

**Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie
- Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. G. Gosheger -**

**Einfluss des Kurzschaftdesigns der
NANOS[®] - Hüfttotalendoprothese
auf den periprothetischen Knochenumbau**

*- Eine osteodensitometrische Untersuchung 3 und 12 Monate postoperativ
im Vergleich mit einem Standard- Geradschaftsystem -*

INAUGURAL – DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae dentium

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Ehrenbrink, Julia Christina

aus Georgsmarienhütte

2009

**Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. W. Schmitz

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. C. Götze

2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. J. Harges

Tag der mündlichen Prüfung: 10.07.2009

**Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie**

- Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. G. Gosheger -

Referent: Prof. Dr. med. C. Götze

Koreferent: Priv.-Doz. Dr. med. J. Harges

Zusammenfassung

Einfluss des Kurzschafthdesigns der NANOS®- Hüfttotalendoprothese auf den periprothetischen Knochenumbau

*- Eine osteodensitometrische Untersuchung 3 und 12 Monate postoperativ
im Vergleich mit einem Standard- Geradschaftsystem -*

Ehrenbrink, Julia Christina

Material und Methode: Zwischen 2004 und 2006 wurden 69 Patienten mit einer zementfreien Hüftprothese versorgt. 36 erhielten einen Alloclassic®-Standardgeradschaft und 33 das NANOS®-Kurzschafthsystem. Die Nachuntersuchung erfolgte anhand des klinischen Befundes (Harris-Hip-Score, HHS), des Aktivitätsgrades nach Sutherland, des psychometrischen Gesundheitsfragebogens (SF-36) und des radiologischen Befundes, durchschnittlich 1,3 (1,1-1,5) Jahre (Gruppe A= Alloclassic) bzw. 1,1 (0,6-1,4) Jahre (Gruppe B= Nanos) postoperativ. Der Verlauf des periprothetischen Knochenumbaus wurde mittels Osteodensitometrie in Anlehnung an die Gruen-Zonen nach 3 und 12 Monaten bestimmt.

Ergebnisse: Der durchschnittliche HHS betrug 91,3 Punkte (min. 61,30, max. 100) in der Gruppe A und 96,5 Punkte (min. 79,50, max. 100) in der Gruppe B. Beim SF-36 ergab sich eine mittlere körperliche Summenskala von 49,15 Punkten für die Patienten, die mittels des Geradschaftsystems versorgt wurden und 49,43 Punkten für das Nanos-Kollektiv, sowie eine psychische Summenskala von 52,64 Punkten (Gruppe A) und 54,20 Punkten (Gruppe B). Der Aktivitätsgrad nach Sutherland lag bei 8,31 bzw. 9,16 von 10 erreichbaren Punkten. Radiologisch wies die Gruppe A Saumbildungen und Resorptionen in den proximalen Schafthbereichen, den Zonen 1 und 7 auf. Periostverdickungen traten in der Zone 3 und 5, am distalen Schafthende, auf. In der Gruppe B zeigten sich Säume und Resorptionen in den proximalen Gruen-Zonen. Sklerotische Veränderungen oder Periostverdickungen waren hier nicht zu diagnostizieren. Die osteodensitometrische Untersuchung des periprothetischen Knochens ergab in der Gruppe A von 3 nach 12 Monaten postoperativ eine mittlere Dichtezunahme von 8%, ein Verlust entstand nur in der proximalen Zone 7. In den Regions Of Interest der Gruppe B stieg der BMD-Wert innerhalb dieser 9 Monate ebenfalls an, es ergab sich ein stärkerer Dichteverlust in den proximalen Zonen 1 und 7. Der direkte Vergleich beider Gruppen ergab eine höhere Knochendichte in den proximalen Zonen 1, 6 und 7 für die NANOS®-Prothese in der primären postoperativen Phase. Die 12-Monats-Untersuchung ließ in den ROI 1, 3, 4, und 5 des Alloclassic®-Standardgeradschaftes höhere Werte erkennen.

Schlussfolgerungen: Klinisch und psychometrisch konnten für beide Patientenkollektive sehr gute Ergebnisse festgestellt werden. Das Kurzschafthsystem verdeutlichte seine Vorteile in der primären, postoperativen Phase durch bessere Knochendichtewerte hinsichtlich einer physiologischen Krafteinleitung. Dieses Ergebnis relativierte sich durch die Messungen ein Jahr postoperativ mit ähnlichen Werten wie beim Geradschaftsystem und der damit verbundenen Erkenntnis der distalen Krafteinleitung. Die NANOS®-Prothese konnte durch die knochenschonende Implantationstechnik, eine einfache Handhabung und die gute Patientenzufriedenheit ihre Vorteile bei primärem Hüftgelenkersatz aufzeigen.

Tag der mündlichen Prüfung: 10.07.2009

meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Entwicklung der Hüftendoprothetik	1
1.2	Oberflächenbeschaffenheit / Osteointegration.....	3
1.3	Osteodensitometrie.....	5
1.4	Fragestellung	6
2	Material und Methode	8
2.1	Patienten.....	8
2.1.1	Patientengruppe A (Alloclassic).....	8
2.1.2	Patientengruppe B (Nanos)	9
2.2	Prothese	10
2.2.1	Alloclassic® Zweymüller® System	10
2.2.2	NANOS® Schenkelhalsprothese	12
2.3	Operationsverfahren	14
2.3.1	Präoperative Planung	14
2.3.2	Operationstechnik	15
2.3.3	Postoperative Behandlung.....	16
2.4	Klinisches Testverfahren.....	18
2.5	Untersuchung des Aktivitätsgrades	19
2.6	Psychometrisches Testverfahren.....	19
2.7	Radiologische Untersuchung	21
2.8	Statistische Testverfahren	22
2.9	Osteodensitometrische Messungen.....	23

3	Ergebnisse	25
3.1	Gruppenvergleichbarkeit.....	25
3.2	Klinische Testergebnisse (Hüft-Score nach Harris)	25
3.2.1	Patientengruppe A (Alloclassic).....	26
3.2.2	Patientengruppe B (Nanos)	27
3.3	Ergebnisse der Aktivitätsuntersuchung.....	29
3.4	Psychometrische Testergebnisse	30
3.5	Radiologische Ergebnisse	38
3.5.1	Veränderungen des periprothetischen Knochens	38
3.5.2	Heterotope periartikuläre Ossifikationen	42
3.6	Osteodensitometrische Ergebnisse	45
3.6.1	Patientengruppe A (Alloclassic).....	45
3.6.2	Patientengruppe B (Nanos)	48
3.6.3	Vergleich der Patientengruppen A und B.....	52
3.6.4	Statistische Auswertung der Messergebnisse.....	54
4	Diskussion.....	57
4.1	Schaftphilosophien	57
4.2	Klinische Ergebnisse.....	58
4.3	Psychometrischer Befund	60
4.4	Radiologische Ergebnisse	62
4.4.1	Heterotope periartikuläre Ossifikationen	63
4.5	Osteodensitometrie.....	65
5	Schlussfolgerungen	68
6	Literaturverzeichnis.....	71

7	Anhang	I
7.1	Danksagung.....	I
7.2	Klinischer Hüftscore nach Harris.....	II
7.3	Fragebogen zum Aktivitätsgrad nach Sutherland	VI
8	Lebenslauf	VII

1 Einleitung

1.1 Entwicklung der Hüftendoprothetik

Seit Jahrzehnten gilt der alloplastische Hüftgelenkersatz als operative Behandlungsmaßnahme der Wahl, um die beste Wiederherstellung der wichtigen Gelenkfunktion bei gleichzeitig größtmöglicher Schmerzfreiheit zu erzielen. Der aktuelle Stand der Endoprothetik umfasst durch die stete Entwicklung jährlich über 150.000 primär implantierte Hüftendoprothesen und über 400 Endoprothesenmodelle weltweit [33].

Die rein konservativen Verfahren zur Linderung von Bewegungseinschränkungen und Schmerzen der Hüfte, wurden ab dem 19. Jahrhundert durch erste operative Verfahren erweitert. WHITE resezierte 1821 den Hüftkopf und der verbleibende Femurschaft wurde in die noch vorhandene Hüftpfanne eingestellt, die so genannte Dekapitationsplastik [8]. Instabilität und Verknöcherungen des Gelenkes führten zum Wunsch nach Funktionsverbesserung, so brachte CARNOCHON 1840 eine Holzplatte als hüftfremdes Material zwischen die artikulierenden Flächen ein. Auch körpereigene Materialien wie Muskelgewebe, Haut und Faszien dienten als Ersatzmaterialien und schafften die Grundlagen der Arthroplastik. Es folgte der Gelenkersatz mit körperfremdem Material wie Glas, Elfenbein und Goldfolien [66].

Um 1890 entwickelte GLUCK ein künstliches Gelenk aus Elfenbein, das er mit Collophonium im diaphysären Knochen verankerte. Mangelnde Materialfestigkeit, geringe Stabilität in situ und eine hohe Infektionsquote verhinderten den erwünschten Erfolg [28,33].

Bessere Erfolge erzielte SMITH-PETERSON in den 20er/30er Jahren mit der Mouldarthroplastik. Zunächst wurden unfixierte Kappen aus Glas, später aus Plexiglas, Viscaloid und Bakelit und ab 1938 eine stärker belastbare Chrom-Cobalt-Molybdän-Legierung (Vitallium) zwischen Pfanne und Kopf eingelegt [75]. Azetabuläre Destruktionen und knöcherne Resorptionen unterhalb der Kappe ergaben sich durch die Härte des Metalls und die lockere Reibung des Implantates mit den organischen Gelenkanteilen.

Die Gebrüder R. und J. JUDET verwandten 1950 einen künstlichen, pilzförmigen Hüftkopfersatz aus Plexiglas mit kleinem Verankerungsstiel im Schenkelhals [36]. Von Vorteil war die größere Ausgangsstabilität, jedoch führten aseptische Implantatlockerungen und -brüche bei THOMPSON und MOORE zu langstieligen femoralen Teilprothesen aus Vitallium [82].

Die Hemiarthroplastiken wurden 1951 erstmals durch Hüfttotalendoprothesen von den Partnern McKEE und FARRAR ersetzt. Sowohl die Schaftkomponente als auch die Pfanne bestanden aus einer Chrom-Cobalt-Molybdän-Legierung, die Gelenkpaarung bestand somit erstmals aus zwei Metallkomponenten [50].

Nun traten die Eigenschaften Abrieb und Reibung eines zu verwendeten Materials in den Vordergrund. Das low friction principle von CHARNLEY und MÜLLER wählte anstelle einer Metallpfanne ein hochverdichtetes Polyäthylen (HDPE) als Material und für die Fixation der Endoprothesenkomponenten im Knochen, das PMMA (Methylmethacrylat) [12,13,57]. Durch diese Einführung fand ein entscheidender Durchbruch zur weltweiten Anwendung zementierter Hüftprothesen statt [6]. Die auftretenden Langzeitprobleme durch Polyäthylenabrieb und Zementalterung mit häufigen aseptischen Auslockerungen, gerade bei jüngeren aktiven Patienten, nahmen zu und die Indikation wurde auf die Versorgung von Patienten höheren Alters beschränkt [2,53].

Bei der in den folgenden Jahren entwickelten zementfreien Technik galt es, an erster Stelle eine suffiziente Verankerung des Implantates mit dem periprothetischen Knochen zu erlangen. Eine hohe Primärstabilität und damit einhergehendes sekundäres Einwachsen des Implantates in das Knochenlager der zementfreien Prothesen wurden erforderlich [21]. MITTELMEIER entwickelte 1969 nach dem Oberflächenvergrößerungsprinzip die Tragrippen-Endoprothese zur zementfreien Verankerung, die aus einem Metallschaft und einer Keramikpfanne zusammengesetzt war [51,52]. Die isoelastische Prothese von MORSCHER und MATHYS aus Polyacetalharz sollte den Knochen in seiner Elastizität nachahmen [56]. Auch JUDET beteiligte sich an dieser Entwicklung und führte die zementfreie Poroprothese ein. Diese wurde mit Metallporen versehen, um ein Einwachsen des Knochens zu ermöglichen [37].

Das Prinzip der Oberflächenaufrauung wurde von LORD anhand einer Prothese mit madreporischer Oberfläche vorgestellt, bei der eine bessere Prothesenintegration durch Oberflächenvergrößerung erzielt werden sollte [46]. Die Bearbeitung der Oberflächen wurde in den folgenden Jahren und Jahrzehnten weiter optimiert. SCHÜTT und GRUNDEI konstruierten 1982 als erste einen anatomisch geformten Prothesenschaft mit einer metallospongiösen Oberfläche, der in seiner Beschaffenheit den spongiösen Knochen imitierte [34].

Diese konstante Entwicklung in der Hüftendoprothetik lässt die heute erhältlichen Prothesensysteme nach Verankerungsart, Prothesenoberfläche und Prothesendesign einteilen. Neben sowohl proximal als auch distal im Femurschaft zu fixierenden Endoprothesen müssen mikro- und makroporige Oberflächen sowie Beschichtungen, z.B. das Hydroxylapatit, unterschieden werden. Sowohl die Oberflächenkonfiguration als auch die äußere Formgebung der Hüftendoprothese haben großen Einfluss auf die Veränderung des periprothetischen Knochens [6].

1.2 Oberflächenbeschaffenheit / Osteointegration

Der in dieser Studie untersuchte NANOS[®]-Prothesenschaft besteht aus einer Titan-Schmiedelegerung, welche eine Mikrostrukturierung mit einer mittleren Oberflächenrauigkeit von 4-6 µm aufweist und zusätzlich mit einer elektrochemischen Calcium-Phosphat-(CaP)-Beschichtung versehen ist.

Die dauerhafte und erfolgreiche Verankerung einer zementfreien Prothese hängt von der erzielten Primärstabilität und dem sekundären Einwachsen des Implantates in das umliegende Knochenlager ab. Durch die mechanisch exakte Abstützung und den bioaktiven Wirkmechanismus von Oberflächenbeschichtungen kann eine sekundäre Stabilität von zementlos implantierten Prothesen erreicht werden [26,80].

Das Plasmaspritzen von Hydroxylapatit (HA-Pulver), dessen osteogene Wirkung postoperativ die Bildung von Knochengewebe stimuliert, wodurch eine Verbundosteogenese auftritt, war lange Zeit der Standard und wurde 1985 von

FURLONG und OSBORN [24] und 1986 durch GEESINK [25] eingeführt. Das Ziel der HA-Beschichtung liegt in der Verkürzung der postoperativen Entlastungsphase durch primäre Osteointegration des Implantates [59].

Neben allen Vorteilen, welche diese Beschichtung mit sich brachte, gab es eine Reihe von Nachteilen, wie z. B. eine Zunahme der Löslichkeit durch Kristallinitätsverlust, uneinheitliche Beschichtungen durch den Spritzprozess, hohe Schichtdicken ($>30\mu\text{m}$), sowie möglichen Verschleiß durch HA-Partikel im Gelenkspalt. Die Festigkeit der HA/Titanschicht könnte durch funktionelle Belastung abnehmen und auf Dauer abplatzen und der so genannte ‚line of sight process‘, ist für poröse Oberflächen und kompliziert geformte Implantate ungeeignet.

Die Vorteile einer bioaktiven CaP-Beschichtung in der Frühphase nach der Implantation mit der gleichzeitigen Verhinderung der Nachteile plasmagespritzter HA-Schichten und den damit verbundenen möglichen Langzeitrissen, führten zur Entwicklung der zweiten Generation bioaktiver CaP-Beschichtungen [18].

Eine dieser vollständig resorbierbaren CaP-Beschichtungen ist Bonit, welche durch einen elektrochemischen Prozess auf Implantatoberflächen aufgebracht wird [79]. Die vollständige Resorption einer CaP-Schicht setzt geringe Schichtdicken ($20\mu\text{m}$) voraus, wie sie mit Spritztechniken nicht realisierbar sind [18].

Die somit geschaffene bioaktive, osteokonduktive Oberfläche trägt zur Verbesserung der Bioverträglichkeit von Implantaten bei. Insbesondere wird das knöchernen Einwachsen in der primären Phase (12 Wochen) beschleunigt [67].

1.3 Osteodensitometrie

Die Osteodensitometrie ist ein Verfahren zur objektiven und quantitativen Beurteilung des Knochens. Diese Technik der noninvasiven Knochendichtemessung beruht auf dem Prinzip, die Schwächung eines von einer Röntgenröhre ausgehenden Photonenstrahles zu messen und somit den Mineralgehalt des durchstrahlten Knochens zu errechnen. Die Osteodensitometrie ist in der Lage, die Barrieren, welche die exakte Auswertung von Röntgenbildern limitieren, in vielerlei Dingen zu überschreiten und führt zu präzisen Ergebnissen im periprothetischen Knochenumbau [39]. Bei den absorptiometrischen Methoden kann man zwischen Verfahren, die eine Flächenprojektion des Knochens auswerten und Verfahren, welche eine dreidimensionale Darstellung des Knochens nutzen, unterscheiden.

Die Zweiernergie-Röntgenabsorptiometrie (Dual X-ray Absorptiometry, DXA) ist für die quantitative Knochenmessung das Verfahren mit der höchsten Verbreitung [29,47,49]. Es hat die Photonenabsorptiometrie (Single Photon Absorptiometry, SXA) und die Zweiernergie-Photonenabsorptiometrie (Dual Photon Absorptiometry, DPA) abgelöst. An Stelle von radioaktiven Isotopen dienen hier Röntgenstrahlen als Strahlenquelle [1]. Die Ermittlung der flächenprojizierten Knochenmasse (Knochendichte= BMD in g/cm^2) und des Knochenmineralgehaltes (BMC in g) erfolgt in hoher Messgenauigkeit und bei niedriger Strahlenbelastung ($1\text{-}3\mu\text{Sv}$) [48,85]. Mit DEXA können Messungen an Unterarm, Wirbelkörpern und der Hüfte durchgeführt werden.

Ursprünglich diente die Dual X-ray Absorptiometry hauptsächlich zur Beurteilung von osteoporotischen Knochenumbauvorgängen [4,71], aber bald schon stieg die Anzahl der osteodensitometrischen Untersuchungen von Patienten nach Implantation von Hüftprothesen [47].

1.4 Fragestellung

Das Ziel der zementfreien Hüftprothesenimplantation liegt in einer suffizienten Primärverankerung im passgenauen Implantatbett und dem sekundären Einwachsen der Prothese im Knochenlager. Da sowohl die äußere Formgebung als auch die Oberflächenkonfiguration entscheidenden Einfluss auf die Veränderung der periprothetischen Knochensubstanz haben [6], wurden bereits zahlreiche unterschiedliche Prothesenmodelle entwickelt.

Nach der Implantation einer Hüftendoprothese kommt es durch veränderte biomechanische Bedingungen und durch biochemische Wirkmechanismen zu periprothetischen Knochenreaktionen, die sich durch quantitative osteodensitometrische Untersuchungen und Röntgenbildanalysen erfassen lassen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist der Vergleich des eingetretenen Knochendichteverlustes bzw. -gewinns zweier zementfreier Prothesensysteme mit unterschiedlichem Verankerungsprinzip jeweils nach drei und zwölf Monaten. Somit stellt sich die Frage:

- **Wie verändert die Belastung durch eine Kurzschaffprothese den periprothetischen Knochen? Lässt der postoperative Verlauf der Knochendichte auf eine physiologische Krafteinleitung schließen?**

Zur Beurteilung des Erfolgs der beiden Prothesenkonzepte und des Einflusses auf die Lebensqualität wurden die Auswertungen der klinischen Untersuchung des Harris-Hip-Score und des Aktivitätsgrades nach Sutherland evaluiert. Der subjektiv empfundene Gesundheitszustand des Patienten wurde über ein psychometrisches Testverfahren (SF-36) ermittelt.

- **Welche Ergebnisse erzielt die NANOS[®]- Kurzschaffprothese bei klinischem Befund, gesundheitsbezogener Lebensqualität und Aktivitätsgrad der Patienten im Vergleich zu einem Standardgeradschaftsystem?**

Radiologische Untersuchungen der Hüfte wurden in die Gesamtbeurteilung mit einbezogen und Zusammenhänge zu den osteodensitometrischen Ergebnissen überprüft.

- **Stellt sich ein Zusammenhang zwischen osteodensitometrisch ermittelten Knochenumbauprozessen und radiologischen Veränderungen des periprothetischen Knochenlagers dar?**

2 Material und Methode

2.1 Patienten

In den Jahren 2004 bis 2006 wurden im Franziskushospital Harderberg in Georgsmarienhütte/Osnabrück über 1100 Patienten primär mit einer zementfreien Hüfttotalendoprothese versorgt. Es wurden 69 Patienten (31 Männlich, 38 weiblich) für diese Studie ausgewählt, von denen 36 eine zementfreie Hüftprothese vom Typ Alloclassic® Zweymüller®-Geradschaft und 33 Patienten eine zementfreie Kurzschaftprothese vom Typ NANOS® implantiert bekamen.

Als Indikationen lagen Coxarthrose (idiopathisch / posttraumatisch / chronisch rheumatoide Polyarthritits), Hüftkopfnekrose oder Dysplasiecoxarthrose vor.

Es handelte sich ausschließlich um Primärimplantationen.

2.1.1 Patientengruppe A (Alloclassic)

Die Patientengruppe A bestand aus 36 Patienten, von denen 18 männlich (50%) und 18 weiblich (50%) waren. Bei 20 (55,6%) Patienten wurde die Operation linksseitig, bei 16 (44,6%) Patienten rechtsseitig durchgeführt. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation betrug 61,1 Jahre.

Tabelle 1: Indikation zur TEP-Versorgung -Patientengruppe A-

Indikation	Anzahl	Anteil [%]
Coxarthrose	26	72,22
Hüftkopfnekrose	4	11,11
Dysplasie-Coxarthrose	3	8,33
Coxarthrose, chron. Polyarthritits	3	8,33
Gesamt	36	100,00

Tabelle 2: Demographische Daten -Patientengruppe A-

		Alter bei OP	Bodymass-Index	Alter bei Nachuntersuchung
Frauen	N	18	18	18
	Mittelwert	60,4	28,9	62
	Minimum	39	22	40
	Maximum	70	37	71
	Standardabweichung	8,289	3,909	8,133
Männer	N	18	18	18
	Mittelwert	62,4	28,4	63,5
	Minimum	53	23	52
	Maximum	75	34	77
	Standardabweichung	6,363	3,463	6,918
Gesamt	N	36	36	36
	Mittelwert	61,1	28,6	62,8
	Minimum	39	22	40
	Maximum	75	37	77
	Standardabweichung	7,472	3,629	7,478

2.1.2 Patientengruppe B (Nanos)

Bei der Patientengruppe B handelte es sich um 33 Patienten, von denen 13 männlich (39,4%) und 20 weiblich (60,6%) waren. Bei 10 Patienten wurde die Prothese linksseitig implantiert, 21 Patienten erhielten auf der rechten Seite ein Implantat. Das durchschnittliche Alter betrug 54,2 Jahre.

Tabelle 3: Indikation zur TEP-Versorgung -Patientengruppe B-

Indikation	Anzahl	Anteil %
Coxarthrose	22	66,67
Hüftkopfnekrose	4	12,12
Dysplasie-Coxarthrose	4	12,12
Coxarthrose, chron. Polyarthritits	3	9,09
Gesamt	33	100,00

Tabelle 4: Demographische Daten -Patientengruppe B-

		Alter bei OP	Bodymass-Index	Alter bei Nachuntersuchung
Frauen	N	20	20	20
	Mittelwert	57	24,2	58,4
	Minimum	19	20	20
	Maximum	75	33	75
	Standardabweichung	13,615	3,297	13,529
Männer	N	13	13	13
	Mittelwert	50	27,1	51,7
	Minimum	20	21	21
	Maximum	75	33	76
	Standardabweichung	14,387	3,883	14,268
Gesamt	N	33	33	33
	Mittelwert	54,2	25,3	55,8
	Minimum	19	20	20
	Maximum	75	33	76
	Standardabweichung	14,133	3,771	14,02

2.2 Prothese

2.2.1 Alloclassic® Zweymüller® System

Der Alloclassic® Zweymüller®- Schaft (Zimmer Germany GmbH) ist ein zementfreies Geradschaft-Prothesensystem. Der Schaft besteht aus einer biokompatiblen Ti-6-Al-4V Schmiedelegierung, welche eine Mikrostrukturierung mit einer mittleren Oberflächenrauigkeit von 4-6 µm auf der gesamten Prothese aufweist. Titanlegierungen weisen eine hohe Korrosionsbeständigkeit, ein geeignetes Elastizitätsmodul sowie eine hohe Biokompatibilität durch die reine Titanoxidschicht an der Oberfläche auf, welche zu einer vermehrten Osteointegration mit hoher Dauerstabilität führt. Durch das passgenaue Einbringen des Geradschaftes in das knöcherne Lager und die Verankerung nach dem distalen, kortikalen “press-fit“ -Prinzip wird eine hohe Primärstabilität erzielt. Das Alloclassic®-Schaftsystem mit dem rechteckigen Querschnitt und der grobgestrahlten Oberfläche garantiert die Fixation und eine hohe Rotationsstabilität [91]. Die Form verjüngt sich nach distal verlaufend zu einer pyramidenförmigen, am Ende ab-

gerundeten Prothesenspitze, um einen starken Druck auf die Kortikalis zu vermeiden.



Die Größenauswahl umfasst 14 Primär- und 11 Revisionsgrößen. In der vorliegenden Studie wurden Größen von 0 bis 8 verwendet. Die Abbildung 1 zeigt den Alloclassic® Zweymüller®-Schaft, welcher als Standardprothese in der Hüftgelenkprothetik gilt und mehrfach in Studien klinisch untersucht worden ist [17,63,84].

Abbildung 1: Der Alloclassic® Zweymüller®-Geradschaft



Abbildung 2: Alloclassic®-Geradschaft in situ

2.2.2 NANOS[®] Schenkelhalsprothese

Bei der NANOS[®] Schenkelhalsprothese (Smith & Nephew GmbH) handelt es sich um ein Kurzschaft-System. Die minimale Knochenresektion führt dazu, dass der spongiöse Knochen im Bereich der Metaphyse sowie der Trochanter major zur Krafteinleitung und Kraftübertragung erhalten bleiben. Eine metaphysäre Verankerung und Krafteinleitung wird somit erreicht. Ziel ist eine langstreckige Abstützung im Bereich des Kalkar(Adam`scher Bogen) sowie eine laterale Abstützung distal des Trochanter minor. Auch axial wird eine proximale kortikale Abstützung im Schenkelhals angestrebt.

Basierend auf der Analyse von 565 CT-Datensätzen von Patienten unter 65 Jahren wurde die proximale Femurkontur ermittelt und eine harmonische Anpassung auf 9 Größen vorgenommen. Der unterhalb des Konus liegende Schenkelhalsanteil wurde zur Vergrößerung der Range of Motion (ROM) verjüngt. Die Endoprothese kann aufgrund ihrer neutralen Form für die rechte und linke Seite angewandt werden.



Die leicht gebogene, im Querschnitt trapezförmige Schenkelhalsprothese besteht aus einer proximal osteokonduktiv beschichteten Titan-Schmiedelegierung (ISO 5832-3) und ist im distalen Drittel poliert. Die Oberflächenrauigkeit der Titan-Plasma-Beschichtung bewirkt eine Oberflächenvergrößerung. Eine zusätzliche elektrochemische Calcium-Phosphat (CaP)-Beschichtung (Bonit[®], DOT GmbH) ermöglicht eine störungsfreie Integration der zementfrei implantierten Hüftendoprothese.

Abbildung 3: NANOS[®]-Kurzschaftprothese

Um eine optimale Haltbarkeit der NANOS[®] Schenkelhalsprothese zu ermöglichen, sind hinsichtlich der Indikationen und Kontraindikationen die nachfolgenden Kriterien zu berücksichtigen:

Indikationen

- Primäre und sekundäre Coxarthrose
- Dysplasie-Coxarthrose
- Avaskuläre und posttraumatische Femurkopfnekrose
- Junge und aktive Patienten < 60 Jahre

Kontraindikationen

- Jede Art von radiologisch nachgewiesener Osteoporose
- Voroperationen, welche die vorgesehene Abstützung nicht mehr gewährleisten
- Ausgeprägte coxa valga mit einem Schenkelhalswinkel >145°
- Ausgeprägte coxa vara mit einem Schenkelhalswinkel <125°
- Body Maß Index (BMI) > 35



Abbildung 4: NANOS[®]-Prothese mit Ananova[®]-Hüftpfanne in situ

2.3 Operationsverfahren

2.3.1 Präoperative Planung

Die Operationsplanung wurde mit Hilfe von Folienschablonen oder mit dem Computer durchgeführt, um somit anhand von Röntgenaufnahmen die gewünschte Position und die erforderliche Größe des Implantates festzulegen.

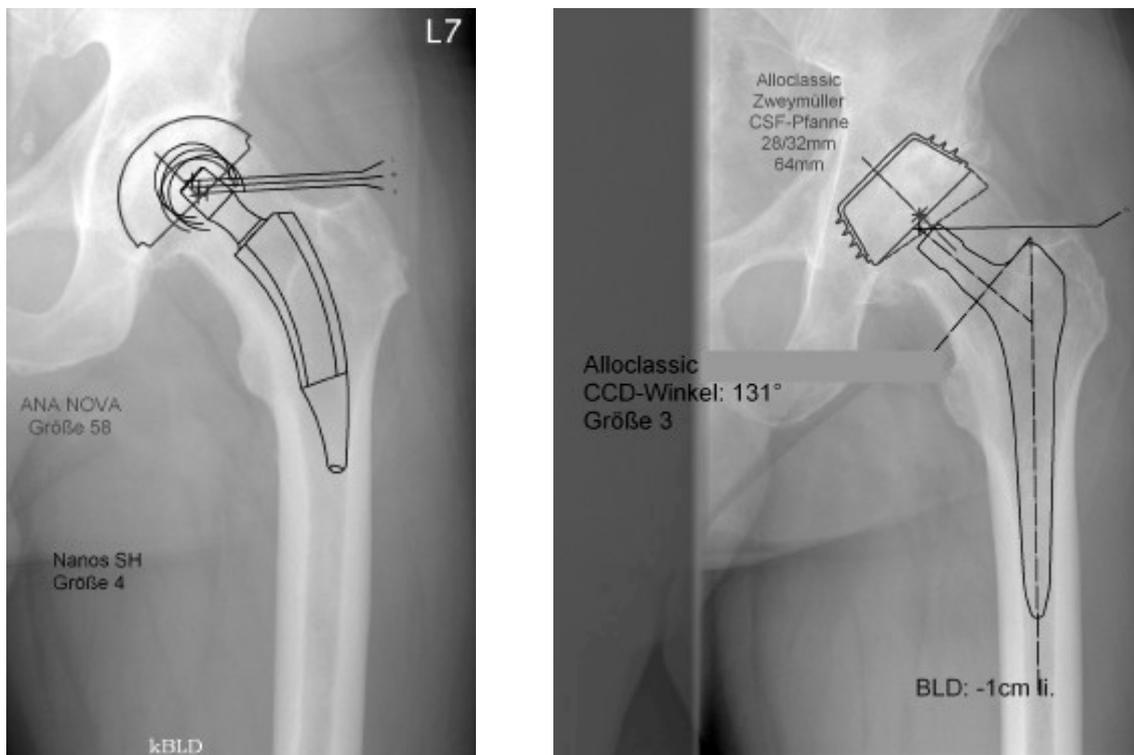


Abbildung 5: Röntgenaufnahmen mit Darstellung einer optimalen Implantatpositionierung mittels Folienschablone; links: NANOS[®]-Kurzschafft; rechts: Alloclassic[®]-Geradschafft

Beinlängendifferenzen wurden präoperativ mittels Brettchenunterlagen, Beckenwaage oder Röntgen-Messaufnahmen bestimmt und konnten so durch die Prothesenimplantation ausgeglichen werden.

Patienten konnten vor der Operation Eigenblut spenden, um peri- oder postoperative Blutverluste zu kompensieren.

Im Rahmen des Niedersächsischen integrierten orthopädischen Zentrums (NI-OZ) erfolgten in Kooperation mit der Rehabilitationsklinik Dörenbergklinik Bad Iburg Informationsveranstaltungen und präoperative Gangschulungen. Somit konnte unmittelbar nach der Operation die Patientenmobilisation im Vier-Punkte-Gang durchgeführt werden.

Ziel war es, die Patienten nach 4-6 Wochen von den Unterarmgehstützen abzuschulen.

2.3.2 Operationstechnik

Die Eingriffe wurden in Intubationsnarkose oder Spinalanästhesie durchgeführt.

Die Implantatgrößen wurden mit Hilfe von Folienschablonen oder mit dem Computer präoperativ geplant. Hierbei war es wichtig, bei gegebener korrekter subkapitaler Resektion den richtigen Durchmesser und die genaue Länge entsprechend der beigegebenen Operationsschablonen und Operationsanleitungen auszuwählen. Diese Daten mussten dann während der Operation überprüft werden.

Alle Implantationen erfolgten über einen modifizierten, minimal-invasiven Zugang nach Watson Jones zwischen Musculus gluteus medius und dem Musculus tensor fasciae latae in Rückenlage des Patienten. Nach Kapsulotomie wurde der Hüftkopf subkapital nach dem vom Hersteller vorgegebenen Winkel zur Horizontalebene reseziert. Die Synovektomie des Hüftgelenkes und das Säubern des Pfannengrundes folgten. Der Schenkelhalsstumpf wurde durch Hohmannhebel und entsprechende Haltearbeit des Assistenten nach dorso-lateral weggehalten. Die Hüftpfanne wurde dann in Standardtechnik endoprothetisch versorgt. Es wurden die Alloclassic[®] Schraubpfanne der Firma Zimmer[®] oder die Ananova[®] Pressfitpfanne der Firma Endoplast[®] verwandt. Anschließend wurde der Schenkelhalsstumpf in Außenrotation und Adduktion dargestellt. Mit der gebogenen Universalraspel wurde der Weg für die je nach Prothesentyp spezifischen Formraspeln vorbereitet.

Alloclassic: Das Aufraspeln im meta-und diaphysären Bereich geschah mit den Raspeln, die in den Größen 0-8 vorhanden waren.

Nanos: Das Einbringen der Formraspel erfolgt unter leicht drehenden Bewegungen, bis die laterale Kortikalis etwa in Höhe der Unterkante des Trochanter minor erreicht wurde. Anschließend erfolgte das stufenweise Aufraspeln, beginnend mit der Größe 0 sowie dem anschließenden Nacharbeiten mit Spongiosa-verdichtern.

Für beide Prothesensysteme erfolgte die stufenweise Präparation bis zur geplanten Größe, respektive bis der Verdichter in den tragenden Zonen kortikalen Kontakt hatte. In Abstimmung mit der präoperativen Planung wurde die entsprechende Schaft raspel als Probeprotthese belassen. Ein Probekopf mit drei verschiedenen Schenkelhalslängen wurde auf die belassene Raspel aufgesetzt, so dass folgend die intraoperative Bewegungsprüfung und Röntgenkontrolle durchgeführt werden konnte. Mit den Probeteilen konnten auch Beinlänge, Schenkelhalsposition und Impingement geprüft werden. Erst danach wurden die Probeteile durch die endgültigen Endoprothesenteile ersetzt.

Nach ausgiebiger Wundspülung und Einlegen einer Redondrainage erfolgte ein schichtweiser Wundverschluss und die Anlage eines sterilen Kompressionsverbandes.

2.3.3 Postoperative Behandlung

In dem für beide Untersuchungsgruppen gleichen standardisierten Nachbehandlungsprofil wurden 3 Phasen unterschieden:

1. die Klinische Phase
2. die Rehabilitationsphase
3. die Leistungsphase

In der *klinischen Phase* wurde die Frühmobilisation ab dem ersten postoperativen Tag mit Gehübungen am Gehwagen oder mit zwei Unterarm-Gehstützen **unter Vollbelastung** durchgeführt. In dieser Phase wurde die frühe Selbststän-

digkeit des Patienten mit Aufstehübungen, Sitzen, Treppensteigen, Toiletengang und Ankleidetraining angestrebt.

Bei 60% der Patienten erfolgte ab dem 8. postoperativen Tag die Verlegung in eine Rehabilitationsklinik. Nach Entfernung der Nähte zwischen dem 10. und 12. Tag wurde unter weiterhin durchgeführter Vollbelastung auch ein zunehmendes Training der hüftstabilisierenden Muskulatur durchgeführt. Gleichzeitig erfolgte eine stärkere Bewegungsverbesserung durch Einzelbewegungsbäder. Die Patienten (40%), welche ambulant nachbehandelt wurden, blieben insgesamt zwischen 14 und 16 Tagen postoperativ in der Klinik. Danach erfolgte die so genannte Domiziltherapie, welche ebenfalls nach dem oben genannten Schema weiter durchgeführt wurde. Die Abschulung von den Unterarm-Gehstützen erfolgte zwischen der 4. und der 6. postoperativen Woche. Die Patienten, die vor der Operation einer beruflichen Tätigkeit nachgingen, nahmen ihre Arbeit zwischen der 8. und der 12. postoperativen Woche wieder auf.

Zum Erreichen der vollen Leistungsfähigkeit wurde den Patienten auch nach der primär abgeschlossenen Rehabilitationsphase empfohlen, Muskelstabilität, Ausdauer und Gangästhetik weiter zu perfektionieren. Die Patienten suchen hierzu Trainingszentren auf, die von Ärzten und Physiotherapeuten geleitet werden und die Befunde ständig kontrollieren.

Klinische Kontrollen in der Operationsklinik erfolgten 3, 6 und 12 Monate postoperativ. Danach sind jährliche Kontrolluntersuchungen mit dem Patienten entweder beim niedergelassener Orthopäden oder in der Klinik vereinbart. Jeder Patient erhielt einen Behandlungsausweis mit allen Daten und empfohlenen Nachbehandlungsterminen.

2.4 Klinisches Testverfahren

Zur Beurteilung der Ergebnisse der Hüftgelenksendoprothetik wurden alle Patienten klinisch mittels des Harris-Hip-Score (HHS) untersucht und konnten über dieses Standardverfahren miteinander verglichen werden [32].

Dieses System ist reproduzierbar, findet weltweit Anwendung bei verschiedensten Hüftgelenkserkrankungen und bewertet sowohl subjektiv als auch objektiv.

Der Harris-Hip-Score basiert auf vier verschiedenen Hauptkriterien, welche durch ein spezielles Punktesystem mit unterschiedlicher Gewichtung in die Bewertung einfließen:

I	Schmerz	max. 44 Punkte
II	Funktion	max. 47 Punkte
III	Deformität	max. 4 Punkte
IV	Bewegungsumfang	max. 5 Punkte

Insgesamt kann so ein Maximalwert von 100 Punkten erreicht werden, von denen sich 91 Punkte auf die beiden wichtigsten Kriterien, Schmerz und Funktion, beziehen.

Die Schmerzintensität wird in 6 Grade eingeteilt, die Funktion ist wiederum gegliedert in Gangbild und Aktivitäten. Ein in der Bewertung gesonderter Punkt ist der Bewegungsumfang, da die hier erreichten Gradzahlen der sechs Bewegungsqualitäten mit speziellen Multiplikationsfaktoren und einer Gesamtpunktzahl von nur 5 eingerechnet werden.

Schließlich wird das Ergebnis bei einer Punktzahl von 100-90 als sehr gut, bei 89-80 als gut, bei 79-70 als befriedigend und bei weniger als 70 Punkten als unbefriedigend bewertet.

Die detaillierte Aufschlüsselung des Harris-Hip-Score befindet sich im Anhang.

2.5 Untersuchung des Aktivitätsgrades

Der Aktivitätsgrad des einzelnen Patienten konnte anhand des Aktivitäts-Scores nach Sutherland erfasst werden [78]. Diese Beurteilungsmethode umfasst die allgemeine Aktivität sowie die Aktivität im Beruf/ Haushalt und in der Freizeit. Die Maximalpunktzahl beträgt 10 Punkte und setzt sich wie folgt zusammen:

I	Allgemein	1-4 Punkte
II	Beruf/ Haushalt	1-3 Punkte
III	Freizeitgestaltung	1-3 Punkte

Der vollständige Fragebogen findet sich im Anhang.

2.6 Psychometrisches Testverfahren

Zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität der Patienten wurde der SF-36 Health Survey zu Hilfe genommen. Dieser Gesundheitsfragebogen wurde im Rahmen der Medical Outcomes Study (MOS) entwickelt (Ware, Jr. und Sherbourne, 1992) und zählt zu den krankheitsübergreifenden Testverfahren unabhängig von Alter und Art der Erkrankung der getesteten Personen [86]. BULLINGER et al. übersetzten den Fragebogen ins Deutsche, testeten seine Reliabilität und Validität und beurteilten den SF-36 als ein verlässliches epidemiologisches Instrument [9]. Der Fragebogen kann von den Patienten, ihrem subjektiven Empfinden entsprechend, selbst ausgefüllt, durch einen Interviewer direkt oder telefonisch erfragt, oder von Angehörigen bzw. dem Arzt als Fremdbeurteilungsbogen durchgeführt werden.

Im Rahmen dieser Studie fand die deutschsprachige und anhand einer repräsentativen Stichprobe der ost- und westdeutschen Bevölkerung normierte Version Anwendung. Sowohl die Selbstbeurteilungsbögen als auch die telefonisch erfragten Interviewbögen wurden verwendet und bezogen sich allesamt auf den Gesundheitszustand der vergangenen vier Wochen ausgehend vom Datum der Befragung.

Der SF-36 Health Survey erfasst mit seinen 36 Items acht Dimensionen der subjektiven Gesundheit, die mit unterschiedlichen Item-Zahlen bewertet werden. Ein zusätzliches Einzel-Item bewertet die Veränderung der Gesundheit (siehe Tabelle 5). Die Antwortmöglichkeiten sind dichotom oder mehrstufig skaliert.

Abk.	Dimension	Items	Stufen	Inhalt
KöFU	Körperliche Funktionsfähigkeit	10	21	Ausmaß, in dem der Gesundheitszustand körperliche Aktivitäten wie Selbstversorgung, Gehen, Treppensteigen, Bücken, Heben und mittelschwere oder anstrengende Tätigkeiten beeinträchtigt.
KöRO	Körperliche Rollenfunktion	4	5	Ausmaß, in dem der Gesundheitszustand die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigt, z.B. Einschränkungen in der Art der Aktivitäten
SCHM	Schmerz	2	11	Schmerzmaß und dessen Einfluss auf die normale tägliche Arbeit
AGES	Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	5	21	Persönliche Beurteilung der Gesundheit, einschließlich des aktuellen Gesundheitszustandes, zukünftiger Erwartungen und der Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen
VITA	Vitalität	4	21	Eigene Energiebilanz
SOFU	Soziale Funktionsfähigkeit	2	9	Ausmaß, in welchem die körperliche Gesundheit oder emotionale Probleme soziale Kontakte beeinträchtigen
EMRO	Emotionale Rollenfunktion	3	4	Ausmaß, in welchem emotionale Probleme den Alltag beeinträchtigen
PSYC	Psychisches Wohlbefinden	5	26	Allgemeine psychische Gesundheit, einschließlich Depression, Angst, emotionaler und verhaltensbezogener Kontrolle
	Veränderung der Gesundheit	1	5	Beurteilung des aktuellen Gesundheitszustandes im Vergleich zum vergangenen Jahr

Tabelle 5: Einteilung des Sf-36 Health Survey

2.7 Radiologische Untersuchung

Im Rahmen der radiologischen Untersuchung wurden direkt postoperativ und bei der Nachuntersuchung anterior-posteriore- und Lauenstein-Aufnahmen der Hüfte angefertigt. Die Einteilung des periprothetischen Knochens erfolgte nach GRUEN et al. [31] in sieben Zonen, in denen die Parameter Saumbildung, knöcherner Resorption, Sklerosierung, Periostverdickung, Atrophie, Abstützreaktion und Sockelbildung im Bereich der distalen Schaftspitze beurteilt wurden. Die sieben Zonen setzen sich zusammen aus zwei proximalen Zonen (1,7), zwei intermediären Zonen (2,6) und drei distalen Zonen (3,4,5). Das obere Ende des Prothesenschaftes markiert dabei den Beginn der proximalen Zonen 1 und 7, die Zone 4 kennzeichnet den Abschnitt unterhalb der Prothesenspitze (siehe Abbildung 6).

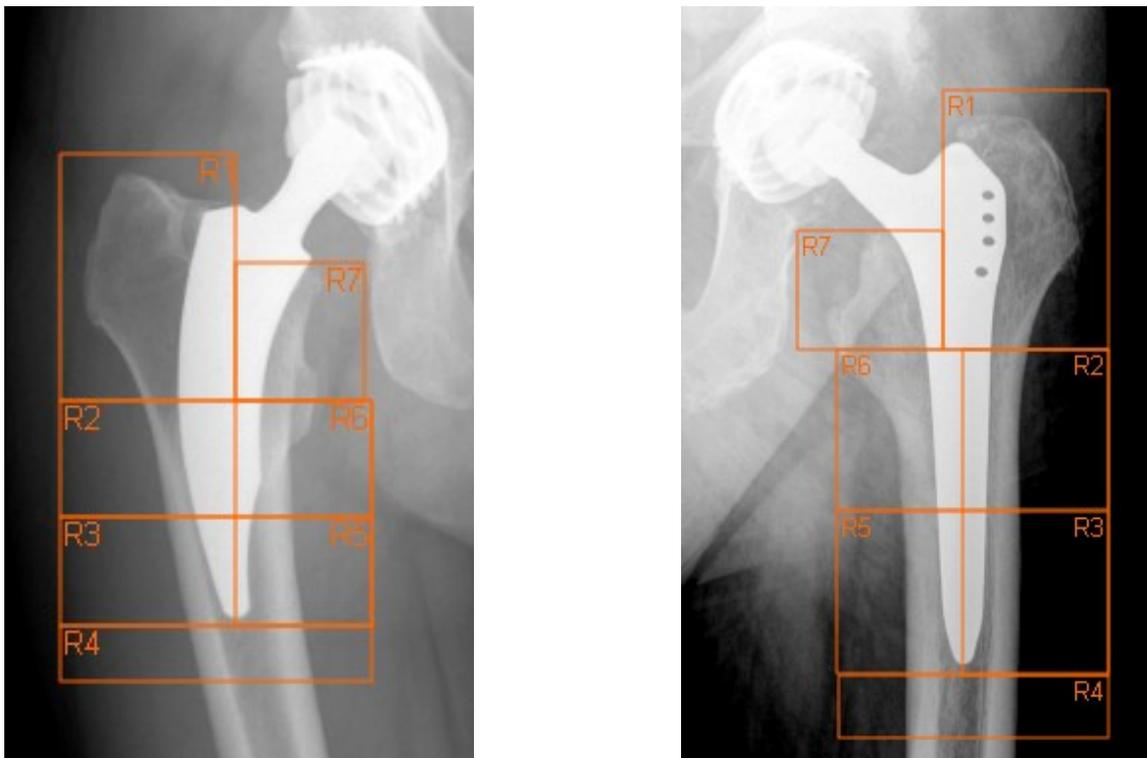


Abbildung 6: Einteilung des periprothetischen Knochens nach Gruen Zonen;

links: NANOS[®]-Kurzschafft; *rechts:* Alloclassic[®]-Geradschafft

Weiterhin wurden heterotope periartikuläre Ossifikationen nach den fünf Kriterien von BROOKER et al. [7] beurteilt:

Grad	Definition
0	Keine Ossifikation
I	Knocheninseln in den periprothetischen Weichteilen
II	Osteophyten vom Becken oder proximalen Femur ausgehend, Mindestabstand > 1 cm
III	Osteophyten vom Becken oder proximalen Femur ausgehend, Mindestabstand < 1 cm
IV	Ankylose des Hüftgelenkes

2.8 Statistische Testverfahren

Die statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse dieser Arbeit erfolgte mittels der Programme Microsoft® Excel 2000 (Microsoft Corporation, Seattle, USA) und SPSS für Windows® Version 15.0 (SPSS Inc., Chicago, USA).

Zur Untersuchung von linearen Zusammenhängen wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient hinzugezogen. Mittelwertvergleiche bezüglich der zu untersuchenden Gruppen wurden mittels Student`s t-Test für unverbundene Stichproben, dem Mann-Whitney-Wilcoxon-Test für unverbundene Stichproben und dem Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Das Signifikanzniveau lag bei $p < 0,05$.

2.9 Osteodensitometrische Messungen

Die Messung der Knochenmineraldichte wurde mittels DEXA- Technik mit dem Gerät „QDR 4500 W“ (Fa. Hologic, Waltham,MA,USA) durchgeführt. Für die Beschreibung der periprothetischen Knochendichteveränderungen in Abhängigkeit vom verwendeten Prothesendesign und der Oberflächenbeschaffenheit erschien der Zeitraum der ersten zwölf Monate am sinnvollsten, denn ein Jahr postoperativ ist nachweislich die größte Dynamik der Veränderungen zu erkennen [42,58,70,88].

Zur Auswertung wurde der Femurschaft in Anlehnung an die Zonen nach Gruen et al. [31] in 7 Messzonen „Regions of Interest“ (ROI) eingeteilt. Die periprothetische Knochendichte wurde in diesen Regionen, welche den röntgenologischen Messarealen entsprachen, bestimmt. Die BMD- Werte wurden in g/cm^2 angegeben. Abbildung 5 zeigt ein Beispiel osteodensitometrischer Messungen.

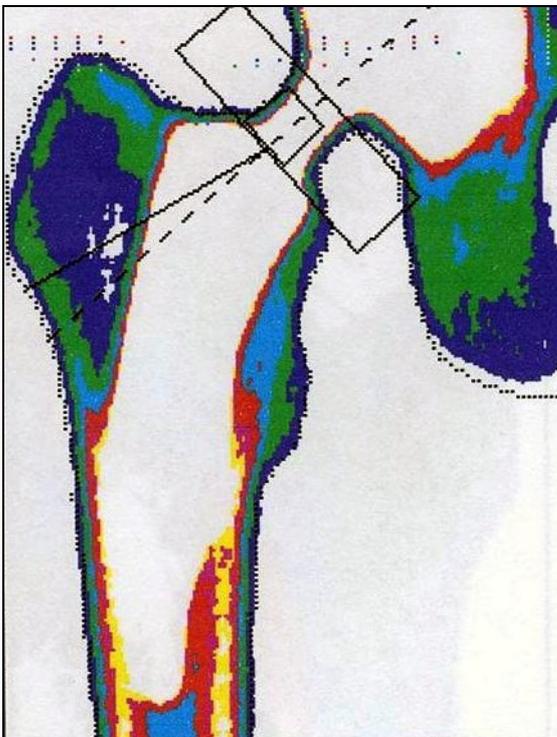


Abbildung 7: Grafische Darstellung der periprothetischen Knochendichte

Das Röntgensystem arbeitet mit einem alternierend gepulsten Zwei-Spektren-Verfahren in 100/140KeV. Die Messdaten wurden anschließend von der dazugehörigen Software ausgewertet, wobei Metallteile automatisch identifiziert und übergangen wurden, so dass präzise Messungen der Knochenmineraldichte möglich waren und Änderungen der Knochenstruktur um die Prothese effektiv überwacht werden konnten. Ein internes Referenzsystem ersetzte die tägliche Anwenderkalibrierung.

3 Ergebnisse

3.1 Gruppenvergleichbarkeit

Vor der Auswertung der Untersuchungsergebnisse dieser Arbeit wurde für die wichtigsten präoperativen Daten ein Gruppenvergleich herangezogen, um die Aussagekraft einer Gegenüberstellung zu überprüfen.

Wie in Tabelle 6 ersichtlich, sind das Alter bei der Operation und der Knochendichtewert (BMD) der kontralateralen Hüfte signifikant unterschiedlich. Vor diesem Hintergrund wurden die im Folgenden dargestellten Ergebnisse für den klinischen Befund (HHS), den Aktivitätsgrad (SL) und die psychometrische Untersuchung (SF-36) deskriptiv miteinander oder mit einer Normpopulation als Referenzwert verglichen.

**Tabelle 6: Grundlegende Untersuchungsdaten präoperativ
-Patientengruppe A und B im Vergleich-**

	Gesamt	Alloclassic	Nanos	Signifikanz
Anzahl	69	36	33	
BMD kontralat.	1,056	1,097	1,012	0,030
Alter bei OP	58,22	61,45	54,70	0,014
HHS prae	45,465	43,964	47,153	0,356
SL prae	7,280	7,080	7,500	0,194

3.2 Klinische Testergebnisse (Hüft-Score nach Harris)

Wie unter Punkt 2.4 schon erläutert, ist das klinische Befinden der Patienten bei einer Nachuntersuchungsstudie ein wichtiges Kriterium, um den Erfolg eines Prothesenkonzeptes zu evaluieren. Eine standardisierte also vergleichbare Methode hierfür stellt der Harris-Hip-Score dar. Eine Maximalpunktzahl von 100 Punkten wird bei vollkommener Schmerz- und Beschwerdefreiheit erreicht, wenn der Patient durch seine Situation im Alltag nicht eingeschränkt ist.

Die Tabellen 7 und 8 zeigen die klinischen Ergebnisse der Patientengruppe A (Alloclassic) und B (Nanos) sowohl als Gesamtscore als auch in den Untereinheiten Schmerz, Funktion, Bewegungsumfang und Muskelkraft zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. In Abbildung 6 sind die Auswertungen der Ergebnisse beider Gruppen einander gegenübergestellt.

3.2.1 Patientengruppe A (Alloclassic)

Für die Patientengruppe A betrug der Mittelwert des Harris-Hip-Score 91,3 Punkte (min. 61,30, max. 100, St-Abw 10,48).

Tabelle 7: Ergebnisse Harris-Hip-Score postoperativ nach Einzelkriterien

-Patientengruppe A-

	Schmerz	Aktivität	Gang	Deformität	Beweglichkeit	HHS Gesamt
Mittelwert	39,39	13,00	30,36	4,00	4,69	91,31
St-Abw.	6,68	1,52	4,14	0,00	0,38	10,48
Minimum	20,00	9,00	13,00	4,00	3,25	61,30
Maximum	44,00	14,00	33,00	4,00	5,00	100,00

Bei 25 Patienten (69,44%) wurden die Ergebnisse mittels des Harris-Hip-Score als ‚sehr gut‘ bewertet, bei 5 (13,8%) als ‚gut‘. Vier Patienten (11,11%) erreichten eine ‚befriedigende‘ und zwei Patienten (5,56%) eine ‚unbefriedigende‘ Bewertung

3.2.2 Patientengruppe B (Nanos)

Der Mittelwert des Harris-Hip-Score der Gruppe B lag bei 96,5 Punkten (min. 79,50, max. 100, St-Abw 5,27).

Tabelle 8: Ergebnisse Harris-Hip-Score postoperativ nach Einzelkriterien
-Patientengruppe B-

	Schmerz	Aktivität	Gang	Deformität	Beweglichkeit	HHS Gesamt
Mittelwert	41,88	13,56	32,34	4,00	4,74	96,52
St-Abw.	3,63	0,98	1,66	0,00	0,27	5,27
Minimum	30,00	10,00	27,00	4,00	3,65	79,50
Maximum	44,00	14,00	33,00	4,00	5,00	100,00

Ein ‚sehr gutes‘ Ergebnis erzielten 29 Patienten (90,63%) der Patientengruppe B, zwei Patienten (6,25%) erreichten eine ‚gute‘ Bewertung. Ein Patient (3,13%) schnitt ‚befriedigend‘ ab und keiner der Patienten wurde mit ‚unbefriedigend‘ bewertet.

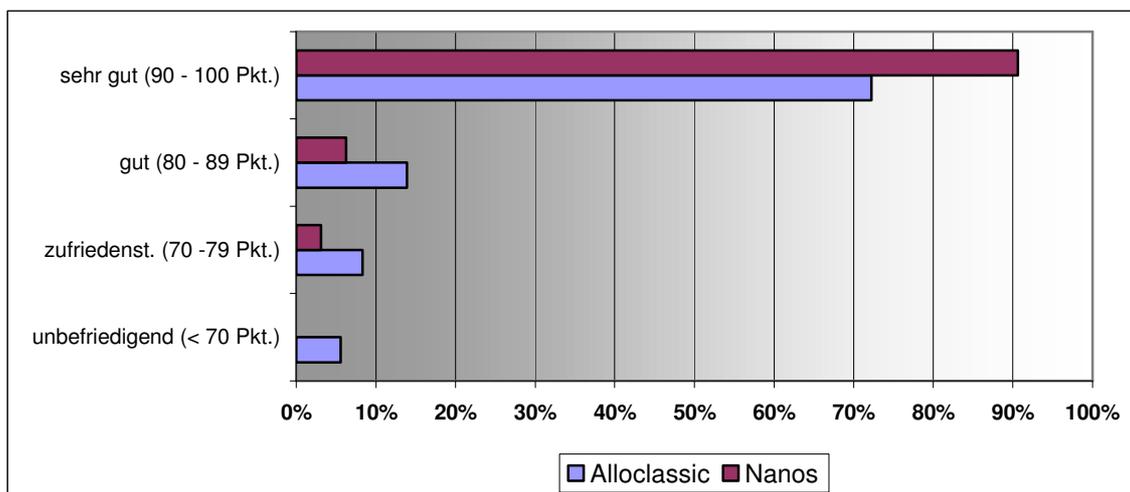


Abbildung 8: Bewertung der Ergebnisse des Harris-Hip-Score
-Patientengruppe A vs. Patientengruppe B-

Die Abbildungen 9 und 10 zeigen eine grafische Darstellung der Wertungsverteilung im Harris-Hip-Score für die jeweilige Patientengruppe.

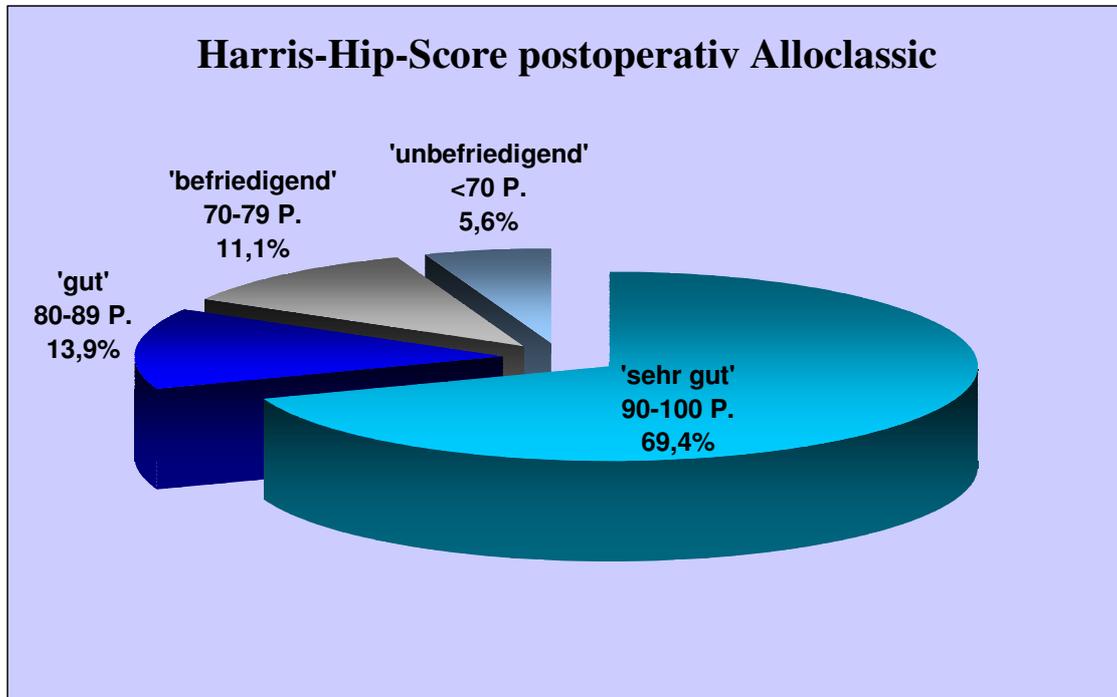


Abbildung 9: Verteilung HHS postoperativ -Patientengruppe A-

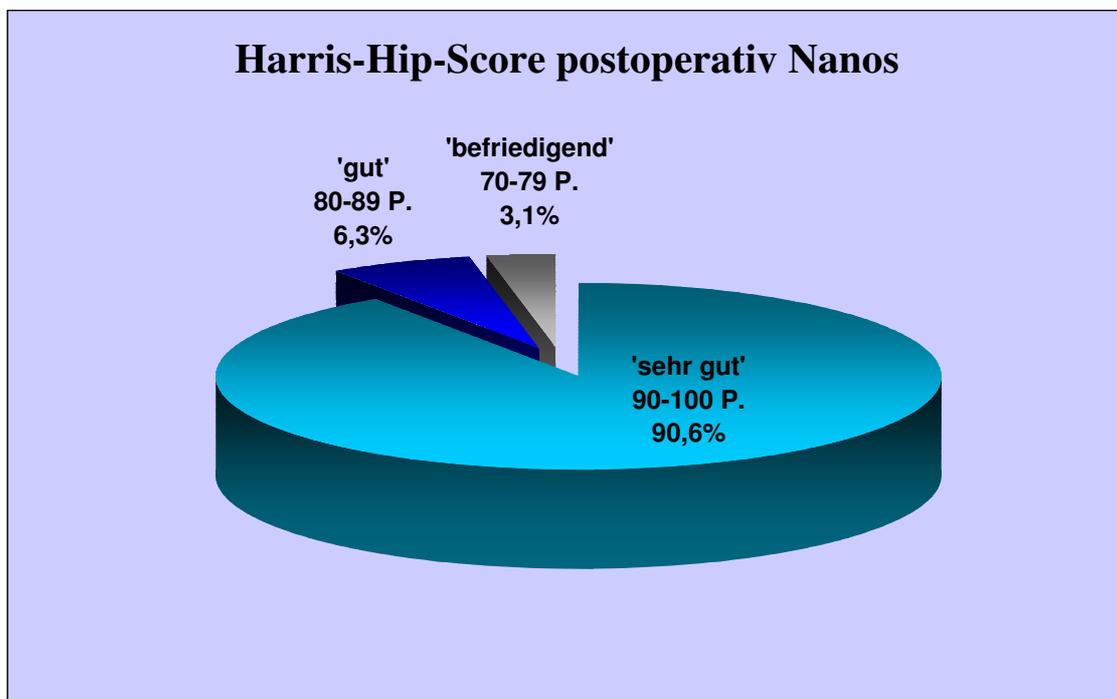


Abbildung 10: Verteilung HHS postoperativ -Patientengruppe B-

Bei der statistischen Analyse des Harris-Hip-Score der Patientengruppe A (Alloclassic) ergab sich ein stark signifikanter Unterschied ($p < 0,001$) zwischen dem prä- und postoperativen Befund. Nach der Operation haben die Patienten im Durchschnitt deutlich bessere klinische Ergebnisse erzielt (HHS prae: 43,96; HHS post: 91,31). Bei der Überprüfung von Zusammenhängen zwischen Harris-Hip-Score und Geschlecht, Bodymass-Index sowie Patientenalter ergaben sich keine signifikanten Korrelationen ($p > 0,05$).

Auch die Patientengruppe B wies einen stark signifikanten Unterschied des prä- und postoperativen klinischen Befundes ($p < 0,001$), mit deutlich besseren Werten nach der Operation auf (HHS prae: 47,15, HHS post: 96,54). Unter den Patienten, die mit der NANOS[®]- Prothese versorgt wurden, ergaben sich bei den Korrelationsanalysen zwischen HHS und Geschlecht, Bodymass-Index sowie dem Alter der Patienten keine signifikanten Zusammenhänge.

3.3 Ergebnisse der Aktivitätsuntersuchung

Neben der klinischen Befunderhebung ist die Untersuchung des Aktivitätsgrades der operierten Patienten ein sinnvolles Instrument zur Erfolgseinschätzung der verwendeten Prothesensysteme. Die Evaluation wurde mit dem standardisierten Fragebogen nach Sutherland durchgeführt und erfolgte in den Untereinheiten Allgemein, Beruf und Freizeit sowie als Gesamtwert. Die Ergebnisse können aus Tabelle 8 ersehen werden.

Tabelle 8: Aktivitätsgrad nach Sutherland -Patientengruppe A und B-

	Punkte	Mittelwert A	Mittelwert B	Maximum A	Maximum B	Minimum A	Minimum B
Allgemein	4	4,00	4,00	4	4	4	4
Beruf	3	2,61	2,81	3	3	1	1
Freizeit	3	1,69	2,38	3	3	1	1
Gesamt	10	8,31	9,16	10	10	6	6

Der Gesamtmittelwert für die Gruppe A (Alloclassic) lag bei 8,31 von 10 erreichbaren Punkten (min. 6, max. 10), der für die Gruppe B (Nanos) bei 9,16 Punkten (min. 6, max. 10). Minima und Maxima waren bei beiden Gruppen auch in den Einzelkriterien gleich verteilt. Die Mittelwerte der Unterpunkte zeigten im Kriterium ‚Allgemein‘ in beiden Gruppen die Maximalpunktzahl. Die Nanos-Gruppe lag im Bereich ‚Beruf‘ 0,2 und im Bereich ‚Freizeit‘ 0,85 Punkte über dem Alloclassic-Patientenkollektiv. Beide Gruppen erzielten im Sutherland-Score Werte nahe an der Maximalpunktzahl, was eine sehr geringe Beeinflussung der alltäglichen Aktivität bedeutet.

Bei der statistischen Auswertung zeigte sich in beiden Gruppen ein signifikanter Unterschied zwischen den prä- und postoperativen Werten ($p < 0,05$). Das Aktivitätsniveau aller Patienten war nach der Operation deutlich höher. Eine gruppenunabhängige Auswertung ergab einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Harris-Hip-Score und dem Aktivitätsgrad nach Sutherland ($p < 0,01$; Korrelationswert = 0,388).

3.4 Psychometrische Testergebnisse

Die Ergebnisse der psychometrischen Untersuchung mittels des SF-36 Fragebogens sind für beide Untersuchungsgruppen eingeteilt in ‚Frauen‘, ‚Männer‘ und ‚Patienten gesamt‘ der Tabelle 9 zu entnehmen. Das Kollektiv der Alloclassic-Prothese umfasste 36 Patienten, von den Nanos-Patienten konnten 32 evaluiert werden.

Tabelle 9: Ergebnisse des SF-36 Gesundheitsfragebogens (Punkte von 100)
-Patientengruppe A und B-

Konzepte	Frauen		Männer		Patienten gesamt	
	Alloclassic (n=19)	Nanos (n=19)	Alloclassic (n=17)	Nanos (n=13)	Alloclassic (n=36)	Nanos (n=32)
	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert
Körperliche Funktionsfähigkeit	76,08	79,47	85,16	87,31	80,22	82,65
Körperliche Rollenfunktion	70,95	75	87,9	84,62	78,68	78,91
Körperliche Schmerzen	75,24	73,05	82,74	79,85	78,66	75,81
Allg. Gesundheitswahrnehmung	72,03	79,37	75,9	78,77	73,8	79,13
Vitalität	66,62	74,47	70,32	71,15	68,31	73,13
Soziale Funktionsfähigkeit	81,76	82,24	91,53	92,31	86,21	86,33
Emotionale Rollenfunktion	82,88	85,96	93,55	87,18	87,75	86,46
Psychisches Wohlbefinden	74,27	80,21	77,81	81,85	75,88	80,88
Gesundheitsveränderung	2,36	3,42	1,9	3,38	2,14	3,41
Standard. körperliche Summenskala	47,38	48,24	51,27	51,18	49,15	49,43
Standard. psychische Summenskala	51,7	54,19	53,77	54,21	52,64	54,20

Das Programm zur Auswertung des SF-36 Gesundheitsfragebogens beinhaltet die Ergebnisse einer repräsentativen Stichprobe aus der deutschen Bevölkerung (n=2739).

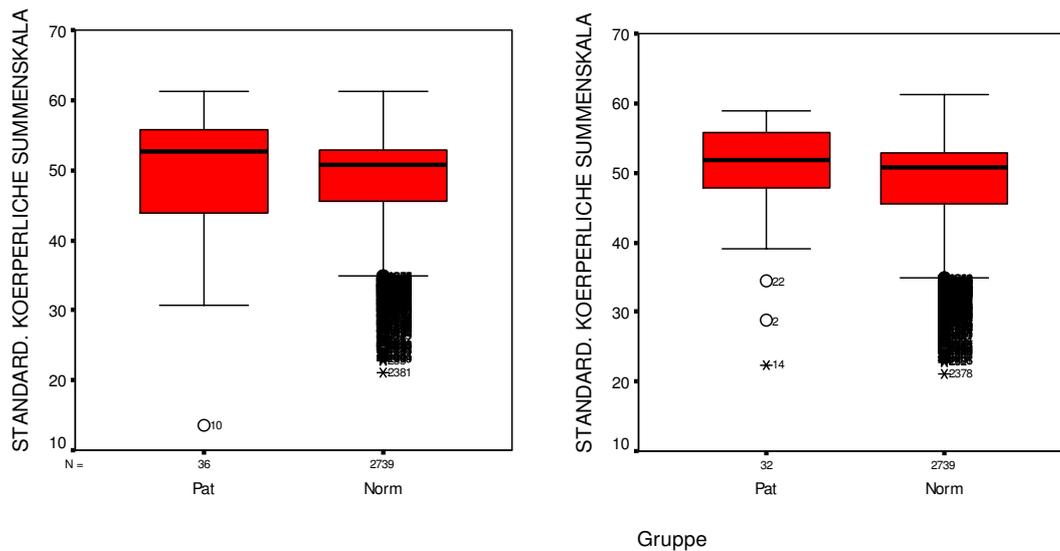


Abbildung 11: links: Verteilung der erreichten Punktzahl für die körperliche Summenskala im SF-36 Score in der untersuchten Patientengruppe A zur Normpopulation (n=2739); rechts: -Patientengruppe B (n=32)-

Bei der Auswertung der psychometrischen Daten mittels des SF-36 Scores zeigte die körperliche Summenskala kaum Abweichungen von der Norm (siehe Abbildung 11). Im Vergleich der Untersuchungsgruppen lagen die Mittelwerte für die beiden Summenskalen nahe beieinander, lediglich die Streuung war bei Gruppe A größer. In der Patientengruppe B sind bessere Werte für die psychische (B=54,2; A=51,3), als auch für die körperliche Summenskala (B=49,4; A=48,9) erreicht worden.

Wie in Abbildung 12 ersichtlich, fällt beim Vergleich mit der Normpopulation der deutlich höhere Durchschnittswert für die psychische Summenskala beider Untersuchungsgruppen auf (Alloclassic 51,3 Punkte; Nanos 54,2 Punkte; Norm 40,3 Punkte).

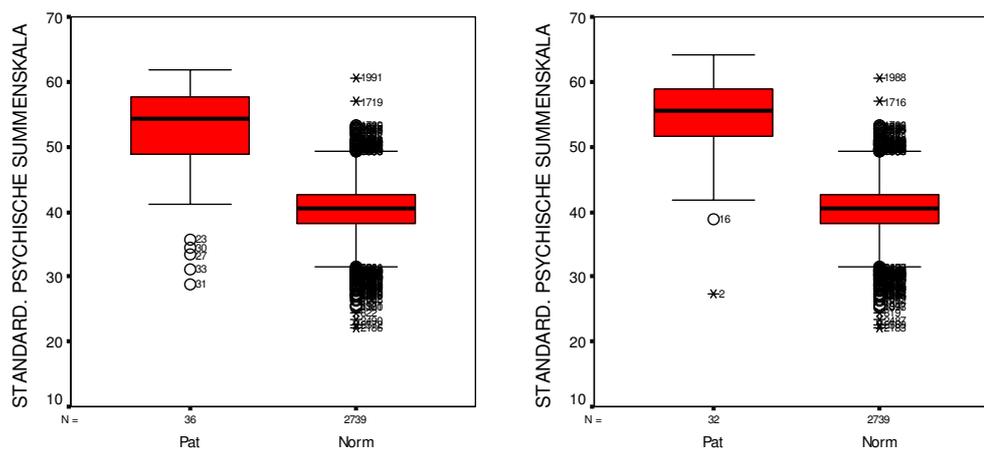


Abbildung 12: links: Verteilung der erreichten Punktzahl für die psychische Summenskala im SF-36 Score in der untersuchten Patientengruppe A (n=36) zu der Normpopulation (n=2739); rechts: -Patientengruppe B (n=32)-

Bei der Korrelationsuntersuchung der psychometrischen mit den klinischen Untersuchungsergebnissen stellte sich bei Gruppe A ein signifikanter Zusammenhang ($p=0,003$) zwischen körperlicher Summenskala und dem Gesamtwert des HHS heraus. Bis auf den Punkt ‚Schmerz‘ waren hier alle Kriterien signifikant vom körperlichen Befinden abhängig. Die psychische Lebensqualität zeigte sich in keinem Punkt beeinflusst ($p>0,05$) (siehe Tabelle 10).

Wie in Tabelle 11 dargestellt, ergaben sich bei den Patienten der Gruppe B keine signifikanten Zusammenhänge zwischen körperlicher bzw. psychischer Lebensqualität und dem Gesamtergebnis der klinischen Untersuchung. Hier hatte das Schmerzempfinden Einfluss auf die psychische Lebensqualität ($p=0,030$).

Tabelle 10: Korrelation zwischen klinischen und psychometrischen Untersuchungsergebnissen; Signifikanz [p] -Patientengruppe A-

SF-36 Konzepte	Harris-Hip-Score				
	Schmerz	Aktivität	Gang	Beweglichkeit	Gesamt
Körperliche Funktionsfähigkeit	0,077	0,001	0,000	0,000	0,000
Körperliche Rollenfunktion	0,061	0,008	0,099	0,005	0,021
Körperliche Schmerzen	0,037	0,042	0,233	0,040	0,031
Allg. Gesundheitswahrnehmung	0,246	0,213	0,106	0,002	0,088
Vitalität	0,800	0,360	0,689	0,277	0,633
Soziale Funktionsfähigkeit	0,057	0,025	0,060	0,065	0,017
Emotionale Rollenfunktion	0,046	0,009	0,292	0,045	0,032
Psychisches Wohlbefinden	0,372	0,054	0,627	0,153	0,282
Gesundheitsveränderung	1	0,330	0,824	0,938	0,838
Standard. körperliche Summenskala	0,054	0,014	0,002	0,001	0,003
Standard. psychische Summenskala	0,356	0,115	0,219	0,321	0,437

Legende

nicht signifikant
signifikant
hochsignifikant

Tabelle 11: Korrelation zwischen klinischen und psychometrischen Untersuchungsergebnissen; Signifikanz [p] -Patientengruppe B-

SF-36 Konzepte	Harris-Hip-Score				
	Schmerz	Aktivität	Gang	Beweglichkeit	Gesamt
Körperliche Funktionsfähigkeit	0,279	0,190	0,464	0,732	0,213
Körperliche Rollenfunktion	0,517	0,185	0,099	0,682	0,233
Körperliche Schmerzen	0,116	0,170	0,068	0,938	0,052
Allg. Gesundheitswahrnehmung	0,082	0,162	0,314	0,144	0,061
Vitalität	0,063	0,149	0,392	0,337	0,060
Soziale Funktionsfähigkeit	0,012	0,184	0,079	0,285	0,009
Emotionale Rollenfunktion	0,138	0,949	0,955	0,540	0,283
Psychisches Wohlbefinden	0,124	0,806	0,361	0,396	0,149
Gesundheitsveränderung	0,491	0,156	0,829	0,732	0,431
Standard. körperliche Summenskala	0,237	0,050	0,075	0,945	0,078
Standard. psychische Summenskala	0,030	0,867	0,586	0,204	0,081

Legende

nicht signifikant
signifikant
hochsignifikant

Vom Aktivitätsniveau der Patienten aus Gruppe A (Alloclassic) wurden sowohl die körperliche ($p=0,020$), als auch die psychische Summenskala ($p=0,022$) signifikant beeinflusst. In ihrem Freizeitverhalten wurden die Befragten durch die körperliche, nicht aber durch die psychische Lebensqualität beeinträchtigt.

Tabelle 12: Korrelation zwischen dem Aktivitätsgrad und den psychometrischen Untersuchungsergebnissen; Signifikanz [p] -Patientengruppe A-

SF-36 Konzepte	Aktivitätsgrad nach Sutherland			
	Allgemein	Beruf	Freizeit	Gesamt
Körperliche Funktionsfähigkeit	0,110	0,971	0,000	0,041
Körperliche Rollenfunktion	0,849	0,004	0,002	0,000
Körperliche Schmerzen	0,498	0,059	0,014	0,009
Allg. Gesundheitswahrnehmung	0,733	0,014	0,008	0,002
Vitalität	0,850	0,009	0,046	0,600
Soziale Funktionsfähigkeit	0,687	0,017	0,003	0,001
Emotionale Rollenfunktion	0,754	0,174	0,104	0,047
Psychisches Wohlbefinden	0,917	0,052	0,030	0,014
Gesundheitsveränderung	0,473	0,023	0,181	0,034
Standard. körperliche Summenskala	0,730	0,071	0,001	0,020
Standard. psychische Summenskala	0,615	0,023	0,108	0,022

Legende

nicht signifikant
signifikant
hochsignifikant

In der Gruppe B (Nanos) fiel einzig die Korrelation zwischen Aktivitätsgrad und körperlicher Summenskala positiv aus ($p=0,008$). Die psychische Lebensqualität blieb unbeeinflusst. Tabelle 13 zeigt diese Zusammenhänge im Einzelnen.

Tabelle 13: Korrelation zwischen dem Aktivitätsgrad und den psychometrischen Untersuchungsergebnissen; Signifikanz [p] -Patientengruppe B-

SF-36 Konzepte	Aktivitätsgrad nach Sutherland			
	Allgemein	Beruf	Freizeit	Gesamt
Körperliche Funktionsfähigkeit	0,490	0,189	0,006	0,014
Körperliche Rollenfunktion	0,514	0,181	0,014	0,019
Körperliche Schmerzen	0,975	0,172	0,045	0,027
Allg. Gesundheitswahrnehmung	0,739	0,067	0,178	0,079
Vitalität	0,584	0,239	0,080	0,071
Soziale Funktionsfähigkeit	0,433	0,004	0,024	0,003
Emotionale Rollenfunktion	0,407	0,045	0,594	0,107
Psychisches Wohlbefinden	0,173	0,056	0,265	0,095
Gesundheitsveränderung	0,037	0,639	0,235	0,205
Standard. Körperliche Summenskala	0,877	0,190	0,003	0,008
Standard. Psychische Summenskala	0,335	0,015	0,535	0,091

Legende

nicht signifikant
signifikant
hochsignifikant

3.5 Radiologische Ergebnisse

3.5.1 Veränderungen des periprothetischen Knochens

Um die Reaktion des die beiden Prothesenschäfte umgebenden Knochens auf den veränderten Kräfteinfluss zu beurteilen und miteinander zu vergleichen, wurde der periprothetische Bereich auf vier radiologisch erkennbare Merkmale untersucht: Lysesäume, Resorptionszeichen, Sklerosierungen und Periostverdickungen.

Lysesäume und Resorptionen entstehen durch eine Abnahme der Radiodensität des Knochenlagers, wobei die Lysesäume häufig durch eine sklerotische Abgrenzung zur Knochenkortikalis charakterisiert sind.

Eine Sklerosierung stellt sich auf dem Röntgenbild als Zunahme der Radiodensität an der Prothesen-Knochen-Grenze dar.

Um eine bessere Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde der periprothetische Knochen in 7 Messregionen nach GRUEN [31] eingeteilt. Im Folgenden werden die Ergebnisse für beide Patientengruppen dargestellt und erläutert.

3.5.1.1 Patientengruppe A (Alloclassic)

In Tabelle 14 sind die Ergebnisse für die Untersuchung des periprothetischen Knochens der Gruppe A dargestellt. Bei 35 von 36 Patienten konnte diese Untersuchung mit einem durchschnittlichen Follow-up von 1,3 Jahren durchgeführt werden. Nahezu alle Röntgenbilder waren ohne Befund, in 2 (5,71%) Fällen ist es in Zone **VII** zu einer Saumbildung gekommen, Säume waren in keiner der anderen Zonen zu erkennen. Ein Röntgenbild wies eine Resorption in Zone **I** auf. Sklerosen sind in keinem Fall aufgetreten. Eine Periostverdickung konnte bei 2 (5,71%) Patienten in Zone **III** und in einem Fall (2,86%) in Zone **V** diagnostiziert werden.

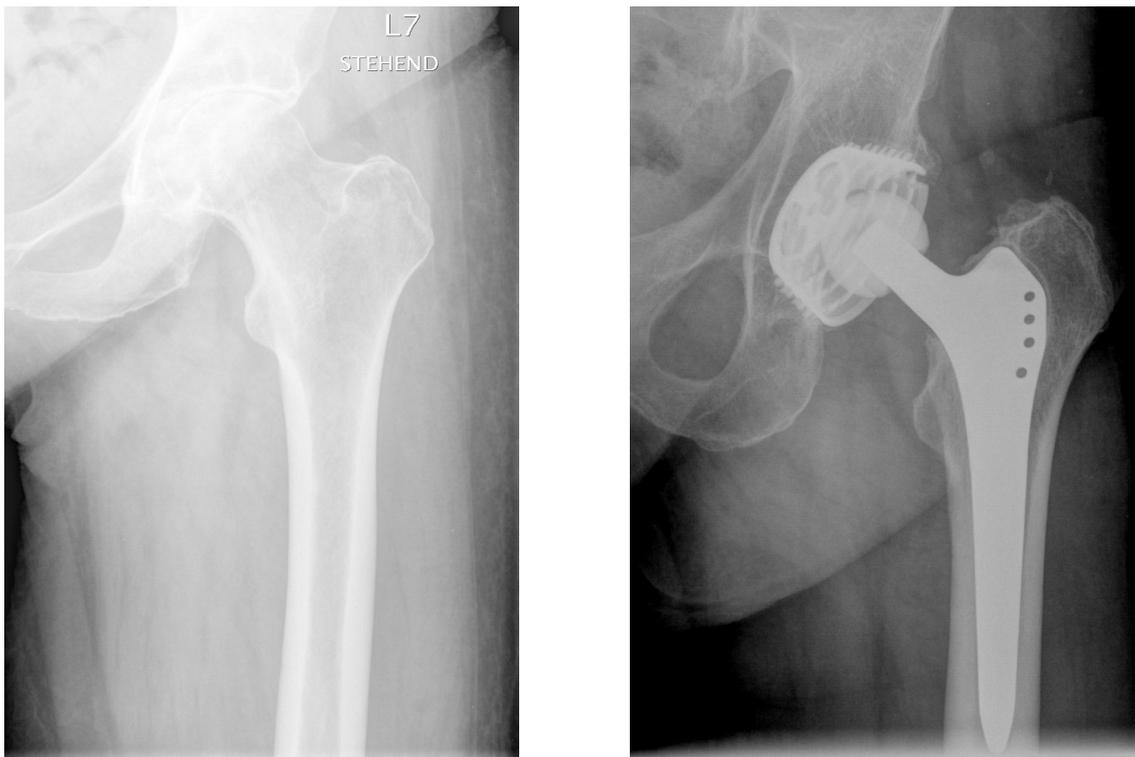


Abbildung 13: Fall 1: Radiologische Verlaufskontrolle einer 64 jährigen Patientin; links: praeoperativer Befund linke Hüfte; rechts: Alloclassic-Geradschaftsystem 11 Monate postoperativ

Tabelle 14: Radiologische Befunde eingeteilt in GRUEN-Zonen; Alloclassic-Schaft
-Patientengruppe A-

Zone		Saum	Resorption	Sklerose	Periostverdickung
I	Anzahl	0	1	0	0
	Anteil [%]	0,00%	2,86%	0,00%	0,00%
II	Anzahl	0	0	0	0
	Anteil [%]	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
III	Anzahl	0	0	0	2
	Anteil [%]	0,00%	0,00%	0,00%	5,71%
IV	Anzahl	0	0	0	0
	Anteil [%]	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
V	Anzahl	0	0	0	1
	Anteil [%]	0,00%	0,00%	0,00%	2,86%
VI	Anzahl	0	0	0	0
	Anteil [%]	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
VII	Anzahl	2	0	0	0
	Anteil [%]	5,71%	0,00%	0,00%	0,00%

3.5.1.2 Patientengruppe B (Nanos)

Von 33 Patienten die eine NANOS[®]- Prothese erhielten, sind 28 in diese Bewertung mit eingeflossen. Das Follow-up betrug in dieser Gruppe im Mittel 1,1 Jahre. Die untersuchten Parameter sind hier anders verteilt als in Gruppe A, ähnlich ist jedoch ihre insgesamt geringe Häufigkeit. In 2 (7,14%) Fällen hat sich in Zone **I** und in einem (3,57%) Fall in Zone **VII** ein Saum gebildet. Desweiteren war eine (3,57%) Resorptionserscheinung in Zone **VII** zu erkennen. Sklerotische Veränderungen oder Periostverdickungen waren in dieser Gruppe nicht zu diagnostizieren.



Abbildung 14: Fall 2: Radiologische Verlaufskontrolle eines 51 jährigen Patienten; links: praeoperativer Befund rechte Hüfte; rechts: Nanos-Kurzschachtsystem 12 Monate post-operativ

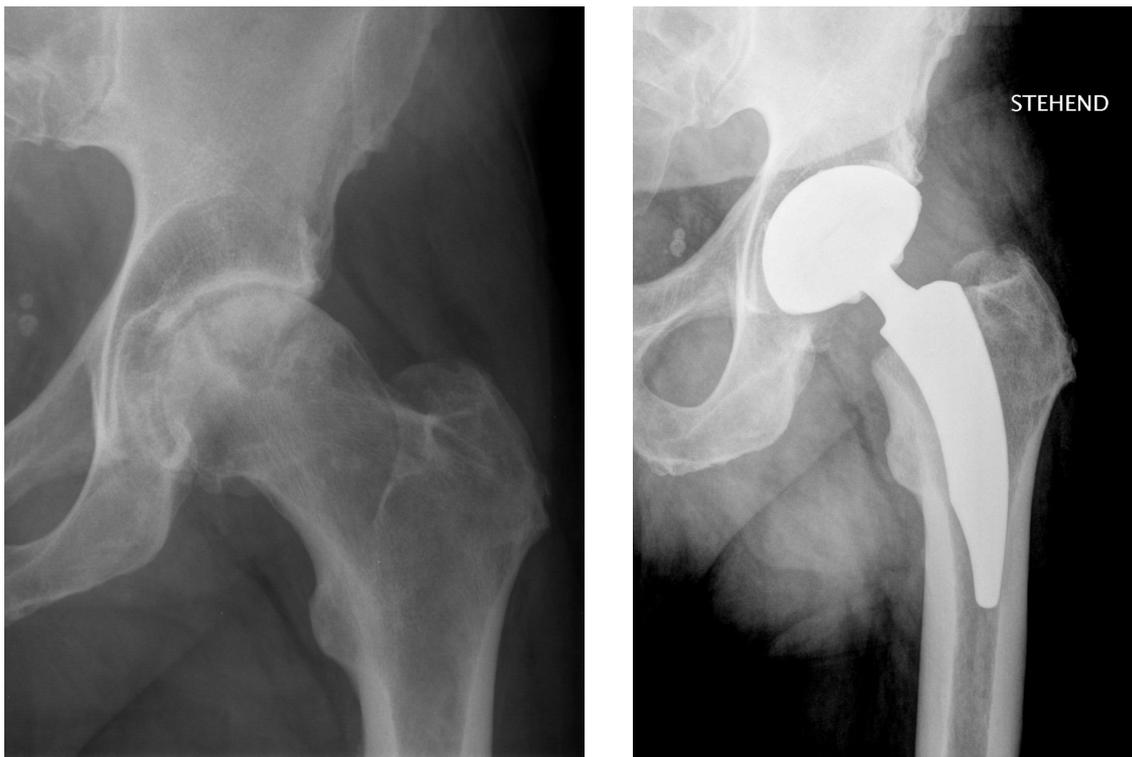


Abbildung 15: Fall 3: Radiologische Verlaufskontrolle eines 59 jährigen Patienten; links: praeoperativer Befund linke Hüfte; rechts: Nanos-Kurzschafsystem

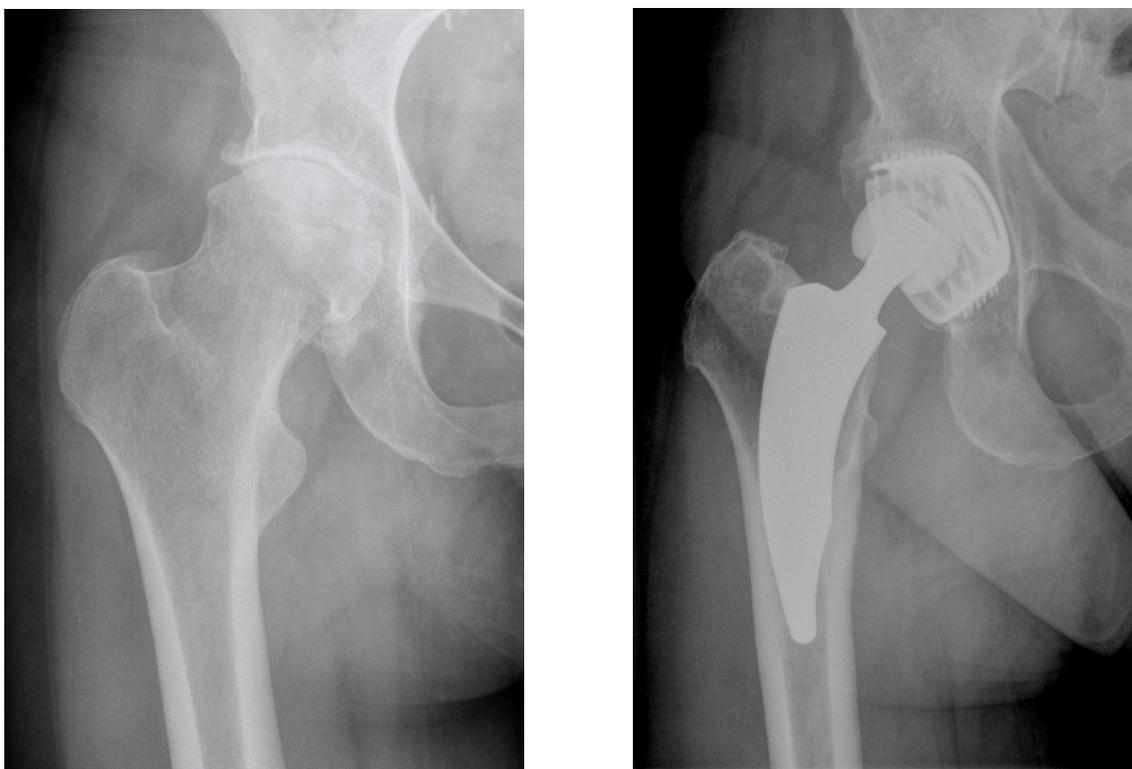


Abbildung 16: Fall 4: Radiologische Verlaufskontrolle einer 62 jährigen Patientin; links: praeoperativer Befund rechte Hüfte; rechts: Nanos-Kurzschafsystem

**Tabelle 15: Radiologische Befunde eingeteilt in GRUEN-Zonen; Nanos-Schaft
-PatientenGruppe B-**

Zone		Saum	Resorption	Sklerose	Periostverdickung
I	Anzahl	2	0	0	0
	Anteil [%]	7,14%	0,00%	0,00%	0,00%
II	Anzahl	0	0	0	0
	Anteil [%]	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
III	Anzahl	0	0	0	0
	Anteil [%]	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
IV	Anzahl	0	0	0	0
	Anteil [%]	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
V	Anzahl	0	0	0	0
	Anteil [%]	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
VI	Anzahl	0	0	0	0
	Anteil [%]	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
VII	Anzahl	1	1	0	0
	Anteil [%]	3,57%	3,57%	0,00%	0,00%

3.5.2 Heterotope periartikuläre Ossifikationen

3.5.2.1 Patientengruppe A (Alloclassic)

Bei 35 Patienten der Gruppe A konnten die anterior-posterioren Röntgenaufnahmen hinsichtlich dem Auftreten periartikulärer Ossifikationserscheinungen befundet werden. Sowohl die Gruppe A als auch die Patienten der Gruppe B erhielten eine präoperative Ossifikationsprophylaxe mit Indometazin [73].

Wie in Tabelle 16 ersichtlich, traten wie mit Grad I beschrieben bei 3 (8,6%) Patienten vereinzelt Knocheninseln im umliegenden Weichgewebe auf. Bei 2 (5,7%) Patienten zeigten sich vom Becken oder Femur ausgehende Osteophyten mit mehr als 1 cm Abstand, was einem Grad II nach BROOKER et al. [7] entspricht. Alle übrigen (85,7%) Hüften waren ohne Befund (Grad 0). Verknochnerungen der die Prothese umgebenden Weichteile vom Grad III, oder Ankylosen des künstlichen Gelenkes entsprechend einem Grad IV traten in keinem Fall auf.

**Tabelle 16: Heteroprophe periartikuläre Ossifikationen nach BROOKER
-Patientengruppe A-**

Grad	Anzahl	Anteil
0	30	85,7%
I	3	8,6%
II	2	5,7%
III	0	0,0%
IV	0	0,0%
Gesamt	35	100,0%

3.5.2.2 Patientengruppe B (Nanos)

Vier der 33 Patienten der Gruppe B konnten nicht in die Berechnung mit einfließen, da keine verwertbaren Röntgenbilder vorlagen. Von den übrigen 29 Patienten wurden bei 3 (10,3%) vereinzelte Knocheninseln in der perioprothetischen Weichteilen diagnostiziert, was einem Grad **I** nach BROOKER entspricht. Der mit 89,7% größte Teil der Untersuchten hatte keine Ossifikationserscheinungen. BROOKER Grad **II**, **III** und **IV** traten in dieser Gruppe nicht auf.

**Tabelle 17: Heterotrope periartikuläre Ossifikationen nach BROOKER
-Patientengruppe B-**

Grad	Anzahl	Anteil
0	26	89,7%
I	3	10,3%
II	0	0,0%
III	0	0,0%
IV	0	0,0%
Gesamt	29	100,0%

Werden beide Gruppen miteinander verglichen, so hat das Nanos-Kollektiv bessere Werte erzielt. Hier wurden keine Grad **II** Ossifikationen beobachtet, wie es bei den Alloclassic-Patienten der Fall war.

Auch der Vergleich der Ossifikationsgrade in Bezug zum Knochendichteverlust erbrachte weder in der Gruppe A noch in der Gruppe B signifikante Zusam-

menhänge. Der Mittelwerttest zwischen BROOKER und dem Harris-Hip-Score sowie dem hierzu gehörigen Kriterium ‚Bewegungsausmaß der Hüfte‘ fiel ebenfalls in beiden Patientenkollektiven nicht signifikant aus.



Abbildung 17: links: BROOKER Grad II beim Alloclassic®-Geradschaftsystem; rechts: BROOKER Grad I beim NANOS® Kurzschaftsystem

3.6 Osteodensitometrische Ergebnisse

Beide Patientengruppen wurden innerhalb des Follow-up zweimal einer osteodensitometrischen Untersuchung unterzogen. Nach jeweils 3 bzw. 12 Monaten wurde die Dichte des periprothetischen Knochens, aufgeteilt in 7 „Regions of Interest“ (ROI) entsprechend der Zonen nach GRUEN [31], gemessen. Eine zusätzliche Vergleichsmessung am kontralateralen, nicht operierten Hüftgelenk konnte den Mittelwerten der untersuchten Seite gegenübergestellt werden.

Im Folgenden sind die Messergebnisse der beiden Untersuchungsgruppen tabellarisch aufgeführt (siehe Tabelle 18,19). Angegeben sind die Mittelwerte und Standardabweichungen für die 7 Messregionen der Knochendichte (Bone Mineral Density = BMD) in g/cm^2 , sowie die prozentuale Differenz der beiden Werte.

3.6.1 Patientengruppe A (Alloclassic)

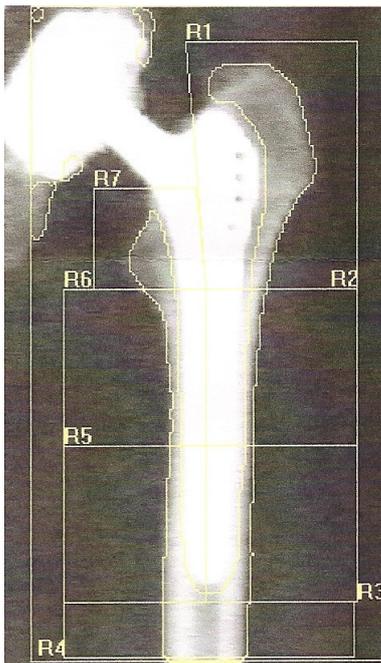
Die Werte der Knochendichtemessung der Gruppe A im 3- und 12-monatigen Vergleich sind in Tabelle 18 dargestellt. Der Mittelwert nach 3 Monaten liegt bei $1,000 \text{ g}/\text{cm}^2$ (St-Abw. $0,124$), und nach 12 Monaten bei $1,080 \text{ g}/\text{cm}^2$ (St-Abw. $0,135$). So hat sich innerhalb von 9 Monaten eine durchschnittliche Steigerung der Knochendichte von 8% ergeben.

Bei der Verteilung der Knochendichte in den 7 ROI ist der geringste Wert bei beiden Messungen in Zone 7 bestimmt worden (BMD 3 Monate: $0,902 \text{ g}/\text{cm}^2$; 12 Monate: $0,893 \text{ g}/\text{cm}^2$). Am distalen Prothesenende (Zone 4 und 5) sind die höchsten Werte zu finden (BMD 3 Monate Zone 4: $1,064 \text{ g}/\text{cm}^2$; 12 Monate Zone 5: $1,156 \text{ g}/\text{cm}^2$). Die größte Differenz zwischen beiden Messungen hat sich in Zone 5 mit einem Anstieg des BMD von 12,23% herausgestellt. Weiterhin fällt auf, dass die Knochendichte in allen Zonen bis auf ROI 7 innerhalb der 9 Monate zugenommen hat (mittlere Dichtezunahme: 8%).

Der Vergleich zur nicht operierten Seite zeigt nach drei Monaten eine Differenz von $0,097 \text{ g}/\text{cm}^2$ und nach zwölf Monaten nur noch von $0,017 \text{ g}/\text{cm}^2$. Dies verdeutlicht einen Anstieg der Knochendichte und die Annäherung an den BMD-Wert des kontralateralen Femurs.

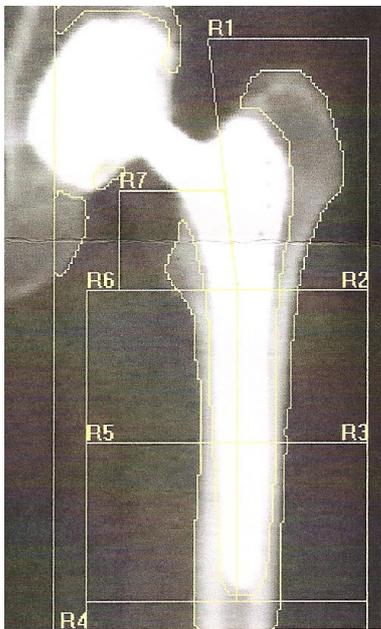
**Tabelle 18: Osteodensitometrische Messergebnisse 3 und 12 Monate postoperativ im Vergleich (BMD, Bone Mineral Density = Knochendichte; Mittelwerte angegeben in g/cm²)
-Patientengruppe A-**

ROI	BMD nach 3 Monaten		BMD nach 12 Monaten		Differenz in %
	Mittelwert	St-Abweichung	Mittelwert	St-Abweichung	
1	0,944	0,112	1,053	0,131	11,55
2	1,035	0,131	1,134	0,141	9,57
3	1,018	0,124	1,125	0,137	10,51
4	1,064	0,129	1,150	0,150	8,08
5	1,030	0,136	1,156	0,150	12,23
6	1,007	0,123	1,047	0,125	3,97
7	0,902	0,108	0,893	0,110	-1,00
Gesamt	1,000	0,124	1,080	0,135	8
Kontralat. Seite	1,097		1,097		
Differenz operiert / kontralat.	0,097		0,017		



Bereich	Fläche (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)
GLOBAL	29.46	32.37	1.099
R1	9.96	7.42	0.745
R2	1.95	2.52	1.293
R3	2.74	3.61	1.318
R4	4.90	8.05	1.644
R5	3.28	4.98	1.517
R6	2.17	2.31	1.065
R7	2.48	1.63	0.659
Netto	26.92	29.80	1.107

Abbildung 18: Fall 1: Hologic® QDR 4500 Knochendichtemessung einer 64 jährigen Patientin (siehe auch radiologische Verlaufskontrolle Abbildung 13) -3 Monate postoperativ-



Bereich	Fläche (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)
GLOBAL	30.74	33.00	1.074
R1	10.23	7.67	0.750
R2	2.58	3.51	1.364
R3	2.52	3.37	1.336
R4	2.70	4.59	1.699
R5	3.86	6.14	1.592
R6	2.30	2.60	1.128
R7	1.84	1.44	0.782
Netto	25.47	28.50	1.119

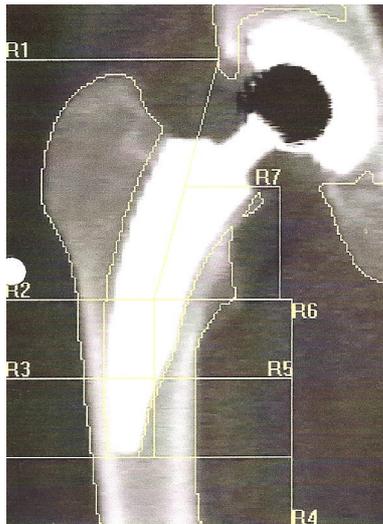
Abbildung 19: Fall 1: Hologic® QDR 4500 Knochendichtemessung einer 64 jährigen Patientin (siehe auch radiologische Verlaufskontrolle Abbildung 13) -12 Monate postoperativ-

3.6.2 Patientengruppe B (Nanos)

In Tabelle 19 sind die Ergebnisse der osteodensitometrischen Messungen der Patientengruppe B wiedergegeben. Die mittlere Knochendichte nach drei Monaten lag bei 0,983 g/cm² (St-Abw. 0,173) und nach zwölf Monaten bei einem Wert von 0,981 g/cm² (St-Abw. 0,174). Somit ergab sich im Durchschnitt ein leichter Abfall der Knochendichte von 0,2% innerhalb der neun Monate. Der niedrigste BMD fand sich in dieser Gruppe bei beiden Messvorgängen ebenfalls in ROI 7 (BMD 3 Monate 0,926; BMD 12 Monate 0,859), der höchste nach 3 Monaten in ROI 1 (1,017 g/cm²) und nach 12 Monaten in ROI 2 (1,065 g/cm²). In ROI 2 wurde zusätzlich der größte Zuwachs mit einer Differenz von 9,68% gemessen. Die mittlere Knochendichteveränderung in allen Zonen lag nach neun Monaten bei einer Abnahme von 0,2%, bedingt durch den starken Einfluss der ROI 1 und 7, in denen eine Knochendichteabnahme nachweisbar war. Im Vergleich zur nicht operierten Seite ergab sich nach 3 Monaten eine Differenz von 0,029 g/cm² und nach 12 Monaten von 0,031 g/cm².

Tabelle 19: Osteodensitometrische Messergebnisse 3 und 12 Monate postoperativ im Vergleich (BMD, Bone Mineral Density = Knochendichte; Mittelwerte angegeben in g/cm²) -Patientengruppe B-

ROI	BMD nach 3 Monaten		BMD nach 12 Monaten		Differenz in %
	Mittelwert	St-Abweichung	Mittelwert	St-Abweichung	
1	1,017	0,178	0,952	0,192	-6,39
2	0,971	0,168	1,065	0,173	9,68
3	0,973	0,169	0,983	0,173	1,03
4	0,999	0,176	1,002	0,177	0,30
5	0,982	0,174	0,989	0,175	0,71
6	1,013	0,178	1,016	0,185	0,30
7	0,926	0,164	0,859	0,146	-7,24
Gesamt	0,983	0,173	0,981	0,174	-0,203
Kontralat. Seite	1,012		1,012		
Differenz operiert / kontralat.	0,029		0,031		



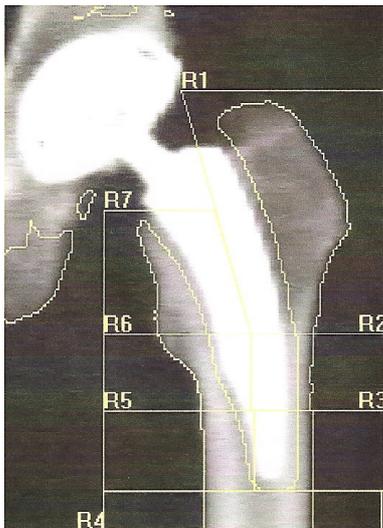
Bereich	Fläche (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)
GLOBAL	50.48	47.33	0.938
R1	19.10	11.86	0.621
R2	2.35	2.93	1.249
R3	2.76	3.53	1.278
R4	8.44	11.69	1.384
R5	3.86	5.52	1.431
R6	2.78	3.41	1.227
R7	2.60	2.14	0.824
Netto	40.87	39.88	0.976

Abbildung 20: Fall 2: Hologic® QDR 4500 Knochendichtemessung eines 51 jährigen Patienten (siehe auch radiologische Verlaufskontrolle Abbildung 14) -3 Monate postoperativ-



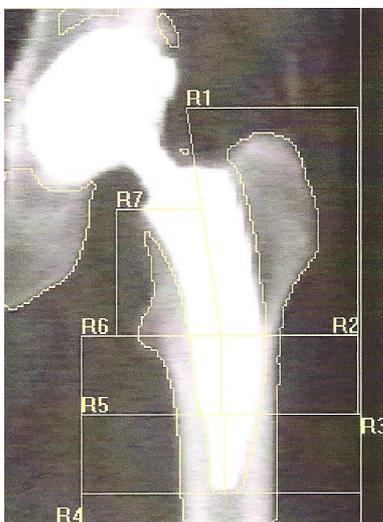
Bereich	Fläche (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)
GLOBAL	48.62	46.85	0.964
R1	17.88	9.48	0.530
R2	2.19	2.80	1.279
R3	2.74	3.39	1.234
R4	8.26	11.52	1.394
R5	3.76	5.64	1.498
R6	2.34	3.60	1.534
R7	1.00	1.23	1.227
Netto	37.31	36.56	0.980

Abbildung 21: Fall 2: Hologic® QDR 4500 Knochendichtemessung eines 51 jährigen Patienten (siehe auch radiologische Verlaufskontrolle Abbildung 14) -12 Monate postoperativ-



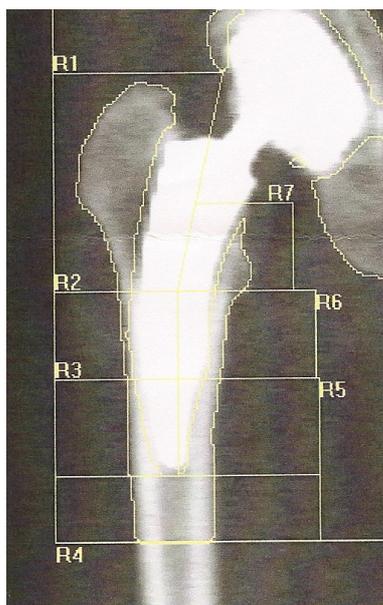
Bereich	Fläche (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)
GLOBAL	35.68	48.56	1.361
R1	13.98	13.42	0.960
R2	1.16	1.70	1.459
R3	1.53	2.32	1.514
R4	4.48	9.02	2.014
R5	3.44	7.03	2.044
R6	2.68	4.66	1.742
R7	3.63	5.42	1.494
Netto	30.13	42.18	1.400

Abbildung 22: **Fall 3:** Hologic® QDR 4500 Knochendichtemessung eines 59 jährigen Patienten (siehe auch radiologische Verlaufskontrolle Abbildung 15) **-3 Monate postoperativ-**



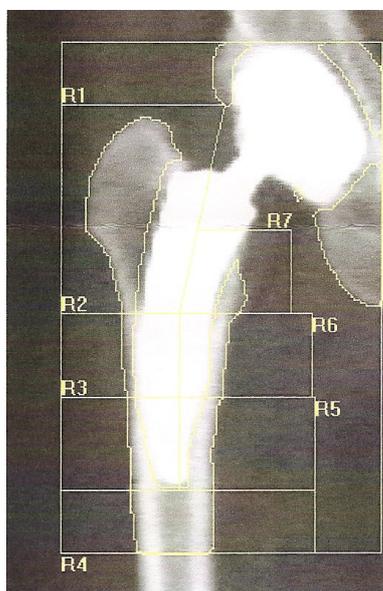
Bereich	Fläche (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)
GLOBAL	29.71	40.22	1.354
R1	14.24	14.03	0.985
R2	1.04	1.33	1.274
R3	0.97	0.92	0.953
R4	4.08	7.70	1.889
R5	3.52	7.19	2.041
R6	2.12	3.85	1.813
R7	2.68	4.47	1.666
Netto	28.08	38.51	1.372

Abbildung 23: **Fall 3:** Hologic® QDR 4500 Knochendichtemessung eines 59 jährigen Patienten (siehe auch radiologische Verlaufskontrolle Abbildung 15) **-12 Monate postoperativ-**



Bereich	Fläche (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)
GLOBAL	40.12	38.13	0.951
R1	11.91	7.68	0.645
R2	0.91	0.87	0.955
R3	2.10	3.23	1.538
R4	6.02	8.94	1.484
R5	2.65	3.91	1.472
R6	1.80	2.43	1.345
R7	1.70	1.44	0.845
Netto	26.55	27.75	1.045

Abbildung 24: **Fall 4:** Hologic® QDR 4500 Knochendichtemessung einer 62 jährigen Patientin (siehe auch radiologische Verlaufskontrolle Abbildung 16) *-3 Monate postoperativ-*



Bereich	Fläche (cm ²)	BMC (g)	BMD (g/cm ²)
GLOBAL	39.93	39.02	0.977
R1	11.83	7.96	0.673
R2	1.21	1.21	0.998
R3	2.20	3.48	1.584
R4	6.22	9.11	1.464
R5	2.70	3.93	1.457
R6	1.87	2.44	1.302
R7	1.30	1.25	0.962
Netto	26.77	28.64	1.070

Abbildung 25: **Fall 4:** Hologic® QDR 4500 Knochendichtemessung einer 62 jährigen Patientin (siehe auch radiologische Verlaufskontrolle Abbildung 16) *-12 Monate postoperativ-*

3.6.3 Vergleich der Patientengruppen A und B

Die Tabelle 20 zeigt die Gesamtergebnisse der DEXA- Messungen beider Patientengruppen jeweils nach 3 und 12 Monaten im Vergleich. Zusätzlich werden die Gesamtwerte der Knochendichte nach 3 und 12 Monaten jeweils dem Gesamtwert der kontralateralen, nicht operierten Hüfte gegenübergestellt.

Nach 3 Monaten ließ sich ein Verlust des BMD in der Gruppe A (0,097 g/cm²) zum gegenüberliegenden Femur erkennen, in der Gruppe B fiel dieser Verlust geringer aus (0,029 g/cm²). Es ergab sich in beiden Gruppen ein signifikanter Verlust zwischen den durchschnittlichen Werten der Kontrollseite und denen der Knochendichtemessung nach drei Monaten. Bei der Betrachtung der Gruppe A nach 12 Monaten zeigte sich wieder ein deutlicher Zuwachs an Knochendichte im Vergleich zum Dreimonatswert. Die Differenz lag bei 0,017 g/cm².

In der Gruppe B war dieser Anstieg im Gesamtergebnis, bedingt durch einen stärkeren Knochendichteverlust in den Messzonen 1 und 7, nicht zu verzeichnen. In den ROI 2 bis 6 hingegen zeigte sich eine Knochendichtezunahme innerhalb von 9 Monaten.

**Tabelle 20: Osteodensitometrische Messergebnisse 3 und 12 Monate postoperativ (BMD, Bone Mineral Density = Knochendichte; Mittelwerte angegeben in g/cm²)
-Patientengruppe A und B im Vergleich-**

ROI	BMD nach 3 Monaten		BMD nach 12 Monaten	
	Mittelwert A	Mittelwert B	Mittelwert A	Mittelwert B
1	0,944	1,017	1,053	0,952
2	1,035	0,971	1,134	1,065
3	1,018	0,973	1,125	0,983
4	1,064	0,999	1,150	1,002
5	1,030	0,982	1,156	0,989
6	1,007	1,013	1,047	1,016
7	0,902	0,926	0,893	0,859
Gesamt	1,000	0,983	1,080	0,981
Kontralat. Seite	1,097	1,012	1,097	1,012
Differenz operiert / kontralat.	0,097	0,029	0,017	0,031

Die Abbildungen 12 und 13 veranschaulichen die absoluten Knochendichtewerte zwischen den Gruppen A und B im Vergleich jeweils nach 3 und 12 Monaten.

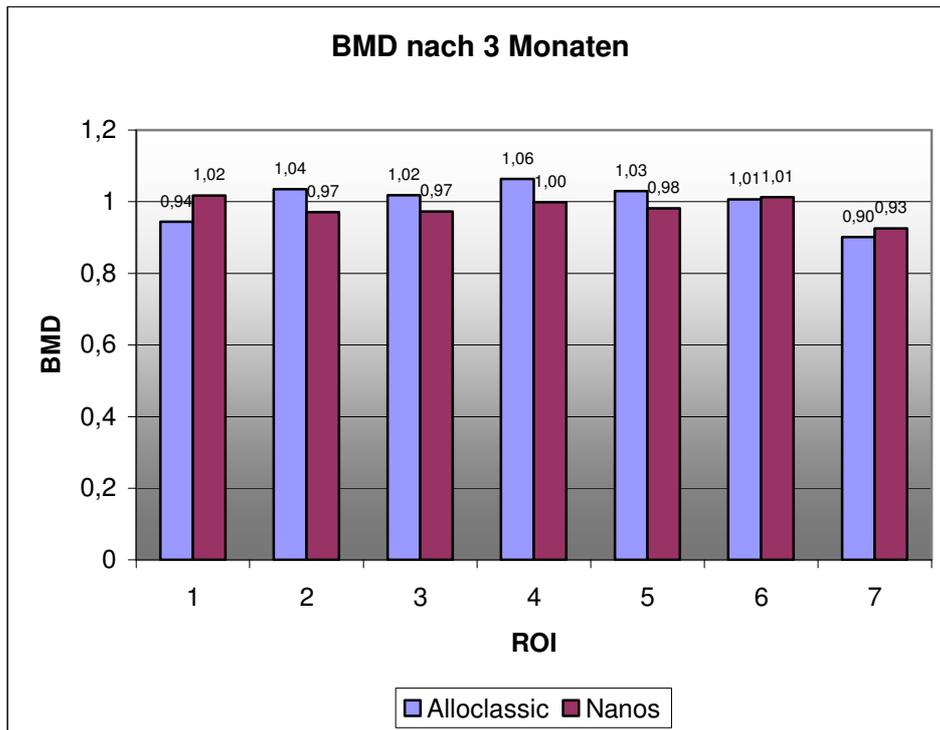


Abbildung 26: Grafische Darstellung des durchschnittlichen BMD-Wertes in den 7 Regions of Interest (ROI) für beide Prothesenkonzepte im Vergleich (BMD, Bone Mineral Density = Knochendichte; Mittelwerte angegeben in g/cm²) -nach 3 Mon-

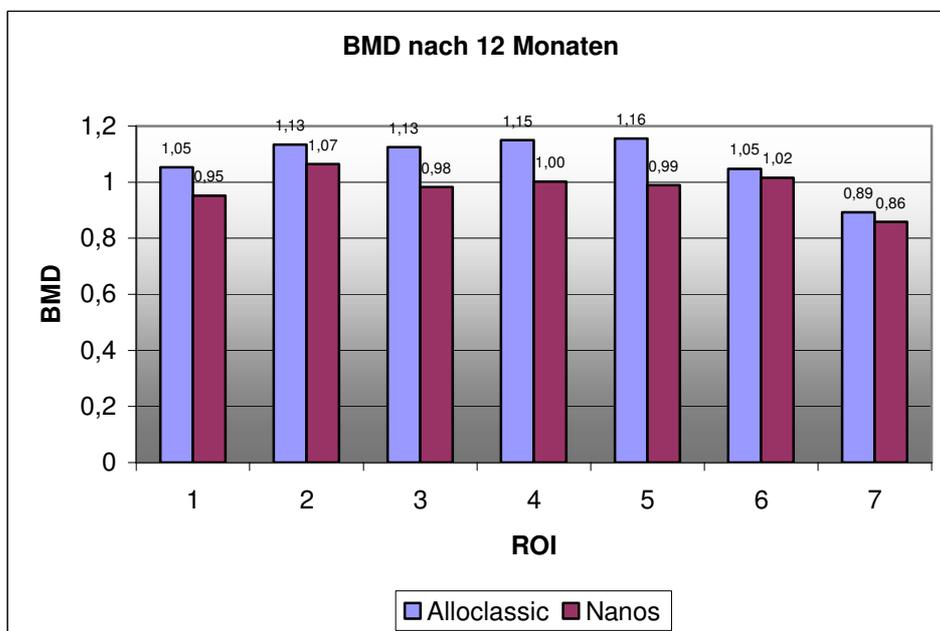


Abbildung 27: Grafische Darstellung des durchschnittlichen BMD-Wertes in den 7 Regions of Interest (ROI) für beide Prothesenkonzepte im Vergleich (BMD, Bone Mineral Density = Knochendichte; Mittelwerte angegeben in g/cm²) -nach 12 Mon-

3.6.4 Statistische Auswertung der Messergebnisse

Es ergab sich nach drei Monaten insgesamt sowohl in der Gruppe A als auch in der Gruppe B ein stark signifikanter Verlust der periprothetischen Knochendichte im Vergleich zum Mittelwert der nicht operierten Kontrollseite.

Die statistische Auswertung der BMD-Differenzen für die sieben ROI zwischen drei- und zwölfmonatiger Untersuchung der Gruppe A sind in der Tabelle 20 dargestellt. In den Zonen 1 bis 6 war ein signifikanter Anstieg der periprothetischen Knochendichte von 3 nach 12 Monaten zu verzeichnen. Die proximale ROI 7 zeigte einen Verlust der BMD, welcher keine Signifikanz aufwies.

Tabelle 21: Differenzen der Knochendichte zwischen 3 und 12 Monaten postoperativ und deren Signifikanzen -Patientengruppe A-

ROI	Differenz	Signifikanz
1	0,109	0,000
2	0,098	0,000
3	0,107	0,000
4	0,086	0,000
5	0,125	0,000
6	0,039	0,000
7	-0,008	0,237

Tabelle 22 stellt die Ergebnisse der statistischen Analyse der DEXA-Werte der Gruppe B dar. Die ROI 1, 2 und 7 zeigten stark signifikante Unterschiede. Es lagen in den proximalen ROI 1 und 7 signifikant verringerte Knochendichtewerte nach 12 Monaten vor. In den ROI 2,3,4,5 und 6 konnte ein Anstieg des BMD-Wertes nachgewiesen werden, der sich in der Zone 2 als signifikant herausstellte.

Tabelle 22: Differenzen der Knochendichte zwischen 3 und 12 Monaten postoperativ und deren Signifikanzen -Patientengruppe B-

ROI	Differenz	Signifikanz
1	-0,0656	0,0000
2	0,0942	0,0000
3	0,0096	0,7350
4	0,0029	0,9250
5	0,0064	0,7520
6	0,0031	0,7700
7	-0,0671	0,0000

Wie in Kapitel 3.1 bereits beschrieben, zeigten sich in den präoperativ erhobenen Daten der beiden Patientengruppen signifikante Unterschiede im Alter und dem BMD-Wert der nicht operierten Kontrollseite. Vor dem Hintergrund, dass die Messungen der periprothetischen Knochendichteänderung sowohl in der Gruppe A als auch in der Gruppe B unter exakt denselben Bedingungen am gleichen Gerät durchgeführt wurden, konnte in diesem Fall ein statistischer Vergleich erfolgen.

Der direkte Vergleich der jeweiligen Auswertungen der periprothetischen Knochendichte beider Gruppen ergab eine statistische Relevanz in der ROI 1, in der die NANOS[®]- Prothese nach 3 Monaten eine signifikant höhere Knochendichte als das zum Vergleich herangezogene Geradschaftsystem aufwies. Die Zonen 6 und 7 schnitten im Differenzvergleich ebenfalls mit besseren Werten für die Kurzschaftprothese ab, auch wenn hier das Signifikanzniveau nicht erreicht wurde.

Nach 12 Monaten fielen die Ergebnisse in allen untersuchten Zonen für die Al-lolclassic-Prothese höher aus. In den ROI 1, 3, 4 und 5 ließ sich ein signifikanter Unterschied statistisch nachweisen.

Tabelle 23: Differenzen der Knochendichte zwischen Alloclassic und Nanos jeweils nach 3 und nach 12 Monaten und deren Signifikanzen -Patientengruppe A und B im Vergleich-

BMD				
	3 Monate		12 Monate	
ROI	Differenz Alloclassic-Nanos	Signifikanz	Differenz Alloclassic-Nanos	Signifikanz
1	-0,073	0,043	0,102	0,012
2	0,064	0,086	0,070	0,078
3	0,045	0,216	0,142	0,000
4	0,065	0,091	0,148	0,000
5	0,050	0,215	0,167	0,000
6	-0,005	0,887	0,031	0,417
7	-0,025	0,463	0,034	0,282

Des Weiteren wurden die osteodensitometrischen Werte mit den Ergebnissen des Harris-Hip-Score durch eine Korrelationsanalyse ausgewertet. Dabei wurde der Gesamtwert des Harris-Hip-Score mit der durchschnittlichen Knochendichteveränderung innerhalb der neun Monate in Beziehung gesetzt. Die Ergebnisse des Harris-Hip-Score korrelierten nicht mit der durchschnittlichen Knochendichteveränderung ($p > 0,05$).

In gleicher Weise wurden die DEXA- Ergebnisse der Gruppe A und der Gruppe B mit den entsprechenden Werten im Body-Mass-Index auf eine Beziehung hin überprüft. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang der BMI-Werte mit der prozentualen Knochendichteveränderung festgestellt werden ($p > 0,05$). Auch das Geschlecht der Patienten zeigte in beiden Gruppen keine statistisch relevanten Auswirkungen auf den postoperativen Verlauf der Knochendichte.

Die radiologischen Zeichen für Knochenverlust (Saum und Resorption) zeigten keine signifikanten Abhängigkeiten zur Knochendichte ($p > 0,05$).

4 **Diskussion**

4.1 **Schaftphilosophien**

Grundlage dieser Arbeit ist der Vergleich zweier unterschiedlicher Hüftschaftsysteme. Standardgeradschaftprothesen wie der Alloclassic®Zweymüller®-Schaft werden seit vielen Jahren für endoprothetische Versorgungen der Hüfte eingesetzt und erweisen sich, durch zahlreiche Studien belegt, als erfolgreiches Konzept auch nach langjährigen Nachuntersuchungszeiträumen [30,40,83]. Bewährt hat sich das Verankerungsprinzip mit konventionellen Schäften durch ein breites Indikationsspektrum und eine gute langfristige Stabilität der Prothesenkomponenten. Die neuen Anforderungen an die Hüftprothesenversorgung, bedingt durch jünger werdendes Patienten Klientel, führten zur Entwicklung der Schenkelhals- oder Kurzschaftsysteme. Aufgrund steigender Implantationszahlen und gleichzeitig sinkendem Durchschnittsalter ist in Zukunft mit einer Zunahme von Wechseloperationen zu rechnen. Deshalb ist es zwingend erforderlich, primär Implantate und Operationstechniken anzuwenden, welche in Bezug auf die periartikulären Knochen- und Weichteilstrukturen eine günstige Ausgangssituation für spätere Revisionseingriffe schaffen [89]. Mit der Verwendung von Kurzstielprothesen kann die Beschädigung des Weichteilmantels und der Verlust an Knochensubstanz, wie der Spongiosa der Metaphyse und des Trochanter major, minimiert werden. Das fehlende Aufraspeln der Markhöhle schont den diaphysären Knochen sowie die am proximalen Knochen ansetzende Muskulatur und führt zu einem geringeren Blutverlust [55]. Muskelschädigungen, die zu einer Dysbalance führen können, werden vermindert. Eine schnellere Rehabilitation ist somit möglich [35].

Von einigen Autoren [35,70,76] wird das Erreichen einer proximalen Kraffteinleitung mit Kurzschaftsystemen beschrieben, was zu einer physiologischen Belastung des periprothetischen Knochenlagers führen und somit gute klinische Ergebnisse und eine hohe Patientenzufriedenheit erreichbar machen soll.

4.2 Klinische Ergebnisse

Die in dieser Studie erhobenen Daten ergaben einen durchschnittlichen Harris-Hip-Score (HHS) von 91,3 Punkten für die Patienten der Gruppe A. 83% der Patienten erreichten ein sehr gutes oder gutes Ergebnis. Der präoperative Mittelwert lag bei 43,9 Punkten. In der Gruppe B stieg der Wert des HHS im Mittel von 47,1 prä- auf 96,5 Punkte postoperativ. Es erzielten 97% der Patienten ein sehr gutes oder gutes Ergebnis.

Die klinisch-funktionellen Nachuntersuchungsergebnisse von G. A. FUCHS mit der Nanos-Kurzschafthprothese zeigen bei 109 Patienten eine Steigerung des Harris-Hip-Score von durchschnittlich 47,6 Punkten präoperativ auf 91,5 Punkte nach 3 Monaten und 97,7 Punkte nach einem Jahr [23]. Sowohl der Nachuntersuchungszeitraum von einem Jahr als auch speziell die in der vorliegenden Studie untersuchte Nanos-Prothese lassen einen sehr guten Vergleich der Ergebnisse zu. Der durchschnittlich erzielte Harris-Hip-Score der eigenen Studiengruppe differiert lediglich um 1,2 Punkte und bestätigt somit die sehr guten Werte dieses Kurzschafthsystems.

Untersuchungen an vergleichbaren primär implantierten anatomisch geformten Hüftprothesen weisen ähnliche Ergebnisse auf:

B.F. MORREY entwickelte das zementfreie Mayo-Kurzschafthsystem und untersuchte 20 Patienten, die einen mittleren HHS von 44,5 Punkten präoperativ und 97,8 Punkten nach durchschnittlich 26 Monaten Follow-up erzielten [54].

Mit demselben Schafthsystem erzielten HUBE et al. in einer Vergleichsstudie nach 3 Monaten frühfunktionelle Ergebnisse mit einem Scoremittelwert von 94,7 Punkten. 66,7% der Patienten erreichten einen Wert zwischen 95-100 Punkten, und die Ausgangswerte lagen bei einem Mittelwert von 56,2 Punkten [35].

In einer Follow-up-Studie von durchschnittlich 4,9 Jahren wurden von ENDER et al. 44 Patienten mit insgesamt 50 CUT-Endoprothesen untersucht, deren mittlerer präoperativer HHS 48 Punkte betrug. Bei der Nachuntersuchung wurde ein mittlerer HHS von 93 Punkten ermittelt, 92% der Patienten erreichten klinisch sehr gute und gute Ergebnisse [20].

THOMAS et al. untersuchten ebenfalls die ESKA-CUT-Endoprothese an einem Kollektiv von 130 Patienten nach 6 Wochen, 3 Monaten, 12 Monaten und danach jährlich. Der Harris-Funktionsscore stieg von 54 Punkten vor der Operation über 88 Punkte ein Jahr nach der Operation, bis auf 92 Punkte bei der letzten Nachuntersuchung [81].

Nach dieser Betrachtung der aufgeführten Kurzschaftsysteme mit kurzfristigen Nachuntersuchungszeiträumen, erzielten die Patienten der Gruppe B (Nanos) vergleichbare Ergebnisse.

Die Bewertung des Zweymüller-Geradschaftsystems lässt sich mit vielen Studien vergleichen, deren Nachuntersuchungszeitraum allerdings eher langfristig gewählt wurde. Eine direkt vergleichbare Studie zur Prothesenbewertung mittels Harris-Hip-Score nach einem Jahr konnte nicht gefunden werden.

PERKA et al. untersuchten 93 Patienten mit 121 Hüftprothesen nach durchschnittlich 9,3 Jahren, welche einen HHS von 34,0 Punkten präoperativ und 84,1 Punkte bei der Nachuntersuchung erreichten [61].

Nach einem 5-Jahres-Follow-up von KUTSCHERA et al. erzielten 85 Patienten mit 96 Prothesen einen durchschnittlichen HHS von 87,5 Punkten [43].

PIERINGER et al. fanden bei 75 Patienten einen mittleren Harris-Hip-Score von 85,4 Punkten in den klinischen Untersuchungen [62].

Beim Vergleich einer anatomisch geformten Prothese mit dem ABG-Geradschaftsystems durch HUBE et al. lag der Scoremittelwert nach 3 Monaten für die vergleichbare Geradschaftprothese bei 87 Punkten bei einem Ausgangswert von 53,6 Punkten [35].

Verglichen mit den aufgeführten Referenzwerten erreichten die Patienten beider in der vorliegenden Studie untersuchten Gruppen mit einem durchschnittlichen Gesamtpunktwert von 91,3 in der Gruppe A (Alloclassic) und 96,5 in der Gruppe B (Nanos) ein sehr gutes Ergebnis.

Die Überprüfung von Korrelationen der klinischen Testergebnisse zum Verlauf der postoperativen Knochendichte ergab statistisch keinen signifikanten Zusammenhang ($p > 0,05$). Das Ergebnis dieser Auswertung weist darauf hin, dass

die Reaktion des periprothetischen Knochens auf die durch die prothetische Versorgung neu entstandenen Belastungen keinen direkten Einfluss auf das klinische Befinden des Patienten hatte. Nicht zuletzt ist die im Gesamtergebnis des Harris-Hip-Score ausschlaggebende Schmerzbewertung durch ihre Subjektivität und Variation der Schmerztoleranz der Patienten ein wichtiger Faktor für die mitunter fehlende Übereinstimmung zwischen klinischem Outcome und Knochendichteänderung.

Der Sutherland-Score zur Beschreibung des Aktivitätsgrades der Patienten erzielte in beiden Gruppen Werte nahe an der Maximalpunktzahl, in der Gruppe A (Alloclassic) wurden 8,31 Punkte, in der Gruppe B (Nanos) 9,16 Punkte erreicht. Bei der statistischen Auswertung zeigte sich in beiden Gruppen ein signifikanter Unterschied zwischen den prä- und postoperativen Werten, das Aktivitätsniveau aller Patienten war nach der Operation deutlich höher. Dieses positive Ergebnis war aufgrund der Rahmenbedingungen wie Primäroperation, minimalinvasiver Operationstechnik und Frühmobilisation der Patienten durchaus zu erwarten. Im Gesamtkollektiv der Patienten war der Aktivitätsgrad hochsignifikant vom klinischen Befund beeinflusst. Die Patienten hatten mit einem guten postoperativen klinischen Befund demnach die Voraussetzung für ein hohes Aktivitätsniveau in Alltag, Beruf und Freizeit. Andere Autoren beobachteten entgegengesetzt dieser Feststellung einen schlechteren klinischen Befund bei hohem Aktivitätsgrad [7,10,11], dies kann mit einer aus Überbelastung resultierenden negativ beeinflussten klinischen Regeneration begründet werden.

4.3 Psychometrischer Befund

Der SF-36 Health Survey dient der psychometrisch effizienten Messung des subjektiv empfundenen Gesundheitszustandes jedes Patienten und untersucht dessen physische und psychische Lebensqualität.

In der Patientengruppe A (Alloclassic) zeigte sich bei der körperlichen Summenskala ein signifikanter Zusammenhang zum klinischen Befund ($p=0,003$) sowie zum Aktivitätsgrad nach Sutherland. LIEBERMANN et al. untersuchten 140 operierte Hüftgelenke und fanden ebenfalls einen signifikanten Zusam-

menhang zwischen dem klinischen Befund und der körperlichen Summenskala des SF-36, mit der psychischen Summenskala wurde eine geringe Korrelation festgestellt [45]. BOARDMAN et al. und CHIU et al. haben diese Korrelationen in ihren Studien ebenfalls ermittelt und stellten einen signifikanten Zusammenhang zwischen der physischen Aktivität und der Lebensqualität ihrer Patienten fest [5,14].

Auch bei dem Kurzschafftkollektiv hing der Aktivitätsgrad der Patienten signifikant von der körperlichen Lebensqualität ab. Anders als bei der Alloclassic-Gruppe zeigte der klinische Befund in diesem Fall keine Korrelation ($p=0,008$).

Beim Vergleich der körperlichen und psychischen Summenskala mit der jeweiligen Normpopulation lag die körperliche Lebensqualität im Durchschnitt der Norm. Auffällig hingegen waren in beiden Patientengruppen die überdurchschnittlich hohen Werte für die psychische Lebensqualität (Alloclassic 51,3 Punkte; Nanos 54,2 Punkte, Norm 40,3 Punkte). Die Referenzwerte des SF-36 Fragebogens wurden aus einer Summe von 2739 Patienten zusammengetragen und erfassen deren gesundheitsbezogene Lebensqualität unabhängig von Art oder Schweregrad der Erkrankung, Alter und aktuellem Gesundheitszustand. Die Patienten dieser Arbeit sind allesamt in einer minimalinvasiven Operation mit primärem Hüftgelenkersatz versorgt worden. Die damit verbundene rasche Regeneration und Frühmobilisation ab dem ersten postoperativen Tag ermöglichten es, schnellstmöglich in den alten Lebensrhythmus zurückzukehren. Vor diesem Hintergrund lassen sich die vergleichsweise guten Ergebnisse für das psychische Wohlbefinden unserer Patienten nachvollziehen.

Die körperliche Summenskala zeigte kaum Abweichungen zur der Normpopulation.

4.4 Radiologische Ergebnisse

Zur radiologischen Beurteilung der Knochenlagers der Hüftprothesen wurden die Dichteunterschiede der Knochenmasse genutzt, die aufgrund unterschiedlicher Absorption von Strahlung auf Röntgenbildern gut sichtbar sind. Diese Unterschiede im Auftreten und der Lokalisation von radiologischen Phänomenen, die sich sowohl aus Lykesäumen und Resorptionserscheinungen als auch aus Bereichen vermehrten Knochenaufbaus (Sklerose) zusammensetzen, sind als Folge des Prothesendesigns und der jeweiligen Krafteinleitung anzusehen [65,77]. Entsprechend dem Wolff'schen Transformationsgesetz (1892) kommt es infolge einer vermehrten Kraftübertragung zu einer Knochenmassezunahme und bei Entlastung zu einer Verminderung der Knochensubstanz und somit zur Resorption und Atrophie [90].

Bei der nativ radiologischen Auswertung ergab sich, dass die stärkste Saumbildung in der Gruppe A (Alloclassic) mit 5,71% in der Zone VII vorlag, ansonsten waren in keiner der weiteren periprothetischen Zonen Säume zu erkennen. Es handelte sich somit ausschließlich um proximale Saumbildungen, die auf die distale Verankerung des Alloclassic-Schaftes zurückzuführen sind [43,83]. Auch WEISSINGER und HELMREICH berichteten bei der Nachuntersuchung von 133 Zweymüller-Geradschaftprothesen nach 10,6 Jahren von insgesamt 22,5% Saumbildungen in Zone I und VII [87]. Spongiöse Verdichtungen und Sklerosierungen traten beim Alloclassic-Schaft in 2 (5,71%) Fällen in Zone III und in einem Fall (2,86%) in Zone V, dem inneren Schaftende, auf. Diese typischen distalen Sklerosierungen und Knochenappositionen sind die Zeichen einer vermehrten Krafteinleitung und decken sich mit den gewonnenen Erkenntnissen aus vergleichbaren Studien [17,63,83], die auf eine distal-diaphysäre Krafteinleitung der Geradschaftprothese hinweisen. KUTSCHERA et al. stellten in einer 5-Jahres-Nachuntersuchung bei 80% der Zweymüller-Prothesen nativ radiologische Sklerosierungen um die Prothesenspitze fest [43].

In der Gruppe B (Nanos) lag bei nur 3,57% der Patienten ein Saum in der Zone VII vor, es ergab sich jedoch zusätzlich bei 7,14% eine Saumbildung in der Zo-

ne I. Des Weiteren war eine (3,57%) Resorptionserscheinung in Zone VII zu erkennen.

Die radiologische Auswertung von 50 Kurzschafftprothesen 4,9 Jahre nach Implantation durch ENDER et al. ergab ausschließlich Aufhellungssäume in den Zonen I und IV, wobei die Autoren in ihrer Messung die periprothetische Region in Anlehnung an das Gruen-Schema auf fünf Zonen reduzierten. Die Zone I umfasste ebenfalls die Region des Trochanter major, die Zone IV hingegen den mediodistalen Schaftbereich (vergleiche ROI V). Sie kamen im Studienvergleich zu dem Ergebnis: „Zementfreie Standardendoprothesen weisen nach vergleichbarem Nachuntersuchungszeitraum gleiche bzw. höhere Raten von Aufhellungssäumen auf“. Die Vorteile der sparsamen Knochenresektion gingen hingegen nach den Ergebnissen dieser Untersuchung mit einer erhöhten Lockerungsrate innerhalb der ersten 5 Jahre postoperativ einher [19].

Die radiologischen Zeichen für Knochenverlust (Saum und Resorption) zeigten keine signifikanten Abhängigkeiten zur Knochendichteveränderung innerhalb von neun Monaten.

4.4.1 Heterotope periartikuläre Ossifikationen

Heterotope periartikuläre Ossifikationen sind kleine Knocheninseln in den das Hüftgelenk umgebenden Weichteilen und unterscheiden sich nicht von orthotopem Knochen. Ihre Entstehung wird durch ausgedehnte intraoperative Perio-
stablösungen und Traumatisierungen des Gewebes, welche zu einer Aktivierung der knochenbildenden Zellen führen, begünstigt [41]. Zur Prävention der Entstehung heterotoper Ossifikationen nach Totalendoprothetik des Hüftgelenkes erfolgte in dieser Studie eine Prophylaxe mit einem nicht-steroidalen Antiphlogistikum (Indometazin).

Bei 14% der Patienten der Gruppe A (Alloclassic) lagen heterotope Ossifikationen vor (8,6% Stadium I nach BROOKER und 5,7% Stadium II nach BROOKER). Die übrigen 85,7% der implantierten Hüften waren ohne Befund (Grad 0). In der Gruppe B (Nanos) wurden in 10,3% der Fälle vereinzelte Knocheninseln in den periprothetischen Weichteilen diagnostiziert, was einem Grad I nach

BROOKER entspricht. Die BROOKER-Grade **II,III** oder **IV** traten in dieser Gruppe nicht auf.

Ebenfalls im Nachuntersuchungszeitraum von einem Jahr diagnostizierten EYB et al. bei 158 Patienten mit primär implantierten zementfreien Zweymüller-Endler-Prothesen 39,9% Ossifikationen [22]. Auch in dieser Studie trat das Stadium **I** am häufigsten auf. SCHARA et al. berichten bei 103 Hüften nach einem Jahr postoperativ von 26,2% Ossifikationen [72].

Der weite Streubereich der erwähnten Literaturergebnisse lässt sich durch heterogene Patientenkollektive, unterschiedliche Interpretationen der radiologischen Ergebnisse, verschiedene Klassifikationssysteme sowie Fallzahlen und unterschiedliche Nachuntersuchungsperioden erklären [44]. Eine durchschnittliche Erscheinungsrate der Ossifikationen wird nach prophylaktischer Medikation mit 21,9% angegeben [41]. Die guten Ergebnisse dieser Studie im Vergleich zu den Durchschnittswerten der Literatur lassen sich sowohl auf die durchgeführte Ossifikationprophylaxe als auch überwiegend auf die minimalinvasive und somit gewebeschonende Operationstechnik zurückführen.

KASSETTI, GIERSE und LEIBFRITZ konnten keinen Einfluss des gewählten Prothesendesigns auf die Prävalenz von heterotopen Ossifikationen nachweisen [26,38,44]. Die geringe Abweichung der Ossifikationswerte nach BROOKER in dieser Studie deutet dies ebenfalls an.

4.5 Osteodensitometrie

Die quantitative Beurteilung durch die DEXA-Methode ermöglicht eine weitere Optimierung der Beurteilung von Knochenumbauvorgängen nach Hüftendoprothesenimplantation [15,60,68,]. Die Ergebnisse belegen deutlicher noch als die radiologischen Befunde den veränderten Kraftfluss nach Prothesenimplantation [74]. Um den Verlauf der periprothetischen Knochendichte nach der Implantation genauestens zu differenzieren, wurden in der vorliegenden Studie die DEXA-Messungen im 3- und 12-monatigen Vergleich durchgeführt.

Für die Geradschaftprothese der Gruppe A (Alloclassic) ergab sich von 3 nach 12 Monaten postoperativ eine durchschnittliche Steigerung der Knochendichte von 8%. In den 7 Regions of Interest (ROI) ist der geringste Wert bei beiden Messungen in der Zone 7 bestimmt worden (BMD 3 Monate: 0,902; 12 Monate: 0,893). Am distalen Prothesenende hingegen, in den Zonen 4 und 5, zeigten sich die höchsten Werte (BMD 3 Monate Zone 4: 1,064; 12 Monate Zone 5: 1,156). Es ließ sich somit ein stetiger Zuwachs an Knochendichte, mit einer mittleren Steigerung von 7,84%, innerhalb der 9 Monate in allen Regions of Interest nachweisen. Einzig die Zone 7 bildete eine Ausnahme mit einem leichten Dichteverlust von einem Prozent.

Die osteodensitometrischen Messungen der Patientengruppe B (Nanos) ergaben im Durchschnitt nach neun Monaten einen geringen Abfall der Knochendichte von 0,20%. Auch in dieser Gruppe fand sich bei beiden Messvorgängen in ROI 7 die niedrigste Knochendichte (BMD 3 Monate: 0,926; BMD 12 Monate: 0,859), die höchste nach 3 Monaten in ROI 1 (1,017 g/cm²) und nach 12 Monaten in ROI 2 (1,065 g/cm²). Die mittlere Knochendichteveränderung ergab in diesem Fall einen Verlust durch den Einfluss der negativen Differenzwerte der Zonen 1 und 7.

Der direkte Vergleich beider Gruppen ergab eine statistische Relevanz in der ROI 1, in der die NANOS[®]-Prothese nach 3 Monaten eine signifikant höhere Knochendichte als das zum Vergleich herangezogene Geradschaftsystem aufwies. Die Zonen 6 und 7 schnitten im Differenzvergleich ebenfalls mit besseren Werten für die Kurzschaftprothese ab, auch wenn hier das Signifikanzniveau

nicht erreicht wurde. Nach 12 Monaten fielen die Ergebnisse in allen untersuchten Zonen für die Alloclassic-Prothese höher aus. In den ROI 1, 3, 4 und 5 ließ sich ein signifikanter Unterschied zum Kurzschaftsystem statistisch nachweisen ($p < 0,012$).

Die besseren Ergebnisse der Nanos- Prothese drei Monate postoperativ sprechen für den Erfolg der minimalinvasiven, knochenschonenden Vorgehensweise bei der Verwendung von Implantaten mit kurzen Stielen. Durch die Einfachheit des Verfahrens ist die Operationszeit kurz. Die endostale Aufbohrung und das Aufraspeln in axialer Richtung des Femurs, wie bei Stielprothesen üblich, entfallen. Wertvolle Knochensubstanz, wie die Spongiosa der Metaphyse und des Trochanter major, bleibt erhalten. Das fehlende Aufraspeln der Markhöhle führt außerdem zu einem geringeren Blutverlust [55].

Ein Jahr nach der Implantation wies das Alloclassic-System innerhalb dieses Patientenkollektivs die besseren Werte auf. Besonders der proximale Schaftanteil zeichnete sich nach diesem Untersuchungszeitraum im Gegensatz zu der Untersuchung nach drei Monaten durch eine höhere Knochendichte beim Geradschaftsystem aus.

Diese Ergebnisse werfen die Frage nach der Philosophie der proximalen und somit physiologischen Krafteinleitung bei Kurzschaftprothesen auf. Die in der Literatur vorliegenden Arbeiten kommen in diesem Punkt zu keiner definitiven Übereinstimmung.

ROTH et al. verglichen die Knochendichteveränderung bei vier unterschiedlichen Prothesentypen im Verlauf des ersten postoperativen Jahres [70]. Das Gesamtkollektiv umfasste 81 Patienten und unterteilte sich in vier Gruppen, gemäß 4 verwendeter, in Legierung, Oberfläche bzw. Beschichtung und Design unterschiedlicher Prothesenschäfte. Die Messungen der periprothetischen Knochendichte am Schaft erfolgten am 10. postoperativen Tag sowie 3, 6 und 12 Monate nach dem Eingriff. Der stärkste Knochendichteverlust fand sich bei allen Schafttypen in der Region des Calcar femoris, geringste Veränderungen waren distal sowie medial der Prothesenspitze zu finden und bei Prothesen mit kürzerem Stiel war die Knochendichteabnahme insgesamt deutlich niedriger als

bei Prothesen mit längerem Stiel. Die Kurzschaftprothese vom Typ Mayo[®] zeigte eine Änderung von 15%, die Geradschaftprothesen lagen mit ihren mittleren Abnahmen zwischen 19% und 29% nach dem ersten postoperativen Jahr. Allen Prothesentypen war eine erhebliche Knochendichteabnahme im proximalen Teil in der Region des Calcar femoris gemeinsam [70]. Dies deckt sich mit den Resultaten anderer Autoren die ebenfalls eine anhaltende Knochendichteabnahme in ROI 7 fanden [3,64,69]. Die Verlagerung der Krafteinleitung nach proximal ist am besten beim CLS und Mayo-Stiel gelungen [70].

Der Vergleich eines Standardschaftes mit einer Kurzschaftprothese (Mayo[®]) mittels DEXA- Messung 7 Tage sowie 12 Monate nach der Operation durch HUBE et al. zeigten bei der Kurzschaftprothese vor allem eine Verdichtung im Bereich des Calcar femoris. Ein Stress- shielding und somit Knochenatrophien wurden vermindert [35].

STEINHAUSER et al. kamen zu dem Schluss, dass die CUT-Kurzschaftprothese eine proximale Krafteinleitung garantiert [76].

Eine weitere Untersuchung der CUT-Kurzschaftprothese ergab nach 3 Monaten den größten BMD-Verlust in den proximalen Zonen 1 und 7 und die geringste Abnahme in der Zone 3. Nach einem Jahr näherten sich die Ergebnisse wieder ihren Ausgangswerten vom 10. postoperativen Tag an [16].

Die Frage der Krafteinleitung der untersuchten Systeme kann wie folgt beantwortet werden. Das Kurzschaftsystem verdeutlichte seine Vorteile in der primären, postoperativen Phase durch einen geringeren Knochendichteverlust proximal und eine verringerte Krafteinleitung am distalen Schaftanteil. Nach längerem Nachuntersuchungszeitraum (12 Monate) verhielt sich die Krafteinleitung des Kurzschaftsystems ähnlich derer des Standardgeradschaftes. Proximal sanken die Dichtewerte. Eine dauerhafte proximale Krafteinleitung war somit nach diesem Untersuchungszeitraum nicht zu verzeichnen. Langzeitergebnisse, diese Frage betreffend, bleiben jedoch noch abzuwarten.

5 Schlussfolgerungen

Um den Erfolg zweier unterschiedlicher Hüfttotalendoprothesenkonzepte zu untersuchen, wurden 36 mit einem Standardsystem vom Typ Alloclassic[®] Zweymüller[®]-Geradschaft und 33 mit einem Kurzschaftsystem vom Typ NANOS[®] versorgte Patienten, durchschnittlich 1,3 bzw. 1,1 Jahre postoperativ nachuntersucht.

Als Messinstrument wurde der klinische und psychometrische Befund der Patienten erhoben, und es erfolgten im postoperativen Verlauf sowohl radiologische, als auch osteodensitometrische Untersuchungen für einen objektiven Vergleich der beiden Schaftphilosophien.

Beide Prothesenkonzepte zeigten in dieser Studie bei gleichem postoperativen Verlauf funktionell und hinsichtlich der Patientenzufriedenheit sehr gute Ergebnisse.

Der klinische Befund sowie der Aktivitätsgrad der Gruppe A (Alloclassic) lag im Bereich vergleichbarer Studien mit anderen Geradschaftsystemen. Die Patienten der Gruppe B (Nanos) erzielten hier überdurchschnittlich gute Werte. Insgesamt zeigten beide Untersuchungsgruppen gute bis sehr gute klinische Ergebnisse. Die Untersuchung des Aktivitätsgrades ergab für das Kurzschaftsystem (Nanos) Werte nahe an der Maximalpunktzahl, was auf die minimalinvasive, knochen- und weichteilschonende Operationsmethode zurückzuführen ist und die Vorteile der modernen Hüftendoprothetik im Besonderen bei Primärimplantationen zeigt.

Bei der Auswertung der radiologischen Daten zeigten beide Prothesenkonzepte Saumbildungen im proximalen Schaftbereich. Spongiöse Verdichtungen und Sklerosierungen traten in den distalen Zonen ausschließlich beim Alloclassic-System auf. Dies sind Zeichen einer vermehrten Krafteinleitung, welche auf eine distal-diaphysäre Krafteinleitung der Geradschaftprothese hinweisen, und

sich mit den gewonnenen Erkenntnissen aus vergleichbaren Studien decken [17,63,83].

Die geringe Ossifikationsrate von 14,3% (Gruppe A) bzw. 10,3% (Gruppe B) im Vergleich zu den Durchschnittswerten der Literatur lässt sich sowohl auf die durchgeführte Ossifikationprophylaxe als auch auf eine gewebeschonende Operationstechnik zurückführen.

Die Grundlage für die Beurteilung der unterschiedlichen Hüftschaftkonzepte bildete in dieser Arbeit die Osteodensitometrie, ein Verfahren zur Bestimmung der periprothetischen Knochendichte (BMD). Drei und zwölf Monate nach der endoprothetischen Versorgung wurden die operierten Hüften, unterteilt in 7 Regions of Interest, mit dieser Methode nachuntersucht und ein Referenzwert der nicht operierten Seite ermittelt. Anhand der periprothetischen Knochendichte lässt sich der Einfluss der Krafteinleitung auf den proximalen Femur analysieren.

Nach drei Monaten konnten beim Kurzschaftsystem bessere Werte hinsichtlich einer physiologischen Krafteinleitung nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse sprechen für den Erfolg der minimalinvasiven, knochenschonenden Vorgehensweise, ohne wesentliche Weichteil- und Muskeltraumatisierung, bei der Verwendung von Implantaten mit kurzen Stielen [89]. Das Kurzschaftsystem verdeutlichte seine Vorteile in der primären, postoperativen Phase durch einen geringeren Knochendichteverlust proximal und eine verringerte Krafteinleitung am distalen Schaftanteil.

Dieses Ergebnis relativierte sich durch die Messungen ein Jahr postoperativ mit ähnlichen Werten wie beim Geradschaftsystem und der damit verbundenen Erkenntnis der distalen Krafteinleitung. Die Verwendung von Kurzstielprothesen ermöglicht eine physiologische, proximale Krafteinleitung [35,70,76]. Die vorliegende Studie konnte diesen Erfolg in der primären postoperativen Phase bestätigen, nach einem Jahr zeigte sich jedoch eine distale Krafteinleitung. Langfristige Ergebnisse hierzu bleiben abzuwarten.

Bei der Gesamtbewertung erwiesen sich beide Systeme als suffiziente Versorgungsmöglichkeiten in der primären Totalhüftendoprothetik. Das Standardsystem stellte sich als zuverlässig dar, und erreichte gute bis sehr gute klinische Ergebnisse, sowie eine hohe Patientenzufriedenheit.

Vor dem Hintergrund immer jüngerer Patienten und der hieraus resultierend gesteigerten Anzahl an Folge- /Wechseloperationen, hat eine minimalinvasive, knochenschonende Vorgehensweise an Bedeutung gewonnen. Diese Anforderungen erfüllen die Kurzschaftprothesen im Besonderen [89]. Weichteil- und Muskeltraumatisierung, Blut- und Knochenverluste werden gering gehalten und es erfolgt eine einfache Implantation aufgrund der gebogenen Schaftform im Vergleich zum Geradschaft. So werden optimale Bedingungen geschaffen, welche bei potentiellen Wechseloperationen stabile knöchernerne Verhältnisse zur Verankerung der Folgeimplantate gewährleisten. Der Kurzschaft könnte dann nach Lockerung durch den Einsatz eines Geradschaftsystems (Alloclassic®) ersetzt werden.

Die NANOS®- Kurzschaftprothese zeichnet sich insbesondere in der primären Hüfttotalendoprothetik durch eine einfache Handhabung und die knochensparende Implantationstechnik, sowie sehr gute klinische und psychometrische Befunde in Anlehnung an die Ergebnisse des Standardgeradschaftsystems aus.

6 Literaturverzeichnis

1. Adams JE (1997) Single and dual energy X-ray absorptiometry. Eur Radiol 7: 20-31
2. Amstutz HC (1970) Complications of hip replacement. Clin Orthop 72: 123-137
3. Arabmtolagh M, Hennigs T, Rittmeister M (2003) Periprothetischer Knochenumbau am proximalen Femur nach Implantation von Individual- und Standard-Hüftendoprothesen. Z Orthop Ihre Grenzgeb 141: 519-525
4. Black DM, Cummings SR, Genant HK, Nevitt MC, Palermo L, Browner W(1992) Axial and appendicular bone density predict fractures in older woman. J Bone Miner Res 7: 633-638.
5. Boardman DL, Dorey F, Thomas BJ, Liebermann JR (2000) The accuracy of assessing total hip arthroplasty outcomes: a prospective correlation study of walking ability and 2 validated measurement devices. J Arthroplasty 15: 200-204,2000
6. Breusch SJ, Aldinger PR, Thomsen M, Ewerbeck V, Lukoschek M (2000) Verankerungsprinzipien in der Hüftendoprothetik – Teil I: Der Prothesenstiel. Unfallchirurg 103: 918-931
7. Brooker AF, Bowerman JW, Robinson RA, Riley LH Jr (1973) Ectopic ossification following total hip replacement. Incidence and a method of classification. J Bone Joint Surg Am 55: 1629-1632
8. Buchholz HW (1975) Joint surgery in advanced age. Verh Dtsch Ges Pathol 59: 258-259
9. Bullinger M (1995) German translation and psychometric testing of the SF-36 Health Survey: preliminary results from the IQOLA Project. International Quality of Life Assessment. Soc Sci Med 41(10):1359-66
10. Capello W, D`Antonio JA, Jaffe WL, Geesink RG, Manley MT, Feinberg JR (2006) Hydroxyapatite-coated femoral components: 15-year minimum follow-up. Clin Orthop Relat Res 453: 75-80

11. Chandler HP, Reineck FT, Wixson RL, McCarthy JC (1981) Total hip replacement in patients younger than thirty years old, A five year follow up study. J Bone Joint Surg Am 63: 1426-1434
12. Charnley J (1970) Acrylic cement in orthopaedic surgery: Livingstone, Edinburgh London
13. Charnley J (1970) Total hip replacement bei low friction arthroplasty. Clin Orthop 72: 7-21
14. Chiu HC, Mau LW, Hsu YC, Chang JK (2001) Postoperative 6-month and 1-year evaluation of health-related quality of life in total hip replacement patients. J Formos Med Assoc 100: 461-465
15. Cohen B, Rushton N (1995) Accuracy of DEXA measurement of bone mineral density after total hip arthroplasty. J Bone Joint Surg Br 77: 479
16. Decking R, Rokahr C, Zurstege M, Simon U, Decking J (2008) Maintenance of bone mineral density after implantation of a femoral neck hip prosthesis. BMC Musculoskeletal Disorders 9:17
17. Dohle J, Becker W, Braun M (2001) Radiologische Analyse der ossären Integration nach Implantation der Alloclassic-Zweymüller-Hüft-TEP. Z Orthop 139 (6): 517-524
18. Dot (2000) Bonit® - Die 2. Generation bioaktiver Calcium-Phosphat-Beschichtungen auf Implantaten- Eine zusammenfassende Charakterisierung. DOT Dünnschicht und Oberflächentechnologie GmbH Rostock: 1-16
19. Ender SA, Machner A, Pap G, Grasshoff H, Neumann HW (2006) Schenkelhalsendoprothese Typ CUT – 3-6 Jahres-Ergebnisse. Orthopäde 35: 841-847
20. Ender SA; Machner A, Pap G, Graßhoff H, Neumann HW (2006) Schenkelhalsendoprothese Typ CUT - 3- bis 6- Jahres- Ergebnisse. Orthopäde 35: 841-847
21. Engh CA, Bobyn JD, Glassmann AH (1987) Porous-coated hip replacement. The factors governing bone ingrowth, stress shielding, and clinical results. J Bone Joint Surg Br 69: 45-55

22. Eyb R, Zweymüller K (1985) Periarticular ossifications following implantation of cement free total hip endoprotheses of the Zwexmüller-Endler type. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 123 (6): 975-80
23. Fuchs GA (2006) Schnelle Beschwerdefreiheit, sehr gutes funktionelles Ergebnis: Erste Erfahrungen mit der neuen NANOS-Schenkelhalsprothese. *Orthopädische Nachrichten* 02/2006: 10-11
24. Furlong RJ, Osborn JF (1991) Fixation of hip protheses by hydroxyapatite ceramic coatings. *J Bone Joint Surg Br.*73: 741-5
25. Geesink RG (1989) Experimental and clinical experience with hydroxyapatite-coated hip implants. *Orthopedics* 12 (9):1239-42. Erratum in: *Orthopedics* (1990), 13 (2): following 200
26. Geesink RG (2002) Osteoconductive coatings for total joint arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 395: 53-65
27. Gierse H, Scherberich M, Fuchs S (1994 b) Does the type of prothesis have an effect on the development of periarticular ossification? *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 132: 516-520.
28. Gluck T (1890) Die Invaginationsmethode der Osteo- und Arthroplastik. *Klin Wschr* 27: 732-752
29. Glüer CC, Steiger P, Selvidge R, Elliesen-Kliefoth K, Hayashi C, Genant HK (1990) Comparative assessment of dual-photon absorptiometry and dual-energy radiography. *Radiology* 174:223-228.
30. Gröbl A, Csepan R, Delaunay C, Gördes W, Kaider A, Parzer R, Zenz P, Gottsaumer-Wolf F (2003) Six to ten year results of use of the Alloclassic hip prothesis – a multicentre survival analysis. *Z Orthop* 141: 303-308
31. Gruen TA, McNeice GM, Amstutz HC (1979) "Modes of failure" of cemented stemtype femoral components: a radiographic analysis of loosening. *Clin Orthop* 141: 17-27
32. Harris WH (1969) 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

33. Heisel J, (2006) Hüftendoprothetik gestern heute morgen. Orthopädie Report: 103-110
34. Henssge EJ, Grundei H, Etspüler R, Köller W, Fink K (1985) Die anatomisch angepasste Endoprothese des proximalen Femurendes. Z Orthop Ihre Grenzgeb 123(5): 821-828
35. Hube R, Zaage M, Hein W, Reichel H (2004) Frühfunktionelle Ergebnisse einer Kurzschaftprothese des Hüftgelenks mit metaphysär-intertrochantärer Verankerung. Orthopäde 33: 1249-1258
36. Judet J, Judet R (1950) The use of an artificial femoral head for arthroplasty of the hip joint. J Bone Joint Surg Br 32: 166-173
37. Judet R (1975) Total hip endoprosthesis made of porometal without cement anchoring. Z Orthop Ihre Grenzgeb 113: 828-829
38. Kasetti RJ, Shetty AA, Rand C (2001) Heterotopic ossification after uncemented hydroxiapatite-coated primary total hip arthroplasty. J Arthroplasty, 16:1038-1042.
39. Kiratli BJ, Checovich MM, McBeath AA, Wilson MA, Heiner JP (1996) Measurement of bone mineral density by dual-energy x-ray absorptiometry in patients with the Wisconsin hip, an uncemented femoral stem. J Arthroplasty 11(2):184-93
40. Knahr K, Pospischill M (2005) Cementless total hip arthroplasty using a threaded cup and a rectangular tapered stem. J Bone Joint Surg Br 87: 1211-1215
41. Kölbl O, Barthel T, Krödel A, Seegenschmiedt MH (2003) Prävention von heterotopen Ossifikationen nach Totalendoprothese des Hüftgelenks. Dtsch Arztebl 100 [Heft 45]: A 2944-2954
42. Kröger H, Venesmaa P, Jurvelin J, Miettinen H, Suomalainen O, Alhava E (1998) Bone density at the proximal femur after total hip arthroplasty. Clin Orthop 352: 66-74
43. Kutschera HP, Eyb R, Schartelmüller Z, Toma C, Zweymüller K (1993) Das zementfreie Zweymüller Hüft-System. Ergebnisse einer 5-Jahres-Nachuntersuchung. Z Orthop 131: 513-517

44. Leibfritz H, Heisel J (2000) Häufigkeit und Ursache postoperativer periartikulärer Ossifikationen nach primärem Hüftgelenkersatz. *Orthop Praxis* 36,11: 708-713
45. Lieberman JR, Dorey F, Shekelle P, Schumacher L, Kilgus DJ, Thomas BJ, Finerman GA (1997) Outcome after total hip arthroplasty : Comparison of a traditional disease-specific and a quality-of-life measurement of outcome. *J Arthroplasty* 12: 639-645
46. Lord G, Marotte JH, Blanchard JP, Guillamon JL, Gory M (1978) Biological fixation of total hip arthroplasty without cement. Initial evaluation of 200 madreporic prosthesis. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 64 Suppl 2: 5-13
47. Maugars Y, Berthelot JM, Delécrin J, Trécant M, Passuti N, Daculsi G, Prost A (1995) Dual-energy X-ray absorptiometry: value in orthopedics. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 81(4):326-32
48. Mazess RB, Barden HS (1988) Measurement of bone by dual-photon absorptiometry (DPA) and dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA). *Ann. Chir Gynaecol* 77: 197-203
49. Mazess RB, Peppler W, Madsen M, Wilson C (1983) Dual-photon absorptiometry. *Phys Med Biol* 28: 747-750.
50. McKee GK, Watson-Farrar J (1966) Replacement of arthritic hips by the McKee-Farrar prosthesis. *J Bone Joint Surg Br* 48: 245-259
51. Mittelmeier H (1974) Zementlose Verankerung von Endoprothesen nach dem Tragrippenprinzip. *Z Orthop* 112: 27-33
52. Mittelmeier H (1979) Keramik-Tragrippenprothese ohne Zement. *Langenbecks Arch Chir* 349: 315-319
53. Mittelmeier H (1989) Hüftgelenkersatz mit Endoprothesen. *Münch Med Wochenschr* 6: 81-85
54. Morrey BF (1989) Short-stemmed uncemented femoral component for primary hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 249: 169-175
55. Morrey BF, Adams RA, Kessler M (2000) A conservative femoral replacement for total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 82: 952-958

56. Morscher E, Mathys R (1975) Erste Erfahrungen mit einer zementlosen isoe-lastischen Totalprothese der Hüfte. Z Orthop 113: 745
57. Müller ME (1970) Total hip prosthesis: Clin Orthop 72 b: 46
58. Nishii T, Sugano N, Masuhara K, Shibuya T, Ochi T, Tamura S (1997) Longi-tudinal evaluation of time related bone remodeling after cementless total hip arthroplasty. Clin Orthop 339: 121-131
59. Nyland A (1998) Spritztechnische Herstellung und Charakterisierung bioakti-ver Schichten für die Endoprothetik. Mainz, G
60. Okano T, Hagino H, Otsuka T, Teshima R, Yamamoto K, Hirano Y, Nakamura K (2002) Measurement of periprosthetic bone mineral density by dual-energy x-ray absorptiometry is useful for estimating fixation between the bone and the prosthesis in an early stage. The Journal of Arthroplasty 17,1: 49-5
61. Perka C, Fischer U, Taylor WR, Matziolis G (2004) Developmental hip dyspla-sia treated with total hip arthroplasty with a straight stem and a threaded cup. J Bone Joint Surg Am 86: 312-319
62. Pieringer H, Auersperg V, Griebler W, Böhler N (2003) Long-term results with the cementless Alloclassic brand hip arthroplasty system. J Arth 18: 321-328
63. Pieringer H, Auersperg V, Labek G, Böhler N (2004) Radiologisches Erschei-nungsbild des zementfreien Alloclassic SL Schaftes bei sehr alten Patienten mit primärer Coxarthrose. Z Orthop 142: 322-327
64. Pritchett JW (1995) Femoral bone loss following hip replacement. Clin Orthop 314: 156-161
65. Puhl W, Mauch C (1999) Endoprothesenschaftdesign und Kräfteinleitung am Femur in der Hüftendoprothetik-Aussagemöglichkeiten des konventionellen Röntgenbildes, Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, 1-7.
66. Rehn E (1934) Zur Wiederherstellungschirurgie der Gelenke. Arch Clin Chir 180: 395-411
67. Reigstad O, Franke-Stenport V, Johansson CB, Wennerberg A, Røkkum M, Reigstad A (2007) Improved bone ingrowth and fixation with a thin calcium phosphate coating intended for complete resorption. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 83 B: 9-15

68. Reiter A, Sabo D, Simank HG, Büchner T, Seidel M, Lukoschek M (1997) Periprothetische Mineralisationsdichte zementfreier Hüftendoprothetik. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 135,6: 499-504
69. Richmond BJ, Eberle RW, Stulberg BN, Deal CL (1991) DEXA- measurement of periprosthetic bone mineral density in total hip arthroplasty. *J Bone Miner Res* 6: 241-9
70. Roth A, Richartz G, Sander K, Sachse A, Fuhrmann R, Wagner A, Venbrocks R-A (2005) Verlauf der periprothetischen Knochendichte nach Hüfttotalendoprothesenimplantation- Abhängigkeit von Prothesetyp und knöchernen Ausgangssituation. *Orthopäde* 34: 334-344
71. Sabatier JP, Guaydier-Souquieres G (1989) Noninvasive methods of bone-mass measurement. *Clin Rheumatol* 8 Suppl 2: 41-45
72. Schara K, Herman S (2001) Heterotopic bone formation in total hip arthroplasty: predisposing factors, classification and the significance for clinical outcome. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 68 (2): 105-8
73. Schmidt SA, Kjaersgaard-Andersen P, Pedersen NW, Kristensen SS, Pedersen P, Nielsen JB (1988) The use of indomethacin to prevent the formation of heterotopic bone after total hip replacement. A randomized, double-blind clinical trial. *J Bone Joint Surg Am* 70,6: 834-8
74. Smart RC, Barbagello S, Slater GL, Kuo RS, Butler SP, Drummond RP, Sekel R (1996) Measurement of periprosthetic bone density in hip arthroplasty using dual-energy x-ray absorptiometry. *The Journal of Arthroplasty* 11,4: 445-452
75. Smith-Petersen MN (1948) Evolution of mould arthroplasty of the hip joint. *J Bone Joint Surg Br* 30: 59-73
76. Steinhauser E, Mittelmeier W, Ellenrieder M, Busch R, Gradinger R (2001) The difference in leading pattern of femoral neck endoprotheses and cementless hip stem- a photostress analysis. In: Müller R, Gerber H, Stacoff A (eds) *Proceedings of the 18th Congress of the International Society of Biomechanics, 08-13 July 2001, Zürich*
77. Sumner D, Turner T, Urban R (1992) Experimental studies of bone remodeling in total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 276: 83-90

78. Sutherland CJ, Wilde AH, Borden LS, Marks KE (1982) A ten-year follow-up of one hundred consecutive Muller curved-stem total hip-replacement arthroplasties. *J Bone Joint Surg Am* 64(7): 970-982
79. Szmukler-Moncler S, Perrin D, Ahoosi V, Pointaire Ph (2000) Evaluation of BONIT[®], a fully resorbable CaP coating by electrochemical deposition, after 6 weeks of healing: a pilot study in the pig maxilla. Proceedings of the 13th Int.Symo.on Ceramics in Medicine, Bologna, Italy, 22.-26. Nov, 395-398
80. Thomas KA (1994) Hydroxyapatite coatings. *Orthopedics* 17 (3): 267-78
81. Thomas W, Lucente L, Mantegna N, Grudei H (2004) Die ESKA-(CUT) Endoprothese. *Orthopäde* 33: 1243-1248
82. Thompson FR (1966) An essay on the development of arthroplasty of the hip. *Clin Orthop Relat Res* 44: 73-82
83. Traulsen FC, Hassenpflug J, Hahne HJ (2001) Langzeitergebnisse zementfreier Hüftvollprothesen (Zweymüller). *Z Orthop* 139: 206-211
84. Vervest TM, Anderson PG, Van Hout F, Wapstra FH, Louwse RT, Koetsier JW (2005) Ten to twelve-year results with the Zweymüller cementless total hip prosthesis. *J Arthroplasty* 20(3): 362-368
85. Wahner H (1987) Technical Aspects and clinical interpretation of bone mineral measurements. *Public Health Reports Supplement*, September/October: 27-30
86. Ware JE Jr, Sherbourne CD (1992) The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care* 30(6): 473-83.
87. Weissinger M, Helmreich C (2001) Langfristige Resultate mit dem zementfreien Alloclassic-Schaft nach Zweymüller. *Z Orthop* 139: 200-205
88. Wixson RL, Stulberg SD, Van Flandern GJ, Puri L (1997) Maintenance of proximal bone mass with uncemented femoral stem analysis with dual-energy x-ray absorptiometry. *J Arthroplasty* 12: 365-372
89. Wohlrab D, Hagel A, Hein W (2008/09) Hüftendoprothetik – Ein neues Stufenkonzept zur operativen Therapie der Coxarthrose. *Orthopädie-Report, Sonderheft 2009*: 103-111

90. Wolff J (1892) Das Gesetz der Transformation der Knochen. Hirschwald, Berlin
91. Zweymüller K, Lintner F, Semlitsch M (1988) Biological fixation of a press-fit titanium hip joint endoprosthesis. Clin Orthop Relat Res 235: 195-206

7 Anhang

7.1 Danksagung

Dem Direktor der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Universität Münster, Herrn Univ.-Prof. Dr. med. G. Gosheger, danke ich für die freundliche Überlassung des Themas.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. med. C. Götze für die Ermöglichung dieser Arbeit und die hervorragende Betreuung bei der Umsetzung der Aufgabenstellung. Herrn Dr. med. J. Hardes möchte ich für die Durchführung des Koreferates danken.

Dem Team der Orthopädischen Abteilung des Franziskus-Hospitals Harderberg unter der Leitung von CA Dr. med. H. Ehrenbrink danke ich für die Unterstützung bei der Zusammentragung der klinischen und radiologischen Untersuchungsergebnisse.

Die osteodensitometrischen Untersuchungen wurden in der Dörenbergklinik Bad Iburg unter der Leitung von Dr. med. H. Stabel durchgeführt. Für die Bereitstellung dieser Ergebnisse möchte ich mich herzlich bedanken.

Herrn Dr. Thomas Zabel gilt besonderer Dank für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

Von Herzen danke ich meinen Eltern, die mich immer unterstützt haben und ohne deren Zuspruch sowohl das Zahnmedizinstudium als auch die Fertigstellung dieser Dissertation nicht möglich gewesen wären. Ganz besonders danke ich meinem Vater für seinen unermüdlichen Einsatz. Daniel, Dir danke ich für Alles.

7.2 Klinischer Hüftscore nach Harris

I. Schmerz (max. 44 Punkte)

A. Kein	44 Punkte
B. Leicht, gelegentlich	40 Punkte
C. Gering, ohne Einfluss auf übliche Belastung, gelegentlich Analgetikum	30 Punkte
D. Erträglich, Begrenzung der normalen Aktivitäten oder beruflicher Tätigkeit	20 Punkte
E. Stark, schwere Einschränkung normaler Aktivität	10 Punkte
F. Ruheschmerz, bettlägerig, starke Behinderung	0 Punkte

II. Funktion (max. 47 Punkte)

A.	Gangbild (max. 33 Punkte)	
1.	<u>Hinken</u>	
	a. kein Hinken	11 Punkte
	b. leichtes Hinken	8 Punkte
	c. mäßiges Hinken	5 Punkte
	d. starkes Hinken mit Gehhilfe	0 Punkte
2.	<u>Gehhilfen</u>	
	a. keine Gehhilfen	11 Punkte
	b. ein Gehstock nur für lange Strecken	7 Punkte
	c. ein Gehstock auch für kurze Strecken	5 Punkte
	d. eine Unterarmgehstütze	4 Punkte
	e. zwei Gehstöcke	3 Punkte
	f. zwei Unterarmgehstützen	2 Punkte
	g. Gehwagen	1 Punkt

- | | |
|---|-----------|
| i. nicht gehfähig | 0 Punkte |
| 3. <u>Gehleistung</u> | |
| a. unbegrenzt | 11 Punkte |
| b. ca. 1000 m | 8 Punkte |
| c. ca. 500 m | 5 Punkte |
| d. nur im Haus/in der Wohnung | 2 Punkte |
| e. nicht gehfähig | 0 Punkte |
| B. Aktivitäten (max. 14 Punkte) | |
| 1. <u>Treppensteigen</u> | |
| a. problemlos möglich | 4 Punkte |
| b. Festhalten am Treppengeländer | 2 Punkte |
| c. mit Nachziehen des Beines | 1 Punkt |
| d. nicht möglich | 0 Punkte |
| 2. <u>Öffentliche Verkehrsmittel</u> | |
| a. Benutzung möglich | 1 Punkt |
| b. Benutzung nicht möglich | 0 Punkte |
| 3. <u>Sitzfähigkeit</u> | |
| a. jeder Stuhl für eine Stunde | 5 Punkte |
| b. hoher Stuhl für ½ Stunde | 3 Punkte |
| c. nicht beschwerdefrei sitzfähig | 0 Punkte |
| 4. <u>Schuh- und Strumpfanziehen</u> | |
| a. ohne Schwierigkeiten beides möglich | 4 Punkte |
| b. mit Schwierigkeiten, aber noch möglich | 2 Punkte |
| c. beides nicht möglich | 0 Punkte |

III. Deformität (max. 4 Punkte)

A. Beugekontraktur		
< 30 Grad		1 Punkt
> 30 Grad		0 Punkte
B. Adduktionskontraktur		
< 10 Grad		1 Punkt
> 10 Grad		0 Punkte
C. Innenrotationskontraktur in Extension		
< 10 Grad		1 Punkt
> 10 Grad		0 Punkte
D. Beinlängendifferenz		
< 3 cm		1 Punkt
> 3 cm		0 Punkte

IV. Bewegungsumfang (max. 5 Punkte)

A. Flexion		
0 – 45 Grad × 1,0		max. 45 Punkte
45 – 90 Grad × 0,6		max. 27 Punkte
90 – 110 Grad × 0,3		max. 6 Punkte
110 – 130 Grad × 0,0		max. 0 Punkte
B. Abduktion		
0 – 15 Grad × 0,8		max. 12 Punkte
15 – 20 Grad × 0,3		max. 1,5 Punkte
20 – 45 Grad × 0,0		max. 0 Punkte

C. Adduktion

0 – 15 Grad × 0,2

max. 3 Punkte

> 15 Grad × 0,0

max. 0 Punkte

D. Außenrotation

0 – 15 Grad × 0,4

max. 6 Punkte

> 15 Grad × 0,0

max. 0 Punkte

E. Innenrotation

Keine Vorgabe × 0,0

max. 0 Punkte

F. Extension

Keine Vorgabe × 0,0

max. 0 Punkte

Errechnete Punktzahl aus Flexion, Abduktion und Außenrotation werden addiert (max. 100,5 Punkte) und dann mit 0,05 multipliziert = Maß der Beweglichkeit (max. 5,025 Punkte).

TRENDELENBURG –Test

Positiv

0 Punkte*

Negativ

0 Punkte*

*Das Ergebnis wird notiert, fließt jedoch nicht in die Beurteilung mit ein.

7.3 Fragebogen zum Aktivitätsgrad nach Sutherland

I. Allgemein (max. 4 Punkte)

- | | |
|---------------------------------|----------|
| A. Bettlägerig | 1 Punkt |
| B. Übergang vom Bett zum Stuhl | 2 Punkte |
| C. Gehen in der Wohnung/im Haus | 3 Punkte |
| D. Verlassen der Wohnung | 4 Punkte |

II. Beruf/Haushalt (max. 3 Punkte)

- | | |
|---|----------|
| A. Sitzende Teilzeittätigkeit oder leichte Aufgaben im Haushalt | 1 Punkt |
| B. Sitzende Vollzeittätigkeit oder einige Aufgaben im Haushalt | 2 Punkte |
| C. Vollzeittätigkeit (nicht im Sitzen) oder alle Hausarbeiten | 3 Punkte |

III. Freizeitgestaltung (max. 3 Punkte)

- | | |
|---|----------|
| A. Leicht (Spazieren, leichte Gartenarbeit) | 1 Punkt |
| B. Mittelschwer (Golf, Kegeln) | 2 Punkte |
| C. Schwer (Tennis, Joggen) | 3 Punkte |

8 Lebenslauf