

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

Lehrstuhl für Orthopädie des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf
Klinikum Bad Bramstedt

Direktor: Prof. Dr. med. Wolfgang Rüter

Langfristige Ergebnisse der Druckscheibenprothese

Dissertation

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

Der medizinischen Fakultät
der Universität Hamburg
vorgelegt von

Lena Tomkötter
aus Telgte

Hamburg 2010

**Angenommen von der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg
am: 20.06.2011**

**Veröffentlicht mit der Genehmigung der medizinischen Fakultät der Uni-
versität Hamburg**

Prüfungsausschuss: der/die Vorsitzende: Prof. Dr. med. W. Rüter

Prüfungsausschuss: 2. Gutachter/in: Prof. Dr. med. N. Hansen-Algenstaedt

Prüfungsausschuss: 3. Gutachter/in: Prof. Dr. med. C. Habermann

In Liebe und Dankbarkeit
meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis.....	X
1 Einleitung.....	1
1.1 Thematik und Zielsetzung.....	1
1.2 Die historische Entwicklung der Endoprothetik des Hüftgelenks.....	3
1.3 Die zementlose Hüftendoprothetik.....	6
1.4 Die Verankerungsprinzipien von Hüftendoprothesen.....	9
1.5 Die Problematik der diaphysären Prothesenverankerung.....	11
1.6 Die Druckscheibenprothese.....	12
1.6.1 Entwicklung.....	12
1.6.2 Beschreibung und Biomechanik.....	16
1.6.3 Operationstechnik.....	19
1.6.4 Indikation und Kontraindikation.....	24
2 Material und Methoden.....	25
2.1 Studienaufbau.....	25
2.2 Datenerhebung.....	25
2.3 Patientengut.....	26
2.3.1 Operationsindikation.....	27
2.3.2 Altersverteilung.....	28
2.3.3 Geschlechterverteilung.....	29
2.3.4 Seitenverteilung.....	29
2.4 Untersuchung der Patienten mit Revisionsoperation.....	30
2.4.1 Revisionsursache.....	30
2.4.2 Revisionsoperation.....	31
2.4.3 Operationsindikation.....	31
2.4.4 Altersverteilung.....	32
2.5 Follow-up Untersuchung.....	32
2.5.1 Operationsindikation.....	32
2.5.2 Altersverteilung.....	32

2.6 Harris-Hip-Score.....	33
3 Ergebnisse.....	37
3.1 Revision	37
3.1.1 Revisionsoperation	37
3.1.1.1 Aseptische Lockerung.....	38
3.1.1.2 Protheseninfektion.....	41
3.1.1.3 Periprothetische Fraktur	42
3.1.2 Laschenwechsel.....	43
3.2 Gesamtrevisionsrate	43
3.2.1 Primäre und sekundäre Coxarthrose.....	44
3.2.2 Rheumatoide Arthritis.....	44
3.2.3 Hüftkopfnekrose	45
3.3 Komplikation.....	46
3.3.1 Pfannenlockerung.....	46
3.3.2 Luxation	46
3.3.3 Bursitis trochanterica.....	47
3.3.4 Faszienlücke	47
3.4 Harris-Hip-Score im Verlauf.....	47
3.5 Auswertung des Fragebogens	48
3.5.1 Schmerzen	48
3.5.2 Physiotherapeutische Maßnahmen	49
3.5.3 Komplikation und Revision	50
3.5.4 Subjektive Beurteilung	50
3.5.5 Fallbeispiel	51
4 Diskussion	58
4.1 Revisionsrate	58
4.2 Laschenwechsel	63
4.3 Klinische Ergebnisse	64
4.4 Schlussfolgerung.....	65

5 Zusammenfassung.....	67
6 Abkürzungsverzeichnis.....	68
7 Literaturverzeichnis.....	69
8 Anhang.....	75
9 Danksagung.....	78
10 Lebenslauf.....	79
11 Eidesstattliche Versicherung.....	80

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Verschiedene Oberflächengestaltungen von Hüftgelenksprothesen..	8
Abb. 2	„Stress-shielding“	12
Abb. 3	Prototyp der Druckscheibenprothese 1978.....	14
Abb. 4	Druckscheibenprothese der 1. Generation	14
Abb. 5	Druckscheibenprothese der 2. Generation	15
Abb. 6	Druckscheibenprothese der 3. Generation	15
Abb. 7	Bestandteile der Druckscheibenprothese	17
Abb. 8	Trabekelstruktur im proximalen Femur.....	18
Abb. 9	Belastungsmessung am Finite-Element-Modell.....	19
Abb. 10	Präoperative Prothesenplanung	20
Abb. 11	Operationsanleitung 1	21
Abb. 12	Operationsanleitung 2	21
Abb. 13	Operationsanleitung 3	22
Abb. 14	Operationsanleitung 4	22
Abb. 15	Operationsanleitung 5	23
Abb. 16	Operationsanleitung 6	23
Abb. 17	Verteilung der Operationsindikationen im Gesamtkollektiv.....	27
Abb. 18	Altersverteilung des Gesamtkollektives zum Zeitpunkt der Operation	28
Abb. 19	Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation.....	29
Abb. 20	Geschlechterverteilung des Gesamtkollektives	29
Abb. 21	Seitenverteilung des Gesamtkollektives.....	30
Abb. 22	Revisionsursache.....	31
Abb. 23	Revisionsrate nach 10 Jahren.....	37
Abb. 24	Wechseloperationen aufgeteilt nach jeweiliger Primärindikation	38
Abb. 25	Aseptische Revisionsrate nach 10 Jahren.....	39

Abb. 26	Aseptische Revisionsrate der jeweiligen Primärindikation nach 10 Jahren	40
Abb. 27	Aseptische Wechseloperationen jeweiliger Primärindikation.....	41
Abb. 28	Septische Revisionsrate nach 10 Jahren.....	41
Abb. 29	Septische Wechseloperationen jeweiliger Primärindikation.....	42
Abb. 30	Gesamtrevisionsrate nach 10 Jahren	43
Abb. 31	Gesamtrevisionsrate bei Coxarthrose nach 10 Jahren.....	44
Abb. 32	Gesamtrevisionsrate bei rheumatoider Arthritis nach 10 Jahren	45
Abb. 33	Gesamtrevisionsrate bei Hüftkopfnekrose nach 10 Jahren	45
Abb. 34	Schmerzen beim Follow-up	49
Abb. 35	Physiotherapeutische Maßnahmen.....	50
Abb. 36	Subjektive Beurteilung.....	51
Abb. 37	Fall 1: Präoperativ, primäre Coxarthrose rechts	52
Abb. 38	Fall 1: Sechs Monate postoperativ, regelrechter Prothesensitz rechts	522
Abb. 39	Fall 1: Zehn Jahre postoperativ, Zunahme der Trabekeldichte mit Ausrichtung auf den medialen Teil der Druckscheibenprothese und des Dorns, Knochenanbau distal der Lasche, Lysesaum im Auflagebereich der Druckscheibe.....	53
Abb. 40	Fall 2: Präoperativ, primäre Coxarthrose beidseits	54
Abb. 41	Fall 2: Sechs Monate postoperativ, regelrechter Prothesensitz beidseits.....	54
Abb. 42	Fall 2: Zehn Jahre postoperativ, Zunahme der Trabekeldichte mit Ausrichtung auf den medialen Teil der Druckscheibenprothese und des Dorns, Z.n. Inlaywechsel und Hüftkopfaustausch	55
Abb. 43	Fall 3: Präoperativ, rheumatoide Arthritis beidseits	56
Abb. 44	Fall 3: Ein Monat postoperativ, regelrechter Prothesensitz links.....	56
Abb. 45	Fall 3: Sechs Monate postoperativ, regelrechter Prothesensitz beidseits.....	57

Abb. 46 Fall 3: Zehn Jahre postoperativ, Verdickung der medialen Kortikalis,
Zunahme der Trabekeldichte mit Ausrichtung auf den medialen Teil
der Druckscheibenprothese, Z.n. Pfannenwechsel rechts 57

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Berechnung des HHS für den Bereich Bewegungsausmaß	35
Tab. 2	HHS-Verlauf der jeweiligen Primär Diagnosen	47
Tab. 3	Verteilung der DSP auf die jeweiligen HHS-Bereiche	48

1 Einleitung

1.1 Thematik und Zielsetzung

Der künstliche Hüftgelenkersatz stellt ohne Zweifel einen bemerkenswerten medizinischen Fortschritt des letzten Jahrhunderts dar. In den letzten 40 Jahren wurden weltweit über sechs Millionen Eingriffe bei jungen und alten Menschen durchgeführt (Bourne et al.1999), allein in Deutschland werden derzeit jährlich etwa 150.000 bis 200.000 Hüftprothesen in einer Vielzahl von verschiedenen Modellen implantiert (Grundeis 2006, Maronna 1996). Mit zunehmender Akzeptanz der Hüftendoprothetik wird die Indikation zur prothetischen Versorgung bei immer mehr jungen und aktiven Patienten gestellt, um die Lebensqualität und Mobilität trotz irreversibler Hüftschäden beibehalten zu können. Dies stellt bisweilen noch eine besondere Herausforderung dar, da trotz umfangreicher Materialentwicklung und Verbesserung der Operationstechniken die Langzeitergebnisse jüngerer Patienten, verglichen mit denen von älteren deutlich schlechter zu bewerten sind (Joshi et al. 1993, Malchau et al.2002). Das Problem der aseptischen Spätlockerungen gewinnt so zunehmend an Bedeutung.

Das Prinzip der von Arnold H. Huggler und Hilaire A. C. Jakob in Chur entwickelten und 1978 erstmals implantierten Druckscheibenprothese ist eine zementfreie, metaphysäre Verankerung, durch die eine physiologische Krafteinleitung in den Schenkelhals gewährleistet werden soll. Experimentelle Spannungsanalysen am Hüftgelenk zeigen, dass die wirkenden Kräfte distal des Femurkopfes über die mediale Schenkelhalskortikalis abgeleitet werden (Jacob 1997). Das Ziel der metaphysären Verankerung ist es, die eingeleitete Last über die Druckscheibe in die direkt darunter liegende mediale Kortikalis zu übertragen. So kann ein „stress-shielding“, welches als periprothetische Saumbildung durch Anpassung des Knochens an den starren, schwingenden Schaft interpretiert wird und häufig nach einer konventionellen Prothesenimplantation auftritt, vermieden werden (Huggler et al. 1993). Als besonderer Vorteil der Druckscheibenprothese im Vergleich zur konventionellen, zementfreien, intramedullär verankerten Prothese gilt die Schonung des diaphysären Femuranteils. Im Fall einer Prothesenlockerung soll aufgrund des geringen Knochenverlustes eine unkomplizierte Auswechslung des Implantats möglich sein. Daher profitieren vor

allem junge Patienten, bei denen eine Revision mit hoher Wahrscheinlichkeit nötig wird, von dieser Prothese (Dunai et al. 1996).

Im Hinblick auf die klinischen Ergebnisse bisheriger Studien zeigt sich, dass ein Zusammenhang zwischen der ossären Integration der Druckscheibenprothese und der Reaktionsfähigkeit des metaphysären Knochens auf die einwirkenden Kräfte besteht. Im Fall einer unzureichenden Knochenreaktion auf die Druckscheibenprothese kann es zu einer frühzeitigen Lockerung kommen. Akesson et al. beschreiben histomorphologische Unterschiede des periartikulären Knochens bei rheumatoider Arthritis im Vergleich zu dem bei primärer Coxarthrose, so dass bei der rheumatoiden Arthritis durch vermehrte Knochenstrukturveränderungen in Form einer Osteoidose eine verminderte ossäre Integration auftreten kann (Akesson et al. 1994). Fink et al. berichten bereits nach einer durchschnittlich 26-monatigen Standzeit der Druckscheibenprothese von einer 14,8 % igen Lockerungsrate bei Patienten mit rheumatoider Arthritis. Alle Revisionen erfolgten in den ersten beiden postoperativen Jahren (Fink et al. 2000). Auch Ishaque et al. beschreiben bei den mittelfristigen Ergebnissen eine auffällig kurze Zeitspanne zwischen der Implantation der Druckscheibenprothese und dem Prothesenwechsel von durchschnittlich 22,4 Monaten (Ishaque et al. 2004). Da die Lockerungen aufgrund inadäquater Reaktionsfähigkeit des Knochens meistens in den ersten beiden postoperativen Jahren auftreten, müssen langfristige Ergebnisse erzielt werden, um diese im Verlauf mit der konventionellen Schaftprothese vergleichen zu können. Eine bis in die Resektionsfläche reichende Hüftkopfnekrose, maligne Tumoren und renale Osteopathie sollten aufgrund schlechter Knochenqualität und verminderter Reaktionsfähigkeit als Kontraindikation zur Implantation einer Druckscheibenprothese betrachtet werden (Fink et al. 2002). Ob auch die rheumatoide Arthritis als Kontraindikation eingestuft werden sollte, wird im Folgenden untersucht.

Die Auswertung der 172 Druckscheibenprothesen der dritten Generation, die in der orthopädischen Klinik des Universitätskrankenhauses Hamburg-Eppendorf sowie in dem Klinikum Bad Bramstedt von August 1994 bis Dezember 1997 implantiert worden sind, soll klären, ob die langfristigen Ergebnisse dieser Studie denen von unzementierten Schaftprothesen entsprechen. Bei der Nachuntersuchung wird ein Fragebogen verwendet, der darüber Auskunft geben soll,

ob Schmerzen bestehen, Beschwerden bei der endoprothetischen Versorgung aufgetreten sind und ob eine Revisionsoperation stattgefunden hat. Darüber hinaus werden weitere Variablen wie Primärindikation und Alter mit in die Auswertung einbezogen. Das Ziel dieser Arbeit ist es zu überprüfen, bei welchen Primärindikationen das knochensparende Konzept der Druckscheibenprothese als Schritt vor der konventionellen intramedullären Prothese indiziert werden kann. Um genaue Ergebnisse der Patienten mit einer rheumatoiden Arthritis zu erhalten, werden diese in der folgenden Arbeit gesondert von den Patienten mit einer primären und sekundären Coxarthrose betrachtet. Bei der primären Coxarthrose handelt es sich um die idiopathische Entstehung einer Hüftgelenksarthrose, wohingegen die sekundäre als Ursache anderer Hüftgelenkserkrankungen, wie z.B. einer Hüftdysplasie, eines Morbus Perthes oder durch ein Trauma, entsteht. Zur Beurteilung der Wechseloperationen werden die Daten der Patienten mit Revisionsoperation hinzugezogen.

1.2 Die historische Entwicklung der Endoprothetik des Hüftgelenks

Schon lange vor der Entwicklung des künstlichen Gelenkersatzes gab es verschiedene operative Verfahren, um Patienten mit angeborenen, entzündlichen, degenerativen oder posttraumatischen Bewegungseinschränkungen oder mit vollständigen Gelenkversteifungen zu mobilisieren und deren Schmerzen zu lindern. Allerdings waren die frühen Eingriffe in den Anfängen der Chirurgie mit erheblichen Risiken und Komplikationen verbunden. Erst mit der in den USA im Jahr 1846 von William Thomas Green Morton (Morton 1846) eingeführten Allgemeinnarkose und der von Joseph Lister 1867 (Lister 1867) erfundenen aseptischen Wundversorgung konnten die Operationsbedingungen erheblich verbessert werden. Hierdurch konnten den Patienten die Schmerzen genommen und hohe Zahlen postoperativer Infektionen verhindert werden. Die diagnostischen Möglichkeiten konnten durch die von Wilhelm Conrad Röntgen 1895 entdeckten Röntgenstrahlen erheblich optimiert werden (Grundeis 2006, Röntgen 1895, Wessinghage 2000).

Bereits im 16. Jahrhundert wurde von dem Pariser Chirurgen Ambroise Paré die erste Resektion an einem Ellenbogengelenk durchgeführt (Wessinghage 2000). Diese Resektion blieb jedoch vorerst eine Seltenheit. Erst im Jahr 1821

nahm Anthony White die erste Resektion eines Hüftgelenks in London vor, indem er den kariösen Hüftkopf eines acht Jahre alten Jungen mit Coxitis tuberculosa entfernte (Rüttimann 1990). Durch den großen Substanzverlust konnte nicht immer eine belastbare Stabilität erreicht werden, so dass weitestgehend gelenknahe Osteotomien angewandt wurden. Hierbei konnte durch weniger Substanzverlust und weitgehenden Erhalt von Muskulatur und Bändern eine bessere Stabilität erreicht werden. Die erste intertrochantäre Osteotomie eines Femurs wurde 1826 von John Rhea Barton aus Philadelphia durchgeführt. Durch die Aufhebung einer Adduktions- und Flexionskontraktur konnte er unter der erwünschten Bildung einer Pseudarthrose eine bessere Steh- und Gehfähigkeit erzeugen. Ende des 19. Jahrhunderts gelang es durch die Interposition von gestielten Muskellappen sowie von Fascien- und Fettgewebe, aber auch durch das Einbringen von alloplastischen Materialien wie Metallfolie, Metallteile, Holz und Zelluloid eine Wiederversteifung des betroffenen Gelenkes zu verhindern. Aufgrund von Unverträglichkeitsreaktionen und sekundär deformierten Arthrosen blieb diese Methode aber ohne Erfolg (Wessinghage 2000).

Die Geschichte der Endoprothetik begann 1885 mit Themistocles Gluck, der als erster die Idee eines künstlichen Gelenks in die Tat umsetzte. Dieser stellte damals vor der Berliner Medizinischen Gesellschaft den ersten künstlichen Hüftgelenkersatz für tuberkulös zerstörte Hüftgelenke vor. Es handelte sich hierbei um eine mit Schrauben und einer Art Knochenkleber auf dem Schenkelhals fixierte Elfenbeinkugel. Die fortschreitende Gelenkstuberkulose führte jedoch bei den meisten Patienten zum Versagen des Gelenkersatzes und erwies sich als ungünstige Indikation. Einen ähnlichen Versuch führte Ernest Willam Hey-Groves 1927 durch, indem er einen Hüftkopf durch einen Schaft mit fixierter Elfenbeinkugel ersetzte (Ewerbeck und Thomsen 2007, Wessinghage 2000).

Marius Nygaard Smith-Peterson entwickelte 1939 die schon Ende des 19. Jahrhunderts aufgetretenen ersten Entwicklungen durch das Einbringen von Interpositionsmaterial ins Hüftgelenk weiter und konstruierte die erste Kappenprothese. Er brachte zwischen dem Hüftkopf und der Pfanne eine aus Vitallium (Molybdän-Legierung) geformte schüsselähnliche Scheibe („Vitallium cup“) ohne Fixierung ein. Zusätzlich erreichte Erwin Payr hervorragende Ergebnisse bei der Einlagerung von Weichteilen in den Gelenkspalt, was de4

der Einlagerung von Weichteilen in den Gelenkspalt, was den Einsatz von Fremdmaterial weiter in den Hintergrund stellte (Rauschmann und Thomann 2000, Wessinghage 2000).

Die erste totale Hüftgelenksendoprothese (TEP) aus Metall wurde im Jahr 1938 von Philip Wiles in London entwickelt. Hierbei wurde der Hüftkopf mittels eines Schraubbolzens durch den Schenkelhals fixiert und am lateralen Femurknochen mit einer Platte verschraubt. Die Pfanne wurde mit zwei Schrauben am Becken befestigt (Wiles 1957). Diese Prothese wurde insgesamt sechsmal mit guten Ergebnissen bei Patienten mit einer juvenilen chronischen Arthritis implantiert. In Anlehnung an dieses Modell entwickelte Kenneth McKee 1940 in Norwich eine ähnliche Hüfttotalendoprothese, mit dem Unterschied, dass die Pfanne hierbei über ein zentrales Gewinde im Acetabulum verankert wurde (McKee und Watson-Farrar 1966).

Im Jahr 1942 konstruierte Austin Moore eine Prothese mit einem gefensterten Schaft, welche unzementiert im Femurschaft fixiert wurde. Vier Jahre später wurde von den Brüdern Robert Judet und Jean Judet ein Schaft mit einem Plexiglas Kopf in Paris vorgestellt. Allerdings erwies sich das Plexiglas als Gelenkersatzmaterial für nicht geeignet, da häufig Implantatbrüche, Unverträglichkeits- und Fremdkörperreaktionen auftraten (Judet 1950). Austin Moore verwendete daher im Jahr 1949 einen Schaft mit einer Kobaltlegierung. Doch auch hier blieben die Ergebnisse unbefriedigend. Zusätzlich wurde der fehlende Pfannenersatz bei diesen Konstruktionen für das häufige Versagen verantwortlich gemacht. Durch die Hemiarthroplastiken wurden der Gelenkknorpel sowie große Anteile der knöchernen Gelenkpfanne zunehmend zerstört (Moore 1952). Dieses Problem führte zurück zu der von Philipp Wiles entwickelten Totalendoprothese der Hüfte, bestehend aus einer Pfannen- und einer Schaftkomponente (Ungethüm und Blömer 1987, Wessinghage 2000).

Das Hauptproblem der Prothesenentwicklung blieb allerdings die mangelnde Verankerung des Prothesenstiels im Femurschaft. Durch eine unphysiologische Kraftübertragung der Prothese auf den Knochen kam es zunehmend zur Resorption im Bereich des Schaftes und damit zur Lockerung der Prothese. Eine Veränderung der Fixierung der einzelnen Prothesenkomponenten erreichte

1953 Edward Habous, indem er anstelle der bisherigen Schraubfixierung das aus der Zahnmedizin bekannte Methylmetacrylat als Knochenzement für die Vitallium-Pfanne und das Kopfteil verwendete (Wessinghage 2000). Den entscheidenden Fortschritt in der Entwicklung der Hüftendoprothetik brachte allerdings die von John Charnley Anfang der sechziger Jahre in Manchester entwickelte „low-friction-arthroplasty“, wobei ein harter, auf einem Schaft fixierter Metallkopf mit einer weichen, dickwandigen Polyäthylenpfanne artikuliert und beide Prothesenkomponenten mit Polymethylmetacrylat (PMMA) als Knochenzement einzementiert wurden. Dieses Prinzip wirkte sich positiv zum Wohle der Patienten durch eine länger anhaltende Stabilität der Prothese aus und fand sehr schnell Anhänger, so dass die zementfreien Varianten weitgehend verdrängt wurden. Dieses Verfahren wird seitdem weltweit angewandt und gilt als ein „Meilenstein“ in der Endoprothetik (Ewerbeck und Thomsen 2007, Grundeir 2006, Ungethüm und Blömer 1987, Wessinghage 2000).

Dieser Durchbruch führte zu einer ständigen Weiterentwicklung der Formen von Hüftstielen und Pfannen sowie der Verankerungsprinzipien der Prothesen. Die mit zunehmender Beobachtungsdauer steigende Zahl der Prothesenlockerungen veranschaulicht, dass das Problem der aseptischen Spätlockerung noch nicht gelöst war. Bis zum heutigen Zeitpunkt wird das Prinzip verfolgt, optimale Implantate mit langen Standzeiten herzustellen. Allerdings ist die Funktionsfähigkeit eines künstlichen Hüftgelenks unabhängig von der Implantationstechnik auch aktuell noch limitiert, da die Problematik der aseptischen Lockerung im Hinblick auf die Langzeitergebnisse nicht gelöst ist und zusammen mit dem periprothetischen Knochenverlust die häufigste Spätkomplikation darstellt. Um eine bessere Ausgangssituation für ein dadurch bevorstehende Wechseloperation zu erzielen wurde Anfang der siebziger Jahre ein Prothese mit zementfreier Verankerungen entwickelt (Ungethüm und Blömer 1987).

1.3 Die zementlose Hüftendoprothetik

In den siebziger Jahre bis zum Anfang der achtziger Jahre führten hohe aseptische Lockerungsraten bei zementierten Prothesen sowie schlechte Ergebnisse bei jungen Patienten und bei Revisionen zur Entwicklung zementfreier Endoprothesensysteme aus verschiedenen Metalllegierungen Breusch et al. 2000,

Ungethüm und Blömer 1987). Da der Erfolg der zementfreien Hüftschäfte sowohl von der Primärstabilität als auch von der dauerhaften sekundären Integration in das Knochenlager abhängig ist, spielen hierbei die Materialeigenschaften, das Implantatdesign und die Oberflächengestaltung eine entscheidende Rolle. Es wurde nicht mehr alleine über die Formgestaltung diskutiert, sondern von da an auch an der Verwendung von neuen Werkstoffen und verschiedenen Implantatoberflächen geforscht (Mittelmeier et al. 1997).

Als Material für den zementfreien Stiel etablierte sich Ende der siebziger Jahre neben der Kobalt-Chrom-Legierung vor allem das aus der Weltraumtechnik bekannte Titan, welches aufgrund seines geringen Gewichtes und der hohen Dauerfestigkeit besonders geeignet ist. Bis heute wird der Vorteil von Titanschmiedelegerungen, die ein dem menschlichen Knochen ähnliches Elastizitätsmodul vorweisen, bei der Produktion von zementlosen Stielprothesen genutzt (Ungethüm und Blömer 1987).

Eine Vergrößerung der Oberfläche zur Verbesserung des Heran- und Einwachsens des Knochens in das Implantat wurde durch eine mechanische Bearbeitung der Prothesenoberfläche realisiert. Durch die über den Weg der Oberflächenoptimierung erzielte knöcherne Integration konnte eine längerfristig stabile Verankerung gewährleistet werden. Erstmals wurde eine solche Prothese mit kraterförmigen Vertiefungen 1971 von Robert Judet veröffentlicht (Abb. 1a) und nur kurze Zeit später setzte Jorge Galante das so genannte „Fiber-Mesh-Verfahren“ ein, bei welchem zerhackelte Metallspäne aus Titan- oder Kobalt-Chrom-Legierungen auf den Prothesen willkürlich verschweißt wurden (Abb. 1d). Zur zusätzlichen Druckreduzierung an der Implantat-Knochengrenze wurde 1974 die Tragrippenprothese mit großer zirkulärer Oberflächenvergrößerung von Heinz Mittelmeier eingesetzt (Grundeis 2006) (Abb. 1b). Diese makrostrukturierten Prothesen rückten schnell wieder in den Hintergrund, da bei 10-20 % der Patienten über ein Jahr anhaltende Oberschenkel Schmerzen beobachtet wurden und notwendige Revisionen häufig mit einem hohen operativen Aufwand verbunden waren (Breusch et al. 2000, Mittelmeier et al. 1997). Gerald Lord gelang es durch das Aufsintern von Kugeln eine sich in die Tiefe öffnende Oberfläche zu schaffen und ermöglichte so ein begrenztes Hineinwachsen zahlreicher spongiöser Knochenanteile in das Implantat (Abb. 1c). Sintern ist ein

Prozess, bei dem eine Temperaturbehandlung eine Verfestigung von aus Pulverteilchen bestehenden Körpern herbeiführt (Telle 2007). Allerdings war bei dieser Kugelbeschichtung die Kontaktfläche zum Kern der Prothese relativ gering, so dass hohe Belastungen zur Ablösung der aufgesinterten Struktur und zum Versagen der Prothese führten (Grundeis 2006).

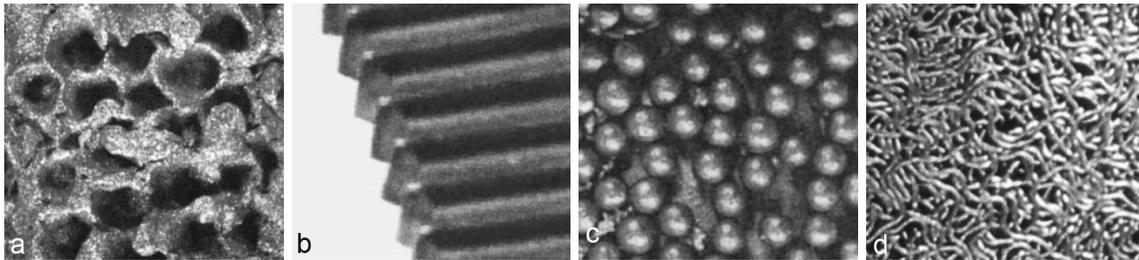


Abb. 1 Verschiedene Oberflächengestaltungen von Hüftgelenksprothesen
(Grundeis 2006)

Um ein stabiles mechanisches und biologisches Gleichgewicht zwischen dem Knochen und dem Implantat zu schaffen, erstellte Hans Grundeis 1981 eine dreidimensionale, interkonnektierende, durchgängig transparente Schwammstruktur, in die der Knochen bei erhaltener Blutzufuhr schnell und vollständig hinein wachsen kann (Grundeis 2006). Der Nachteil bei dieser Struktur war die unregelmäßige und ungleichförmige Stegstärke mit einer begrenzten Reproduzierbarkeit, so dass hieran anknüpfende Entwicklungen 1991 zur Schaffung einer Oberfläche mit so genannten Tripoden geführt haben. Diese Oberfläche ist aus jeweils sechs trabekelähnlichen gleichförmigen Stegen aufgebaut und weist letztendlich eine bessere Reproduzierbarkeit auf. Es zeigte sich, dass ein solcher Aufbau aus einem massiven Kern mit einer dreidimensionalen interkonnektierten, offenmaschigen Oberflächenstruktur eine Elastizität erzielt, die dem menschlichen Knochen sehr ähnlich ist und die beste Voraussetzung für die schnelle, tiefe und vor allem belastbare knöcherne Erschließung bietet. Zusätzlich werden heute Implantate mit bioaktiven Substanzen wie Hydroxylapatit beschichtet, um durch biochemische Verbindungen das Knochenwachstum anzuregen und die knöcherne Integration ohne bindegewebige Zwischenschichten zu beschleunigen (Breusch et al. 2000, Grundeis 2006, Mittelmeier et al. 1997).

Bei dem im Jahr 1983 von Lorenzo Spotorno entwickelten CLS-Schaft handelt es sich um eine aus Titanium hergestellte zementfreie Geradschaftprothese,

deren primäre Stabilität durch eine Press-fit-Verankerung erzielt werden kann. Um die Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit dieses Prinzips zu schaffen, besitzt der Schaft im proximalen Anteil Längsrillen, die sowohl eine Rotation der Prothese als auch das Sprengen des Schaftes vermeiden sollen. Der distale Anteil der Prothese ist so verschmälert, dass diese den Markraum nicht ausfüllt und die Prothese nur über den proximalen Anteil metaphysär verankert ist. Die durch Sandstrahlen vergrößerte Prothesenoberfläche ermöglicht eine schnellere Osteointegration zur sekundären Stabilität (Spotorno 1993, Spotorno 1987).

Eine wichtige Voraussetzung für die dauerhafte, sekundäre Integration im Knochenlager ist eine gute Primärstabilität des zementfreien Schaftes zur Vermeidung von Relativbewegungen am Interface. Diese Stabilität kann initial durch eine Verklebung des Implantats im Knochenlager („Press-fit-Fixation“) erreicht werden, welche bis zur sekundärstabilen knöchernen Integration aufrecht erhalten bleiben sollte (Gollwitzer und Gardinger 2006).

1.4 Die Verankerungsprinzipien von Hüftendoprothesen

Bei den Hüftprothesen wird die Verankerung im epiphysären, metaphysären und diaphysären Knochenlager unterschieden. Grundsätzlich wird eine weitestgehend proximale Verankerung angestrebt, um im Fall einer Lockerung eine knochensparende Wechseloperation durchführen zu können. Die diaphysäre Verankerung stellt bis heute das Standardprinzip der Hüftendoprothetik dar, da epi- und metaphysäre Prothesenverankerungen zwar insgesamt viel versprechende Ergebnisse, jedoch nach wie vor höhere Komplikationsraten aufweisen (Breusch et al. 2000, Effenberger et al. 2005).

Vollstrukturierte Standardimplantate werden im coxalen Femur sowohl metaphysär als auch diaphysär intramedullär integriert. Hierbei wird zwischen Modellen mit einer proximalen und mit einer distalen Verankerung unterschieden. Die Mehrzahl der heutigen Hüftprothesenstiele weist das proximale Verankerungskonzept auf, ist metaphysär voluminöser und profitiert in diesem Bereich von einer höheren Stabilität, während die distale Verankerung mit einem längeren Verankerungsstiel, wie bei der von Karl Zweymüller entwickelten Geradschaftprothese, für eine mechanische Ruhe an der Implantat-Knochen-Grenze

sorgt (Effenberger et al. 2005, Plitz 1989, Steinhauser 2006). Diese beiden Verankerungsformen werden sowohl durch das Prothesendesign als auch durch das Ausmaß der Oberflächenbeschichtung bestimmt. Durch teilstrukturierte Prothesen, bei denen die Oberflächenstrukturierung auf den proximalen Anteil des Femurschaftes reduziert ist, wird eine distale Krafteinleitung minimiert und das Phänomen des „stress-shieldings“, welches als periprothetische Saumbildung durch Anpassung des Knochens an den starren, schwingenden Schaft interpretiert wird, vermieden (Breusch et al. 2000, Galante et al. 1987).

Das Konzept des Gelenkersatzes der Hüfte in Form des Oberflächenersatzes wird als epiphysäre Verankerungsform bezeichnet. Das Ziel des Oberflächenersatzes ist es lediglich die beschädigte Knorpelzone abzutragen und zu ersetzen, um so möglichst viel der natürlichen Knochenstrukturen und der physiologischen Krafteinleitung in den Knochen aufrecht zu erhalten. Durch die weitgehende Schonung des epiphysären, sowie die vollständige Schonung des meta- und diaphysären Femuranteils sind neben dem geringen Knochenverlust eine höhere Luxationssicherheit bei größerem Bewegungsspiel und eine Verbesserung der Rückzugsmöglichkeiten bei eventuellen Wechseloperationen vorteilhaft (Schmidt und Banerjee 2006). Bei der Oberflächenersatzendoprothetik, zu denen die Schalen- und Kappenprothesen gehören, ist die Schenkelhalsresektion daher nicht erforderlich (Effenberger et al. 2005). Anfang der 1990er Jahre wurde die Schalenprothese vom Typ Wagner entwickelt, hergestellt aus einer Titanaußenschale und einer MetaSUL-Innenschale. Diese wurde in geringer Zahl implantiert, da Osteolysen und Frühlockerungen häufig beobachtet wurden (Riner 2008, Rudert et al. 2007, Witzleb et al. 2004). Beispiele moderner Oberflächenersatzsysteme, die sich bereits im neuen Jahrtausend durchgesetzt haben, sind die von Derek McMinn hervorgerufene Birmingham-Hip-Resurfacing-Endoprothese sowie die seit 2003 erhältliche Durom-Hip-Prothese. Allen gemeinsam ist eine Metall-Metall-Gleitpaarung mit hohem Karbidanteil, eine zementlose Fixierung der Pfanne und eine meist zementierte Fixierung der Femurkomponente (Rudert et al. 2007). Jedoch wurde bereits im Jahr 1973 eine bei der Metall-Metall-Paarung auftretende erhöhte Konzentration von Chrom- und Kobaltionen, welche in der Niere durch glomeruläre Filtration ausgeschieden werden, im Blut entdeckt. Daher sollte bei Patienten mit einer bekannten

Niereninsuffizienz auf eine solche Prothese verzichtet werden (Coleman 1973, Rudert et al. 2007).

Metaphysär verankerte Prothesensysteme werden unter dem Sammelbegriff Schenkelhalsendoprothesen zusammengefasst. Hierzu gehört neben der Schenkelhalsendoprothese CUT 2000, der Schenkelhalsschraubprothese vom Typ Spiron und der Zugankerprothese als wichtigster Vertreter dieses Verankerungskonzeptes die von Arnold H. Huggler und Hilaire A. C. Jakob 1978 entwickelte Druckscheibenprothese (Stukenborg-Colsman 2007). Bei der Druckscheibenprothese wird nach einer subkapitalen Femurresektion der resezierte Schenkelhals zur dynamischen Fixierung genutzt und der intramedulläre Kanal distal intakt gelassen. Die Druckscheibenprothese wird mit einem Zuganker metaphysär verankert. Durch einen von lateral eingebrachten Schraubbolzen wird der Scheibenanteil mit einer dem lateralen Femur unterhalb des Trochanter majoris anliegenden Lasche verbunden.

1.5 Die Problematik der diaphysären Prothesenverankerung

Obwohl Grundlagenexperimente zeigen, dass eine knöcherne Integration und eine feste diaphysäre Verankerung bei zementfreien Schaftprothesen erreicht werden kann, gibt es Fälle von intramedullär fixierten Hüftprothesen, die unter Belastung zum proximalen Schwingen führen. Folge dieser mangelnden Integration sind eine Atrophie des proximalen Femurs sowie eine Verdickung der Kortikalis im distalen Drittel des Prothesenschaftes und dadurch eine periprothetische Saumbildung, das so genannte „stress shielding“ (Abb. 2). Durch eine mangelnde proximale Integration kommt es zur Osteolyse des nicht belasteten metaphysären Knochens. Die starke distale Kraffteinleitung führt zu einer Hypersklerosierung im Bereich der Stielspitze und stellt ein erhöhtes Risiko für einen Implantatbruch oder eine Lockerung dar (Gollwitzer und Gardinger 2006). Diese Problematik, die sich aus der Verwendung von intramedullär verankerten Prothesen ergibt und überwiegend junge Patienten betrifft, macht einen Prothesenwechsel oftmals schwierig, da üblicherweise die Verwendung längerer oder zementierter Stielprothesen nötig wird (Honl et al. 1995, Menge 1995).

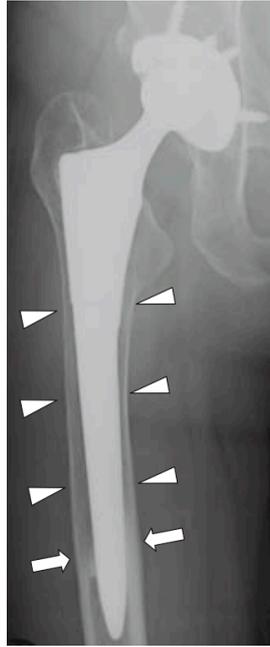


Abb. 2 „Stress-shielding“ (Nishino et al. 2008)

Eine andere Herausforderung stellt die Versorgung einer großen Anzahl von jungen, aktiven Patienten mit einer Hüftendoprothese dar. Aufgrund verschiedener Hüftgelenkserkrankungen wie z. B. Hüftdysplasie, Hüftkopfnekrose oder rheumatoider Arthritis können schon frühzeitig Destruktionen des Hüftgelenks auftreten, die die Implantation eines künstlichen Hüftgelenks erforderlich machen. Trotz umfangreicher Forschung zur Verbesserung der Operationstechniken und Langzeitergebnisse durch umfangreiche Materialentwicklung in der Hüftendoprothetik sind die klinischen Ergebnisse bei jungen Patienten zwar stetig verbessert worden, jedoch verglichen mit denen von älteren Patienten als schlechter zu bewerten (Joshi et al. 1993, Malchau et al. 2002). Daher wird bei jüngeren Patienten zunächst versucht, den Hüftgelenksersatz nach Möglichkeit mit einer konservativen Therapie hinauszuzögern oder gelenkerhaltende Operationen durchzuführen, um den Zeitpunkt zur Implantation einer Totalendoprothese möglichst ins höhere Lebensalter zu verschieben.

1.6 Die Druckscheibenprothese

1.6.1 Entwicklung

Scholten et al. zeigten in einer Studie über die Berechnung mechanischer Beanspruchung von Knochenstrukturen, dass sich die unter physiologischen Ver-

hältnissen bestehenden Spannungsmuster im proximalen Femur befinden. Durch die Finite-Element-Analyse wurde nachgewiesen, dass die besonders dichte Spongiosa des Femurkopfes das Hauptübertragungselement der dort eingeleiteten Kräfte darstellt, während diese Funktion am Schenkelhals und weiter distal von der rasch zunehmenden Kortikalis übernommen wird (Scholten 1976). Die Finite-Element-Analyse basiert hier auf der Zerlegung von Knochenstrukturen in einzelne Elemente, wobei alle Elemente in ihren Endpunkten miteinander verbunden sind, um so verschiedene Situationen wie z.B. die Krafteinleitung und die Spannungsverläufe zu simulieren und auszuwerten (Brekelmans et al. 1972). Aus diesen Beobachtungen heraus und durch experimentelle Spannungsanalysen am Femurmodell von Huggler et al. ließ sich folgern, dass die Kortikalis am proximalen Femur, welche bei den Schaftprothesen häufig atrophiert, von entscheidender Bedeutung für die physiologische Krafteinleitung und den Erhalt der normalen Spannungsverhältnisse im Schenkelhals ist (Huggler 1997, Huggler et al. 1993).

Anhand der oben genannten Erkenntnisse entwickelten Arnold H. Huggler und Hilaire A. C. Jakob 1976 mit der Druckscheibenprothese ein neues biomechanisches Konzept einer proximalen, metaphysären Verankerung mit dem Ziel einer physiologischen Krafteinteilung in den Knochen, um die natürlichen Spannungsverhältnisse im Schenkelhals aufrecht zu erhalten. Diese vorerst theoretische biomechanische Überlegung wurde in den zwei Folgejahren durch experimentelle Spannungsanalysen zur klinischen Reife weiterentwickelt. Die ersten zwei Implantationen erfolgten 1978 im Kantonsspital in Chur sowie ab 1980 in der Orthopädischen Universitätsklinik Balgrist in Zürich (Huggler 1997) (Abb. 3).



Abb. 3 Prototyp der Druckscheibenprothese 1978 (Jacob 1997)

Aus der von Arnold H. Huggler und Hilaire A. C. Jakob veröffentlichten Beschreibung der Operationstechnik geht hervor, dass die ersten beiden Prototypen noch mit Knochenzement fixiert wurden, um eine seitliche Migration der Druckscheibe zu vermeiden (Huggler und Jakob 1980). Aufgrund einer Ermüdungsfraktur des Bolzens knapp ein Jahr nach Prothesenimplantation wurde jedoch auf den Knochenzement verzichtet und die Seite der Druckscheibe, die dem Knochen anliegt, mit einem Markprofil versehen, um so eine bessere Osteointegration dieser in den Schenkelhalsstumpf zu gewährleisten. Die damals implantierte erste Generation der Druckscheibenprothese war rund. Als Material für die Druckscheibe und den Dorn wurde eine Kobalt-Chrom-Schmiedelegerung verwendet (Huggler 1997) (Abb. 4).

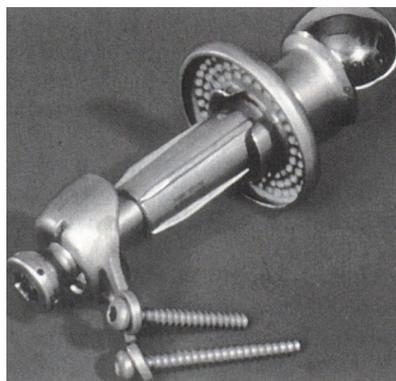


Abb. 4 Druckscheibenprothese der 1. Generation (Huggler 1997)

Probleme zeigten sich jedoch bei der runden Form der Druckscheibe, da sie nur ungenügend der Form des Schenkelhalses entsprach. Zum anderen führte die große Vorwölbung an der lateralen Platte bei einigen Patienten zur Schmerz-

empfindung am lateralen Oberschenkel. Aus diesen Erkenntnissen ging die ab 1988 implantierte zweite Generation der Druckscheibenprothese hervor. Als neues Material für die Druckscheibe und die Platte wurde Titan gewählt und die Druckscheibe erhielt zur besseren Anpassung an den Schenkelhalsquerschnitt eine ovale Form. Zusätzlich wurde der sehr prominente Laschenkopf verkleinert, was eine deutliche Abnahme der Beschwerden bei den folgenden implantierten Prothesen mit sich brachte (Huggler 1997) (Abb. 5).

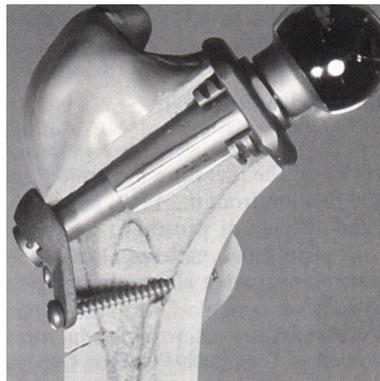


Abb. 5 Druckscheibenprothese der 2. Generation (Huggler 1997)

Bei der seit 1992 implantierten dritten Generation der Druckscheibenprothese wurden weitere Veränderungen vorgenommen. Die Druckscheibe wurde aufgrund einer rationelleren Herstellung mit dem Dorn zu einem Stück verbunden. Zusätzlich konnte durch eine weitere Abflachung der Lasche die Schmerzempfindung am lateralen Oberschenkel deutlich gemindert werden (Huggler 1997) (Abb. 6).

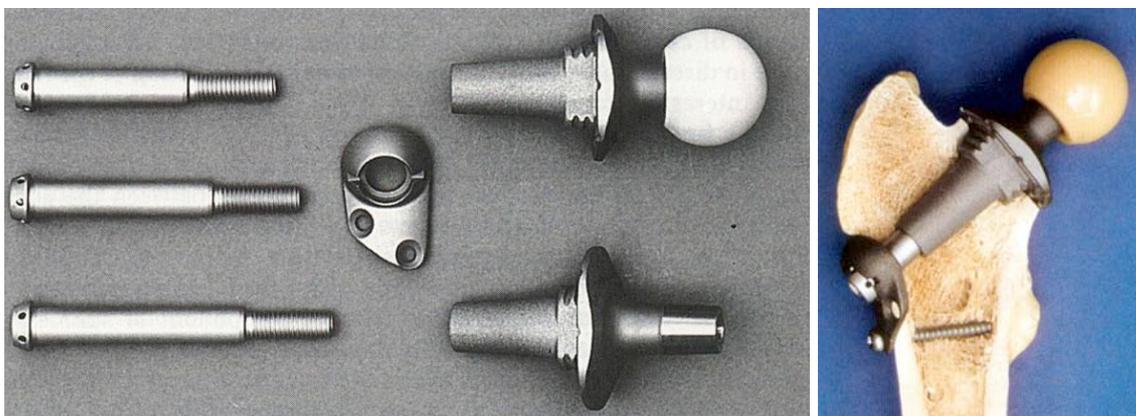


Abb. 6 Druckscheibenprothese der 3. Generation (Huggler 1997, Jacob 1997)

Aufgrund der viel versprechenden Langzeitergebnisse kam es in den 90er Jahren zu einer zunehmenden Verbreitung der Druckscheibenprothese. Trotz einiger Modifikationen hat sich an dem 1976 von Arnold H. Huggler und Hilaire A. C. Jakob ursprünglich vorgestellten Konzept nichts geändert.

1.6.2 Beschreibung und Biomechanik

Die Druckscheibenprothese ist eine Prothese, die nach einer subkapitalen Femurresektion zementfrei metaphysär verankert wird und den diaphysären Anteil des Femurs verschont. Das Hauptelement der Prothese stellt die mit dem biegesteifen Dorn zu einem Stück verbundene Druckscheibe dar (Abb. 7/A.). Diese liegt dem resezierten Schenkelhalsstumpf plan auf und überträgt die eingeleitete Hüftgelenkskraft direkt auf die darunter liegende mediale Kortikalis des Schenkelhalses. Der darunter liegende konische Hohlkörper, der so genannte Dorn, erhöht die Biegefestigkeit der Druckscheibenprothese und vergrößert die Oberfläche für die anwachsende Spongiosa. Gleichzeitig wird mit „Füßchen“ die notwendige Rotationsstabilität der Prothese sichergestellt. Über einen von lateral eingebrachten zentralen Bolzen (Abb. 7/B.) wird der Scheibenanteil mit einer dem lateralen Femur unterhalb des Trochanter majors anliegenden Lasche befestigt. Bei der Implantation wird hierdurch eine Vorspannung aufgebaut, die die Primärstabilität bis zur knöchernen Integration verbessern soll. Die Lasche (Abb. 7/C.) wird am lateralen Femur unterhalb des Tuberculum innominatum (kraniolateraler Ausläufer des Ursprunges des Musculus vastus lateralis und des intertrochantären Ansatzes des Ligamentum iliofemorale) mit zwei Kortikalischrauben (Abb. 7/D.) fixiert und ist für die Aufnahme und Verteilung der axialen Zugkraft verantwortlich. Zudem verhindert sie ein kraniales Abwandern des Schraubbolzens (Sulzer 1997).



Abb. 7 Bestandteile der Druckscheibenprothese

Durch die Implantation einer Schaftprothese ändert sich unvermeidbar die mechanische Beanspruchung des Knochenlagers gegenüber dem physiologischen Zustand. Große Abweichungen vom physiologischen Belastungsmuster führen zu resorptivem Knochenremodelling mit der Gefahr einer aseptischen Implantatlockerung. Das Ziel sollte es daher sein, eine möglichst physiologische Lastübertragung auf das Knochenlager herzustellen (Steinhauser 2006). Untersuchungen am Femurmodell ohne Prothese von Huggler et al. zeigten, dass die ermittelten Spannungsverläufe mit der trabekulären Struktur des menschlichen Femurs (Abb. 8) übereinstimmen, welche in ihrer Peripherie von der Kortikalisschicht stabilisiert werden. Nachfolgende experimentelle Spannungsanalysen lieferten das Ergebnis, dass die Hüftgelenkskräfte distal des Femurkopfes nicht über die Spongiosa, sondern durch die mediale Schenkelhalskortikalis abgeleitet werden und diese von entscheidender Bedeutung für die Lastübertragung ist (Huggler et al. 1978).

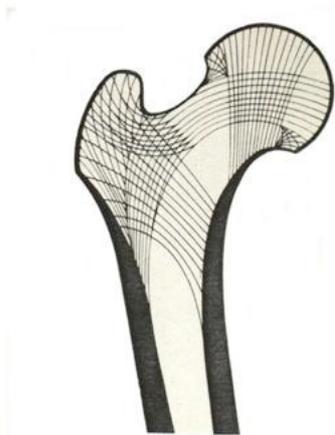


Abb. 8 Trabekelstruktur im proximalen Femur (Huggler und Jacob 1980)

Das unphysiologische Belastungsmuster zwischen einer Schaftprothese und dem Knochenlager, welches sich am Modell durch eine bis zu 60 % ige Entlastung des proximalen Femurs und durch hohe Scherkräfte am Übergang der Prothese zur Kortikalis des medialen Schenkelhalses nachweisen lässt, wird als Grund für den Knochenabbau und damit für eine Prothesenlockerung gesehen (Jacob und Huggler 1980). Durch die metaphysäre Implantation der Druckscheibenprothese soll die physiologische Krafteinleitung des Hüftgelenks erhalten bleiben. Das Grundprinzip dieser zementfrei verankerten Prothese ist die Übertragung der eingeleiteten Last über die Druckscheibe in die direkt darunter liegende mediale Kortikalis des Schenkelhalses. Durch diese den physiologischen Verhältnissen entsprechende Belastung und der daraus resultierenden Aufrechterhaltung des intraossären Spannungsmusters wird ein Knochenerhalt des proximalen Femurs sichergestellt. Probleme wie das „stress-shielding“ werden vermieden. Die mit zwei Kortikalisschrauben am lateralen Femur befestigte Lasche dient der Neutralisierung von Zugkräften (Huggler 1997). Anschließende Messungen am Finite-Element-Modell mit implantierter Druckscheibenprothese zeigten (Abb. 9b) im Vergleich zu den Ergebnissen ohne Prothese (Abb. 9a) keine signifikanten Unterschiede in den Spannungsverläufen. Das Spannungsmuster sei praktisch das Gleiche wie beim physiologisch belasteten Femur (Bereiter et al. 1997), allerdings unter der Voraussetzung, dass die Prothese mit einem CCD-Winkel (Caput-Collum-Diaphysen-Winkel) zwischen 125° und 135° sowie einem Antetorsionswinkel von $10-15^{\circ}$ eingebaut wird.

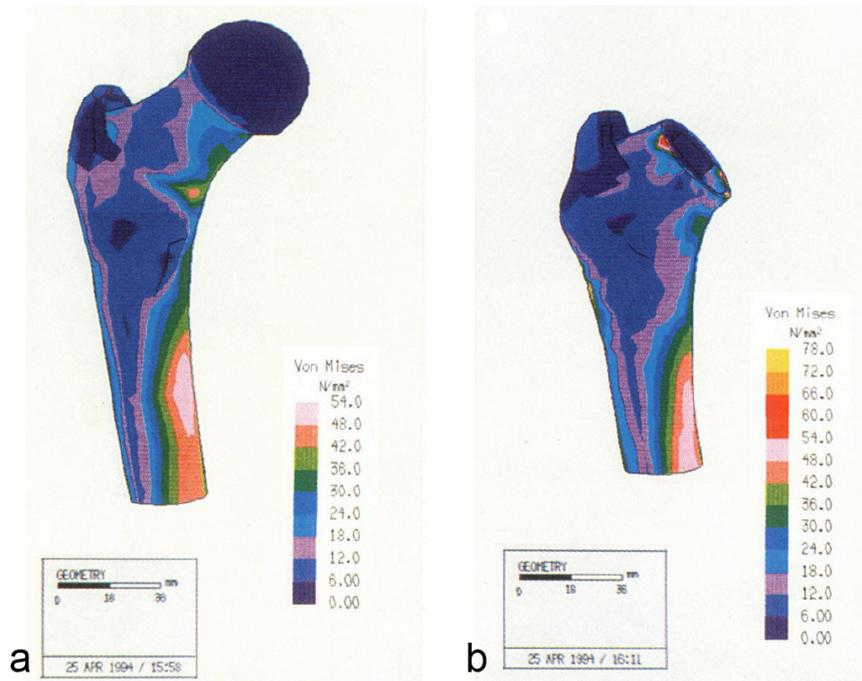


Abb. 9 Belastungsmessung am Finite-Element-Modell (Bereiter et al. 1997)

Die ersten Langzeitergebnisse der 162 implantierten Druckscheibenprothesen haben das biomechanische Prinzip bestätigt. Radiologisch zeigten sich keine Anzeichen von Osteopenie oder Atrophie unter dem Auflagebereich der Druckscheibe und besonders die mediale Schenkelhalskortikalis stellte sich unverändert dar (Huggler et al. 1993).

1.6.3 Operationstechnik

Vor der Implantation einer Druckscheibenprothese ist eine gründliche präoperative Planung unerlässlich. Hierfür wird eine Röntgenaufnahme der Hüfte in zwei Ebenen benötigt. Mittels einer tiefen Beckenübersichtsaufnahme im a.p.-Strahlengang als radiologische Schablone wird sowohl die Prothesengröße als auch der Caput-Collum-Diaphysen-Winkel (CCD-Winkel) bestimmt. Es wird vom Hersteller empfohlen, die Druckscheibenprothese in einem 125- 135°-Winkel zu implantieren, da ansonsten die physiologische Krafteinleitung nicht erreicht wird und sich die Lasche nicht der lateralen Kortikalis des Femurs anpasst. Bei zu starker Valgusstellung der Druckscheibenprothese würde es aufgrund unterschiedlich axialer Steifigkeit zwischen Knochen und Implantat bei jedem Lastwechsel zu Bewegungen zwischen dem distalen Teil des Schraub-

bolzen und der Lasche kommen. Bei zu starker Varusstellung kann die Prothese abrutschen, obwohl die dem Knochen anliegende Seite der Druckscheibe mit Makroprofilen versehen ist (Honl et al. 1995, Huggler und Seemann 1987). Zusätzlich ist für die korrekte Positionierung der Prothese eine Bestimmung der Distanz zwischen dem Tuberculum innominatum und der Eintrittsstelle des Schraubbolzens (Strecke a) sowie zwischen der Schenkelhalsresektionshöhe und dem Trochanter minor (Strecke b) erforderlich. Die Strecke a ergibt sich durch den CCD-Winkel α und legt den Punkt der lateralen Bohrung fest, während die Strecke b mit einer Röntgenschablone die Resektionshöhe am Schenkelhals angibt (Sulzer 1999) (Abb. 10).

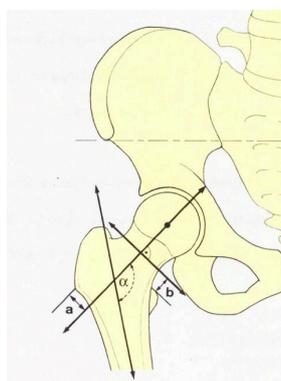


Abb. 10 Präoperative Prothesenplanung (Huggler 1997)

Für die Implantation einer Druckscheibenprothese können zwei Zugangswege gewählt werden. Sowohl der transgluteale-laterale Zugang nach Bauer, als auch der anterolaterale Zugang nach Watson-Jones bieten eine ausreichende Darstellung des Hüftgelenks bei geringer Beschädigung der pelvitrochantären Muskulatur. Jedoch wird von den Herstellern der Letztere empfohlen. Nach genauer Messung des CCD-Winkels und Bestimmung der Eintrittsstelle des Schraubbolzens (Strecke a) mit Hilfe eines dem Schenkelhals aufgelegten Kirschnerdrahtes wird das Zentrierloch gebohrt (Abb. 11).

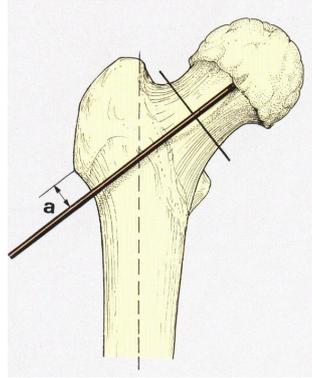


Abb. 11 Operationsanleitung 1 (Huggler und Jacob 1994)

Anschließend erfolgt die subkapitale Resektion des Femurkopfes orthograd zur Schenkelhalsachse. Die Zentrierscheibe wird auf die Mitte der Resektionsfläche des Schenkelhalsstumpfes gelegt und mit dem Anschlaginstrument fest in der Spongiosa verankert (Abb. 12).

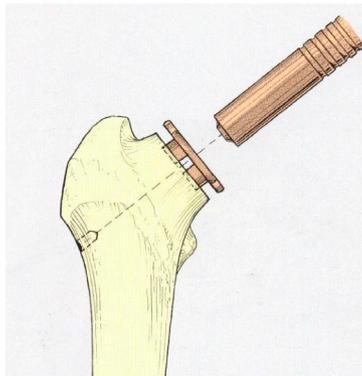


Abb. 12 Operationsanleitung 2 (Huggler und Jacob 1994)

Nun wird die Bohrlehre bestehend aus Bohrbügel, Bohrbüchse und Bohrbüchsenaufsatz medial in die Zentrierscheibe eingesetzt und der Zentrierbolzen von lateral durch die Bohrbüchse in das vorbereitete Zentrierloch eingeführt (Abb. 13).

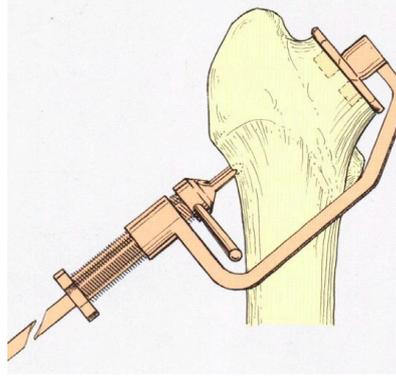


Abb. 13 Operationsanleitung 3 (Huggler und Jacob 1994)

Nachdem die Bohrlehre durch Drehen der Bohrbüchse festgestellt wurde, wird der Zentrierbolzen entfernt und ein Führungskanal durch den Schenkelhals gebohrt. Anschließend wird die Bohrlehre wieder entfernt und der Schenkelhals mit einer Planfräse mit Führungsbolzen soweit abgefräst, bis er der präoperativen Planung der Strecke b entspricht (Abb. 14).

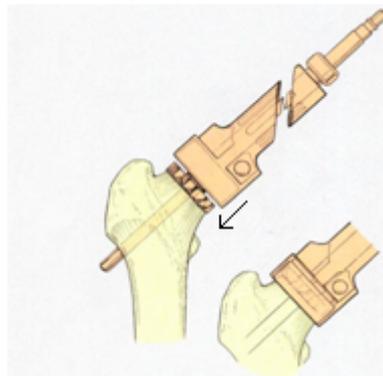


Abb. 14 Operationsanleitung 4 (Huggler und Jacob 1994)

Bevor die Druckscheibenprothese eingesetzt werden kann, wird die Pfanne implantiert. Anschließend wird mittels einer Messlehre die Scheibenteilgröße auf dem Schenkelhalsstumpf bestimmt und das mit dem Dorn verbundene Scheibenteil durch Einschlagen in die Spongiosa des Schenkelhalses fest verankert (Abb. 15).



Abb. 15 Operationsanleitung 5 (Huggler und Jacob 1994)

Im Anschluss daran wird der zuvor ausgemessene Manipulierkopf aufgesetzt und das Hüftgelenk reponiert. Nun wird der Schraubbolzen in einer passenden Länge mit aufgesetzter Lasche von lateral eingedreht (Abb. 16).

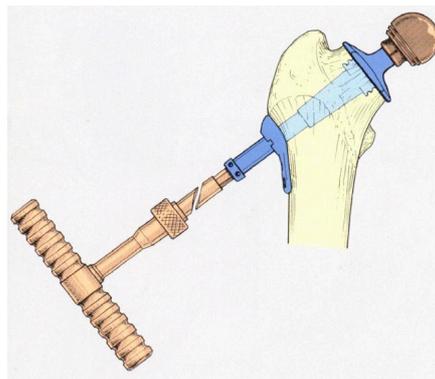


Abb. 16 Operationsanleitung 6 (Huggler und Jacob 1994)

Bevor die Lasche mit zwei Kortikalisschrauben fixiert werden kann, werden der Bewegungsumfang, die Stabilität und die Luxationstendenz der Druckscheibenprothese geprüft. Anschließend wird das Hüftgelenk wieder luxiert, der Manipulierkopf entfernt und mit dem Tiefentaster das Schraubbolzenende im Konus vom Lochrand aus überprüft. Dann wird der passende Originalkopf aufgesetzt, das Hüftgelenk erneut reponiert und der Schraubbolzen nachgezogen. Als letztes wird die Lasche mit zwei Kortikalisschrauben fixiert und die Wunde schichtweise verschlossen (Sulzer 1999).

Das operierte Bein wird postoperativ in einer Antirotationsschaumstoffschiene gelagert. Zur Vermeidung einer Thrombose ist es wichtig eine sofortige Mobilisation an Unterarmgehstützen mit Belastung des operierten Beines anzustre-

ben. Es wird empfohlen eine mindestens sechswöchige Teilbelastung unter Benutzung von Unterarmgehstützen einzuhalten. Eine volle Belastung mit dem ganzen Körpergewicht sollte acht Wochen nach der Implantation erreicht worden sein. Wichtig ist, dass die Patienten postoperativ zur Kräftigung der pelvi-trochantären Muskulatur und zur Wiederherstellung der Beweglichkeit physiotherapeutisch betreut werden (Sulzer 1999).

1.6.4 Indikation und Kontraindikation

Zu den Indikationen gehören zunächst die auch beim normalen Gelenkersatz geltenden Richtlinien, vorausgesetzt Größe, Form, Struktur und Achsenverhältnisse des Hüftgelenks sind entsprechend vorhanden (Huggler 1997). Die Implantation einer Druckscheibenprothese ist vor allem für junge und aktive Patienten geeignet, da aufgrund der metaphysären Verankerung im Falle einer Lockerung ein unkomplizierter Prothesenwechsel möglich scheint und durch den Erhalt des diaphysären Femuranteils eine gute Ausgangssituation für eine konventionelle Schaftprothese geschaffen wird.

Als Kontraindikationen für die Implantation einer Druckscheibenprothese gelten grundsätzlich die Gleichen wie für die Implantation anderer Hüftgelenkersätze, wie z.B. ein Gelenkempyem oder eine gelenknahe Osteomyelitis. Da eine feste Osteointegration der Prothese unter anderem von der Knochenqualität des proximalen Femurs abhängig ist, gelten eine ausgeprägte Osteoporose (Dunai et al. 1996), maligne Tumoren und eine renale Osteopathie (Fink et al. 2002) ebenfalls als Kontraindikation für die Druckscheibenprothese. Hüftkopfnekrosen treten besonders häufig bei jungen Patienten auf und stellen daher eine ideale Indikation für die Implantation einer Druckscheibenprothese dar, allerdings gelten Hüftkopfnekrosen mit bis an die Resektionsfläche heranreichenden Nekrosearealen als Kontraindikation (Fink et al. 2002). Auch stattgehabte Frakturen distal der Resektionsfläche werden als ungünstig für die Implantation der Druckscheibenprothese beurteilt. Eine generelle Altersgrenze ist nicht definiert, allerdings wird von den Anwendern und Herstellern empfohlen, Patienten im fortgeschrittenem Alter, bei denen eine aseptische Lockerung statistisch nicht zu erwarten ist, mit einer konventionellen Schaftprothese zu versorgen. Dies bedarf einer individuellen Beurteilung (Huggler 1997).

2 Material und Methoden

2.1 Studienaufbau

Unter Berücksichtigung einer Mindeststandzeit von zehn Jahren wurden zwischen dem 01. August 1994 und dem 19. Dezember 1997 in der orthopädischen Klinik des Universitätskrankenhauses Hamburg-Eppendorf (58 DSP) sowie in dem Klinikum Bad Bramstedt (114 DSP) 172 Druckscheibenprothesen der dritten Generation bei 159 Patienten (96 Frauen, 63 Männer) implantiert.

Um genaue Ergebnisse der Patienten mit einer rheumatoiden Arthritis zu erhalten, werden diese gesondert von den Patienten mit einer primären und sekundären Coxarthrose betrachtet. In dieser Arbeit werden alle Coxarthrosen, die durch eine frühere Hüftgelenkserkrankung entstanden sind wie z.B. durch ein Hüftdysplasie, ein Morbus Perthes oder durch ein Trauma, unter Ausschluss der rheumatoiden Arthritis, als sekundäre Coxarthrose zusammengefasst. Somit verteilen sich die Operationsindikationen bei dem gesamten Kollektiv auf 97 Prothesen bei Patienten (56,4 %) mit primärer und sekundärer Coxarthrose, 47 Prothesen bei Patienten (27,3 %) mit rheumatoider Arthritis und 28 Prothesen bei Patienten (16,3 %) mit Hüftkopfnekrose.

Es wurden 90 Prothesen auf der linken und 82 Prothesen auf der rechten Seite implantiert, wobei 13 Patienten (8 Frauen, 5 Männer) auf beiden Seiten eine Druckscheibenprothese erhielten. Das Durchschnittsalter aller Patienten betrug zum Zeitpunkt der Operation $47,4 \pm 11,4$ Jahre (Frauen $48,2 \pm 11,2$ Jahre, Männer $46,2 \pm 11,7$ Jahre).

2.2 Datenerhebung

Für die präoperative Datenerhebung werden der Name, das Alter und das Geschlecht sowie die betroffene Seite und die Operationsindikation, die zur Druckscheibenprothesenimplantation führte, aus den ambulanten und stationären Krankenblättern entnommen. Aus der Patientenakte werden der Operationsbericht zur Bestimmung des Operationsdatums, des verwendeten Materials, des Operateurs und eventueller Komplikationen hinzugezogen. Für die unmittelbar postoperativen Daten werden die Entlassungsbriefe für die klinische Bewertung

sowie die in der Klinik verbliebenen Röntgenbilder zur radiologischen Beurteilung hinzugezogen. Die postoperativen Daten zum Zeitpunkt des Follow-ups werden mittels eines zugesandten Fragebogens evaluiert, in dem die Patienten schriftlich nach aktuellen Daten, Schmerzen, physiotherapeutischen Maßnahmen, Gehverhalten, Komplikationen, subjektiver Zufriedenheit und Revisionen seit der Implantation vor etwa zehn Jahren befragt werden (siehe hierzu Anhang „Fragebogen“). Insgesamt werden 40 Patienten mit einer Druckscheibenprothese nach einem standardisierten Schema klinisch in dem Klinikum Bad Bramstedt nachuntersucht. Im Rahmen dieser Nachuntersuchungen wird der klinische Status anhand des Harris-Hip-Scores erhoben. Zusätzlich werden die Patienten mit unklaren Beschwerden oder bereits erfolgter Revision zur standardisierten klinischen und radiologischen Nachuntersuchung eingeladen. Es werden jeweils eine tiefe Beckenübersichtsaufnahme im a.-p.-Strahlengang und eine Oberschenkelaufnahme im axialen Strahlengang angefertigt. Bei Patienten mit bereits erfolgten Revisionen werden zur Analyse der Wechseloperation die Krankenakte mit dem jeweiligen Arztbrief, Operationsbericht und Anästhesiebogen sowie die unmittelbar postoperativen Röntgenbilder aus den entsprechenden Kliniken herangezogen. Mithilfe der Fragebögen und der Follow-up Untersuchung werden die langfristigen Ergebnisse der Druckscheibenprothese erhoben. Aus den ermittelten Daten werden die arithmetischen Mittel, Minima, Maxima und Standardabweichungen berechnet und anhand der Tabellenkalkulation Excel® graphisch dargestellt.

2.3 Patientengut

Für die Analyse der langfristigen Ergebnisse der Druckscheibenprothese können von den 172 im berücksichtigten Zeitraum implantierten Druckscheibenprothesen 137 Prothesen bei 127 Patienten (79,7 %) erfasst werden. Hiervon kann bei sechs Patienten das Interview nicht schriftlich, sondern nur telefonisch erfolgen. Vier Patienten sind zum Zeitpunkt des Follow-ups bereits aus prothesenunabhängigen Gründen verstorben. Bei allen vier Patienten war die Prothese jedoch zum Zeitpunkt des Todes noch implantiert. Die verbleibenden 31 Druckscheibenprothesen bei 28 Patienten können weder schriftlich noch telefonisch kontaktiert werden, da diese aus unbekanntem Gründen verzogen und die neuen Kontaktdaten nicht auszumachen sind. Die durchschnittliche Standzeit zum

Zeitpunkt des Follow-ups beträgt $10,9 \pm 0,7$ Jahre mit einem Minimum von zehn und Maximum von 12,9 Jahren.

2.3.1 Operationsindikation

Bei den Operationsindikationen werden die primäre und sekundäre Coxarthrose sowie die Hüftkopfnekrose differenziert. Da jedoch bei der rheumatoiden Arthritis von einer verminderten ossären Integration der Druckscheibenprothese berichtet wurde, sollen die Ergebnisse von Patienten mit einer rheumatoiden Arthritis separat von denen mit einer sekundären Coxarthrose betrachtet werden und stellen eine weitere Operationsindikation da.

Die Operationsindikationen bei dem berücksichtigten Kollektiv verteilen sich wie folgt: die häufigste Indikation für die Implantation einer Druckscheibenprothese bildet die primäre und sekundäre Coxarthrose mit 81 Prothesen (59,1 %). Gefolgt wird diese Gruppe von 39 Prothesen bei Patienten (28,5 %) mit rheumatoider Arthritis und 17 Prothesen bei Patienten (12,4 %) mit Hüftkopfnekrose (Abb. 17).

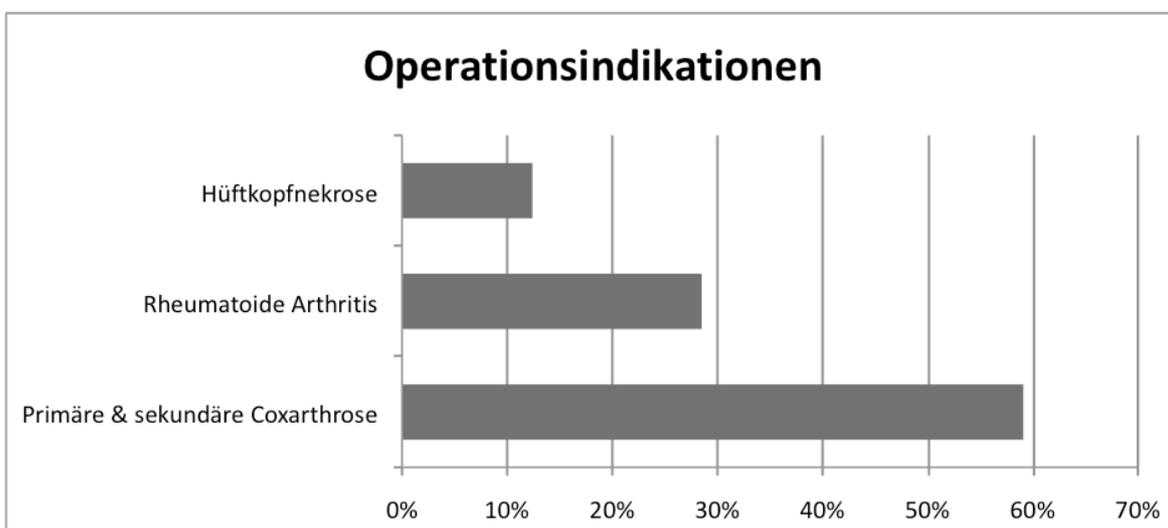


Abb. 17 Verteilung der Operationsindikationen im Gesamtkollektiv

Die Operation wurde von insgesamt 14 verschiedenen Operateuren durchgeführt. Es wurde in 96 Fällen ein posterolateraler und in 41 Fällen ein transglutealer Zugang gewählt.

2.3.2 Altersverteilung

Das Durchschnittsalter dieses Patientenkollektives betrug zum Zeitpunkt der Operation $48,7 \pm 11,1$ Jahre. Das Durchschnittsalter der Frauen betrug $49,7 \pm 10,7$ Jahre, wobei die jüngste Patientin zum Zeitpunkt der Implantation 17 Jahre und die älteste Patientin 68 Jahre alt waren. Das Durchschnittsalter der Männer lag bei $46,9 \pm 11,7$ Jahre, wobei der jüngste Patient 18 Jahre und der älteste Patient 63 Jahre alt waren.

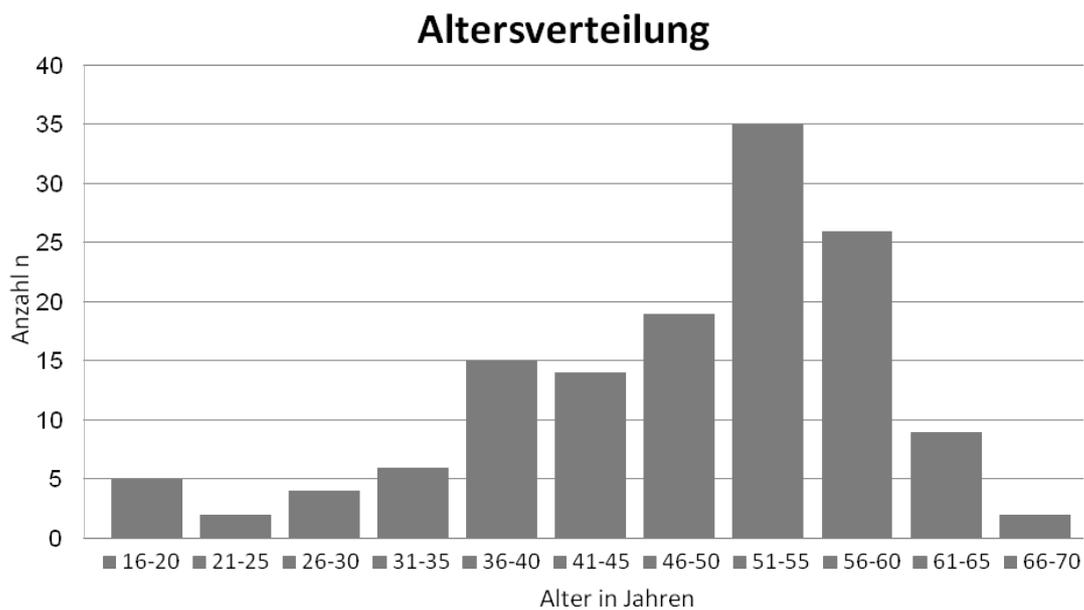


Abb. 18 Altersverteilung des Gesamtkollektives zum Zeitpunkt der Operation

In Abhängigkeit von den Primärindikationen liegt das Durchschnittsalter der Patienten mit primärer und sekundärer Coxarthrose bei $52,9 \pm 8$ Jahren, bei denen mit rheumatoider Arthritis bei $40,7 \pm 11,8$ Jahren und bei den erfassten Patienten mit einer Hüftkopfnekrose bei $47 \pm 12,1$ Jahren (Abb. 19).

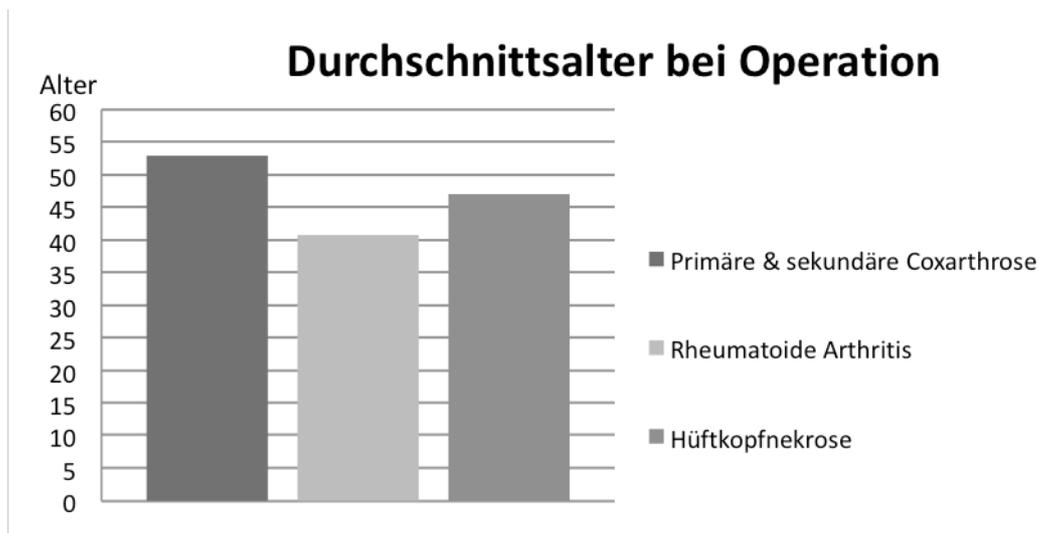


Abb. 19 Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation

2.3.3 Geschlechterverteilung

Die Prothesenzahl von 137 setzt sich zusammen aus 88 Druckscheibenprothesen bei Frauen (64,2 %) und 49 bei Männern (35,8 %) (Abb. 20).

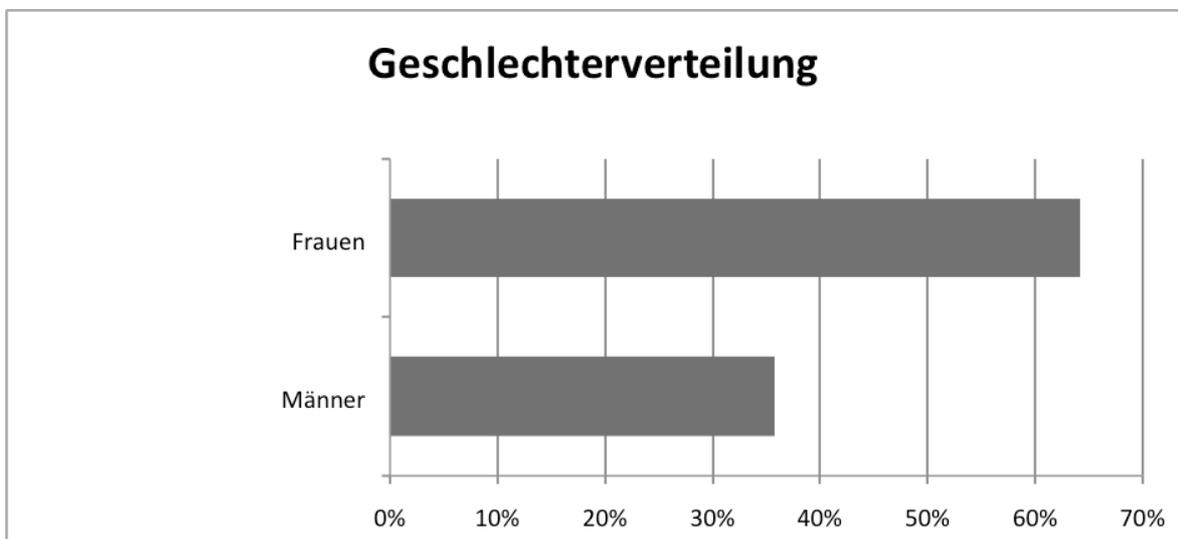


Abb. 20 Geschlechterverteilung des Gesamtkollektives

2.3.4 Seitenverteilung

Von den 137 Prothesen wurden 70 (51,1 %) auf der linken und 67 (48,9 %) auf der rechten Seite implantiert (Abb. 21). Bei zehn Patienten wurde sowohl das linke als auch das rechte Hüftgelenk mit einer Prothese versorgt.

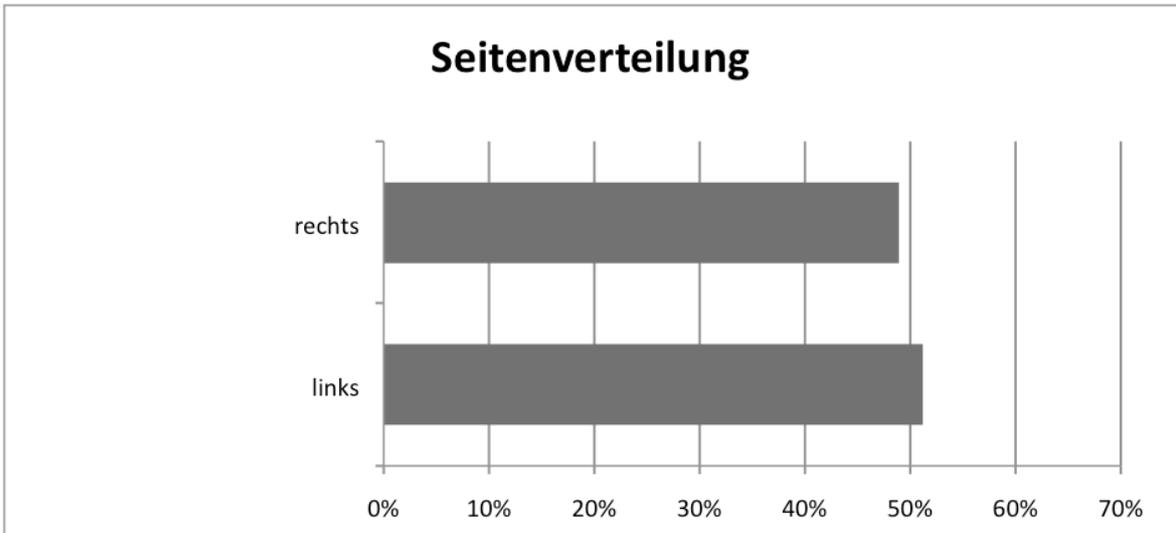


Abb. 21 Seitenverteilung des Gesamtkollektives

2.4 Untersuchung der Patienten mit Revisionsoperation

Alle Patienten, bei denen seit der Druckscheibenprothesenimplantation eine Revision durchgeführt werden musste, werden für eine klinische und radiologische Nachuntersuchung herangezogen, um die Ausgangssituation für die Implantation eines anderen Prothesentyps zu erheben. Von den 137 erfassten Druckscheibenprothesen wurden insgesamt 18 Prothesen bei 17 Patienten revidiert. Anhand dieser Patienten soll beurteilt werden, inwieweit nach der Explantation der Druckscheibenprothese eine geeignete Ausgangssituation für die Implantation eines anderen Prothesentyps existiert und wie sich die klinische Situation der Patienten darstellt. Besonders wichtig für die Erhebung der langfristigen Ergebnisse und die Beurteilung der Ausgangssituation für eine Wechseloperation sind die Betrachtung der Revisionsursache und -operation sowie die Berücksichtigung der primären Operationsindikation und des Alters der revidierten Patienten.

2.4.1 Revisionsursache

Die Ursache für die 18 Revisionen war in neun Fällen eine aseptische Lockerung, in acht Fällen eine Protheseninfektion und in einem Fall eine periprothetische Fraktur (Abb. 22).

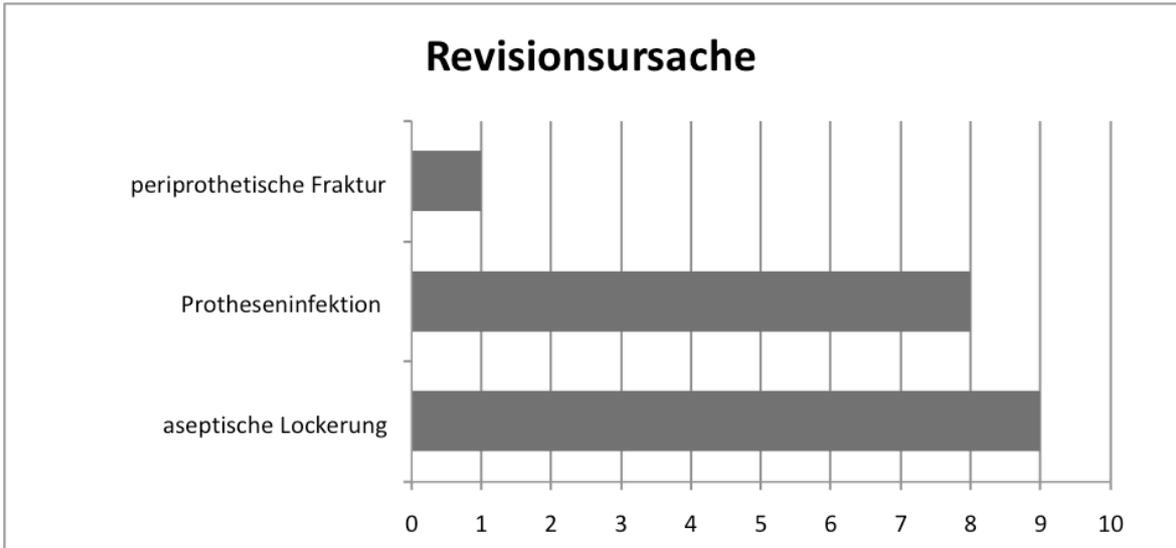


Abb. 22 Revisionsursache

2.4.2 Revisionsoperation

Die Revisionsoperationen dieser 18 Druckscheibenprothesen erfolgten durchschnittlich $3,3 \pm 2,5$ Jahre nach der Implantation. Die früheste Revision wurde nach fünf Monaten, die späteste nach 9,2 Jahren durchgeführt. Die Revisionen aufgrund einer aseptischen Lockerung erfolgten bei neun Hüftgelenken durchschnittlich nach $3,8 \pm 3,2$ Jahren; frühestens nach neun Monaten, spätestens nach 9,2 Jahren. Bei den acht Protheseninfektionen wurde die Revision nach durchschnittlich $2,5 \pm 1,2$ Jahren; frühestens nach fünf Monaten, spätestens nach 4,3 Jahren durchgeführt. Die periprothetische Fraktur aufgrund eines Sturzes trat sechs Jahre nach Druckscheibenimplantation auf.

2.4.3 Operationsindikation

Die Operationsindikationen für die Implantation einer Druckscheibenprothese bei den Patienten mit einer Revisionsoperation verteilen sich auf acht von insgesamt 81 Prothesen bei Patienten mit primärer und sekundärer Coxarthrose und zehn von insgesamt 39 Prothesen bei Patienten mit rheumatoider Arthritis. Die aseptischen Lockerungen teilen sich auf in vier von 81 Prothesen bei Patienten mit primärer und sekundärer Coxarthrose und fünf von 39 Prothesen bei Patienten mit rheumatoider Arthritis. Die acht Protheseninfektionen teilen sich auf in drei Prothesen bei Patienten mit einer Coxarthrose und fünf Prothesen

bei Patienten mit einer rheumatoiden Arthritis. Bei der Patientin mit der periprothetischen Fraktur lag ursprünglich eine primäre Coxarthrose vor.

2.4.4 Altersverteilung

Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation innerhalb dieser Patientengruppe lag bei $45,4 \pm 14,1$ Jahren (Frauen $48,6 \pm 10$ Jahre, Männer $40,4 \pm 18,7$ Jahre). Die jüngste Patientin war zum Zeitpunkt der Druckscheibenprothesenimplantation 30,8 Jahre, die älteste 68,2 Jahre. Der jüngste Patient war zum Zeitpunkt der Operation 18,7 Jahre, der älteste 63 Jahre.

2.5 Follow-up Untersuchung

40 Patienten kommen (26 weiblich, 14 männlich) für eine klinische Nachuntersuchung zur Erhebung des Harris-Hip-Scores in das Klinikum Bad Bramstedt. Anhand eines Fragebogens werden diese Patienten über Schmerzen und Funktion der endoprothetisch versorgten Gelenke befragt. Anschließend erfolgt eine klinische Untersuchung der Hüftgelenke, zu denen die Patienten schriftlich und telefonisch eingeladen werden. Die Patienten werden hinsichtlich der Beweglichkeit, der Beinlänge sowie bestehender Kontrakturen klinisch untersucht. Durchgeführt wird dies von der Doktorandin und dem Betreuer der Arbeit. Der präoperative Harris-Hip-Score sowie der Harris-Hip-Score zum Zeitpunkt des Follow-ups werden anhand der aus den Krankenakten gewonnenen Daten, des Fragebogens und der Ergebnisse der klinischen Untersuchung ermittelt.

2.5.1 Operationsindikation

Die Operationsindikationen der 40 Patienten verteilen sich auf 20 Patienten mit primärer und sekundärer Coxarthrose, 14 Patienten mit rheumatoider Arthritis und sechs mit einer Hüftkopfnekrose.

2.5.2 Altersverteilung

Das durchschnittliche Alter dieser Patientengruppe betrug zum Zeitpunkt der Implantation der Druckscheibenprothese $48,3 \pm 10,4$ Jahre, bei den Frauen $47,3 \pm 10$ Jahre und bei den Männern $49,7 \pm 11,1$ Jahre. Die jüngste Patientin war zum Zeitpunkt der Implantation 25,6 Jahre, der jüngste Patient 23,6 Jahre.

Die älteste Patientin wurde im Alter von 64,8 Jahren und der älteste Patient im Alter von 63,3 Jahren operiert.

2.6 Harris-Hip-Score

Der Harris-Hip-Score wurde 1969 von William H. Harris im Rahmen einer Studie über posttraumatische Arthrosen des Hüftgelenks nach Luxation und Acetabulumfraktur entwickelt (Harris 1969). Das Ziel dieses Scores ist es, ein Bewertungssystem zu erstellen, das sowohl reproduzierbar und objektivierbar als auch unabhängig von der primären Hüftgelenkerkrankung und deren Behandlung einsetzbar ist. Der Harris-Hip-Score ist heute der am häufigsten verwendete Score zur Beurteilung von Hüftgelenksfunktionen.

Dieser Score erlaubt eine maximale Punktzahl von 100 und gliedert sich in vier Bereiche. Die größte Bedeutung wurde dabei auf die Bereiche Schmerz (44 Punkte) und Funktion (47 Punkte) gelegt, während das Bewegungsausmaß des Hüftgelenks (5 Punkte) und Abwesenheit von Deformitäten (4 Punkte) von geringerer Bedeutung sind, da in den meisten Fällen aufgetretene Schmerzen und Funktionseinschränkungen die Indikation für eine endoprothetische Versorgung darstellen.

Der Harris-Hip-Score besteht aus folgenden Kategorien:

90-100 Punkte = sehr gut

80-89 Punkte = gut

70-79 Punkte = befriedigend

0-69 Punkte = schlecht

Harris-Hip Score

Schmerzen:	Punkte
• keine Schmerzen	44
• gelegentliche Schmerzen, keine Einschränkung der Aktivität	40
• milde Schmerzen, keine Einschränkung der normalen Aktivität, gelegentlich Schmerzmittel (z.B. Aspirin)	30
• mäßige Schmerzen, einige Einschränkungen für normale Aktivität, gelegentlich Schmerzmittel (stärker als Aspirin)	20

- deutliche Schmerzen, deutliche Einschränkung der Aktivität 10
- stärkste Schmerzen, Ruhe- und Nachtschmerz, bettlägerig 0

Funktion:

1. Hinken

- kein Hinken 11
- leichtes Hinken 8
- moderates Hinken 5
- deutliches Hinken 0

2. Gehhilfe

- keine Gehhilfe 11
- ein Stock für längere Gehstrecken 7
- ein Stock für die meiste Zeit 5
- eine Krücke oder Stock dauernd 3
- zwei Stöcke dauernd 2
- zwei Krücken dauernd oder gehunfähig 0

3. Gehstrecke

- uneingeschränkt, bis mehrere Stunden 11
- längere Strecken, bis 2 km 8
- tägliche Besorgung, bis 500m 5
- nur Wohnung, bis 50m 2
- gehunfähig, an Stuhl oder Bett gebunden 0

4. Treppensteigen

- Fuß vor Fuß, ohne Geländer 4
- Fuß vor Fuß, mit Geländer 2
- mühsam, Fuß neben Fuß 1
- unmöglich 0

5. Schuhe/ Strümpfe anziehen

- problemlos 4
- mühsam 2

- unmöglich 0

6. Sitzen

- problemlos, normaler Stuhl, 1 Stunde 5
- auf erhöhtem Stuhl, für eine halbe Stunde 3
- unmöglich in jeder Art Stuhl 0

7. Benutzung von Bahn/Bus/Auto

- möglich 1
- unmöglich 0

Bewegungsausmaß:

Das Bewegungsausmaß entspricht der passiven Beweglichkeit des Hüftgelenks. Da die verschiedenen Bewegungsrichtungen und das Ausmaß der jeweiligen Beweglichkeit unterschiedliche Bedeutung für die Gesamtfunktion des Hüftgelenks haben, werden die einzelnen Bewegungsausmaße jeweils mit einem Index multipliziert, um so funktionell bedeutsame Bereiche hervor zu heben.

Tab. 1 Berechnung des HHS für den Bereich Bewegungsausmaß

	Bewegungsbereich	Index	Maximalwert
Flexion	0°-45°	1,0	45
	45°-90°	0,6	27
	90°-110°	0,3	6
	>110°	0,0	0
Extension	jeder Wert	0,0	0
Abduktion	0°-15°	0,8	12
	15°-20°	0,3	1,5
	>20°	0,0	0
Adduktion	0°-15°	0,2	3
Außenrotation	0°-15°	0,4	6
	>15°	0,0	0
Innenrotation	jeder Wert	0,0	0

Gesamtwert			100,5
-------------------	--	--	--------------

Der erreichte Gesamtwert wird mit 0,05 multipliziert und ergibt den Harris-Hip-Score für den Bereich Bewegungsausmaß.

Abwesenheit von Deformitäten:

Wird eine der folgenden genannten Voraussetzungen nicht erfüllt, bringt dies für den Patienten bereits eine erhebliche Beeinträchtigung mit sich. Vier Punkte werden deshalb nur vergeben, wenn alle der genannten Voraussetzungen erfüllt sind.

1. Keine oder weniger als 30° bestehende Beugekontraktur
2. Keine oder weniger als 10° bestehende Adduktionskontraktur
3. Keine oder weniger als 10° bestehende Innenrotationskontraktur in Extension
4. Keine oder weniger als 3,2 cm Beinlängendifferenz

3 Ergebnisse

3.1 Revision

3.1.1 Revisionsoperation

Von den 137 in dieser Studie erfassten Druckscheibenprothesen wurden im Nachuntersuchungszeitraum 18 Prothesen bei 17 Patienten (11 Frauen, 6 Männer) aufgrund von aseptischen Lockerungen, Protheseninfektionen und einer periprothetischen Fraktur gewechselt. Dies entspricht einer langfristigen Revisionsrate von 13,1 % (Abb. 23)

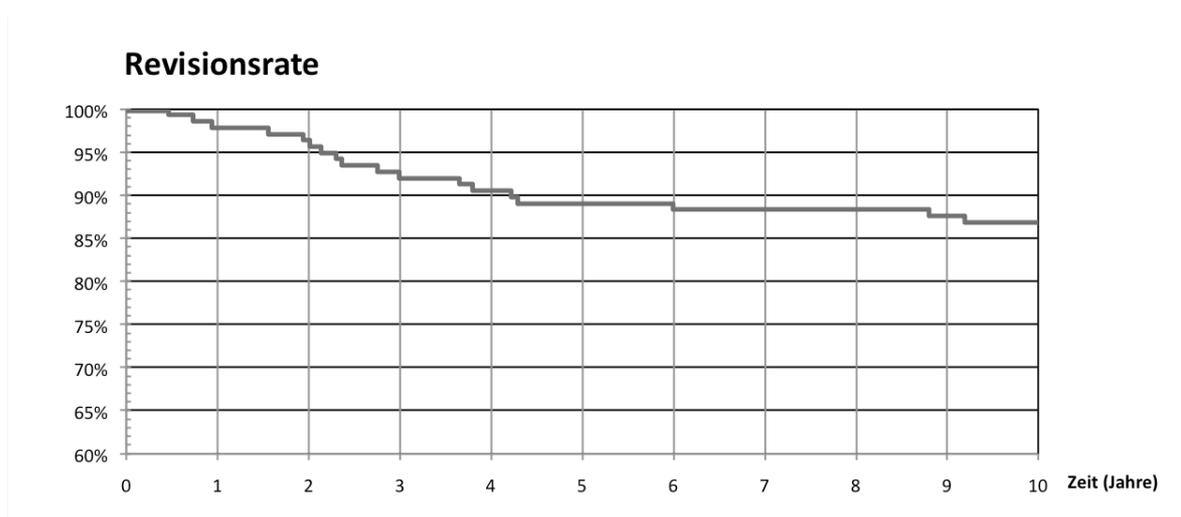


Abb. 23 Revisionsrate nach 10 Jahren

Aufgeteilt in die jeweiligen Operationsindikationen ergeben sich für die 81 Prothesen bei Patienten mit primärer und sekundärer Coxarthrose insgesamt acht Revisionsoperationen (9,9 %), für die 39 Prothesen bei Patienten mit rheumatoider Arthritis zehn Revisionsoperationen (25,6 %) und für die 17 Prothesen bei Patienten mit einer Hüftkopfnekrose keine Revisionsoperationen (Abb. 24). Als Ursache können neun aseptische Lockerungen, acht Protheseninfektionen und eine periprothetische Fraktur unterschieden werden. Die Revision erfolgte durchschnittlich $3,3 \pm 2,5$ Jahre nach der Druckscheibenprothesenimplantation, mit einem Minimum von fünf Monaten und einem Maximum von 9,2 Jahren. In sieben Fällen wurde auf eine zementlose Schaftprothese gewechselt, in den anderen 11 Fällen auf eine zementierte.

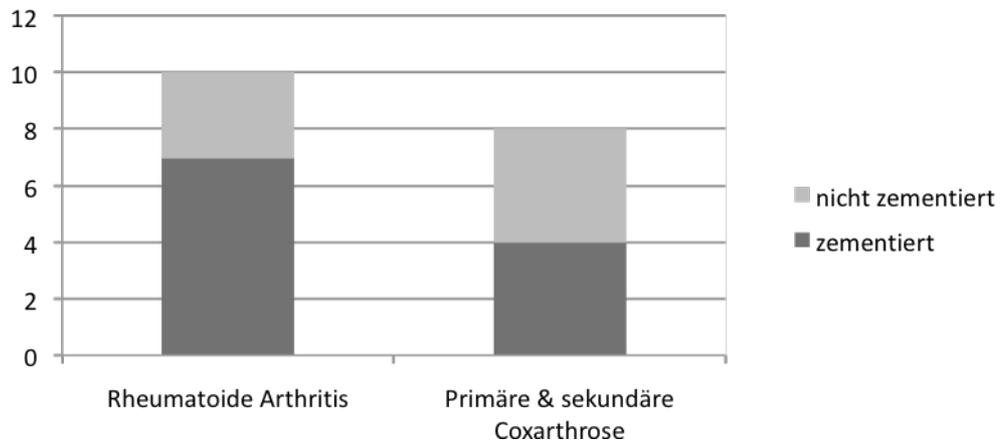


Abb. 24 Wechseloperationen aufgeteilt nach jeweiliger Primärindikation

Unter Betrachtung der Revisionsoperationen in Abhängigkeit der verschiedenen Primärindikationen, wurde bei den Patienten mit einer primären und sekundären Coxarthrose in vier Fällen auf eine zementlose und in vier Fällen auf eine zementierte Schaftprothese gewechselt. Bei der rheumatoiden Arthritis erhielten drei Patienten eine zementfreie und sieben Patienten eine zementierte Prothese.

3.1.1.1 Aseptische Lockerung

Durch die neun Prothesen (5 Frauen, 4 Männer), die aufgrund einer aseptischen Prothesenlockerung revidiert werden mussten, ergibt sich eine aseptische Lockerungsrate von 6,6 % (Abb. 25).

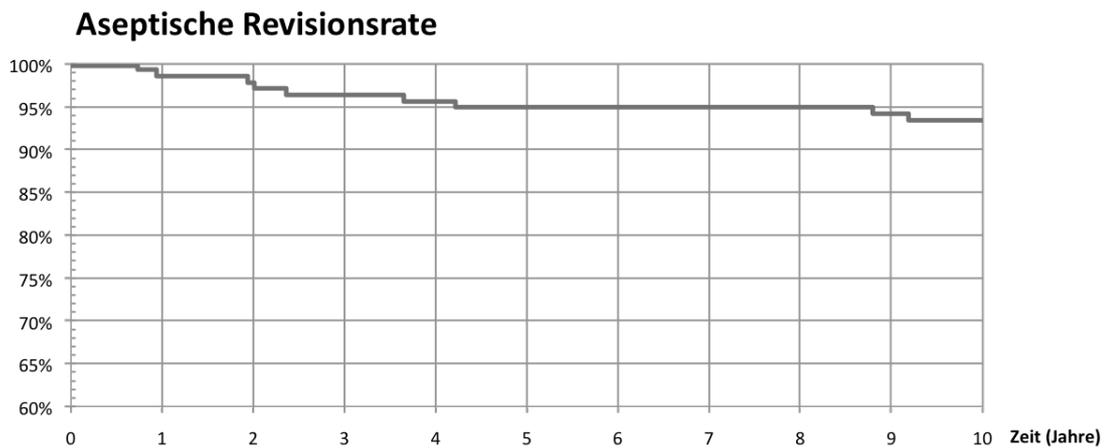


Abb. 25 Aseptische Revisionsrate nach 10 Jahren

Die Wechseloperation erfolgte durchschnittlich $3,8 \pm 3,2$ Jahre nach der Druckscheibenimplantation, mit einem Minimum von 0,7 und einem Maximum von 9,2 Jahren. Die jeweiligen Operationsindikationen verteilen sich auf vier von 81 Prothesen mit primärer und sekundärer Coxarthrose (4,9 %) und fünf von 39 Prothesen mit rheumatoider Arthritis (12,8 %). Bei den 17 Prothesen mit der Indikation Hüftkopfnekrose trat im Untersuchungszeitraum keine aseptische Lockerung auf. Dies entspricht einer Überlebensrate zum Zeitpunkt des Follow-ups von 95,1 % für Patienten mit primärer und sekundärer Coxarthrose, 87,2 % für Patienten mit rheumatoider Arthritis und 100 % für Patienten mit Hüftkopfnekrose (Abb. 26).

Aseptische Revisionsrate der jeweiligen Primärindikation

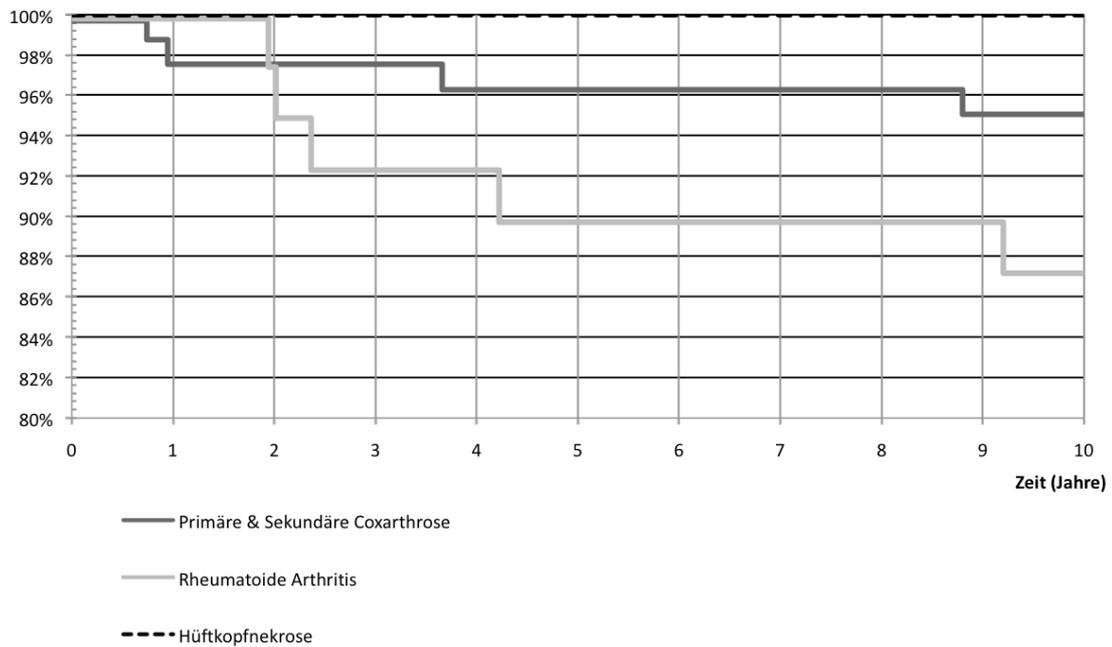


Abb. 26 Aseptische Revisionsrate der jeweiligen Primärindikation nach 10 Jahren

In vier Fällen wurde auf eine zementfreie und in fünf Fällen auf eine zementierte Schaftprothese gewechselt. Alle Wechsel erfolgten einzeitig. Bei Betrachtung der Wechseloperationen aufgrund aseptischer Lockerungen in Abhängigkeit von der Primärindikation zeigt sich, dass bei der primären und sekundären Coxarthrose in drei von vier Fällen (75 %) auf eine zementfreie Prothese gewechselt werden konnte. Bei der rheumatoiden Arthritis musste hingegen in vier von fünf Fällen (80 %) auf eine zementierte Prothese gewechselt werden (Abb. 27).

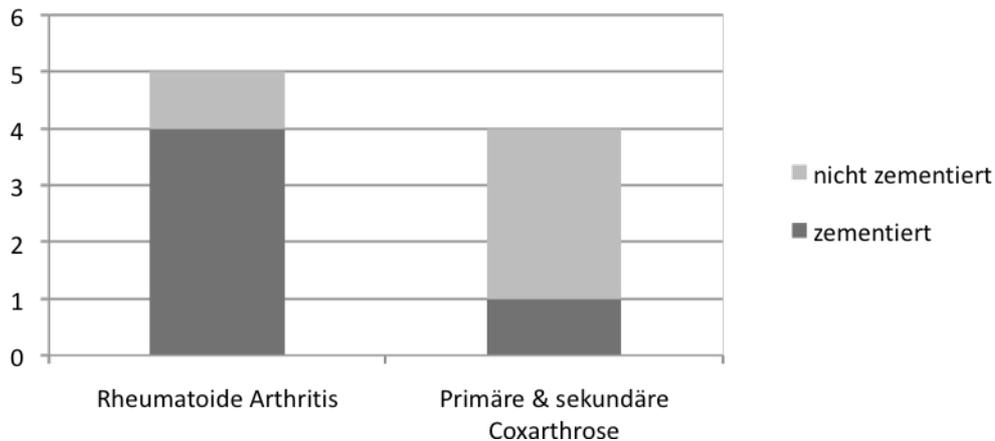


Abb. 27 Aseptische Wechseloperationen jeweiliger Primärindikation

Das Durchschnittsalter dieser Patientengruppe lag zum Zeitpunkt der Druckscheibenprothesenimplantation bei $47,8 \pm 13,4$ Jahren.

3.1.1.2 Protheseninfektion

Bei acht von 137 Prothesen erfolgte die Revision aufgrund einer Protheseninfektion. Dies entspricht einer Revisionsrate von 5,8 % (Abb. 28).

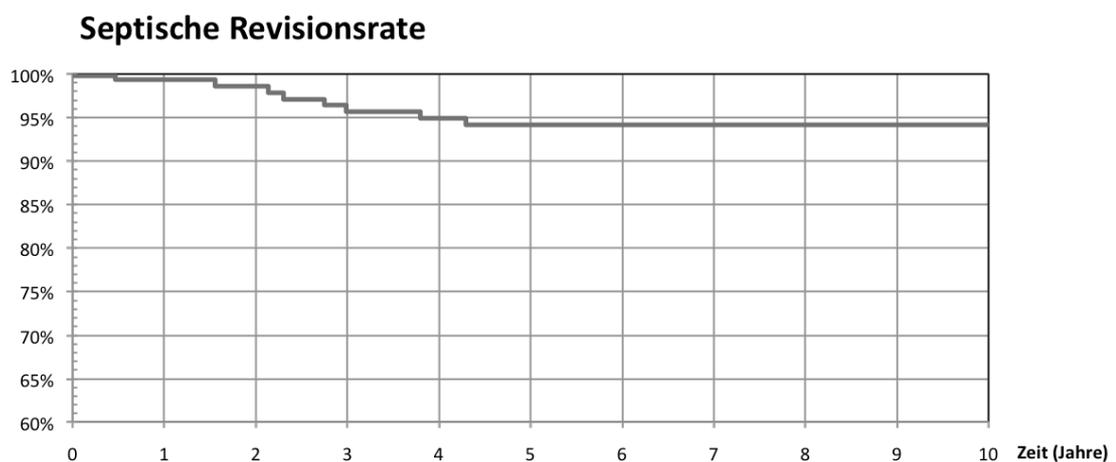


Abb. 28 Septische Revisionsrate nach 10 Jahren

Die Wechseloperation erfolgte durchschnittlich $2,5 \pm 1,2$ Jahre nach der Implantation mit einem Minimum von 0,5 und einem Maximum von 4,3 Jahren. Innerhalb dieses Patientenkollektives sind die Operationsindikationen auf drei von 81 Prothesen bei Patienten mit primärer und sekundärer Coxarthrose (3,7 %) und

fünf von 39 Prothesen bei Patienten mit rheumatoider Arthritis (12,8 %) verteilt. Gewechselt wurde in sechs Fällen auf eine zementierte und in den anderen zwei Fällen auf eine zementfreie Schaftprothese. Vier der septischen Wechseloperationen erfolgten zweizeitig. Unter Betrachtung der Wechseloperationen aufgrund von Protheseninfektionen in Abhängigkeit von der Primärindikation, zeigt sich, dass bei der primären und sekundären Coxarthrose in allen drei Fällen auf eine zementierte Prothese gewechselt werden musste. Bei der rheumatoiden Arthritis wurde in drei von fünf Fällen auf eine zementierte Prothese gewechselt (Abb. 29).

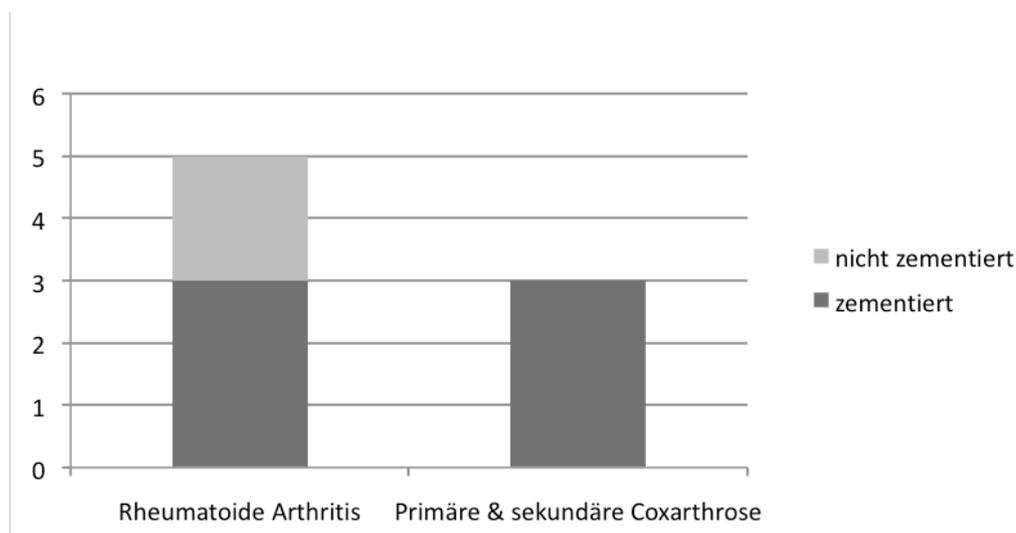


Abb. 29 Septische Wechseloperationen jeweiliger Primärindikation

Das Durchschnittsalter dieser Patientengruppe lag zum Zeitpunkt der Druckscheibenprothesenimplantation bei $41,6 \pm 15,5$ Jahren.

3.1.1.3 Periprothetische Fraktur

Bei einer 60 Jahre alten Patientin mit einer primären Coxarthrose kam es sechs Jahre nach Implantation der Druckscheibenprothese im Rahmen eines Sturzes nach hypostatischer Dysregulation zu einer pertrochantären Fraktur des Femurs. Aufgrund dieser periprothetischen Fraktur wurde die Prothese auf eine zementfreie Schaftprothese gewechselt.

3.1.2 Laschenwechsel

Bei vier Patienten erfolgte im Untersuchungszeitraum aufgrund persistierender Schmerzen im Bereich der Lasche eine Laschenentfernung. Bei drei dieser Druckscheibenprothesen zeigten sich dabei keine Lockerungszeichen. Bei einer der vier Druckscheibenprothesen wurde aufgrund von Lockerungszeichen komplett auf eine zementfreie Schaftprothese gewechselt. Diese wurde bereits bei den aseptischen Lockerungen berücksichtigt. Die Laschenentfernungen erfolgten im Durchschnitt nach $2,3 \pm 1,2$ Jahren, die früheste nach einem Jahr, die späteste nach 3,4 Jahren. Bei einer Prothese wurde aufgrund des weiter bestehenden Schmerzsyndroms vier Jahre später von einem großen auf einen kleinen Prothesenkopf gewechselt und eine Bursektomie durchgeführt.

3.2 Gesamtrevisionsrate

Da auch die für die Druckscheibenprothese spezifische Laschenentfernung, bei dem die Prothese erhalten bleiben kann, indirekt zu den Revisionen hinzugezählt werden sollte, wird im folgenden noch die Gesamtrevisionsrate inklusive der Laschenwechsel betrachtet. Wird die Revisionsrate um drei Laschenentfernungen ergänzt, ergibt sich eine Gesamtrevisionsrate von 15,3 % (Abb. 30).

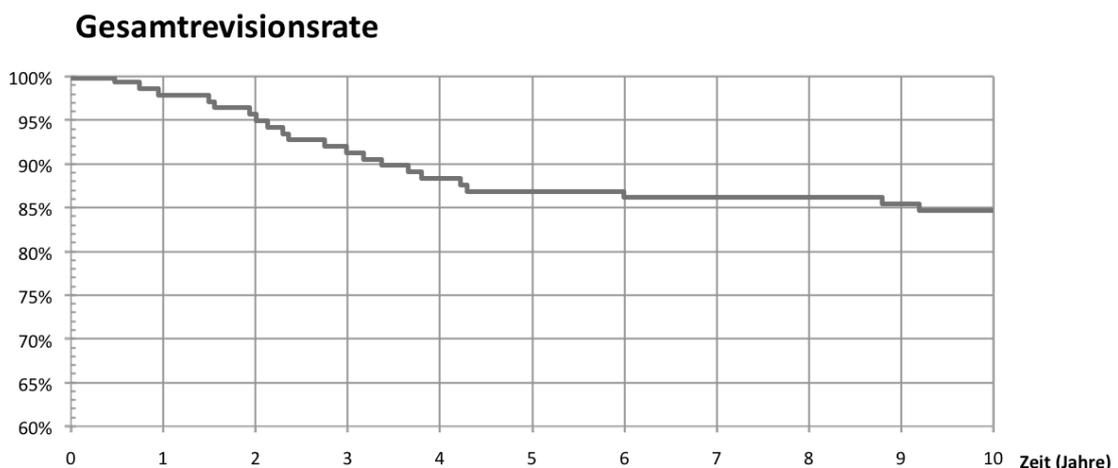


Abb. 30 Gesamtrevisionsrate nach 10 Jahren

Die Operation erfolgte durchschnittlich $3,3 \pm 2,3$ Jahre nach der Druckscheibenprothesenimplantation, mit einem Minimum von fünf Monaten und einem

Maximum von 9,2 Jahren. Die Revisionen verteilen sich wie folgt auf die Operationsindikationen.

3.2.1 Primäre und sekundäre Coxarthrose

Der endoprothetische Ersatz des Hüftgelenks durch eine Druckscheibenprothese erfolgte in 81 Fällen mit der Diagnose primäre und sekundäre Coxarthrose. Von diesen mussten neun im Laufe der Zeit revidiert werden. Hieraus ergibt sich eine Gesamtrevisionsrate von 11,1 % (Abb. 31). Es handelt sich dabei um vier aseptische Lockerungen, drei Protheseninfektionen, eine periprothetische Fraktur und eine Laschenentfernung.

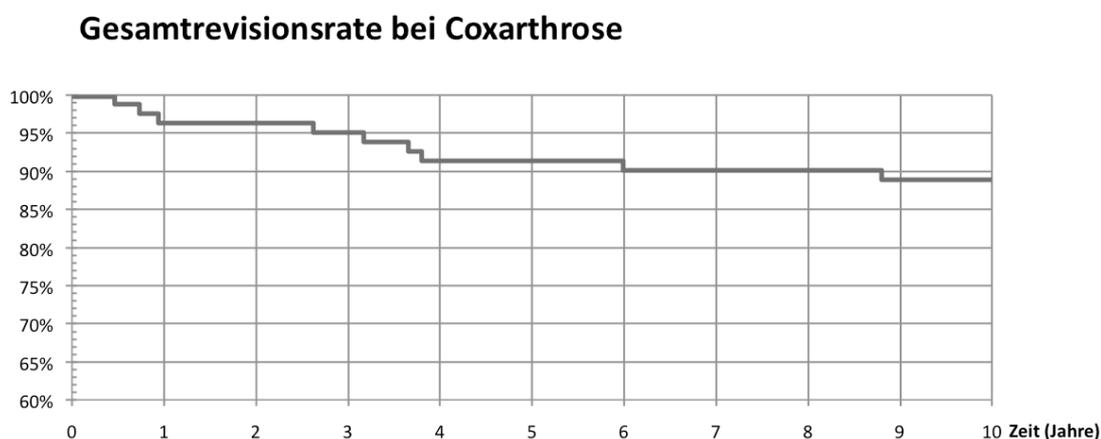


Abb. 31 Gesamtrevisionsrate bei Coxarthrose nach 10 Jahren

Die Operation erfolgte durchschnittlich nach $3,3 \pm 2,7$ Jahren der Prothesenimplantation, mit einem Minimum von fünf Monaten und einem Maximum von 8,8 Jahren.

3.2.2 Rheumatoide Arthritis

Insgesamt sind von den 137 in der Studie erfassten Druckscheibenprothesen 39 bei an rheumatoider Arthritis erkrankten Patienten implantiert worden. Von diesem Patientenkollektiv wurden elf revidiert, was einer Gesamtrevisionsrate von 28,2 % entspricht (Abb. 32). Es handelt sich hierbei um fünf aseptische Lockerungen, fünf Protheseninfektionen sowie um eine Laschenentfernung.

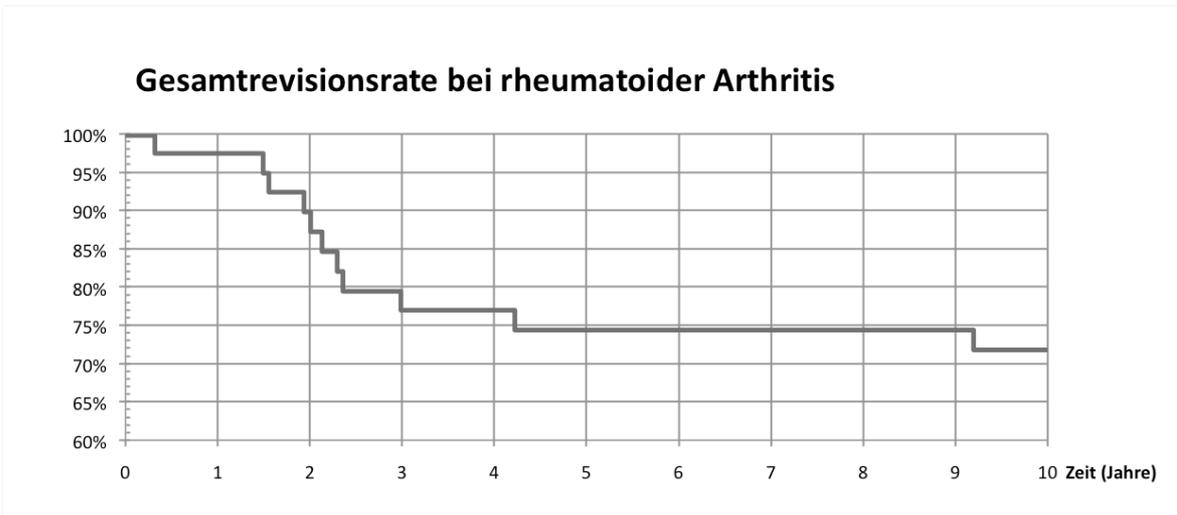


Abb. 32 Gesamtrevisionsrate bei rheumatoider Arthritis nach 10 Jahren

Die Operation erfolgte durchschnittlich nach $2,6 \pm 2,1$ Jahren der Druckscheibenprothesenimplantation, mit einem Minimum von 0,3 und einem Maximum von 9,2 Jahren.

3.2.3 Hüftkopfnekrose

Von den 137 Druckscheibenprothesen wurden 17 Prothesen bei Patienten mit der Primärindikation Hüftkopfnekrose implantiert. Von diesem Patientenkollektiv wurde einem Patienten aufgrund eines Laschenschmerzsyndroms die Lasche entfernt, was einer Gesamtrevisionsrate von 5,9 % entspricht (Abb. 33).

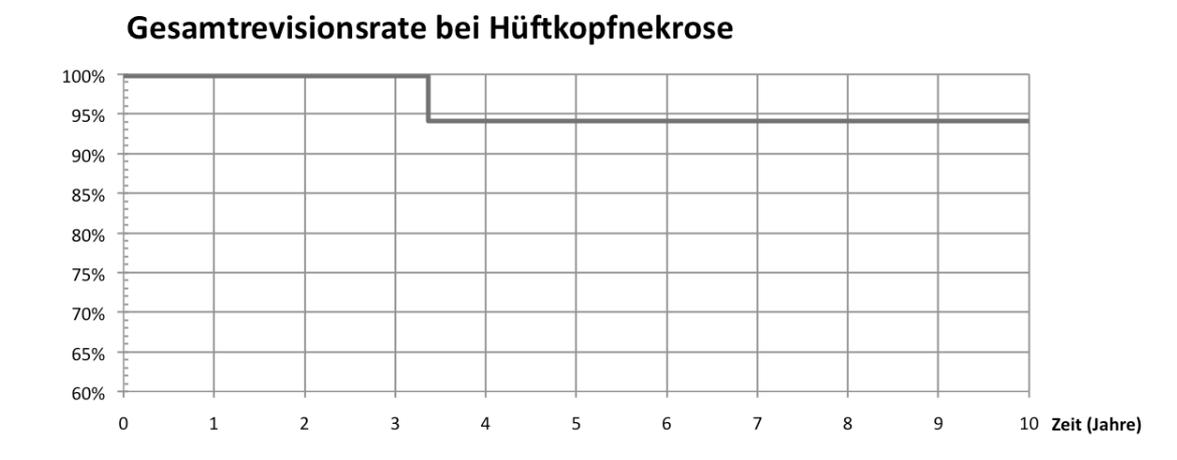


Abb. 33 Gesamtrevisionsrate bei Hüftkopfnekrose nach 10 Jahren

Die Operation erfolgte 3,4 Jahre nach der Prothesenimplantation.

3.3 Komplikation

3.3.1 Pfannenlockerung

Bei vier Patienten kam es durchschnittlich $2,0 \pm 1,0$ Jahre nach Erstimplantation zu einer aseptischen Pfannenlockerung. Nach Ausschluss eines septischen Geschehens wurde die Pfannenkomponente samt Inlay gewechselt. In allen Fällen war primär eine Press-Fit-Pfanne implantiert worden, von denen zwei erneut auf eine Press-Fit-Pfanne, eine auf eine Schraubpfanne und eine auf eine zementierte Pfannendachschale gewechselt wurden. Die festsitzende Druckscheibenprothese wurde in allen vier Fällen belassen. Bei einer Patientin mit Wechsel auf eine Press-Fit-Pfanne wurde sechs Jahre später aufgrund von rezidivierenden Luxationen der Prothesenkopf von einem mittleren Kopf (M-Kopf) auf das BioBall® Steckkopfsystem mit einer 3XL Halslängenkorrektur gewechselt. Die primären Operationsindikationen verteilen sich bei den Pfannenlockerungen auf drei von 39 Patienten mit rheumatoider Arthritis (7,7 %) und einen von 17 Patienten mit einer Hüftkopfnekrose (5,9 %).

3.3.2 Luxation

Insgesamt kam es bei zwei von 137 Druckscheibenprothesen (1,5 %) zu Luxationen des künstlichen Hüftgelenks. Aufgrund eines Inlaybruchs traten bei einer Patientin mit sekundärer Coxarthrose fünf Jahre nach Implantation der Druckscheibenprothese Luxationen des Hüftgelenks auf. Es wurde ein erneuter operativer Eingriff mit Pfannen-, Inlay- und Kopfwechsel nötig, da der laterale Pfannenrand im Metallbereich extrem durch den Keramikkopf aufgearbeitet wurde. Gewechselt wurde von einer Schraubpfanne auf eine ESKA-Pfanne mit zwei zusätzlichen Schrauben. Bei einer anderen Patientin mit primärer Coxarthrose traten zwei Jahre nach Implantation rezidivierende Luxationen auf. Hier wurde ebenfalls ein erneuter operativer Eingriff mit Inlay- und Kopfwechsel nötig. Der Kopf wurde von einem Mittelhalskeramikopf (32mm Durchmesser) auf einen Metallkopf (32mm Durchmesser) mit 60 mm Halslänge gewechselt. Beide Patientinnen wurden über einen posterolateralen Zugang operiert.

3.3.3 Bursitis trochanterica

Bei einem Patienten mit primärer Coxarthrose trat zwei Jahre nach Implantation der Druckscheibenprothese eine chronische Bursitis trochanterica auf. Diese musste operativ durch eine Bursektomie therapiert werden.

3.3.4 Faszielücke

Bei einem anderen Patienten mit Hüftkopfnekrose wurde aufgrund eines progredienten Schmerzes nach zwei Jahren eine Faszielücke diagnostiziert. Diese wurde durch einen erneuten operativen Eingriff geschlossen. Zusätzlich wurde der Bolzen gewechselt und eine Bursektomie durchgeführt. Die Lasche der Prothese konnte belassen werden.

3.4 Harris-Hip-Score im Verlauf

Die 40 klinisch nachuntersuchten Hüftgelenke hatten präoperativ einen Harris-Hip-Score von $33,5 \pm 16,6$ Punkten. Zum Zeitpunkt der klinischen Nachuntersuchung zeigt sich ein Anstieg des Harris-Hip-Scores auf $92,6 \pm 12,7$ Punkte.

Um Aussagen über mögliche Zusammenhänge zwischen dem Verlauf des Harris-Hip-Scores und der jeweiligen Operationsindikation machen zu können, wird der jeweils zugehörige Harris-Hip-Score präoperativ und zum Zeitpunkt der Follow-up Untersuchung bestimmt. Der Verlauf des Harris-Hip-Scores für die jeweilige Primärdiagnose geht aus der Tabelle Tab. 2 hervor. Die Auswertung nach den drei häufigsten Indikationen dieser Studie zeigt keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 2 HHS-Verlauf der jeweiligen Primärdiagnosen

Diagnose	HHS präoperativ	HHS Follow-up
Coxarthrose n=20	$38,4 \pm 13,8$	$92 \pm 13,0$
Rheumatoide Arthritis n=14	$25,4 \pm 18,3$	$92,8 \pm 11,7$
Hüftkopfnekrose n=6	$33,8 \pm 16,3$	$92,3 \pm 12,3$

Alle 40 nachuntersuchten Patienten werden sowohl präoperativ als auch zum Zeitpunkt der Follow-up Untersuchung in die vier Beurteilungsbereiche sehr gut, gut, befriedigend und schlecht des Harris-Hip-Scores eingeteilt. Präoperativ wurden 97,5 % der Patienten mit schlecht und 2,5 % der Patienten mit befriedigend beurteilt. Keiner der Patienten erhielt die Beurteilung gut oder sehr gut. Im Rahmen der Nachuntersuchung werden 89,3 % der Patienten mit sehr gut und gut beurteilt. Bei 7,1 % der Patienten ist die Situation jedoch insgesamt immer noch als schlecht zu bewerten (Tab.3).

Tab. 3 Verteilung der DSP auf die jeweiligen HHS-Bereiche

Beurteilungsbereiche	DSP präoperativ in %	DSP Follow-up in %
sehr gut	0	78,6
gut	0	10,7
Befriedigend	2,5	3,6
Schlecht	97,5	7,1

3.5 Auswertung des Fragebogens

Um über den Nutzen einer Druckscheibenprothese für den Patienten genauere Aussagen machen zu können, werden die Patienten im Fragebogen schriftlich nach Schmerzen, physiotherapeutischen Maßnahmen, Komplikationen, Revisionen und einer subjektiven Beurteilung seit Implantation vor durchschnittlich 10,9 Jahren befragt. Die Auswertung erfolgt anhand der Daten der 137 Druckscheibenprothesen mit einer Mindeststandzeit von zehn Jahren.

3.5.1 Schmerzen

Vor der Implantation der Druckscheibenprothese gaben 90,4 % der Patienten starke oder stärkste Schmerzen an. Keiner der Patienten berichtete über eine Schmerzfreiheit. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung geben 87 Patienten (63,5 %) an, keine Schmerzen zu haben, 30 Patienten (21,9 %) berichten über gelegentliche Schmerzen ohne Einschränkung der alltäglichen Aktivitäten und zwölf Patienten (8,8 %) geben milde Schmerzen mit gelegentlicher Schmerzmitteleinnahme an. Bei acht Patienten (5,8 %) bestehen auch zum Zeitpunkt der

Nachuntersuchung noch starke Schmerzen mit Einschränkung der täglichen Aktivitäten (Abb. 34).

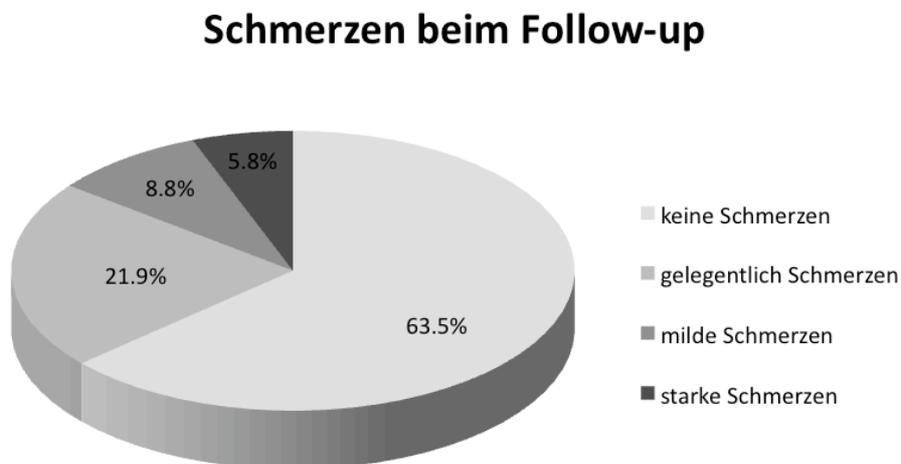


Abb. 34 Schmerzen beim Follow-up

3.5.2 Physiotherapeutische Maßnahmen

Nach der Implantation der Druckscheibenprothese erhielten 91 Patienten (66,4 %) im Anschluss an die stationäre Rehabilitation eine weitere ambulante physiotherapeutische Behandlung. 23 dieser Patienten geben an bis heute durchgehend mindestens einmal pro Woche physiotherapeutische Maßnahmen in Anspruch zu nehmen. Die anderen 68 Patienten wurden im Anschluss an die Rehabilitation noch durchschnittlich 3,5 Monate weiterbehandelt (Abb. 35).

Physiotherapeutische Maßnahmen

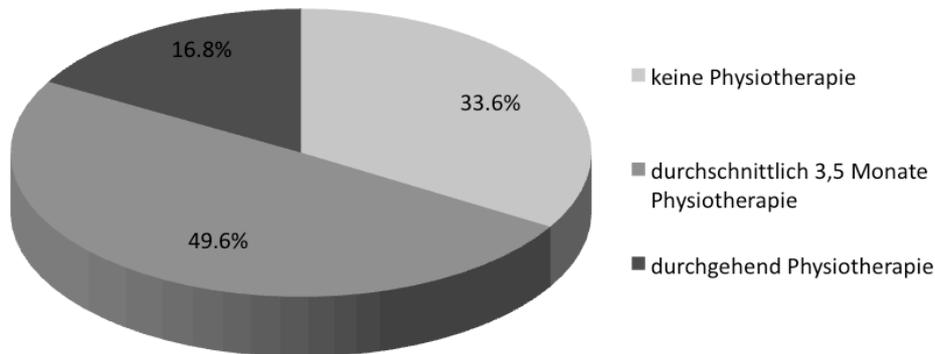


Abb. 35 Physiotherapeutische Maßnahmen

Von den 21 bereits revidierten Patienten erhielten 16 Patienten nach der Implantation der Druckscheibenprothese im Anschluss an die stationäre Rehabilitation eine ambulante physiotherapeutische Behandlung, von denen vier bis zum Zeitpunkt des Follow-ups durchgehend mindestens einmal pro Woche therapiert wurden. Die anderen zwölf revidierten Patienten wurden im Anschluss an die stationäre Rehabilitation noch durchschnittlich 5,3 Monate ambulant physiotherapeutisch weiterbehandelt.

3.5.3 Komplikation und Revision

Im Fragebogen werden die Patienten nach einer weiteren Operation am betroffenen Hüftgelenk befragt und im eingetretenen Fall aufgefordert, den Zeitpunkt sowie die Klinik, in der die Revision stattgefunden hat, anzugeben. Die Patientenakten von den Revisionen werden aus den jeweiligen Kliniken angefordert und die Patienten zu einer klinischen und radiologischen Nachuntersuchung in das Klinikum nach Bad Bramstedt eingeladen. Diese Auswertung ist für die Erhebung der langfristigen Ergebnisse der Druckscheibenprothese entsprechend der Überlebensrate zum Zeitpunkt des Follow-ups wegweisend und wurde im vorherigen Abschnitt bereits erläutert.

3.5.4 Subjektive Beurteilung

Zum Zeitpunkt des Follow-ups wurde bei 60,6 % der 137 Druckscheibenprothesen das Ergebnis der Operation als sehr gut bewertet und bei 31,4 % als gut.

7,3 % sehen das Ergebnis der Operation als mäßig bis schlecht an und eine Patientin (0,7 %) befindet es als sehr schlecht (Abb. 36).

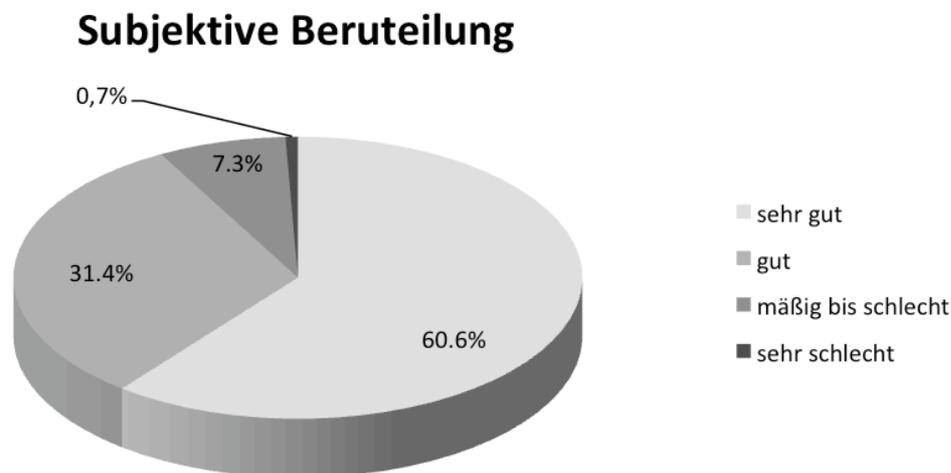


Abb. 36 Subjektive Beurteilung

Von den Patienten, bei denen die Druckscheibenprothese gewechselt werden musste, beurteilen 23,8 % das Ergebnis der Operation als sehr gut und 14,3 % als gut. 57,1 % sagen, dass das Ergebnis der Operation mäßig bis schlecht sei und eine Patientin (4,8 %) sieht es als sehr schlecht an.

3.5.5 Fallbeispiel

Fall 1: Die Patientin B.K. erhielt mit 59 Jahren aufgrund einer primären Coxarthrose (Abb. 37) eine Druckscheibenprothese auf der rechten Seite. Sechs Monate postoperativ zeigte sich ein korrekter unveränderter Prothesensitz (Abb. 38). Zehn Jahre später ist um die Prothese eine deutliche Zunahme der Trabekeldichte mit Ausrichtung auf den medialen Teil der Druckscheibenprothese sowie auf den medialen Teil des Dorns sichtbar. Im distalen Bereich der Lasche ist ein Knochenanbau zu beobachten, wohingegen im Auflagebereich der Druckscheibe ein Lysesaum zu erkennen ist (Abb. 39). Bei der Patientin gibt es klinisch jedoch kein Anzeichen auf eine Prothesenlockerung.



Abb. 37 Fall 1: Präoperativ, primäre Coxarthrose rechts



Abb. 38 Fall 1: Sechs Monate postoperativ, regelrechter Prothesensitz rechts



Abb. 39 Fall 1: Zehn Jahre postoperativ, Zunahme der Trabekeldichte mit Ausrichtung auf den medialen Teil der Druckscheibenprothese und des Dorns, Knochenanbau distal der Lasche, Lysesaum im Auflagebereich der Druckscheibe

Fall 2: Bei der Patientin H.H. wurde mit 53 Jahren erst rechts und zwei Monate später links aufgrund einer primären Coxarthrose eine Druckscheibenprothese implantiert (Abb. 40). Sechs Monate postoperativ zeigt sich ein korrekter Prothesensitz (Abb. 41). Aufgrund rezidivierender Luxationen erfolgt zwei Jahre nach der Druckscheibenimplantation ein erneuter operativer Eingriff mit Inlaywechsel und Hüftkopfaustausch. Zehn Jahre postoperativ ist auch hier eine deutliche Zunahme der Trabekeldichte mit Ausrichtung auf den medialen Teil der Druckscheibe sowie ein Knochenanbau im distalen Bereich der Lasche zu erkennen (Abb. 42).

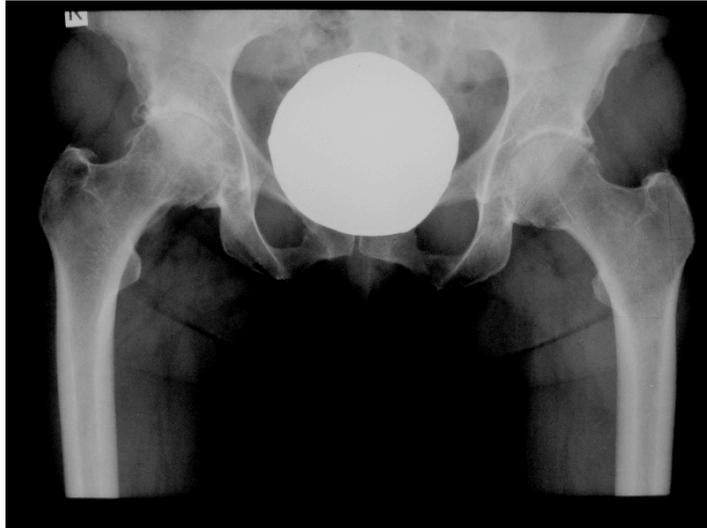


Abb. 40 Fall 2: Präoperativ, primäre Coxarthrose beidseits

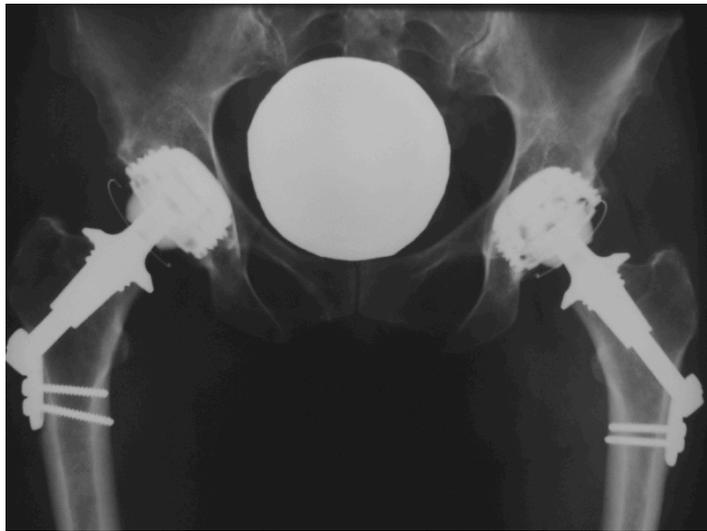


Abb. 41 Fall 2: Sechs Monate postoperativ, regelrechter Prothesensitz beidseits

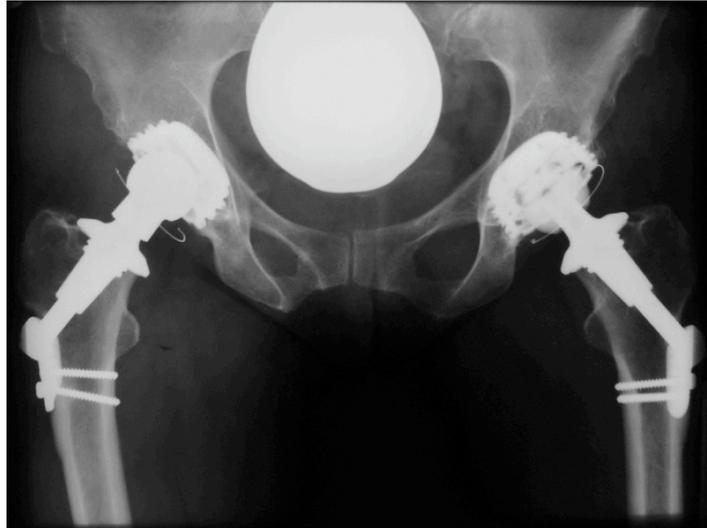


Abb. 42 Fall 2: Zehn Jahre postoperativ, Zunahme der Trabekeldichte mit Ausrichtung auf den medialen Teil der Druckscheibenprothese und des Dorns, Z.n. Inlaywechsel und Hüftkopfaustausch

Fall 3: Die Patientin A.M. erhielt mit 37 Jahren erst links und sechs Monate später rechts aufgrund einer rheumatoiden Arthritis eine Druckscheibenprothese (Abb. 43, 44). Weitere sechs Monate nach der Implantation der rechten Prothese traten bei der Patientin zunehmende belastungsabhängige Schmerzen im rechten Hüftgelenk auf. Radiologisch zeigte sich ein unveränderter korrekter Prothesensitz im Bereich beider Hüftgelenke (Abb. 45), so dass zunächst eine entsprechende konservative Therapie mit weiterführender Diagnostik eingeleitet wurde. Da ein Szintigramm eine Mehranreicherung im Bereich des rechtsseitigen Pfannenlagers zeigte und eine Hüftpunktion einen Keimnachweis erbrachte, wurde die Pfanne gewechselt. Zehn Jahre postoperativ sind eine Verdickung der medialen Kortikalis sowie eine Ausrichtung der Spongiosatrabekel zur medialen Druckscheibe zu erkennen (Abb. 46).



Abb. 43 Fall 3: Präoperativ, rheumatoide Arthritis beidseits



Abb. 44 Fall 3: Ein Monat postoperativ, regelrechter Prothesensitz links

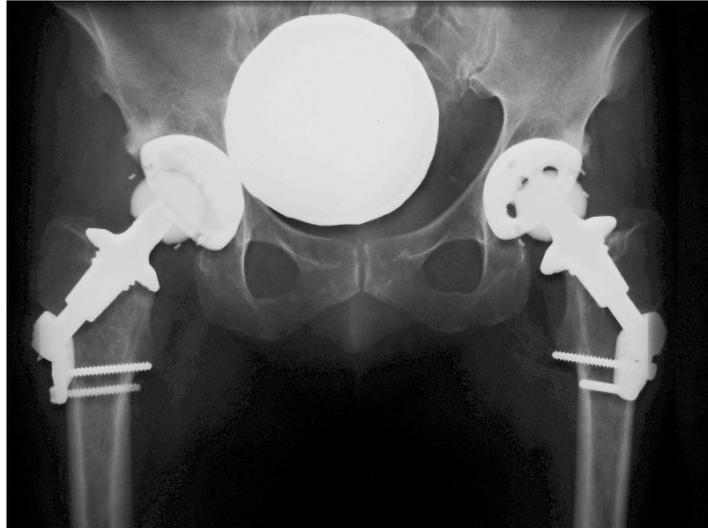


Abb. 45 Fall 3: Sechs Monate postoperativ, regelrechter Prothesensitz beidseits



Abb. 46 Fall 3: Zehn Jahre postoperativ, Verdickung der medialen Kortikalis, Zunahme der Trabekeldichte mit Ausrichtung auf den medialen Teil der Druckscheibenprothese, Z.n. Pfannenwechsel rechts

4 Diskussion

In der hier vorgestellten Studie werden die Ergebnisse von 137 Druckscheibenprothesen, die in dem Klinikum Bad Bramstedt sowie in der Universitätsklinik Hamburg-Eppendorf implantiert worden sind, nach einer Mindeststandzeit von zehn Jahren ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Studie werden im Vergleich zu den bisherigen Erkenntnissen der Druckscheibenprothese, zu anderen metaphysär verankerten Prothesentypen und zu zementfreien Schaftprothesen bei jüngeren Patienten aus der Literatur diskutiert.

4.1 Revisionsrate

Unter Berücksichtigung einer Mindeststandzeit der Druckscheibenprothese von zehn Jahren ergibt sich eine Gesamtrevisionsrate von 15,3 %. Diese hohe Gesamtrevisionsrate muss genauer betrachtet werden. Es handelt sich um neun aseptische Lockerungen, acht Protheseninfektionen, eine periprothetische Fraktur und drei Laschenrevisionen. Die drei Patienten mit der Laschenentfernung fallen aus der Berechnung heraus, da die Druckscheibenprothese belassen werden konnte, wodurch sich eine Revisionsrate von 13,1% ergibt. Die periprothetische Fraktur des entsprechenden Femurs kann im Rahmen eines Sturzes nach hypostatischer Dysregulation auf ein adäquates Trauma zurückgeführt werden, so dass dieser Wechsel nicht der Druckscheibenprothese angelastet werden kann. Die acht Protheseninfektionen sind unabhängig vom Implantat zu betrachten, da alleine fünf dieser tiefen Infekte bei Prothesen von Patienten mit rheumatoider Arthritis aufgetreten sind, deren Körper aufgrund immunsupprimierender Medikamente anfällig für Infektionen ist. Wählt man als Berechnungsendpunkt die aseptische Lockerung sind insgesamt neun Revisionen zu berücksichtigen. So ergibt sich in unserem Kollektiv für die Druckscheibenprothese der 3. Generation eine aseptische Lockerungsrate nach zehn Jahren von 6,6 %.

Diese Ergebnisse fallen weitaus besser aus als die aus der Literatur bekannten Ergebnisse der Druckscheibenprothesen früherer Generationen. Huggler et al. untersuchten Druckscheibenprothesen der 1. und 2. Generation und publizierten bereits 1993 die ersten Langzeitergebnisse. Die dort berechnete Prothe-

senstandzeit von 80 % nach acht Jahren bzw. 79 % nach maximal 13 Jahre liegt deutlich unter den hier ermittelten Ergebnissen (Huggler et al. 1993). Aus der Literatur bekannte mittelfristige Ergebnisse der 3. Generation der Druckscheibenprothese weisen zum Teil bessere Standzeiten auf. Ishaque et al. berichteten 2004 über die mittelfristigen Resultate der Druckscheibenprothese. Das vorgestellte Kollektiv war im Schnitt 53,9 Jahre alt und ergab eine aseptische Lockerungsrate von 5,4 % (Ishaque et al. 2004). Fink et al. berichteten bei einem ähnliche Kollektiv mit 214 mittelfristigen Verläufen über eine aseptische Lockerungsrate von 4,2 % (Fink et al. 2007).

Ein Vergleich mit mittel- bis langfristigen Ergebnissen von anderen etablierten Kurzschaftprothesen ergibt eine weitgehende Übereinstimmung der Revisionsraten. Morrey et al. berichteten nach einem durchschnittlichen Follow-up von 6,2 Jahren und einem Durchschnittsalter bei Operation von 50,8 Jahren bei 159 Mayo-Prothesen über eine aseptische Lockerungsrate von 7,6 % (Morrey et al. 2000). Ender et al. legten in einer Publikation aus dem Jahr 2006 nach einem Follow-up von 4,9 Jahren bei 56 CUT-Prothesen eine aseptische Lockerungsrate von 7,1 % dar (Ender et al. 2006) und Pipino et al. konnten nach 44 Langzeitverläufen von einer aseptischen Lockerungsrate von 0 % berichten (Pipino et al. 2000). McMinn et al. veröffentlichten im Jahre 2005 eine Überlebensrate von 99,8 % bei 379 Metall-Metall-Oberflächenersatzprothesen mit einem durchschnittlichen Follow up von 6,1 Jahren (McMinn et al. 2005). Bei einer Vielzahl von metaphysär verankerten Prothesen liegen noch keine langfristigen Ergebnisse vor. Hier ist abzuwarten, inwieweit diese Prothesen Vor- bzw. Nachteile gegenüber der Druckscheibenprothese aufweisen.

Allerdings fallen die langfristigen Ergebnisse der Druckscheibenprothese insgesamt etwas schlechter aus als die in der Literatur bekannten Ergebnisse von zementfreien Schaftprothesen. Die Vergleichbarkeit verschiedener Publikationen wird jedoch durch die unterschiedliche Zusammensetzung der jeweiligen Patientenkollektive im Bezug auf Alter und Diagnose sowie durch folgende Kriterien erschwert. Eine Besonderheit der hier vorgestellten Studie ist das junge Alter der Patienten mit durchschnittlich 48,7 Jahren. Trotz umfangreicher Materialentwicklungen und Verbesserung der Operationstechnik haben sich Langzeitergebnisse in der Hüftendoprothetik vor allem bei jungen Patienten zwar

stetig verbessert, jedoch stellten Malchau et al. im Jahr 2000 anhand des schwedischen Endoprothesenregisters fest, dass die Standzeit der Prothesen bei jungen und aktiven Patienten verglichen mit denen von älteren deutlich verkürzt ist (Malchau et al. 2002). Als mögliche Ursache für ein frühes Versagen wird vor allem die hohe Aktivität junger Patienten mit konsekutiver Mehrbelastung des Implantat-Knochen-Interface diskutiert (Rudert et al. 2007). Johnson et al. konstatierten bei Patienten unter 50 Jahren eine im Vergleich zu älteren Patienten 2,5- bis 3-fach erhöhte Lockerungsrate (Johnson et al. 1988). Bei Kim et al. traten zwölf der insgesamt 15 gelockerten Prothesen bei Patienten unter 40 Jahren auf, alle sieben Prothesen bei unter 30-jährigen mussten revidiert werden (Kim et al. 1995). Havelin et al. beschrieben eine Revisionsrate von 7,9 % 4,5 Jahre nach der Implantation einer zementfreien Stielprothese bei Patienten unter 65 Jahren (Havelin et al. 1994). Demzufolge wurde ein junges Patientenalter bei Prothesenimplantation als Risikofaktor für eine Prothesenlockerung eingestuft. Andererseits wurden auch bei jungen Patienten gute Ergebnisse für unzementierte Schaftprothesen beschrieben. Aldinger et al. publizierten im Jahr 2005 für den CLS-Schaft von Spotorno eine Überlebensrate von 98 % nach zwölf Jahren für ein Patientenkollektiv mit einem Durchschnittsalter von 47 Jahren (Aldinger et al. 1994). Siebold et al. veröffentlichten für den gleichen Schaft mit einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von 11,7 Jahren eine Revisionsrate von 4,4 %. Das Durchschnittsalter dieses Patientenkollektives lag zum Zeitpunkt der Operation bei 55,2 Jahren (Siebold et al. 2001). Für den Zweymüller-Alloclassic-Schaft berichteten Reigstad et al. im Jahr 2008 bei 75 Langzeitverläufen mit einem Durchschnittsalter bei Operation von 52 Jahren eine aseptische Lockerungsrate von 2,7 % (Reigstad et al. 2008). Auch Grübl et al. wiesen Überlebensraten von 98,6 % nach zehn Jahren für den Zweymüller-Alloclassic-Schaft auf (Grübl et al. 2002) und Delaunay et al. fanden für diesen sogar Prothesenstandzeiten von 99,1 % nach zehn Jahren (Delaunay et al. 2001). McAuley et al. beschrieben nach sieben Jahren eine Revisionsrate für den AML-Schaft von 0,7 % bei einem Durchschnittsalter von 40 Jahren (McAuley et al. 2004) und Engh et al. berichteten bei einem Durchschnittsalter von 54 Jahren von einer Revisionsrate von 2,8 % nach 13 Jahren (Engh et al. 2002). Für den Taperloc Stem erzielten McLaughlin et al. Überlebensraten von 98 % nach 10,2 Jahren bei Patienten mit einem Durchschnittsalter von 37 Jahren (Mc-

Laughlin und Lee 2000). Archiebeck et al. stellten 2001 hervorragende Ergebnisse eines zementfreien Hüftschafte mit proximal poröser Oberfläche vor. Die Patienten waren durchschnittlich 52 Jahre alt und die Prothese verzeichnete eine Überlebensrate von 100 % nach zehn Jahre (Archiebeck et al. 2001). Und auch das finnische Endoprothesenregister berichtete von einer 10-Jahresüberlebensrate für proximal porösbeschichtete Schäfte bei unter 55-jährigen Patienten von 99 %, wobei hier nur die aseptischen Lockerungen und nur Patienten mit primärer Coxarthrose betrachtet wurden (Ziegler et al. 2007).

Eine weitere Ursache für die hohe Revisionsrate könnte die Zusammensetzung der primären Operationsindikationen des Patientenkollektivs sein. In dieser Studie erfolgte die Prothesenimplantation aufgrund einer rheumatoiden Arthritis bei insgesamt 28,7 % der Patienten. Akesson et al. beschrieben histomorphologische Unterschiede des periartikulären Knochens bei rheumatoider Arthritis im Vergleich zu dem bei primärer Coxarthrose. Knochenstrukturveränderungen in Form einer Osteoidose, die vor allem bei Patienten mit rheumatoider Arthritis auftreten, könnten Folge einer verminderten knöchernen Sekundärstabilität der Prothese sein (Akesson et al. 1994). Die hohe Gesamtrevisionsrate könnte also durch die vermehrte aseptische Lockerungsrate von 12,8 % bei Patienten mit rheumatoider Arthritis erklärt werden. Demgegenüber beträgt die aseptische Lockerungsrate bei Patienten mit primärer und sekundärer Coxarthrose 4,9 % und bei Patienten mit Hüftkopfnekrose 0 %. Es zeigen sich sowohl bei den aseptischen Lockerungsraten als auch bei den Gesamtrevisionsraten der einzelnen Diagnosen signifikante Unterschiede. Ähnliche Ergebnisse wurden auch in anderen Studien beschrieben. Fink et al. berichteten bereits nach einer 26-monatigen Standzeit der Druckscheibenprothese von einer 14,8%-igen Lockerungsrate bei Patienten mit rheumatoider Arthritis, wobei alle Wechsel in den ersten beiden Jahren postoperativ durchgeführt wurden (Fink et al. 2000). Auch die von Huggler et al. veröffentlichten 10-Jahresüberlebensraten fallen mit 79 % bei Patienten mit rheumatoider Arthritis weitaus schlechter aus als bei Patienten mit anderen Primärindikationen (Huggler et al. 1993).

Die Annahme einer diagnosespezifisch höheren Lockerungstendenz als Ursache für die hohe Revisionsrate im gesamten Patientenkollektiv kann somit angenommen werden. Im Vergleich der Druckscheibenprothese zu konventionel-

len zementfreien Schaftprothesen bei Patienten mit rheumatoider Arthritis zeigt sich für die Druckscheibenprothesen eine höhere Lockerungsrate. Effenberger et al. berichteten, dass innerhalb von 4,5 Jahren nur drei von 87 (3,4 %) zementfreien Schaftprothesen bei Patienten mit rheumatoider Arthritis gewechselt werden mussten (Effenberger et al. 1998). Crachiolo et al. beschrieben nach einer mittleren Standzeit von 3,7 Jahren nicht eine Revision der zementlosen Schaftprothesen bei an rheumatoider Arthritis erkrankten Patienten (Cracchiolo et al. 1992).

Zur Beurteilung der Wechseloperationen werden die klinischen Ergebnisse der Patienten mit Revisionsoperation hinzugezogen, um zu beurteilen, bei welchen Primärindikationen das knochensparende Konzept der Druckscheibenprothese und der daraus resultierenden unkomplizierten Revisionsmöglichkeiten als Schritt vor der konventionellen intramedullären Prothese angesehen werden kann. Bei den Patienten mit rheumatoider Arthritis musste in 70 % der Fälle bzw. bei den aseptischen Lockerungen sogar in 80 % der Fälle auf eine zementierte Schaftprothese gewechselt werden. Auch bei Fink et al. mussten bei Patienten mit rheumatoider Arthritis zwei der insgesamt drei (66,6 %) aseptischen Lockerungen auf eine zementierte Stielprothese gewechselt werden (Fink et al. 2000).

Die Hüftkopfnekrose ist nicht nur bei der Druckscheibenprothese ein in der Literatur kontrovers diskutiertes Thema. Andere Studien über die Druckscheibenprothese berichten von einer höheren aseptischen Lockerungsrate bei dieser Diagnose (Dunai et al 1998). Fink et al. berichteten bei der Hüftkopfnekrose von einer aseptischen Lockerungsrate von 3,8 % nach durchschnittlich 3,7 Jahren und einer Gesamtversagerquote von 9,6 % (Fink und Rüter 2000). Auch nicht zementierte Schaftprothesen, wie der CLS-Schaft von Spotorno, zeigten diese Problematik in der Nachuntersuchung. Siebold et al. publizierten Ergebnisse, bei denen bei allen aseptischen Schaftlockerungen entweder eine Hüftkopfnekrose, eine durch die Implantation verursachte Schaftfraktur oder eine zu kleine CLS-Prothese zugrunde lagen (Siebold et al. 2001). In dieser Studie ist bei den Patienten mit einer Hüftkopfnekrose keine aseptische Lockerung aufgetreten.

Die Protheseninfektionsrate der untersuchten Druckscheibenprothesen liegt mit 5,8 % im gesamten Patientenkollektiv relativ hoch. Bei Patienten mit primärer und sekundärer Coxarthrose beträgt sie 3,7 % und bei Patienten mit rheumatoider Arthritis 12,8 %. Für die Hüftkopfnekrose sind keine Protheseninfektionen zu berichten. Auch hier sind deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Diagnosen nachzuweisen. Als mögliche Ursache für die erhöhte Anzahl der Protheseninfektionen bei der rheumatoiden Arthritis wäre eine erhöhte Infektanfälligkeit infolge immunsupprimierender Medikamenten denkbar. Bei Betrachtung der Protheseninfektionen bei Patienten mit einer Coxarthrose liegen in anderen Publikationen ähnlich hohe Infektionsraten vor. Gabbar et al. beobachteten nach einem Follow-up von zehn Jahren bei 64 Patienten mit 72 zementfreien Stielprothesen zwei Protheseninfektionen (2,7 %) (Gabbar et al. 2008). Bei Piston et al. trat nach einem Follow-up von 7,5 Jahren bei einer von 35 untersuchten Prothesen (2,9 %) ein tiefer Infekt auf (Piston et al. 1994) und Aldinger et al. berichteten von acht Protheseninfektionen 17 Jahre postoperativ bei insgesamt 232 CLS Schäften (3,4 %) (Aldinger et al. 2003). In zahlreichen Studien wie z.B. von McLaughlin et al., Morrey et al., Nercessian et al. und Regstad et al. traten jedoch auch keine Protheseninfektionen auf (McLaughlin und Lee 2008, Morrey et al. 2000, Nercessian et al. 2001, Reigstad et al. 2008).

4.2 Laschenwechsel

Ein Problem, dass bisher in der Literatur bei allen Nachuntersuchungen der Druckscheibenprothese beschrieben wird, ist das Laschenschmerzsyndrom. Bei vier Druckscheibenprothesen erfolgte aufgrund persistierender Schmerzen über dem Laschenbereich eine Laschenentfernung. Patienten mit Hüftkopfnekrose hatten hier mit 5,9 % gegenüber Patienten mit primärer und sekundärer Coxarthrose (2,5 %) und rheumatoider Arthritis (2,6 %) einen signifikant höheren Anteil. Fink et al. berichteten bei den mittelfristigen Ergebnissen der Druckscheibenprothese von insgesamt sechs Laschenwechseln bei 214 Patienten. Diese verteilen sich auf zwei von 134 (1,5 %) Patienten mit primärer und sekundärer Coxarthrose, eine von 44 (2,2 %) mit rheumatoider Arthritis und drei von 36 (8,3 %) Patienten mit einer Hüftkopfnekrose (Fink et al. 2007). Auch hier wird der höhere Anteil der Laschenwechsel bei Patienten mit einer Hüftkopfnekrose deutlich. Aufgrund der geringen Patientenzahl sind diese Angaben jedoch

statistisch nicht relevant. Außerdem lässt sich hierfür keine eindeutige Erklärung finden.

4.3 Klinische Ergebnisse

Zur Erhebung der langfristigen klinischen Ergebnisse der 3. Generation der Druckscheibenprothese wird der Harris-Hip-Score bei 40 Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ermittelt. Nach einer Mindeststandzeit von zehn Jahren wird mit einem Harris-Hip-Score von $92,6 \pm 12,7$ Punkten ein insgesamt sehr gutes Resultat erzielt. Bei 89,3 % der Patienten wird das Ergebnis als gut bis sehr gut bewertet, bei weiteren 3,6 % als befriedigend und bei 7,1 % als schlecht. Die hauptsächlichen Gründe für die schlechten Ergebnisse sind die Funktions- und Bewegungseinschränkungen aufgrund persistierender Schmerzen. Es zeigen sich keine deutlichen Unterschiede im Verlauf des Harris-Hip-Scores hinsichtlich der Primärindikation. Für die Patienten mit einer primären und sekundären Coxarthrose ergibt sich ein Harris-Hip-Score von 92 Punkten, für Patienten mit rheumatoider Arthritis ein Wert von 92,8 Punkten und für Patienten mit einer Hüftkopfnekrose ein Wert von 92,3 Punkten. Auch im Vergleich zu bereits publizierten mittelfristigen klinischen Ergebnissen der dritten Generation der Druckscheibenprothese stimmen die Werte weitestgehend überein. Jedoch muss an dieser Stelle kritisch angemerkt werden, dass im Verlauf dieser Studie nur 40 der 137 Prothesen klinisch nachuntersucht werden konnten und diese Anzahl nicht bedenkenlos mit größeren Studien verglichen werden kann. Fink et al. beobachteten nach einem Follow-up von 4,8 Jahren einen Harris-Hip-Score von $91,2 \pm 13,1$ Punkten. Diese Ergebnisse sind weitaus besser als die aus der Literatur bekannten Ergebnisse der Druckscheibenprothese früherer Generationen. Huggler et al. berichteten bei Druckscheibenprothesen der 1. und 2. Generation über einen Harris-Hip-Score von 83 Punkten nach einem Follow-up von zwei bis elf Jahren (Huggler et al. 1993). Zelle et al. beschrieben bei kurz- und mittelfristigen Ergebnissen sogar nur einen Harris-Hip-Score von $73 \pm 20,5$ Punkten, wobei es sich hier um Druckscheibenprothesen der 3. Generation handelt (Zelle et al. 2004).

Ein Vergleich mit publizierten Langzeitergebnissen zementfreier Hüftschaften ergibt eine weitgehende Übereinstimmung der klinischen Ergebnisse beider

Prothesentypen. Effenberger et al. und Singh et al. beschrieben einen Harris-Hip-Score von 92 Punkten nach zehn Jahren (Effenberger et al. 2004, Singh et al. 2004). Kim et al. erreichten den gleichen Wert nach 9,8 Jahren (Kim et al. 2003) und Bülow et al. beobachteten nach einem Follow-up von 7,8 Jahren einen Harris-Hip-Score von 93 Punkten (Bülow et al. 1996). Beim Vergleich der vorliegenden klinischen Ergebnisse mit denen von Siebold et al., die von 227 Patienten berichteten, die bei ähnlicher Altersstruktur (Durchschnittsalter 55,2 Jahre) mit einem CLS-Schaft von Spotorno versorgt worden sind, schneidet die Druckscheibenprothese um 1,7 Punkte schlechter ab (Siebold et al. 2001). Die Ursache kann im Zusammenhang mit dem gelegentlichen Auftreten des Laschenschmerzsyndroms stehen. Andererseits wurde auch in anderen Studien bei dem CLS-Schaft von Spotorno von relativ niedrigen Harris-Hip-Scores berichtet. Aldinger et al. beobachteten bei 354 Schäften einen mittleren Harris-Hip-Score von 84 Punkten, die sie auf die hohe Lockerungs- und Wanderungsrate der Pfannenkomponente zurückführten (Aldinger et al. 2003).

4.4 Schlussfolgerung

Die Auswertung der erhobenen Daten und der Vergleich mit anderen in der Literatur beschriebenen Nachuntersuchungen der Druckscheibenprothese erlaubt es, die langfristigen Ergebnisse der Druckscheibenprothese insgesamt als gut zu bewerten, sie sind denen von zementfreien Schaftprothesen jedoch unterlegen. Als Ursache für die erhöhte Revisionsrate des beobachteten Patientenkollektives kann die vermehrte Knochenstrukturveränderung bei Patienten mit rheumatoider Arthritis angesehen werden. Diese kann zu einer verminderten ossären Integration der Druckscheibenprothese und demzufolge zu vermehrt auftretenden Frühlockerungen führen. Unter Ausschluss der Patienten mit rheumatoider Arthritis ließe sich über eine aseptische Lockerungsrate von 4,1 % und eine Gesamtrevisionsrate von 10,2 % berichten, wobei sich letztere aus vier aseptischen Lockerungen, drei Protheseninfektionen, einer periprothetischen Fraktur und zwei Laschenschmerzsyndromen zusammensetzt.

Als Alternative zur unzementierten Schaftprothese hat sich die Druckscheibenprothese trotz guter langfristiger Ergebnisse nicht bewährt. Aufgrund ihres knochenparenden Verankerungsprinzips und den daraus resultierenden guten

Revisionsmöglichkeiten kann sie jedoch unter strenger Indikationsprüfung als Schritt vor der Schaftprothese betrachtet werden. Da es sich jedoch im Vergleich zu den Standardimplantaten um eine anspruchsvolle Operationstechnik handelt und der Erfolg dieser Prothese wesentlich von einer strengen Indikationsstellung und exakten operativen Planung abhängt, sollte der Operateur über ausreichende operative Erfahrungen in der Hüftendoprothetik verfügen.

Nach kritischer Wertung dieser Ergebnisse erscheint die Druckscheibenprothese bei jungen Patienten weiterhin eine geeignete Alternative zur endoprothetischen Erstversorgung zu sein, wenn die anatomischen und osteologischen Besonderheiten berücksichtigt und die Operationsindikationen streng überprüft werden. Aufgrund der hohen Lebenserwartung ist bei diesen Patienten mit mehreren Prothesenwechseln zu rechnen, wodurch die Vorteile der Druckscheibenprothese als Schritt vor der Schaftprothese zum Tragen kommen. Auch die große Zufriedenheit seitens der Patienten spricht für eine gute Bewährung der Druckscheibenprothese im Alltag.

5 Zusammenfassung

Nachdem kurz- und mittelfristige Ergebnisse für die Druckscheibenprothese der dritten Generation in der Literatur bereits publiziert wurden, ist das Ziel dieser Studie, langfristige Ergebnisse zu erheben und das metaphysäre Verankerungsprinzip der Druckscheibenprothese als Alternative bei der endoprothetischen Erstversorgung bei jungen Patienten aufzuzeigen und zu überprüfen.

Unter Berücksichtigung einer Mindeststandzeit von zehn Jahren wurden zwischen dem 01. August 1994 und dem 19. Dezember 1997 in der orthopädischen Klinik des Universitätskrankenhauses Hamburg-Eppendorf sowie in dem Klinikum Bad Bramstedt 172 Druckscheibenprothesen der 3. Generation bei 159 Patienten implantiert. Von diesen können 137 Druckscheibenprothesen bei 127 Patienten erfasst werden.

Zusammenfassend ergibt sich aus den Ergebnissen dieser Studie eine erhöhte Revisionsrate sowie ein erschwerter Prothesenwechsel bei Patienten mit rheumatoider Arthritis im Vergleich zu Patienten mit anderen Primärindikationen. In diesem Fall ist der durch die metaphysäre Verankerung gegebene Vorteil eines unkomplizierten Prothesenwechsels nicht mehr gegeben, womit die rheumatoide Arthritis als zumindest fragliche Indikation zur Implantation einer Druckscheibenprothese eingestuft werden sollte.

Nach kritischer Wertung dieser Ergebnisse und unter Berücksichtigung von anatomischen und osteologischen Besonderheiten erscheint die Druckscheibenprothese bei jungen und aktiven Patienten insgesamt jedoch als geeignete Alternative bei der endoprothetischen Erstversorgung. Im Fall einer Lockerung ist wegen der metaphysären Verankerung und dem Erhalt der Diaphyse eine gute Ausgangssituation für eine konventionelle Schaftprothese gegeben. Aufgrund der hohen Lebenserwartung ist bei jungen Patienten mit mehreren Prothesenwechseln zu rechnen, wodurch die Vorteile der Druckscheibenprothese als Schritt vor der Schaftprothese zum Tragen kommen.

6 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
a.p.	anteriorposterior
bzw.	beziehungsweise
CCD-Winkel	Caput-Collum-Diaphysenwinkel
cm	Zentimeter
DSP	Druckscheibenprothese
et al.	und andere
HHS	Harris-Hip-Score
m	Meter
mm	Millimeter
PMMA	Polymethylmetacrylat
RA	Rheumatoide Arthritis
Tab.	Tabelle
TEP	Totalendoprothese
z.B.	zum Beispiel
Z.n.	Zustand nach

7 Literaturverzeichnis

1. **Akesson K, Önsten I and Obrant K:** Periarticular bone in rheumatoid arthritis versus arthrosis. Histomorphometry in 103 hip biopsies. *Acta Orthop Scand*, 65(2): 135-138, 1994.
2. **Aldinger P, Breusch S, Lukoschek M, Mau H, Ewerbeck V and Thomsen M:** A ten- to 15-year follow-up of the cementless spotorno stem. *J Bone Joint Surg Br*, 85(2): 209-214, 2003.
3. **Aldinger P, Parsch D, Jung A and Breusch S:** Langzeitergebnisse des zementfreien CLS-Schaftes. In *Fortbildung Orthopädie-Traumatologie:Hüfte* pp. 134-142. Edited by Jerosch, J.; Heisel, J.; and Imhoff, A., 134-142, Darmstadt, Steinkopff, 2005.
4. **Archibeck M, Berger R, Jacobs J, Quigley L, Gitelis S, Rosenberg A and Galante J:** Second-generation cementless total hip arthroplasty. Eight to eleven-year results. *J Bone Joint Surg Am*, 83-A(11): 1666-1673, 2001.
5. **Bereiter H, Bürgi M and Schenk R:** Finite element investigations of the proximal femur after implantation of the thrust plate prosthesis compared with findings in a post-mortem histological specimen and in radiological follow-up examinations In *The thrust plate hip prosthesis*, pp. 48-62. Edited by Huggler, A., and Jacob, H., 48-62, 1997.
6. **Bourne R and Rorabeck C:** Assessing the outcomes: what really works? *Orthopedics*, 22: 137-152, 1999.
7. **Bourne RB:** The planning and implementation of the Canadian Joint Replacement Registry. *Bull Hosp Jt Dis*, 58: 128-132, 1999.
8. **Brekelmans W, Poort H and Slooff T:** A new method to analyse the mechanical behaviour of skeletal parts. *Acta Orthop Scand*, 43: 301-317, 1972.
9. **Breusch S, Aldinger P, Thomsen M, Ewerbeck V and Lukoschek M:** Verankerungsprinzip in der Hüftendoprothetik. *Unfallchirurg*, 103: 918-931, 2000.
10. **Bülow J, Scheller G, Arnold P, Synatschke M and Jani L:** Follow-up (6-9 years) results of the uncemented CLS Spotorno stem. *Arch Orthop Traumat Surg*, 115(3-4): 190-194, 1996.
11. **Coleman R, Herrington J and Scales J:** Concentration of wear products in hair, blood, and urine after total hip replacement *Br Med J*, 1: 527-529, 1973.
12. **Cracchiolo A, Severt R and Moreland J:** Uncemented total hip arthroplasty in rheumatoid arthritis diseases. A two- to six-year follow-up study. *Clin Orthop*, (277): 166-174, 1992.
13. **Delaunay C and Kapandji A:** Survival analysis of cementless grit-blasted titanium total hip arthroplasties. *J Bone Joint Surg Br*, 83(3): 408-413, 2001.

14. **Dunai F, Fikenscher J and Menge M:** Die Druckscheibenprothese nach Huggler und Jacob. *Orthop Praxis*, 32: 188-193, 1996.
15. **Dunai F and Menge M:** Endoprothetische Versorgung der Hüftkopfnekrose mit der Druckscheibenprothese. *Orthop Praxis*, 34: 294-298, 1998.
16. **Effenberger H, Lassmann S, Hilzensauer G and Dorn U:** Cementless hip prosthesis in patients with rheumatoid arthritis. *Orthopäde*, 27(6): 354-365, 1998.
17. **Effenberger H, Graf R, May M, Lojpur M, Imhof M and Lintner F:** Anatomically adapted, HA coated SBG stem--ten years of successful implantation. *Biomed Tech (Berl)*, 49(10): 290-294, 2004.
18. **Effenberger H, Imhof M, Witzel U and Rehart S:** Zementfreie Hüftschäfte. *Orthopäde*, 34: 477-502, 2005.
19. **Ender S, Machner A, Pap G, Graßhoff H and Neumann H:** Schenkelhalsendoprothese Typ CUT. 3- bis 6-Jahres-Ergebnisse. *Orthopäde*, 35: 841-847, 2006.
20. **Engh C and Hopper R:** The odyssey of porous-coated fixation. *J Arthroplasty*, 17(4 Suppl 1): 102-107, 2002.
21. **Ewerbeck V and Thomsen M:** Die Wiederentdeckung und fruchtbare Nutzung der Biomechanik. In *Gesundheit*, pp. 215-230. Edited by Herfarth, C., 215-230, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
22. **Fink B and Rüter W:** Teil- und Totalgelenkersatz bei Hüftkopfnekrose. *Orthopäde*, 29: 449-456, 2000.
23. **Fink B, Siegmüller C, Schneider T, Conrad S, Schmielau G and Rüter W:** Short- and medium-term results of the thrust plate prosthesis in patients with polyarthritis. *Arch Orthop Traumat Surg*, 150(5-6): 294-298, 2000.
24. **Fink B, Schnieder T, Conrad S, Jaeger M, Protzen M and Rüter W:** The thrust plate prosthesis in patients with aseptic osteonecrosis of the femoral head. *Arch Orthop Traumat Surg*, 122: 499-505, 2002.
25. **Fink B, Wessel S, Deuretzbacher G, Protzen M and Rüter W:** Mid-term results of "thrust plate" prosthesis. *J Arthroplasty*, 22(5): 703-710, 2007.
26. **Gabbar, Rajan R, Londhe S, and Hyde I:** Ten- to twelve-year follow-up of the furlong hydroxyapatite-coated femoral stem and threaded acetabular cup in patients younger than 65 years. *J Arthroplasty*, 23(3): 413-417, 2008.
27. **Galante J, Sumner D and Gächter A:** Oberflächenstrukturen und Einwachsen von Knochen bei zementfrei fixierten Prothesen. *Orthopäde*, 16: 197-205, 1987.
28. **Gollwitzer H and Gardinger R:** Hüfte: Standardimplantat. In *Ossäre Integration*, pp. 99-109. Edited by Gollwitzer, H., and Gardinger, R., 99-109, Springer Berlin Heidelberg, 2006.
29. **Grübl A, Chiari C, Gruber M, Kaider A and Gottsauner-Wolff F:** Cementless total hip arthroplasty with a tapered, rectangular titanium stem

- and a threaded cup: a minimum ten-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am.*, 84-A: 425-431, 2002.
30. **Grundeis H:** Geschichtliche Entwicklung der Endoprothetik und der Fixation durch Spongiosa-Metal®. In *Ossäre Integration*, pp. 2-13. Edited by Gardinger, R., and Gollwitzer, H., 2-13, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
 31. **Harris W:** Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: Treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation. *J Bone Joint Surg* 51-A: 737-755, 1969.
 32. **Havelin L, Espehaug B, Vollset S and Engesaeter L.:** Early failures among 14,009 cemented and 1,326 uncemented prostheses for primary coxarthrosis. The Norwegian Arthroplasty Register, 1987-1992. *Acta Orthop Scand*, 65(1): 1-6, 1994.
 33. **Honl M, Mille E and Lampe F:** Druckscheibenprothese im Management von Hüftgelenkerkrankungen. *Extracta Orthop*, 18(5): 14-16, 1995.
 34. **Huggler A, Jacob H and Schreiber A:** Biomechanische Analyse der Lockerung von Femurprothesen. *Arch Orthop Traumat Surg* 92: 261-272, 1978.
 35. **Huggler A and Jacob H:** A new approach towards hip-prosthesis design. *Arch Orthop Traumat Surg*, 97: 141-144, 1980.
 36. **Huggler A and Seemann P:** Die Druckscheibenprothese im siebten Jahr ihrer Anwendung. *Histo Morph Bewegungsapp*, 3: 171-184, 1987.
 37. **Huggler A, Jacob H, Bereiter H, Haferkorn M, Ryf C and Schenk R:** Long term results with the uncemented thrust plate prosthesis. *Acta Orthop Belg*, 59: 215-223, 1993.
 38. **Huggler A and Jacob H:** Operationstechnik Druckscheibenprothese. Lit. No. 1919d - Ed.08/94 ALLOPRO.
 39. **Huggler A:** The Thrust Plate Prosthesis: A new Experience in Hip Surgery. In *The Thrust Plate Hip Prosthesis*. Edited by Huggler, A., and Jacob, H., Springer Verlag, 1997.
 40. **Ishaque B, Wienbeck S and Stürz H:** Midterm results and revisions of the thrust plate prosthesis (TPP). *Z Orthop*, 142(1): 25-32, 2004.
 41. **Jacob H and Huggler A:** An investigation into biomechanical causes of prosthesis stem loosening within the proximal end of the human femur. *J Biomech*, 13: 159-173, 1980.
 42. **Jacob H:** Biomechanical Principles and Design Details of the Thrust Plate Prosthesis. In *The Thrust Plate Hip Prosthesis*, pp. 32. Edited by Huggler, A., and Jacob, H., 32, 1997.
 43. **Johnson R, Thorngren K and Persson B:** Revision total hip replacement for primary osteoarthritis. *J Bone Joint Surg*, 70-B: 56-62, 1988.
 44. **Joshi A, Porter M, Trail I and Hunt L:** Long term results of charneley low friction arthroplasty in young patients. *J Bone Joint Surg Br*, 75: 616-623, 1993.

45. **Judet J and Judet R:** The use of an artificial femoral head arthroplasty of the hip joint. *J Bone Joint Surg*, 32-B: 166-173, 1950.
46. **Kim Y, Oh J and Oh S:** Cementless total hip arthroplasty in patients with osteonecrosis of the femoral head. *Clin Orthop*, 320: 73-84, 1995.
47. **Kim Y, Oh S and Kim J:** Primary total hip arthroplasty with a second-generation cementless total hip prosthesis in patients younger than fifty years of age. *J Bone Joint Surg Am*, 85-A(1): 109-114, 2003.
48. **Lister J:** On the antiseptic principle of the practice of Surgery. *The Lancet*, 90: 353-356, 1867.
49. **Malchau H, Herberts P, Eisler T, Garellick G and Södermann P:** The Swedish Total Hip Replacement Register. *J Bone Joint Surg Am.*, 84: 2-20, 2002.
50. **Maronna U:** Aktuelle Indikationsstellung zur Teil-/Duokopfprothese. In *Hüftendoprothetik*. Edited by Jerosch, J.; Effenberger, H.; and Fuchs, S., Stuttgart New York, Thieme, 1996.
51. **McAuley J, Szuszczewicz E, Young A and Engh C:** Total hip arthroplasty in patients 50 years and younger. *Clin Orthop*, 418: 119-125, 2004.
52. **McKee G and Watson-Farrar J:** Replacement of arthritic hips by McKee-Farrar-Prothesis. *J Bone Joint Surg*, 48-B: 245, 1966.
53. **McLaughlin J and Lee K:** Total hip arthroplasty in young patients. 8- to 13-year results using an uncemented stem. *Clin Orthop*, (373): 153-163, 2000.
54. **McLaughlin J and Lee K:** Total hip arthroplasty with an uncemented tapered femoral component. *J Bone Joint Surg Am*, 90(6): 1290-1296, 2008.
55. **McMinn D, Daniel J and Ziaee H:** Controversial topics in orthopaedics: metal-on-metal. *Ann R Coll Surg Engl*, 87(6): 411-415, 2005.
56. **Menge M:** Die metaphysäre Prothesenverankerung- ein neues Prinzip für die Femurprothese. *Orthop Praxis*, 2: 94-102, 1995.
57. **Mittelmeier W, Grunwald I, Schäfer R, Grundei H and Gradinger R:** Zementlose Endoprothesenverankerung mittels trabekulären, dreidimensional, interkonnektierenden Oberflächenstrukturen. *Orthopäde*, 26: 117-124, 1997.
58. **Moore AT:** Metallenes Hüftgelenk. Eine neue selbsthaltene Vitallium-Prothese. *Sth.med.J*, 45, 1952.
59. **Morrey B, Adams R and Kessler M:** A conservative femoral replacement for total hip arthroplasty. A prospective study. *J Bone Joint Surg Br*, 82-B: 952-958, 2000.
60. **Morton W:** Morton's Letheon. General Circular Public Caution. Edited by Morton, W., Boston, 1846.

61. **Nercessian O, Wu W and Sarkissian H:** Clinical and radiographic results of cementless AML total hip arthroplasty in young patients. *J Arthroplasty*, 16(3): 312-316, 2001.
62. **Nishino T, Mishima H, Miyakawa S, Kawamura H and Ochiai N:** Mid-term results of the Synergy cementless tapered stem: stress shielding and bone quality. *J Orthop Sci*, 13: 498-503, 2008.
63. **Pipino F, Molfetta L and Grandinio M:** Preservation of the femoral neck in hip arthroplasty: results of a 13-17-year-follow-up. *J Orthop Traumatol*, 1: 31-39, 2000.
64. **Piston R, Engh C, De Carvalho P and Suthers K:** Osteonecrosis of the femoral head treated with total hip arthroplasty without cement. *J Bone Joint Surg Am*, 76(2): 202-214, 1994.
65. **Plitz W:** Biomechanische Aspekte zur Prothesenlockerung an der Hüfte. *Orthopäde*, 18: 344-349, 1989.
66. **Rauschmann M and Thomann K:** 200 Jahre Orthopädie. *Orthopäde*, 29: 1008-1017, 2000.
67. **Reigstad O, Siewers P, Røkkum M and Espehaug B:** Excellent long-term survival of an uncemented press-fit stem and screw cup in young patients: follow-up of 75 hips for 15-18 years. *Acta Orthop*, 79(2): 194-202, 2008.
68. **Riner M:** Aktuelle Entwicklung - Orthopädische Implantate. In *Medizintechnik- Life Science Engineering*, pp. 1309-1330. Edited by Wintermantel, E., and Ha, S., 1309-1330, Berlin Heidelberg, Springer, 2008.
69. **Röntgen W:** Über eine neue Art von Strahlen. *Sitzber Phys Med Ges Würzburg*: 132-141, 1895.
70. **Rudert M, Gerdesmeyer L, Rechl H, Juhnke P and Gradinger R:** Der Oberflächenersatz am Hüftgelenk. *Orthopäde*, 36: 304-310, 2007.
71. **Rüttimann B:** Anfänge der Hüftchirurgie-heroische Zeiten? *Z Orthop*, 128: 243-248, 1990.
72. **Schmidt J and Banerjee M:** Oberflächenersatzprothesen. In *Fortbildung Orthopädie-Traumatologie: Hüfte*, pp. 120-128. Edited by Jerosch, J.; Heisel, J.; and Imhoff, A., 120-128, Steinkopff, 2006.
73. **Scholten R:** Über die Berechnung der mechanischen Beanspruchung in Knochenstrukturen mittels für den Flugzeugbau entwickelte Rechenverfahren. *Medizin Orthop Technik*, 6: 130-137, 1976.
74. **Siebold R, Scheller G, Schreiner U and Jani L:** Langzeitergebnisse mit dem zementfreien CLS-Schaft von Spotorno. *Orthopäde*, 30: 317-322, 2001.
75. **Singh S, Trikha S and Edge A:** Hydroxyapatite ceramic-coated femoral stems in young patients. A prospective ten-year study. *J Bone Joint Surg Br*, 86(8): 1118-1123, 2004.
76. **Spotorno L, Schenk R and Dietschi C:** Personal experiences with uncemented prostheses. *Orthop* 16(3): 225-238, 1987.

77. **Spotorno L, Romagnoli S and Ivaldo N:** The CLS system. Theoretical concept and results. *Acta Orthop Belg*, 59: 144-148, 1993.
78. **Steinhauser E:** Biomechanische Grundlagen der Implantatverankerung. In *Ossäre Integration*, pp. 16-23. Edited by Gollwitzer, H., and Gardinger, R., 16-23, Springer Berlin Heidelberg, 2006.
79. **Stukenborg-Colsman C:** Schenkelhalsendoprothesen. *Orthopäde*, 36: 347-352, 2007.
80. **Sulzer Orthopedics L:** Produktinformation Druckscheibenprothese. 1997.
81. **Sulzer Orthopedics L:** Operationstechnik Druckscheibenprothese. 1999.
82. **Telle R:** Sintern. In *Keramik*, pp. 313-380. Edited by Salmang, H., and Scholze, H., 313-380, Springer Berlin Heidelberg, 2007.
83. **Ungethüm M and Blömer W:** Technologie der zementlosen Hüftendoprothetik. *Orthopäde*, 16: 170-184, 1987.
84. **Wessinghage D:** Historische Aspekte des Gelenkersatzes. Eine bibliographische Studie. *Orthopäde*, 29: 1067-1071, 2000.
85. **Wiles P:** The sugery of osteoarthritic hip. *Br. J. Surg*, 45: 488-497, 1957.
86. **Witzleb W, Knecht A, Beichler T, Köhler T and Günther K:** Hüftgelenk-Oberflächenersatzendoprothesen. *Orthop*, 33: 1236-1242, 2004.
87. **Zelle B, Gerich T, Bastian L, Shuler F, Pape H and Krettek C:** Total hip arthroplasty in young patients using the thrust plate prosthesis: clinical and radiological results. *Arch Orthop Traumat Surg*, 124(5): 310-316, 2004.
88. **Ziegler J, Amlang M, Bottesi M, Kirschner S, Witzleb W and Günther K:** Ergebnisse endoprothetischer Versorgung bei Patienten vor dem 50. Lebensjahr. *Orthopäde*, 36: 325-336, 2007.

8 Anhang

A. Patientenanschreiben

Prof. Dr. med. Wolfgang Rüter

**Direktor der Orthopädischen Klinik
der Rheumaklinik Bad Bramstedt**
Oskar-Alexander-Straße 26
D-24572 Bad Bramstedt
Tel.: (0 41 92) 90-24 15
Fax: (0 41 92) 90-23 88
Mail: ruether@r-on-klinik.de

**Direktor des Lehrstuhls für Orthopädie
am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf**
Martinistraße 52
D-20246 Hamburg
Tel.: (0 40) 42803-36 70
Fax: (0 40) 42803-50 18
Mail: ruether@uke.uni-hamburg.de

Anschrift

Hamburg,

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

bei Ihnen wurde am in der Rheumaklinik Bad Bramstedt / Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf eine Druckscheibenendoprothese am Hüftgelenk eingesetzt.

Im Rahmen einer wissenschaftlichen Untersuchung zum Thema „Langzeitergebnisse der Druckscheibenendoprothese“ an der Universitätsklinik Hamburg führen wir eine Befragung der Patienten durch, die mit dieser Prothese versorgt worden sind.

Wir benötigen Ihre Mithilfe und bitten Sie den beiliegenden Fragebogen auszufüllen. Die Beantwortung dieser Fragen liegt im Interesse aller betroffenen Patienten und erfolgt durch Ankreuzen der zutreffenden Antwort. Es ist wichtig, dass Sie den Fragebogen vollständig ausfüllen.

Selbstverständlich werden alle Ihre Angaben streng vertraulich und anonym behandelt. Es werden keine Einzeldaten weitergegeben oder veröffentlicht. Die Daten sind die Grundlage für eine wissenschaftliche Analyse der Prothese, die keine Rückschlüsse auf einzelne Personen zulässt.

Zusätzlich ist es zur Beurteilung der Behandlungsergebnisse wichtig, das Hüftgelenk nachzuuntersuchen. Wir werden Sie dafür in den nächsten Tagen telefonisch kontaktieren, um mit Ihnen hierüber zu sprechen.

Bitte schicken Sie den ausgefüllten Fragebogen an die unten genannte Adresse zurück.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne unter der unten genannten Telefonnummer bzw. Email-Adresse zur Verfügung.

Für Ihre Bemühungen möchten wir Ihnen im Voraus bereits herzlich danken.

Mit freundlichen Grüßen

B. Fragebogen

Fragebogen

1. Schmerz

1.1. Haben Sie Schmerzen im operierten Hüftgelenk?

- keine Schmerzen
- gelegentliche Schmerzen, keine Einschränkung der Aktivität
- milde Schmerzen, keine Einschränkung der normalen Aktivität, gelegentlich Schmerzmittel (z.B. Aspirin)
- mäßige, einige Einschränkungen für normale Aktivität, gelegentlich Schmerzmittel (stärker als Aspirin)
- deutliche Schmerzen, deutliche Einschränkung der Aktivität
- stärkste Schmerzen, Ruhe- und Nachtschmerz, bettlägerig

2. Verlauf

2.1 Wurden Sie im Anschluss an die Reha weiter physiotherapeutisch behandelt?

- Ja, wie lange? _____
- Nein

2.2 Wurde an dem betroffenen Hüftgelenk eine weitere Operation durchgeführt?

- Ja
- Nein

2.2.1 Wenn ja, aus welchem Grund?

- Lockerung der Prothese
- Lockerung der Pfanne
- Fehlimplantation
- Laschenschmerz
- Infektion
- Knochenbruch
- Implantatbruch

2.2.3 Was wurde gemacht?

- erneute Druckscheibenendoprothese
- zementlose Stielprothese
- zementierte Stielprothese
- Laschenentfernung
- _____

2.2.4 Wo und wann wurde die Operation durchgeführt?

Wo?: _____

Wann?: _____

2.3 Wo und wann wurde das letzte Röntgenbild von ihrer Hüfte gemacht?

Wo?: _____

Wann?: _____

3. Beurteilung

3.1 Wie würden Sie das Ergebnis Ihrer Operation beurteilen?

- Sehr gut
- Gut
- Mäßig
- Schlecht
- Sehr schlecht

4. Aktuelle Kontaktdaten

Straße/ Hausnummer: _____

PLZ/ Stadt: _____

Telefonnummer: _____

E-Mail: _____

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

9 Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle allen danken, die zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben.

Mein großer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Rütter, Leiter der orthopädischen Klinik des Klinikums Bad Bramstedt und Direktor des Lehrstuhls für Orthopädie am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, für die Überlassung dieses interessanten und lebendigen Themas sowie die Möglichkeit, diese Arbeit in seiner Klinik verfassen zu können. Weiterhin danke ich für die hervorragende wissenschaftliche Betreuung und Beratung, wie auch die Hilfe bei auftretenden Fragen und Problemen, die die Auswertung der Dissertation betrafen.

Darüber hinaus danke ich besonders Herrn Dr. med. Dreimann für die exzellente, freundliche und ermunternde Betreuung meiner Arbeit. Er hat diese Arbeit über den gesamten Zeitraum betreut, stand mir jederzeit mit seiner Erfahrung zur Seite und war mir eine große Hilfe bei der Durchführung der Studie und Erstellung der Dissertationsschrift. Ohne sein Wissen, seine Ideen und seine Kritik wäre meine Arbeit niemals soweit gekommen.

Auch danke ich Herrn Dr. med. Niggemeyer für den fachlichen Rat und die wertvollen Anregungen für diese Arbeit. Er nahm sich stets Zeit und stellte einen sehr zuverlässigen und geschätzten Ansprechpartner dar.

Mein herzlicher Dank gilt meinem Freund Marc Philipp, der mich nicht nur tatkräftig unterstützt hat, mich stets aufbaute und für die erforderliche Abwechslung sorgte, sondern auch zu jeder Zeit für mich da war. Ohne ihn wäre meine Doktorarbeit kaum möglich gewesen.

Als letztes möchte ich meinen Eltern, Lisa und Klaus Tomkötter, für ihre stetige, liebevolle Unterstützung während meines gesamten Lebens danken. Durch ihre fortwährende Geduld, Motivation und Hilfe bei allen kleinen und größeren Problemen haben sie entscheidend zu meinem Studium und Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Ihnen möchte ich diese Arbeit widmen.

10 Lebenslauf

11 Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig 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 der Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

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

Unterschrift: _____

Hamburg, 29. August 2011