

Aus der
Klinik und Poliklinik für Orthopädie
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Direktor: Prof. Dr. med. Wolfgang Rüther

Radiologische Migrationsanalyse und Überlebensrate
im Langzeitverlauf zweier Schraubpfannen

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Medizin

dem Fachbereich Medizin der
Universität Hamburg vorgelegt von
Jan-Michael E. Protzen
aus Buchholz i. d. Nordheide

Hamburg im Februar 2002

Angenommen von dem Fachbereich Medizin
der Universität Hamburg am: **10. Juli 2002**

Gedruckt mit der Genehmigung des Fachbereichs
Medizin der Universität Hamburg

Dekan: Prof. Dr. C. Wagener

Referent: Prof. Dr. B. Fink

Korreferent: Prof. Dr. W. Rüter

König Tantalos, Sohn des Zeus,
erfreute sich der Gunst der Götter,
die ihn an ihrer Tafel speisen ließen.
Im Übermut aber schlachtete er
Seinen Sohn Pelops (Stammvater der Pelopiden, Namensgeber des Peloponnes)
Und setzte ihn den Göttern zum Mahle vor.
Allein Demeter – Spenderin der Fruchtbarkeit –
Trauernd um die geraubte Tochter Persephone – Herrscherin der Unterwelt –
Erkannte nicht da gräßlich Mahl und aß
Von Pelops Schulter.
Zusammen fügte die den
Lebensfaden spinnende Parze Klotho
Den zerstückelten Leichnam des Knaben,
der in neuer Schönheit erstand.
Die fehlende Schulter nur ersetzte sie
durch eine neue, geformt aus Elfenbein.
Tantalos aber,
für den Frevel des Sohnesmordes büßend stand fortan bis zum Kinn im Wasser,
ohne trinken zu können.

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung

I.I	Historie des endoprothetischen Gelenkersatz	Seite - 6 -
I.II	Zementfreie Hüftpfannensysteme	Seite - 9 -
I.III	Schraubpfannen dieser Studie	Seite - 10 -
I.IV	Nachuntersuchungsmethoden	Seite - 11 -
I.V	Zielsetzung	Seite - 13 -

II. Material und Methode

II.I	Link Typ V Schraubpfanne	Seite - 14 -
II.II	Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“	Seite - 17 -
II.III	Röntgenanalyse	Seite - 20 -
II.IV	Statistische Auswertung	Seite - 22 -

III. Ergebnisse

III.I	Link Typ V Schraubpfanne	Seite - 23 -
III.II	Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“	Seite - 29 -
III.III	„Frequency-Match“-Vergleich der beiden Link Typ V Schraubpfannen	Seite - 34 -

IV. Diskussion

IV.I	Untersuchungsmethode	Seite - 35 -
IV.II	Untersuchungsergebnisse	Seite - 37 -

V. Zusammenfassung	Seite - 43 -
--------------------	--------------

VI. Tabellen und Graphiken

VI.I	Konstruktionszeichnung und Photographie der Link Typ V Schraubpfanne	Seite - 45 -
VI.II	Konstruktionszeichnung und Photographie der Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“	Seite - 46 -
VI.III	Graphische Darstellung der verwendeten Schraubpfannengrößen	Seite - 47 -
VI.IV	Graphische Darstellung der radiologischen Landmarken und Einteilung der Pfannenrandzonen	Seite - 48 -
VI.V	Graphische Darstellung der Kaplan-Meier Überlebenskurve (Link Typ V Schraubpfanne)	Seite - 49 -
VI.VI	Graphische Darstellung der Migrationsendpunkte (Link Typ V Schraubpfanne)	Seite - 50 -
VI.VII	Graphische Darstellung der vertikalen Pfannenwanderung (Link Typ V Schraubpfanne)	Seite - 51 -
VI.VIII	Graphische Darstellung der horizontalen Pfannenwanderung (Link Typ V Schraubpfanne)	Seite - 52 -
VI.IX	Graphische Darstellung der Änderung des Inklinationswinkel (Link Typ V Schraubpfanne)	Seite - 53 -

VI.X	Röntgenverlauf der Link Typ V Schraubpfanne	
	a) 3 Monate postoperativ	Seite - 54 -
	b) 4 Jahre postoperativ	Seite - 55 -
	c) 7 Jahre postoperativ	Seite - 56 -
	d) 13 Jahre postoperativ	Seite - 57 -
VI.XI	Multivariater Test der Pfannenwanderung (Link Typ V Schraubpfanne)	Seite - 58 -
VI.XII	Test der Zwischensubjekteffekte der Pfannenwanderung (Link Typ V Schraubpfanne)	Seite - 59 -
VI.XIII	Parameterschätzer der Pfannenwanderung (Link Typ V Schraubpfanne)	Seite - 60 -
VI.XIV	Multivariater Test der Röntgensäume in Zone I-III (Link Typ V Schraubpfanne)	Seite - 61 -
VI.XV	Test der Zwischensubjekteffekte der Röntgensäume (Link Typ V Schraubpfanne)	Seite - 62 -
VI.XVI	Parameterschätzer der Röntgensäume (Link Typ V Schraubpfanne)	Seite - 63 -
VI.XVII	Graphische Darstellung der Kaplan-Meier Überlebenskurve (Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)	Seite - 64 -
VI.XVIII	Graphische Darstellung der Migrationsendpunkte (Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)	Seite - 65 -
VI.XIX	Graphische Darstellung der vertikalen Pfannenwanderung (Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)	Seite - 66 -
VI.XX	Graphische Darstellung der horizontalen Pfannenwanderung (Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)	Seite - 67 -
VI.XXI	Graphische Darstellung der Änderung des Inklinationswinkel (Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)	Seite - 68 -
VI.XXII	Multivariater Test der Pfannenwanderung (Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)	Seite - 69 -

VI.XXIII	Test der Zwischensubjekteffekte der Pfannenwanderung (Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)	Seite - 70 -
VI.XXIV	Parameterschätzer der Pfannenwanderung (Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)	Seite - 71 -
VI.XXV	Statistischer Vergleich der Link Typ V Schraubpfanne und der Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“	Seite - 72 -
VII. Literaturverzeichnis		Seite - 73 -
VIII. Danksagung		Seite - 81 -
IX. Lebenslauf		Seite - 82 -
X. Erklärung		Seite - 84 -

I. Einleitung

I.1 Historie des endoprothetischen Gelenkersatz

Der künstliche Gelenkersatz zählt zu den erfolgreichsten chirurgischen Interventionen der Medizingeschichte. In Deutschland werden jedes Jahr mehr als 100.000 gelenkerhaltende endoprothetische Eingriffe am Hüftgelenk vorgenommen. Die Entwicklung, luxierte oder eingesteifte Gelenke wieder gebrauchsfähig zu machen, überdauert schon mehrere Jahrhunderte. Der Durchbruch aber ist noch keine 50 Jahre alt. Einen guten Einblick in die Geschichte der Hüftendoprothetik gibt die historische Zusammenstellung von D. Wessinghage [2000].

Vor 300 Jahren wurde mit Quengelapparaten, wie der des Ulmer Feldarztes SCULTETUS (1662), versucht, Hüftgelenke durch langsamen Zug und passive Bewegung zu mobilisieren. Chirurgische Ansätze wurden bereits aus dem 16. Jahrhundert überliefert, als der Pariser Chirurg AMBROISE PARÉ (1510-1590) eine Resektion eines Ellenbogengelenkes durchführte. Weitere Gelenkresektionen wurden 1762 und 1768 publiziert. So resezierte FILKIN ein Kniegelenk bei Tuberkulose und CHARLES WHITE einen Humeruskopf wegen Osteomyelitis. Die erste Resektion eines „kariösen Hüftkopfes“ erfolgte 1821 von ANTHONY WHITE (1782-1849). Eine grundlegende Veränderungen hinsichtlich der chirurgischen Therapiemöglichkeiten brachte 1846 die Einführung der Narkose von W.T.D. Morton, ein historischer Wendepunkt der chirurgischen Medizin. Exzisionen von Gelenken, besonders der unteren Extremität, führten jedoch zur Problematik des Stabilitätsverlustes. Es wurde daher zu gelenknahen Osteotomien und arthrodesierenden Operationsverfahren übergegangen. John Rhea Barton (1794-1871) nahm 1826 eine intertrochantäre Osteotomie des Femur zur Aufhebung einer bestehenden Adduktions-Flexionskontraktur vor, wobei sich eine Verbesserung der Geh- und Stehfähigkeit durch eine Pseudarthrosenbildung einstellte. Es folgte die

Ära der Interponate mit Einlage von Kutis, Faszie, Muskulatur, Fett aber auch Holz, Zellulid, Metallfolie oder Metallteile, um eine Verknöcherung der Resektionen zu verhindern.

Richtungsweisend und möglicherweise inspiriert durch die Überlieferung der griechischen Mythologie, wie im Vorwort nachzulesen, stellte 1885 THEMISTOCLES GLUCK (1853-1942) seine Idee des künstlichen Gelenkersatzes mit einer Elfenbeinprothese vor, nachdem er zuvor mit Verpflanzungen von Gelenken nach Amputation frischer Leichen experimentierte. Im historischen Sinne muss er als Urvater der alloplastischen Endoprothetik gesehen werden. Bei einem Teil der Implantate konnten sogar Substitutionssynostosen zwischen Knochen und Elfenbein nachgewiesen werden. Unverträglichkeit und Infekte führten jedoch zum Versagen dieser Therapiemethode. Es folgten 1946 die Oberschenkelkopfprothese aus Plexiglas der Gebrüder JUDET und später aus Metall (THOMSON, 1954), doch es zeichnete sich als noch unüberwindbares Problem heraus, dass es in der Grenzzone zwischen menschlichen Knochen und Fremdkörper zu raschen Auslockerungen kam.

Erst die Anwendung des aus der Zahnheilkunde bekannten Methylmetacrylats in großer Menge durch Sir J. Charnley erbrachte 1960 den entscheidenden Durchbruch für die Hüftendoprothetik. Mit Hilfe des Knochenzementes konnte eine künstliche Hüftpfanne aus Polyethylen und ein Prothesenschaft aus Vitallium mit aufsitzendem Kopf stabil und reaktionslos im Knochen verankert werden. Mit dem „Low-Friction“-Prinzip der Endoprothetik, einer zementierten dickwandigen Polyethylenpfanne mit einem kleinen Kopf mit hochwertiger Metalllegierung, konnte Sir J. Charnley beachtliche Standzeiten seiner Endoprothese erzielen. Es zeigte sich jedoch, dass durch Auslockerungen der Prothesen durch Resorptionsprozesse an der Knochen-Knochenzementgrenze nach etwa 10 - 15 Jahren Probleme auftraten.

Die zementfreien Pfannensysteme mit direkter Verklebung des Implantates mit dem Beckenknochen wurden eingeführt. Bei der Suche neuer und besserer Materialien fand man letztendlich das in der Weltraumtechnik erprobte Material TITAN, welches dem Elastizitätsmodul des menschlichen Knochens sehr ähnlich ist.

Spezielle Oberflächenstrukturen und –beschichtungen brachten eine zusätzliche Verbesserung des Einwachsverhaltens bei diesen zementfreien Prothesen. Ein Ende der Neuerungen in diesem Bereich der Medizin ist derzeit nicht absehbar und somit wird die Hüftendoprothetik auch im 21.Jahrhundert stets neue Entwicklungen durchmachen, um langlebigere Implantatsysteme zu entwickeln.

I.II Zementfreie Hüftpfannensysteme

Bei den zementfreien Pfannensystemen konkurrieren derzeit zwei unterschiedliche Verankerungsprinzipien. Auf der einen Seite steht eine mechanische Fixation durch ein Schraubgewinde und auf der anderen Seite das sogenannte Press-Fit Pfannensystem, das sich durch Überdimensionierung des Implantates im Bezug zur Knochenfräsung im Beckenknochen verklemmt und somit ein hohes Maß an Primärstabilität erreicht. Die äußere Formgebung der Schraubpfannensysteme kann sphärisch oder konisch sein. Dagegen sind Press-Fit-Pfannensysteme immer sphärisch.

Die Schraubpfannen der ersten Generation wurden mit polierten Oberflächen hergestellt und zeigten hohe Lockerungsraten. Der Mecron Schraubring und die Bichat III Pfanne zeigten nach 5 Jahren bereits Lockerungen von 10 - 15% [Capello et al., 1993; Simank et al., 1997]. Nach 10 Jahren beschreibt Malchau et al. [1986] sogar Lockerungsraten von 56% für die Lord Pfanne.

Eine Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit bei den Schraubpfannen der zweiten Generation verbesserte die klinischen Ergebnisse dieser Pfannenmodelle. Die konische Zweymüller-Schraubpfanne zeigte eine 5-Jahres Überlebensrate von 99% [Kutschera et al., 1993; Schuster et al., 1995] und eine 10-Jahres Überlebensrate von 92,6% [Aigner et al., 1998] und 99% [Delaunay et Kapandji, 1998]. Auch die Harris-Galante I Schraubpfanne konnte mit 99% nach 10 Jahren gleich gute Ergebnisse erzielen [Tompkins et al., 1997]. Delaunay et Kapandji [1998] schlussfolgern, dass die 10 Jahres Überlebensrate einer guten Hüftpfanne nicht unterhalb von 95% liegen dürfe und fordern dieses als „Golden Standard“.

I.III Schraubpfannen dieser Studie

Die Link Typ V Schraubpfanne ist ein Metallschraubring mit einer Titan (Tilastan[®]) Legierung. Bei der Formgebung des Metallringes wurden die Vorteile einer zylindrischen Schraubversion, die eine hohe Primärfestigkeit und Rotationsstabilität ermöglicht, mit einem sphärisch-konischen vorderen Anteil kombiniert. Das selbstschneidende diskontinuierliche Schraubgewinde besteht aus 6 Umläufen mit 12 Zähnen, die 6mm breit und 3mm tief sind. Eine zentrale Öffnung erlaubt die Beurteilung einer korrekten Implantationstiefe und die Möglichkeit des Einbringens von spongiösem Knochen am Pfannengrund. Im Anhang zeigt Abbildung VI.I die Konstruktionszeichnung und Photographie der Link Typ V Schraubpfanne. Die verschiedenen Pfannengrößen haben einen Durchmesser von 40mm bis 68mm. Kombiniert wird der Schraubring mit drei zur Auswahl stehenden Polyethyleninlays, ein planparalleles und zwei Dysplasieinlays mit 5mm und 10mm Randerhöhung.

Seit September 1992 sind alle Inlays mit einem Tilastan[®] Deckel („Metall-backed-Inlay“) versehen, der die zentrale Öffnung des Metallringes verschließt, um einen direkten Kontakt des Polyethylen mit dem Beckenknochen zu verhindern. Auch wurde von der glatten Oberfläche auf eine korundgestrahlten Oberflächenstruktur gewechselt. Auf Anregung von Prof. Dr. K. Tillmann (Chefarzt der Abteilung Orthopädie, Bad Bramstedt) ist zeitgleich eine Modifikation der Link V Schraubpfanne mit einer Veränderung des Pfannenpols, einer Abschrägung von 45 Grad, vollzogen worden. Das erste Spitzgewinde wurde somit abgeflacht und die Pfanne erhielt eine angedeutete sphärischere Außenform. Im Anhang zeigt Abbildung VI.II die Konstruktionszeichnung und Photographie der Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“.

Die modifizierte Schraubpfanne kam ausschließlich in der Rheumaklinik Bad Bramstedt zum klinischen Einsatz.

I.IV Nachuntersuchungsmethoden

Für die Beurteilung von Hüftpfannenimplantaten werden vorrangig Survival-Analysen erstellt, die wegen eines standardisierten Verfahrens einen Vergleich zu anderen Pfannensystemen zulassen. Da die Mindestanforderung der Implantate jenseits der 10 Jahresgrenze liegt, kann mit Hilfe dieses Analyseverfahrens eine zuverlässige Bewertung eines Pfannenimplantates erst nach über 10 Jahren klinischer Anwendung erfolgen.

Ein weiteres Kriterium ist die radiologische Wanderungsanalyse der Hüftpfanne. In mehreren Arbeiten [Krismer et al., 1997; Mjöberg et al., 1991; Snorasson et Kärrholm, 1990] wurde ein direkter Zusammenhang der Implantatwanderung und dem späteren Auftreten aseptischer Lockerung herausgestellt. Die Pfannenwanderungsanalyse kann somit der Vorhersage einer aseptischen Lockerung dienen. Zur Bestimmung einer Pfannenwanderung sind verschiedene Verfahren entwickelt worden, die sich sowohl im technischen Aufwand als auch in ihrer Genauigkeit unterscheiden.

Die Grundlage der meisten Verfahren ist eine konventionelle Röntgenbildserie, die eine Berechnung der Pfannenwanderung anhand von Bezugspunkten (anatomische Landmarken) gestattet. Die Messwerte können manuell mit einer Messgenauigkeit von $\pm 2\text{mm}$ [Nunn et al., 1989] oder mit Hilfe von digitalen Bildverarbeitungstechniken erhoben werden [Russe, 1988; Dickob et al., 1994; Hardinge et al., 1991; Jones et al., 1989]. Die Messgenauigkeit der digitalen Methoden liegt bei $\pm 0,7 - 1,3\text{mm}$ [Dominikus et al., 1998; Dickob et al., 1994; Krismer et al., 1997]. Die größere Genauigkeit wird durch eine qualitative Aufwertung der digital eingelesenen Röntgenbilder erreicht. Die Verwendung von Filtern zur Verbesserung der Kontraste und eines Vergrößerungsfaktors, um Prothesen in gleicher Größe abzubilden, führt hierbei zu einer besseren Vergleichbarkeit der Röntgenaufnahmen. Die sogenannte

Einzel-Bild-Röntgen-Analyse (EBRA) [Russe, 1988] erreicht unter diesen digitalen Verfahren die größtmögliche Messgenauigkeit von $\pm 0,7 - 1,0\text{mm}$ [Dickob et al., 1994; Ilchmann et al., 1998; Krismer et al., 1997] durch eine Software zur Berechnung der Migration. Außerdem werden ausschließlich gut vergleichbare Röntgenbilder verwendet und somit der wesentlichste Grund für Messungenauigkeiten verringert [Krismer et al., 1997].

Die sensitivste Untersuchungsmethode mit $\pm 0,06 - 0,1\text{mm}$ [Mjöberg et al. 1986; Ilchmann et al., 1992] ist die Radiostereometrie [Selvik et al., 1983; Selvik 1989]. Durch eine spezielle Apparatur werden 2 Röntgenbilder vom selben Objekt und zur gleichen Zeit in definierten Winkeln der Zentralstrahlen oder mit parallel verschobenen Zentralstrahl aufgenommen. Wenn mindestens 3 Punkte auf beiden Aufnahmen eindeutig identifizierbar sind, kann die Lage eines Objekts im Raum eindeutig bestimmt werden. Da dies für Knochen und die meisten Implantate nicht möglich ist, werden Tantalkügelchen in der Größenordnung von $0,2\text{mm}$ bis maximal $0,5\text{mm}$ als Marker verwendet. Durch diese Meßmethode kann bereits nach wenigen Wochen postoperativ eine Pfannenwanderung festgestellt werden.

I.V Zielsetzung

Die Link Typ V Schraubpfanne ist ein etabliertes Pfannenimplantat, das in den bisherigen mittelfristigen Untersuchungen mit einer Revisionsrate von 0,77% nach durchschnittlich 3,1 Jahren gute Ergebnisse gezeigt hat [Thabe et al., 1993]. In einer skandinavischen Studie war für dieses Pfannenimplantat mittels Radiostereometrie in 100% der Fälle schon nach 6 Monaten eine Implantatwanderung mit Progredienz im weiteren Verlauf der Untersuchung nachgewiesen worden [Snorasson et Kärrholm, 1990].

Diese Arbeit untersucht im Langzeitverlauf die in der Rheumaklinik Bad Bramstedt verwendete Link Typ V Schraubpfanne hinsichtlich der Standzeit und Migrationsrate. Auch wird überprüft, ob die Modifikation dieses Pfannenmodells (Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“) zu einer Verbesserung des Lockerungs- und Wanderungsverhaltens führt. Darüber hinaus werden mögliche Einflussfaktoren für die Pfannenlockerung bzw. –wanderung analysiert.

II. Material und Methode

II.1 Link Typ V Schraubpfanne

Die zementfreie Schraubpfanne Link Typ V (Waldemar Link, Norderstedt, Deutschland) wurde in der Rheumaklinik Bad Bramstedt erstmalig im Juni 1983 implantiert. Bis zum Modellwechsel auf das modifizierte Pfannensystem, Link Typ V „Bad Bramstedt“, im Juli 1993 wurden 548 Schraubpfannen bei 448 Patienten (316 Frauen / 132 Männer) primär implantiert. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren 48 Patienten bereits verstorben, bei denen jedoch in 24 Fällen sichere Angaben über ein nicht gelockertes Implantat vorlagen und die somit in die statistische Berechnung der Überlebensrate eingingen. Von 29 Patienten konnten keine Daten erhoben werden. Somit wurden 479 Schraubpfannen bei 395 Patienten (275 Frauen / 120 Männer) nach einem durchschnittlichen Zeitraum von $8,6 \pm 3,2$ Jahren nachuntersucht.

Die Implantation einer Totalendoprothese mit Verwendung dieses Schraubpfannentyps erfolgte in 310 Fällen bei inflammatorischer Arthritis (277 inflammatorische Arthritis, 12 juvenile chronische Arthritis, 21 seronegative Spondarthritis), in 138 Fällen bei Koxarthrose und in 31 Fällen bei Dysplasiekoxarthrose. Zum Zeitpunkt der Operation betrug das durchschnittliche Alter der Patienten mit inflammatorischer Arthritis $55,7 \pm 14,9$ Jahre (16 – 83 Jahre), mit Koxarthrose $65,8 \pm 10,2$ Jahre (35 – 84 Jahre) und mit Dysplasiekoxarthrose $61,1 \pm 10,8$ Jahre (40 – 79 Jahre).

Sämtliche Schraubpfannen dieses Typs wurden über einen hinteren Zugang implantiert. Als Femurschaftkomponente wurden der zementierte SP-Schaft (Waldemar Link, Norderstedt, Deutschland) und der zementfreie Rippenschaft (Waldemar Link, Norderstedt, Deutschland) verwendet. Bei Patienten mit

inflammatorischer Arthritis wurde in 220 Fällen der zementierte SP-Schaft (71,0 %) und in 90 Fällen der zementfreie Rippenschaft (29,0 %) implantiert. Bei Patienten mit Koxarthrose waren es 115 zementierte (83,3 %) und 23 zementfreie (16,7 %) und mit Dysplasiekoxarthrose 20 zementierte (64,5 %) und 11 zementfreie (35,5 %) Femurschaftprothesen.

Es wurden drei Polyethyleninlays mit der Möglichkeit einer Randerhöhung verwendet: Bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis 14 planparallele Inlays (4,5%), 283 Inlays mit 5mm Randerhöhung (91,3%) und 13 Inlays mit 10mm Randerhöhung (4,2%), bei Patienten mit Koxarthrose 3 planparallele Inlays (2,2%), 124 Inlays mit 5mm (89,9%) und 11 Inlays mit 10mm Randerhöhung (8,0%) und bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose 26 Inlays mit 5mm (83,9%) und 5 Inlays mit 10mm Randerhöhung (16,1%). Tabelle A gibt eine Übersicht über die Verwendung der einzelnen Prothesenkomponenten.

Link Typ V	n	Schaftkomponente		Polyethyleninlay		
		Zementiert	zementfrei	planparallel	5mm Randerhöhung	10mm Randerhöhung
Gesamt	479	355 (74,1%)	124 (25,9%)	17 (3,5%)	433 (90,4%)	29 (6,1%)
Inflammatorische Arthritis	310	220 (71,0%)	90 (29,0%)	14 (4,5%)	283 (91,3%)	13 (2,2%)
Koxarthrose	138	115 (83,3%)	23 (16,7%)	3 (2,2%)	124 (89,9%)	11 (8,0%)
Dysplasie-koxarthrose	31	20 (64,5%)	11 (35,5%)	<i>/</i>	26 (83,9%)	5 (16,1%)

Tabelle A: Schaft- und Inlaykomponenten der Link Typ V Schraubpfanne aufgeteilt in Diagnosegruppen.

Es wurden ausschließlich Keramikköpfe mit einem Durchmesser von 32mm verwendet. Die Verteilung der verschiedenen Pfannengrößen (40 – 68mm Durchmesser) ist im Anhang in Abbildung VI.III dargestellt.

Die 395 Patienten wurden telefonisch kontaktiert und danach befragt, ob eine Luxation oder Revision der Schraubpfanne bisher stattgefunden habe.

Zusätzlich wurde eine radiologische Nachuntersuchung von insgesamt 264 Schraubpfannen (157 Fälle mit inflammatorischer Arthritis, 87 mit Koxarthrose und 20 mit Dysplasiekoxarthrose) nach einem durchschnittlichen Zeitraum von $8,26 \pm 2,73$ Jahren bei 216 Patienten (145 Frauen / 71 Männer) durchgeführt.

Aus den Daten der radiologischen Nachuntersuchung wurden zusätzlich 35 Fälle für einen „Frequency-Match“-Vergleich mit der modifizierten Schraubpfanne „Bad Bramstedt“ so ausgewählt, dass sie in Bezug auf Diagnose, Geschlecht, Alter und Nachuntersuchungszeitraum vergleichbar waren. Von diesen ausgewählten 35 Patienten (26 Frauen / 9 Männer) hatten 16 eine inflammatorische Arthritis, 15 eine Koxarthrose und 4 eine Dysplasiekoxarthrose. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Implantation war $55,1 \pm 2,7$ Jahre und die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit $4,95 \pm 0,08$ Jahre.

II.II Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“

Die zementfreie modifizierte Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“ (Waldemar Link, Norderstedt, Deutschland) wurde erstmalig im Juli 1993 in der Rheumaklinik Bad Bramstedt implantiert. In der Folge, bis einschließlich Dezember 1994, wurden 137 Schraubpfannen dieses Typs bei 129 Patienten (104 Frauen / 25 Männer) implantiert. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren 6 Patienten verstorben, bei denen in allen Fällen sichere Angaben über ein nicht gelockertes Implantat vorlagen und in die statistische Berechnung der Überlebensrate eingingen. Von 27 Patienten konnten keine Daten erhoben werden.

Radiologisch untersucht wurden 110 Hüftpfannen bei 102 Patienten (81 Frauen / 21 Männer) nach einem durchschnittlichen Zeitraum von $4,5 \pm 0,7$ Jahren.

Die Implantation einer Totalendoprothese mit Verwendung dieses modifizierten Schraubpfannentyps erfolgte in 49 Fällen bei inflammatorischer Arthritis (32 inflammatorische Arthritis, 4 juvenile chronische Arthritis, 13 seronegative Arthritis), in 49 Fällen mit Koxarthrose und in 12 Fällen mit Dysplasiekoxarthrose. Zum Zeitpunkt der Operation betrug das durchschnittliche Alter der Patienten mit inflammatorischer Arthritis $54,9 \pm 15,2$ Jahre (18 – 80 Jahre), mit Koxarthrose $70,8 \pm 8,9$ Jahre (52 – 86 Jahre) und mit Dysplasiekoxarthrose $57,7 \pm 8,1$ Jahre (46 – 73 Jahre).

Sämtliche Schraubpfannen dieses modifizierten Typs wurden ebenfalls über einen hinteren Zugang implantiert. Bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis wurde in 27 Fällen der zementierte SP-Schaft (55,1 %) und in 22 Fällen der zementfreie Rippenschaft (44,9 %) implantiert. Bei Patienten mit Koxarthrose waren es 39 zementierte (79,6 %) und 10 zementfreie (20,4 %) und mit Dysplasiekoxarthrose 7 zementierte (58,3 %) und 5 zementfreie (41,7 %) Femurschaftprothesen.

Die Polyethyleninlays waren für die modifizierte Schraubpfanne kompatibel: Bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis waren es 1 planparalleles Inlay (2,0%), 46 Inlays mit 5mm Randerhöhung (93,4%) und 2 Inlays mit 10mm Randerhöhung (4,1%), bei Patienten mit Koxarthrose 2 planparallele Inlays (4,1%), 45 Inlays mit 5mm (91,8%) und 2 Inlays mit 10mm Randerhöhung (4,1%) und bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose 10 Inlays mit 5mm (83,3%) und 2 Inlays mit 10mm Randerhöhung (16,7%). Tabelle B gibt eine Übersicht über die Verwendung der einzelnen Prothesenkomponenten.

Link Typ V „Bad Bramstedt“	n	Schaftkomponente		Polyethyleninlay		
		zementiert	zementfrei	planparallel	5mm Randerhöhung	10mm Randerhöhung
Gesamt	110	73 (66,4%)	37 (33,6%)	3 (2,7%)	101 (91,8%)	6 (5,5%)
Inflammatorische Arthritis	49	27 (54,2%)	22 (45,8%)	1 (2,0%)	46 (93,9%)	2 (4,1%)
Koxarthrose	49	39 (79,4%)	10 (20,6%)	2 (4,1%)	45 (91,8%)	2 (4,1%)
Dysplasie- koxarthrose	12	7 (60,0%)	5 (40,0%)	1	10 (83,3%)	2 (16,7%)

Tabelle B: Schaft- und Inlaykomponenten der Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“ aufgeteilt in Diagnosegruppen.

Auch hier wurden ausschließlich Keramikköpfe mit einem Durchmesser von 32mm verwendet. Die Verteilung der verschiedenen Pfannengrößen (40 – 68mm Durchmesser) ist im Anhang in Abbildung VI.III dargestellt.

Die Datenerfassung zur Erhebung einer stattgefundenen Luxation oder Revision der Schraubpfanne fand analog durch telefonische Befragung statt.

Eine radiologische Nachuntersuchung wurde bei 59 Schraubpfaßen (22 Fälle mit inflammatorischer Arthritis, 31 mit Koxarthrose und 6 mit Dysplasiekoxarthrose) nach einem durchschnittlichen Zeitraum von $4,57 \pm 0,77$ Jahren bei 53 Patienten (44 Frauen / 9 Männer) durchgeführt.

Für den „Frequency-Match“-Vergleich mit der ursprünglichen Link Typ V Schraubpfanne wurden 35 Fälle ausgewählt. Von diesem Patientenkollektiv (28 Frauen / 7 Männer) hatten 16 eine inflammatorische Arthritis, 15 eine Koxarthrose und 4 eine Dysplasiekoxarthrose. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Implantation war $56,5 \pm 2,7$ Jahre und die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit $4,87 \pm 0,08$ Jahre.

II.III Röntgenbildanalyse

Für die Analyse der Röntgenbilder waren in Anlehnung an die Studie von Dominikus et al. [1998] eine standardisiert durchgeführte Beckenübersichtsaufnahme postoperativ und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung erforderlich, bei denen die interessierenden Landmarken einwandfrei identifiziert werden konnten.

Die Röntgenbilder wurden auf Lockerungssäume in den Pfannenrandzonen entsprechend Delee und Charnley [1976] untersucht. Die Pfannenrandzonen, Zone I-III, sind im Anhang in der Abbildung VI.IV dargestellt. Entsprechend Cordero-Ampuero et al. [1994] wurden ausschließlich Röntgensäume von mehr als 2mm gewertet. Für die Analyse der Pfannenwanderung wurde die Methode von Nunn et al. [1989] verwendet, die im folgenden beschrieben wird:

In der a.p. Röntgenaufnahme der Beckenübersicht (Abb. VI.IV im Anhang), wird zunächst das Prothesenkopfzentrum (Z) und die am weitesten inferior liegenden Punkte (t, t') der Köhlerschen Tränenfiguren markiert. Diese werden durch eine Gerade verbunden, die auf der zu untersuchenden Hüftseite verlängert wird. Nachdem eine Senkrechte durch das Prothesenkopfzentrum gezeichnet wurde, werden folgende Messungen gemacht: Der Durchmesser des Prothesenkopfes, die Strecke tt' zwischen den Markierungen t und t', die vertikale Strecke xZ vom Prothesenkopfzentrum (Z) zur Geraden durch die beiden Markierungen t und t' und die horizontale Strecke xt von der ipsilateralen Markierung t zum Prothesenkopfzentrum (Z).

Nunn et al.[1989]

Der Inklinationswinkel arc° wurde durch die Pfanneneingangsebene und der Geraden durch die Markierungen t und t' gemessen. Die gemessenen Distanzen waren die horizontalen und vertikalen Koordinaten der Pfannenposition. Zur

Berechnung des Wanderungsverhaltens wurden die einzelnen Messwerte um einen Vergrößerungsfaktor und einen Beckenrotationsfaktor korrigiert:

Alle Messwerte werden durch Multiplikation des tatsächlichen (32mm) und Division des gemessenen Prothesenkopfdurchmessers hinsichtlich einer Vergrößerung korrigiert. Im Anschluss wird die Korrektur einer Malrotation des Beckens vorgenommen. Der größere Messwert tt' einer Röntgenbildserie eines Patienten entspricht am ehesten der tatsächlichen Distanz zwischen den beiden Tränenfiguren, da Rotation des Beckens diese eher kleiner werden lässt. Messwerte der Horizontalachse können somit durch Multiplikation des größeren Messwertes tt' einer Röntgenbildserie und Division des jeweiligen Messwertes tt' (zumindest nahezu) korrigiert werden.

Nunn et al. [1989]

Subtrahiert man die korrigierten Messwerte für die horizontale und vertikale Pfannenposition ergibt sich daraus die zweidimensionale Wanderung der Schraubpfanne.

Die Röntgenbilder wurden allesamt von einem Untersucher ausgewertet, um einen „Inter-Observer-Error“ auszuschließen. Die Genauigkeit dieser Methode mit $\pm 1,97\text{mm}$ für die horizontale Wanderung und $\pm 2,03\text{mm}$ für die vertikale Wanderung wurde angegeben [Nunn et al., 1989]. Daher lässt ein Messwert außerhalb $\pm 3\text{mm}$ eine Wanderung des Implantates sicher erkennen.

Diese Arbeit wertet als sichere Pfannenwanderung Messwerte einer horizontalen oder vertikalen Pfannenwanderung von mehr als $\pm 3\text{mm}$ entsprechend Engh et al. [1987], Nunn et al. [1989] und Blum et al. [1990] oder eine Änderung des Inklinationswinkels der Schraubpfanne von mehr als 5 Grad entsprechend Cordero-Ampuero et al [1994].

II.IV Statistische Auswertung

Die statistische Analyse und graphische Darstellung wurde mit Hilfe des Computerprogrammes WinSTAT® für Microsoft®Excel und SPSS für Windows (SPSS Inc., Chicago, USA) durchgeführt.

Bei der Röntgenauswertung wurden mit Hilfe des Anova-Verfahrens (Multivariater-Test (Wilks-Lambda), Test der Zwischensubjekte, Parameterschätzer) mögliche Einflussparameter für die Pfannenwanderung analysiert. Der „Frequency-Match“-Vergleich der beiden Schraubpfannenmodelle wurde mit dem U-Test nach Mann-Whitney und dem χ^2 -Quadrat Test durchgeführt.

Die Überlebensrate wurde nach Kaplan und Meier [1958] aus den erhobenen Daten berechnet und mittels Log-rank Test nach Cox-Mantel miteinander verglichen. Als „Ereignis“ wurde ausschließlich die operative Revision gewertet.

Das Signifikanzlevel wurde bei $p < 0,05$ festgelegt.

III. Ergebnisse

III.I Link Typ V Schraubpfanne

Die Auswertung der erhobenen Daten ergab ein einmaliges Luxationsereignis bei einer Patientin mit inflammatorischer Arthritis. Mehrfache Luxationen traten in 4 Fällen bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis und in 3 Fällen bei Patienten mit Koxarthrose auf. Einmal wurde ein Inlay gewechselt und in 5 Fällen wurde ein Pfannenwechsel erforderlich. Die Luxationsrate betrug somit 1,6% bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis, 2,1% bei Patienten mit Koxarthrose und 0% bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose. Die Gesamtluxationsrate lag bei 1,6%.

Eine operative Revision wurde in 43 Fällen (8,9%) wegen einer aseptischen Lockerung nach durchschnittlich $6,2 \pm 3,6$ Jahren (1,0 – 14,9 Jahre) und in 10 Fällen (2,0%) wegen septischer Lockerung nach durchschnittlich $2,2 \pm 3,4$ Jahren (0,1 – 10,6 Jahre) nach Implantation durchgeführt. Auf die Gesamtuntersuchung der implantierten Link Typ V Schraubpfannen bezogen wurden 7,2% (30 von 310) wegen aseptischer Lockerung und 2,9% (9 von 310) wegen septischer Lockerung bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis revidiert. Bei Patienten mit Koxarthrose waren es 7,2% (10 von 138) wegen aseptischer und 0,7% (1 von 138) wegen septischer Lockerung. Eine septische Lockerung lag bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose nicht vor, jedoch bei 9,6% (3 von 31) eine aseptische Lockerung, die zu einem Pfannenwechsel führte.

Die Kaplan-Meier-Überlebenskurve für die einzelnen Diagnosegruppen ist im Anhang in der Abbildung VI.V dargestellt. Die 5-Jahres-Gesamtüberlebensrate lag bei 94,5%. Unterteilt in die einzelnen Diagnosegruppen waren es 93,1% bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis, 97,1% bei Patienten mit Koxarthrose und 96,7% bei

Patienten mit Dysplasiekoxarthrose. Nach 10 Jahren reduzierte sich die Gesamtüberlebensrate auf 88,1% und nach 15 Jahren auf 70,2%.

Im einzelnen kamen die Patienten mit inflammatorischer Arthritis nach 10 Jahren auf eine Überlebensrate von 86,7%, die mit Koxarthrose auf 92,1% und die Patienten mit Dysplasiekoxarthrose auf 84,8%. Eine 15-Jahres-Überlebensrate konnte für Patienten mit Dysplasiekoxarthrose nicht berechnet werden. Bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis waren es noch 80,7% und bei Patienten mit Koxarthrose nur noch 59,3%. Einen Überblick zeigt Tabelle C.

Link Typ V	Überlebensrate (%)			Aseptische Lockerung			Septische Lockerung		
	5 Jahre	10 Jahre	15 Jahre	n	Zeit	Grenze	n	Zeit	Grenze
Gesamt	94,5	88,1	70,2	43 (9,0%)	6,3±3,6	1,1-14,9	10 (2,1%)	2,3±3,4	0,1-10,6
inflammatorische Arthritis	93,1	86,7	80,7	30 (9,7%)	5,8±3,1	1,1-13,3	9 (2,9%)	2,5±3,5	0,2-10,6
Koxarthrose	97,1	92,1	54,3	10 (7,2%)	7,6±5,1	1,2-14,9	1 (0,7%)	0,08	/
Dysplasiekoxarthrose	96,7	84,8	/	3 (9,7%)	6,9±2,8	3,7-8,9	/	/	/

Tabelle C: Überlebensrate und Häufigkeiten der Pfannenlockerung der Link Typ V Schraubpfanne unterteilt in Diagnosegruppen

Ein signifikanter Unterschied in der Überlebensrate zwischen den verschiedenen Diagnosen stellte sich nicht heraus ($p= 0,3698$ Log-Rank-Test).

Die Röntgenbildanalyse zeigte eine Pfannenwanderung entsprechend der definierten Grenzen (vertikale/horizontale Wanderung $>3\text{mm}$ oder Pfanneninklinationswinkeländerung >5 Grad) in 73,5% der nachuntersuchten Fälle (194 von 264 Schraubpfannen). Bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis waren es 72,6% (114 von 157 Schraubpfannen), bei Patienten mit Koxarthrose 74,7% (65 von 87 Schraubpfannen) und bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose 75,0% (15 von 20 Schraubpfannen). Die jeweiligen Endpunkte der Pfannenmigration sind im Anhang in Abbildung VI.VI dargestellt.

Im Detail zeigte sich eine vertikale Migration von mehr als 3mm in insgesamt 61,7% der nachuntersuchten Fälle (163 von 264 Schraubpfannen) – 64,3% bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis, 56,3% bei Patienten mit Koxarthrose und 65,0% bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose. Eine graphische Darstellung der vertikalen Migration in Abhängigkeit von der Nachuntersuchungszeit zeigt im Anhang Abbildung VI.VII. Eine horizontale Migration von mehr als 3mm wurde in insgesamt 28,0% der Fälle (74 von 264 Schraubpfannen) nachgewiesen – 25,5% bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis, 31,0% bei Patienten mit Koxarthrose und 35,0% bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose. Eine graphische Darstellung der horizontalen Migration in Abhängigkeit von der Nachuntersuchungszeit zeigt im Anhang Abbildung VI.VIII. Der durchschnittliche Pfanneninklinationswinkel bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis betrug nach Implantation $50,1 \pm 8,2$ Grad, bei Patienten mit Koxarthrose $52,8 \pm 7,8$ Grad und bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose $53,5 \pm 7,2$ Grad. Bei der Nachuntersuchung fand sich eine Änderung des Inklinationswinkels von mehr als 5 Grad in insgesamt 30,3% der Fälle (80 von 264 Schraubpfannen) – 34,4% bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis, 23,0% bei Patienten mit Koxarthrose und 30,0% bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose. Eine graphische Darstellung der Inklinationswinkeländerung in Abhängigkeit von der Nachuntersuchungszeit zeigt im Anhang Abbildung VI.IX.

Röntgensäume größer als 2mm wurden insgesamt in 14 Fällen (5,3%) in Zone I, in 15 Fällen (5,7%) in Zone II und in 114 Fällen (43,2%) in Zone III gefunden. Röntgensäume gleichzeitig in zwei Zonen, als röntgenmorphologisches Korrelat einer möglichen Pfannenlockerung, konnten in insgesamt 17 Fällen (6,4%) nachgewiesen werden. Bei einer Patientin mit inflammatorischer Arthritis zeigte sich in allen drei Zonen Röntgensäume.

Die Ergebnisse der horizontalen und vertikalen Migration, der Inklinationswinkeländerung und der Röntgensäume sind in Tabelle D zusammengefasst.

Link Typ V	vertikal Migration (>3mm)	horizontale Migration (>3mm)	Inklinations- winkeländerung (>5°)	Röntgensäume (>2mm)				
				Zone I	Zone II	Zone III	2 Zonen	3 Zonen
Gesamt	163 (61,7%)	74 (28,0%)	80 (30,3%)	14 (5,3%)	15 (5,7%)	114 (43,2%)	17 (6,4%)	1 (0,4%)
Inflammatorische Arthritis	101 (64,3%)	40 (25,5%)	54 (34,4%)	9 (5,7%)	9 (5,7%)	81 (51,6%)	12 (7,6%)	1 (0,6%)
Koxarthrose	49 (56,3%)	27 (31,0%)	20 (23,0%)	5 (5,7%)	3 (3,4%)	27 (31%)	3 (3,4%)	/
Dysplasie- koxarthrose	13 (65,0%)	7 (35,0%)	6 (30,0%)	/	3 (15,0%)	6 (30,0%)	2 (10,0%)	/

Tabelle D: Pfannenwanderung, Inklinationswinkeländerung und Auftreten von Röntgensäume der Link Typ V Schraubpfanne aufgeteilt in Diagnosegruppen.

Im Anhang zeigen die Abbildungen VI.X a-d eine Röntgenverlaufsserie über 13 Jahre mit deutlich zu erkennender Pfannenwanderung und Röntgensaubildung.

Die statistische Auswertung möglicher Einflussparameter auf die Pfannenwanderung ergab, dass die Diagnose keinen signifikanten Einfluss hatte (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p=0,61$). Auch das Alter (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p=0,41$), das Geschlecht (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p=0,73$) und die Schraubpfannengröße (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p=0,23$) hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Pfannenwanderung. Dagegen konnte ein signifikanter Bezug zwischen Pfannenwanderung und primärer Pfannenpositionierung - Inklinationsausgangswinkel (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p=0,019$) und primäre horizontale (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p<0,001$) und vertikale (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p=0,005$) Pfannenpositionierung - und dem Nachuntersuchungszeitraum (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p=0,016$) statistisch nachgewiesen werden. Die Ergebnisse des „Multivariaten Tests“ sind im Anhang in Tabelle VI.XI dargestellt.

Im Detail wurde die horizontale Migration durch die primäre horizontale Pfannenpositionierung (Test der Zwischensubjekteffekte; $p<0,001$) signifikant

beeinflusst, wobei sich eine zunehmende Pfannenwanderung (X) bei zunehmendem Abstand (x) zur Tränenfigur zeigte (Parameterschätzer; prädiktiver Wert der horizontalen Migration: $X = -0,25x + 7,18$; $p < 0,001$). Die vertikale Migration (Y) wurde durch den Pfanneninklinationsausgangswinkel (α) (Test der Zwischensubjekteffekte; $p = 0,006$) und die primäre vertikale Pfannenpositionierung (γ) (Test der Zwischensubjekteffekte; $p < 0,001$) signifikant beeinflusst (Parameterschätzer; prädiktiver Wert der vertikalen Pfannenmigration: $Y = -0,12\alpha - 0,17\gamma + 12,22$). Die Änderung des Pfanneninklinationswinkels (ϑ) wurde signifikant durch den Nachuntersuchungszeitraum (τ) (Test der Zwischensubjekteffekte; $p = 0,009$) und tendenziell durch den Pfanneninklinationsausgangswinkel (α) (Test der Zwischensubjekteffekte; $p = 0,088$) beeinflusst (Parameterschätzer; prädiktiver Wert der Pfanneninklinationswinkeländerung: $\vartheta = -0,45\tau - 0,1\alpha + 8,29$). Die Ergebnisse des „Tests der Zwischensubjekteffekte“ sind im Anhang in Tabelle VI.XII dargestellt. Die Varianz der Merkmale (R-Quadrat) erklärt nur einen geringen Prozentsatz der Einflussgrößen: 17% horizontale Pfannenmigration, 10% vertikale Pfannenmigration und 2% Änderung des Inklinationswinkels. Die Ergebnisse des „Parameterschätzer“ sind im Anhang in Abbildung VI.XIII dargestellt. Die oben angegebenen geschätzten Koeffizienten sind daraus abgeleitet (multiple Regression auf jeden Zielparameter) und zeigen, welchen Beitrag jedes Merkmal für die Vorhersage des Zielmerkmals hat, das heißt, um wie viel sich im Mittel (prädiktiver Wert) das abhängige Merkmal (Horizontale- und vertikale Migration und Pfanneninklinationswinkeländerung) ändert, wenn sich das entsprechende unabhängige Merkmal (Horizontale- und vertikale Pfannenpositionierung, primärer Pfanneninklinationswinkel und Nachuntersuchungszeitraum) um eine Einheit ändert.

In statistisch signifikanter Abhängigkeit von der Nachuntersuchungszeit traten Röntgensäume in den drei Zonen auf (Multivariater Test; Wilks Lambda: $p = 0,037$). Tabelle VI.XIV im Anhang zeigt die Ergebnisse des „Multivariaten Test“. Der Nachuntersuchungszeitraum hatte einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Absolutwerte der Röntgensäume in Zone I und Zone II (Test der Zwischensubjekteffekte; $p = 0,022$). Die horizontale- (Test der Zwischensubjekteffekte; $p = 0,041$) und

vertikale (Test der Zwischensubjekteffekte; $p=0,045$) Pfannenpositionierung hatte einen signifikanten Bezug zur Röntgensaubildung in Zone II. Tabelle VI.XV im Anhang zeigt die Ergebnisse des „Test der Zwischensubjekteffekte“. Die Varianz der Merkmale (R-Quadrat) erklärt nur zu einem geringen Prozentsatz das Auftreten von Röntgensäumen in Zone I (2%), Zone II (1,5%) und Zone III (4,8%). Der „Parameterschätzer“ (Tabelle VI.XVI im Anhang) zeigt eine geringe Progredienz der Röntgensäume in Zone I (Parameterschätzer; $B= 5,478E-02$) und Zone II (Parameterschätzer; $B= 2,491E-02$, $B= 1,865E-02$), jedoch einen Zuwachs der Röntgensäume in Zone III von 0,18mm/Jahr (Parameterschätzer; $B= 0,183$).

III.II Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“

Die Auswertung der erhobenen Daten des modifizierten Pfannenmodells ergab bei einem Patienten mit inflammatorischer Arthritis und einem Patienten mit Dysplasiekoxarthrose ein einmaliges Luxationsereignis. Somit betrug die Luxationsrate 2,1% bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis, 8,1% bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose und 0% bei Patienten mit Koxarthrose. Die Gesamtluxationsrate lag bei 1,8%.

Eine operative Revision wurde in 2 Fällen (1,8%) wegen einer aseptischen Lockerung nach durchschnittlich $3,7 \pm 0,7$ Jahren (3,3 – 4,2 Jahre) nach der Implantation durchgeführt. Beide Fälle waren bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis, was in dieser Gruppe eine Lockerungsrate von 4,1% ausmachte. Septische Lockerungen traten bei diesem Pfannenmodell im Nachuntersuchungszeitraum nicht auf.

Die Kaplan-Meier-Überlebenskurve ist im Anhang in der Abbildung VI.XVII dargestellt. Die 5-Jahres-Gesamtüberlebensrate betrug 97,9%. In den Patientengruppen mit Koxarthrose und Dysplasiekoxarthrose gab es bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung keinen Ausfall, folglich ist die Überlebensrate nach 5 Jahren 100%. Patienten mit inflammatorischer Arthritis kamen dagegen - durch zwei gewechselte Schraubpfannen - auf 95,2%.

In Tabelle E werden die Überlebensraten und Häufigkeiten der aseptischen und septischen Lockerung zusammengefasst.

Link Typ V "Bad Bramstedt"	Überlebensrate (%)			Aseptische Lockerung			Septische Lockerung		
	5 Jahre	10 Jahre	15 Jahre	n	Zeit	Grenze	n	Zeit	Grenze
Gesamt	97,9%	/	/	2 (1,8%)	3,7±0,7	3,3-4,2	/	/	/
Inflammatorische Arthritis	95,2%	/	/	2 (4,1%)	3,7±0,7	3,3-4,2	/	/	/
Koxarthrose	100%	/	/	/	/	/	/	/	/
Dysplasie-koxarthrose	100%	/	/	/	/	/	/	/	/

Tabelle E: Überlebensrate und Häufigkeiten der Pfannenlockerung der Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“ aufgeteilt in Diagnosegruppen

In der Röntgenbildanalyse zeigte sich in 39,0% der nachuntersuchten Fälle eine Pfannenwanderung (23 von 59 Schraubpfannen). Bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis waren es 50,0% (11 von 22 Schraubpfannen), bei Patienten mit Koxarthrose 32,2% (10 von 31 Schraubpfannen) und bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose 33,3% (2 von 6 Schraubpfannen). Die jeweiligen Endpunkte der Pfannenmigration sind im Anhang in Abbildung VI.XVIII dargestellt.

Im Detail zeigte sich eine vertikale Migration von mehr als 3mm in insgesamt 20,3% der nachuntersuchten Fälle (12 von 59 Schraubpfannen) – 31,8% bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis, 12,9% bei Patienten mit Koxarthrose und 16,7% bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose. Die graphische Darstellung der vertikalen Migration in Abhängigkeit von der Nachuntersuchungszeit zeigt im Anhang Abbildung VI.XIX. Eine horizontale Migration von mehr als 3mm wurde in insgesamt 23,7% der Fälle (14 von 59 Schraubpfannen) nachgewiesen – 27,3% bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis, 22,6% bei Patienten mit Koxarthrose und 16,7% bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose. Die graphische Darstellung der horizontalen Migration in Abhängigkeit von der Nachuntersuchungszeit zeigt im Anhang Abbildung VI.XX.

Der Pfanneninkinationswinkel bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis betrug nach Implantation $50,1 \pm 10,2$ Grad, bei Patienten mit Koxarthrose $53,0 \pm 6,7$ Grad und bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose $51,8 \pm 4,1$ Grad. Zum Zeitpunkt der

Nachuntersuchung fand sich eine Änderung des Inklinationswinkels von mehr als 5 Grad in insgesamt 11,9% der Fälle (7 von 59 Schraubpfannen) – 13,6% bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis und 12,9% bei Patienten mit Koxarthrose. Bei Patienten mit Dysplasiekoxarthrose fand sich kein Fall. Die graphische Darstellung der Inklinationswinkeländerung in Abhängigkeit von der Nachuntersuchungszeit zeigt im Anhang Abbildung VI.XXI.

Röntgensäume größer als 2mm wurden insgesamt in zwei Fällen (3,4%) in Zone I, in einem Fall (1,7%) in Zone II und in fünf Fällen (8,5%) in Zone III gefunden. Röntgensäume in zwei Zonen gleichzeitig, als röntgenmorphologisches Korrelat einer möglichen Pfannenlockerung, konnten in einem Fall (1,7%) nachgewiesen werden. Röntgensäume in 3 Zonen wurden nicht gefunden.

Die Ergebnisse der horizontalen und vertikalen Migration, der Inklinationswinkeländerung und der Röntgensäume sind in Tabelle F zusammengefasst.

Link Typ V „Bad Bramstedt“	vertikal Migration (>3mm)	horizontale Migration (>3mm)	Inklinations- winkeländerung (>5°)	Röntgensäume (>2mm)				
				Zone I	Zone II	Zone III	2 Zonen	3 Zonen
Gesamt	12 (20,3%)	14 (23,7%)	7 (11,9%)	2 (3,4%)	1 (1,7%)	5 (8,5%)	1 (1,7%)	/
Inflammatorische Arthritis	7 (31,8%)	6 (27,3%)	3 (13,6%)	2 (9,1%)	/	1 (4,5%)	/	/
Koxarthrose	4 (12,9%)	7 (22,6%)	4 (12,9%)	/	1 (3,2%)	4 (12,9%)	1 (3,2%)	/
Dysplasie- koxarthrose	1 (16,7%)	1 (16,7%)	/	/	/	/	/	/

Tabelle F: Pfannenwanderung, Inklinationswinkeländerung und Auftreten von Röntgensäume der Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“ aufgeteilt in Diagnosegruppen.

Die statistische Auswertung möglicher Einflussparameter auf die Pfannenwanderung zeigte auch für die modifizierte Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“, dass die

Diagnose keinen signifikanten Einfluss hatte (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p=0,60$). Das Alter (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p=0,49$), das Geschlecht (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p=0,75$) und die Schraubpfannengröße (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p=0,28$) hatten ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf die Pfannenwanderung. Gleiches galt auch für den Nachuntersuchungszeitraum (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p=0,47$). Anders konnte ein signifikanter Bezug zwischen Pfannenwanderung und primärer Pfannenpositionierung - Inklinationsausgangswinkel (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p=0,003$) und primäre horizontale (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p<0,005$) und vertikale (Multivariater Test; Wilks-Lambda: $p=0,005$) Pfannenpositionierung - gefunden werden. Die Ergebnisse des „Multivariaten Tests“ sind im Anhang in Tabelle VI.XXII dargestellt.

Im Detail wurde die horizontale Migration (X) durch die primäre horizontale Pfannenpositionierung (x) (Test der Zwischensubjekteffekte; $p=0,001$) signifikant beeinflusst (Parameterschätzer; prädiktiver Wert der horizontalen Migration: $X=0,28x+7,16$; $p=0,001$). Die vertikale Migration (Y) wurde durch die primäre vertikale Pfannenpositionierung (γ) (Test der Zwischensubjekteffekte; $p=0,019$) signifikant beeinflusst (Parameterschätzer; prädiktiver Wert der vertikalen Pfannenmigration: $Y=-0,13\gamma-2,01$; $p=0,019$). Die Änderung des Pfanneninklinationwinkels (ϑ) wurde signifikant durch die primäre horizontale Pfannenpositionierung (x) (Test der Zwischensubjekteffekte; $p=0,016$) und durch den Pfanneninklinationsausgangswinkel (α) (Test der Zwischensubjekteffekte; $p=0,001$) beeinflusst (Parameterschätzer; prädiktiver Wert der Pfanneninklinationwinkelländerung: $\vartheta=-3,57x-3,08\alpha+30,9$). Die Ergebnisse des „Tests der Zwischensubjekteffekte“ sind im Anhang in Tabelle VI.XXIII dargestellt. Es zeigte sich, dass nur ein geringer Prozentsatz der Varianz der Merkmale (R-Quadrat) durch die Einflussgrößen erklärt wird: 21% Horizontale Pfannenmigration, 5% Vertikale Pfannenmigration und 17% Änderung des Inklinationwinkels. Die Ergebnisse des „Parameterschätzer“ sind im Anhang in Tabelle VI.XXIV dargestellt. Aus diesem sind die oben angegebenen geschätzten Koeffizienten abgeleitet (multiple Regression auf jeden Zielparameter), aus denen abgelesen werden kann, welchen Beitrag jedes Merkmal für die Vorhersage des

Zielmerkmals hat, dass heißt um wie viel sich im Mittel (prädiktiver Wert) das abhängige Merkmal (Horizontale- und vertikale Migration und Pfanneninklinationswinkeländerung) ändert, wenn sich das entsprechende unabhängige Merkmal (Horizontale- und vertikale Pfannenpositionierung, primärer Pfanneninklinationswinkel und Nachuntersuchungszeitraum) um eine Einheit ändert.

Die Untersuchung möglicher Einflussparameter auf die Ausbildung von Röntgensäumen zeigte, dass bei der Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“ keiner der untersuchten Parameter von signifikanter Bedeutung war. Auf eine tabellarische Darstellung der verschiedenen Statistik-Tests wird daher verzichtet.

III.III „Frequency-Match“-Vergleich der beiden Link Typ V Schraubpfannen

Der „Frequency-Match“-Vergleich zwischen der Link Typ V Schraubpfanne und der modifizierten Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“ zeigte bei der Link Typ V Schraubpfanne ein signifikant häufigeres Auftreten einer vertikalen Migration ($p=0,024$, U-Test) und ein signifikant häufigeres Vorkommen der Röntgensäume in Zone II ($p=0,009$, U-Test) und Zone III ($p=0,0002$, U-Test). Tendenziell häufiger, aber nicht signifikant, trat bei der Link Typ V Schraubpfanne eine Änderung des Pfanneninkinationswinkels auf ($p=0,052$, U-Test).

Bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis kam der Vergleich beider Schraubpfannen zu den gleichen signifikanten Unterschieden. Die anderen Diagnosegruppen wiesen dagegen keinen Unterschied auf.

Die Ergebnisse des U-Test (Mann-Whitney) sind im Anhang Tabelle VI.XXV dargestellt.

IV. Diskussion

IV.1 Untersuchungsmethode

Es gibt verschiedene radiologische Analysemöglichkeiten zur Untersuchung von Pfannenwanderung, die sich wie einleitend erwähnt im technischen Aufwand und der methodischen Genauigkeit unterscheiden. Die Autoren Nunn et al. [1989] erreichten einen methodischen Messfehler ihres Verfahrens von $\pm 1,97\text{mm}$ für vertikale und $\pm 2,03\text{mm}$ für horizontale Pfannenwanderung. Andere Methoden sind im Vergleich genauer. Der methodische Messfehler wird für die digitale Röntgenbildanalyse mit $\pm 1,3\text{mm}$ [Dominikus et al., 1998], für die EBRA mit $\pm 0,7 - 1,0\text{mm}$ [Dickob et al., 1994; Krismer et al., 1997] und für die Radiostereometrie mit $\pm 0,06 - 0,1\text{mm}$ [Mjöberg et al. 1986, Ilchmann et al., 1992] angegeben. Aufgrund der hohen Genauigkeit werden die letzteren Methoden zum Nachweis einer früh auftretenden Pfannenwanderung verwendet, wozu eine manuelle Röntgenbildauswertungen nicht geeignet ist [Mjöberg et al., 1986]. Dagegen wird die Radiostereometrie nicht für Langzeitnachuntersuchungen verwendet, da die Referenzpunkte (Tantalmarker) im Knochen ebenfalls ihre Lage verändern können. Ein weiterer Nachteil besteht im sehr hohen Zeit- und Kostenaufwand dieser Methode. Auch die digitalen Röntgenbildauswertungsmethoden erfordern hohe Anschaffungskosten durch die technischen Apparaturen, wie zum Beispiel ein hochauflösender Röntgenbildscanner sowie Computerhard- und -software.

Das Ziel der vorliegenden Studie war die Analyse der Pfannenlockerung und –migration im Langzeitverlauf, so dass die Auswertung der Röntgenbilder mit der technisch einfachen Methode nach Nunn et al. [1989] durchgeführt wurde. Diese Methode erreicht durch einen Mindestnachuntersuchungszeitraum von 3 Jahren und der Festlegung der Pfannenmigration oberhalb von 3mm in horizontaler oder

vertikaler Richtung sowie einer Winkeländerung oberhalb von 5 Grad eine ausreichend genaue Aussagekraft. Die gleichen Schwellenwerte für Pfannenmigration wurden auch von Blum et al. [1990] verwendet.

IV.II Untersuchungsergebnisse

Die statistische Untersuchung zeigt mit 4,5% Implantatversager nach 5 Jahren ein akzeptables Ergebnis der Link Typ V Schraubpfanne. Dieses stimmt mit den Untersuchungen von Thabe et al. [1993] überein. In der weiteren Nachuntersuchungszeit nach 10 Jahren verschlechterte sich dieses Ergebnis jedoch auf 11,9% Implantatversager und nach 15 Jahren auf 29,8% Implantatversager. Dabei zeigte die Wanderungsanalyse eine Gesamtwanderungsrate von 73,5%. Vor dem Hintergrund des durch Delaunay und Kapandji [1998] definierten „Golden Standard“ von maximal 5% Implantatversager nach 10 Jahren müssen die langfristigen Ergebnisse folglich als schlecht eingestuft werden. Dieses Ergebnis stimmt mit den Untersuchungen anderer Schraubpfannensysteme der ersten Generation, dem Mecron Schraubring, der Bichat II Pfanne oder der Lord Pfanne [Capello et al., 1993; Simank et al., 1997; Malchau et al., 1986] überein.

Das modifizierte Pfannenmodell „Bad Bramstedt“ schneidet nach einer Nachuntersuchungszeit von 5 Jahren mit einer Implantatversagerquote von 2,1% vergleichsweise gut ab. Weitere Daten liegen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch nicht vor. Die Gesamtwanderungsrate betrug 39,0%. Diese Zahlen der Migrationsanalyse spiegeln jedoch nicht automatisch eine Verbesserung der Implantatmodifikation wieder. Entsprechend den Arbeiten von Mjöberg et al. [1991] und Krismer et al. [1997] muss die Pfannenwanderung als ein kontinuierlicher Prozess verstanden werden, der frühzeitig nach Implantation beginnt. Für beide Pfannentypen wurde eine signifikante Korrelation zwischen Pfannenwanderung und Nachuntersuchungszeit gefunden. Demzufolge ist anzunehmen, dass der modifizierte Pfannentyp nach längerer Nachuntersuchungszeit vergleichbar häufig Pfannenwanderung zeigen könnte wie das ursprüngliche Pfannensystem, wenn zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung messmethodisch und definitionsgemäß noch nicht der festgelegten Schwellenwert für Pfannenmigration erreicht worden ist. Die

Ergebnisse von Snorasson und Kärrholm [1990] festigen diese Annahme, da sie in 100% der nachuntersuchten Schraubpfannen bereits nach 6 Monaten eine Pfannenwanderung mittels Radiostereometrie nachgewiesen haben. Krismer et al. [1997], Mjöberg et al. [1991] und Snorasson und Kärrholm [1990] beschreiben einen direkten Zusammenhang zwischen Pfannenwanderung und Implantatversagen. Hieraus begründet sich die Annahme, dass die Pfannenmodifikation zu vergleichbar schlechten Ergebnissen im Langzeitverlauf kommen kann. Es wird jedoch weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben diese Schlussfolgerung zu belegen.

Die Pfannenmodelle zeigen einen signifikanten Unterschied in der Frequency-Match-Analyse. Arbeiten von Rapperport et al. [1987], Wilson-McDonald et al. [1990] und Wroblewski et al. [1979, 1987] zeigen, dass ein direkter Kontakt von Polyethylen und Knochensubstanz über Abriebpartikel Implantatlockerung erzeugen kann. Auch zeigen Implantate mit rauer Oberflächenstruktur eine geringere Wanderungstendenz und bessere Standzeiten im Vergleich zu den Implantaten mit glatter Oberfläche [Capello et al., 1993; Simank et al., 1997; Malchau et al., 1986; Kutschera et al., 1993; Schuster et al., 1995; Aigner, 1998; Delaunay et Kapandji, 1998]. Die Pfannenmodifikation „Bad Bramstedt“ wurde mit einem „Metall-Backed-Inlay“ und einer korundgestrahlten Oberflächenstruktur versehen. Folglich kann von einer Verbesserung durch diese Implantatmodifikationen ausgegangen werden. Auf der anderen Seite lässt sich ein Effekt durch die designtechnische Veränderung am Pfannenpol der modifizierten Schraubpfanne auf die Migrationsrate weder belegen noch widerlegen. Spezielle Designstudien hierüber lassen sich in der Literatur nicht finden.

Der Unterschied zwischen beiden Pfannenmodellen wurde bei Betrachtung der zugrundeliegenden Diagnose ausschließlich bei den Patienten mit inflammatorischer Arthritis festgestellt. Önsten et al. [1995] zeigte, dass sich histologisch bei diesem Patientengut eine deutliche Verminderung des Kalksalzgehaltes im Acetabulum nachweisen lässt, was zu einer Reduktion der Knochenfestigkeit führt. Es wäre

demzufolge denkbar, dass sich Vorteile der Pfannenmodifikation bei diesen Patienten eher herausstellen als bei den anderen Grunderkrankungen.

Generell gibt es verschiedene Faktoren, die eine Pfannenwanderung beeinflussen. Dominikus et al. [1998, 1998] und Önsten et al. [1995] fanden bei zementfreien Implantaten häufiger eine Pfannenwanderung bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis als bei Patienten mit Koxarthrose. Gleiches gilt für zementierte Implantate (Önsten et al. [1993, 1995], Carlsson et al. [1986]). Ebenfalls wurden höhere Versagerquoten für unzementierte [Havelin et al., 1995; Lack et al., 1986; Schüle et al., 1998] und zementierte [Stauffer et al., 1982; Almy et al., 1982]; Sutherland et al., 1982] Pfannenimplantate bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis gefunden. Wie zuvor schon angedeutet, wird hier die schlechtere Knochenqualität bei inflammatorischer Arthritis als Ursache diskutiert [Önsten et al., 1995; Akesson et al., 1994; Shimizu et al., 1985]. Önsten et al. [1995] konnten jedoch keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Pfannenwanderung und verminderten Kalksalzgehalt im Acetabulum feststellen. Schüle et al. [1998] fanden höhere Raten für aseptische Implantatlockerungen bei Patienten mit Koxarthrose auf dem Boden einer Dysplasie als bei Koxarthrosen anderer Ursache. In der vorliegenden Studie konnten jedoch für die jeweiligen Pfannentypen keine signifikanten Unterschiede für die Pfannenmigration und die Lockerungsrate zwischen den einzelnen Diagnosegruppen gefunden werden.

Es gibt Arbeiten, die unterschiedliche Migrationsrichtungen abhängig von der zu Grunde liegenden Diagnose beschreiben [Önsten et al., 1995, 1993]. Die in diesen Studien nachuntersuchten zementierten Charnley Hüftpfannen zeigten eine horizontale Pfannenwanderung bei Patienten mit Koxarthrose und eine vertikale Pfannenwanderung bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis. Dagegen konnte Dominikus et al. [1998, 1998] diese diagnosespezifischen Eigenschaften nicht nachvollziehen. Gleiches gilt für die statistische Auswertung unserer Daten. Eher sollte der Aussage von Baldursson et al. [1980] zugestimmt werden, dass die

Diagnose hier eher einen untergeordneten Einfluss zu haben scheint und andere individuelle Einflussfaktoren die Richtung der Pfannenwanderung bestimmen.

Auch die Bedeutung des Geschlechtes auf die Überlebensrate von Hüftpfannenimplantaten wurde bereits untersucht. Wilson-McDonald et al. [1990], Havelin et al. [1995] und Manley et al. [1998] konnten eine signifikante Korrelation zwischen dem weiblichen Geschlecht und dem Auftreten einer aseptischen Lockerung bei zementfreien Hüftpfannen aufzeigen. Gleiches wurde schon zuvor von Morscher et al. [1983] für zementierte Hüftpfannen beschrieben. Die Ergebnisse dieser Nachuntersuchung zeigten dagegen keinen Zusammenhang zwischen Pfannenwanderung, aseptischer Lockerung oder dem Auftreten von Röntgensäume in den drei relevanten Zonen und dem Geschlecht.

Wird die Literatur im Bezug auf den Einfluss des Patientenalters auf die Pfannenwanderung oder Pfannenlockerung geprüft, fallen hier unterschiedliche Aussagen auf. Bruijn et al. [1995] beschrieb ein signifikant häufigeres Vorkommen einer Pfannenwanderung bei jungen Patienten für zementierte und Manley et al. [1998] eine höhere Lockerungsrate für zementlose Pfannen. Entgegen diesen Ergebnissen beschreibt Schüle et al. [1998] ein häufigeres Vorkommen einer Pfannenmigration bei Patienten über einem Lebensalter von 70 Jahren. Unsere Ergebnisse zeigen keinen Zusammenhang von Pfannenwanderung oder -lockerung mit dem Patientenalter. Zum gleichen Resultat kommt auch Önsten et al. [1995].

Den Ergebnissen dieser Studie zu Folge zeigte die primäre Pfannenpositionierung bei Implantation im Bezug zur Tränenfigur einen Einfluss auf die Pfannenwanderung. So zeigte sich bei zunehmend lateral oder kranial implantierten Pfannen bei der Nachuntersuchung eine signifikante Zunahme der Pfannenwanderung. Gleiches gilt auch für den Inklinationwinkel der implantierten Pfannen, der sich bei zunehmend lateral oder steil implantierten Pfannen signifikant verringerte.

Cotterill et al. [1982] und Beckenbaugh et al. [1978] haben einen Zusammenhang zwischen Pfannenpositionierung und aseptischer Implantatlockerung beschrieben.

Eine kraniale Pfannenpositionierung führte zu deutlich häufigerem Vorkommen einer aseptischen Lockerung [Coudane et al., 1981; Mcbroom et al., 1984; Pelici et al., 1982]. In den Arbeiten von Miller [1990] und Shaughnessay et al. [1990] wurde ein solcher Zusammenhang jedoch nicht gefunden.

Die Pfannengröße soll entsprechend den Angaben von Morscher et al. [1992] und Wilson-McDonald et al. [1990] einen Einfluss auf das Vorkommen einer aseptischen Lockerung haben, wobei für kleinere Pfannengrößen höhere Lockerungsraten beschrieben wurden. In der vorliegenden Studie fand sich hierfür jedoch kein Hinweis.

Das Vorkommen aseptischer Lockerung von Endoprothesen erscheint multifaktoriell verursacht zu sein. Die einzelnen Faktoren, die hier eine Rolle spielen könnten, liegen häufig zusammen vor und beeinflussen sich wechselseitig. Beispielsweise sind Patienten mit inflammatorischer Arthritis häufig weiblich. Eine Koxarthrose haben meist alte Patienten. Kleinere Pfannen werden bevorzugt bei Patienten mit inflammatorischer Arthritis oder Dysplasiekoxarthrose verwendet. Auch müssen die Pfannenimplantate bei Dysplasiekoxarthrose häufig kranialer als die Primärpfanne implantiert werden. Es zeigt sich somit die Schwierigkeit, ursächliche Einflussfaktoren auf eine Pfannenwanderung oder -lockerung zu isolieren.

Pfannenmigration ist kein spezifisches Problem der Schraubpfannen. Auch bei Press-Fit Pfannensystemen wurde eine Pfannenwanderung nachgewiesen. So findet Stöckl et al. [199] 48% gewanderte Duraloc Pfannen nach einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von 2 Jahren. Bessere Resultate werden von Hendrich et al. [1997] beschrieben mit nur 11,5% Pfannenwanderung bei der Harris-Galante Pfanne innerhalb der ersten fünf Jahre. Gerade aber Studien, die beide Pfannendesigns miteinander vergleichen, kommen auf bessere Ergebnisse bei den Press-Fit Pfannensystemen. Blum et al. [1990] fand bereits bei den ersten Press-Fit Modellen nur 35% Pfannenwanderung größer als 3mm im Vergleich zu 64% bei den Schraubpfannen. Auch großangelegte Multicenterstudien fanden ein signifikant

häufigeres Auftreten einer aseptischen Lockerung bei Schraubpfannen im Vergleich zu den Press-Fit Pfannen [Schüle et al., 1998].

Das Schraubpfannensystem Link Typ V wurde, als Konsequenz aus den Ergebnissen dieser Studie und der vorliegenden Literatur, zu Gunsten eines Press-Fit Pfannensystems in der Rheumaklinik Bad Bramstedt weitgehend verlassen.

V. Zusammenfassung

Die Überlebensrate und das radiologische Migrationsverhalten der Link Typ V Schraubpfanne und ihrer Modifikation Model „Bad Bramstedt“ wurde im Langzeitverlauf untersucht und relevante Einflussfaktoren einer Pfannenwanderung analysiert. Zudem erfolgte eine vergleichende Gegenüberstellung der Implantate. 479 Link Typ V Schraubpfannen wurden nach einem durchschnittlichen Zeitraum von $8,6 \pm 3,2$ Jahren und 110 modifizierte Link Typ V Schraubpfannen „Bad Bramstedt“ nach einem durchschnittlichen Zeitraum von $4,5 \pm 0,7$ Jahren nachuntersucht. Die Berechnung der Überlebensrate erfolgte nach Kaplan und Meier [1958] und die Auswertung der Röntgenbilder nach der Methode von Nunn et al. [1989].

Die Überlebensrate der Link Typ V Schraubpfanne war 94,5% nach 5 Jahren, 88,1% nach 10 Jahren und 70,2% nach 15 Jahren. Die modifizierte Schraubpfanne „Bad Bramstedt“ hatte eine Überlebensrate von 97,9% nach 5 Jahren. Eine Pfannenmigration konnte bei der Link Typ V Schraubpfanne in 73% und bei der Modifikation in 39% nachgewiesen werden. Röntgensäume in zwei Pfannenrandzonen zeitgleich zeigten sich in 6,4% der Link Typ V Schraubpfanne und 1,7% der Link Typ V Schraubpfannen „Bad Bramstedt“.

Einen signifikanten Einfluss auf das Migrationsverhalten hatten ausschließlich die Nachuntersuchungszeit und die primäre Pfannenpositionierung. Es kam bei lateraler, cranialer oder steiler Implantation zu einer zunehmenden Pfannenmigration.

Die Nachuntersuchung zeigte, dass die Link Typ V Schraubpfanne keine zufriedenstellenden Ergebnisse im Langzeitverlauf erzielen konnte. Auch die Modifikation der Schraubpfanne lässt auf Grund der Migrationsrate im mittelfristigen Verlauf keine Verbesserung für die Standzeit im Langzeitverlauf vermuten. Daher

wurde dieses Schraubpfannensystem zu Gunsten eines Press-Fit Pfannensystems verlassen.

VI. Tabellen und Graphiken

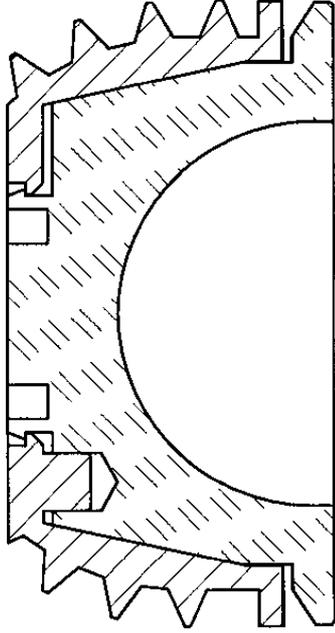


Abbildung VI.1

Konstruktionszeichnung und Abbildung der Link Typ V Schraubpfanne

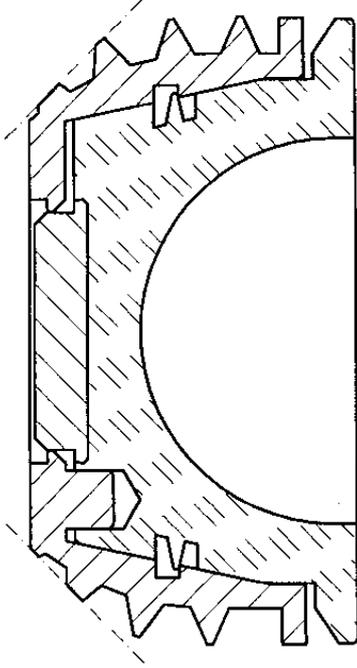


Abbildung VI.II
Konstruktionszeichnung der Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“

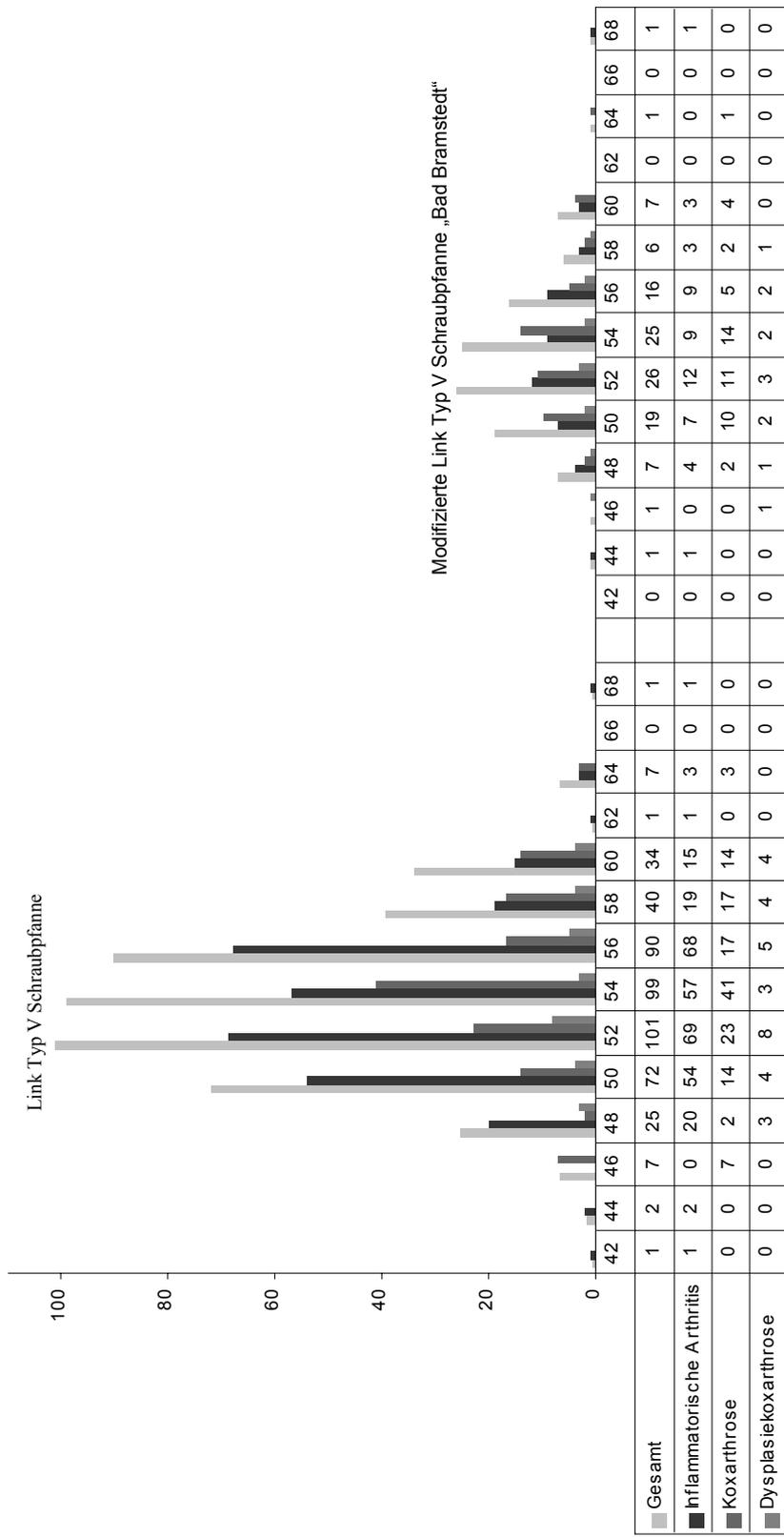


Abbildung VI.III
 Graphische Darstellung der verwendeten Schraubpfannengrößen

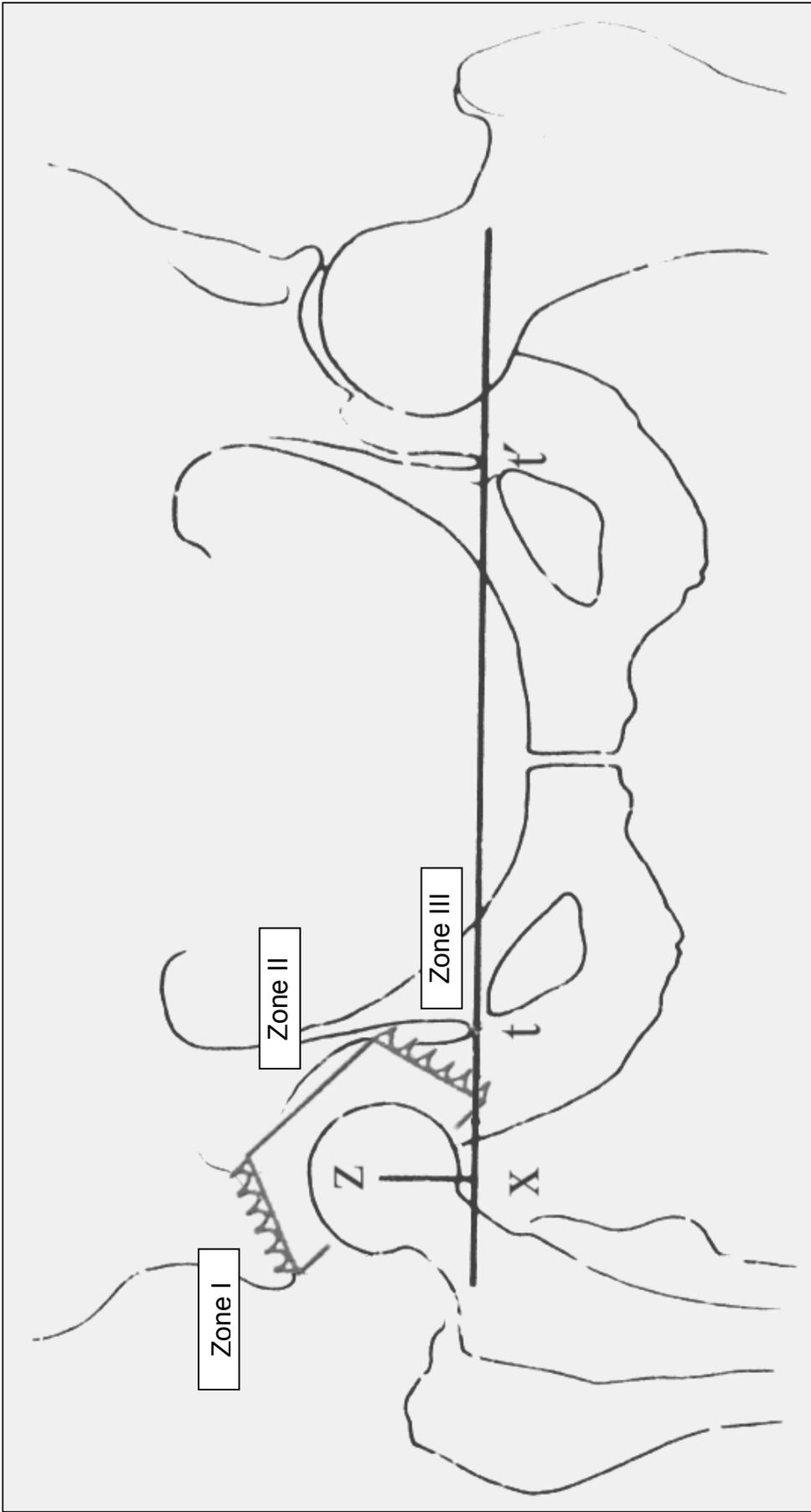


Abbildung VI.IV

Graphische Darstellung der radiologischen Landmarken und Einteilung der Pfannenrandzonen

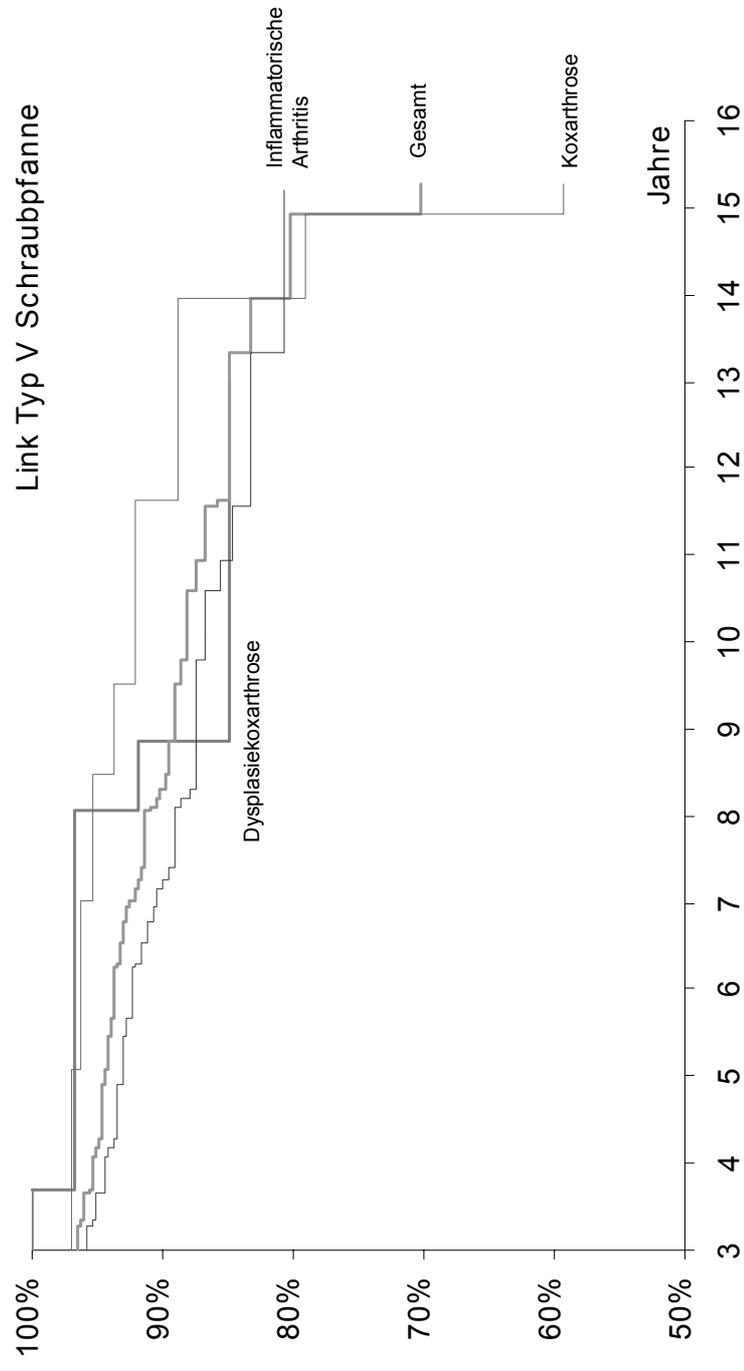


Abbildung VI.V
 Graphische Darstellung der Kaplan-Meier Überlebenskurve (Link Typ V Schraubpfanne)

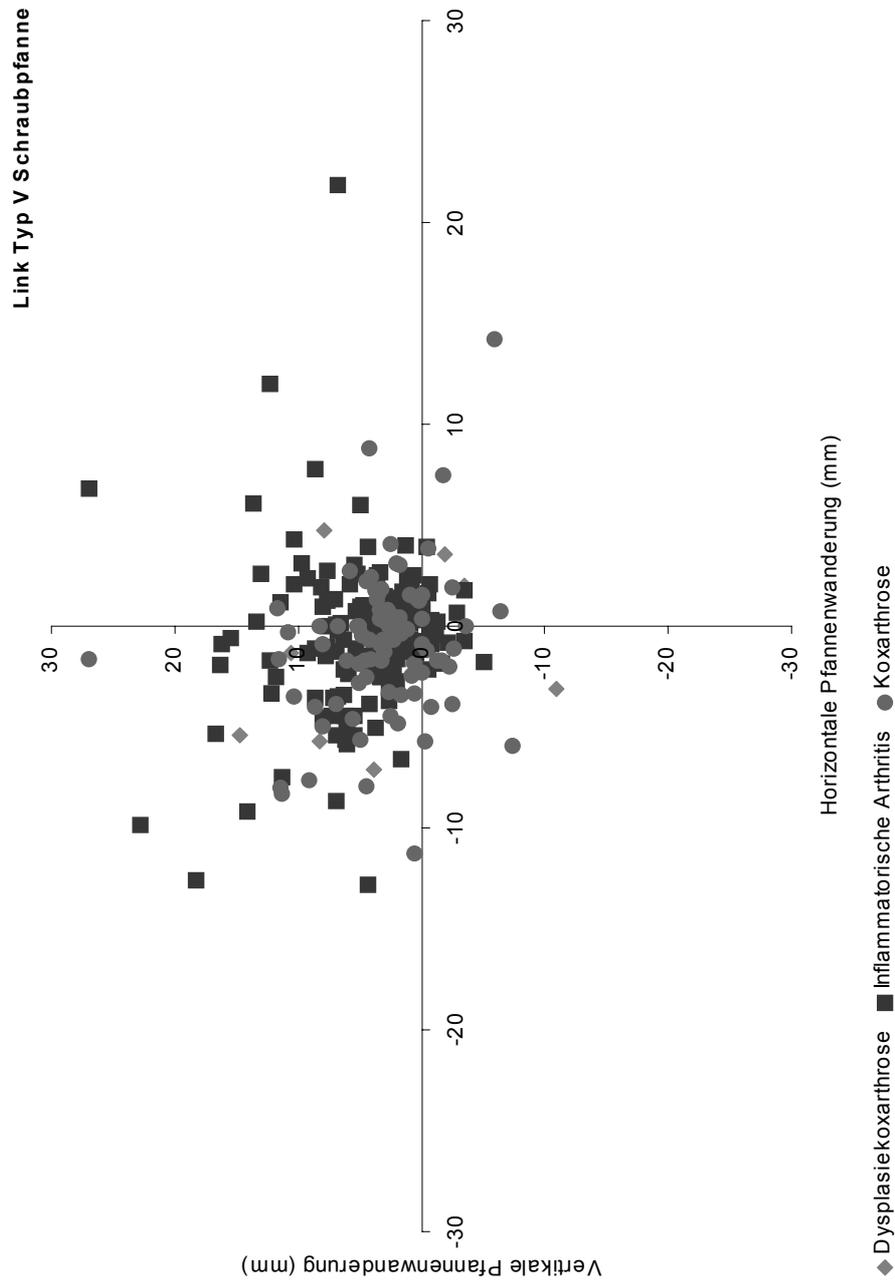


Abbildung VI.VI

Graphische Darstellung der Migrationseindpunkte (Link Typ V Schraubpfanne)

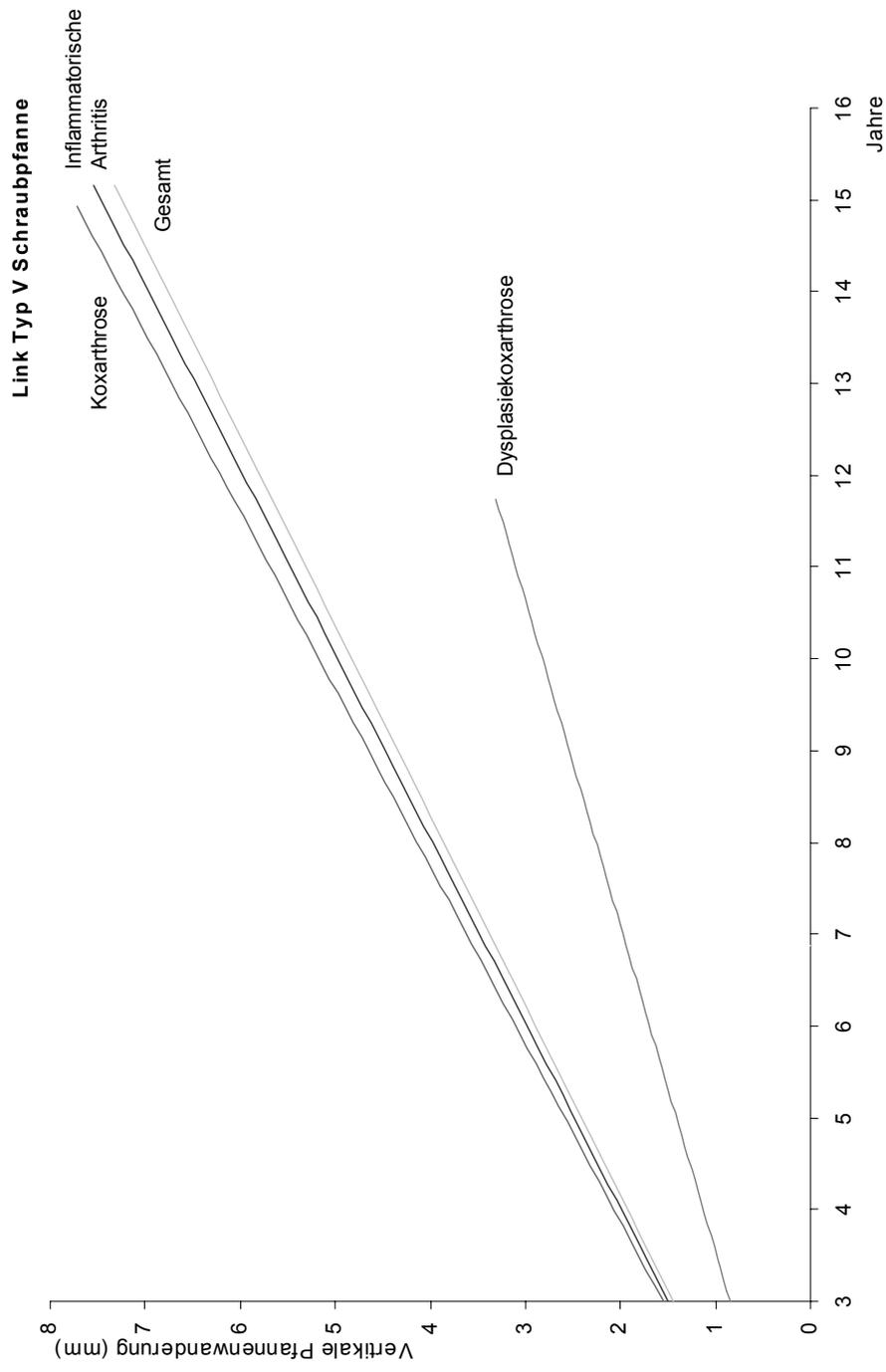
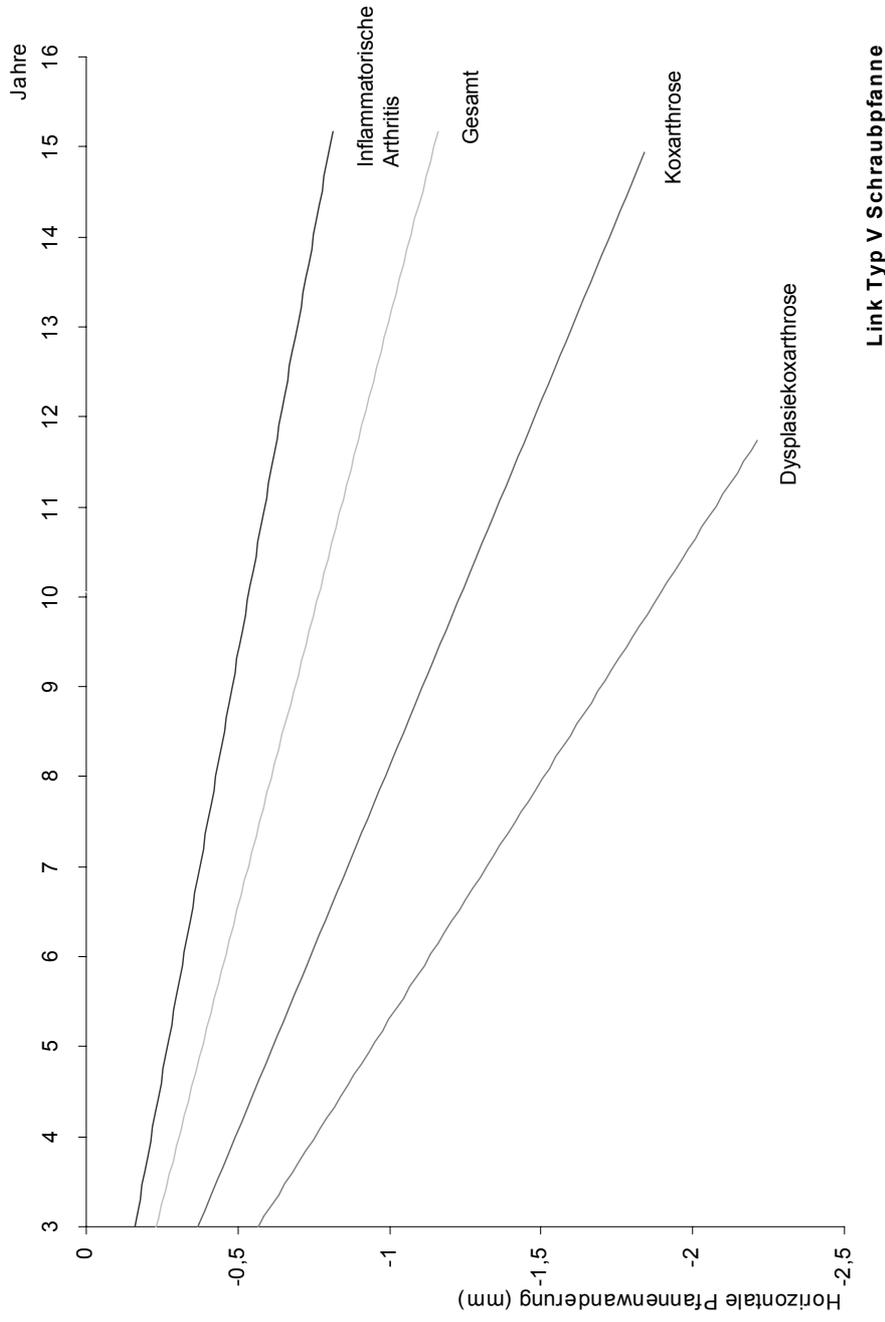


Abbildung VI.VII

Graphische Darstellung der vertikalen Pfannenwanderung (Link Typ V Schraubpfanne)



Link Typ V Schraubpfanne

Abbildung VI.VIII

Graphische Darstellung der horizontalen Pfannenwanderung (Link Typ V Schraubpfanne)

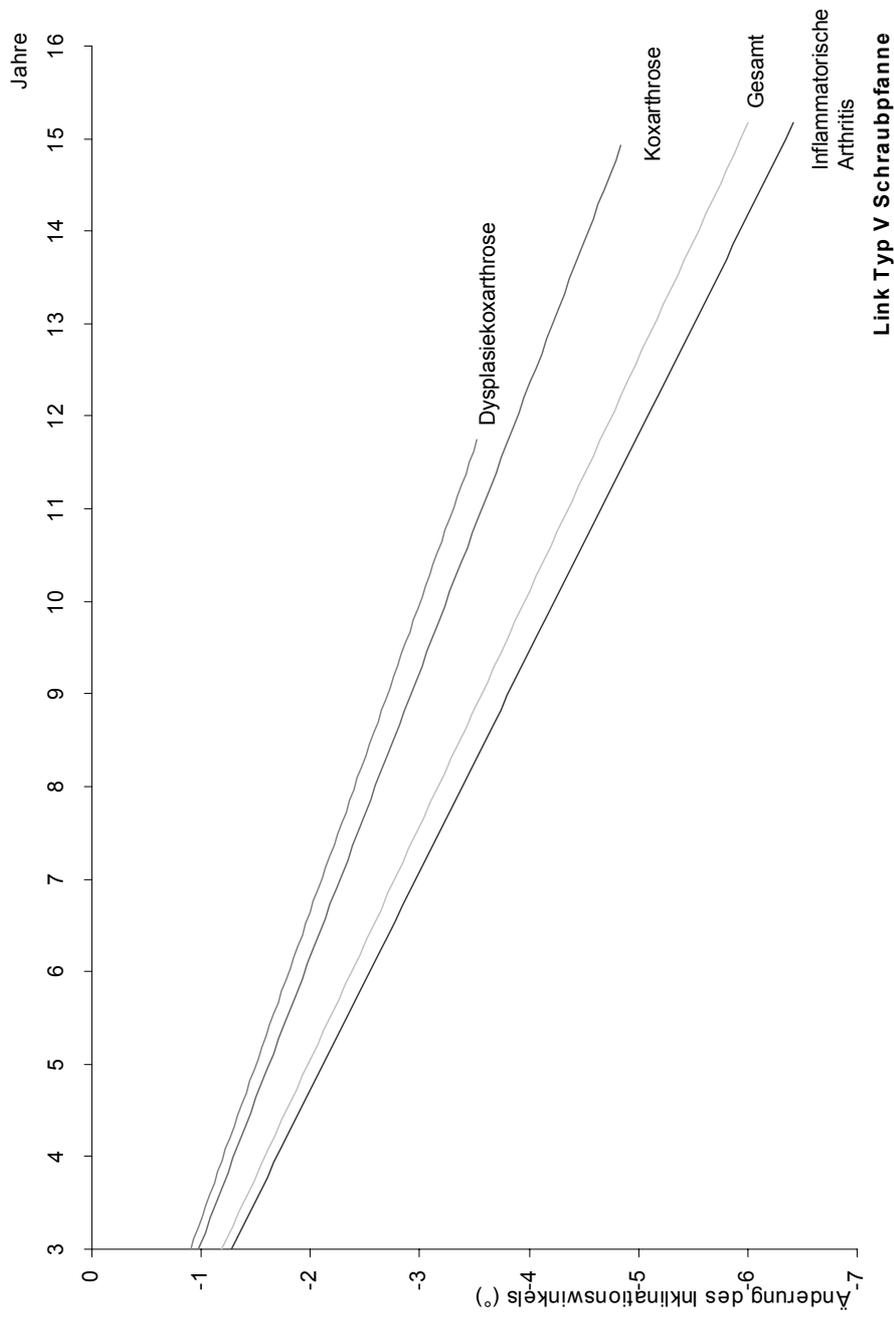


Abbildung VI.IX

Graphische Darstellung der Änderung des Inklinationwinkels (Link Typ V Schraubpfanne)

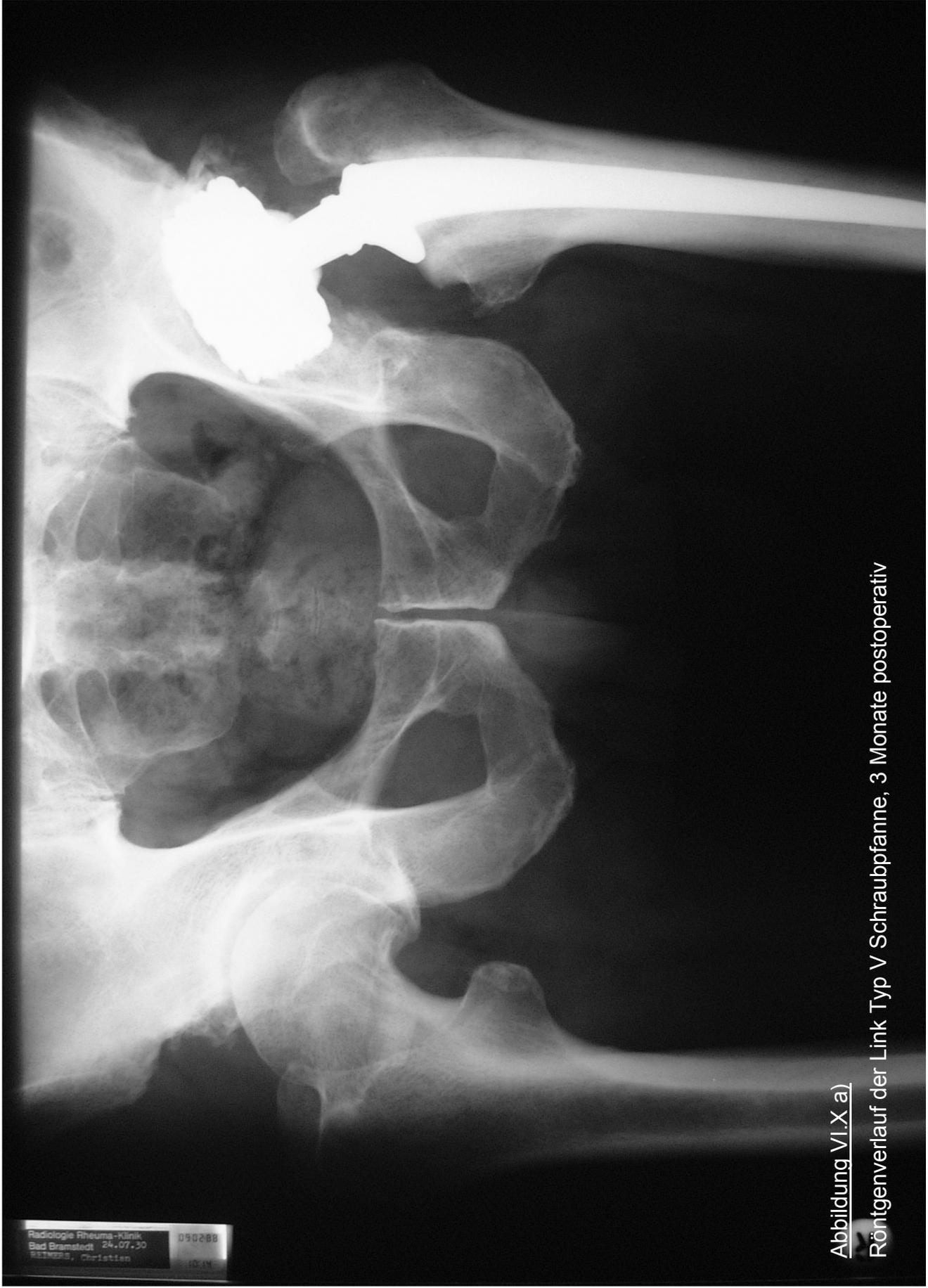


Abbildung VI.X a)

Röntgenverlauf der Link Typ V Schraubpfanne, 3 Monate postoperativ



Abbildung VI.X.b)

Röntgenverlauf der Link Typ V Schraubpfanne, 4 Jahre postoperativ



Abbildung VI.X.c)

Röntgenverlauf der Link Typ V Schraubpfanne, 7 Jahre postoperativ

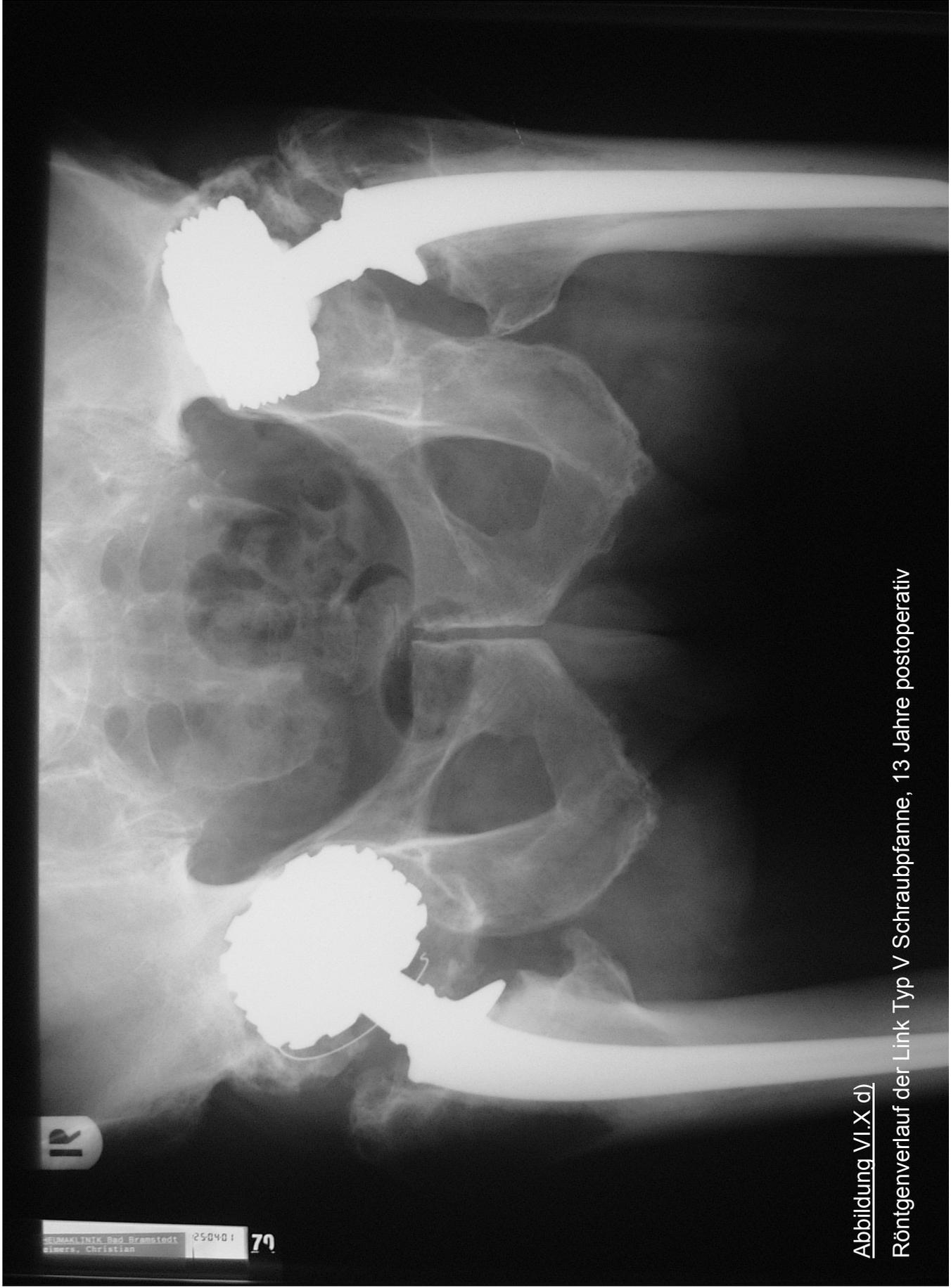


Abbildung VI.X d)
Röntgenverlauf der Link Typ V Schraubpfanne, 13 Jahre postoperativ

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta- Quadrat
Horizontale Pfannenpositionierung	Pillai-Spur	0,174	16,624	3,000	236,000	0,000	0,174
	Wilks-Lambda	0,826	16,624	3,000	236,000	0,000	0,174
	Hotelling-Spur	0,211	16,624	3,000	236,000	0,000	0,174
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,211	16,624	3,000	236,000	0,000	0,174
Vertikale Pfannenpositionierung	Pillai-Spur	0,053	4,419	3,000	236,000	0,005	0,053
	Wilks-Lambda	0,947	4,419	3,000	236,000	0,005	0,053
	Hotelling-Spur	0,056	4,419	3,000	236,000	0,005	0,053
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,056	4,419	3,000	236,000	0,005	0,053
Inklinations- ausgangswinkel	Pillai-Spur	0,041	3,378	3,000	236,000	0,019	0,041
	Wilks-Lambda	0,959	3,378	3,000	236,000	0,019	0,041
	Hotelling-Spur	0,043	3,378	3,000	236,000	0,019	0,041
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,043	3,378	3,000	236,000	0,019	0,041
Standzeit	Pillai-Spur	0,043	3,511	3,000	236,000	0,016	0,043
	Wilks-Lambda	0,957	3,511	3,000	236,000	0,016	0,043
	Hotelling-Spur	0,045	3,511	3,000	236,000	0,016	0,043
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,045	3,511	3,000	236,000	0,016	0,043
Patientenalter	Pillai-Spur	0,012	0,955	3,000	236,000	0,415	0,012
	Wilks-Lambda	0,988	0,955	3,000	236,000	0,415	0,012
	Hotelling-Spur	0,012	0,955	3,000	236,000	0,415	0,012
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,012	0,955	3,000	236,000	0,415	0,012
Diagnose	Pillai-Spur	0,019	0,748	6,000	474,000	0,611	0,009
	Wilks-Lambda	0,981	0,747	6,000	472,000	0,612	0,009
	Hotelling-Spur	0,019	0,746	6,000	470,000	0,613	0,009
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,017	1,342	3,000	237,000	0,262	0,017

Tabelle VI.XI

Multivariater Test der Pfannenwanderung

(Link Typ V Schraubpfanne)

Quelle	Abhängige Variable	Quadratsumme Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Horizontale Pfannenpositionierung	Horizontale Pfannenwanderung	573,459	1	573,459	48,653	0,000	0,170
	Vertikale Pfannenwanderung	6,192	1	6,192	0,235	0,629	0,001
	Änderung des Inklinationwinkels	30,442	1	30,442	0,715	0,399	0,003
Vertikale Pfannenpositionierung	Horizontale Pfannenwanderung	4,157	1	4,157	0,353	0,553	0,001
	Vertikale Pfannenwanderung	348,082	1	348,082	13,188	0,000	0,053
	Änderung des Inklinationwinkels	0,480	1	0,480	0,011	0,916	0,000
Inklinationsausgangswinkel	Horizontale Pfannenwanderung	0,775	1	0,775	0,066	0,798	0,000
	Vertikale Pfannenwanderung	206,253	1	206,253	7,814	0,006	0,032
	Änderung des Inklinationwinkels	124,660	1	124,660	2,927	0,088	0,012
Standzeit	Horizontale Pfannenwanderung	2,795E-02	1	2,7795E-02	0,002	0,961	0,000
	Vertikale Pfannenwanderung	66,147	1	66,147	2,506	0,115	0,010
	Änderung des Inklinationwinkels	299,475	1	299,475	7,033	0,009	0,029
Patientenalter	Horizontale Pfannenwanderung	31,341	1	31,341	2,659	0,104	0,011
	Vertikale Pfannenwanderung	0,334	1	0,334	0,013	0,911	0,000
	Änderung des Inklinationwinkels	0,135	1	0,135	0,003	0,955	0,000
R-Quadrat(Horizontale Pfannenwanderung)		= 0,168					
R-Quadrat(Vertikale Wanderung)		= 0,097					
R-Quadrat(Änderung des Inklinationwinkels)		= 0,018					

Tabelle VI.XII

Test der Zwischensubjekteffekte der Pfannenwanderung
(Link Typ V Schraubpfanne)

Abhängige Variable	Parameter	B	Standardfehler	T	Signifikanz	95% - Konfidenzintervall		Partielles Eta-Quadrat
						Untergrenze	Obergrenze	
Horizontale Pfannenwanderung	Horizontale Pfannenpositionierung	-0,254	0,036	-6,975	0,000	-0,326	-0,182	0,170
	Vertikale Pfannenpositionierung	1,874E-02	0,032	0,594	0,553	-4,342E-02	8,090E-02	0,001
	Inklinationsausgangswinkel	-7,49E-03	0,029	-0,256	0,798	-6,506E-02	5,008E-02	0,000
	Standzeit	-4,32E-03	0,089	-0,049	0,961	-0,179	0,170	0,000
Vertikale Pfannenwanderung	Horizontale Pfannenpositionierung	-2,64E-02	0,054	-0,484	0,629	-0,134	8,092E-02	0,001
	Vertikale Pfannenpositionierung	-0,171	0,047	-3,631	0,000	-0,264	-7,845E-02	0,053
	Inklinationsausgangswinkel	-0,122	0,044	-2,795	0,006	-0,208	-3,609E-02	0,032
	Standzeit	0,210	0,133	1,583	0,115	-5,138E-02	0,472	0,010
Änderung des Inklinationswinkels	Horizontale Pfannenpositionierung	0,069	0,069	-0,846	0,399	-0,195	7,779E-02	0,003
	Vertikale Pfannenpositionierung	0,060	0,060	-0,106	0,916	-0,125	0,112	0,000
	Inklinationsausgangswinkel	0,056	0,056	-1,711	0,088	-0,204	1,438E-02	0,012
	Standzeit	0,169	0,169	-2,652	0,009	-0,780	-0,115	0,029

Tabelle VI.XIII

Parameterschätzer der Pfannenwanderung

(Link Typ V Schraubpfanne)

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta- Quadrat
Horizontale Pfannenpositionierung	Pillai-Spur	0,022	1,738	3,000	235,000	0,160	0,022
	Wilks-Lambda	0,978	1,738	3,000	235,000	0,160	0,022
	Hotelling-Spur	0,022	1,738	3,000	235,000	0,160	0,022
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,022	1,738	3,000	235,000	0,160	0,022
Vertikale Pfannenpositionierung	Pillai-Spur	0,020	1,612	3,000	235,000	0,187	0,020
	Wilks-Lambda	0,980	1,612	3,000	235,000	0,187	0,020
	Hotelling-Spur	0,021	1,612	3,000	235,000	0,187	0,020
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,021	1,612	3,000	235,000	0,187	0,020
Inklinations- ausgangswinkel	Pillai-Spur	0,018	1,466	3,000	235,000	0,225	0,018
	Wilks-Lambda	0,982	1,466	3,000	235,000	0,225	0,018
	Hotelling-Spur	0,019	1,466	3,000	235,000	0,225	0,018
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,019	1,466	3,000	235,000	0,225	0,018
Standzeit	Pillai-Spur	0,035	2,876	3,000	235,000	0,037	0,035
	Wilks-Lambda	0,965	2,876	3,000	235,000	0,037	0,035
	Hotelling-Spur	0,037	2,876	3,000	235,000	0,037	0,035
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,037	2,876	3,000	235,000	0,037	0,035
Patientenalter	Pillai-Spur	0,005	0,0380	3,000	235,000	0,768	0,005
	Wilks-Lambda	0,995	0,0380	3,000	235,000	0,768	0,005
	Hotelling-Spur	0,005	0,0380	3,000	235,000	0,768	0,005
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,005	0,0380	3,000	235,000	0,768	0,005
Diagnose	Pillai-Spur	0,021	0,844	6,000	472,000	0,536	0,011
	Wilks-Lambda	0,979	0,843	6,000	470,000	0,537	0,011
	Hotelling-Spur	0,022	0,841	6,000	468,000	0,539	0,011
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,017	1,354	3,000	236,000	0,257	0,017

Tabelle VI.XIV

Multivariater Test der Röntgensäume in Zone I-III

(Link Typ V Schraubpfanne)

Quelle	Abhängige Variable	Quadratsumme Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Horizontale Pfannenpositionierung	RLL Zone I	0,226	1	0,226	0,273	0,602	0,001
	RLL Zone II	4,266	1	4,266	4,229	0,041	0,018
	RLL Zone III	17,202	1	17,202	1,659	0,199	0,007
Vertikale Pfannenpositionierung	RLL Zone I	1,040	1	1,040	1,256	0,264	0,005
	RLL Zone II	4,111	1	4,111	4,075	0,045	0,017
	RLL Zone III	1,329	1	1,329	0,128	0,721	0,001
Inklinationsausgangswinkel	RLL Zone I	1,845	1	1,845	2,227	0,137	0,009
	RLL Zone II	0,846	1	0,846	0,839	0,361	0,004
	RLL Zone III	29,308	1	29,308	2,827	0,094	0,012
Standzeit	RLL Zone I	4,377	1	4,377	5,282	0,022	0,022
	RLL Zone II	0,354	1	0,354	0,351	0,554	0,001
	RLL Zone III	48,587	1	48,587	4,687	0,031	0,019
Patientenalter	RLL Zone I	0,500	1	0,500	0,603	0,438	0,003
	RLL Zone II	6,533E-02	1	6,533E-02	0,065	0,799	0,000
	RLL Zone III	7,520	1	7,520	0,725	0,395	0,003
R-Quadrat(RLL – Zone I)		= 0,020					
R-Quadrat(RLL – Zone II)		= 0,015					
R-Quadrat(RLL – Zone III)		= 0,048					

Tabelle VI.XV

Test der Zwischensubjekteffekte der Röntgensäume (RLL)

(Link Typ V Schraubpfanne)

Abhängige Variable	Parameter	B	Standardfehler	T	Signifikanz	95% - Konfidenzintervall		Partielles Eta-Quadrat
						Untergrenze	Obergrenze	
Röntgensaum Zone I	Horizontale Pfannenpositionierung	5,737E-03	0,011	0,523	0,602	-1,589E-02	2,737E-02	0,001
	Vertikale Pfannenpositionierung	9,81E-03	0,008	1,121	0,264	-7,112E-03	2,587E-02	0,005
	Inklinationsausgangswinkel	-1,16E-02	0,008	-1,492	0,137	-2,698E-02	3,722E-03	0,009
	Standzeit	5,478E-02	0,024	2,298	0,022	7,826E-03	0,102	0,022
Röntgensaum Zone II	Horizontale Pfannenpositionierung	2,491E-02	0,012	2,057	0,041	1,048E-03	4,878E-02	0,018
	Vertikale Pfannenpositionierung	1,865E-02	0,009	2,019	0,045	4,498E-04	3,684E-02	0,017
	Inklinationsausgangswinkel	-7,87E-03	0,009	-0,916	0,361	-2,481E-02	9,062E-03	0,004
	Standzeit	1,559E-02	0,026	0,593	0,554	-3,622E-02	6,740E-02	0,001
Röntgensaum Zone III	Horizontale Pfannenpositionierung	5,003E-02	0,039	1,288	0,199	-2,648E-02	0,127	0,007
	Vertikale Pfannenpositionierung	-1,06E-02	0,030	-0,358	0,721	-6,894E-02	4,774E-02	0,001
	Inklinationsausgangswinkel	-4,63E-02	0,028	-1,681	0,094	-0,101	7,954E-02	0,012
	Standzeit	0,183	0,084	2,165	0,031	1,643E-02	0,349	0,019

Tabelle VI.XVI

Parameterschätzer der Röntgensäume

(Link Typ V Schraubpfanne)

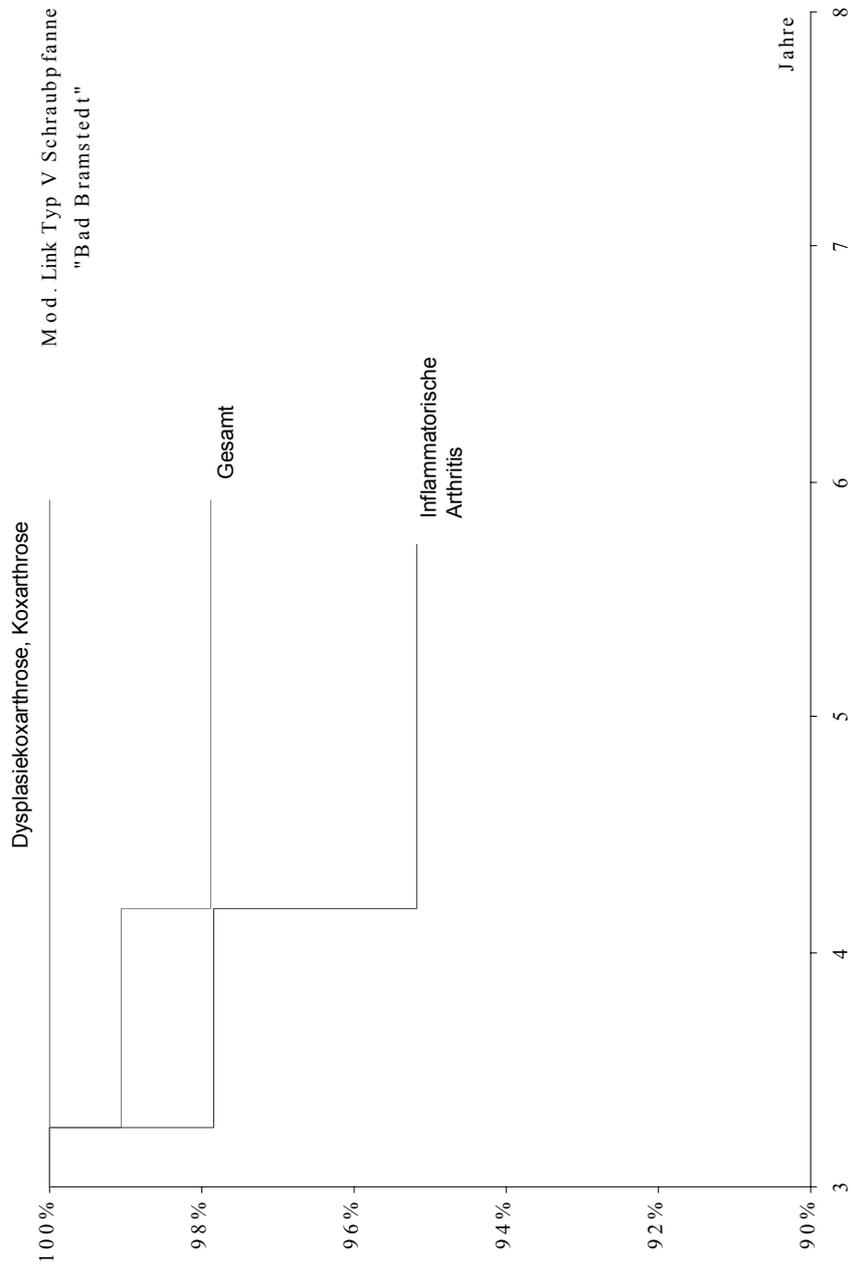


Abbildung VI.XVII

Graphische Darstellung der Kaplan-Meier Überlebenskurve (Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)

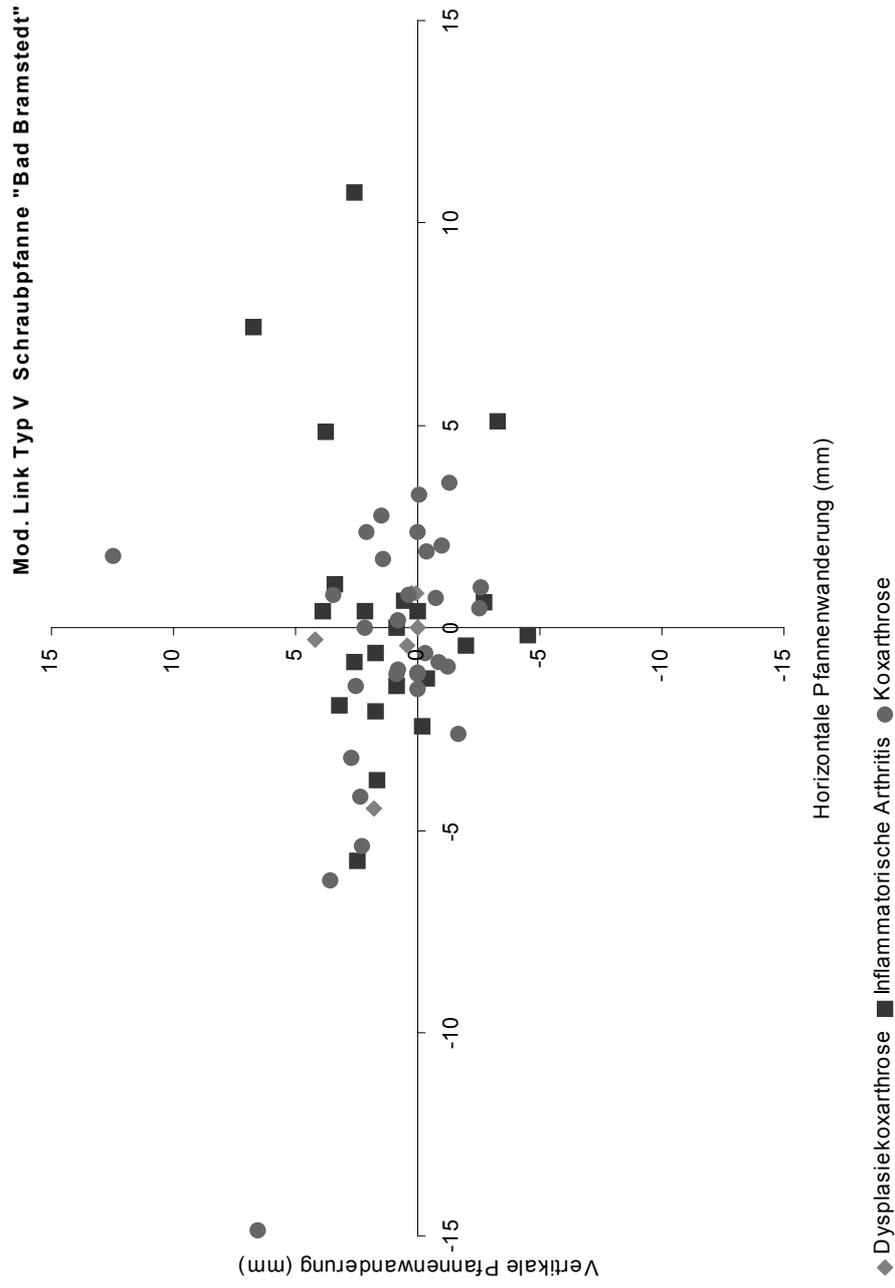


Abbildung VI.XVIII

Graphische Darstellung der Migrationseindpunkte (Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)

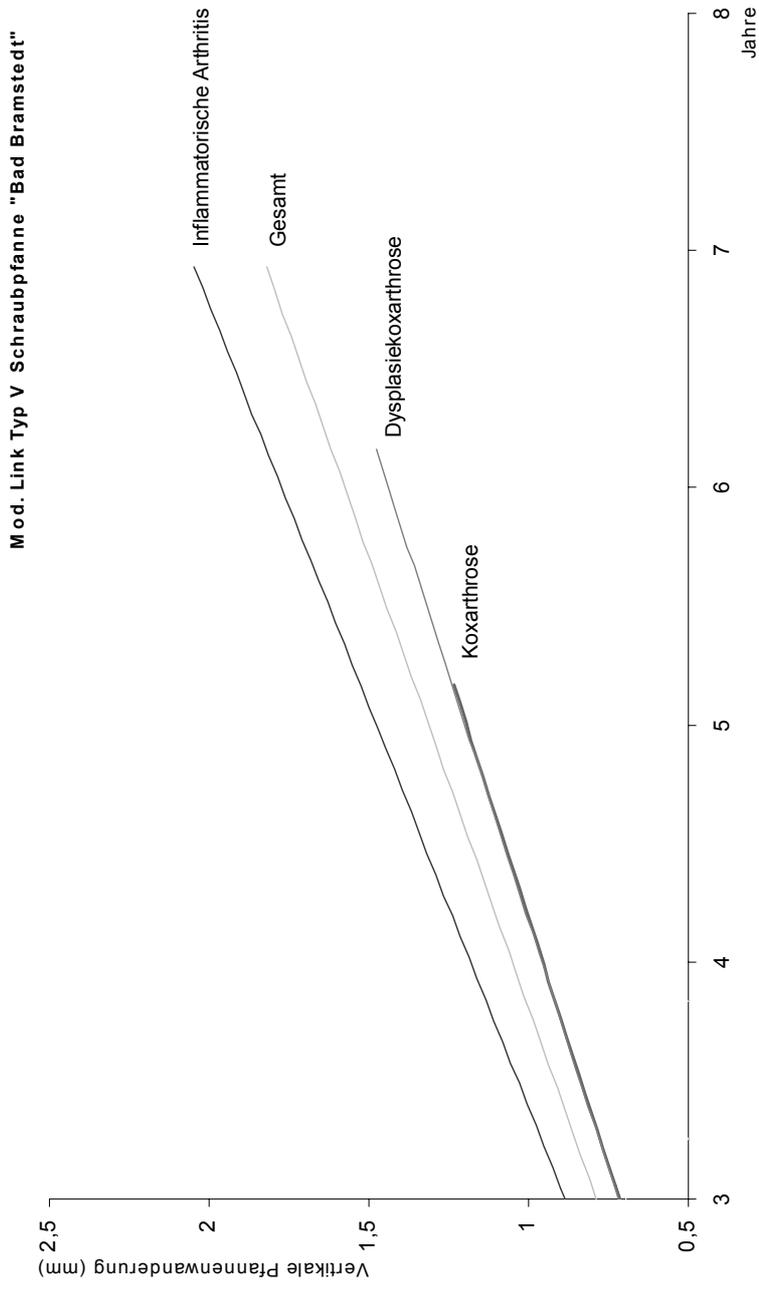


Abbildung VI.XIX

Graphische Darstellung der vertikalen Pfannenwanderung (Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)

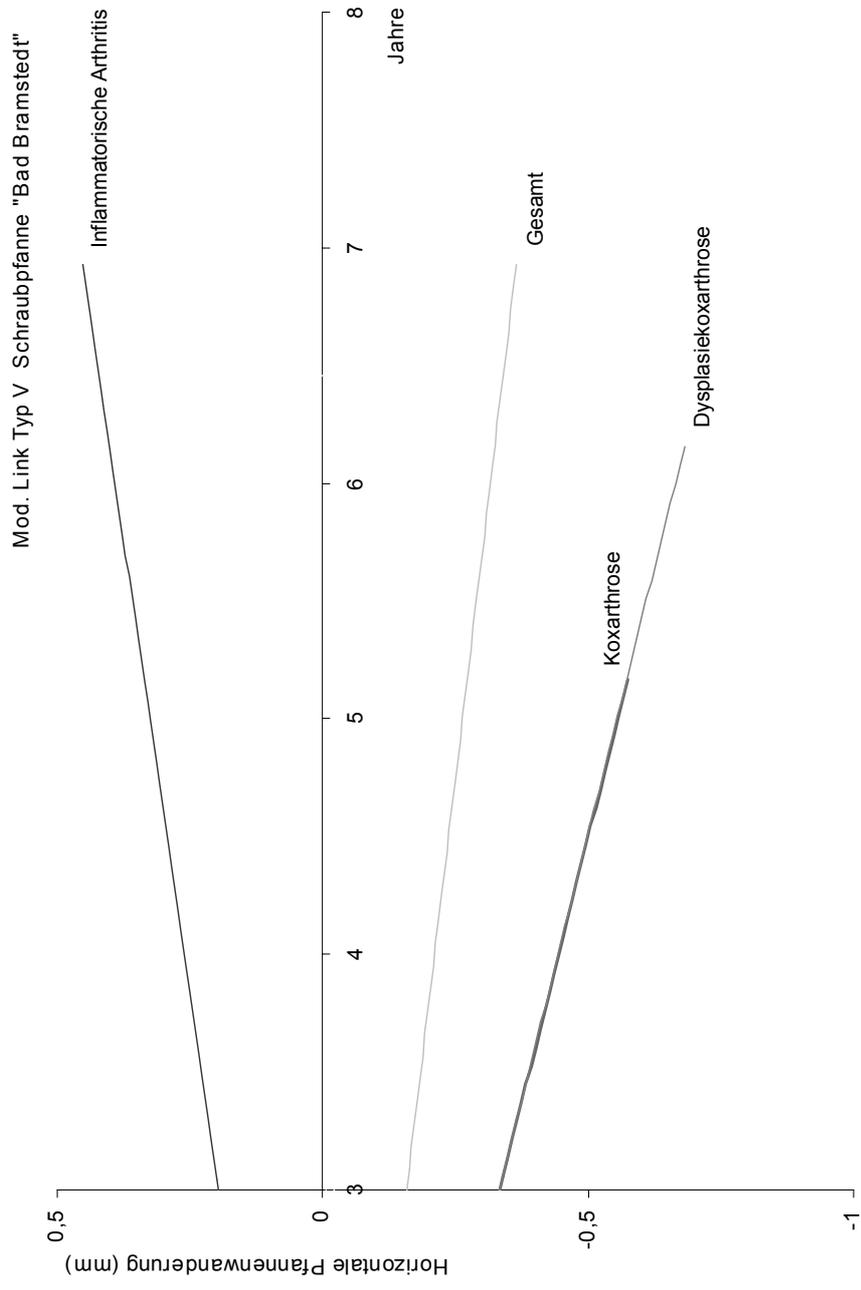


Abbildung VI.XX

Graphische Darstellung der horizontalen Pfannenwanderung (Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)

Mod. Link Typ V Schraubpfanne "Bad Bramstedt"

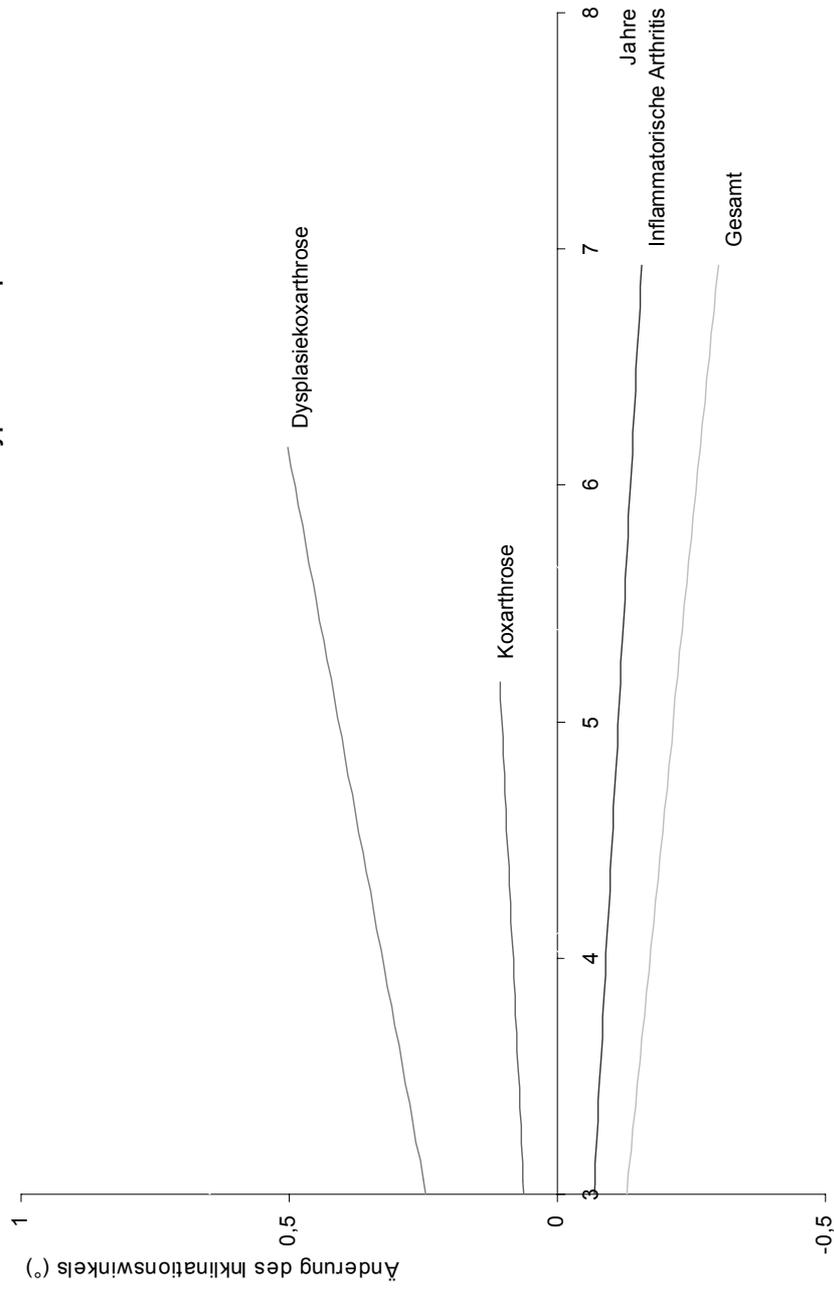


Abbildung VI.XXI

Graphische Darstellung der Änderung des Inklinationwinkels (Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta- Quadrat
Horizontale Pfannenpositionierung	Pillai-Spur	0,226	4,876	3,000	50,000	0,005	0,226
	Wilks-Lambda	0,774	4,876	3,000	50,000	0,005	0,226
	Hotelling-Spur	0,293	4,876	3,000	50,000	0,005	0,226
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,293	4,876	3,000	50,000	0,005	0,226
Vertikale Pfannenpositionierung	Pillai-Spur	0,222	4,752	3,000	50,000	0,005	0,222
	Wilks-Lambda	0,778	4,752	3,000	50,000	0,005	0,222
	Hotelling-Spur	0,285	4,752	3,000	50,000	0,005	0,222
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,285	4,752	3,000	50,000	0,005	0,222
Inklinations- ausgangswinkel	Pillai-Spur	0,237	5,182	3,000	50,000	0,003	0,237
	Wilks-Lambda	0,763	5,182	3,000	50,000	0,003	0,237
	Hotelling-Spur	0,311	5,182	3,000	50,000	0,003	0,237
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,311	5,182	3,000	50,000	0,003	0,237
Standzeit	Pillai-Spur	0,049	0,860	3,000	50,000	0,468	0,049
	Wilks-Lambda	0,951	0,860	3,000	50,000	0,468	0,049
	Hotelling-Spur	0,052	0,860	3,000	50,000	0,468	0,049
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,052	0,860	3,000	50,000	0,468	0,049
Diagnose	Pillai-Spur	0,86	0,768	6,000	102,000	0,596	0,043
	Wilks-Lambda	0,915	0,759	6,000	100,000	0,604	0,044
	Hotelling-Spur	0,092	0,750	6,000	98,000	0,611	0,044
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	0,73	1,242	3,000	51,000	0,304	0,068

Tabelle VI.XXII

Multivariater Test der Pfannenwanderung

(Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)

Quelle	Abhängige Variable	Quadratsumme Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Horizontale Pfannenpositionierung	Horizontale Pfannenwanderung	108,831	1	108,831	11,424	0,001	0,180
	Vertikale Pfannenwanderung	4,587	1	4,587	0,688	0,411	0,013
	Änderung des Inklinationswinkels	172,566	1	172,566	6,185	0,016	0,106
Vertikale Pfannenpositionierung	Horizontale Pfannenwanderung	26,338	1	26,338	2,765	0,102	0,050
	Vertikale Pfannenwanderung	39,121	1	39,121	5,869	0,019	0,101
	Änderung des Inklinationswinkels	60,523	1	60,523	2,169	0,147	0,040
Inklinationsausgangswinkel	Horizontale Pfannenwanderung	11,915	1	11,915	1,251	0,269	0,023
	Vertikale Pfannenwanderung	3,641E-02	1	3,641E-02	0,005	0,941	0,000
	Änderung des Inklinationswinkels	333,270	1	333,270	11,945	0,001	0,187
R-Quadrat(Horizontale Pfannenwanderung)		= 0,211					
R-Quadrat(Vertikale Wanderung)		= 0,050					
R-Quadrat(Änderung des Inklinationswinkels)		= 0,170					

Tabelle VI.XXIII

Test der Zwischensubjekteffekte der Pfannenwanderung

(Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)

Abhängige Variable	Parameter	B	Standardfehler	T	Signifikanz	95% - Konfidenzintervall		Partielles Eta-Quadrat
						Untergrenze	Obergrenze	
Horizontale Pfannenwanderung	Horizontale Pfannenpositionierung	-0,284	0,084	- 3,380	0,001	-0,452	-0,115	0,180
	Vertikale Pfannenpositionierung	0,104	0,062	1,663	0,102	-2,144E-02	0,229	0,050
	Inklinationsausgangswinkel	5,832E-02	0,052	1,118	0,269	-4,632E-02	0,163	0,023
	Standzeit	-0,341	0,546	- 0,624	0,535	-1,436	0,755	0,007
Vertikale Pfannenwanderung	Horizontale Pfannenpositionierung	8,822E-02	0,070	0,830	0,411	-8,262E-02	0,199	0,013
	Vertikale Pfannenpositionierung	-0,126	0,052	- 2,423	0,019	-0,231	-2,169E-02	0,101
	Inklinationsausgangswinkel	-3,22E-03	0,044	- 0,074	0,941	-9,075E-02	8,431E-02	0,000
	Standzeit	0,614	0,457	1,345	0,185	-0,302	1,530	0,034
Änderung des Inklinationswinkels	Horizontale Pfannenpositionierung	-0,357	0,144	- 2,487	0,016	-0,645	-6,897E-02	0,106
	Vertikale Pfannenpositionierung	-0,157	0,107	- 1,473	0,147	-0,371	5,694E-02	0,040
	Inklinationsausgangswinkel	-0,308	0,089	- 3,456	0,001	-0,488	-0,129	0,187
	Standzeit	0,197	0,934	0,211	0,834	-1,678	2,072	0,001

Tabelle VI.XXIV

Parameterschätzer der Pfannenwanderung
(Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“)

U-Test (Mann-Whitney)		Gesamt		Inflammatorische Arthritis		Koxarthrose		Dysplasie- koxarthrose	
		Link Typ V Schraubpfanne	Link Typ v Schraubpfanne „Bad Bramstedt“	Link Typ V Schraubpfanne	Link Typ v Schraubpfanne „Bad Bramstedt“	Link Typ V Schraubpfanne	Link Typ v Schraubpfanne „Bad Bramstedt“	Link Typ V Schraubpfanne	Link Typ v Schraubpfanne „Bad Bramstedt“
Anzahl (n)		35	35	16	16	15	15	4	4
vertikale Migration	Rangmittel	40,3	30,7	21,2	11,8	15,2	15,8	5	4
	U	780,5	444,5	202,5	53,5	108,5	116,5	10	6
	Z	-1,973		-2,808		-0,165		-5,777	
	Signifikanz	0,024		0,002		0,434		0,281	
horizontale Migration	Rangmittel	34,2	36,8	15,9	17,1	14,8	16,2	4	5
	U	566	659	119	137	102	123	6	10
	Z	-0,546		-0,339		-0,435		-0,580	
	Signifikanz	0,292		0,367		0,331		0,280	
Inklinations- winkeländerung	Rangmittel	31,6	39,4	14,1	18,9	14,3	16,6	4,3	4,6
	U	475	750	89	167	95,5	129,5	7,5	8,5
	Z	-1,621		-1,474		-0,709		-0,154	
	Signifikanz	0,052		0,070		0,239		0,438	
Röntgensaum Zone I	Rangmittel	35	36	16,8	13,2	14,5	16,5	4,5	4,5
	U	595	630	133	123	97,5	127,5	8	8
	Z	-0,394		-0,298		-1,439		0	
	Signifikanz	0,346		0,382		0,075		0	
Röntgensaum Zonell	Rangmittel	34,1	31,9	18,5	14,5	17,0	13,9	4,6	4,4
	U	739,5	485,5	160	96	135,5	89,5	8,5	7,5
	Z	-2,354		-2,098		-1,469		-0,188	
	Signifikanz	0,009		0,017		0,070		0,425	
Röntgensaum Zonelll	Rangmittel	42,4	28,6	20,7	12,3	16,8	14,2	5,5	35
	U	854	371	195	61	132	93	12	4
	Z	-3,446		-2,980		-0,997		-1,511	
	Signifikanz	0,0002		0,001		0,159		0,065	

Tabelle VI.XXV

Statistischer Vergleich der Link Typ V Schraubpfanne und der
Link Typ V Schraubpfanne „Bad Bramstedt“, U-Test nach Mann-Whitney

VII. Literaturverzeichnis

Aigner C: 10-years results of the corundblasted Zweymüller threaded acetabular ring. Z Orthop 136:110-114, 1998

Akesson K, Önsten I; Obrant KJ: Periarticular bone in rheumatoid arthritis versus arthrosis. Histomorphometry in 103 hip biopsies. Acta Orthop Scand 65:135-138, 1994

Almy B, Hierton T: Total hip replacement: a ten-year follow-up of an early series. Acta Orthop Scand 53:397-406, 1982

Baldursson H, Hansson LI, Olsson TH, Selvik G. Migration of the acetabular socket after total hip replacement determined by roentgen stereophotogrammetry. Acta Orthop Scand 51:535-540, 1980

Beckenbaugh RD, Ilstrup DM: Total hip arthroplasty. A review of three hundred and thirty-three cases with long-term follow-up. J Bone Joint Surg [Am] 60-A:306-313, 1978

Blum HJ, Noble PC, Tullos HS: Migration and rotation of cementless acetabular cups: Incidence, etiology and clinical significance. AAOS 57th Annual Meeting, New Orleans, Louisiana, February 8-13, 1990

Brujin JD, Seelen JL, Feenstra RM, Hansen BE, Bernoski FP: Failure of the Mecring screw-ring acetabular component in total hip arthroplasty. A three to seven-year follow-up study. J Bone Joint Surg [Am] 77-A:760-766, 1995

Carlsson AS, Gentz C-F, Sanzén L: Socket loosening after hip arthroplasty. Radiographic observations in 241 cases up to 15 years. Acta Orthop Scand 57:97-100, 1986

Capello WN, Colyer RA, Kernek CB, Carnahan JV, Hess JJ: Failure of the Mecron screw-in ring. J Bone Joint Surg [Br] 75-B:835-836, 1993

Cordero-Ampuero J, Garcia-Cimbrelo E, Munuera L: Fixation of cementless acetabular cups. A radiographic 4-8-year study of 102 porous-coated components. Acta Orthop Scand 65:263-266, 1994

Cotterill P, Hunter GA, Tile M: A radiographic analysis of 166 Charnley-Müller total hip arthroplasties. Clin Orthop 163:120-126, 1982

Coudane H, Fery A, Sommelet J, Lacoste J, Leduc P, Gaucher A: Aseptic loosening of cemented total arthroplasties of the hip in relation to positioning of the prosthesis: new utilization of the Tschuprow-Cramer statistical test. Acta Orthop Scand 52:201-205, 1981

Delee JG, Charnley J: Radiological demarcation of cemented sockets in total hip replacement. Clin Orthop. 1976 Nov-Dec;(121):20-32

Delaunay CP, Kapandji AI: Survivorship of rough-surfaced threaded acetabular cups. 382 consecutive primary Zweymüller cups followed for 0.2-12 years. Acta Orthop Scand 69:379-383, 1998

Dickob M, Bleher J, Puhl W: Standardisierte Pfannenwanderungsanalyse in der Hüftendoprothetik mittels digitaler Bildverarbeitung. Unfallchirurg 97:92-97, 1994

Dominikus M, Wanivenhaus AH, Morscher M, Powell G, Krismer M, Wölfel G: Different cup migration in rheumatoid arthritis and arthrosis. A radiographic analysis of 127 uncemented acetabular cups. Acta Orthop Scand 69:455-462, 1998

Dominikus M, Morscher M, Beran G, Wanivenhaus A: Pfannenmigrationsanalyse bei rheumatoider Arthritis verglichen mit zementfreien Pfannenrevisionen. Orthopäde 27:349-353, 1998

Engh CA, Bobyn JD, Glassmann AH: Porous-coated hip replacement. The factors governing bone ingrowth, stress shielding, and clinical results. J Bone Joint Surg Br. 1987 Jan;69(1):45-55

Havelin LI, Vollset SE, Engesaeter LB: Revision for aseptic loosening of uncemented cups in 4352 primary total hip prostheses. A report from the Norwegian Arthroplasty Register. Acta Orthop Scand 66:494-500, 1995

Hardinge K, Porter ML, Jones PR, Hukins DWL, Taylor CJ: Measurement of hip prosthesis using image analysis. The maxima hip technique. J Bone Joint Surg [Br] 73:724-728, 1991

Hendrich C, Bahlmann J, Eulert J. Migration of the uncemented Harris-Galante acetabular cup: results of the Ein Bild Röntgen Analyse (EBRA) method. J Arthroplasty 12:889-895, 1997

Ilchmann T, Franzen H, Mjöberg B, Wingstrand H: Measurement accuracy in acetabular cup migration. A comparison of four radiologic methods versus Roentgen stereophotogrammetric analysis. J Arthroplasty 7: 121-127, 1992

Ilchmann T, Kesteris U, Wingstrand H: EBRA improves the accuracy of radiographic analysis of acetabular cup migration. Acta Orthop Scand 69(2):119-24, 1998

Jones PR, Taylor CJ, Hukins DWJ, Porter ML, Hardinge K: Prosthetic hip failure: retrospective radiograph image analysis of the acetabular cup. J Biomed Engl. 11:253-257, 1989

Kaplan EL, Meier P: Nonparametric estimation from incomplete observations. J Am Stat Assoc 53:457-481, 1958

Krismer M, Stoeckl B, Fischer M, Bauer R, Mayrhofer P, Ogan M: Early migration predicts late aseptic failure of hip sockets. J Bone Joint Surg [Br] 78-B:422-426, 1996

Krismer M, Tschupik JP, Bauer R, Mayrhofer P, Stöckl B, Fischer M, Biedermann R: Einzel-Bild-Röntgen-Analyse (EBRA) zur Messung der Migration von Hüftendoprothesen. Orthopäde 26:229-236, 1997

Kutschera HP, Eyb R, Schartelmüller T, Toma C, Zweymüller K: Das zementfreie Zweymüller Hüft-System. Ergebnisse einer 5-Jahres-Nachuntersuchung. Z Orthop 131:513-517, 1993

Lack W, Böhler N, Zweymüller K: Die Hüfttotalendoprothese im Rahmen der chronischen Polyarthrititis. Akt Rheumatol 11:155-161, 1986

Malchau H, Herberts P, Wang YX, Kärrholm J, Romanus B: Long-term clinical and radiological results of the Lord total hip prosthesis. A prospective study. J Bone Joint Surg [Br] 78-B:884-891, 1986

Manley MT, Capello WN, D'Antonio JA, Edidin AA, Geesink RGT: Fixation of acetabular cups without cement in total hip arthroplasty. J Bone Joint Surg [Am] 80-A:1175-1185, 1998

McBroom R, Müller M: Aseptic loosening: fifteen years experience with the Müller total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg [Br]* 66-B:300-301, 1984

Miller J: Instructional course lecture. AAOS 57th Annual Meeting, New Orleans, Louisiana, Feb. 8-13, 1990

Mjöberg B, Selvik G, Hansson LI, Rosenqvist R, Önerfält R: Mechanical loosening of total hip prostheses. A radiographic and roentgen stereogrammetric study. *J Bone Joint Surg [Br]* 68-B:770-774, 1986

Mjöberg B: Fixation and loosening of hip prostheses. A review. *Acta Orthop Scand* 62:500-508, 1991

Morscher E, Schmassmann A: Failures of total hip arthroplasty and probable incidence of revision surgery in the future. *Arch Orthop Trauma Surg* 101:137-142, 1983

Morscher EW: Current status of acetabular fixation in primary total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 274:172-193, 1992

Nunn D, Freeman MAR, Hil PF, Evans SJW: The measurement of migration of the acetabular component of hip prostheses. *J Bone Joint Surg [Br]* 71-B:629-631, 1989

Önsten I, Bengner U, Besjakov J: Socket migration after Charnley arthroplasty in rheumatoid arthritis and osteoarthritis. A roentgen stereophotogrammetric study. *J Bone Joint Surg [Br]* 75-B:677-680, 1993

Önsten I, Akesson K, Obrant KJ: Micromotion of the acetabular component and periacetabular bone morphology. *Clin Orthop* 310:103-110, 1995

Pellici PM, Wilson PD Jr, Sledge CB, Salvati EA, Ranawat CS, Poss R: Revision total hip arthroplasty. Clin Orthop 170:34-41, 1982

Rapperport DJ, Carter DR, Schuman DJ: Contact finite element stress analysis of porous ingrowth acetabular cup implantation, ingrowth, and loosening. J Orthop Res. 1987;5(4):548-61

Russe W: Röntgenphotogrammetrie der künstlichen Hüftgelenke. Huber, Bern Stuttgart Toronto, 1988

Schüle B, Schroeder-Boersch H, Arnold P, Jani L: Implant failure after total hip replacement. Comparison of patients with primary coxarthrosis, rheumatoid arthritis and dysplastic osteoarthritis. Orthopäde 27:341-348, 1998

Schuster A, Immer FF, Steiner W, Noesberger B: Die Zweymüller-Pfanne mit Polyethyleneinsatz. Eine prospektive Studie der ersten 101 Pfanne. In: Schmidt M (ed): Die Metallpaarung „Metasul“ in der Hüftendoprothetik. Verlag Hans Huber, Bern, 1995:137-149

Shaughnessy WJ, Kavanagh BF, Fitzgerald RH: Effects of acetabular component position on total hip arthroplasty results in patients with congenital dislocation of the hip. AAOS 57th Annual Meeting, New Orleans, Louisiana, Feb. 8-13, 1990

Shimizu S, Shiozawa S, Shiozawa K, Imura S, Fujita T: Quantitative histologic studies on the pathogenesis of periarticular osteoporosis in rheumatoid arthritis. Arthritis Rheum. 1985 Jan;28(1):25-31

Selvik G Alberius P, Aronson AS: A roentgen stereophotogrammetric system. Construction, calibration and technical accuracy. Acta Radiol Diagn (Stockh).24(4):343-52, 1983

Selvik G.: A roentgen stereophotogrammetric method for the study of the kinematics of the skeletal system. Acta Ortop Scand 1989; 60:Suppl 232

Simank H-G, Brocal DRC, Reiser D, Thomsen M, Sabo D, Lukoschek M. Middle-term results of threaded acetabular cups. High failure rates five years after surgery. J Bone Joint Surg [Br] 79:366-370, 1997

Snorrason F, Kärrholm J: Primary migration of fully-threaded acetabular prostheses. A roentgen stereophotogrammetric analysis. J Bone Joint Surg [Br] 72-B:647-652, 1990

Stauffer RN: Ten-year follow-up study of total hip replacements. With particular reference to roentgenographic loosening of the components. J Bone Joint Surg [Am] 64-A:983-990, 1982

Stöckl B, Sandow M, Krismer M, Biedermann, Wimmer C, Frischhut B: Migration of the Duraloc cup at two years. J Bone Joint Surg [Br] 81-B:51-53, 1999

Sutherland CJ, Wilde AH, Borden LS, Marks KE: A ten-year follow-up of one hundred consecutive Müller curved-stem total hip-replacement arthroplasties. J Bone Joint Surg [Am] 64-A:970-982, 1982

Thabe H, Wolfram S, Schill S: Mittelfristige Ergebnisse mit der zementfreien "Link"-Endoprothese. Rippenschaft-Typ V Schraubring. Z Orthop. 131 (1993) 568-573

Tompkins GS, Jacobs JJ, Kull LR, Rosenberg AG, Galante JO: Primary total hip arthroplasty with a porous-coated acetabular component. Seven-to-ten-year results. J Bone Joint Surg Am. 1997 Feb;79(2):169-76

Wessinghage D: Historische Aspekte des Gelenkersatzes. Eine bibliographische Studie. Der Orthopäde Band 29, Heft 12, 2000

Wilson-MacDonald J, Morscher E, Masar Z: Cementless uncoated polyethylene acetabulara components in total hip replacement. Review of five- to 10-year results. J Bone Joint Surg [Br] 72-B:423-430, 1990

Wroblewski BM: Wear of high-density polyethylene on bone and cartilage. J Bone Joint Surg [Br] 61-B:498-500, 1979

Wroblewski BM, Lynch M, Atkinson JR, Dowson D, Isaac GH: External wear of the polyethylene socket in cemented total hip arthroplasty. J Bone Joint Surg [Br] 69-B:61-63, 1987

VIII. Danksagung

Ich danke meinen Eltern für die jahrelange Unterstützung, Erziehung und Ausbildung.

Besonders möchte ich auch meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. med. Bernd Fink, für die ausnahmslos gute Unterstützung, Betreuung und ständige Hilfsbereitschaft danken. Diese ging bei weitem über die Erstellung dieser Dissertationsschrift hinaus.

Vielen Dank

A handwritten signature in black ink, reading "Jan-Michael F. Frotz". The signature is written in a cursive style with a large, sweeping initial 'J' and a distinct 'F'.

IX. Lebenslauf

Name: Jan-Michael Erdmann Protzen

Anschrift: Innocentiastraße 40,
D- 20144 Hamburg

Geburtsdatum: 20 März 1973,
Buchholz i. d. Nordheide

Familie: Vater: Jörg-Michael Protzen,
25 Februar 1943, Apotheker
Mutter: Marie-Luise Protzen, geb. Fichtner
23 Januar 1941, Apothekerin
Schwester: Birgit Protzen,
25 August 1970, Dipl. Betriebswirtin

Schullaufbahn: Grundschule: Grundschule Kielortallee,
1979–1983, Hamburg
Gymnasium: Helene-Lange Gymnasium,
1983-1993, Hamburg
High-School: Barrington High-School,
1989/90, Rhode Island, U.S.A.

Zivildienst: Privatklinik Feldbrunnenstraße, OP-Bereich
1993/94, Hamburg

Studium:	1994-1997	Freiburg	Physikum, 1. Staatsexamen
	1997-1998	Innsbruck	
	1998-1999	Hamburg	2. Staatsexamen
	1999-2000	Heidelberg	3. Staatsexamen
Famulaturen:	1997	Kreiskrankenhaus Buchholz, Gynäkologie	
	1997	Universitätsklinik Innsbruck, Unfallchirurgie	
	1998	Rheumaklinik Bad Bramstedt, Orthopädie	
	1998	Fabriciusklinik Remscheid, Orthopädie	
	1999	Caritas Klinik Bad Mergentheim, Orthopädie	
Praktisches Jahr:	Innere Medizin	Bad Mergentheim	
	Orthopädie	Bad Mergentheim	
	Chirurgie	Leuggern, Schweiz	
Arzt im Praktikum:	Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Abteilung Orthopädie Rheumaklinik Bad Bramstedt, Abteilung Orthopädie		

Hamburg, den 2. Februar 2002



X. Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe, und dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Hamburg, den 2. Februar 2002

A handwritten signature in black ink, reading "Jan-Michael F. Frotz". The signature is written in a cursive style with a large initial 'J' and 'F'.