

**Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Universität Würzburg**

König-Ludwig-Haus

Direktor: Prof. Dr. med. J. Eulert

Migrationsanalyse von
Sphärischen Pressfit-Pfannen
bei Hüftendoprothesenwechseloperationen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von

Robert M. Ritzel

aus Apolda

Hamburg, Februar 2005

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. C. Hendrich

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. R. Thull

Dekan: Prof. Dr. med. G. Ertl

Tag der mündlichen Prüfung: 26.07.2005

Der Promovend ist Arzt.

Inhalt

Abkürzungen

1. Einleitung	1
2. Material und Methoden	5
2.1 Harris-Galante-Pfanne.....	5
2.2 Patientenkollektiv	5
2.3 Studiendesign.....	5
2.4 Diagnosen	6
2.5 Operation.....	7
2.5.1 Pfannengröße.....	8
2.5.2 Schraubenanzahl	8
2.6 Defektklassifikation.....	9
2.6.1 Defektklassifikation nach AAOS	9
2.6.2 Defektklassifikation nach Tanzer et al.	9
2.7 Rotationszentrum	11
2.8 Knochentransplantation.....	13
2.9 Klinische Untersuchung.....	14
2.9.1 Harris-Score	15
2.10 Röntgenuntersuchung	15
2.11 Bewertung der Pfanne.....	15
2.11.1 Migrationsanalyse	15
2.11.2 Radiolucent Lines	16
2.12 Lockerungsdiagnose	16
2.13 Einbildröntgenanalyse	17
2.13.1 Hard- und Softwarevoraussetzungen	18
2.13.2 Messvorgang	18
2.13.3 Auswertung	20
2.13.4 Messgenauigkeit	21
2.14 Statistik.....	21

3. Ergebnisse	22
3.1 Peri- und postoperative Komplikationen	22
3.2 Prothesenschicksal	23
3.2.1 Überlebenszeitanalyse Gesamtkollektiv	26
3.3 Klinische Ergebnisse	28
3.4 Harris-Score	30
3.5 Röntgenuntersuchung der Pfanne.....	31
3.6 Rotationszentrum	34
3.7 Überlebenszeitanalyse und Defektklassifikation.....	35
3.8 Knochentransplantation.....	37
3.9 Überlebenszeitanalyse und Knochentransplantation.....	37
3.10 EBRA.....	40
3.10.1 Überblick Anzahl der Fälle.....	40
3.10.2 Beispiel einer gewanderten und gewechselten Pfanne	41
3.10.3 Beispiel einer nicht gewanderten Pfanne	42
3.10.4 Horizontale Wanderung.....	43
3.10.5 Vertikale Wanderung	44
3.10.6 Statistische Analyse der EBRA-Daten.....	45
3.10.7 Zeitpunkt der Migration.....	52
3.10.8 Beispiel einer gewanderten und später stabilisierten Pfanne	54
3.10.9 Beispiel einer progredienten Wanderung	56
4. Diskussion	57
5. Zusammenfassung	64
6. Literatur	66
7. Anhang	73

Abkürzungen

AAOS	American Academy of Orthopaedic Surgeons
Abb.	Abbildung
AP	anterior-posterior
BÜS	Beckenübersicht
bzw.	beziehungsweise
CD-ROM	Compact-Disc-Read-only-Memory
d.h.	das heißt
EBRA	Einbildröntgenanalyse
etc.	et cetera
ggf.	gegebenenfalls
HG	Harris-Galante
JJMMTT	Jahr-Jahr-Monat-Monat-Tag-Tag (Datumsangabe)
OP	Operation
PE	Polyethylen
RSA	Röntgenstereophotogrammetrie
SICOT	International Society of Orthopaedic Surgery and Traumatology
TEP	Totalendoprothese
Ti	Titan
TIF	Tagged-Image-File

1. Einleitung

Die Implantation des Hüftgelenkersatzes ist ein nachgewiesen patientenorientiertes Verfahren mit hoher Effizienz^{5;11;20;41;50;52;53}. Weltweit werden jährlich ca. eine Million primäre Implantate eingesetzt¹.

In Deutschland werden jährlich ca. 100.000 primäre totale Hüftgelenkimplantationen durchgeführt¹. Obwohl die mittlere Implantatüberlebensdauer deutlich über 10 Jahren liegt, sind jährlich bis zu 10.000 Revisionen nötig^{2;20;50}. Die zunehmende Anzahl jüngerer Patienten (2002 ca. 20% unter 60 Jahre zu OP-Beginn) stellt neue Anforderungen an die Revisionsoperation. So muss diesen Patienten auch im Revisionsfall eine dauerhafte Versorgung angeboten werden¹.

Der Nutzen von Revisionsoperationen hat sich in mehreren mittelfristigen Studien gezeigt^{2;4;32;45;51}. Während bei Primärimplantationen in erster Linie die Wiederherstellung der Gelenkfunktion im Vordergrund steht, stellt die Revisionsarthroplastik größere Anforderungen. Oft findet sich ein instabiles Primärimplantat mit deutlichen Knochenverlusten durch Osteolysen. Wichtigstes Ziel einer Wechseloperation ist daher eine stabile Implantatverankerung^{5;32;33;45}.

Für den Prothesenwechsel stehen zur Zeit drei Verfahren zur Verfügung:

Einige Autoren verwenden nach wie vor zementierte Systeme. Diese haben jedoch im Langzeitverlauf überwiegend sehr schlechte Ergebnisse gezeigt. Ausgeprägte Knochenverluste sind mit den diesen Verfahren teilweise nur unzureichend rekonstruierbar^{33;37;42;43;52}.

Von zahlreichen Operateuren werden als Standardverfahren Stützschaalen für Wechseloperationen eingesetzt. Die Ergebnisse für diese Systeme sind jedoch teilweise unzureichend oder widersprüchlich dokumentiert. Langzeitergebnisse

und die Angabe echter 10-Jahresüberlebensraten fehlen fast vollständig^{6;16;30;31;33;40;44;54}.

Die dritte Alternative stellt die Verwendung von zementfreien hemisphärischen Pfannen dar. Für dieses System liegen mittelfristig gute Ergebnisse vor. Die Ursachen für ein erneutes Implantatversagen und die sich daraus ergebenden Grenzen der Indikation sind bisher jedoch nur unzureichend dargestellt^{10;31;32;48;51}.

Als Prototyp der sphärischen Pressfit-Pfanne darf die Harris-Galante Pfanne bezeichnet werden. Bei diesem Implantat besteht die Möglichkeit einer zusätzlichen Schraubenfixation. Dadurch kann auch bei knöchernen Defektsituationen, die eine alleinige Pressfit-Verankerung nicht zulassen, noch eine Primärstabilität erreicht werden. Die mikroporöse Oberfläche erlaubt sekundär eine stabile Osseointegration^{41;52}.

Bisherige Studien zeigen bei der Verwendung der Harris-Galante-Pfanne als Revisionspfanne mittelfristig sehr gute Ergebnisse bei umgrenzten knöchernen Defektsituationen. Über den Einsatz bei höhergradigen Defektsituationen liegen bisher nur unzureichende Aussagen vor.

Für die Bewertung der Stabilität von Implantaten werden klinische und radiologische Parameter eingesetzt²⁶. Den klinischen Parametern wie Schmerz, Belastungsfähigkeit, Gehstrecke und Bewegungsfähigkeit stehen qualitative und quantitative radiologische Parameter gegenüber. Den qualitativen Kriterien wie Unversehrtheit des Implantates, Veränderung des Implantatbettes sowie der Beurteilung der Grenzfläche zwischen Implantat und Knochen steht als quantitativer Parameter nur die Veränderung der Implantatposition im Sinne einer Migration gegenüber²².

Aufgrund der Schwierigkeit der Beurteilung von Saumbildungen bei zementfreien Pfannen kommt der Messung der Implantatmigration eine entscheidende Bedeutung für die Bewertung von künstlichen Hüftgelenken zu²⁷. Mittlerweile stehen mehrere Methoden mit unterschiedlichen Anforderungen an Untersucher und das zugrundeliegende Material zur Verfügung. Es gibt eine Reihe von Verfahren mit Bleistift und Lineal (Nunn, Sutherland, Wetherell). Die Genauigkeit dieser Verfahren wird mit ± 5 mm angegeben²². Diesen Methoden stehen digitale Verfahren wie die EinBildRöntgenAnalyse (EBRA) und die Röntgenstereophotogrammetrie (RSA) gegenüber. Der technische Aufwand bei der RSA ist erheblich. Während der Operation müssen metallische Orientierungspunkte am Knochen eingesetzt werden. In der Nachuntersuchung muss die doppelte Anzahl an Röntgenbildern angefertigt werden, was auch der doppelten Strahlendosis entspricht. Dem stehen jedoch eine theoretische Messgenauigkeit von 0,1 mm²² und die Messung in drei Dimensionen gegenüber²⁴. Aufgrund der hohen Messgenauigkeit wird diese Methode insbesondere für kleinere Patientenkollektive mit kürzerer Nachuntersuchungszeit empfohlen²⁴. Bei der EBRA sind keine besonderen Anforderungen an die Operation notwendig. Die Messgenauigkeit wird mit bis zu 0,7 mm angegeben²². Als Grundvoraussetzung sind jedoch mindestens vier konsekutive Beckenübersichten in ausreichender Qualität erforderlich. Deshalb wird dieses Verfahren in Vergleichsstudien von Ilchmann et al. für pro- und retrospektive Analysen großer Patientengruppen mit langen Nachuntersuchungszeiten empfohlen^{24;25}. Da das Verfahren auch für die digitale Radiografie geeignet ist, ist in Zukunft mit einer breiteren Anwendung zu rechnen²⁵.

Die Rolle der Implantatmigration im Langzeitverlauf ist nicht vollständig geklärt. So zeigt sich zwar in einigen Studien, dass gesicherte Migrationen eine Lockerung anzeigen, andererseits ist die Migration im Langzeitverlauf noch nicht näher betrachtet worden. Die Frage, ob eine frühe Migration prognostische Aussagen zulässt, ist speziell bei Pfannenrevisionen bisher nicht geklärt. Mit manuellen Messverfahren konnte gezeigt werden, dass Pressfit-

Pfannen im Revisionsfall stärkere Migration zeigen, als bei der Primärimplantation. Jedoch zeigte sich auch, dass diese geringer ist, als bei zementierten Systemen³⁵.

Ziel dieser Arbeit war es daher, die mittel- bis langfristigen Ergebnisse der Harris-Galante-Pfanne in einem prospektiv erfassten Patientengut mit teilweise höhergradigen Knochendefektsituationen zu dokumentieren. Für die Beurteilung der biomechanischen Implantatstabilität wurde das digitale Messverfahren der EinBildRöntgenAnalyse (EBRA) eingesetzt. Mit der Implantatmigration sollte insbesondere der Einfluss der Defektsituation und der Knochentransplantate auf die Implantatstabilität dargestellt werden.

2. Material und Methoden

2.1 Die Harris-Galante-Pfanne

Die Harris-Galante-Pfanne-I besteht aus einem hemisphärischen Grundkörper aus einer Titan-Aluminium-Vanadium-Legierung (Ti-6Al-4V). Sie ist mit einem porösen Fasernetz aus Reintitan überzogen. Des Weiteren sind bis zu 12 Löcher (Durchmesser 5,1 mm) in die Pfanne eingearbeitet, um eine Schraubenfixation im Becken zu ermöglichen. Das Polyethylen-Inlay wird mit einem Federmechanismus in der Pfanne verankert^{41;52}. Als Prothesenkopf wurde im Regelfall ein 32 mm Metall-Kopf eingesetzt bzw. belassen.

2.2 Patientenkollektiv

Im Zeitraum von I/1987 bis II/1992 wurden im König-Ludwig-Haus 118 konsekutive Pfannenwechsel bei 112 Patienten mit der zementfreien HG-Pfanne durchgeführt. Es handelte sich um 75 weibliche (80 Hüften) und 37 männliche (38 Hüften) Patienten. Das Alter zum OP Zeitpunkt lag bei durchschnittlich $68,2 \pm 10$ Jahren. Es handelte sich um 58 komplette TEP-Wechsel und 60 Pfannenwechsel. 51 Operationen wurden auf der rechten Seite, 67 Operationen wurden auf der linken Seite durchgeführt.

2.3 Studiendesign

Die Patienten wurden prospektiv innerhalb der Hüftsprechstunde erfasst und regelmäßig klinisch sowie radiologisch nachuntersucht. Als Einschlusskriterium galt ein Hüftwechsel mit einer HG-Pfanne innerhalb des Zeitraumes von I/1987 bis II/1992. Präoperativ wurde die Defektklasse nach den Kriterien der AAOS bestimmt. Diese wurde durch eine Unterklassifikation nach Tanzer et al. ergänzt. Die Beckenübersichtsaufnahmen wurden digitalisiert und mit der EinBildRöntgenAnalyse (EBRA) vermessen.

2.4 Diagnosen

Aus den Krankenakten wurden die Diagnosen entnommen, die zur Revision führten. Bei insgesamt 118 Operationen ergab sich die folgende Verteilung der Diagnosen. 104 mal lag eine aseptische Lockerung vor. Sechs Implantate waren gebrochen. Aufgrund ausgeprägter Osteolysen an der Pfanne wurden vier Implantate getauscht. Rezidivierende Luxationen führten bei zwei Implantaten zum Wechsel, zwei weitere Implantate wurden im Rahmen von zweizeitigen Wechseloperationen nach einer Infektion eingesetzt.

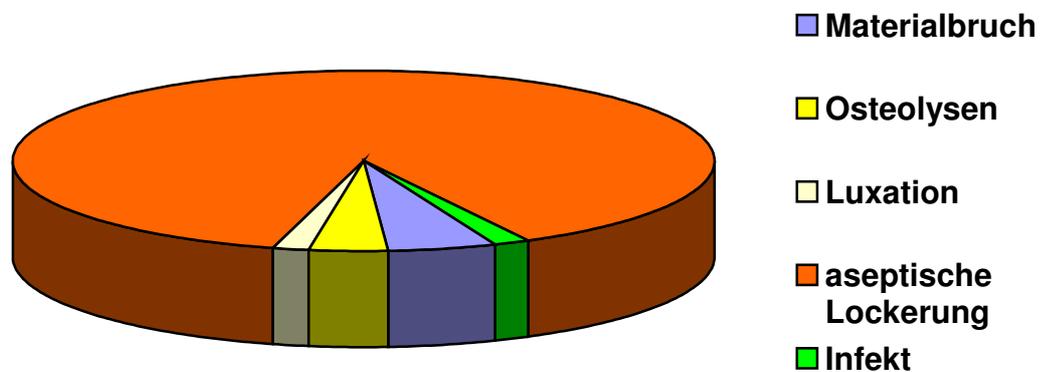


Abbildung 1: Dargestellt ist die Verteilung der Diagnosen.

2.5 Operation

In der Regel wurde ein transglutealer Zugang, ggf. mit Erweiterung nach distal im Sinne eines lateralen Zuganges verwendet. Nach Durchtrennung von Haut und Subkutis sowie Spalten des Tractus iliotibialis in Längsrichtung wurde der Musculus gluteus medius im Faserverlauf gespalten. Der Musculus gluteus minimus wurde abgeschoben und die Kapsel sukzessive vollständig exzidiert. Nach Luxation und Entfernung der gelockerten Implantatkomponenten wurde die Pfannenzirkumferenz mit Hohmannhebeln dargestellt. Lockerungsmembranen und Osteolysen wurden sorgfältig kurretiert. Anschließend erfolgte die Beurteilung des Pfannendefektes. Nun wurde der Pfannendefekt sparsam mit Raffelfräsen in aufsteigender Reihenfolge aufbereitet, um eine sphärische Form der Defektsituation zu erzeugen. Das letzte verwendete Fräskörbchen diente als Probeimplantat. Verbleibende Defekte wurden entweder mit strukturellen oder gemahlene Knochenbanktransplantaten aufgefüllt. Nach sorgfältiger Spülung erfolgte die Knochentransplantation und das Einsetzen des definitiven Implantates 2 mm größer als die letzte Fräse mit limitiertem Pressfit. Die endgültige Stabilisierung der Pfanne erfolgte mit Pfahlschrauben in unterschiedlicher Anzahl. Anschließend erfolgte das Abtragen eventuell überstehender osteophytärer Randanbauten und das Einsetzen des Pfanneninlays. Nach weiterer Durchführung des gegebenenfalls notwendigen Schaftwechsels erfolgte der Wundverschluss standardmäßig über einer intraartikulären, einer subfascialen und einer subkutanen Redondrainage.

2.5.1 Pfannengröße

Der Durchmesser der HG-Pfannen verteilte sich wie folgt: 48 mm – n=3; 52 mm – n=6; 54 mm – n=8; 56 mm – n=22; 58 mm – n=14; 60 mm – n=22; 62 mm – n=21; 64 mm – n=8; 66 mm – n=7; 68 mm – n=2; 70 mm – n=5. Die mittlere Größe lag bei 60 mm.

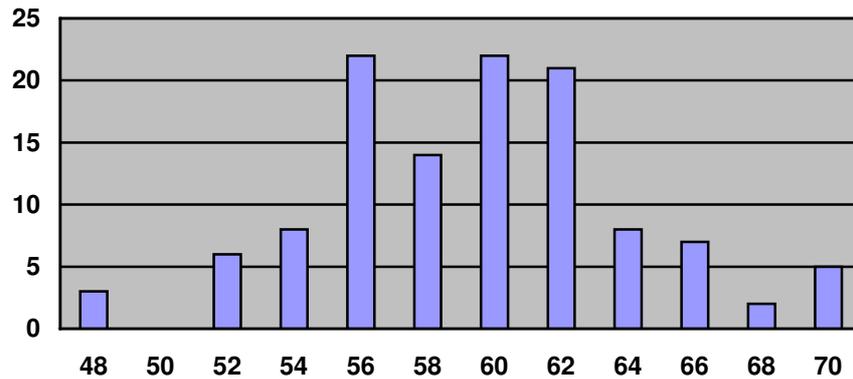


Abbildung 2: Verteilung der Pfannengröße. Auf der Ordinate ist die Anzahl der Pfannen, auf der Abszisse der Pfannendurchmesser in [mm] aufgetragen.

2.5.2 Schraubenanzahl

Für die Verankerung der HG-Pfanne im Knochen wurden zwischen drei und acht Schrauben verwendet. Die mittlere Anzahl lag bei 4,7 Schrauben. Die Verteilung ist in folgender Abbildung dargestellt.

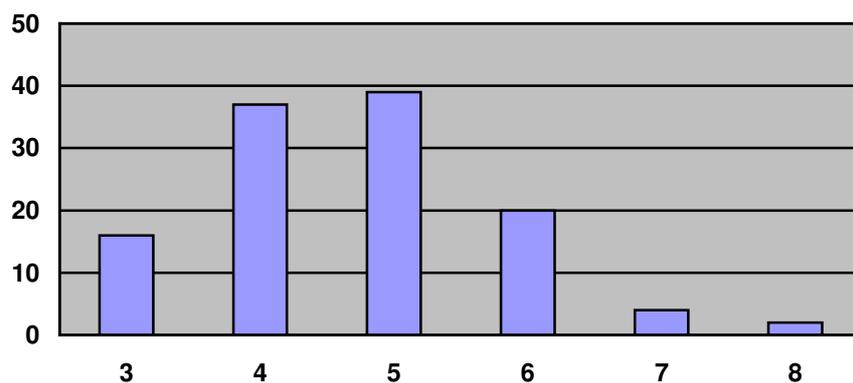


Abbildung 3: Verteilung der Schraubenanzahl. Auf der Ordinate ist die Anzahl der Operation, auf der Abszisse die Schraubenanzahl aufgetragen.

2.6 Defektklassifikationen

Es wurde primär eine Einteilung nach den Kriterien der AAOS gewählt. Eine Erweiterung zur Unterscheidung des Typs III nach AAOS wurde mit der Tanzer-Klassifikation gewählt^{12;17;39;49}.

2.6.1 Defektklassifikation nach AAOS

Zur Operationsvorbereitung, Vergleichbarkeit und Auswertung der Operationen wurde am präoperativen Röntgenbild und intraoperativ der knöchernen Defekt am Pfannenlager nach den Kriterien der AAOS bestimmt¹². Die Einteilung erfolgt in fünf Graden, die in der folgenden Übersicht zusammengestellt sind:

Typ I: Segmentale Defekte, entweder peripher(superior, anterior, posterior) bzw. zentral

Typ II: Kavitäre Defekte entweder peripher(superior, anterior, posterior) bzw. zentral

Typ III: Kombinierte und kavitäre Defekte

Typ IV: Beckendiskontinuität

Typ V: Arthrodesen

2.6.2 Defektklassifikation nach Tanzer et al.

Eine Erweiterung der AAOS-Einteilung des knöchernen Defektes wurde nach Tanzer et al. 1992 für den Defekttyp III vorgenommen⁴⁹.

Typ 3: Große Defekte, die ein Knochentransplantat notwendig machen.

Typ IIIa: Transplantat wurde genutzt, um größere Defekte zu füllen.

Typ IIIb: Transplantat wurde eingesetzt, um große segmentale Defekte zu überbrücken, z.B. große Defekte in der medialen Wand, am Pfannendach oder am vorderen bzw. hinteren Pfeiler.

Es ergab sich die folgende Verteilung: zwei Hüften entsprachen Typ I, 29 Hüften entsprachen Typ II, 82 Hüften entsprachen Typ III, 28 Hüften entsprachen Typ IIIa, 55 Hüften entsprachen Typ IIIb und fünf Hüften entsprachen Typ IV⁹.

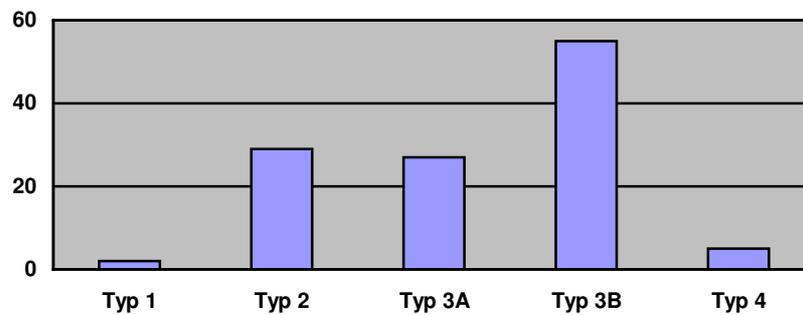


Abbildung 4: Verteilung der Defektklassen. Auf der Ordinate ist die Anzahl der Patienten, auf der Abszisse die Defektklasse aufgetragen.

2.7 Rotationszentrum

Zur zeichnerischen Ermittlung des Rotationszentrums im Röntgenbild wurde eine Basislinie horizontal an die beiden Köhlerschen Tränenfiguren gelegt. Eine zweite horizontale Linie wurde in einem Abstand von 20 % der Beckenhöhe über die Köhlerlinie gelegt. Eine senkrechte Linie wurde 5 mm lateral der Mitte der Köhlerschen Tränenfigur auf der zu untersuchenden Seite eingezeichnet. Die vierte Linie legt man im 45° Winkel durch den Schnittpunkt der Köhlerlinie mit der senkrechten Linie. Es ergibt sich nun ein gleichschenkliches Dreieck. Die Mitte der Hypotenuse dieses Dreiecks entspricht dem anatomischen Rotationszentrum. Von diesem Punkt aus wird 10 mm nach kranial und 10 mm nach lateral der Nullpunkt unseres Koordinatenkreuzes eingezeichnet. Das Koordinatenkreuz bestimmt vier Quadranten, 1 liegt inferior-medial, 2 superior-medial, 3 superior lateral und 4 inferior lateral³⁸.

Zusätzlich wurde das prä- und postoperative Rotationszentrum bezüglich seines Abstandes in [mm] von der Köhlerlinie bzw. von der Senkrechten zu ihr erfasst.

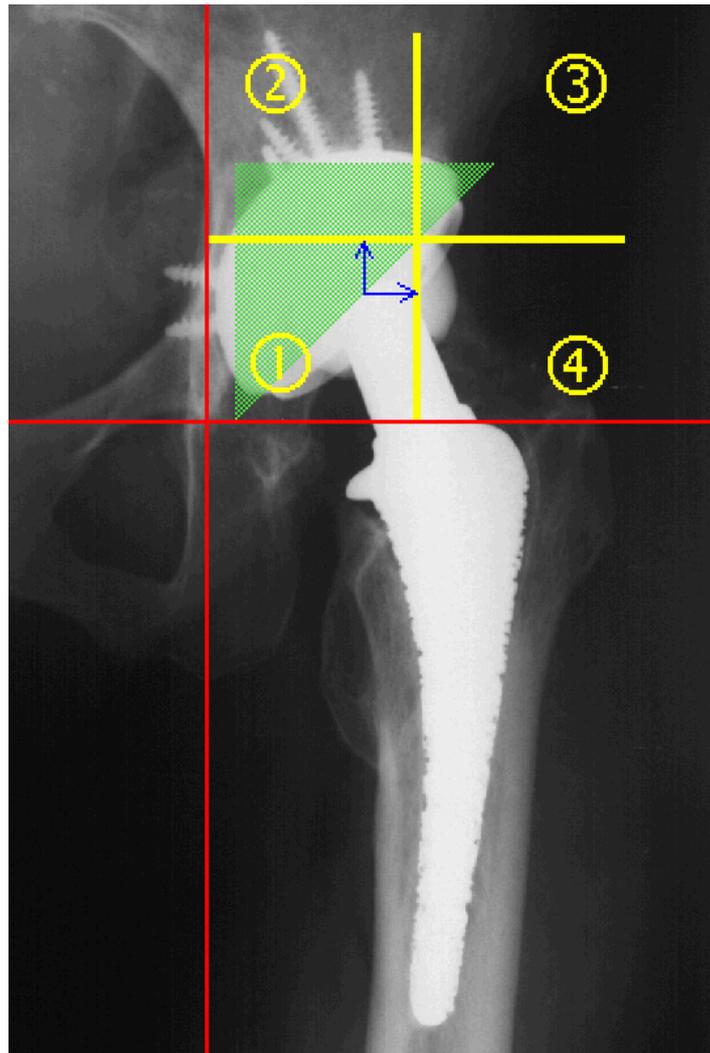


Abbildung 5: Dargestellt ist ein Röntgenbild mit den 4 möglichen Lagen des Rotationszentrums.

2.8 Knochentransplantation

Bei dem überwiegenden Teil des Kollektives wurden Knochentransplantationen zur Stabilisierung des Implantates bzw. zur Auffüllung von Defekten eingesetzt. Dabei wurde bei 92 Hüften gemahlene Spongiosa und bei 21 Hüften strukturelle Transplantate verwendet. Lediglich in fünf Fällen wurde kein Knochentransplantat verwendet.

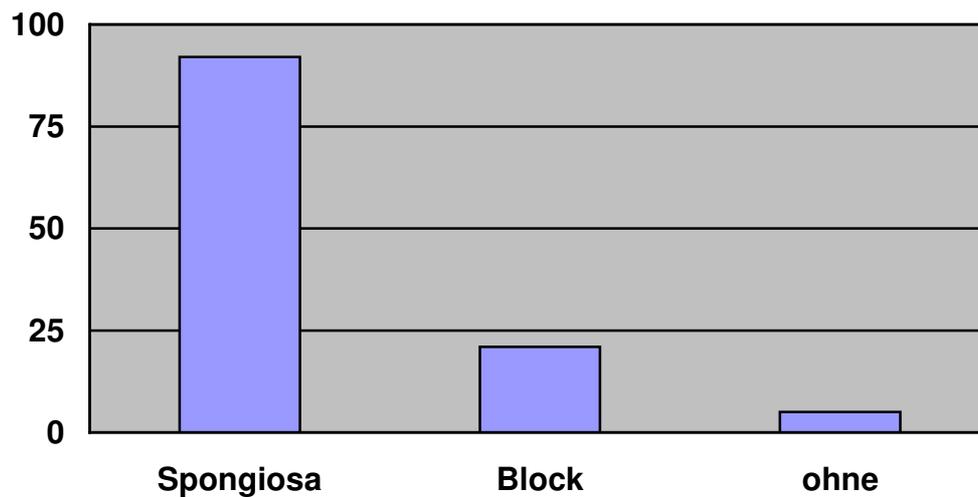


Abbildung 6: Verteilung der Knochentransplantate. Auf der Ordinate ist die Anzahl, auf der Abszisse das verwendete Transplantat aufgetragen.

2.9 Klinische Untersuchung

Alle Patienten wurden im Rahmen der Hüftsprechstunde gemäß dem Konsensuspapier von AAOS, SICOT und Hip-Society untersucht²⁶.

Das Gangbild wurde nach Hinken und Ausprägung (stark, mäßig, leicht, nicht vorhanden) beurteilt. Der Lokalbefund umfasste Narbenrötung, Druckschmerz im Narbenverlauf, Schwellung oder Überwärmung. Der Beckengeradestand wurde im Stehen untersucht, ggf. wurden Unterlegbrettchen verwendet. Die Brettchenhöhe wurde als Ausmaß der Beinverkürzung gewertet. Im Stehen wurde der Trendelenburg-Test durchgeführt. Der Bewegungsumfang wurde nach der Neutral-0-Methode dokumentiert. Eine etwaige Beugekontraktur wurde durch den Thomas-Handgriff ausgeglichen. Dokumentiert wurden auf beiden Seiten Extension/Flexion, Abduktion/Adduktion sowie Außen- und Innenrotation bei gestrecktem Hüftgelenk.

Lokale Schmerzen wurden nach Lokalisation, Ausstrahlung, Intensität (stark, mäßig, mild, kein Schmerz) und zeitlichem Auftreten (Ruheschmerz, Anlaufschmerz, Belastungsschmerz) differenziert. Der Patient wurde aufgefordert die eigene Aktivität in schwer, mäßig, leicht, halbsitzend, sitzend oder bettlägerig zu klassifizieren und seine eigene Leistungsfähigkeit bei dieser Tätigkeit während der letzten drei Monate in Prozent (25, 50, 75 und 100%) zu beziffern. Außerdem wurde die Gehtechnik des Treppensteigens (Wechselschritt, Geländer, Nachstellschritt), das Aufstehen vom Stuhl, das Anziehen von Schuhen und Socken sowie die Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel erfragt.

Die Gehfähigkeit wurde ohne bzw. mit Gehhilfen (ein bzw. zwei Achselstützen, Unterarmgestützen, Gehstöcke) ermittelt. Abschließend wurde der Patient nach seiner Bewertung des postoperativen Verlaufs (Schmerzminderung, Beschwerdeverbesserung, subjektive Zufriedenheit) befragt.

2.9.1 Harris-Score

Aus den subjektiven und klinischen Daten wurde der Harris-Hip-Score errechnet¹⁹. Die maximal erreichbare Punktzahl von 100 setzte sich aus den Kategorien Schmerz, Bewegungsumfang, Verrichtungen des täglichen Lebens und Gehstrecke zusammen.

2.10 Röntgenuntersuchung

Bei jeder Untersuchung der Patienten wurden eine tief eingestellte Beckenübersicht und eine Aufnahme nach Lauenstein angefertigt. Um die Vergleichbarkeit der Bilder zu garantieren, wurden alle Aufnahmen unter konstanten Bedingungen auf derselben Röntgenanlage angefertigt. Der Film-Fokus-Abstandes betrug einheitlich 115 cm.

2.11 Bewertung der Pfanne

Die zur Beurteilung verwendeten Kriterien basieren auf den Empfehlungen von Johnston et al.²⁶. Für die Bewertung der Pfanne wurden folgende Kriterien hinzugezogen: Migration des Implantates und die Radiolucent Lines um die Pfanne. Größere Osteolysen wurden ebenfalls erfasst. Heterotrope Ossifikationen wurden nach Brooker et al. quantifiziert⁷.

2.11.1 Migrationsanalyse

Die Migration der Pfanne wurde mit der EinBildRöntgenAnalyse gemessen. Die Messgenauigkeit der EBRA wird mit ± 1 mm angegeben^{22;25;28}. Entsprechend wurde eine Pfanne als gewandert definiert, wenn der Messbereich von ± 1 mm überschritten wurde.

2.11.2 Radiolucent Lines

Im Bereich der Pfanne wurde die Implantat-Knochen-Grenze bewertet. Auf dem letzten jeweils vorhanden Röntgenbild wurden die Aufhellungslinien (=Radiolucent Lines) an der Pfanne in den drei Zonen von DeLee und Charnley ausgewertet. Dabei wird die Pfanne in drei gleiche Zonen (Keile) ausgehend vom Rotationszentrum des Implantates geteilt. Zone I liegt dann kranial und die Zonen II und III jeweils darunter³⁴.

2.12 Lockerungsdiagnose

Um zwischen gelockerten und stabilen Implantaten zu unterscheiden, wurden die Kriterien von Engh verwendet¹⁵. Ein Implantat wurde als gelockert bezeichnet, wenn ein Wechsel des Implantates erfolgt ist oder wenn eindeutige radiologische bzw. klinische Zeichen für eine Lockerung vorhanden waren. Klinische Kriterien waren Veränderung des Schmerzcharakters, der Lokalisation des Schmerzes und Änderung des Gangbildes des Patienten. Radiologische Kriterien waren kontinuierliche Radiolucent Lines um die Pfanne in zwei der drei Zonen von DeLee und Charnley, progressive Osteolysen die eine mögliche Pfanneninstabilität andeuten, eine manuell messbare Pfannenmigration von mehr als 3 mm oder eine Änderung der Inklination von mehr als 8°. Auch ein Bruch der Pfanne wurde als Zeichen für eine Instabilität gewertet.

2.13 EinBildRöntgenAnalyse (EBRA)

Die EinBildRöntgenAnalyse ist ein computergestütztes Verfahren zur Migrationsanalyse von Hüfttotalendoprothesen in Standard-AP-Röntgenbildern des Beckens. Das Verfahren wurde 1984 in einer gemeinsamen Arbeitsgruppe der Orthopädischen Klinik und dem Institut für Mathematik und Geometrie der Universität Innsbruck entwickelt und erstmals 1988 publiziert (W. Russe, Universitätsklinik für Orthopädie; J.P. Tschupik und P. Myrhofer, Abteilung für Geometrie des Institutes für Mathematik und Geometrie an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Architektur).

Die EBRA beruht auf einem geometrischen Vergleich eines Passpunktsystems des Beckens mit der Kopf- und Pfannenkontur im Zeitverlauf. Durch einen sogenannten Vergleichbarkeitsalgorithmus wurde das virtuelle Zentrum des Beckens mit dem errechneten Mittelpunkt von Kopf und Pfanne verglichen und die Vergleichbarkeit der zugrunde liegenden Röntgenbilder sichergestellt.

Nach Erfassung der Datensätze wurden diese in einem anderen Programmmodul aufgerufen. Hier wurden die Bilder weiter analysiert. Ungeeignete Projektionen wurden mit Hilfe des Vergleichbarkeitsalgorithmus ausgeschlossen. Entscheidend war dabei die Regressionsberechnung aus den Rohdaten zu den endgültigen Messdaten nach einem speziellen statistischen Modell. Eine Wanderung wurde nur zwischen vergleichbaren Röntgenbildern ermittelt und ausgewertet. Dieses Verfahren ist sowohl für Polyethylenpfannen mit kreisförmigen Kontrastring (z.B. Modelle nach Mathys, Charnley und Müller), als auch bei konischen Titan-Schraubpfannen mit kreisförmigen Rand (z.B. Zweymüller-Pfanne) und sphärischen „Metallpfannen“ (z.B. Harris-Galante Pfanne²²) geeignet.

2.13.1 Hard- und Softwarevoraussetzungen

Die digitale Version von EBRA arbeitet mit einer grafischen Benutzeroberfläche, die als Basis mindestens das Betriebssystem Windows 95[®] oder Windows NT 4.0[®] erfordert. Im Gegensatz zur alten Version, bei der die Punkte/Linien auf den Röntgenbildern markiert wurden, sind nun digitale Röntgenbilder erforderlich. Dabei ist es unerheblich, ob diese primär mit digitalen Röntgenanlagen bzw. aus digitalen Archiven oder sekundär durch einen Scanvorgang erfasst werden. Bei dieser Arbeit wurden die archivierten Röntgenbilder mit einem Optotech DD10 Scanner mit Zeiss-Optik eingelesen. Innerhalb des Bildanalysesystems OPTIMAS[®] wurde von den österreichischen Entwicklern das Makromodul EBRA programmiert, um am Bildschirm die Markierungen der Röntgenbilder vorzunehmen und die Markierungen als Datensatz in einer Ergebnisdatei zu speichern. Die Auswertung und Darstellung der Ergebnisse erfolgte mit den Programmen EBRAGRAF, dies lieferte das Ergebnis in Form einer Tabelle und SIMULGRAF, hier erfolgte eine anschaulichere Darstellung in Form eines Diagramms. In dieser Studie erfolgte dieser Vorgang mit Hilfe von zwei Computern. Einer wurde ausschließlich für den Scanvorgang, ein zweiter für die Auswertung mit der EBRA-Software verwendet. Zum Übertragen der Bilddatei aus dem Scanvorgang wurde einerseits das Netzwerk des König-Ludwig-Hauses genutzt, andererseits wurden die Bilder auf CD-ROM abgespeichert. Als Softwarevarianten dienten in diesem Fall das Betriebssystem Windows NT 4.0[®] mit dem Programm OPTIMATE 6.1[®] und der EBRA-Software von 1999.

2.13.2 Der Messvorgang

Zuerst wurden die Röntgenbilder in chronologischer Reihenfolge eingescannt. Aus der Bildarchivierung wurden die Bilder exportiert und in ein *.TIF-Format umgewandelt. Die einzelnen Bilder wurden so in der Form JJMMTT.tif in einem eigenen Patientenordner abgespeichert. Mit dem Aufrufen des ersten Bildes einer Serie erfolgte in dem EBRA-Programm für jeden Patienten die Erstellung einer Datei, in die einerseits die Daten der Bildanalysen und andererseits Familienname, Vor- bzw. Rufname, eine Codenummer (beschreibt die

Zugehörigkeit eines Patienten zum hiesigen Studienkollektiv und eine Nummer zur anonymen Weiterverarbeitung), der Implantattyp, Datum der Röntgenaufnahme in Format JJMMTT, Hüftkopfgröße und Pfannendurchmesser, der Film-Fokus-Abstand in Millimetern sowie den Dateinamen enthielt.

Anschließend wurden die Bilder hintereinander aufgerufen und nach einem vorgeschriebenem Schema markiert. Dabei musste man sorgfältig darauf achten, dass man die Punkte einer jeden Serie exakt auf jedem Bild bestimmt, um eine optimale Vergleichbarkeit zu erhalten. Als erstes wurden die Referenzlinien im Becken eingezeichnet bzw. markiert. Die Basis dieses Rasters bildete eine Tangente die durch zwei Punkte am kaudalsten Punkt beider Foramina obturatoria definiert war. Jede weitere Tangente ist entweder parallel oder senkrecht zu dieser Basislinie. Danach folgte die zweite horizontale Tangente am Ramus superior ossis pubis, sowie die dritte horizontale Tangente durch ein Foramina sacralia. Innerhalb einer Bilderserie musste stets das gleiche Foramen genutzt werden. Daher sollte man bereits beim ersten Röntgenbild vergleichen, ob dieses Foramen auf allen Röntgenbildern gut zu markieren war. Als nächstes wurden die vertikalen Linien markiert. Zwei Tangenten lagen rechts und links der Apertura pelvis an. Eine weitere M-Tangente markierte die Mitte des Beckens, sie läuft durch die Symphysis pubica. Zuletzt erfolgte die Markierung der F-Tangente, diese verlief ipsilateral an der Seite der Prothese am Foramen obturatoria.

Nach den Referenzlinien am Becken erfolgte die Markierung am Implantat. Am Kopf und am Liner wurden mindestens vier Referenzpunkte, an der Pfannenkontur wurden mindestens sechs Punkte gesetzt. Im Idealfall wurden die Konturpunkte gleichmäßig verteilt. Die Markierung des Liners war besonders schwierig, da der Computer hier eine Ellipse in das Bild hineinrechnen musste, was sich bei geringen Anteversionen am deutlichsten zeigte.

Am Ende jeder Bildmarkierung wurden die Eingaben als Datensatz gespeichert. Dieser Datensatz konnte nun im Auswertungsprogramm weiterverarbeitet werden. Eine besonders nützliche Weiterentwicklung hinsichtlich der

2.13.4 Messgenauigkeit

Eine Wanderung ist nur zwischen miteinander vergleichbaren Röntgenbildern vermessbar. Daher enthält die EBRA-Software den sogenannten Vergleichbarkeitsalgorithmus, der einzelne Bilder bei mangelnder Vergleichbarkeit aus der Serie ausschließt. Mindestens vier Röntgenbilder pro Patient werden für eine sinnvolle Wanderungsanalyse benötigt.

Die Funktion des Algorithmus ist es, Paare von untereinander vergleichbaren Röntgenbildern zu bilden, deren Raster der Beckenkontur nur in bestimmten Grenzen voneinander abweichen. Die sogenannte Vergleichbarkeitsschranke wurde in dieser Studie mit 3 mm gewählt, was eine maximale Kippung der Bilder von 9° in vertikaler bzw. 6° in horizontaler Richtung zulässt. Mit dieser Vorgabe wird eine Messgenauigkeit von 1 mm erreicht. Die Genauigkeit lässt sich noch erhöhen, wenn mehr Röntgenbilder zur Verfügung stehen oder die Vergleichbarkeitsschranke reduziert wird^{22;24;25}.

2.14 Statistik

Die Ergebnisse wurden als Mittelwert und Standardabweichung dargestellt. Die Analyse der Daten erfolgte mit dem Programm SPSS für Windows 10.0. Die Überlebenszeit wurde mit Hilfe von Sterbetafeln auf Basis von jährlichen Untersuchungen ermittelt. Ein Vergleich der Überlebenszeit zwischen den Einzelgruppen wurde als nicht parametrische Auswertung mit dem Gehan-Test durchgeführt. Alpha wurde auf 0,05 und beta auf -0,8 adjustiert. Eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ wurde als signifikant bezeichnet.

Dann wurde der Wilcoxon Rangsummentest und die nicht-parametrischen Korrelationen nach Sperman-Rho eingesetzt.

3. Ergebnisse

3.1 Peri- und postoperative Komplikationen

Perioperative Komplikationen fanden sich in neun Fällen. viermal erfolgte eine Schaftfraktur, zweimal eine Schaftperforation, zweimal ein Trochanterabriss sowie einmal ein Bohrerbruch. Bei 109 Patienten verlief die Operation komplikationslos.

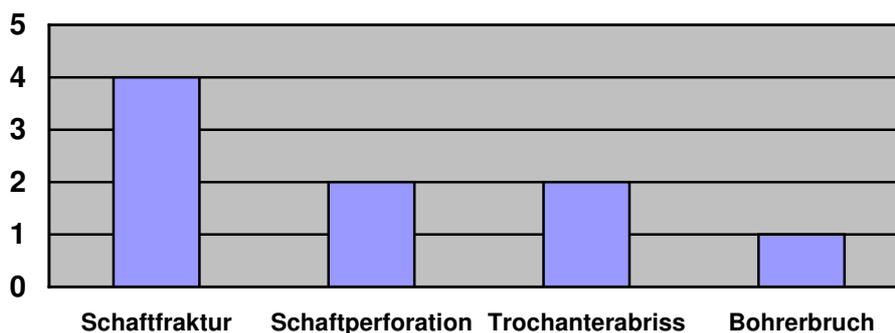


Abbildung 8: Verteilung der perioperativen Komplikationen. Auf der Ordinate ist die Anzahl, auf der Abszisse die Komplikation aufgetragen.

Als postoperative Komplikationen fanden sich drei Lungenembolien, zwei isolierte Thrombosen, vier temporäre Femoralisparesen, drei punktionswürdige sowie zwei konservativ behandelte Hämatome, zwei Infekte der Prothese wie auch ein oberflächlicher Infekt und drei postoperative Todesfälle bis zu einem Zeitraum von vier Wochen nach der Operation. Bei 98 Patienten traten keinerlei Komplikationen auf.

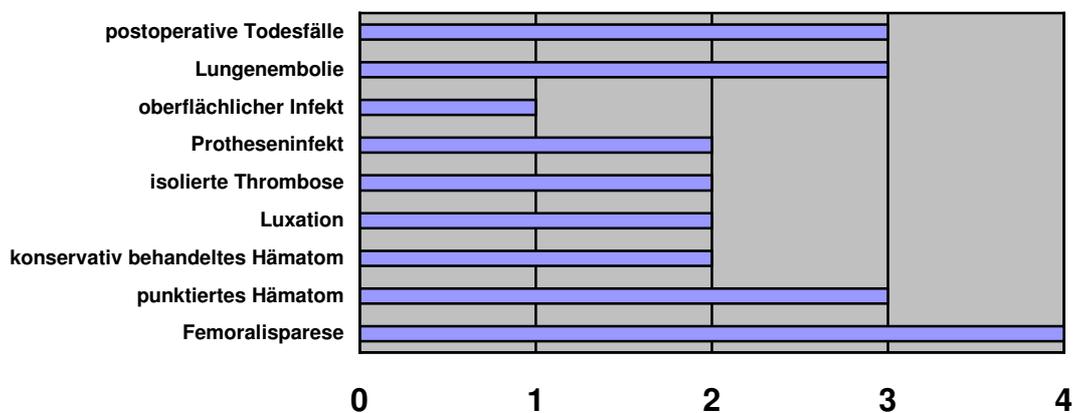


Abbildung 9: Verteilung der postoperativen Komplikationen. Auf der Ordinate ist die Komplikation, auf der Abszisse die Anzahl aufgetragen.

3.2 Prothesenschicksal

Innerhalb des Beobachtungszeitraumes sind insgesamt 51 Patienten mit 57 Hüften verstorben. Die mittlere Nachuntersuchungszeit lag bei 97 (\pm 43,1 Monate) Monaten. Dabei wurden drei Sterbefälle herausgerechnet, die innerhalb der ersten vier Wochen nach der Operation verstorben sind. Die mittlere Nachuntersuchungszeit der zum Abschluss der Untersuchung noch lebenden Patienten mit Implantat betrug 124 Monate (\pm 21,8 Monate).

alle Patienten	115	1	174	97,5	43,1
überlebende Patienten	54	60	174	123,6	21,8

Tabelle 1: Darstellung der Nachuntersuchungszeit für alle Patienten und die überlebenden Patienten

Insgesamt mussten 10 Hüften erneut gewechselt werden. Bei einer Patientin wurde nach 127 Monaten eine Wechseloperation durchgeführt, da das Implantat gebrochen war.

Ein Implantat musste nach sechs Monaten aufgrund einer postoperativ aufgetretenen Infektion ausgebaut werden.

Aufgrund rezidivierender Luxationen wurde ein weiteres Implantat nach vier Monaten gewechselt.

Die sieben übrigen gewechselten Implantate waren aseptisch gelockert.

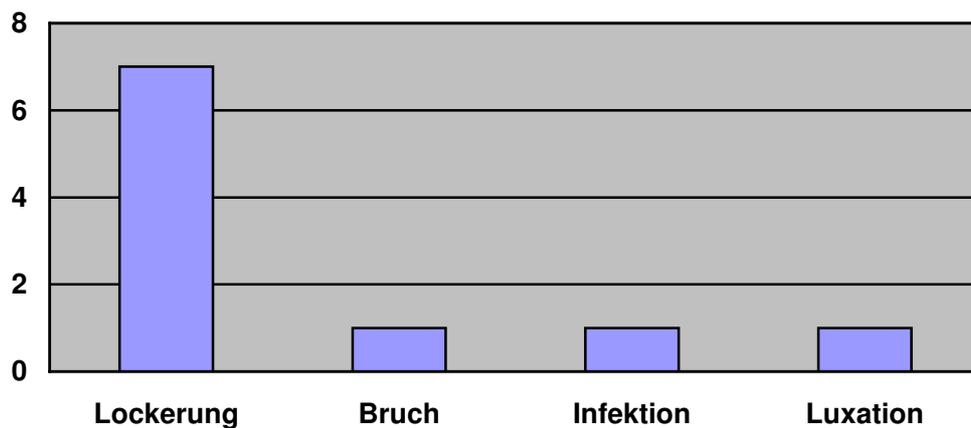


Abbildung 10: Verteilung der Gründe für die erneute Wechseloperation. Auf der Ordinate ist die Anzahl, auf der Abszisse der Grund aufgetragen.

Betrachtet man die zehn Wechsel aufgrund radiologischer bzw. klinischer Instabilität isoliert, ergaben sich folgende Ergebnisse

Migration	6 gewandert / 2 nicht gewandert / 2 nicht auswertbar
Knochen transplantation	7 Block / 3 Spongiosa
Defektklassifikation	2 Typ 3a / 6 Typ 3b / 2 Typ 4
Rotationszentrum	8 Zone 1 / 2 Zone 2
Geschlecht	7 Frauen / 3 Männer

Bei neun weiteren Implantaten bestand nach den unter Material und Methoden genannten Kriterien eine Lockerung. Eine Empfehlung zum erneuten Pfannenwechsel wurde jedoch sehr zurückhaltend gestellt, da die Patienten teilweise aufgrund anderer Erkrankungen (wie z.B. progrediente Demenz, M. Parkinson) vollständig pflegebedürftig und bettlägerig waren. Ebenso sprach das teilweise sehr hohe Alter (bis zu 90 Jahren) hinsichtlich einer erneuten Operation zur Zurückhaltung.

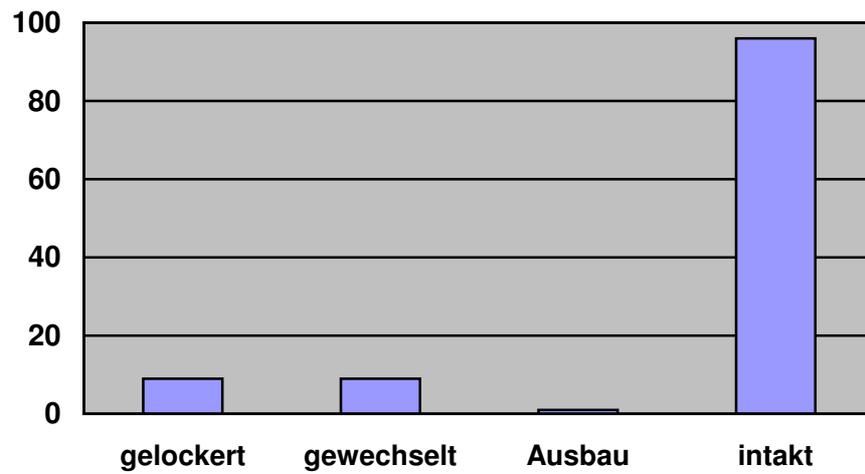


Abbildung 11: Verteilung der Prothesenschicksale. Auf der Ordinate ist die Anzahl, auf der Abszisse das Ergebnis aufgetragen.

3.2.1 Überlebenszeitanalyse Gesamtkollektiv

Für das Gesamtkollektiv wurden Überlebenszeitanalysen errechnet. Für das Kriterium erneute Revision an der Pfanne ist in der Abbildung 12 die Überlebensfunktion dargestellt. Die 10-Jahres-Überlebensrate beträgt 85,6%. Die Sterbetafel ist in Tabelle 2 dargestellt.

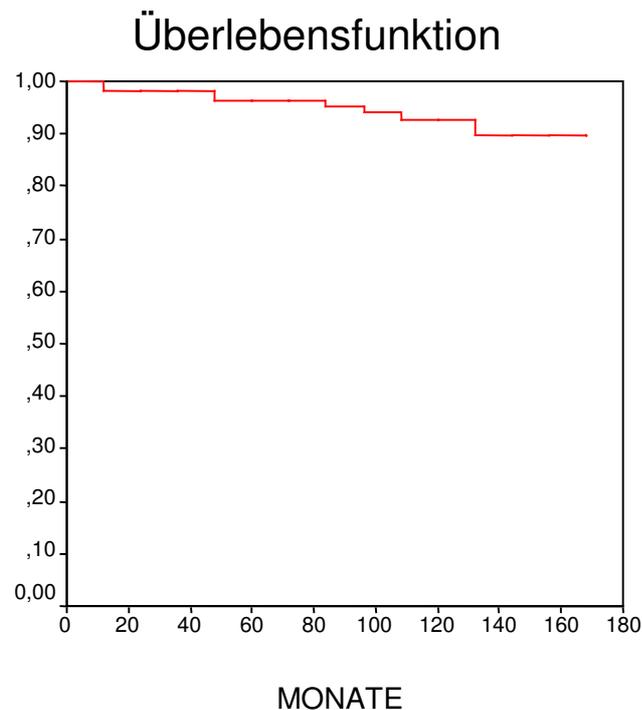


Abbildung 12: Überlebensfunktion für das Gesamtkollektiv mit dem Kriterium erneuter Wechsel. Auf der Ordinate ist die kumulative Überlebenswahrscheinlichkeit in %, auf der Abszisse die Zeit in Monaten dargestellt.

Life Table Survival Variable MONATE

Intrvl Start Time	Number Entrng this Intrvl	Number Wdrawn During Intrvl	Number Exposd to Risk	Number of Termnl Events	Propn Termi- nating	Propn Sur- viving	Cumul Propn Surv at End	Proba- bility Densty	Hazard Rate
,0	115,0	4,0	113,0	3,0	,0265	,9735	,9735	,0022	,0022
12,0	108,0	5,0	105,5	,0	,0000	1,0000	,9735	,0000	,0000
24,0	103,0	3,0	101,5	,0	,0000	1,0000	,9735	,0000	,0000
36,0	100,0	3,0	98,5	2,0	,0203	,9797	,9537	,0016	,0017
48,0	95,0	4,0	93,0	,0	,0000	1,0000	,9537	,0000	,0000
60,0	91,0	3,0	89,5	,0	,0000	1,0000	,9537	,0000	,0000
72,0	88,0	4,0	86,0	1,0	,0116	,9884	,9426	,0009	,0010
84,0	83,0	4,0	81,0	1,0	,0123	,9877	,9310	,0010	,0010
96,0	78,0	15,0	70,5	1,0	,0142	,9858	,9178	,0011	,0012
108,0	62,0	24,0	50,0	,0	,0000	1,0000	,9178	,0000	,0000
120,0	38,0	15,0	30,5	2,0	,0656	,9344	,8576	,0050	,0056
132,0	21,0	11,0	15,5	,0	,0000	1,0000	,8576	,0000	,0000

Tabelle 2: Sterbetafel für das Gesamtkollektiv mit dem Kriterium erneuter Wechsel

Für das Kriterium Lockerung ist in der Abbildung 13 die Überlebensfunktion dargestellt. Die 10-Jahres-Überlebensrate beträgt 78,7%. Die Sterbetafel ist in Tabelle 3 dargestellt.

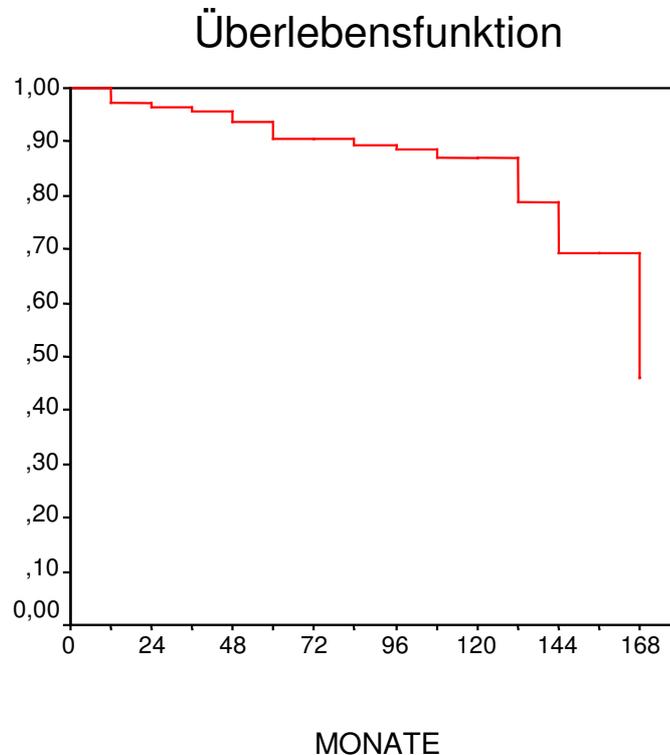


Abbildung 13: Überlebensfunktion für das Gesamtkollektiv mit dem Kriterium Lockerung. Auf der Ordinate ist die kumulative Überlebenswahrscheinlichkeit in %, auf der Abszisse die Zeit in Monaten dargestellt.

Life Table Survival Variable MONATE

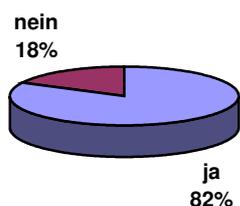
Intrvl Start Time	Number Entrng this Intrvl	Number Wdrawn During Intrvl	Number Exposed to Risk	Number of Termnl Events	Propn Terminating	Propn Surviving	Cumul Propn Surv at End	Proba-bility Densty	Hazard Rate
,0	115,0	4,0	113,0	3,0	,0265	,9735	,9735	,0022	,0022
12,0	108,0	4,0	106,0	1,0	,0094	,9906	,9643	,0008	,0008
24,0	103,0	2,0	102,0	1,0	,0098	,9902	,9548	,0008	,0008
36,0	100,0	3,0	98,5	2,0	,0203	,9797	,9354	,0016	,0017
48,0	95,0	1,0	94,5	3,0	,0317	,9683	,9057	,0025	,0027
60,0	91,0	3,0	89,5	,0	,0000	1,0000	,9057	,0000	,0000
72,0	88,0	4,0	86,0	1,0	,0116	,9884	,8952	,0009	,0010
84,0	83,0	4,0	81,0	1,0	,0123	,9877	,8841	,0009	,0010
96,0	78,0	15,0	70,5	1,0	,0142	,9858	,8716	,0010	,0012
108,0	62,0	24,0	50,0	,0	,0000	1,0000	,8716	,0000	,0000
120,0	38,0	14,0	31,0	3,0	,0968	,9032	,7873	,0070	,0085
132,0	21,0	9,0	16,5	2,0	,1212	,8788	,6918	,0080	,0108

Tabelle 3: Sterbetafel für das Gesamtkollektiv mit dem Kriterium Lockerung

3.3 Klinische Ergebnisse

Subjektiv waren 82,4% der befragten Patienten mit dem Ergebnis zufrieden, 17,6% nicht. Im Vergleich zum letzten Besuch in der Klinik beurteilten 60,7% ihren Zustand als gleichbleibend, 25,1% fühlten sich besser, 14,2% beschrieben ihren Zustand als schlechter im Vergleich zum letzten Besuch.

Zufrieden mit dem Ergebnis



Vergleich mit dem letzten Besuch

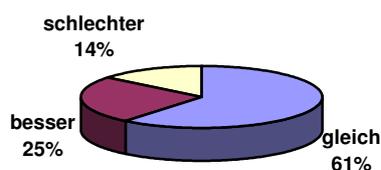
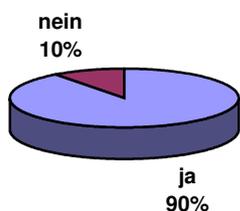


Abbildung 14: Dargestellt sind links die Verteilung über die Zufriedenheit mit dem Ergebnis und rechts über den Vergleich mit dem letzten Besuch.

Die Hälfte (43,3%) der erfassbaren Patienten gaben keine Schmerzen an. Milde Schmerzen traten bei 26,0%, mäßige bei 24,0% und starke bei 6,7% auf. Bei vorhandenen Schmerzen kamen diese in 10,3% bei den ersten Schritten als Anlaufschmerz, in 25,7% erst später bei Belastung, in 13,0% beim Gehen allgemein und 6,3% auch in Ruhe vor.

Insgesamt bejahten 89,6% eine Schmerzabnahme sowie 86,4% eine Reduktion des Analgetikaverbrauches nach der Operation.

Schmerzabnahme



Reduktion des Analgetikaverbrauches

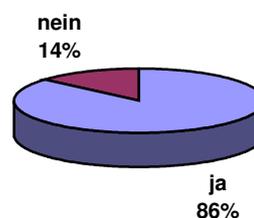


Abbildung 15: Dargestellt sind links die Verteilung der Schmerzabnahme und rechts die Reduktion des Analgetikaverbrauches

Den Grad der eigenen Aktivität beurteilten 6,8% mit der Möglichkeit zu mäßigen Aktivitäten wie Gehen und Fahrradfahren über 5 km. Über die Hälfte meinten, leichte Tätigkeiten, wie Haushalt- und Gartenarbeit verrichten zu können. Halbsitzende Bürotätigkeiten gaben 15,1%, sitzende Tätigkeiten mit minimaler Gehfähigkeit 17,8% und Bettlägerigkeit oder Rollstuhlgebundenheit 2,7% an.

Die Leistungsfähigkeit in diesen Bereichen schätzten die Patienten in 5,8% mit 100% ein, in 12,5% mit 75%, in 43,1% mit 50% und in 32,5% mit 25%. 0% wurde in 7,2% angegeben.

Bei den täglichen Verrichtungen hatten 27,4% keine, 36% leichte und 18,0% extreme Schwierigkeiten, Socken und Schuhe anzuziehen. 18,7% der erfassten Patienten war es nicht möglich, dies selbstständig zu tun.

56,3% der Befragten gingen frei oder benutzten einen Stock als Gehhilfe. eine Unterarmgehstütze oder zwei Stöcke wurden von 20,8%, zwei Unterarmgehstützen von 13,5% benötigt. 7,5% der Patienten waren nicht gehfähig.

3.4 Harris-Score

Aus den subjektiven und objektiven Parametern wurde der Harris-Hip-Score ermittelt. Es zeigte sich für das gesamte Kollektiv ein Mittelwert von $82,3 \pm 10,1$ Punkten zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung.

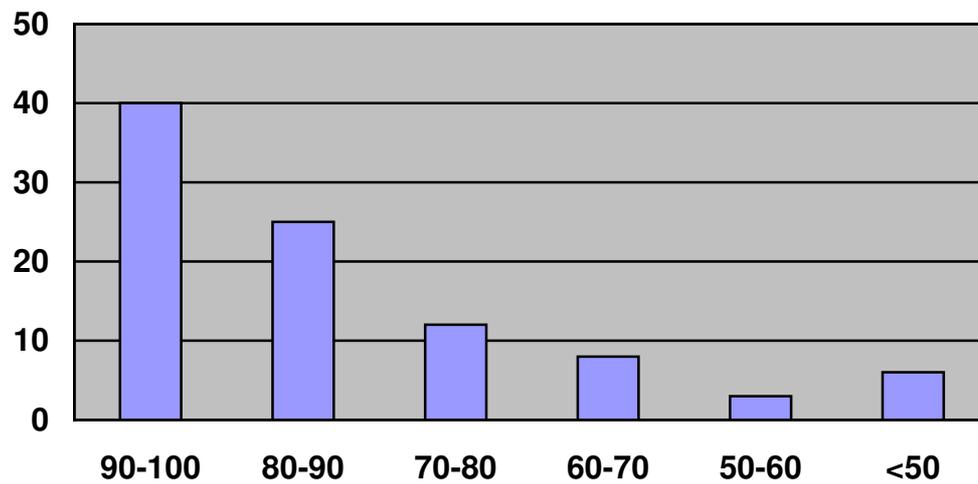


Abbildung 16: Verteilung des Hüftscores nach Harris im Gesamtkollektiv. Auf der Ordinate ist die Anzahl, auf der Abszisse die erreichte Punktzahl aufgetragen.

3.5 Röntgenuntersuchung der Pfanne

In der Zone I zeigten 63,4% der Pfannen keinen Lysesaum, 36,5% der Pfannen wiesen einen mittleren Lysesaum von $1,0 (\pm 0,80)$ mm auf. In der Zone II zeigten 74,8% der Pfannen keinen Lysesaum, der mittlere Lysesaum der übrigen Pfannen betrug $0,9 (\pm 0,37)$ mm. In der Zone III fanden sich bei 57,4% der Pfannen kein Lysesaum, die übrigen Pfannen zeigten einen mittleren Lysesaum von $1,4 (\pm 1,03)$ mm.

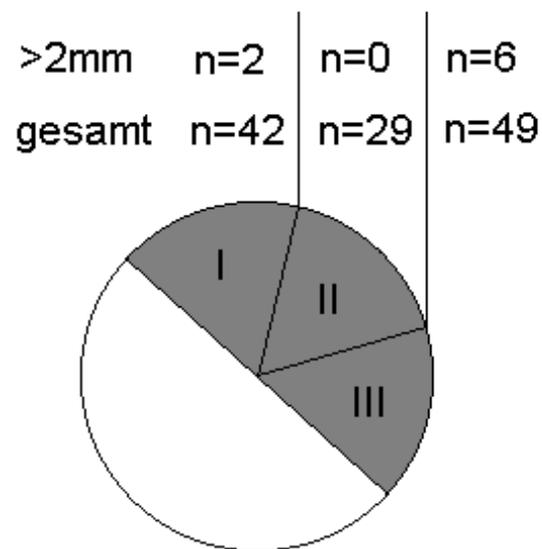


Abbildung 17: Verteilung der Lysesäume in den 3 Zonen nach DeLee und Charnley.

Insgesamt zeigten 24 Implantate Lysesäume in zwei Zonen.

	Zone	Mittelwert	Standardabweichung
Zonen I und II	I	2,17 mm	2,01 mm
n=3	II	1,00 mm	0,71 mm
Zonen I und III	I	0,88 mm	0,68 mm
n=12	III	1,33 mm	0,92 mm
Zonen II und III	II	0,83 mm	0,24 mm
n=9	III	1,72 mm	1,72 mm

Tabelle 4: Aufgeführt sind die Aufteilung der Implantate mit Lysesäumen in jeweils zwei Zonen, mit dem dazugehörigen Mittelwert und der Standardabweichung.

In allen drei Zonen zeigten sich bei 12 Implantaten Lysesäume, von denen fünf als gelockert gewertet wurden. Ein kontinuierlicher Lysesaum von 2 mm stellte sich bei einem Implantat mit Lockerungsverdacht heraus.

Zone	Mittelwert	Standardabweichung
I	0,88 mm	0,41 mm
II	0,96 mm	0,38 mm
III	1,71 mm	1,11 mm

Tabelle 5: Mittelwert und Standardabweichung für die Lysesäume der Implantate mit Lysesäumen in allen drei Zonen.

Ektipe Ossifikationen wurden in den Stadien 0 bis 4 nach Brooker eingeteilt. Dabei entfielen 23 beurteilte Hüften auf Stadium 1 (vereinzelt), neun auf Stadium 2 (Abstand >1 cm), 10 auf Stadium 3 (Abstand <1 cm) und zwei Hüftgelenke auf Stadium 4. Bei 41 Hüften waren keinerlei Ossifikationen erkennbar.

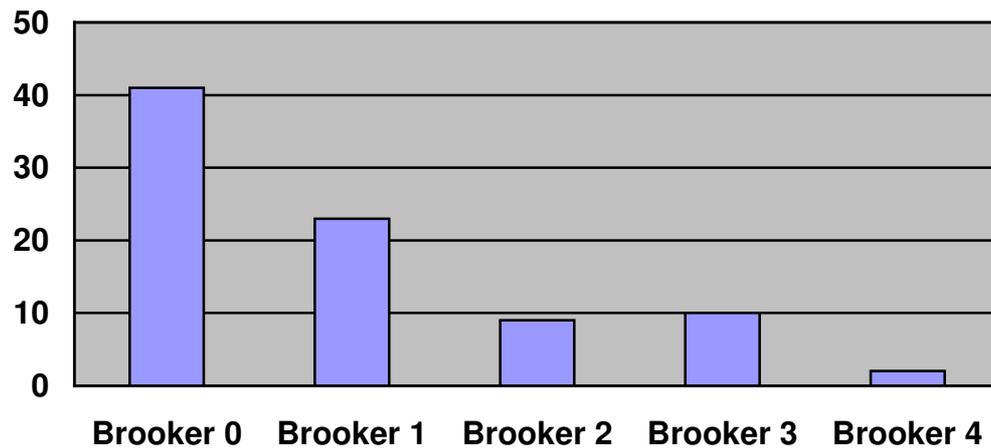


Abbildung 18: Verteilung der ektopen Ossifikationen nach Brooker. Auf der Ordinate ist die Anzahl, auf der Abszisse der Ossifikationsgrad nach Brooker aufgetragen.

3.6 Rotationszentrum

Bei unserem Kollektiv lagen präoperativ 95 Hüften in Zone 1, 14 Hüften in Zone 2, drei Hüften in Zone 3 und drei Hüften in Zone 4.

Beim Rotationszentrum ergab sich eine überdeutliche Verteilung zugunsten der Zone 1. Die erneut gewechselten Pfannen waren nicht einseitig in einer der anderen Zonen verteilt. Aufgrund der kleinen Anzahl in den Zonen zwei bis vier erschien eine statistische Auswertung nicht sinnvoll.

Die Verteilung lag wie folgt vor:

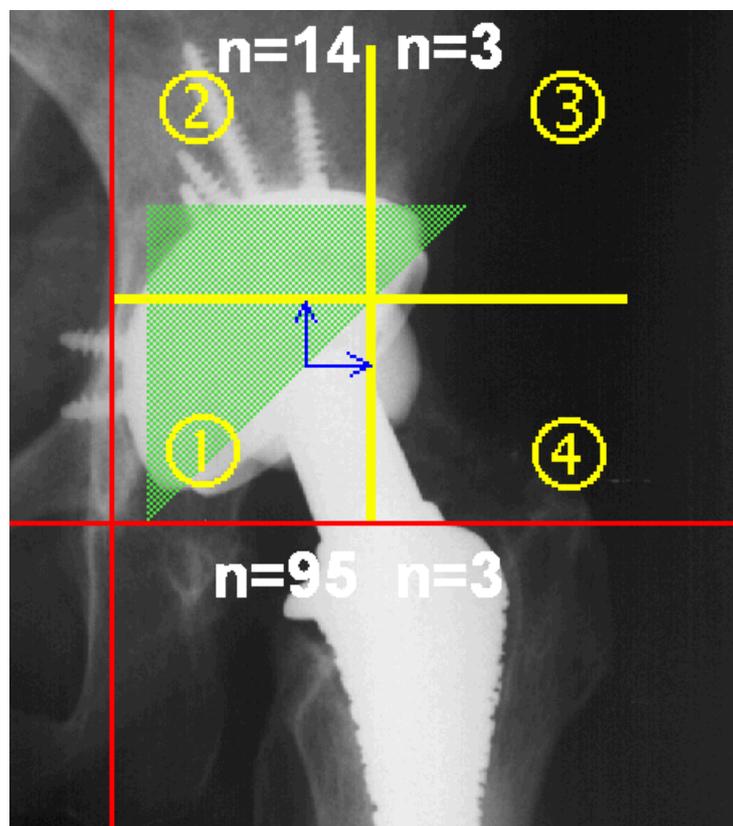


Abbildung 19: Verteilung des Rotationszentrums.

3.7 Überlebenszeitanalyse und Defektklassifikation

Zur besseren Auswertbarkeit wurden zwei Gruppen unterschieden. Die erste fasst die Patienten mit den Defektklassen I, II und IIIA zusammen und wurde als umgrenzter Defekt definiert. Die zweite Gruppe der nicht umgrenzten Defekte fasste die Defektklassen Typ IIIB und Typ 4 zusammen. 57 Hüften hatten somit einen umgrenzten, 58 Hüften einen nicht umgrenzten Defekt. Für beide Gruppen wurde eine Survivorshipanalyse nach Kaplan-Meier mit dem Kriterium Lockerung erstellt. Hier ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied der beiden Gruppen ($p=0,0193$). Die 10 Jahresüberlebenswahrscheinlichkeit lag für die Gruppe mit den umgrenzten Defekten bei 93,5% und für die nicht umgrenzten Defekte bei 68,3%.

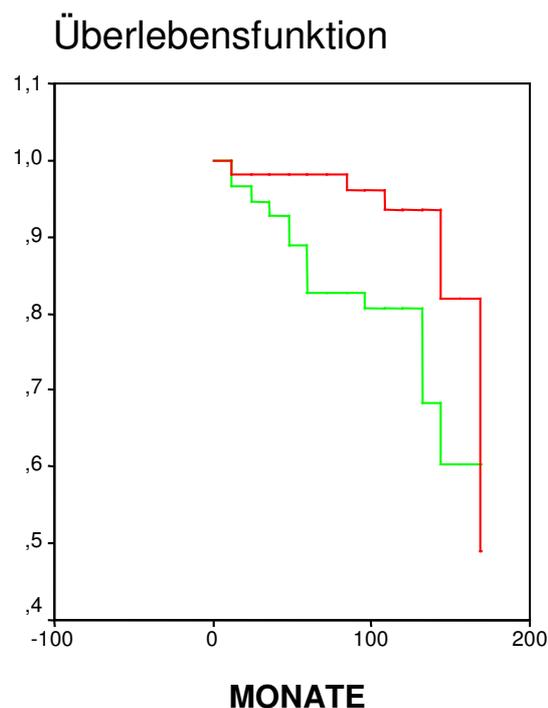


Abbildung 20: Überlebensfunktion für die Differenzierung zwischen umgrenzten und nicht umgrenzten Defekten. Auf der Ordinate ist die relative Häufigkeit, auf der Abszisse die Anzahl der Monate aufgetragen. Die grüne Kurve entspricht der Gruppe mit nicht umgrenzten Defekten, die rote Kurve entspricht der Gruppe mit umgrenzten Defekten.

This subfile contains: 115 observations

Life Table
Survival Variable MONATE
for DEFEKTKLASSE UMGRENZT

Intrvl Start Time	Number Entrng this Intrvl	Number Wdrawn During Intrvl	Number Exposd to Risk	Number of Termnl Events	Propn Termi- nating	Propn Sur- viving	Cumul Propn Surv at End	Proba- bility Densty	Hazard Rate
,0	57,0	2,0	56,0	1,0	,0179	,9821	,9821	,0015	,0015
12,0	54,0	2,0	53,0	,0	,0000	1,0000	,9821	,0000	,0000
24,0	52,0	1,0	51,5	,0	,0000	1,0000	,9821	,0000	,0000
36,0	51,0	,0	51,0	,0	,0000	1,0000	,9821	,0000	,0000
48,0	51,0	1,0	50,5	,0	,0000	1,0000	,9821	,0000	,0000
60,0	50,0	2,0	49,0	,0	,0000	1,0000	,9821	,0000	,0000
72,0	48,0	4,0	46,0	1,0	,0217	,9783	,9608	,0018	,0018
84,0	43,0	2,0	42,0	,0	,0000	1,0000	,9608	,0000	,0000
96,0	41,0	7,0	37,5	1,0	,0267	,9733	,9352	,0021	,0023
108,0	33,0	19,0	23,5	,0	,0000	1,0000	,9352	,0000	,0000
120,0	14,0	5,0	11,5	,0	,0000	1,0000	,9352	,0000	,0000
132,0	9,0	2,0	8,0	1,0	,1250	,8750	,8183	,0097	,0111
144,0	6,0	3,0	4,5	,0	,0000	1,0000	,8183	,0000	,0000
156,0	3,0	1,0	2,5	1,0	,4000	,6000	,4910	,0273	,0417

Tabelle 6: Sterbetafel für die Gruppe mit den umgrenzten Defekten mit dem Kriterium Lockerung

Life Table
Survival Variable MONATE
for DEFEKTKLASSE NICHT UMGRENZT

Intrvl Start Time	Number Entrng this Intrvl	Number Wdrawn During Intrvl	Number Exposd to Risk	Number of Termnl Events	Propn Termi- nating	Propn Sur- viving	Cumul Propn Surv at End	Proba- bility Densty	Hazard Rate
,0	58,0	2,0	57,0	2,0	,0351	,9649	,9649	,0029	,0030
12,0	54,0	2,0	53,0	1,0	,0189	,9811	,9467	,0015	,0016
24,0	51,0	1,0	50,5	1,0	,0198	,9802	,9280	,0016	,0017
36,0	49,0	3,0	47,5	2,0	,0421	,9579	,8889	,0033	,0036
48,0	44,0	,0	44,0	3,0	,0682	,9318	,8283	,0051	,0059
60,0	41,0	1,0	40,5	,0	,0000	1,0000	,8283	,0000	,0000
72,0	40,0	,0	40,0	,0	,0000	1,0000	,8283	,0000	,0000
84,0	40,0	2,0	39,0	1,0	,0256	,9744	,8070	,0018	,0022
96,0	37,0	8,0	33,0	,0	,0000	1,0000	,8070	,0000	,0000
108,0	29,0	5,0	26,5	,0	,0000	1,0000	,8070	,0000	,0000
120,0	24,0	9,0	19,5	3,0	,1538	,8462	,6829	,0103	,0139
132,0	12,0	7,0	8,5	1,0	,1176	,8824	,6025	,0067	,0104
144,0	4,0	3,0	2,5	,0	,0000	1,0000	,6025	,0000	,0000
156,0	1,0	1,0	,5	,0	,0000	1,0000	,6025	,0000	,0000

Tabelle 7: Sterbetafel für die Gruppe mit den nicht umgrenzten Defekten mit dem Kriterium Lockerung

3.8 Knochentransplantationen

Bei der Mehrzahl der Patienten wurde gemahlene Spongiosa verwendet. Drei perioperative Todesfälle wurden aus der Analyse ausgeschlossen, so reduziert sich die Gruppe mit Spongiosa versorgten Hüften auf 89 anstatt 92. Die Gruppe der mit einem strukturellen Knochentransplantat versorgten Pfannen blieb ebenso wie die ohne Transplantat unverändert.

3.9 Überlebenszeitanalyse und Knochentransplantation

Die Survivorshipanalyse ergab ein signifikantes Ergebnis zugunsten der Pfannen mit Spongiosatransplantation. 90,8% der Spongiosa versorgten Pfannen erreichten eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 120 Monaten. Bei der mit einem strukturellen Transplantat versorgten Gruppe betrug die Wahrscheinlichkeit 65,1%. Die Ergebnisse für den Endpunkt Lockerung lagen geringfügig darunter.

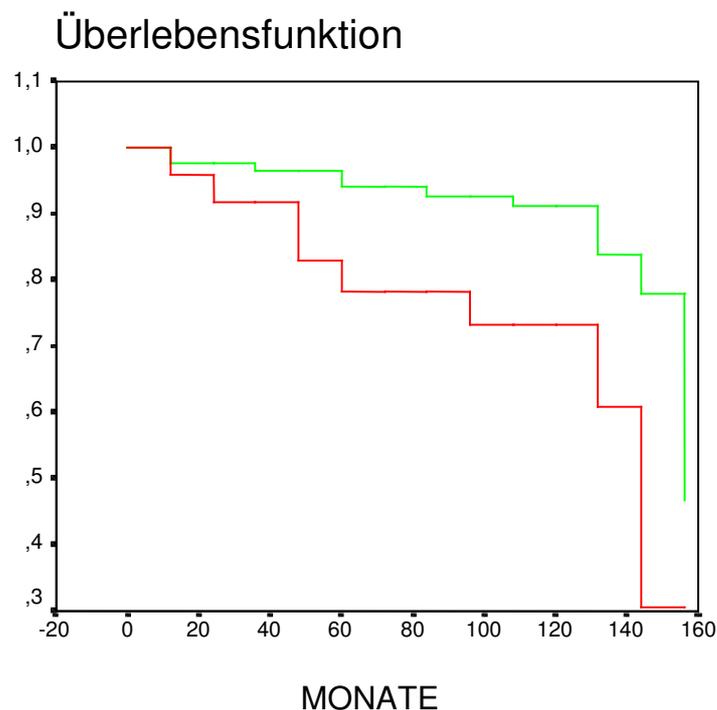


Abbildung 21: Überlebensfunktion für die Differenzierung zwischen strukturellem Transplantat und gemahlener Spongiosa. Auf der Ordinate ist die relative Häufigkeit, auf der Abszisse die Anzahl der Monate aufgetragen. Die grüne Kurve entspricht der Gruppe mit gemahlener Spongiosa, die rote Kurve entspricht der Gruppe mit strukturellem Transplantat.

Life Table
Survival Variable MONATE
for Spongiosa

Intrvl Start Time	Number Entrng this Intrvl	Number Wdrawn During Intrvl	Number Exposd to Risk	Number of Termnl Events	Propn Termi- nating	Propn Sur- viving	Cumul Propn Surv at End	Proba- bility Densty	Hazard Rate
,0	89,0	2,0	88,0	2,0	,0227	,9773	,9773	,0019	,0019
12,0	85,0	4,0	83,0	,0	,0000	1,0000	,9773	,0000	,0000
24,0	81,0	1,0	80,5	1,0	,0124	,9876	,9651	,0010	,0010
36,0	79,0	2,0	78,0	,0	,0000	1,0000	,9651	,0000	,0000
48,0	77,0	1,0	76,5	2,0	,0261	,9739	,9399	,0021	,0022
60,0	74,0	2,0	73,0	,0	,0000	1,0000	,9399	,0000	,0000
72,0	72,0	4,0	70,0	1,0	,0143	,9857	,9265	,0011	,0012
84,0	67,0	3,0	65,5	,0	,0000	1,0000	,9265	,0000	,0000
96,0	64,0	13,0	57,5	1,0	,0174	,9826	,9104	,0013	,0015
108,0	50,0	21,0	39,5	,0	,0000	1,0000	,9104	,0000	,0000
120,0	29,0	8,0	25,0	2,0	,0800	,9200	,8375	,0061	,0069
132,0	19,0	9,0	14,5	1,0	,0690	,9310	,7798	,0048	,0060
144,0	9,0	5,0	6,5	,0	,0000	1,0000	,7798	,0000	,0000
156,0	4,0	2,0	3,0	1,0	,3333	,6667	,5198	,0217	,0333
168,0+	1,0	1,0	,5	,0	,0000	1,0000	,5198	**	**

Tabelle 8: Sterbetafel für die Gruppe mit der gemahlene Spongiosa mit dem Kriterium Lockerung

Life Table
Survival Variable MONATE
for strukturelles Transplantat

Intrvl Start Time	Number Entrng this Intrvl	Number Wdrawn During Intrvl	Number Exposd to Risk	Number of Termnl Events	Propn Termi- nating	Propn Sur- viving	Cumul Propn Surv at End	Proba- bility Densty	Hazard Rate
,0	21,0	2,0	20,0	1,0	,0500	,9500	,9500	,0042	,0043
12,0	18,0	,0	18,0	,0	,0000	1,0000	,9500	,0000	,0000
24,0	18,0	,0	18,0	,0	,0000	1,0000	,9500	,0000	,0000
36,0	18,0	1,0	17,5	2,0	,1143	,8857	,8414	,0090	,0101
48,0	15,0	,0	15,0	1,0	,0667	,9333	,7853	,0047	,0057
60,0	14,0	,0	14,0	,0	,0000	1,0000	,7853	,0000	,0000
72,0	14,0	,0	14,0	,0	,0000	1,0000	,7853	,0000	,0000
84,0	14,0	,0	14,0	1,0	,0714	,9286	,7292	,0047	,0062
96,0	13,0	2,0	12,0	,0	,0000	1,0000	,7292	,0000	,0000
108,0	11,0	2,0	10,0	,0	,0000	1,0000	,7292	,0000	,0000
120,0	9,0	6,0	6,0	1,0	,1667	,8333	,6077	,0101	,0152
132,0	2,0	,0	2,0	1,0	,5000	,5000	,3038	,0253	,0556
144,0	1,0	1,0	,5	,0	,0000	1,0000	,3038	,0000	,0000

Tabelle 9: Sterbetafel für die Gruppe mit den strukturellen Transplantaten mit dem Kriterium Lockerung

Es ergab sich ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Die Gruppe der mit Spongiosa versorgten Patienten war deutlich größer als die Gruppe mit den strukturellen Transplantaten. Die Revisions- und Lockerungsraten waren in der Spongiosa-Gruppe signifikant niedriger ($p=0,0226$).

3.10 EBRA

3.10.1 Überblick Anzahl der Fälle

Bei insgesamt 115 Implantaten ließ sich in 82 Fällen (=71,3%) eine Migrationsanalyse mit der EBRA durchführen. Bei drei Fällen konnte aufgrund mangelnder Bildqualität keine Wanderung bestimmt werden. 30 Fälle waren aufgrund unzureichenden Bildmaterials nicht mit diesem System auswertbar. Bei 39 Pfannen war eine Wanderung über 1 mm nachzuweisen. Bei 43 Pfannen war keine Wanderung über 1 mm nachweisbar, sie wurden entsprechend als nicht gewandert gewertet.

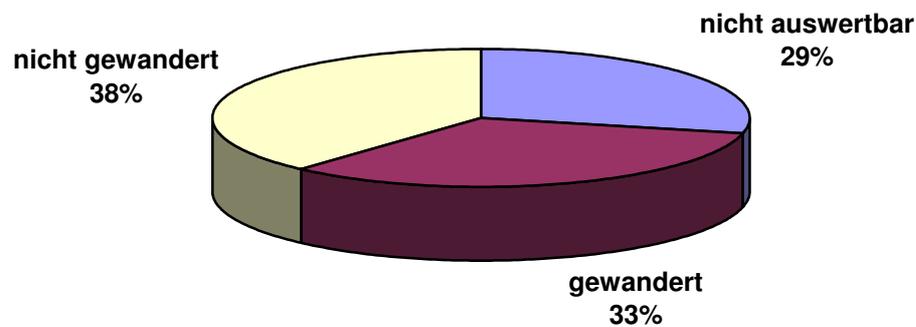


Abbildung 22: Verteilung der gewanderten, nicht gewanderten und nicht auswertbaren Pfannen.

3.10.2 Beispiel einer gewanderten und gewechselten Pfanne

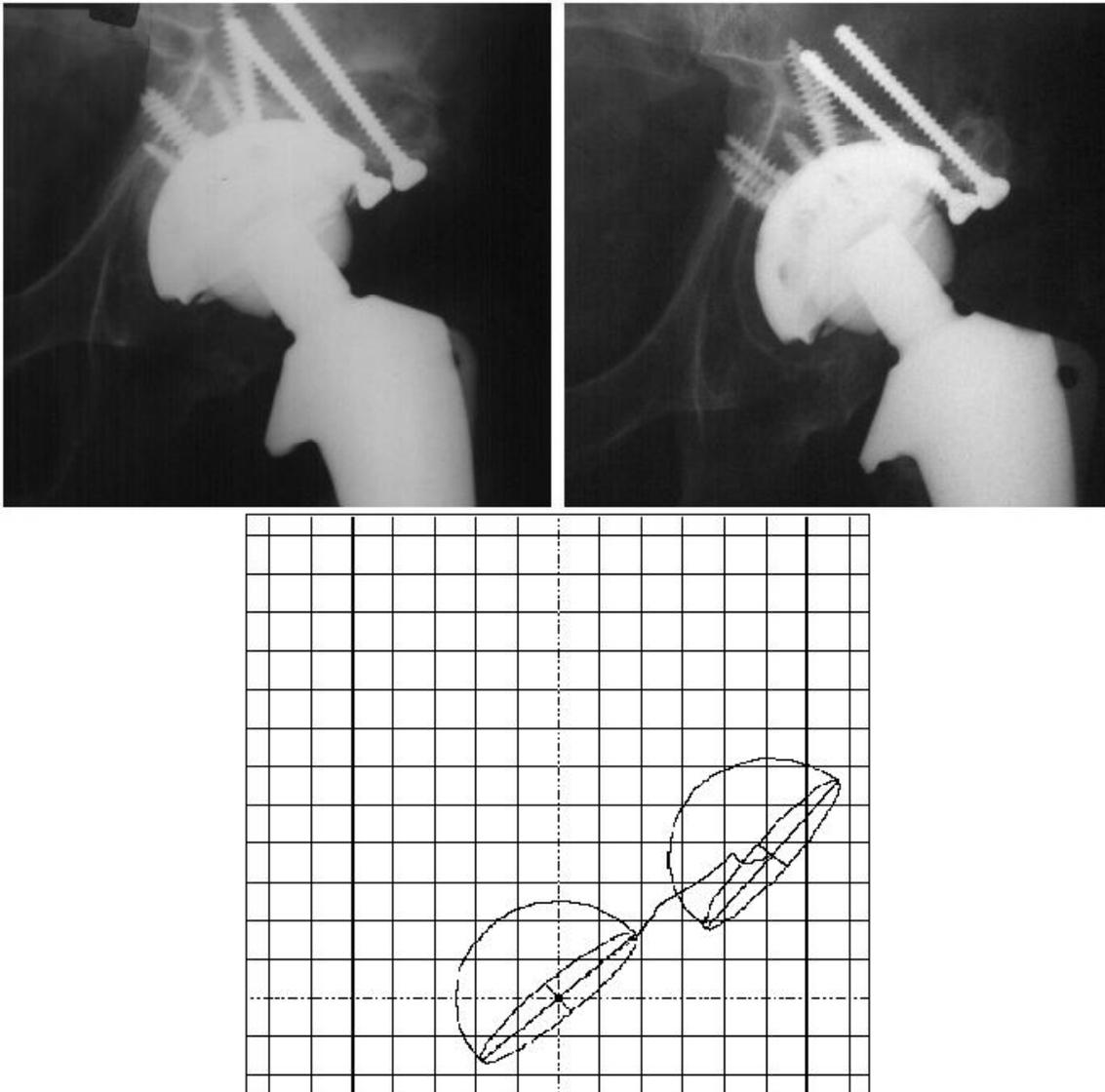


Abbildung 23: Röntgenverlauf und SIMULGRAF-Wanderungsdiagramm eines Patienten mit Harris-Galante-Prothese links bei aseptischer Lockerung. In der Grafik entspricht ein Quadrat einem mm^2 , die Position des Implantates ist durch das Pfannensymbol dargestellt. Oben links ein Röntgenbild von 1988, oben rechts von 1998. Das Wanderungsdiagramm zeigt, dass bei dem Pfannenimplantat über 10 Jahre eine Migration nach kranial um 3,9 mm und nach lateral um 4,9 mm stattgefunden hat. Das Implantat wurde bei der Wechseloperation als gelockert gefunden.

3.10.3 Beispiel einer nicht gewanderten Pfanne

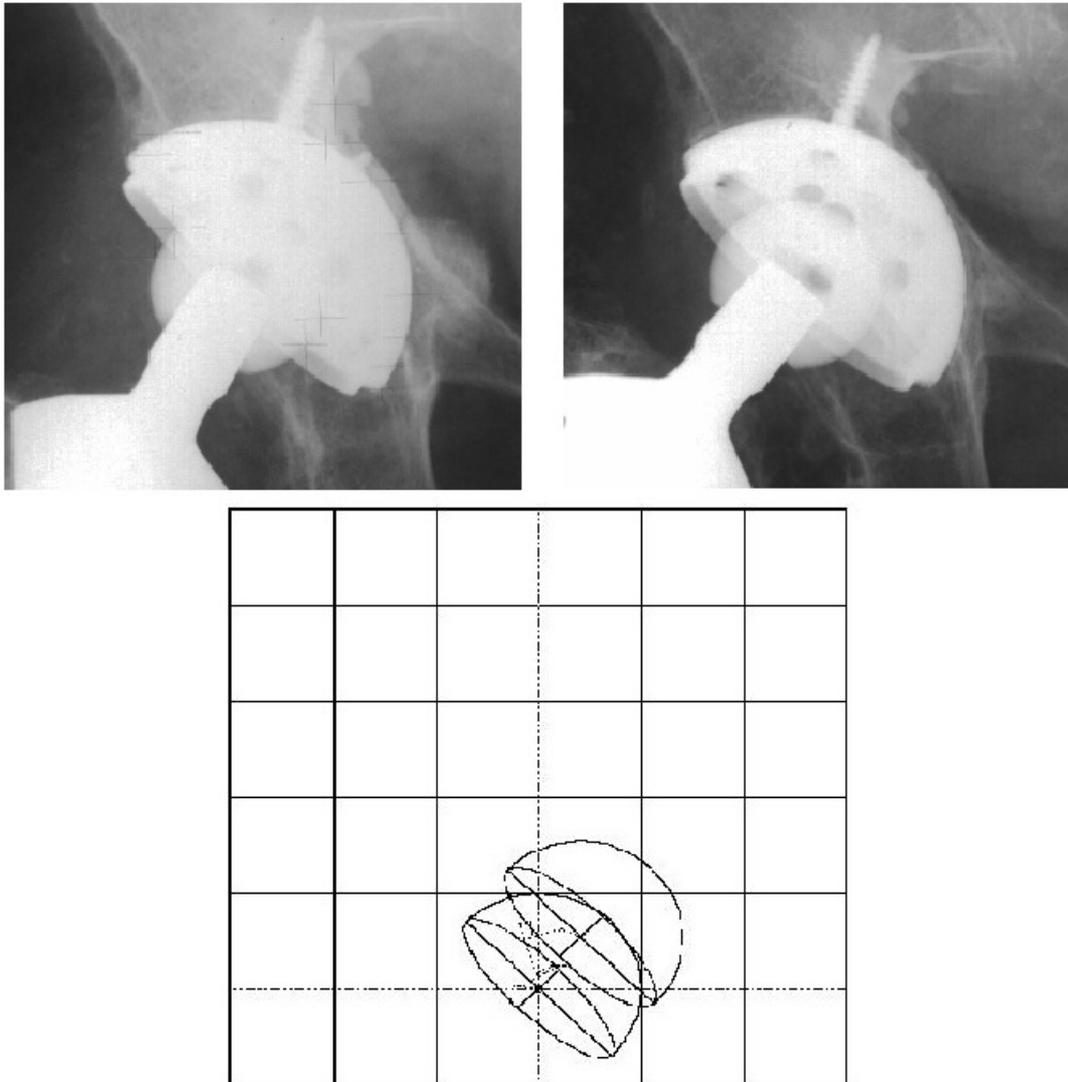


Abbildung 24: Röntgenverlauf und SIMULGRAF-Wanderungsdiagramm eines Patienten mit Harris-Galante Prothese rechts. Ein Quadrat entspricht einem mm^2 . Die Position des Implantates ist durch das Pfannensymbol dargestellt. Oben links ein Röntgenbild von 1992, oben rechts von 2000. Das Wanderungsdiagramm unten zeigt, dass bei dem Pfannenimplantat über den Beobachtungszeitraum von acht Jahren keine Migration außerhalb des Messbereichs von ± 1 mm nachweisbar war.

3.10.4 Horizontale Wanderung

Für insgesamt 82 Hüften konnte eine Analyse der horizontalen Wanderung vorgenommen werden. Die größte mediale Wanderung betrug $x=46,4$ mm. Der größte Wert in lateraler Richtung lag bei 4,9 mm.

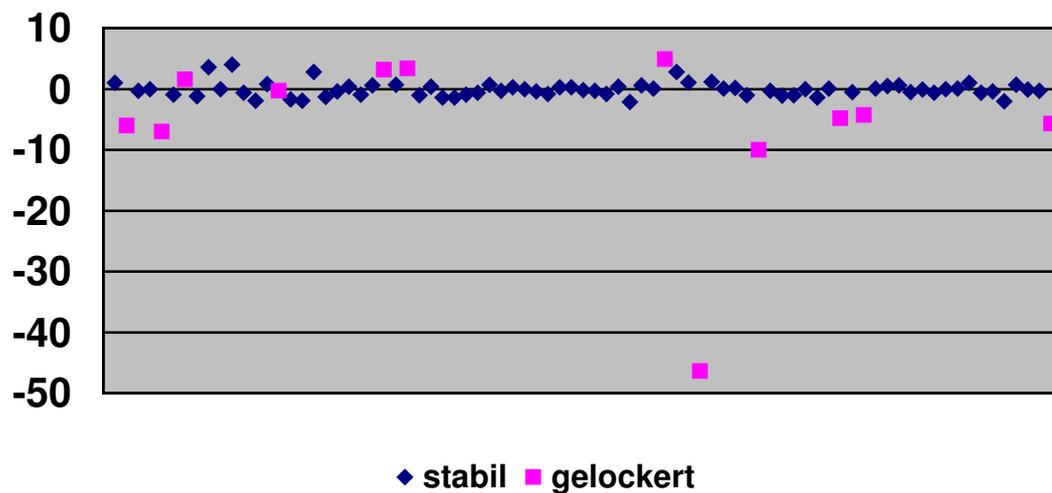


Abbildung 25: Verteilung der Wanderung in horizontaler Richtung. Auf der Ordinate ist Wanderung in mm, auf der Abszisse die Patienten aufgetragen.

Der Mittelwert aller Pfannen lag bei 1,91 mm, die Standardabweichung betrug 5,25 mm.

	gewandert	nicht gewandert
Mittelwert	4,58 mm	0,45 mm
Standardabweichung	8,17 mm	0,31 mm

Tabelle 10: Dargestellt sind die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Wanderung in horizontaler (X) Richtung.

3.10.5 Vertikale Wanderung

Für insgesamt 75 Hüften konnte eine Analyse der vertikalen Wanderung vorgenommen werden. Die größte kaudale Wanderung betrug $x=1,0$ mm. Der größte Wert in kranialer Richtung lag bei 29,0 mm.

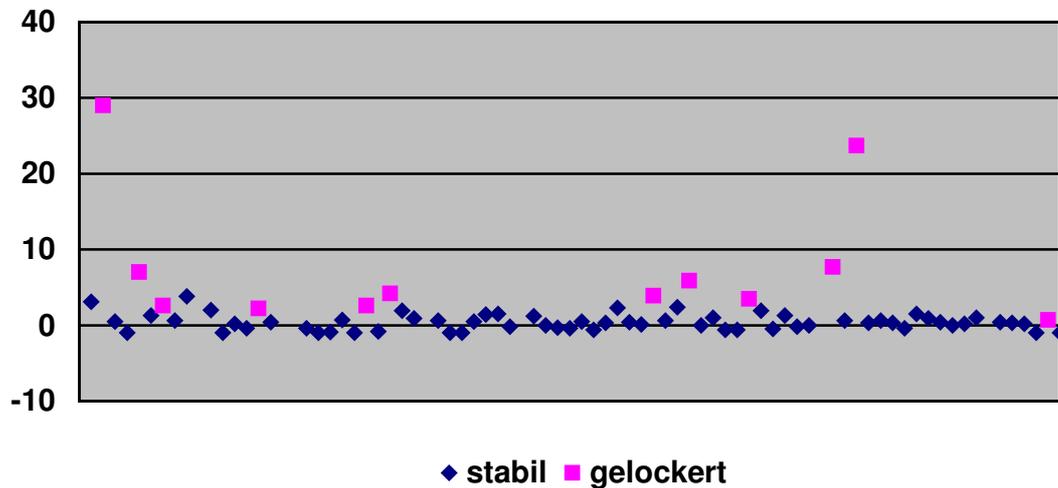


Abbildung 26: Verteilung der Wanderung in vertikaler Richtung. Auf der Ordinate ist Wanderung in mm, auf der Abszisse die Patienten aufgetragen.

Der Mittelwert aller Pfannen lag bei 1,94 mm, die Standardabweichung betrug 4,33 mm.

	gewandert	nicht gewandert
Mittelwert	4,91 mm	0,54 mm
Standardabweichung	6,73 mm	0,31 mm

Tabelle 11: Dargestellt sind die Mittelwerte und Standardabweichung für die Wanderung in vertikaler (Y) Richtung.

3.10.6 Statistische Analyse der EBRA-Daten

Die Ergebnisse der EBRA wurden mit der Implantatlockerung verglichen. Hier ergab sich mit dem Wilcoxon Rangsummentest in beiden Richtungen eine statistische Signifikanz. Die nicht gewanderten Implantate zeigten ein deutlich geringeres Versagen als die gewanderten Implantate, der p-Wert lag bei 0,0168. Wurde die Wanderung nach Richtung getrennt analysiert, so zeigten sich ebenfalls signifikante Unterschiede (X-Richtung: $p=0,0008$, Y-Richtung $p=0,0315$).

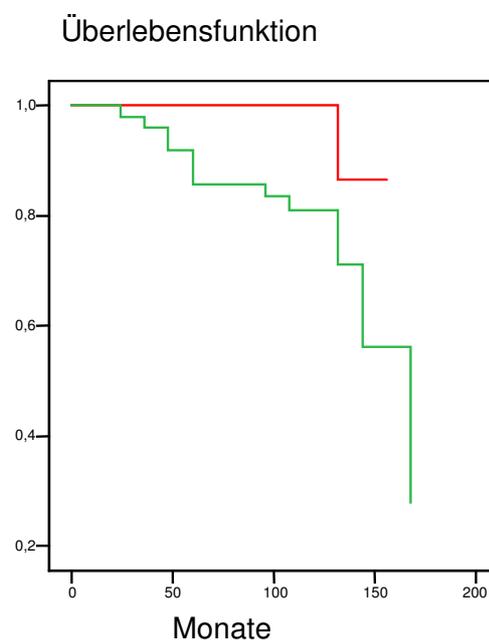


Abbildung 27: Überlebensfunktion für die Differenzierung zwischen gewanderten und nicht gewanderten Pfannen unabhängig der Richtung. Auf der Ordinate ist die relative Häufigkeit, auf der Abszisse die Anzahl der Monate aufgetragen. Die grüne Kurve entspricht der Gruppe mit gewanderten Pfannen, die rote Kurve entspricht der Gruppe mit nicht gewanderten Pfannen.

Life Table
Survival Variable monate
for nicht gewandert

Intrvl Start Time	Number Entrng this Intrvl	Number Wdrawn During Intrvl	Number Exposd to Risk	Number of Termnl Events	Propn Termi- nating	Propn Sur- viving	Cumul Propn Surv at End	Proba- bility Densty	Hazard Rate
,0	32,0	,0	32,0	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
12,0	32,0	1,0	31,5	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
24,0	31,0	2,0	30,0	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
36,0	29,0	1,0	28,5	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
48,0	28,0	1,0	27,5	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
60,0	27,0	1,0	26,5	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
72,0	26,0	1,0	25,5	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
84,0	25,0	,0	25,0	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
96,0	25,0	6,0	22,0	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
108,0	19,0	10,0	14,0	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
120,0	9,0	3,0	7,5	1,0	,1333	,8667	,8667	,0111	,0119
132,0	5,0	3,0	3,5	,0	,0000	1,0000	,8667	,0000	,0000
144,0	2,0	2,0	1,0	,0	,0000	1,0000	,8667	,0000	,0000

Tabelle 12: Sterbetafel für die nicht gewanderten Implantate unabhängig der Richtung

Survival Variable monate
for gewandert

Intrvl Start Time	Number Entrng this Intrvl	Number Wdrawn During Intrvl	Number Exposd to Risk	Number of Termnl Events	Propn Termi- nating	Propn Sur- viving	Cumul Propn Surv at End	Proba- bility Densty	Hazard Rate
,0	50,0	,0	50,0	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
12,0	50,0	1,0	49,5	1,0	,0202	,9798	,9798	,0017	,0017
24,0	48,0	,0	48,0	1,0	,0208	,9792	,9594	,0017	,0018
36,0	47,0	,0	47,0	2,0	,0426	,9574	,9186	,0034	,0036
48,0	45,0	,0	45,0	3,0	,0667	,9333	,8573	,0051	,0057
60,0	42,0	,0	42,0	,0	,0000	1,0000	,8573	,0000	,0000
72,0	42,0	3,0	40,5	,0	,0000	1,0000	,8573	,0000	,0000
84,0	39,0	1,0	38,5	1,0	,0260	,9740	,8351	,0019	,0022
96,0	37,0	7,0	33,5	1,0	,0299	,9701	,8101	,0021	,0025
108,0	29,0	10,0	24,0	,0	,0000	1,0000	,8101	,0000	,0000
120,0	19,0	5,0	16,5	2,0	,1212	,8788	,7119	,0082	,0108
132,0	12,0	5,0	9,5	2,0	,2105	,7895	,5621	,0125	,0196
144,0	5,0	3,0	3,5	,0	,0000	1,0000	,5621	,0000	,0000

Tabelle 13: Sterbetafel für die gewanderten Implantate unabhängig der Richtung

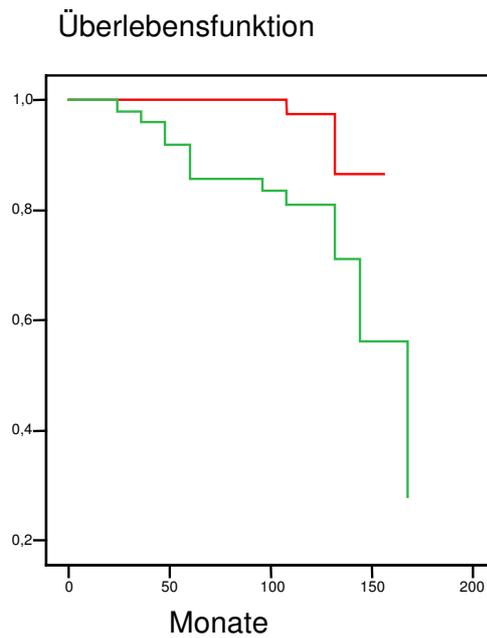


Abbildung 28: Überlebensfunktion von gewanderten und nicht gewanderten Pfannen in horizontaler Richtung. Auf der Ordinate ist die relative Häufigkeit, auf der Abszisse die Anzahl der Monate aufgetragen. Die grüne Kurve entspricht der Gruppe mit gewanderten Pfannen, die rote Kurve entspricht der Gruppe mit nicht gewanderten Pfannen.

Life Table

Survival Variable MONATE
for nicht gewandert in horizontaler Richtung

Intrvl Start Time	Number Entrng this Intrvl	Number Wdrawn During Intrvl	Number Exposd to Risk	Number of Termnl Events	Propn Termi- nating	Propn Sur- viving	Cumul Propn Surv at End	Proba- bility Densty	Hazard Rate
,0	48,0	,0	48,0	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
12,0	48,0	1,0	47,5	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
24,0	47,0	2,0	46,0	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
36,0	45,0	1,0	44,5	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
48,0	44,0	1,0	43,5	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
60,0	43,0	1,0	42,5	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
72,0	42,0	3,0	40,5	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
84,0	39,0	,0	39,0	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
96,0	39,0	6,0	36,0	1,0	,0278	,9722	,9722	,0023	,0023
108,0	32,0	16,0	24,0	,0	,0000	1,0000	,9722	,0000	,0000
120,0	16,0	5,0	13,5	1,0	,0741	,9259	,9002	,0060	,0064
132,0	10,0	4,0	8,0	,0	,0000	1,0000	,9002	,0000	,0000
144,0	6,0	5,0	3,5	,0	,0000	1,0000	,9002	,0000	,0000

Tabelle 14: Sterbetafel für die nicht gewanderten Implantate in horizontaler Richtung

Life Table

Survival Variable MONATE
for gewandert in horizontaler Richtung

Intrvl Start Time	Number Entrng this Intrvl	Number Wdrawn During Intrvl	Number Exposd to Risk	Number of Termnl Events	Propn Termi- nating	Propn Sur- viving	Cumul Propn Surv at End	Proba- bility Densty	Hazard Rate
,0	34,0	,0	34,0	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
12,0	34,0	1,0	33,5	1,0	,0299	,9701	,9701	,0025	,0025
24,0	32,0	,0	32,0	1,0	,0313	,9688	,9398	,0025	,0026
36,0	31,0	,0	31,0	2,0	,0645	,9355	,8792	,0051	,0056
48,0	29,0	,0	29,0	3,0	,1034	,8966	,7882	,0076	,0091
60,0	26,0	,0	26,0	,0	,0000	1,0000	,7882	,0000	,0000
72,0	26,0	1,0	25,5	,0	,0000	1,0000	,7882	,0000	,0000
84,0	25,0	1,0	24,5	1,0	,0408	,9592	,7561	,0027	,0035
96,0	23,0	7,0	19,5	,0	,0000	1,0000	,7561	,0000	,0000
108,0	16,0	4,0	14,0	,0	,0000	1,0000	,7561	,0000	,0000
120,0	12,0	3,0	10,5	2,0	,1905	,8095	,6121	,0120	,0175
132,0	7,0	4,0	5,0	2,0	,4000	,6000	,3672	,0204	,0417
144,0	1,0	,0	1,0	,0	,0000	1,0000	,3672	,0000	,0000

Tabelle 15: Sterbetafel für die gewanderten Implantate in horizontaler Richtung

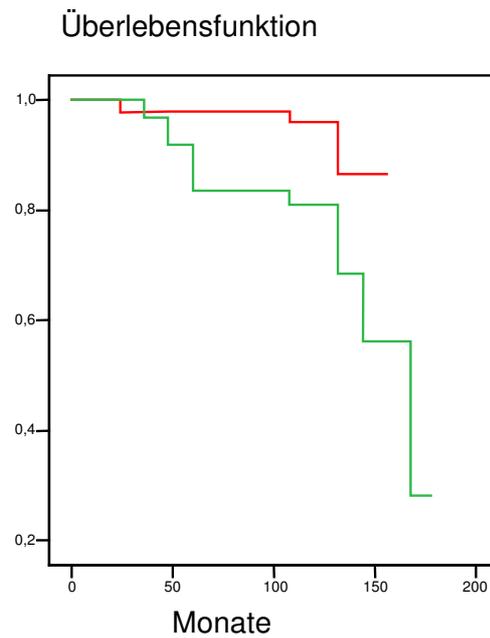


Abbildung 29: Überlebensfunktion von gewanderten und nicht gewanderten Pfannen in vertikaler Richtung. Auf der Ordinate ist die relative Häufigkeit, auf der Abszisse die Anzahl der Monate aufgetragen. Die grüne Kurve entspricht der Gruppe mit gewanderten Pfannen, die rote Kurve entspricht der Gruppe mit nicht gewanderten Pfannen.

Life Table

Survival Variable MONATE
for nicht gewandert in vertikaler Richtung

Intrvl Start Time	Number Entrng this Intrvl	Number Wdrawn During Intrvl	Number Exposd to Risk	Number of Termnl Events	Propn Termi- nating	Propn Sur- viving	Cumul Propn Surv at End	Proba- bility Densty	Hazard Rate
,0	41,0	,0	41,0	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
12,0	41,0	,0	41,0	1,0	,0244	,9756	,9756	,0020	,0021
24,0	40,0	1,0	39,5	,0	,0000	1,0000	,9756	,0000	,0000
36,0	39,0	1,0	38,5	,0	,0000	1,0000	,9756	,0000	,0000
48,0	38,0	,0	38,0	,0	,0000	1,0000	,9756	,0000	,0000
60,0	38,0	1,0	37,5	,0	,0000	1,0000	,9756	,0000	,0000
72,0	37,0	2,0	36,0	,0	,0000	1,0000	,9756	,0000	,0000
84,0	35,0	,0	35,0	1,0	,0286	,9714	,9477	,0023	,0024
96,0	34,0	10,0	29,0	,0	,0000	1,0000	,9477	,0000	,0000
108,0	24,0	13,0	17,5	,0	,0000	1,0000	,9477	,0000	,0000
120,0	11,0	5,0	8,5	1,0	,1176	,8824	,8362	,0093	,0104
132,0	5,0	3,0	3,5	,0	,0000	1,0000	,8362	,0000	,0000
144,0	2,0	2,0	1,0	,0	,0000	1,0000	,8362	,0000	,0000

Tabelle 16: Sterbetafel für die nicht gewanderten Implantate in vertikaler Richtung

Life Table

Survival Variable MONATE
for gewandert in vertikaler Richtung

Intrvl Start Time	Number Entrng this Intrvl	Number Wdrawn During Intrvl	Number Exposd to Risk	Number of Termnl Events	Propn Termi- nating	Propn Sur- viving	Cumul Propn Surv at End	Proba- bility Densty	Hazard Rate
,0	34,0	,0	34,0	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
12,0	34,0	1,0	33,5	,0	,0000	1,0000	1,0000	,0000	,0000
24,0	33,0	,0	33,0	1,0	,0303	,9697	,9697	,0025	,0026
36,0	32,0	,0	32,0	2,0	,0625	,9375	,9091	,0051	,0054
48,0	30,0	,0	30,0	3,0	,1000	,9000	,8182	,0076	,0088
60,0	27,0	,0	27,0	,0	,0000	1,0000	,8182	,0000	,0000
72,0	27,0	2,0	26,0	,0	,0000	1,0000	,8182	,0000	,0000
84,0	25,0	1,0	24,5	,0	,0000	1,0000	,8182	,0000	,0000
96,0	24,0	,0	24,0	1,0	,0417	,9583	,7841	,0028	,0035
108,0	23,0	7,0	19,5	,0	,0000	1,0000	,7841	,0000	,0000
120,0	16,0	3,0	14,5	2,0	,1379	,8621	,6759	,0090	,0123
132,0	11,0	4,0	9,0	2,0	,2222	,7778	,5257	,0125	,0208
144,0	5,0	3,0	3,5	,0	,0000	1,0000	,5257	,0000	,0000

Tabelle 17: Sterbetafel für die gewanderten Implantate in vertikaler Richtung

Mit Hilfe des Spearmann-Rho Testes wurden nicht parametrische Korrelationen erstellt. Dabei korrelierte die vertikale Wanderung (y-Richtung) mit dem Vorhandensein von Lysesäumen in den Zonen II und III. In horizontaler Richtung (x-Richtung) wurden keine signifikanten Ergebnisse gefunden. Die Ergebnisse für die Verwendung von gemahlener Spongiosa bzw. strukturellen Transplantaten ergab ebenfalls einen statistisch signifikanten Unterschied ($p=0,037$). Für die horizontale Wanderung ergab sich in Bezug auf die Defektklassifikation kein signifikanter Unterschied ($p=0,491$).

Wurden die Daten unabhängig von der Richtung analysiert, zeigte sich ebenfalls ein Zusammenhang zwischen Implantatlockerung und Migration. Lagen Lysesäume in den Zonen II und III vor, zeigt sich ebenfalls eine höhere Migrationsrate.

Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Statistische EBRA-Auswertung			
	Vertikal	Horizontal	Gesamt
Knochentransplantat	0,715	0,508	0,037
Lysesaum Zone I	0,384	0,138	0,164
Lysesaum Zone II	0,927	0,001	0,024
Lysesaum Zone III	0,377	0,004	0,005
Defektklassifikation	0,024	0,491	0,504
Wechsel	0,274	0,397	0,396
Lockerung	0,0008	0,0315	0,0168

Tabelle 18: Statistische EBRA-Auswertung. Aufgestellt sind die p-Werte der einzelnen Analysen getrennt für jede Richtung und als Wanderung unabhängig der Richtung (Gesamt). Knochentransplantat entspricht den beiden Gruppen gemahlene Spongiosa gegen strukturelles Transplantat. Defektklassifikation die Gruppe umschriebene Defekte gegen die Gruppe nicht umschriebener Defekte. Die anderen sind jeweils als vorhanden gegen nicht vorhanden bzw. ja und nein zu verstehen.

3.10.7 Zeitpunkt der Migration

In der Gruppe der 39 gewanderten Implantate lassen sich drei Gruppen definieren. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Wanderung in mm und den Zeitpunkt aufgetragen, zu dem die Wanderung das erste Mal mit der EBRA nachweisbar wurde.

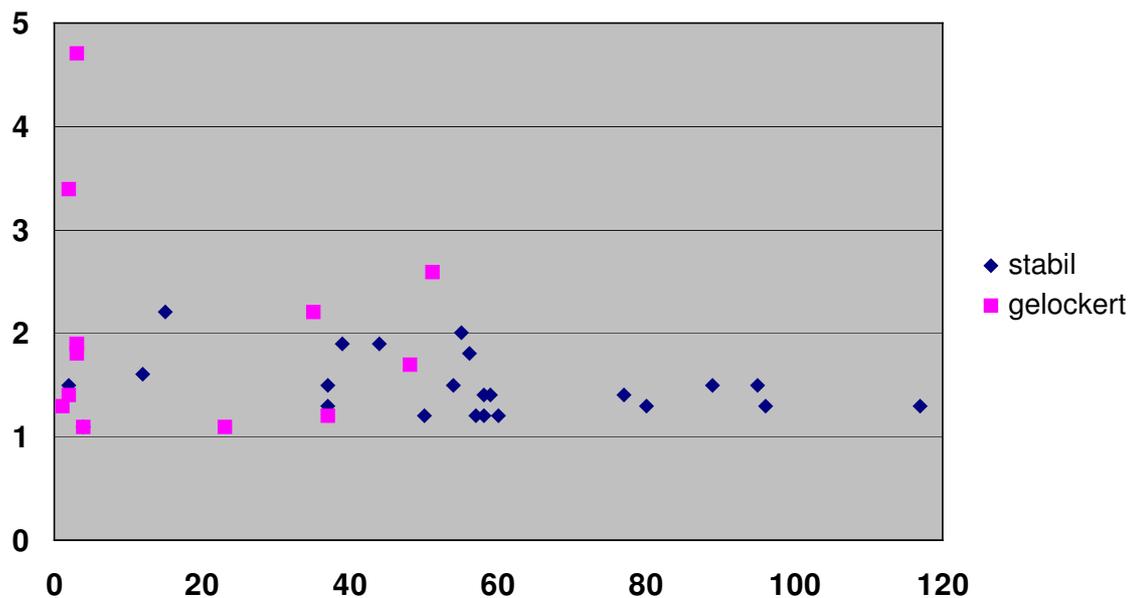


Abbildung 30: Zeitpunkt der Wanderung. Auf der Ordinate ist Wanderung in mm, auf der Abszisse der Zeitpunkt des Wanderungsnachweises aufgetragen. Die blauen Punkte entsprechen den stabilen, die roten Punkte den gelockerten Implantaten.

Innerhalb der gewanderten Implantaten waren drei Gruppen zu unterscheiden. In der ersten Gruppe sind alle Implantate deren Wanderung innerhalb der ersten 24 Monate nachweisbar wurde. Dies zeigte sich bei 13 Implantaten, von denen neun gelockert waren bzw. gewechselt werden mussten.

In der zweiten Gruppe wurde die Wanderung erst zwischen 24 und 60 Monaten nachweisbar. Diese Gruppe beinhaltet 16 Implantate, von denen vier gelockert waren.

In der dritten Gruppe war die Wanderung erst nach mehr als fünf Jahren nachweisbar. Die sieben Implantate dieser Gruppe zeigten alle bis zum Ende der Beobachtung keine weiteren Lockerungszeichen.

Drei Implantate konnten keiner der Gruppen zugeordnet werden.

Offensichtlich konnten die Implantate der ersten Gruppe nicht ausreichend primär stabilisiert werden. So konnte eine sekundäre Stabilisierung nicht einsetzen. Je später die Implantate eine Migration anzeigen, desto stabiler sind sie klinisch, die Primärstabilität war demzufolge hier gegeben und die Pfanne konnte sich sekundär stabilisieren.

3.10.8 Beispiel einer gewanderten und später stabilisierten Pfanne

Ein Implantat zeigte bereits nach vier Monaten eine Wanderung von 1,1 mm nach kranial. Im weiteren Verlauf zeigte sich nur noch bis zum 25. Monat eine nachweisbare Wanderung. Das Implantat blieb dann über mehrere Jahre stabil. Offensichtlich war das Implantat primär instabil, konnte sich jedoch nach einiger Zeit stabilisieren und in den Knochen integriert werden.

Dieses Beispiel ist in den folgenden Abbildungen dargestellt.

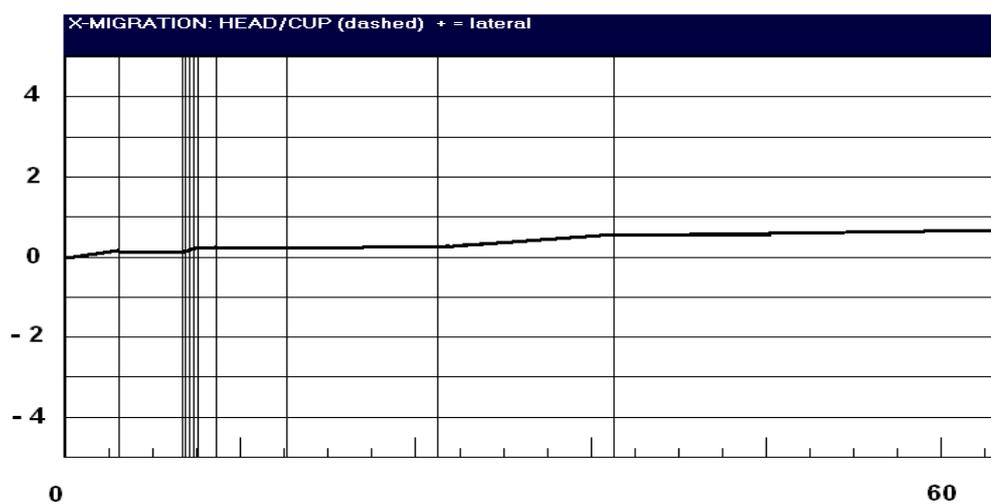


Abbildung 31: Auf der Ordinate ist Wanderung in horizontaler Richtung in mm, auf der Abszisse die Nachbeobachtungszeit in Monaten aufgetragen.

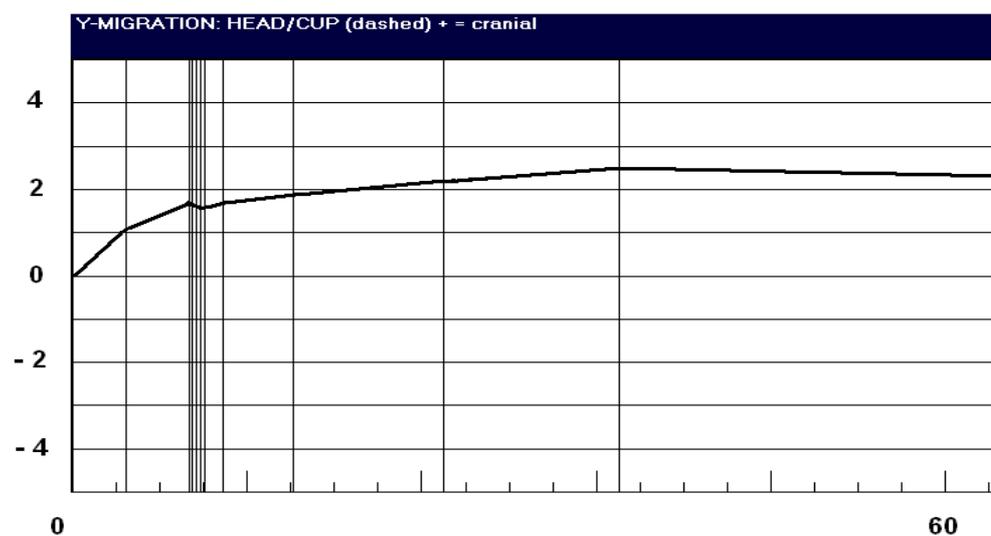


Abbildung 32: Auf der Ordinate ist Wanderung in vertikaler Richtung in mm, auf der Abszisse die Nachbeobachtungszeit in Monaten aufgetragen.

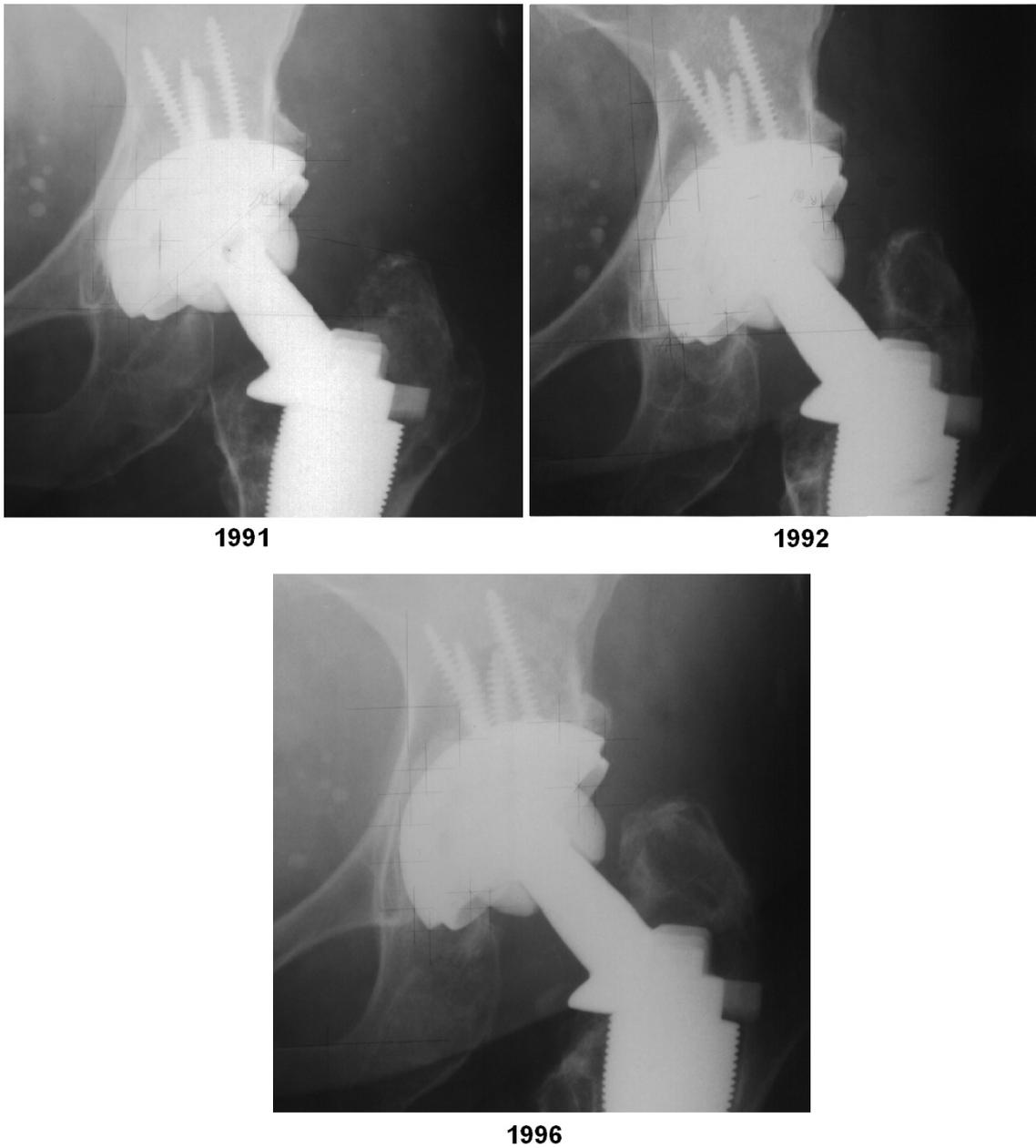


Abbildung 33: Dargestellt sind die Röntgenbilder kurz nach der Operation am 05.02.1991, vom 11.05.1992 und die letzte für die EBRA zur Verfügung stehende Röntgenuntersuchung vom 11.06.1996.

3.10.3 Beispiel einer progredienten Wanderung

Ein weiteres Implantat zeigte nach 35 Monaten eine Wanderung von 1,9 mm. Der Patient war klinisch unauffällig. Erst nach über 10 Jahren und einer Wanderung von mehr als 4 mm wurde der Patient klinisch auffällig und das Implantat musste gewechselt werden. Es zeigte sich auch intraoperativ als gelockert. Dieses Beispiel haben wir bereits im Kapitel 3.10.2 aufgeführt. Die Wanderungsdiagramme sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

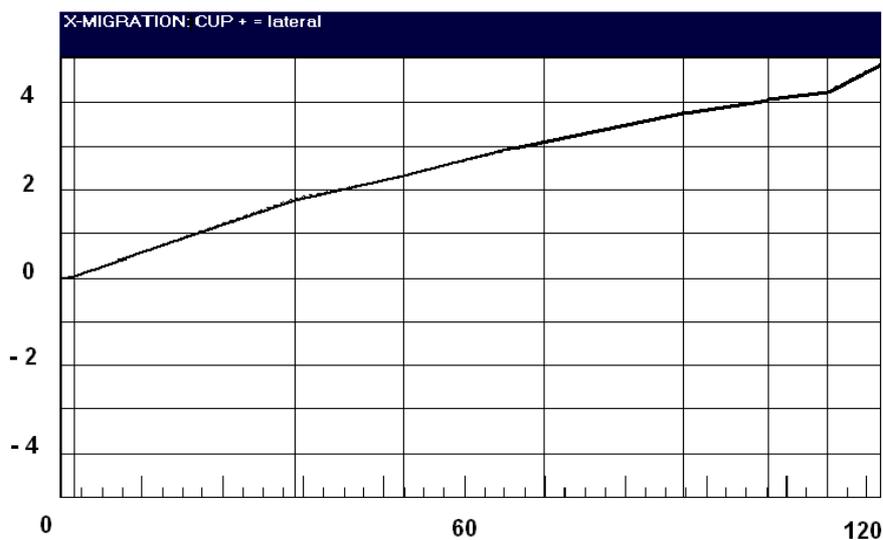


Abbildung 34: Auf der Ordinate ist Wanderung in horizontaler Richtung in mm, auf der Abszisse die Nachbeobachtungszeit in Monaten aufgetragen.

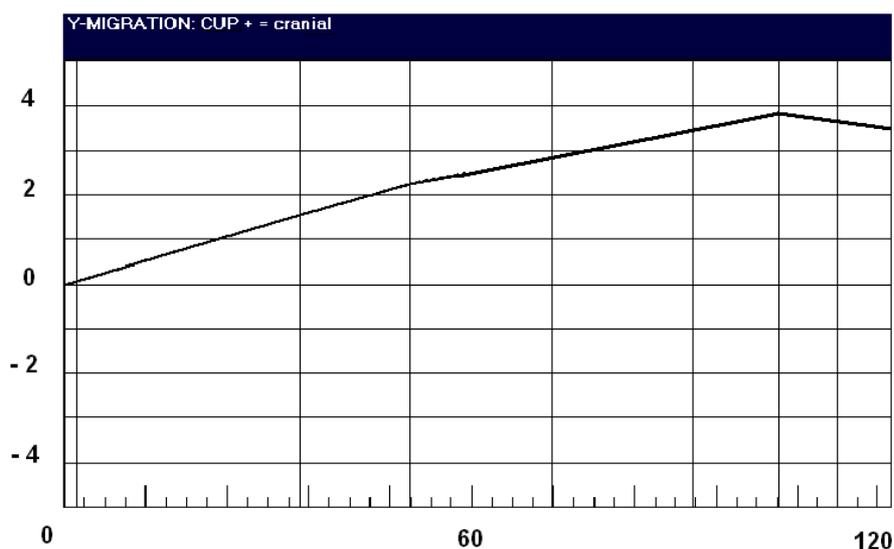


Abbildung 35: Auf der Ordinate ist Wanderung in vertikaler Richtung in mm, auf der Abszisse die Nachbeobachtungszeit in Monaten aufgetragen.

4. Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es, die mittel- bis langfristigen Ergebnisse der Harris-Galante-Pfanne in einem prospektiv erfassten Patientengut mit teilweise höhergradigen Knochendefektsituationen zu dokumentieren. Für die Beurteilung der biomechanischen Implantatstabilität wurde das digitale Messverfahren der EinBildRöntgenAnalyse (EBRA) eingesetzt. Anhand der Implantatmigration sollte insbesondere der Einfluss der Defektsituation und der Knochentransplantate auf die Implantatstabilität dargestellt werden.

Im Moment stehen drei wesentliche Konzepte für die Pfannenrevision zur Verfügung, die Verwendung von zementierten Systemen, das Einbringen von Stützschalen und der Einsatz von hemisphärischen Pressfit-Pfannen.

Die Verwendung von zementierten Systemen hat sich im Langzeitverlauf nicht bewährt. Die Versagensraten liegen nach 10 Jahren bei teilweise über 40%^{10;21;31;32;51}. Die Dokumentation der Ergebnisse beim Einsatz von Stützschalen sind noch unzureichend, kurzfristige Ergebnisse bei größeren Defekten scheinen gute Ergebnisse zu liefern, echte Langzeitergebnisse fehlen fast vollständig^{33;40;46;54}. Für die Verwendung hemisphärischer Pressfit-Pfannen stehen wenige Langzeitergebnisse zur Verfügung, die überwiegend mit der Harris-Galante-Pfanne erhoben wurden.

In einer Studie von Templeton et al. wurde ein Kollektiv von 61 Revisionsoperationen mit der Harris-Galante-Pfanne I nachbeobachtet. Das Durchschnittsalter zum Operationsbeginn lag bei 67,6 Jahren. Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit für 31 überlebende Patienten lag bei 12,9 Jahren. Die Defektklasse wurde gemäß der AAOS bestimmt. 13 Hüften hatten keinen Defekt, fünf waren Typ I, 11 Typ II, und eine Typ III. Die 10 Jahresüberlebensrate lag bei 97,7% mit dem Endpunkt Lockerung. Die Implantatmigration wurde mit einer Genauigkeit von ± 5 mm bestimmt. Als Transplantat wurde lediglich gemahlene Spongiosa verwendet⁵¹.

Im Gegensatz zu dieser Studie wurde von uns ein größeres Kollektiv nachbeobachtet. Insbesondere waren die Defekte in unserem Kollektiv höheren Defektklassen zugeordnet. Die günstigen Ergebnisse bei den Defekttypen I und II konnten in unserem Patientengut nachvollzogen werden.

Leopold et al. untersuchten ein Kollektiv von 138 Revisionsoperationen, bei denen die Harris-Galante Pfanne verwendet wurde. Das Durchschnittsalter zu Operationsbeginn lag bei 50 Jahren. 109 Patienten hatten eine mittlere Nachuntersuchungszeit von 10,5 Jahren. In einer früheren Studie der selben Arbeitsgruppe wurde die Defektklasse nach den Kriterien der AAOS bestimmt (sieben mal kein Defekt, 10 mal Typ I, 80 mal Typ II, neun mal Typ III und zwei mal Typ IV)⁴⁷. Die 10-Jahresüberlebensrate lag bei 88% bzw. 84% nach 11,5 Jahren für den Endpunkt Wechsel oder Lockerung³².

Während die Größe des Kollektivs dieser Studie mit unserem vergleichbar ist, liegt eine deutlich Verteilung der Defektklassen zugunsten des kavitären Defektes (=Typ II) vor. Wie bei Templeton et al. konnten die günstigen Ergebnisse für umschriebene Defekte bestätigt werden.

Chareancholvanich et al. untersuchten ein Kollektiv von 42 Revisionsoperationen. Das Durchschnittsalter zum Operationsbeginn lag bei 50 Jahren. 40 Patienten konnten nachuntersucht werden. Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit lag bei 8 Jahren. Die Defektklasse wurde nach den Kriterien der AAOS bestimmt. Sechs Hüften waren Typ I, 30 Hüften Typ II, und drei Hüften Typ III. Eine Migrationsanalyse wurde mit einer Genauigkeit von 2 mm durchgeführt. Die 10 Jahresüberlebensrate für den Endpunkt Wechsel oder Lockerung lag bei 88%¹⁰.

Im Vergleich zu dieser Studie umfasste unser Kollektiv 118 Operationen. Trotz der Verteilung zugunsten der umschriebenen Defekte lag eine vergleichbare 10-Jahresüberlebensrate vor. Aus der Migrationsanalyse wurden keine weiteren Rückschlüsse gezogen.

Lachiewicz et al. untersuchten 57 Revisionsoperationen mit der HG-Pfanne. Das Durchschnittsalter zum Operationsbeginn lag bei 56 Jahren, die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit betrug sieben Jahre. Die Defekte wurden nach den Kriterien der AAOS bestimmt. Sechs Patienten hatten keine Defekte, sieben Patienten waren Typ I, 23 Patienten waren Typ II und 21 Patienten waren Typ III. Eine Migrationsanalyse wurde mit einer Genauigkeit von 3 mm durchgeführt. Keines der Implantate galt als gewandert. Bei 11 Operationen wurde ein strukturelles Transplantat verwendet. Eine 10-Jahresüberlebensrate wurde bei diesem Kollektiv nicht angegeben³¹.

Auch hier wurde ein kleines Kollektiv untersucht. Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit lag niedriger. Aufgrund der fehlenden Überlebenszeitanalyse ist die Vergleichbarkeit mit anderen Studien schwierig. Die Verwendung struktureller Transplantate wurde hinsichtlich ihrer Ergebnisse nicht differenziert betrachtet.

Hallstrom et al. untersuchten ein Kollektiv von 188 Revisionsoperationen. 122 Patienten konnten nachuntersucht werden. Das durchschnittliche Alter zum Operationsbeginn lag bei 54 Jahren. Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit lag bei 12 Jahren. Die Defektklasse wurde in dieser Studie nicht angegeben. In der vorhergehenden Studie am ähnlichen Kollektiv wurde nach den Kriterien der AAOS klassifiziert. Es lag hier eine deutliche Verteilung zu Gunsten des Defekttyps II vor (98 von 140)⁴⁹. Acht Implantate wurden als gewandert angegeben, ohne eine Aussage über die Genauigkeit zu treffen. Die 10-Jahresüberlebensrate für den Endpunkt Lockerung lag bei 91% nach 12 Jahren betrug sie 88%¹⁸.

Unser Kollektiv war zwar kleiner, jedoch hatten wir mehr höhergradige Defekte. Die 10-Jahresüberlebensrate war vergleichbar. Unsere Migrationsanalyse war genauer.

In der vorliegenden Untersuchung wurden 118 Operationen bei 112 konsekutiven Patienten prospektiv verfolgt. Mit dieser Anzahl an Patienten und einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von 123 (\pm 22) Monaten ist es

möglich, eine sinnvolle Überlebenszeitanalyse mit 32 Patienten unter Risiko bis 10 Jahre nach der Operation durchzuführen. Dadurch ist mit diesem Kollektiv die Angabe valider Langzeitergebnisse möglich.

Durch die Defektklassifikation nach den Kriterien der AAOS besteht eine Vergleichbarkeit zu anderen Studien. Im Gegensatz zu anderen Studien lag bei uns insbesondere ein höherer Anteil an Typ III Defekten vor.

Der Defekttyp III nach AAOS wurde gemäß den Kriterien von Tanzer et al. unterteilt. Dadurch konnten zwei Gruppen unterschieden werden. Die Defektklassen Typ I, Typ II, Typ IIIa wurden als umgrenzte Defekte, die Defektklassen Typ IIIb und Typ IV als nicht umgrenzte Defekte zusammengefasst. Dies entspricht den klinischen Verhältnissen, bei denen bei Typ IIIa Defekten in der Regel noch eine Verankerung mit minimalem Pressfit möglich ist, während die Verankerung bei Typ IIIb und IV Defekten ausschließlich mit Schrauben möglich ist. Im Wesentlichen unterscheiden sich beide Gruppen statistisch signifikant im Überleben des Implantates ($p=0,0193$). Für die umgrenzten Defekte bietet sich die HG-Pfanne mit einer 10-Jahresüberlebensrate von 93,5% unbedingt an.

Im Gegensatz zu allen anderen Studien wurde erstmals ein digitales Messverfahren mit einer Messgenauigkeit von 1 mm an einem großen Kollektiv angewendet.

Für die Untersuchung des Migrationsverhaltens von künstlichen Hüftgelenkpfannen werden verschiedene Verfahren angegeben. Die Bleistift und Lineal Messverfahren nach Collet, Sutherland und Wetherell weisen Messgenauigkeiten von ± 5 mm auf¹³. Auf der anderen Seite des Spektrums gilt die Röntgenstereophotogrammetrie mit einer Messgenauigkeit zwischen 0,2 und 0,6 mm als genauestes Verfahren für die Analyse der Implantatwanderung im ersten Jahr²⁷. Die RSA zeigte bei der HG-Pfanne besonders in den ersten drei Monaten eine stärkere messbare Migration, die jedoch als Ausdruck der Osseointegration der Pfanne gedeutet wurde³⁶.

Die EinBildRöntgenAnalyse ist dagegen ein Verfahren, welches an konventionellen Beckenübersichten ohne zusätzliche Marker-Implantation durchgeführt werden kann. Die Grundvoraussetzung ist jedoch das Vorhandensein von mindestens vier Beckenübersichtsaufnahmen²⁹. Durch den Vergleichbarkeitsalgorithmus werden nur diejenigen Bilder verwendet, die innerhalb eines Bereichs von 9° in vertikaler bzw. 6° in horizontaler Richtung abweichen. Die Messgenauigkeit liegt in Abhängigkeit vom Bildmaterial zwischen 0,7 und 1,3 mm. Im Vergleich zur Stereophotogrammetrie wurde für die EBRA eine Abweichung von 0,26 mm ermittelt²⁴. Die EBRA gilt daher als das genaueste Messverfahren an konventionellem Bildmaterial¹⁴. Sie ist besonders geeignet für große Patientenkollektive und Langzeitbeobachtungen. Bezüglich der prospektiven Bedeutung der EBRA-Daten zeigt eine Studie von Krimer 1996, dass primär implantierte Pfannen mit einer Migration von über 1 mm innerhalb der ersten beiden Jahre im Verlauf von sieben Jahren eine signifikant höhere Lockerungsrate aufweisen. Bei Primärimplantationen liegt der prädiktive Wert einer Migration von über 1 mm in den ersten beiden Jahren für eine Lockerung nach sieben Jahren bei über 70%²⁹.

Für die Pfannenrevisionen konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, dass mit einer Messgenauigkeit von 1 mm ein hoher Anteil an Implantaten gewandert war. Es hat sich gezeigt, dass die nicht gewanderten Implantate als stabil anzusehen sind. Nicht gewanderte Implantate zeigten eine signifikant geringere Lockerungsrate.

Besonders hat sich in der Wanderungsanalyse gezeigt, dass eine frühe Migration innerhalb der ersten beiden Jahre bei neun von 13 Implantaten eine Lockerung bedeutet. Offensichtlich war bei diesen Pfannen die Primärstabilität unzureichend.

In der zweiten Gruppe, die eine Wanderung innerhalb von 24 und 60 Monaten zeigte, waren 4 von 16 Implantaten gelockert.

Die spät gewanderten Implantate in der dritten Gruppe waren alle stabil. Obwohl klinisch keine Lockerungszeichen vorliegen, bleibt jedoch abzuwarten, ob die einsetzende Migration bei einem Teil der Implantate zum Versagen führt. Unsere Zeitspanne konnte hier keine Lockerung nachweisen.

Andererseits konnte eine sekundäre Stabilisierung nach Migration von 2,2 mm in einem Fall nachgewiesen werden. Alle anderen Migrationen waren progredient.

Ebenfalls wurde in dieser Untersuchung gezeigt, dass die Verwendung struktureller Transplantate mit einer schlechteren Überlebensrate des Implantats einhergeht. Diese Beobachtung konnte auch in anderen Studien nachvollzogen werden^{3;5;8;23}. Allerdings wurden die strukturellen Knochentransplantate überwiegend bei höhergradigen Defektsituationen eingesetzt, die ebenfalls mit schlechteren Ergebnissen verbunden sind.

Insgesamt hat sich das Konzept des Pfannenwechsels mit Hilfe einer hemisphärischen Pressfit-Pfanne vom Typ der Harris-Galante-Pfanne bewährt. Die guten Ergebnisse der bereits vorliegenden Studien konnten bestätigt werden. Mit einer 10 Jahresüberlebensrate von 85,6% liegen insgesamt auch bei einer hohen Anzahl an Typ III Defekten gute klinische Ergebnisse vor.

Dagegen gerät die Verwendung der Harris-Galante-Pfanne bei höhergradigen Defekten an ihre Grenzen. Die Defektklassifikation vom Typ IIIb oder IV zeigte eine signifikant höhere Lockerungsrate und Migration in vertikaler Richtung. Die Ursache hierfür liegt bei diesen Defekten in der teilweise nur unzureichend zu erzielenden Primärstabilität mit alleiniger Schraubenfixation. Hohe Migrationsraten dokumentieren diese Ergebnisse. Solange die Primärstabilität bis zur Osseointegration nicht erreicht werden kann, erscheint die Harris-Galante-Pfanne ungeeignet^{10;49}. Allerdings konnte die Überlegenheit einer Stützschiene bei diesen hochgradigen Defekten bisher ebenfalls nicht eindeutig nachgewiesen werden.

Insgesamt dürfen bei Pfannenrevisionen gute Ergebnisse erwartet werden, soweit man noch eine sphärische Pressfit-Pfanne sinnvoll einsetzen kann. Damit kommen dem frühzeitigen Erkennen einer Implantatlockerung nach Primärimplantationen die entscheidende Bedeutung zu. Regelmäßige klinische und insbesondere radiologische Kontrollen von Primärimplantationen sollten im Rahmen moderner Versorgungskonzepte obligat sein.

5. Zusammenfassung

Echte Langzeitergebnisse von Pfannenrevisionsoperationen liegen bisher nur ansatzweise vor. Als Standardmethode bis zum Grad III nach AAOS gilt die Verwendung einer sphärischen Pressfit-Pfanne mit zusätzlicher Schraubenfixation. Ziel der vorliegenden prospektiven Studie war eine Analyse der Langzeitergebnisse unter besonderer Berücksichtigung des Migrationsverhaltens.

Zwischen 1987 und 1992 wurden 118 konsekutive Pfannenwechsel bei 112 Patienten (w:m = 80:38; mittleres Alter $68,2 \pm 10$ Jahre) vorgenommen. 60 mal wurde eine Pfannenrevision, in 58 Fällen ein Komplettwechsel durchgeführt. Die knöchernen Defektsituation wurde zwei mal als Typ I, 29 mal als Typ II, 82 mal als Typ III und in fünf Fällen als Typ IV klassifiziert. Neben der klinischen und radiologischen Beurteilung wurde die Implantatmigration durch die EinBildRöntgenAnalyse (EBRA) mit einer Messgenauigkeit von ± 1 mm bestimmt.

Während des Beobachtungszeitraumes von 122 ± 22 Monaten waren 51 Patienten mit 57 Pfannen verstorben. 61 Patienten konnten nachuntersucht werden. Im gesamten Kollektiv mussten 10 Pfannen erneut gewechselt werden. Bei neun weiteren Patienten bestand ein Lockerungsverdacht. Die mittlere Überlebensrate nach 10 Jahren betrug mit dem Kriterium Revision 85,6%, mit dem Kriterium Lockerung 78,7%. Mit der EBRA ließen sich 82 Implantate sinnvoll vermessen, von denen in 39 Fällen (47,6%) eine Wanderung von über einem Millimeter gefunden wurde. Es bestand eine signifikante Korrelation zwischen der Implantatwanderung und der erneuten Lockerung ($p=0,0168$). Die Lockerungsrate lag bei Verwendung gemahlener Spongiosa im Vergleich zu strukturellen Knochentransplantaten signifikant niedriger ($p=0,0226$).

Die Harris-Galante Pfanne zeigt in der Mehrzahl der Fälle auch als Revisionsimplantat günstige Langzeitergebnisse. Die Grenze der Indikation liegt

bei höhergradigen segmentalen Defekten, bei denen die primäre Stabilität bis zur Osseointegration nicht zu erzielen ist. Die Notwendigkeit zur Verwendung struktureller Knochentransplantate und die resultierende Implantatwanderung korrelieren mit einem erneuten Implantatversagen.

6. Literatur

1. BQS-Qualitätsreport 2002. 2003.
2. Archibeck, M. J., Berger, R. A., Jacobs, J. J., Quigley, L. R., Gitelis, S., Rosenberg, A. G., and Galante, J. O.: Second-generation cementless total hip arthroplasty. Eight to eleven- year results. *J. Bone Joint Surg. Am.* 83-A:1666-1673, 2001.
3. Bal, B. S., Maurer, T., and Harris, W. H.: Revision of the acetabular component without cement after a previous acetabular reconstruction with use of a bulk femoral head graft in patients who had congenital dislocation or dysplasia. A follow-up note. *J. Bone Joint Surg. Am.* 81:1703-1706, 1999.
4. Behairy, Y., Meldrum, R. D., and Harris, W. H.: Hybrid revision total hip arthroplasty: a 7-year follow-up study. *J. Arthroplasty.* 16:829-837, 2001.
5. Bohm, P. and Banzaf S.: Acetabular revision with allograft bone. 103 revisions with 3 reconstruction alternatives, followed for 0.3-13 years. *Acta Orthop. Scand.* 70:240-249, 1999.
6. Bonnomet, F., Clavert, P., Gicquel, P., Lefebvre, Y., and Kempf, J. F.: [Reconstruction by graft and reinforcement device in severe aseptic acetabular loosening: 10 years survivorship analysis]. *Rev. Chir Orthop. Reparatrice Appar. Mot.* 87:135-146, 2001.
7. Brooker, A. F., Bowerman, J. W., Robinson, R. A., and Riley, L. H., Jr.: Ectopic ossification following total hip replacement. Incidence and a method of classification. *J. Bone Joint Surg. Am.* 55:1629-1632, 1973.
8. Cabanela, M. E.: Reconstruction rings and bone graft in total hip revision surgery. *Orthop. Clin. North Am.* 29:255-262, 1998.

9. Campbell, D. G., Garbuz, D. S., Masri, B. A., and Duncan, C. P.: Reliability of acetabular bone defect classification systems in revision total hip arthroplasty. *J. Arthroplasty*. 16:83-86, 2001.
10. Chareancholvanich, K., Tanchuling, A., Seki, T., and Gustilo, R. B.: Cementless acetabular revision for aseptic failure of cemented hip arthroplasty. *Clin. Orthop.*140-149, 1999.
11. Clohisy, J. C. and Harris, W. H.: The Harris-Galante porous-coated acetabular component with screw fixation. An average ten-year follow-up study. *J. Bone Joint Surg. Am.* 81:66-73, 1999.
12. D'Antonio, J. A., Capello, W. N., Borden, L. S., Bargar, W. L., Bierbaum, B. F., Boettcher, W. G., Steinberg, M. E., Stulberg, S. D., and Wedge, J. H.: Classification and management of acetabular abnormalities in total hip arthroplasty. *Clin. Orthop.*126-137, 1989.
13. Dickob, M., Bleher, J., and Puhl, W.: [Standardized analysis of acetabulum cup migration in hip endoprosthesis using digital image processing]. *Unfallchirurg*. 97:92-97, 1994.
14. Dihlmann, S. W., Ochsner, P. E., Pfister, A., and Mayrhofer, P.: [Analysis of migration of screwed acetabular components following revision arthroplasty of the hip joint. Results of single-image roentgen analysis]. *Z. Orthop. Ihre Grenzgeb.* 132:286-294, 1994.
15. Engh, C. A., Griffin, W. L., and Marx, C. L.: Cementless acetabular components. *J. Bone Joint Surg. Br.* 72:53-59, 1990.
16. Gill, T. J., Sledge, J. B., and Muller, M. E.: The Burch-Schneider anti-protrusio cage in revision total hip arthroplasty: indications, principles and long-term results. *J. Bone Joint Surg. Br.* 80:946-953, 1998.

17. Gozzard, C., Blom, A., Taylor, A., Smith, E., and Learmonth, I.: A comparison of the reliability and validity of bone stock loss classification systems used for revision hip surgery. *J. Arthroplasty*. 18:638-642, 2003.
18. Hallstrom, B. R., Golladay, G. J., Vittetoe, D. A., and Harris, W. H.: Cementless acetabular revision with the Harris-Galante porous prosthesis. Results after a minimum of ten years of follow-up. *J. Bone Joint Surg. Am.* 86-A:1007-1011, 2004.
19. Harris, W. H.: Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation. *J. Bone Joint Surg. Am.* 51:737-755, 1969.
20. Harris, W. H.: The first 32 years of total hip arthroplasty. One surgeon's perspective. *Clin. Orthop.* 6-11, 1992.
21. Harris, W. H., Krushell, R. J., and Galante, J. O.: Results of cementless revisions of total hip arthroplasties using the Harris-Galante prosthesis. *Clin. Orthop.* 120-126, 1988.
22. Hendrich, C., Bahlmann, J., and Eulert, J.: Migration of the uncemented Harris-Galante acetabular cup: results of the einbildroentgenanalyse (EBRA) method. *J. Arthroplasty*. 12:889-895, 1997.
23. Hooten, J. P., Jr., Engh, C. A., Jr., and Engh, C. A.: Failure of structural acetabular allografts in cementless revision hip arthroplasty. *J. Bone Joint Surg. Br.* 76:419-422, 1994.
24. Ilchmann, T., Franzen, H., Mjoberg, B., and Wingstrand, H.: Measurement accuracy in acetabular cup migration. A comparison of four radiologic methods versus roentgen stereophotogrammetric analysis. *J. Arthroplasty*. 7:121-127, 1992.

25. Ilchmann, T., Kesteris, U., and Wingstrand, H.: EBRA improves the accuracy of radiographic analysis of acetabular cup migration. *Acta Orthop. Scand.* 69:119-124, 1998.
26. Johnston, R. C., Fitzgerald, R. H., Jr., Harris, W. H., Poss, R., Muller, M. E., and Sledge, C. B.: Clinical and radiographic evaluation of total hip replacement. A standard system of terminology for reporting results. *J. Bone Joint Surg. Am.* 72:161-168, 1990.
27. Karrholm, J., Herberts, P., Hultmark, P., Malchau, H., Nivbrant, B., and Thanner, J.: Radiostereometry of hip prostheses. Review of methodology and clinical results. *Clin. Orthop.* 94-110, 1997.
28. Krismer, M., Bauer, R., Tschupik, J., and Mayrhofer, P.: EBRA: a method to measure migration of acetabular components. *J. Biomech.* 28:1225-1236, 1995.
29. Krismer, M., Stockl, B., Fischer, M., Bauer, R., Mayrhofer, P., and Ogon, M.: Early migration predicts late aseptic failure of hip sockets. *J. Bone Joint Surg. Br.* 78:422-426, 1996.
30. Lachiewicz, P. F. and Hussamy, O. D.: Revision of the acetabulum without cement with use of the Harris- Galante porous-coated implant. Two to eight-year results. *J. Bone Joint Surg. Am.* 76:1834-1839, 1994.
31. Lachiewicz, P. F. and Poon, E. D.: Revision of a total hip arthroplasty with a Harris-Galante porous- coated acetabular component inserted without cement. A follow-up note on the results at five to twelve years. *J. Bone Joint Surg. Am.* 80:980-984, 1998.
32. Leopold S.S. and Rosenberg, A. G.: Cementless acetabular revision. *Clin. Orthop.* 1999:179-186, 1999.

33. Manley, M. T., Capello, W. N., D'Antonio, J. A., Edidin, A. A., and Geesink, R. G.: Fixation of acetabular cups without cement in total hip arthroplasty. A comparison of three different implant surfaces at a minimum duration of follow-up of five years. *J. Bone Joint Surg. Am.* 80:1175-1185, 1998.
34. Nelson, C. L.: Cemented cup revisions. *Am. J. Orthop.* 31:479-480, 2002.
35. Nivbrant, B., Karrholm, J., Onsten, I., and Carlsson, A.: Migration of porous press-fit cups in hip revision arthroplast radiosterometric 2-year follow-up study of 60 hips. *J. Arthroplasty.* 11:390-396, 1996.
36. Onsten, I. and Carlsson, A.: Migration and Wear of a hydroxyapatite coated hip prosthesis. *J. Bone Joint Surg. Br.* 78-B:85-91, 1996.
37. Padgett, D. E., Kull, L., Rosenberg, A., Sumner, D. R., and Galante, J. O.: Revision of the acetabular component without cement after total hip arthroplasty. Three to six-year follow-up. *J. Bone Joint Surg. Am.* 75:663-673, 1993.
38. Pagnano, M. W. and Hanssen, A. D.: The effect of superior Placement of the Acetabular Component on the rate of Loosening after Total Hip Arthroplasty. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1004-1014, 1996.
39. Paprosky, W. G., Perona, P. G., and Lawrence, J. M.: Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty. A 6-year follow-up evaluation. *J. Arthroplasty.* 9:33-44, 1994.
40. Peters, C. L., Miller, M., Erickson, J., Hall, P., and Samuelson, K.: Acetabular revision with a modular anti-protrusion acetabular component. *J. Arthroplasty.* 19:67-72, 2004.

41. Petersen, M. B., Poulsen, I. H., Thomsen, J., and Solgaard, S.: The hemispherical Harris-Galante acetabular cup, inserted without cement. The results of an eight to eleven-year follow-up of one hundred and sixty-eight hips. *J. Bone Joint Surg. Am.* 81:219-224, 1999.
42. Raut, V. V., Siney, P. D., and Wroblewski, B. M.: Cemented revision for aseptic acetabular loosening. A review of 387 hips. *J. Bone Joint Surg. Br.* 77:357-361, 1995.
43. Raut, V. V., Siney, P. D., and Wroblewski, B. M.: Revision of the acetabular component of a total hip arthroplasty with cement in young patients without rheumatoid arthritis. *J. Bone Joint Surg. Am.* 78:1853-1856, 1996.
44. Regis, D., Dorigo, E., Modena, M., Corallo, F., and Bartolozzi, P.: Acetabular reinforcement rings and bone allografts in the reconstructive treatment of periprosthetic bone loss. *Chir Organi Mov.* 87:217-224, 2002.
45. Robinson, A. H., Palmer, C. R., and Villar, R. N.: Is revision as good as primary hip replacement? A comparison of quality of life. *J. Bone Joint Surg. Br.* 81:42-45, 1999.
46. Schatzker, J. and Wong, M. K.: Acetabular revision. The role of rings and cages. *Clin. Orthop.* 187-197, 1999.
47. Silverton, C. D., Rosenberg, A. G., Sheinkop, M. B., Kull, L. R., and Galante, J. O.: Revision total hip arthroplasty using a cementless acetabular component. Technique and results. *Clin. Orthop.* 201-208, 1995.
48. Silverton, C. D., Rosenberg, A. G., Sheinkop, M. B., Kull, L. R., and Galante, J. O.: Revision of the acetabular component without cement

- after total hip arthroplasty. A follow-up note regarding results at seven to eleven years. *J. Bone Joint Surg. Am.* 78:1366-1370, 1996.
49. Tanzer, M., Drucker, D., Jasty, M., McDonald, M., and Harris, W. H.: Revision of the acetabular component with an uncemented Harris-Galante porous-coated prosthesis. *J. Bone Joint Surg. Am.* 74:987-994, 1992.
 50. Taylor, A. H., Shannon, M., Whitehouse, S. L., Lee, M. B., and Learmonth, I. D.: Harris Galante cementless acetabular replacement in avascular necrosis. *J. Bone Joint Surg. Br.* 83:177-182, 2001.
 51. Templeton, J. E., Callaghan, J. J., Goetz, D. D., Sullivan, P. M., and Johnston, R. C.: Revision of a cemented acetabular component to a cementless acetabular component. A ten to fourteen-year follow-up study. *J. Bone Joint Surg. Am.* 83-A:1706-1711, 2001.
 52. Thanner, J.: The acetabular component in total hip arthroplasty. Evaluation of different fixation principles. *Acta Orthop. Scand. Suppl.* 286:1-41, 1999.
 53. Weber, D., Schaper, L. A., Pomeroy, D. L., Badenhausen, W. E., Jr., Curry, J. I., Smith, M. W., and Suthers, K. E.: Cementless hemispheric acetabular component in total hip replacement. *Int. Orthop.* 24:130-133, 2000.
 54. Winter, E., Piert, M., Volkmann, R., Maurer, F., Eingartner, C., Weise, K., and Weller, S.: Allogeneic cancellous bone graft and a Burch-Schneider ring for acetabular reconstruction in revision hip arthroplasty. *J. Bone Joint Surg. Am.* 83-A:862-867, 2001.

7. ANHANG

Danksagung

Dem Direktor der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Universität Würzburg, Herrn Professor Dr. med. J. Eulert, danke ich für die großzügige Möglichkeit, diese Dissertation in seiner Klinik anfertigen zu dürfen. Herrn Prof. Dr.-Ing. R. Thull, Lehrstuhl der Funktionswerkstoffe in Medizin und Zahnheilkunde, danke ich für die freundliche Übernahme des Korreferates.

Meinem Doktorvater, Herrn Oberarzt Privatdozent Dr. med. C. Hendrich, danke ich für die Überlassung des interessanten Themas. Weiterhin bedanke ich mich bei ihm für die kompetente und kritische Beratung bei der Erstellung dieser Arbeit. Er war jederzeit ein Ansprechpartner und stand immer mit Rat und Tat zur Seite.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn Dr. med. U. Sauer für die kompetente Beratung bei Fragen und Problemen mit Hard- und Software sowie die unermüdliche Hilfe bei der Durchführung der Einbildröntgenanalyse.

Herrn Assistenzarzt Dr. med. S. Kirschner danke ich für die ausgezeichnete statistische Beratung im Rahmen dieser Arbeit. Daneben möchte ich mich bei den Ärzten und Mitarbeitern des König-Ludwig-Hauses bedanken, insbesondere den Mitarbeitern des Röntgenarchivs, die mich bei der Röntgenbildsuche tatkräftig unterstützt haben.

Der wichtigste Dank aber gilt meiner Familie und der Frau an meiner Seite. Ihre Unterstützung und Verständnis haben mich zu jeder Zeit dieser Arbeit und auf meinem bisherigen Lebensweg begleitet.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Ritzel
Vorname	Robert M.
Geburtsdatum	11.03.1979
Geburtsort	Halle (Saale)
Familienstand	ledig

Ausbildung

1985 bis 1989	Grundschule Mattstedt
1989 bis 1991	Polytechnische Oberschule Pestalozzi in Apolda
1991 bis 1997	Gymnasium Bergschule in Apolda Abschluss mit der Allgemeinen Hochschulreife
1998 bis 2000	Studium der Medizin an der Universität Regensburg
2000 bis 2004	Studium der Medizin an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
11.11.2004	Abschluss mit der Ärztlichen Prüfung

Beruflicher Werdegang

1998 bis 2004	Sanitätsoffizieranwärter
seit 2004	Sanitätsoffizier



Hamburg, Februar 2005