.2.8.2. Kurzschaftendoprothesen

250 Patienten erhielten in dieser Studie eine Revision bei liegender Kurzschaftendoprothese. Das Durchschnittsalter bei Primärimplantation betrug 59 Jahre (± 10 Jahre). Der mittlere Zeitraum bis zur Revision betrug 21,9 Monate ($\pm 22,1$) mit einem Häufigkeitsgipfel im ersten Jahr. Die folgende Abbildung zeigt die Häufigkeitsverteilung in den ersten 10 Jahren nach Primärimplantation.

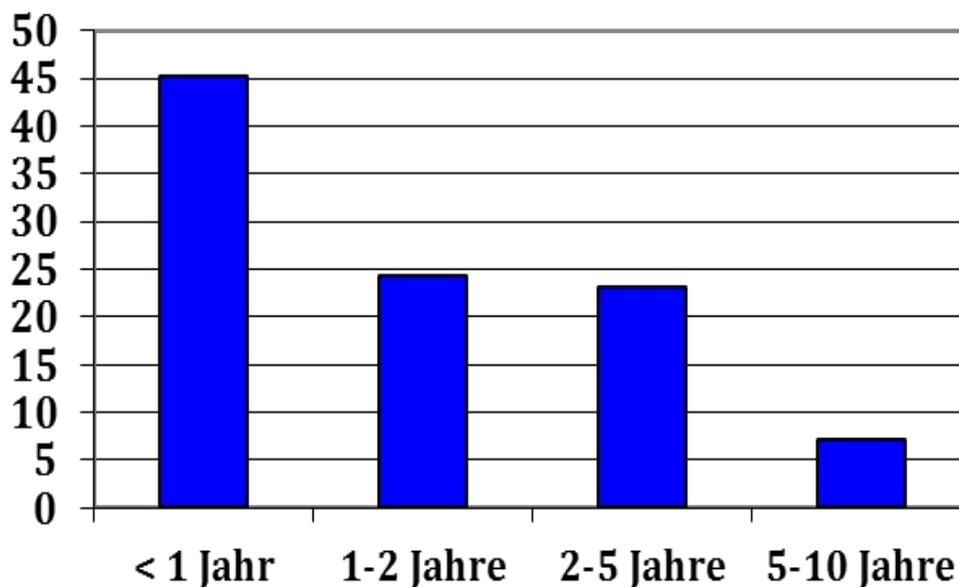


Abb. 13: Kurzschaffrevisionen in % abhängig vom Zeitraum bis zur Revision

Betrachtet man die Versagensursachen der Kurzschaffendoprothesen unabhängig einzelner Revisionszeiträume, zeigen sich im Wesentlichen vier Revisionsgründe. Am häufigsten (36,4%) lag eine aseptische Schafflockerung vor, gefolgt von einer PPI (18,4%), aseptischen Pfannenlockerung (10,4%) und Instabilitäten mit konsekutiver Luxation (9,6%).

3.2.8.3. Zementfreie Standardschäfte

Zementfrei verankerte Standardschäfte wurden bei 435 Patienten revidiert. Das Durchschnittsalter beträgt bei Revision 61 Jahre (± 11). Der mittlere Zeitraum bis zur Revision betrug 29,2 Monate ($\pm 28,2$). Ein Großteil der Revisionen erfolgte –analog zu den Kurzschäften - im ersten Jahr (Tab. 9)

Revisionszeiträume	< 1 Jahr	1-2 Jahre	2-5 Jahre	5-10 Jahre
Revisionen in %	34,9	21,6	29,9	13,6

Tab. 9: Revisionen in % abhängig vom Zeitraum

Die häufigsten Versagensursachen bei den zementfreien Standardschäften waren die aseptische Schaftlockerung mit 24,8% sowie PPI mit 22,3%. Eine aseptische Lockerung der Pfannenkomponente trat in 13,1% der Fälle auf. Neben Instabilität mit konsekutiver Luxation (9,9%) wurde in 7,1% der Fälle aufgrund einer periprothetischen Femurfraktur ohne Sturzereignis revidiert. Dieser Revisionsgrund war im Vergleich mit allen anderen Schaftsystemen am häufigsten bei den zementfrei verankerten Schäften vertreten.

3.2.8.4. Zementierte Standardschäfte

Bei den Standardschäften mit zementierter Verankerung wurden insgesamt 300 Patienten analysiert. Das Durchschnittsalter dieser Gruppe lag bei 68 Jahren (± 12), dementsprechend waren dies die ältesten Patienten bei Primärimplantation. Jüngere Patienten mit zementierter Schaftkomponente wiesen nicht selten als Primärdiagnose eine Dysplasiecoxarthrose (z.T. mit mehrfachen Umstellungsosteotomien) auf. Das durchschnittliche Intervall bis zur Revision lag bei 30,0 Monaten ($\pm 31,8$), es wurden jedoch im Vergleich mit den zementfreien Schäften häufiger Revisionen im ersten Jahr beobachtet (Tab. 10).

Revisionszeiträume	< 1 Jahr	1-2 Jahre	2-5 Jahre	5-10 Jahre
Revisionen in %	43,7	11,3	26,0	19,0

Tab. 10: Revisionen in % abhängig vom Zeitraum

In der Gruppe zementierter Schäfte ist der häufigste Revisionsgrund die Instabilität mit konsekutiver Luxation (34%), gefolgt von aseptischer Schaftlockerung (22%) und PPI (15,7%).

3.3. Kaplan-Meier Auswertung

Bei der Kaplan-Meier Analyse zeigte sich bei der Betrachtung der Schaftdesigns ein mittleres Revisionsintervall für die zementierten bzw. hybrid fixierten Standardschäfte von 30,5 Monaten (95% Konfidenzintervall: 26,9-34,1 Monate) und 29,7 Monate (95% Konfidenzintervall: 27,1-32,4 Monate) für die zementfrei oder Revers-Hybrid-Verankerung. Dabei war der Verlauf der Graphen der Standardschäfte annähernd gleich. Das mittlere Revisionsintervall für die Kurzschaftprothesen ergab 22,4 Monate (95% Konfidenzintervall: 19,6-25,1 Monate) und für die Oberflächenersatzendprothesen 55,8 Monate (95% Konfidenzintervall: 49,0-62,6 Monate). Ein signifikanter Unterschied zeigte sich beim Vergleich der Graphen der Standardschäfte und den Kurzschaften (zementfrei bzw. rev. Hybrid: Log-rank-Test: Chi-Quadrat 13,38; $p=0,0001$ und zementiert bzw. hybrid: Log-rank-Test: Chi-Quadrat 10,67; $p=0,0001$) sowie zwischen den Standardschäften und den Oberflächenersatzendoprothesen (zementfrei bzw. rev. Hybrid: Log-rank-Test: Chi-Quadrat 20,86; $p=0,0001$ und zementiert bzw. hybrid: Log-rank-Test: Chi-Quadrat 14,30; $p=0,0001$). Die graphische Zusammenstellung der einzelnen Überlebenskurven zeigt die folgende Abbildung.

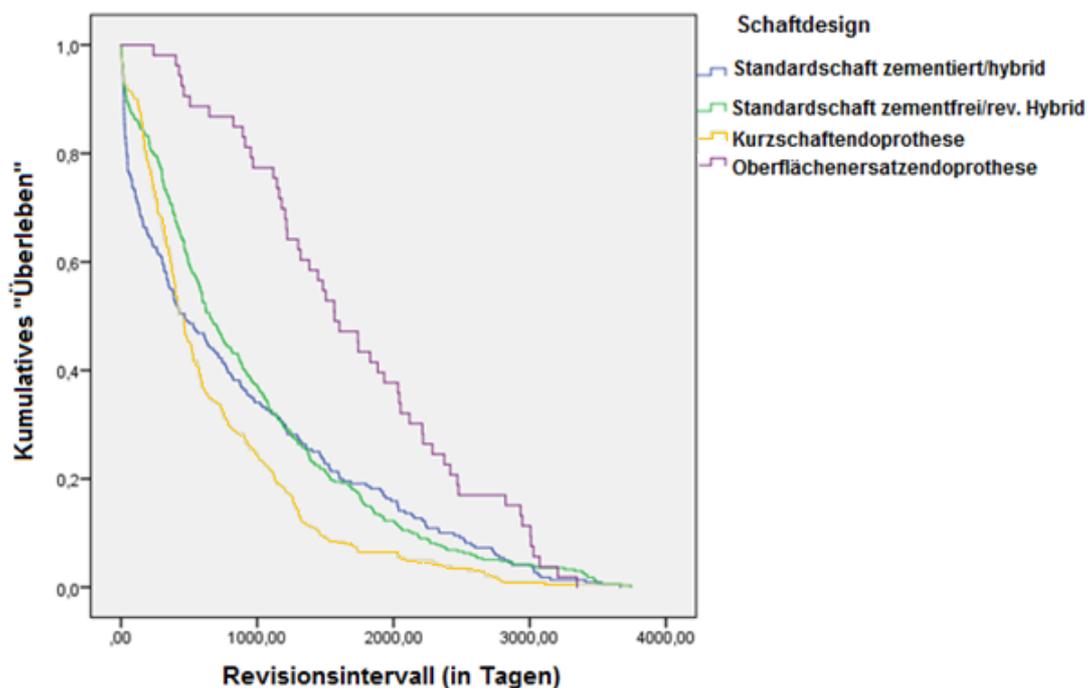


Abb. 14: Kaplan-Meier für Schaftdesign

Bei den Analysen der Zeit bis zur Revision in Abhängigkeit vom Alter bei Primärimplantation betrug die mittlere Zeit bis zur Revision in der Gruppe <50 Jahre 38,3 Monate (95% Konfidenzintervall: 33,6-43,0 Monate). Die Patienten über 50 Jahre wurden im Mittel nach einer Zeit von 28,1 Monaten (95% Konfidenzintervall: 26,2-30,0 Monate), und somit signifikant früher, revidiert (Log-rank-Test: Chi-Quadrat 6,64; $p=0,01$). Die graphische Darstellung zeigt die folgende Abbildung.

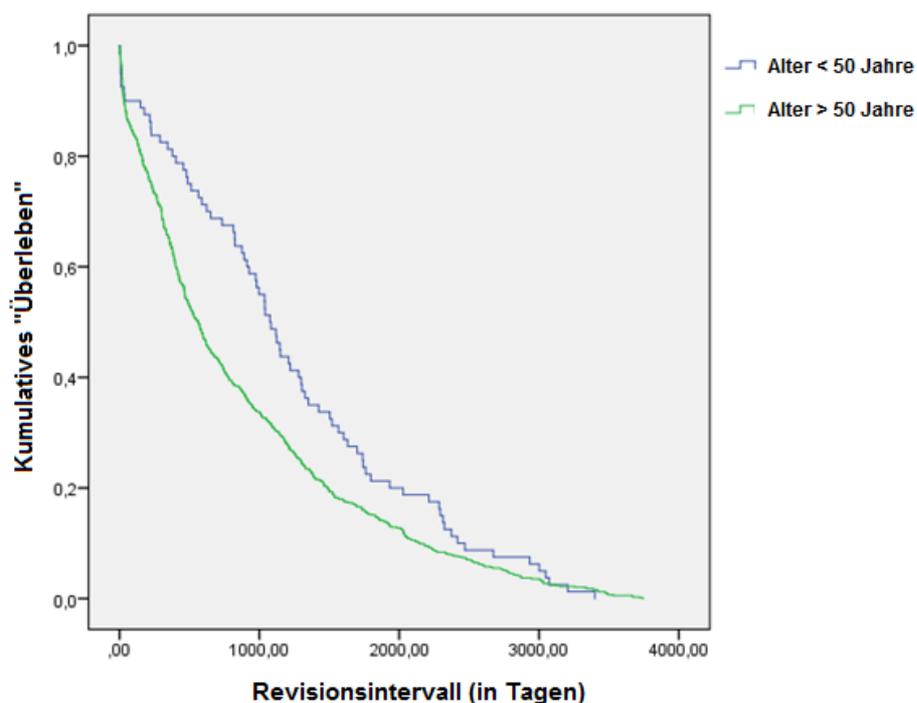


Abb. 15: Kaplan-Meier für Alter bei Primärimplantation

Bei den Analysen der Zeit bis zur Revision in Abhängigkeit von der Primärdiagnose Hüftkopfnekrose oder primäre Coxarthrose zeigte sich ein mittleres Revisionsintervall bei der Hüftkopfnekrose von 21,6 Monaten (95% Konfidenzintervall: 15,0-28,3 Monate) und bei der primären Coxarthrose von 30,4 Monaten (95% Konfidenzintervall: 28,3-32,4 Monate).

Damit besteht ein signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen (Log-rank-Test: Chi-Quadrat 6,74; $p=0,009$).

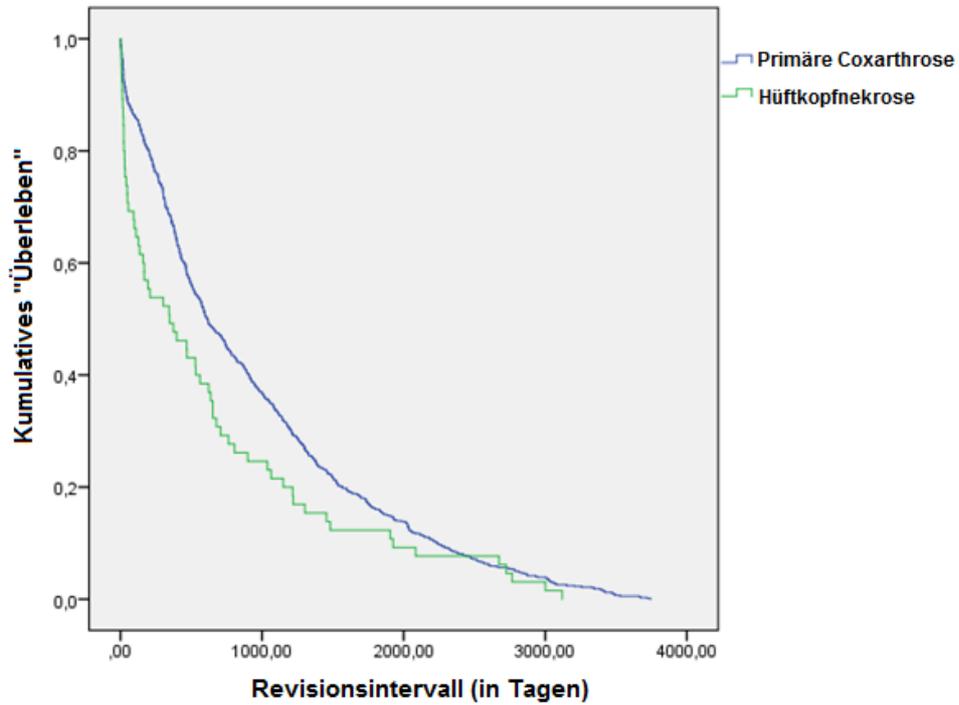


Abb. 16: Kaplan-Meier für Primäre Diagnose Hüftkopfnekrose und primäre Coxarthrose

3.4. Competing risk Analyse

Ergänzend zur Kaplan-Meier Analyse erfolgte die Competing risk Analyse mit graphischer Darstellung der Revisionsgründe (periprothetische Fraktur „f“, aseptische Lockerung „l“, Instabilität mit konsekutiver Luxation „Lux“, periprothetische Infektionen „PPI“ und unspezifische Beschwerden „ub“) für die Kurzschäfte und für die Standardschäfte. Dabei wurden ausschließlich Patienten untersucht, bei denen als Primärdiagnose entweder HKN oder eine primäre Coxarthrose vorlag.

Der deutlichste Unterschied bestand im Verlauf der Graphen für die aseptische Lockerung, die Luxation und die periprothetische Fraktur beim Vergleich beider Schaftformen. Für die Kurzschäftendoprothesen zeigte sich vor allem ein früher steiler Anstieg des Graphen für die aseptische Lockerung. Das bedeutet, dass diese Komplikation bei den Kurzschäften als dominierende Frühkomplikation vorlag.

Im Gegensatz dazu zeigte sich bei den Standardschäften ein kontinuierlicher Anstieg des Graphen für die aseptische Lockerung über den gesamten Betrachtungszeitraum über 10 Jahre. Das bedeutet, dass dieser Grund zur Revision gleichmäßig verteilt als Früh- und Spätkomplikation auftrat. Die Luxation und die periprothetische Fraktur zeigten einen steilen Anstieg und imponieren bei diesem Schafttyp als Frühkomplikation. Die PPI zeigt einen ähnlichen graphischen Verlauf bei beiden Schafttypen und tritt vor allem in den ersten 4 Jahren auf. Danach zeigt die Kurve einen flachen Verlauf (Abb. 17).

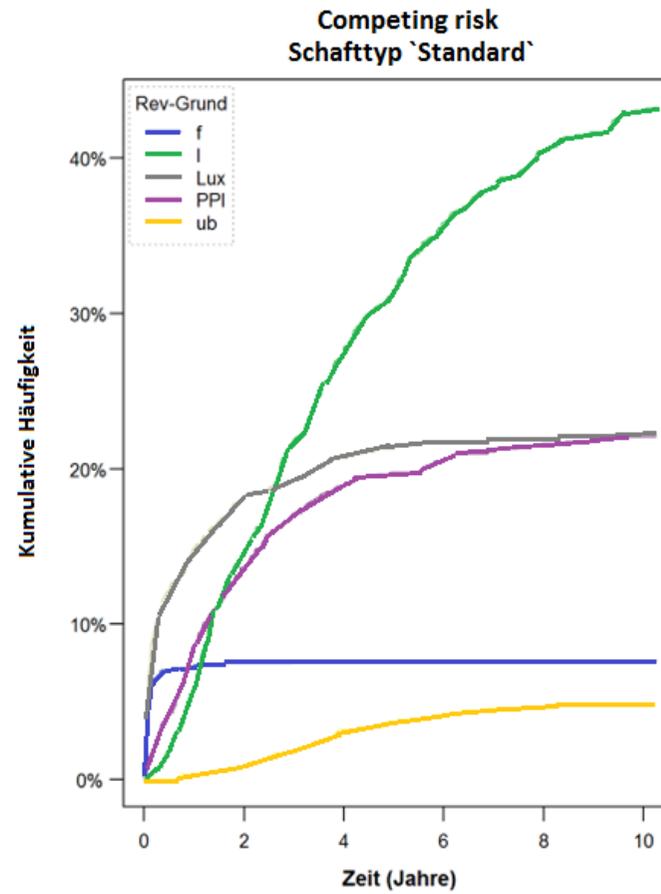
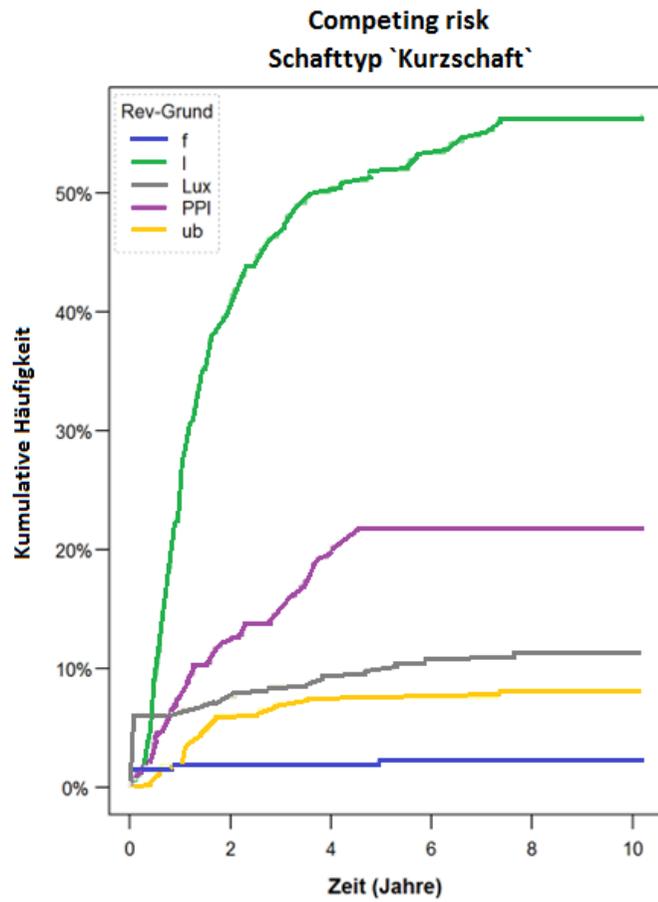


Abb. 17: Competing risk für Revisionsgründe bei Kurzschafftprothesen (links) und bei Standardschäften (rechts)

Isoliert betrachtet wurde die aseptische Lockerung für die Kurzschaftprothesen, die Oberflächenersatzprothesen und für die Standardschäfte. Dabei zeigte sich ein signifikanter Unterschied der Kurvenverläufe (Gray`s Test: $p=0,002$). Auch hier zeigen die Kurzschaftprothesen einen steilen Anstieg des Graphen als Zeichen der frühen Revision aufgrund einer aseptischen Lockerung (Abb. 18).

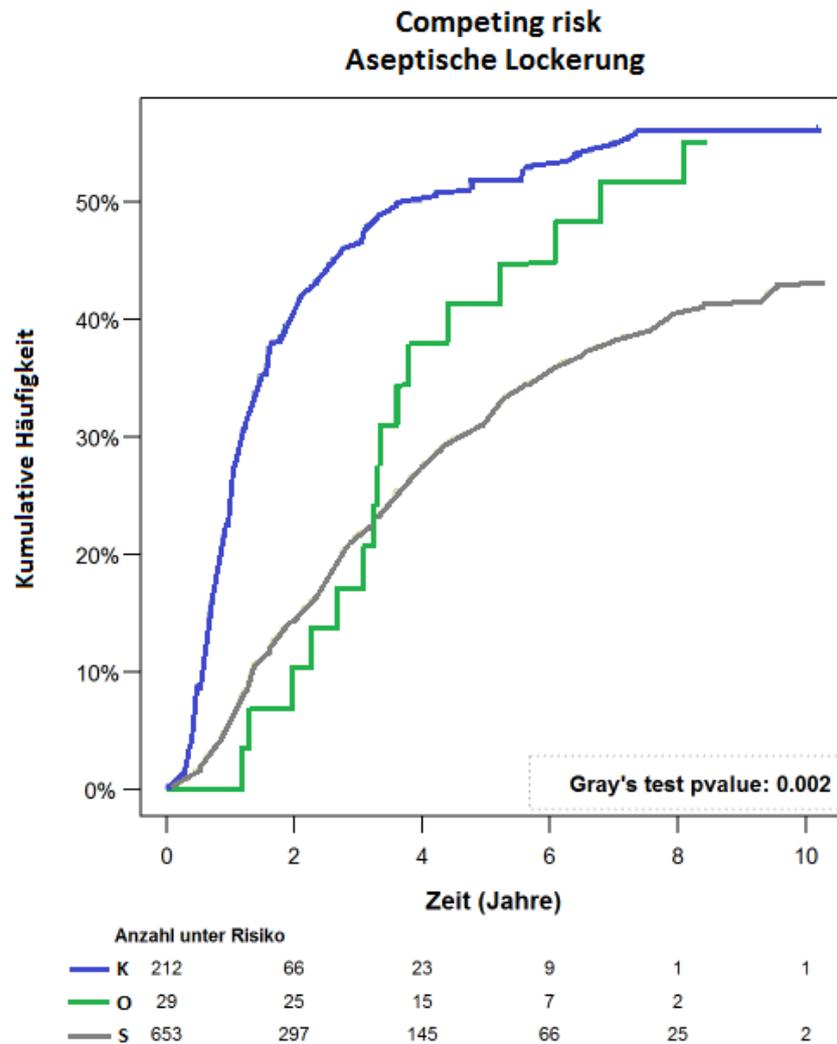


Abb. 18: Competing risk für aseptische Lockerung nach Schaftdesign

4. Diskussion

Aufgrund einer zunehmenden Verschiebung der Altersstruktur der Bevölkerung bei gleichzeitig steigendem Aktivitätsniveau, nimmt die Hüftendoprothetik einen großen Stellenwert in der orthopädischen Chirurgie ein. Durch eine hohe Anzahl der Indexoperationen sowie der anzunehmenden steigenden Anzahl an Folgeoperationen sind die Hersteller bestrebt, eine möglichst weite Verbreitung der Implantate zu erreichen. Neben zahlreichen – in Studien und Endoprothesenregistern bewährten – guten Implantaten drängt eine große Anzahl neuer Prothesenmodelle auf den Markt. Hierbei bleibt jedoch zunächst zu belegen, dass diese neuen Modelle auch gleichsam eine Verbesserung, unter keinen Umständen aber eine Verschlechterung für den Patienten bedeuten. Das höhere Ziel sollte somit sein, die guten Resultate der etablierten Prothesenmodelle zu übertreffen, bzw. neue Implantate mit schlechten Ergebnissen schnell wieder vom Markt zu nehmen. Um dies zu gewährleisten sind regelmäßige kritische Versagensanalysen unerlässlich. Die zentrale Erfassung der Indexoperationen sowie der verwendeten Prothesenkomponenten in Form eines Prothesenregisters befindet sich in Deutschland noch im Aufbau. Auf entsprechende Daten kann somit noch nicht zurückgegriffen werden.

Die vorliegende Studie soll durch eine kritische Versagensanalyse einen Teil dazu beitragen, Daten über die derzeit im Vordergrund stehenden Gründe für die erste Revision nach der Indexoperation „Hüftendoprothese“ zu liefern. Hierzu erfolgte die retrospektive Auswertung von Patientendaten im Zeitraum 01.01.2004 bis 15.08.2014 an der HELIOS Endo-Klinik Hamburg bezüglich der Versagensursachen und dem zeitlichen Zusammenhang der ersten Revision nach Primärimplantation einer Hüftgelenkendoprothese.

Ziel dieser Studie ist die Beantwortung der Frage, ob sich durch eine Veränderung der Implantate in den vergangenen Jahren (z.B. Oberflächenersatzprothesen, Kurzschäfte) das Revisionsspektrum in seiner Zusammensetzung messbar verändert hat. Darüber hinaus wird analysiert, ob neben dem Revisionsspektrum auch eine Veränderung der Häufigkeitsverteilung der Revisionsgründe und eine

veränderte Verteilung der Frühkomplikationen, bedingt durch neue Implantate, vorliegt. Neben aktuellen Studien wird insbesondere zum Vergleich zur letzten Dekade die Studie von Ulrich (2007), die eine Analyse des Zeitraumes 1996 bis 2004 darstellt, herangezogen. Die vorliegende Studie analysiert die Versagensursachen jedoch ohne Vergleich mit der Grundgesamtheit. Aus diesem Grund können explizit keine Aussagen über die Stand-/Überlebenszeiten von einzelnen Implantaten gemacht werden. Lediglich innerhalb der Gruppe der revidierten Hüftendoprothesen können unterschiedliche Implantatdesigns oder Verankerungstechniken relativ zueinander verglichen werden.

Bei der Analyse der Versagensursachen zeigen sich in der vorliegenden Studie die folgenden drei häufigsten Revisionsgründe: die aseptische Lockerung (40,2%), die periprothetische Infektion (18,4%) und die Instabilität mit konsekutiver Luxation (16,1%). Diese Versagensursachen sind bereits mehrfach in der Literatur beschrieben, weisen jedoch eine Streuung bzgl. ihrer Häufigkeiten auf (Ulrich et al. 2007, Melvin et al. 2014, Zhang 2014). Die aseptische Lockerung ist in zahlreichen Studien als häufigste Versagensursache angeführt (Lachiewicz et al. 2005, Templeton et al 2001, Ullmak et al 2002). Die Untersuchung der Ursachen der aseptischen Lockerung zeigt multiple Risikofaktoren, u.a. Nikotinabusus oder die Einnahme von nicht-steroidalen Antiphlogistika (NSAR, Meldrum et al 2005 und Persson et al 2005). Darüber hinaus führt eine mangelhafte Operations- und Implantationstechnik zu frühen Versagern. Die frühe aseptische Schaftlockerung wird zudem begünstigt durch einen erhöhten BMI (Melloh et al. 2011). In der vorliegenden Studie betrug das mittlere Revisionsintervall der zementierten Schäfte 58,3 Monate. Dies ist mehr als doppelt so lange wie die mittlere Zeit bis zur Revision bei den zementfreien Schäften (27,8 Monate). Eine Ursache hierfür liegt möglicherweise in dem hohen Anteil an Kurzschäften (41,6%) innerhalb der Gruppe der zementfreien Schäfte. Die mittlere Zeit bis zur Revisionsoperation betrug bei den Kurzschäften lediglich 18,5 Monate. Über die Hälfte (54,3%) der aufgrund einer aseptischen Schaftlockerung indizierten Kurzschaftrevisionen erfolgte bereits im ersten Jahr nach Primärimplantation. Somit verkürzte sich die durchschnittliche Überlebenszeit bei den zementfreien Schäften insgesamt deutlich.

Eine Studie von Pedersen et al. (2014) analysiert zwar nur Patienten unter 55 Jahren bei Primärimplantation, zeigt jedoch bei den Langzeitergebnissen ein reduziertes Risiko für die Revision aufgrund einer aseptischen Lockerung bei den zementfreien Implantaten. Hier zeigt sich erneut die Limitation der vorliegenden Studie. Aufgrund eines fehlenden Gesamtkollektives können keine Aussagen über die realen Standzeiten der einzelnen Prothesenmodelle gemacht werden. Es lässt sich jedoch schlussfolgern, dass Revisionen aufgrund einer aseptischen Lockerung bei Kurzschäften in unserem Patientenkollektiv früher auftreten als bei allen anderen untersuchten Verankerungstechniken.

Das in der vorliegenden Studie ein Großteil der Kurzschaftprothesen bereits in den ersten zwei Jahren versagt ist beunruhigend. Die Registerdaten zeigen aufgrund der späten Markteinführung noch keine Langzeitergebnisse dieses Implantattypes. Die Studie von v. Lewinski und Floerkemeier (2015) beschreibt Zehn-Jahres-Ergebnisse der Metha-Kurzschäfte (Fa. Aesculap, Tuttlingen, Deutschland). Es erfolgte die detaillierte Analyse der Versagensursachen für jede einzelne Revision, um auch u.a. Implantationsfehler zu detektieren. Alle in der Klinik der Autoren implantierten Metha-Kurzschäfte im Zeitraum 2005 bis 2013 wurden untersucht. Hier bestätigte sich, dass 77% der Revisionen (ausgenommen der Revisionen aufgrund von Titan-Prothesenhalsbrüchen) im ersten Jahr erfolgten. Die häufigste Versagensursache war die aseptische Schaftlockerung insbesondere mit frühzeitiger Sinterung. Ursächlich für das frühe Versagen sehen die Autoren unter anderem operative Fehler in Form von „Undersizing“ (d.h. einer Unterdimensionierung der Prothesengröße) mit reduzierter primärer Stabilität und somit frühzeitiger Sinterung sowie einer Fehlpositionierung des Schaftes (z.B. Varus-Fehlstellung). Es liegt die Annahme nahe, dass Revisionen bei Kurzschäften meist aufgrund von Frühkomplikationen erfolgen. Hier scheint die Fehlpositionierung und das Auswählen eines zu kleinen Schaftes („Undersizing“) eine größere Rolle als bei den Standardschäften zu spielen (v. Lewinski und Floerkemeier 2015). Bause (2015) beobachtete bei seinem Patientenkollektiv (n=105) mit rheumatoider Arthritis nach einem Intervall von 5 Jahren zweimal eine Sinterung des Kurzschaftes und einmal eine Perforation der Kortikalis durch den Kurzschaft.

Auch dies zeigt erneut, dass Revisionen von Kurzschäften häufig im Rahmen der Frühkomplikationen auftreten. Das sorgfältige Auswählen der Größe des Schaftes und die korrekte Positionierung sind wichtige Parameter für die erfolgreiche Implantation von Kurzschäften. Darüber hinaus spielen auch die Anatomie und die Primärdiagnose eine wichtige Rolle bei der Wahl eines Kurzschaftes. Junge Patienten mit guter Knochenqualität, insbesondere im Bereich des proximalen Femurs, sowie eine korrekte Prothesenschaftimplantation sind gerade bei Kurzschäften entscheidend (Kim et al 2014 sowie Gruner und Heller 2015). Eine sparsame Resektion des Schenkelhalses bietet eine optimale Verankerungsstrecke bei geeigneter Anatomie und Design des Kurzschaftes. Damit können die Frühkomplikationen reduziert werden. Als Kontraindikation für die Implantation von Kurzschaftprothesen sehen Gruner und Heller (2015) die Coxa vara und die hochgradige Dysplasie mit Coxa antetorta. Zukünftige Analysen werden zeigen, ob die jüngst in den Markt gebrachten modifizierten Kurzschaftprothesen ähnlich hervorragende Langzeitergebnisse liefern wie die konventionellen Standardprothesenschäfte.

Eine gefürchtete Komplikation nach Primärimplantation einer Hüftendoprothese ist die PPI. Wie bereits gezeigt, stellt diese eine der drei häufigsten Komplikationen sowohl als Früh- (Frühinfektion, d.h. innerhalb der ersten 4-6 Wochen, Winkler et al. 2014) als auch als Spätinfektion dar. Bei Beschwerden im Bereich einer einliegenden Hüftendoprothese sollte immer auch an eine PPI gedacht werden, insbesondere beim Vorliegen von Risikofaktoren, wie z.B. Diabetes mellitus oder Adipositas (O`Toole et al. 2015). Eine von Wu vorgelegte Studie an einem chinesischen Patientenkollektiv zeigte darüber hinaus, dass ein hohes Patientenalter, ein BMI über 28kg/m^2 , das Leben in ländlichen Regionen sowie ein Alkoholabusus zu einer PPI prädisponieren (Wu C et al. 2014). In der vorliegenden Studie betrug der mittlere BMI 28kg/m^2 bei den aufgrund einer PPI revidierten Patienten.

Komorbiditäten lagen in dieser Studie bei 94% der untersuchten Patienten mit einer PPI vor, wobei ein Diabetes mellitus mit einer Häufigkeit von 8,3% nachzuweisen war. Insbesondere die Adipositas, deren Prävalenz sich weltweit seit 1980 verdoppelt hat (Kyrou et al. 2014), wird vermutlich auch zukünftig als prädisponierender Risikofaktor für die PPI zunehmend in den Fokus rücken.

Ebenfalls in Zukunft bedeutsamer werden vermutlich die PPI hervorgerufen durch multiresistente Erreger. Wichtige Erreger in diesem Zusammenhang sind z.B. MRSA, VRE, 3 und 4 MRGN (aufgeführt im Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 4 von 2013). Als Risikofaktor gilt nachgewiesenermaßen die großzügige Anwendung von Antibiotika in der Tiermast (Callens et al. 2015).

Die wichtigsten Säulen in der Therapie der PPI bestehen zum einen in einem aggressiven chirurgischen Debridement mit ein-/ zweizeitigem Endoprothesenwechsel und zum anderen in einer fundierten mikrobiologischen Analyse und daraus abgeleitet einer testgerechten systemischen und topischen Antibiotikatherapie (Gehrke und Parvizi 2013). Ein Erhaltungsversuch der einliegenden Endoprothese sollte lediglich bei einem Frühinfekt in den ersten 4 Wochen nach Primärimplantation erfolgen (Faschingbauer et al. 2015). Danach ist bei Ausbildung eines Biofilms keine adäquate Erreichbarkeit mit Antibiotika mehr gewährleistet (Campoccia et al. 2006). Die Wahl zwischen ein- und zweizeitigem Wechsel der Endoprothese sowie das dazwischen liegende Intervall sind derzeit noch Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion und nicht abschließend geklärt. Ein Konsensus besteht bereits heute darin, dass bei identifiziertem Erreger, gezielter topischer und systemischer Antibiotikatherapie, chirurgisch radikalem Debridement sowie bei einem Patienten ohne Zeichen einer akuten Sepsis der einzeitige Wechsel einen anerkannten therapeutischen Weg darstellt (Lichstein et al. 2013).

Betrachtet man die Verankerungstechniken bei den revidierten Patienten mit einer PPI in der vorliegenden Studie, so zeigten sich bei 72,5% zementfrei und bei 17,1% zementiert verankerte Prothesen. Da jedoch in der vorliegenden Studie die Vergleichsmöglichkeit mit dem Gesamtkollektiv fehlt, ist diesbezüglich keine Schlussfolgerung möglich. In der aktuellen Literatur weist eine Metaanalyse von Yoon et al (2015) mit insgesamt 84200 Patienten auf einen Zusammenhang zwischen der zementierten Verankerungstechnik und einem Anstieg der Inzidenz der PPI hin. In dieser Studie betrug die Häufigkeit einer PPI insgesamt 0,4%. Die Inzidenz einer PPI bei der zementierten Gruppe betrug 0,5% und bei der zementfreien 0,3%.

Einen weiteren häufigen Revisionsgrund stellt die Instabilität mit konsekutiver Luxation des Hüftgelenks dar. Diese Komplikation tritt in der vorliegenden Studie und zahlreichen anderen Studien (u.a. Melvin et al. 2014 und Zhang 2014) insbesondere als Frühkomplikation auf. Die vorliegende Studie zeigt eine auffällige Häufung von Instabilitäten mit konsekutiver Luxation bei der zementierten Verankerung (43,3%) sowie bei der Hüftkopfnekrose (42,4%). Diese Beobachtung bei der Hüftkopfnekrose ist auch einer Arbeit von Bergh et al. (2014) zu entnehmen. Dort wird gezeigt, dass es eine Häufung der Revisionsraten bei der Hüftkopfnekrose im Vergleich zur primären Coxarthrose gibt. Insbesondere die Luxation war fast doppelt so häufig in der Gruppe der HKN (1,8%) verglichen mit der primären Coxarthrose (1,0%). Ursachen für die erhöhte Revisionsrate bei der Hüftkopfnekrose sind verbunden mit zum Beispiel einer verminderten Knochenqualität und Infektanfälligkeit. Dies resultiert daraus, dass die HKN häufig assoziiert ist mit z.B. exzessivem Alkoholismus, Rauchen, Kortikoidtherapie und systemischem Lupus erythematosus (Bradbury et al. 1994, Mont and Hungerford 1995, Lieberman et al. 2000, Mahoney et al. 2005 und Mont et al. 2006).

In der vorliegenden Studie wurde beobachtet, dass sich auch bei der Gruppe der zementierten Verankerung eine erhöhte Luxationsrate zeigte. Einen direkten Zusammenhang zwischen zementierter Verankerungstechnik und erhöhter Luxationsrate war jedoch in der Literatur nicht nachzuweisen (z.B. Trumm et al. 2014 ; Witte et al. 2009).

Bei der Betrachtung der Zeiträume von der Indexoperation bis zur Revision zeigte sich in der vorliegenden Studie, dass die meisten Patienten innerhalb der ersten fünf Jahre nach Indexoperation revidiert wurden. 56,8% aller Revisionen erfolgten bereits in den ersten zwei Jahren nach Primärimplantation. Als führende Frühkomplikationen in den ersten zwei Jahren sind die Instabilität mit konsekutiver Luxation und die aseptische Schaftlockerung zu nennen. Dies war begünstigt durch den - wie bereits oben dargestellt - hohen Anteil von Revisionen der Kurzschafftendoprothesen mit einem kurzen Intervall zwischen Indexoperation und Revision. In der vorliegenden Studie zeigt sich bzgl. der Revisionsindikation aseptische Schaftlockerung ein erhöhter Patientenanteil mit der Primärdiagnose mediale Schenkelhalsfraktur (38,5%) und posttraumatische Coxarthrose (32,6%).

Dies lässt vermuten, dass durch den vorgeschädigten Knochen eine aseptische Schaftlockerung begünstigt wird. Tritt eine periprothetische Fraktur, insbesondere des Femurs als Frühkomplikation auf, so liegt häufig eine iatrogene Fraktur bei der Implantation eines zementfreien Schaftes vor (Sidler-Maier und Waddell 2015). Dass in der vorliegenden Studie die periprothetische Femurfraktur lediglich innerhalb des ersten Jahres nach Primärimplantation beobachtet wurde, lässt die Vermutung zu, dass ein unbestimmter Anteil dieser Frakturen u.U. iatrogen verursacht wurde. Bei den zementfreien Schäften betrug die Häufigkeit der periprothetischen Femurfraktur 7,1% und im Gegensatz hierzu 0,3% bei den zementierten Schäften. Ein höheres Risiko für eine periprothetische Femurfraktur innerhalb der ersten zwei Jahre nach Primärimplantation eines zementfreien Schaftes haben auch Hailer et al. (2010) im Schwedischen Endoprothesenregister nachgewiesen.

Primäre Diagnosen, bei denen es häufig zu Frühkomplikationen kam, sind insbesondere die HKN und die posttraumatische Coxarthrose. Patienten mit der Primärdiagnose Dysplasie mit Luxation wiesen in der vorliegenden Arbeit zu fast 70% ein Revisionsintervall von weniger als 12 Monaten auf. Als ursächlich hierfür könnte die technisch sehr anspruchsvolle Primärimplantation anzusehen sein. Präoperativ besteht bei den betroffenen Patienten mitunter eine deutliche Beinlängendifferenz, die chirurgisch auszugleichen versucht wird. Ebenso sind häufig aufwendige Pfannenrekonstruktionen sowie ggf. ergänzende Femur-Osteotomien notwendig.

Das längste Intervall von der Indexoperation bis zur Revisionsoperation zeigte sich in der vorliegenden Studie bei der Verankerung der Hüftendoprothese mittels Hybrid-Technik mit durchschnittlich 40 Monaten. Dies ist im Einklang mit den Daten des schwedischen Endoprothesenregisters mit dem längsten revisionsfreien Intervall für diese Gruppe innerhalb eines Beobachtungszeitraums von 10 Jahren (Hailer et al. 2010).

Der häufigste Revisionsgrund in der Gruppe der Reversed-Hybrid-Verankerungen war die aseptische Pfannenlockerung (29,0%). In der Auswertung unserer Daten zeigte sich die Anwendung der Reversed-Hybrid-Verankerung fast ausschließlich bei der Dysplasie-Coxarthrose mit einer notwendigen Rekonstruktion des

Pfannendaches durch ein strukturelles Allograft. Hierbei erfolgte eine Verankerung der Pfannenkomponenten mit Knochenzement. Es addieren sich somit das Risiko des Versagens durch eine aseptische Pfannenlockerung und das Versagen des strukturellen Allografts, so dass eine Häufung der aseptischen Lockerung der Pfannenkomponente beobachtet werden kann. Eine Studie von Sternheim et al. (2013) zeigte bei der Analyse des Langzeitverlaufes von zementierter bzw. zementfreier Verankerung der Pfannenkomponente bei Dysplasie, dass 42% der Pfannenkomponenten aufgrund einer aseptischen Lockerung revidiert werden mussten. Diese relative Häufung an Pfannenlockerungen lässt die Vermutung zu, dass die aseptische Lockerung der Pfannenkomponente eine spezielle Komplikation bei der Versorgung der Dysplasie-Coxarthrose unter Anwendung einer Pfannendachplastik mit einem strukturellen Allograft darstellt, und dass sich das Spektrum der Versagensursachen von demjenigen bei der nicht-dysplastischen physiologischeren Ausgangssituation deutlich unterscheidet. Alternative Rekonstruktionsverfahren des Pfannendaches mit z.B. Tantal Wedges (F.a. Zimmer Biomet, Warsaw, Indiana, USA) stehen zur Verfügung. Insgesamt ist jedoch ein Vergleich der einzelnen Rekonstruktionstechniken bei hoher Varianz der Anatomie des Pfannenlagers bei Hüft dysplasien nur unter großen Einschränkungen möglich. Daraus ergibt sich eine schwierige Interpretation vorliegender Studien, da häufig unterschiedliche Typen der Hüft dysplasie zusammengefasst wurden (Sakellariou et al. 2014). Allen Studien gemein ist die erhöhte Komplikationsrate bei der Implantation einer Hüftendoprothese bei der Dysplasie-Coxarthrose verglichen mit der primären Coxarthrose (Sakellariou et al. 2014).

Die Analysen des Revisionsintervalls in Abhängigkeit vom Alter bei der Primär-implantation wiesen das längste Intervall in der Gruppe der 19-49 jährigen auf, hiernach verkürzt sich das Intervall jeweils bis zur ältesten Patientengruppe. Dies spiegelt sich auch in der Häufigkeitsverteilung der Revisionsgründe abhängig vom Alter wieder. In der Gruppe der 70-92 jährigen erscheint überproportional häufig die Luxation (meist als Frühkomplikation) als Revisionsgrund. Die Studienlage bzgl. der Analysen des Revisionsintervalls in Abhängigkeit vom Patientenalter bei Primärimplantation ist uneinheitlich.

Ulrich et al. (2007) zeigt entgegen der vorliegenden Studie ein Ansteigen des Revisionsintervalls mit zunehmendem Alter. Andere Studien zeigen, dass steigendes Alter mit einem erhöhten Risiko an kardialen, neurologischen und pulmonalen Risiken einhergeht (D'Apuzzo 2014). Dies lässt vermuten, dass sich diese Erkenntnis auch auf das Revisionsintervall auswirkt. Das „Outcome“ jedoch ist gemäß der Studie von Fang et al. (2015) in allen Altersgruppen ähnlich verteilt.

Bereits 1938 entwickelte Smith-Petersen eine Hüftkappe aus einer Chrom-Kobalt-Molybdän-Legierung mit dem Ziel der knochensparenden Hüftendoprothetik insbesondere auf der femoralen Seite (Smith-Petersen 1939). Es erfolgten zahlreiche Weiterentwicklungen mit zum Teil ernüchternden Ergebnissen und hoher Komplikationsrate (Amstutz und Le Duff 2015). Eine Renaissance erfuhren die Hüftkappen in den neunziger Jahren durch McMinn mit Metall/Metall-Gleitpaarungen (McMinn et al. 1996). Dies führte zur Verbreitung dieser scheinbaren Neuerung in der Hüftendoprothetik. Bei der Analyse der Versagensursachen der Oberflächenersatzprothesen waren die vier häufigsten Gründe zur Revision in der vorliegenden Studie: 1) Metallose (39,3%), 2) unspezifische Beschwerden (18,0%), 3) aseptische Lockerung Schaft (14,8) und 4) aseptische Lockerung Pfanne (11,5%). Das mittlere Revisionsintervall war mit 55,3 Monaten deutlich länger als beim Gesamtkollektiv (durchschnittlich 29,2 Monate). Eine Erklärung dafür könnte sein, dass das Spektrum der Versagensursache bei dieser Prothesenart differiert, d.h. die häufigste Versagensursache Metallose (39,3%) im Mittel erst nach einem Intervall von 66,8 Monaten auftrat. Eine aktuelle Studie von Nam et al (2015) zeigt ein ähnliches Revisionsspektrum, wenn auch mit anderer Häufigkeitsverteilung der Versagensursachen verglichen mit der vorliegenden Studie. Nam et al. (2015) haben das BHR System (Birmingham Hip Resurfacing; Smith&Nephew, Memphis, Tennessee, USA) bei Primärimplantation von insgesamt 1271 BHR-Kappenprothesen im Zeitraum 2006-2008 in Form einer retrospektiven Studie analysiert. Die Patienten wurden klinisch nachuntersucht oder telefonisch kontaktiert. Der mittlere Untersuchungszeitraum betrug in der Studie 2,9 Jahre. Die drei häufigsten Revisionsgründe waren: 1) periprothetische Fraktur, 2) Luxation und 3) Fehlpositionierung der Pfannenkomponente mit Schmerzsymptomatik und Metallose.

Der Untersuchungszeitraum von im Mittel 2,9 Jahren ist deutlich kürzer als das mittlere Revisionsintervall in der vorliegenden Studie (4,6 Jahre) und erklärt die andere Häufigkeitsverteilung mit dominierenden Frühkomplikationen wie periprothetischer Fraktur und Luxation in der Studie von Nam et al (2015).

Die Fehlpositionierung der Komponenten der Hüftkappenendoprothesen spielt eine wichtige Rolle bei der Versagensanalyse. Bereits bei geringer Abweichung der Prothesenpositionierung, z.B. einer Pfanneninklination von mehr als 55°, zeigt sich bei den Oberflächenersatzprothesen eine deutlich höhere Versagensrate (Börnert et al. 2015). Insbesondere die Fehlpositionierung der Pfannenkomponekte ist der Beginn einer Kaskade für Folgekomplikationen (Amstutz und Le Duff 2015). Ein Beispiel dafür ist, dass durch eine überhöhte Randbelastung („edge loading“) bei Metall-Metall-Gleitpaarungen ein exzessiver Abrieb mit Metallose resultiert (Wang et al. 2012). Ein Anstieg der Metallionenkonzentration beobachteten Lons et al (2015) über einen Zeitraum von im Mittel 4 Jahren. Dabei erhöhte sich die Kobaltkonzentration um fast das Vierfache und bei Chrom verdoppelte sich die Konzentration im Blut. Durch eine Kumulation der Metallionen im Blut treten gelegentlich sogar Vergiftungserscheinungen mit neurologischen Symptomen auf. Darüber hinaus entstehen abriebbedingt nachhaltige Gewebereaktionen mit z.T. Pseudotumorbildung und ausgeprägten Osteolysen (Amstutz und Le Duff 2015). Durch die Osteolysen bis hin zur Beckendiskontinuität, sind bei der Revision mit Wechsel der Oberflächenersatzprothesen häufig aufwendige Rekonstruktionen mit äußerst anspruchsvoller Revisionsendprothetik notwendig (von Schewelov und Sanzen 2010, Jakobs et al. 2015).

Nach ausführlicher Diskussion der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ergeben sich Limitierungen der Studie. Zunächst handelt es sich um eine retrospektive Analyse. Die Revisionsoperationen wurden ausschließlich in der HELIOS Endoklinik Hamburg durchgeführt. Als Spezialklinik für Gelenkchirurgie bzw. Revisionschirurgie ist mitunter auch das Spektrum der Revisionen anspruchsvoller, d.h. hier kann ein entsprechender Bias nicht ausgeschlossen werden. In der vorliegenden Studie wurden Nebendiagnosen bzw. Komorbiditäten zusammengefasst ohne eine detaillierte Analyse der Zusammenhänge zwischen einzelnen Komorbiditäten und Versagensursachen zu untersuchen.

Darüberhinaus wurde keine Analyse oder Unterteilung der Schaftsysteme mit weiterer Differenzierung der Standard- oder Kurzschäfte durchgeführt. Für die Kernaussagen der vorliegenden Studie ist dies jedoch auch nicht von Bedeutung. Eine Aussage darüber, ob sich die Standzeiten der Hüftendoprothesen in der Vergangenheit durch Neuerungen der Implantate geändert haben, kann anhand dieser Studie nicht abschließend getroffen werden, da der Vergleich mit dem Gesamtkollektiv fehlt.

Dennoch zeigt diese Studie, dass es von außerordentlicher Wichtigkeit ist, regelmäßige Versagensanalysen durchzuführen, insbesondere vor dem Hintergrund stetiger Veränderungen und Neuerungen der Implantate. Leider fehlt zur genaueren Analyse der Vergleich mit der Grundgesamtheit in dieser Studie. Insgesamt stellt dieses Phänomen ein allgemeines Problem der Versagensanalysen in der orthopädischen Chirurgie in Deutschland dar, aufgrund des Fehlens einer zentralen Erfassung der Indexoperationen sowie der verwendeten Komponenten. Die Lösung dieses Problems wäre die Etablierung eines Endoprothesenregisters. Damit würde sich die Qualität der Hüftendoprothetik noch weiter verbessern lassen.

5. Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich nach Auswertung der Daten und Vergleich zur aktuellen Literatur zeigen, dass eine ähnliche Häufigkeit der Revisionsgründe verglichen mit der letzten Dekade vorliegt. Die drei häufigsten Revisionsgründe sind die aseptische Lockerung (40,2%), die periprothetische Infektion (18,4%) und die Instabilität mit konsekutiver Luxation (16,1%).

Bei der Betrachtung des Revisionsintervalls zeigte sich, dass die meisten Revisionen innerhalb der ersten 5 Jahre nach Primärimplantation erfolgten. Das längste Revisionsintervall in Abhängigkeit von der Verankerung zeigten die Hüftendoprothesen mit Hybrid-Verankerung. Das kürzeste Revisionsintervall wurde von allen Schaftsystemen bei den Kurzschafftprothesen beobachtet.

Die Metallose mit Pseudotumorbildung, Osteolysen und zum Teil Metallionen-intoxikationen charakterisieren bei den Oberflächenersatzprothesen das veränderte Indikationsspektrum. Damit zeigt sich ein für dieses Prothesensystem eigenständiges Indikationsspektrum.

Die Analyse der Frühkomplikationen zeigte erstaunliche Ergebnisse bei den Kurzschafftprothesen. Mit einem durchschnittlichen Revisionsintervall von 21,9 Monaten zeigt sich eine Änderung der Frühkomplikationen durch eine Zunahme der aseptischen Schaftlockerung für diesen Prothesentyp. Über die Hälfte (54,3%) der Kurzschäfte mussten aus diesem Grund bereits im ersten Jahr nach Primärimplantation revidiert werden.

Summary

In summary, after evaluating the data and comparing it with the current literature, it can be shown that a similar frequency of the revisions is compared with the last decade. The three most frequent revisions are aseptic loosening (40.2%), periprosthetic infection (18.4%) and instability with consecutive dislocation (16.1%). When reviewing the revision interval, it was found that most revisions occurred within the first 5 years after primary hip arthroplasty. The longest revision interval as a function of the anchoring showed the hip arthroplasty with hybrid fixation. The shortest revision interval was observed by all short stem hip arthroplasty.

The pseudo-tumour due to metallosis, osteolyses and, to some extent, metal ion intoxications characterize the modified indication spectrum in the case of hip resurfacing. This results in a distinct indication range for this prosthesis system.

The analysis of the early complications showed astonishing results in the short-stem hip arthroplasty. With an average revision interval of 21.9 months, a change in early complications is seen by an increase in aseptic loosening for this type of prosthesis. For this reason, more than half (54.3%) of short stem prosthesis had to be revised in the first year after primary implantation.

6. Abkürzungsverzeichnis

% = Prozent

& = und

/µl = pro Mikroliter

< = kleiner als

> = größer als

µg = Mikrogramm

Abb. = Abbildung

AOA = Australian Orthopaedic Association

Asept. = aseptisch

BMI = Body-Mass Index

bzw. = beziehungsweise

CRP = C-reaktives Protein

d.h. = das heißt

EDV = Elektronische Datenverarbeitung

et al. = et alii

evtl. = eventuell

f = Fraktur

Fa. = Firma

ggf. = gegebenenfalls

HKN = Hüftkopfnekrose

H-TEP = Hüftgelenktotalendoprothese

i.S. = im Sinne

IBM SPSS = Statistiksoftware (Statistical Package for the Social Sciences)

K = Kurzschaft

Kappe = Oberflächenersatzprothesen

kg = Kilogramm

KISS = „Keep It Simple Stupid“ Software zur Datenverarbeitung

l = aseptische Lockerung

L = Liter

li. = links

Lux = Luxation

m = männlich
M. = Musculus
M. Perthes = Morbus Perthes
m² = Quadratmeter
med. SHF = mediale Schenkelhalsfraktur
mg/l = Milligramm pro Liter
mm = Millimeter
MRGN = Multi-resistente-gram-negative Erreger
MRSA = Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus
n = Anzahl
O = Oberflächenersatzprothesen
o.g. = oben genannten
OP = Operation
p = p-Wert als Signifikanzwert (englisch probability)
Periproth. = periprothetisch
Posttr. = posttraumatisch
PPI = periprothetische Infektion
Prim. = primär
re. = rechts
rev. = revers
S = Standardprothesen
s.u. = siehe unten
SQL = „Structured Query Language“ Datenbanksprache
Tab. = Tabelle
u.a. = unter anderem
ub = unspezifische Beschwerden
Unspez. = unspezifisch
u.U. = unter Umständen
VRE = Vancomycin-resistente Enterococci
w = weiblich
WHO = World Health Organization
z.B. = zum Beispiel
z.T. = zum Teil

7. Literaturverzeichnis

Abdel MP, von Roth P, Jennings MT, Hanssen AD, Pagnano MW (2015). What Safe Zone? The Vast Majority of Dislocated THAs Are Within the Lewinnek Safe Zone for Acetabular Component Position. *Clin Orthop Relat Res.* 2016 Feb;474(2):386-91. doi:10.1007/s11999-015-4432-5.

Amstutz HC, Le Duff MJ (2015). Hip resurfacing: history, current status, and future. *Hip Int.* 25(4):330-8.

Australian Orthopaedic Association (AOA) (2013). Hip and Knee Arthroplasty – Annual Report 2013. National Joint Replacement Registry 2013.

Bause L. (2015) Short stem total hip arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis. *Orthopedics.* 2015 Mar;38(3 Suppl):S46-50. doi: 10.3928/01477447-20150215-56.

Bergh C, Fenstad AM, Furnes O, Garellick G, Havelin LI, Overgaard S, Pedersen AB, Mäkelä KT, Pulkkinen P, Mohaddes M, Kärrholm J. (2013) Increased risk of revision in patients with non-traumatic femoral head necrosis. *Acta Orthop.* 2014 Feb;85(1):11-7. doi: 10.3109/17453674.2013.874927. Epub 2013 Dec 20.

Blauth W, Donner K (1979) Zur Geschichte der Arthroplastik. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 117:997–1006.

Börnert S, Lützner J, Beyer F, Günther KP, Hartmann A. (2015) Revision Rate and Patient-Reported Outcome After Hip Resurfacing Arthroplasty: A Concise Follow-Up of 1064 Cases. *J Arthroplasty.* 2015 Jun 23. pii: S0883-5403(15)00553-7. doi: 10.1016/j.arth.2015.06.041.

Bozic KJ, Lau E, Ong K, Chan V, Kurtz S, Vail TP, Rubash HE, Berry DJ. (2014) Risk factors for early revision after primary total hip arthroplasty in Medicare patients. *Clin Orthop Relat Res.* 2014 Feb;472(2):449-54. doi: 10.1007/s11999-013-3081-9. PMID:23716117.

Bradbury G, Benjamin J, Thompson J, Klees E, Copeland J. (1994) Avascular necrosis of bone after cardiac transplantation. Prevalence and relationship to administration and dosage of steroids. *J Bone Joint Surg (Am)* 1994; 76 (9): 1385-8.

Buchholz HW (1973) Das künstliche Hüftgelenk Modell St. Georg. In: Cotta HK, Schulitz P (Hrsg) *Der totale Hüftgelenkersatz.* Thieme, Stuttgart, S 81–92.

Callens B, Faes C, Maes D, Catry B, Boyen F, Francoys D, de Jong E, Haesebrouck F, Dewulf J. (2014) Presence of antimicrobial resistance and antimicrobial use in sows are risk factors for antimicrobial resistance in their offspring. *Microb Drug Resist.* 2015 Feb;21(1):50-8. doi: 10.1089/mdr.2014.0037. Epub 2014 Aug 6.

Campoccia D, Montanaro L, Arciola CR. (2005) The significance of infection related to orthopedic devices and issues of antibiotic resistance. *Biomaterials*. 2006 Apr;27(11):2331-9. Epub 2005 Dec 20. Review. PubMed PMID: 16364434.

Carrothers AD, Gilbert RE, Jaiswal A, Richardson JB. (2010) Birmingham hip resurfacing: the prevalence of failure. *J Bone Joint Surg Br*. 2010 Oct;92(10):1344-50. doi: 10.1302/0301-620X.92B10.23504.

Charnley JC (1961) Arthroplasty of the hip: a new operation. *Lancet* 1:1129–1132.

Charnley J (1981) Anchorage of the femoral head prosthesis to the shaft of the femur. *J Bone Joint Surg-B* 63:1426.

D'Apuzzo MR, Pao AW, Novicoff WM, Browne JA. (2013) Age as an independent risk factor for postoperative morbidity and mortality after total joint arthroplasty in patients 90 years of age or older. *J Arthroplasty*. 2014 Mar;29(3):477-80. doi: 10.1016/j.arth.2013.07.045. Epub 2013 Sep 9. PMID:24029720.

Dargel J, Oppermann J, Brüggemann GP, Eysel P. (2014) Dislocation following total hip replacement. *Dtsch Arztebl Int*. 2014 Dec 22;111(51-52):884-90. doi: 10.3238/arztebl.2014.0884. Review. PubMed PMID: 25597367; PubMed Central PMCID: PMC4298240.

Duncan CP, Masri BA. (1995) Fractures of the femur after hip replacement. *Instr Course Lect*. 1995;44:293-304. Review. PubMed PMID: 7797866.

Enayatollahi MA, Parvizi J. (2015) Diagnosis of infected total hip arthroplasty. *Hip Int*. 2015 May 29:0. doi: 10.5301/hipint.5000266. PubMed PMID: 26044538.

Fang M, Noiseux N, Linson E, Cram P. (2015) The Effect of Advancing Age on Total Joint Replacement Outcomes. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*. 2015 Sep;6(3):173-9. doi: 10.1177/2151458515583515.

Faschingbauer M, Kappe T, Trubrich A, Bieger R, Reichel H. (2015) [Retention of the prosthesis in early periprosthetic infection after total hip arthroplasty]. *Z Orthop Unfall*. 2015 Apr;153(2):192-7. doi: 10.1055/s-0035-1545803. Epub 2015 Apr 14. German. PubMed PMID: 25874399.

Fender D, Harper WM, Gregg PJ (1999) Outcome of Charnley total hip replacement across a single health region in England: the results at five years from a regional hip register. *J Bone Joint Surg Br* 81:577–581.

Gehrke und Parvizi (2013) Proceedings off the International Consensus Meeting on Periprosthetic Joint Infection: Page 202- 223 .

Girard J. (2015) Femoral head diameter considerations for primary total hip arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015 Feb;101(1 Suppl):S25-9. doi: 10.1016/j.otsr.2014.07.026. Epub 2015 Jan 14. Review. PubMed PMID: 25596984.

Gluck T (1891) Referat über die durch das moderne chirurgische Experiment gewonnenen positiven Resultate, betreffend die Naht und den Ersatz von Defekten höherer Gewebe, sowie über die Verwendung resorbierbarer und lebendiger Tampons in der Chirurgie. Arch Klin Chir 41:189–239.

Gruner A, Heller KD. (2015) Patient selection for shorter femoral stems Orthopedics. 2015 Mar;38(3 Suppl):S27-32. doi: 10.3928/01477447-20150215-53.

Hailer NP, Garellick G, Kärrholm J. (2010) Uncemented and cemented primary total hip arthroplasty in the Swedish Hip Arthroplasty Register. Acta Orthop. 2010 Feb;81(1):34-41. doi: 10.3109/17453671003685400.

Jakobs O, Schmidl S, Schoof B, Beckmann J, Gehrke T, Gebauer M. (2015) Increased risk for extended acetabular reconstruction in failed hip resurfacing as compared to failed total hip arthroplasty. Arch Orthop Trauma Surg. 2016 Mar;136(3):413-24. doi: 10.1007/s00402-015-2364-x. PubMed PMID: 26695509.

Judet R, Judet J (1950) The use of an artificial femoral head for arthroplasty of the hip joint. J Bone Joint Surg 32B:166. Moore AT, Bohlmann HR (1943) Metal hip joint – a case report. Bone Joint Surg 25A:688–692.

Khatod M, Cafri G, Namba RS, Inacio MC, Paxton EW. (2014) Risk factors for total hip arthroplasty aseptic revision. J Arthroplasty. 2014 Jul;29(7):1412-7. doi: 10.1016/j.arth.2014.01.023. Epub 2014 Jan 25. PMID:24582159.

Kienapfel H, Niethard FU, Langendorff HU, Gabel M, Guttler T, Willmann G, Lang I (2003) Externe Qualitätssicherung Chirurgie und Orthopädie, 1. Treffen der Fach- und Arbeitsgruppen Bund/Land 30./31.10.2003– Deutsches Endoprothesenregister e. V. 2003. Munster.

Kim YH, Park JW, Kim JS, Kang JS. (2013) Long-term results and bone remodeling after THA with a short, metaphyseal-fitting anatomic cementless stem. Clin Orthop Relat Res. 2014 Mar;472(3):943-50. doi: 10.1007/s11999-013-3354-3. Epub 2013 Oct 26.

Kyrou I, Randeva HS, Weickert MO. (2014) Clinical Problems Caused by Obesity. 2014 Apr 24. In: De Groot LJ, Chrousos G, Dungan K, Feingold KR, Grossman A, Hershman JM, Koch C, Korbonits M, McLachlan R, New M, Purnell J, Rebar R, Singer F, Vinik A, editors. Endotext [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000-2014 Apr 24. Available from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK278973/>PubMed PMID: 25905207.

Lachiewicz PF, Soileau ES. (2005) Changing indications for revision total hip arthroplasty. J Surg Orthop Adv. 2005 Summer;14(2):82-4. PMID:16115433.

Lichstein P, Gehrke T, Lombardi A, Romano C, Stockley I, Babis G, Bialecki J, Bucsi L, Cai X, Cao L, de Beaubien B, Erhardt J, Goodman S, Jiranek W, Keogh P, Lewallen D, Manner P, Marczynski W, Mason JB, Mulhall K, Paprosky W, Patel P, Piccaluga F, Polkowski G, Pulido L, Stockley I, Suarez J, Thorey F, Tikhilov R, Velazquez JD, Winkler H. (2013) One-stage vs two-stage exchange. *J Arthroplasty*. 2014 Feb;29(2 Suppl):108-11. doi: 10.1016/j.arth.2013.09.048. Epub 2013 Oct 1.

Lieberman J R, Scaduto A A, Wellmeyer E. (2000) Symptomatic osteonecrosis of the hip after orthotopic liver transplantation. *J Arthroplasty* 2000; 15 (6): 767-71.

Lons A, Arnould A, Pommepuy T, Drumez E, Girard J. (2015) Excellent short-term results of hip resurfacing in a selected population of young patients. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015 Oct;101(6):661-5. doi: 10.1016/j.otsr.2015.07.011. Epub 2015 Sep 8.

Malchau H, Herberts P, Eisler T, Garellick G, Soderman P (2002) The Swedish Total Hip Replacement Register. *J Bone Joint Surg Am* 84-A(Suppl 2):2–20.

Mahoney C R, Glesby M J, DiCarlo E F, Peterson M G, Bostrom M P. (2005) Total hip arthroplasty in patients with human immunodeficiency virus infection: pathologic findings and surgical outcomes. *Acta Orthop* 2005; 76 (2): 198-203.

McLawhorn AS, Nam D, McArthur BA, Cross MB, Su EP. (2012) Preoperative templating and its intraoperative applications for hip resurfacing arthroplasty. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2012 Dec;41(12):E157-62. Review. PubMed PMID: 23431529.

McMinn DJW, Treacy RBC, Lin K et al (1996) Metal-on-metal surface replacement of the hip: experience with the McMinn prosthesis. *Clin Orthop* 329:89–98.

Meldrum RD, Wurtz LD, Feinberg JR, Capello WN. (2005) Does smoking affect implant survivorship in total hip arthroplasty? A preliminary retrospective case series. *Iowa Orthop J*. 2005;25:17-24.

Melloh M, Eggli S, Busato A, Roder C. (2011) Predictors of early stem loosening after total hip arthroplasty: a case-control study. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2011 Dec;19(3):269-73.

Melvin JS, Karthikeyan T, Cope R, Fehring TK. (2013) Early failures in total hip arthroplasty -- a changing paradigm. *J Arthroplasty*. 2014 Jun;29(6):1285-8. doi: 10.1016/j.arth.2013.12.024. Epub 2013 Dec 21. PubMed PMID: 24444568.

Mont M A, Hungerford D S. (1995) Non-traumatic avascular necrosis of the femoral head. *J Bone Joint Surg (Am)* 1995; 77 (3): 459-74.

Mont MA, Jones LC, Hungerford DS. (2006) Nontraumatic osteonecrosis of the femoral head: ten years later. *J Bone Joint Surg Am*. 2006 May;88(5):1117-32.

Muller ME (1970) Total hip prosthesis. *Clin Orthop* 72:46–68.

Nam D, Nunley RM, Ruh EL, Engh CA Jr, Rogerson JS, Brooks PJ, Raterman SJ, Su EP, Barrack RL. (2015) Short-term Results of Birmingham Hip Resurfacing in the United States. *Orthopedics*. 2015 Aug;38(8):e715-21. doi: 10.3928/01477447-20150804-60.

Nilsson AK, Petersson IF, Roos EM, Lohmander LS (2003) Predictors of patient relevant outcome after total hip replacement for osteoarthritis: a prospective study. *Ann Rheum Dis* 62:923–930.

Nixon M, Taylor G, Sheldon P, Iqbal SJ, Harper W (2007) Does bone quality predict loosening of cemented total hip replacements? *J Bone Joint Surg Br* 89:1303–1308.

OECD (2013), “Hip and knee replacement”, in *Health at a Glance 2013: OECD Indicators*, OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/health_glance-2013-38-en.

O'Toole P, Maltenfort MG, Chen AF, Parvizi J. (2015) Projected Increase in Periprosthetic Joint Infections Secondary to Rise in Diabetes and Obesity. *J Arthroplasty*. 2015 Jul 21. pii: S0883-5403(15)00648-8. doi: 10.1016/j.arth.2015.07.034.

Pedersen AB, Mehnert F, Havelin LI, Furnes O, Herberts P, Kärrholm J, Garellick G, Mäkelä K, Eskelinen A, Overgaard S. (2014) Association between fixation technique and revision risk in total hip arthroplasty patients younger than 55 years of age. Results from the Nordic Arthroplasty Register Association. *Osteoarthritis Cartilage*. 2014 May;22(5):659-67. doi: 10.1016/j.joca.2014.03.005. Epub 2014 Mar 13.

Persson PE, Nilsson OS, Berggren AM. (2005) Do non-steroidal anti-inflammatory drugs cause endoprosthetic loosening? A 10-year follow-up of a randomized trial on ibuprofen for prevention of heterotopic ossification after hip arthroplasty. *Acta Orthop*. 2005 Dec;76(6):735-40.

Pulos N, McGraw MH, Courtney PM, Lee GC. (2014) Revision THA in obese patients is associated with high re-operation rates at short-term follow-up. *J Arthroplasty*. 2014 Sep;29(9 Suppl):209-13. doi: 10.1016/j.arth.2014.03.046. Epub 2014 May 24.

Reimers TC (1970) Zur geschichtlichen Entwicklung gelenkplastischer Eingriffe. *Chir Plast Reconstr* 7:2.

Sakellariou VI, Christodoulou M, Sasalos G, Babis GC. (2014) Reconstruction of the Acetabulum in Developmental Dysplasia of the Hip in total hip replacement. *Arch Bone Jt Surg*. 2014 Sep;2(3):130-6. Epub 2014 Sep 15. Review. PMID:25386570.

Sheth D, Cafri G, Inacio MC, Paxton EW, Namba RS. (2015) Anterior and Anterolateral Approaches for THA Are Associated With Lower Dislocation Risk Without Higher Revision Risk. *Clin Orthop Relat Res*. 2015 Nov;473(11):3401-8. Doi: 10.1007/s11999-015-4230-0. PubMed PMID: 25762014; PubMed Central PMCID: PMC4586236.

Sidler-Maier CC, Waddell JP. (2015) Incidence and predisposing factors of periprosthetic proximal femoral fractures: a literature review. *Int Orthop*. 2015 Sep;39(9):1673-82. doi: 10.1007/s00264-015-2721-y. Epub 2015 Mar 27. PMID:25813458.

Siwash KM (1968) Alloplasty of the hip joint, a laboratory a clinical study. Medical Press, Moskau..

Spotorno L, Romagnoli S, Ivaldo N, Grappiolo G, Bibbiani E, Blaha DJ, Guen TA (1993) The CLS system. Theoretical concept and results. *Acta Orthop Belg* 59(Suppl 1):144–148.

Templeton JE, Callaghan JJ, Goetz DD, Sullivan PM, Johnston RC. (2001) Revision of a cemented acetabular component to a cementless acetabular component. A ten to fourteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*. 2001 Nov;83-A(11):1706-11.

Trampuz A, Zimmerli W. (2005) Prosthetic joint infections: update in diagnosis and treatment. *Swiss Med Wkly*. 2005 Apr 30;135(17-18):243-51. Review. PubMed PMID: 15965826.

Trumm BN, Callaghan JJ, George CA, Liu SS, Goetz DD, Johnston RC. (2013) Minimum 20-year follow-up results of revision total hip arthroplasty with improved cementing technique. *J Arthroplasty*. 2014 Jan;29(1):236-41. doi: 10.1016/j.arth.2013.04.040. Epub 2013 Jun 5. PMID:23759117.

Ullmark G, Hallin G, Nilsson O. (2002) Impacted corticocancellous allografts and cement for revision of the femur component in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2002 Feb;17(2):140-9.

Ulrich SD, Seyler TM, Bennett D, Delanois RE, Saleh KJ, Thongtrangan I, Kuskowski M, Cheng EY, Sharkey PF, Parvizi J, Stiehl JB, Mont MA. (2007) Total hip arthroplasties: what are the reasons for revision? *Int Orthop*. 2008 Oct;32(5):597-604. PubMed PMID: 17443324; PubMed Central PMCID: PMC2551710.

von Lewinski G, Floerkemeier T. (2015) 10-year experience with short stem total hip arthroplasty. *Orthopedics*. 2015 Mar;38(3 Suppl):S51-6. doi: 10.3928/01477447-20150215-57. Review.

von Schewelov T, Sanzén L. (2010) Catastrophic failure due to aggressive metallosis 4 years after hip resurfacing in a woman in her forties--a case report. *Acta Orthop*. 2010 Jun;81(3):402-4. doi: 10.3109/17453674.2010.487246.

Wang L, Williams S, Udofia I, Isaac G, Fisher J, Jin Z. (2012) The effect of cup orientation and coverage on contact mechanics and range of motion of metal-on-metal hip resurfacing arthroplasty. *Proc Inst Mech Eng H*. 2012 Nov;226(11):877-86. PubMed PMID: 23185958.

Weber BG (1970) Die Rotations-Totalendoprothese des Huftgelenkes. *Z Orthop* 107:304.

Wiles P (1957) The surgery of osteoarthritic hip. *Br J Surg* 18:488–497.

Winkler T, Trampuz A, Hardt S et al. (2014) Periprosthetic infection after hip arthroplasty. *Orthopade* 2014; 43: 70–78.

Witte D, Klimm M, Parsch D, Clarius M, Breusch S, Aldinger PR. (2009) Ten-year survival of the cemented MS-30 femoral stem: increased revision rate in male patients. *Acta Orthop Belg*. 2009 Dec;75(6):767-75. PMID:20166359.

Wu C, Qu X, Liu F, Li H, Mao Y, Zhu Z. (2014) Risk factors for periprosthetic joint infection after total hip arthroplasty and total knee arthroplasty in Chinese patients. *PLoS One*. 2014 Apr 18;9(4):e95300. doi: 10.1371/journal.pone.0095300. eCollection 2014.

Yang SY, Ren W, Park Y, Sieving A, Hsu S, Nasser S, Wooley PH (2002) Diverse cellular and apoptotic responses to variant shapes of UHMWPE particles in a murine model of inflammation. *Biomaterials* 23:3535–3543.

Yoon BH, Ha YC, Lee YK, Koo KH. (2015) Postoperative Deep Infection After Cemented Versus Cementless Total Hip Arthroplasty: A Meta-Analysis. *J Arthroplasty*. 2015 Oct;30(10):1823-7. doi: 10.1016/j.arth.2015.04.041. Epub 2015 May 7. Review. PMID:26021907.

Zhang T, Zheng C, Ma H, Sun C. (2014) [Causes of early failure after total hip arthroplasty] *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2014 Dec 30;94(48):3836-8. Chinese. PMID:25623317.

Zweymuller K, Lintner F, Bohm G (1995) Die Entwicklung der zementfreien Huftendoprothese von 1979–1994. In: Morscher EW (Hrsg) *Endoprothetik*. Springer, Berlin, S 333–350.

8. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Matthias Gebauer für die Begleitung der Promotion und die Auswahl des interessanten Themas.

Ebenfalls möchte ich mich bei Dr. med. Oliver Jakobs für die Unterstützung bedanken.

Weiterer Dank gilt Herrn Eik Vettorazzi für die Begleitung bei der statistischen Auswertung.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei meiner Familie für die sehr liebevolle und geduldige Unterstützung.

9. Lebenslauf

Der Lebenslauf ist aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht enthalten.

10. Eidesstattliche Versicherung

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

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

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

Unterschrift: