

Aus dem König-Ludwig-Haus,
Klinik und Poliklinik für Orthopädie
Der Universität Würzburg
Direktor: Prof. Dr. med. Rudert

**Analyse des postoperativen Offsets
nach Hüftprothesenwechsel**

Inauguraldissertation

**zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät**

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Karlijn de Graaf
aus Würzburg

Würzburg, August 2022



Referentenblatt

Referent: apl. Prof. Dr. med. M. Hoberg

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. med. R. Jakubietz

Dekan: Prof. Dr. med. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 13.09.2023

Die Promovendin ist Ärztin.

Meiner Familie

In ewiger Dankbarkeit

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Femorales Offset	2
1.2	Biomechanik des Hüftgelenks und Bedeutung des Femoralen Offsets.....	2
1.3	Schwierigkeiten der Rekonstruktion bei einer Hüftoperation	4
1.4	Problematik der Vermessung des Femoralen Offsets	5
1.5	Fragestellung der Arbeit.....	7
2	Material und Methoden	9
2.1	Patientenkollektiv	9
2.1.1	Auswahlkriterien und Gruppeneinteilung.....	9
2.1.2	Indikation zur Revision	11
2.1.3	Operation und Implantate	11
2.2	Klinisches Outcome	12
2.2.1	Datenerhebung.....	12
2.2.2	Klinische Scores	12
2.3	Radiologische Bildgebung und Vermessung	15
2.3.1	Bildgebung.....	15
2.3.2	Programme.....	16
2.3.3	Skalierung.....	16
2.3.4	Bildauswahl	16
2.3.5	Erhebung der statischen Parameter.....	17
2.3.6	Beispiele aus der Studie.....	20
2.4	Datenanalyse	25
2.4.1	Programme.....	25
3	Ergebnisse	26
3.1	Deskriptive Ergebnisse	26
3.1.1	Patientenkollektiv.....	26
3.2	Klinische Scores – Ergebnisse	29
3.2.1	Ergebnis Harris Hip Score	29
3.2.2	Ergebnis Merle d’Aubigné und Postel Score	32
3.2.3	Ergebnis der Visuellen Analogskala.....	32
3.2.4	Korrelation der klinischen Scores	33
3.3	Untersuchung des Femoralen Offsets	34
3.3.1	Veränderung des Femoralen Offsets von prä- zu postoperativ	34

3.3.2	Veränderung des Femoralen Offsets im Vergleich zur Gegenseite	37
3.4	Korrelation zum klinischen Outcome	41
3.4.1	Korrelation zwischen klinischem Outcome und der Veränderung des Femoralen Offsets von prä- zu postoperativ	42
3.4.2	Korrelation zwischen klinischem Outcome und postoperativem Femoralen Offset im Vergleich zur Gegenseite	47
3.5	Untersuchung des Globalen Offset.....	51
3.6	Einfluss von Alter und BMI auf das klinische Outcome.....	52
3.7	Messgenauigkeit	53
4	Diskussion.....	54
4.1	Interpretation der Ergebnisse.....	55
4.1.1	Rekonstruktion des Femoralen Offset	55
4.1.2	Korrelation zwischen klinischem Outcome und rekonstruiertem Femoralen Offset.....	56
4.1.3	Das klinische Outcome in Korrelation zu Alter und BMI	58
4.1.4	Untersuchung der Messgenauigkeit.....	59
4.2	Stärken und Schwächen der Studie.....	60
4.2.1	Ausblick	61
5	Zusammenfassung.....	63
6	Literaturverzeichnis	64
I.	Abkürzungsverzeichnis	
II.	Abbildungsverzeichnis.....	
III.	Tabellenverzeichnis.....	
IV.	Curriculum vitae	

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit das generische Maskulinum verwendet.

1 Einleitung

In der Geschichte der Medizin werden nun bereits seit 82 Jahren Hüftprothesen bei Menschen jeglichen Alters zum Erhalt der Bewegungsfunktion oder Schmerzlinderung eingebaut. Im Jahr 1938 implantierte Philip Wiles erfolgreich die ersten Hüft-Totalendoprothesen (Hüft-TEP) aus rostfreiem Stahl bei sechs Patienten, welche überwiegend an einem M. Still erkrankt und bettlägerig waren (1). Seither wurden Prothesen-Material, Bildgebung und radiologische Vermessung zur Prothesen-Planung sowie OP-Techniken stetig weiterentwickelt und optimiert. Das Einsatzgebiet konnte deutlich ausgeweitet werden und die Standdauer der Prothesen verbesserte sich zunehmend. In aktuellen Metaanalysen lässt sich für neuere Prothesenmodelle bereits eine Überlebensrate hinsichtlich der Standdauer von 86-98% nach 20 Jahren feststellen (2-5). Aufgrund des andauernden medizinischen Fortschritts, des zunehmenden Gesundheitsbewusstseins und einer privilegierten Lebenssituation, kommt es zu einem immer höheren Lebensalter der Patienten (6). Neben der besseren Lebenserwartung, führt zusätzlich eine häufigere Indikationsstellung bei immer jüngeren Patienten zur konstanten Zunahme an primären Hüftoperationen (7). Daraus resultiert ein höherer Anspruch an die Langlebigkeit einer Prothese, welcher aber unausweichlich Grenzen gesetzt sind. Revisionen mit operativem Ersatz einer oder mehrerer Komponenten der primär implantierten Hüftprothesen sind die Folge.

Die Gründe für Hüftprothesenwechsel sind vielseitig. Häufig führen Protheseninfektionen oder Instabilität zur Indikationsstellung bei Frührevisionen. Nach längerer Prothesenstandzeit machen vor allem aseptische Lockerungen, rezidivierende Luxationen bei Instabilität, periprothetische Frakturen oder Infektionen eine Revision in zunehmenden Fällen unumgänglich. Einen negativen Einflussfaktor stellt das stetig zunehmende Übergewicht beider Geschlechter in der Bevölkerung dar. Hierdurch sorgt sowohl das jüngere Alter bei Primärimplantation als auch das entsprechend höhere Aktivitätslevel dieser Altersgruppe verglichen mit der älteren Generation für einen erhöhten Anspruch an Standhaftigkeit und Funktionalität der Prothese. Zusätzlich besteht durch Adipositas ein erhöhtes Risiko für kurzfristige und mittelfristige Komplikationen (8-10). Diesen Tatsachen ist geschuldet, dass trotz aller Bemühungen in medizinischer Forschung und Fortschritt bisher kein Rückgang an Revisionen gesehen werden kann (11, 12), sondern vielmehr eine steigende Rate an Hüftprothesenwechsel (13, 14). Im Jahresbericht des „Swedish Hip Arthroplasty Register“ von 2013 wurde bei der Erfassung der Anzahl an Revisionen von 1979 bis 2013 eine deutliche Zunahme beobachtet (11).

Nicht nur in Schweden zeichnet sich dieser Trend ab: A. Patel et al. sagen für England und Wales zwischen 2012 und 2030 respektive eine Zunahme von 134% für primäre Hüft-TEP Implantationen und von 31% für Revisionen voraus (15). S. Kurtz et al. sehen für Amerika zwischen 2005 und 2030 einen absoluten Anstieg von 137% für Hüft-TEP Revisionen, und in Neuseeland vermuten G. Hooper et al. eine Zunahme dergleichen um 84% von 2001 bis 2026 (14, 16). Der Revisionsendoprothetik wird somit eine immer größere Bedeutung zugesprochen.

Neben dem höheren operativen Anspruch für den Chirurgen, muss in der Revisionsendoprothetik auch das Prothesenmaterial andere Voraussetzungen erfüllen. Beispielsweise sind oft größere Knochendefekte zu überbrücken. Bei einer bereits voroperierten Hüfte ist demnach die Rekonstruktion der anatomischen Verhältnisse deutlich erschwert. Hierbei rücken verschiedene statische Parameter in den Vordergrund, welche für die Biomechanik des Hüftgelenks essenziell sind. Dazu zählt unter anderem das Femorale Offset (FO), welches in dieser Arbeit näher beleuchtet werden soll.

1.1 Femorales Offset

Als Femorales Offset (FO) bezeichnet man den Abstand zwischen dem Hüftgelenkskopfmittelpunkt und dem Schnittpunkt der nach proximal verlängerten Femur-Achse mit dem auf ebendiese Achse gefällten Lot, durch den Hüftgelenkskopfmittelpunkt (siehe auch 2.3.5, S.17). Neben dem Begriff des Femoralen Offsets findet man auch die Bezeichnung des Lateralen Offsets, welcher die gleiche statische Größe meint. In dieser Arbeit wird einheitlich die Abkürzung FO verwendet (17-20).

Welche Bedeutung diesem statischen Parameter in der Endoprothetik zukommt und inwiefern eine Veränderung dieses Parameters positive und negative Auswirkungen auf das klinische Outcome der Patienten haben kann, wird im folgenden Kapitel näher erläutert. Eine besondere Schwierigkeit liegt dabei vor allem in der Erhebung des Femoralen Offsets.

1.2 Biomechanik des Hüftgelenks und Bedeutung des Femoralen Offsets

Das menschliche Hüftgelenk ist eine besondere Form des Kugelgelenks. Da der kugelförmige Gelenkkopf, welcher durch den Femurkopf gebildet wird, von der Gelenkpfanne weitestgehend umschlossen ist, spricht man auch vom sog. Nussgelenk. Die Ge-

lenkpfanne (Acetabulum) wird von Darm-, Sitz- und Schambein gebildet. Der Femurkopf ist über den Schenkelhals mit dem Femurschaft verbunden. Den stumpfen Winkel, welcher durch die Längsachse von Schenkelhals und -schaft gebildet wird, nennt man Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel (CCD-Winkel), welcher zwischen 115° - 140° variieren kann. Beim Erwachsenen beträgt er normalerweise 126° . Ab einem Winkel $<120^{\circ}$ spricht man von einer Coxa vara, bei einem Winkel $>135^{\circ}$ von einer Coxa valga. Das Hüftgelenk ist umgeben von einem Band- und Muskelapparat, welcher Stabilität und Funktionalität gewährleistet. Die Bewegungsdimensionen umfassen Flexion und Extension, Abduktion und Adduktion, sowie Innen- und Außenrotation. Als Muskelsätze dienen unter anderem Trochanter major und minor (21).

Generell muss bei der Betrachtung der Biomechanik des Hüftgelenks neben der Kinetik, der Bewegungsgeometrie, auch die Dynamik des Kugelgelenks berücksichtigt werden. Die Dynamik umfasst sowohl die Statik als auch die Kinetik, wobei jeder Parameter entscheidenden Einfluss auf die anderen physikalischen Eigenschaften des Hüftgelenks nimmt (22).

Der CCD-Winkel beeinflusst beispielsweise die Länge des FO, wobei diese mit kleinerem CCD-Winkel zunimmt (22). Gleichzeitig kann auch eine Verlängerung des Schenkelhalses eine Größenzunahme des FO bewirken. Mit der Veränderung des FO kann durch Lateralisierung, d.h. Vergrößerung des Offsets, eine Verlängerung des Hebelarms der Abduktoren-Muskulatur und damit eine Erhöhung der Muskelspannung erreicht werden (18, 23, 24). Außerdem konnte von Clement et al. und Judge et al. gezeigt werden, dass eine Vergrößerung des FO ebenfalls zu einer vermehrten Beweglichkeit führt (25, 26).

Wyatt M. C. et al fanden jedoch in einer Metaanalyse basierend auf dem New Zealand Joint Register (NZJR) heraus, dass zementierte Hüft-TEPs sowohl bei kleinem FO (<42 mm) als auch bei stark vergrößertem FO (>48 mm) mit höherer Wahrscheinlichkeit revidiert werden mussten, als Hüft-TEPs mit Standard FO (42-48 mm) (27). Gleichzeitig wurde beobachtet, dass eine Vergrößerung des FO auch zu vermehrten postoperativen Schmerzen führte, welche sich bei einer Patientengruppe mit verkleinertem FO deutlich geringer zeigten (28). Außerdem ist bei zunehmender Lateralisierung auf lange Sicht eine zunehmende Abnutzung des Gelenks die Folge (29).

Es handelt sich also um ein Gelenk mit komplexer Statik, welches es in der Endoprothetik zu rekonstruieren gilt. Hierbei müssen Schaftlänge, -winkel und Prothesenhals

entsprechend ausgewählt werden. Kleinste Abweichungen von physiologischen Parametern, verändern die Kinetik, Kinematik und Statik des Gelenks und haben folgenschwere Auswirkungen auf die Beweglichkeit, Funktion und Stabilität des Gelenks.

1.3 Schwierigkeiten der Rekonstruktion bei einer Hüftoperation

Für die Rekonstruktion der anatomischen Verhältnisse bei einer Hüftoperation müssen verschiedene Parameter und Aspekte berücksichtigt werden. Mit der Veränderung des FO können zwar viele Parameter beeinflusst werden, wie z. B. die Erhöhung der Muskelspannung der Abduktoren. Gleichzeitig kann jedoch eine Fehlplatzierung des Implantats eine nicht unerhebliche Beinlängendifferenz zur Folge haben, was eine schlechtere Funktionalität nach sich ziehen kann (30, 31). Eine Vergrößerung des FO führt dabei zu einer Beinlängenzunahme und umgekehrt. Hierbei kann es durch eine ausgeprägte Lateralisierung zu einer Verlängerung des Hebelarms und in Summe zu einer übermäßigen Erhöhung der Muskelspannung kommen (32).

Die Entscheidung, welche Parameter in welchem Ausmaß verändert oder beibehalten werden sollten, hängt vor allem von den anatomischen Gegebenheiten ab. Dabei kann eine relevante Beinlängendifferenz vorbestehend sein, welche es auszugleichen gilt, oder eine relevante Hüftfehlstellung, welche korrigiert werden sollte, um einer Hüftgelenks- oder Kniearthrose vorzubeugen. Je nach Zielsetzung ist ein entsprechendes Prothesenmaterial auszuwählen.

Hier wird deutlich, wie komplex und variabel sich die Rekonstruktion tatsächlich interindividuell gestaltet. In Abbildung 1 auf S. 5 wird dies am Beispiel einer Hüft-TEP bei Coxa vara aufgezeigt.

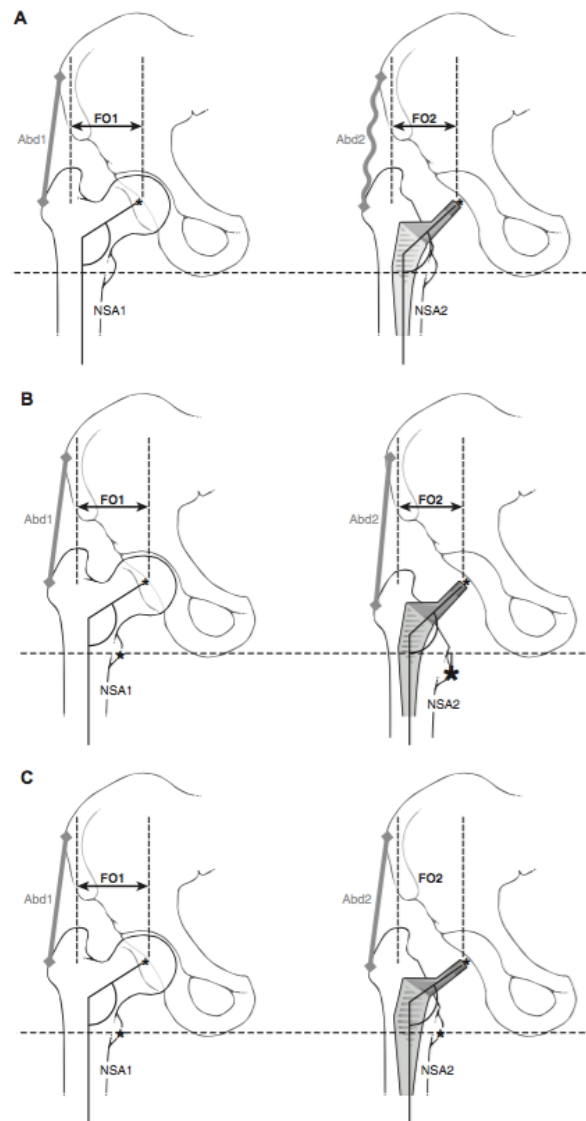


Abbildung 1: Veränderung der Muskelkraft in Abhängigkeit vom Femoralen Offset am Beispiel einer H-TEP bei Coxa vara
Erläuterung: (A): Verwendung eines Schafts mit Standard-Hals ($NSA2 < NSA1$) verkleinert das FO ($FO2 < FO1$) und verkleinert die Spannung der Abduktoren-Muskulatur ($Abd. 2 < Abd. 1$). (B): Verwendung eines Schafts mit Standard-Hals ($FO1 > FO2$), jedoch Erhalt der physikalischen Muskelspannung ($Abd. 1 = Abd. 2$) aufgrund einer Verlängerung der Hüfte. (C): Zum Erhalt der physikalischen Muskelspannung ($Abd. 1 = Abd. 2$) und gleichzeitigem Erhalt der Hüftlänge muss ein lateralisierter Schaft verwendet werden ($NSA1 = NSA2$ oder $FO1 = FO2$) (32).
 NSA: neck-shaft-angle, FO: Femorales Offset

1.4 Problematik der Vermessung des Femoralen Offsets

Um eine genaue Vermessung des FO zu gewährleisten, muss diese bei der Röntgenaufnahme exakt parallel zur Röntgenebene stehen. Außerdem sollte eine Messkugel in gleicher Entfernung zur Platte stehen, um eine wahrheitsgetreue Skalierung der Aufnahme zu ermöglichen. Diese Bedingungen unterliegen verschiedenen Einflüssen, wie

der Bewegungseinschränkung und Mitarbeit des Patienten, der daraus resultierenden ungenauen Haltung und nicht zuletzt der Sorgfältigkeit des Personals beim Anfertigen der Aufnahme. In der Genauigkeit der Darstellung sowie der Präzision der Vermessung ist daher die Röntgenaufnahme der Computertomographie unterlegen. Dies wird noch deutlicher, wenn man die Veranschaulichung der möglichen Messfehler in Abbildung 2 betrachtet. Es ist ersichtlich, dass sich bei zunehmender Anteversion des Hüftgelenks die tatsächliche Länge deutlich verkürzt auf die zweidimensionale Ebene des Röntgenbilds projiziert.

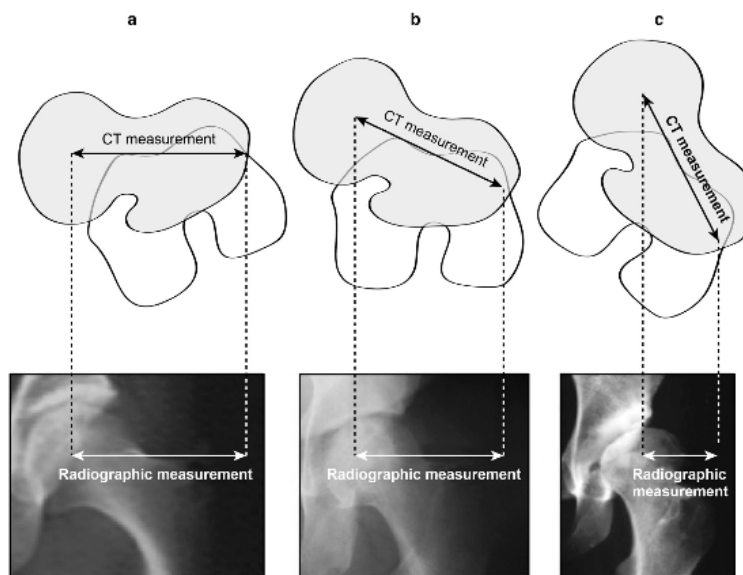


Abbildung 2:

Einfluss der femoralen Rotation auf die radiologische Darstellung

Erläuterung: Wenn die Hüfte in gleichem Maße innenrotiert wird wie der Femur antevertiert ist (a), bilden Röntgenaufnahme und CT den gleichen Wert ab. Wird die Röntgenaufnahme ohne adäquate Innenrotation angefertigt (b) kommt es zu einer Unterschätzung des reellen Werts. Bei zusätzlicher Außenrotation (c) würde sich der Wert zunehmend verfälscht zu klein darstellen (32).

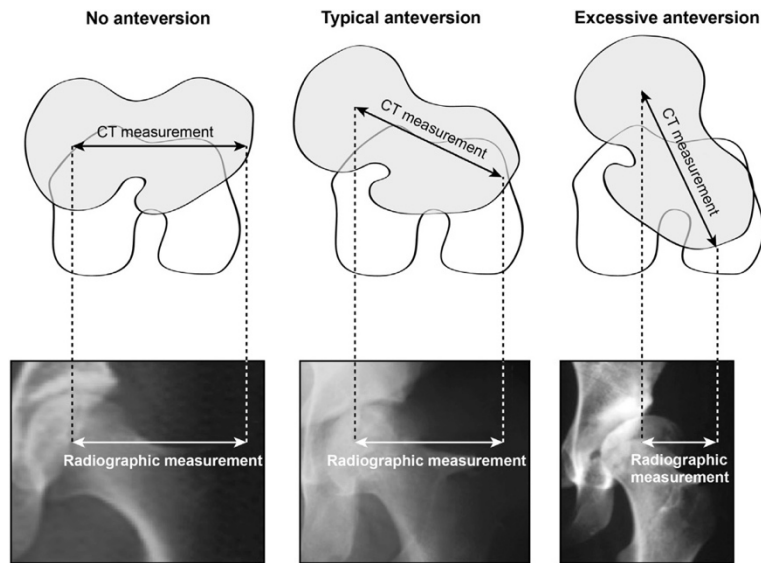


Abbildung 3: *Einfluss einer natürlichen femoralen Anteversion auf die radiologische Darstellung*
Erläuterung: Bei fehlender Anteversion bilden CT und Röntgenaufnahme denselben Wert (**links**). Bei zunehmender Anteversion (**mittig und rechts**) kommt es in der Röntgenaufnahme zu einer progredienten Unterschätzung des realen Werts (32).

Es ist davon auszugehen, dass bei der zweidimensionalen Röntgendiagnostik das FO aufgrund der acetabulären und femoralen Anteversion im Vergleich zur dreidimensionalen CT-morphologischen Bildgebung systematisch zu klein gemessen wird. Sariali et al. untersuchten 223 Patienten mittels CT-Diagnostik und stellten dabei für die klassische Röntgenaufnahme einen Messfehler von 3,5 mm +/- 2,5 mm fest (20). Trotz der genaueren Messmöglichkeiten in der CT-Untersuchung (32), wurde diese Methode in vorliegender Studie nicht durchgeführt. Zum einen war dies aus wirtschaftlichen Gründen nicht umsetzbar, zum anderen wäre die daraus resultierende deutlich höhere Strahlenbelastung für den einzelnen Patienten nicht gerechtfertigt gewesen. Daher wurden bei allen Patienten ausschließlich Röntgenaufnahmen angefertigt.

1.5 Fragestellung der Arbeit

Aus vorangegangenen Erklärungen entsteht die Annahme, dass eine intraoperative Veränderung des FO das postoperative klinische Outcome der Patienten beeinflusst. Neben neuen Prothesenmodellen tragen auch die intraoperativen Maßnahmen zu einer verbesserten Rekonstruktion des FO bei.

Es finden sich zu diesem Zeitpunkt in der Literatur nur wenige Arbeiten, welche sich mit dem FO in der Endoprothetik bei Primärimplantation einer Hüft-TEP beschäftigen haben (17, 18, 25, 32-34). Jedoch wurden bisher keine Studien publiziert, die sich mit

der Veränderung des FO und dessen Auswirkung auf das klinische Outcome nach Hüftprothesenwechsel auseinandersetzen. Das König-Ludwig-Haus in Würzburg konnte hierfür wegen seiner großen Operationszahlen in der Revisionsendoprothetik erstmals ein großes Patientenkollektiv generieren, um retrospektiv aussagekräftige Analysen bzgl. Des FO vorzunehmen.

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob eine Rekonstruktion des FO auch unter den erschwerten Bedingungen der Revisionsendoprothetik verwirklicht werden kann. Inwieweit das Patientenkollektiv von einem größeren, kleineren oder unveränderten postoperativen FO profitiert – beispielsweise durch eine bessere Beweglichkeit des Hüftgelenks – galt es ebenfalls zu klären.

Zusätzlich wird analysiert, wie sich das postoperative FO der operierten Seite im Vergleich zur Gegenseite verhält. Auch hier wird der Zusammenhang zum klinischen Outcome untersucht.

Um die Aussagekraft der gemessenen Werte zu beurteilen, wird die Messmethode hinsichtlich ihrer Genauigkeit überprüft, um zu beurteilen, ob der Messfehler kleiner ist als die interindividuellen Unterschiede von prä- zu postoperativ.

Außerdem wird in einer ANOVA erarbeitet, inwieweit andere Faktoren, wie beispielsweise das Alter oder der Body Mass Index (BMI) einen signifikanten Einfluss auf das klinische Outcome der Patienten haben.

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

In die Studie wurden 88 Patienten (42 weibliche Personen, 46 männliche Personen) mit einem durchschnittlichen Alter von 72,29 Jahren eingeschlossen. Die Patienten unterzogen sich zwischen dem 01.12.2003 und 01.01.2012 im König-Ludwig-Haus in Würzburg einer Operation, in welcher eine Revision einer bestehenden Hüftendoprothese vorgenommen wurde. Sie hatten für die Erhebung und Auswertung ihrer klinischen Daten eine Einverständniserklärung im Rahmen einer vorausgehenden Studie abgegeben. Es bestehen grundsätzlich keine ethischen oder rechtlichen Bedenken, bereits vorhandene klinikinterne Patienten- und Untersuchungsdaten auszuwerten. Nach geltendem Recht ist daher laut Ethik-Kommission kein spezieller Antrag zur Genehmigung der Studie notwendig (Aktenzeichen: 2021012701).

2.1.1 Auswahlkriterien und Gruppeneinteilung

Es wurden alle 88 Patienten der Studiengruppe betrachtet. Elf Patienten mussten bereits initial ausgeschlossen werden. Bei diesen fehlte entweder Bildmaterial oder sie wiesen aufgrund ihrer multiplen Revisionen, Oberschenkelbrüche, Prothesenbrüche und Luxationen einen derart ausgeprägten Lokalbefund auf, dass eine aussagekräftige digitale Darstellung und Vermessung nicht mehr möglich war. In allen anderen Fällen war eine vollständige Vermessung der prä- und postoperativen Röntgen-Aufnahme möglich.

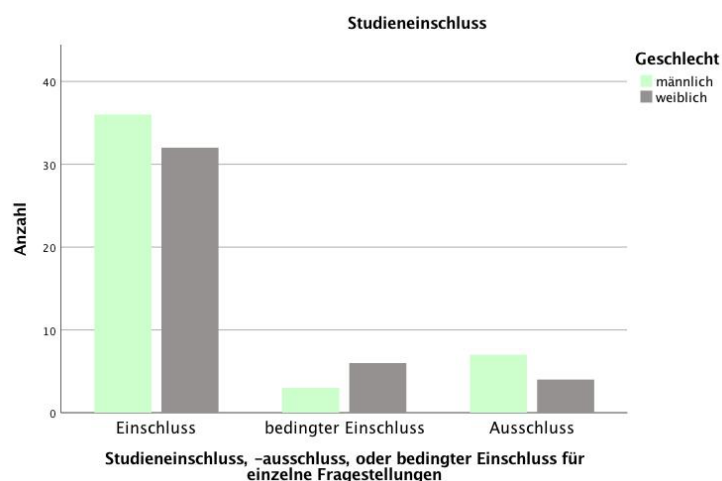


Abbildung 4:

Übersicht bzgl. Des Einschusses der Studienteilnehmer

Erläuterung: Als bedingter Einschluss wurden Fälle gewertet, welche aufgrund fehlender Beckenübersichtsaufnahme nur bei einzelnen Fragestellungen in die Analyse miteinbezogen werden konnten.

Die unterschiedlichen Fragestellungen dieser Arbeit ergaben je spezifische Anforderungen an die Vollständigkeit des Datensatzes, weswegen hierfür die Fälle entsprechend der einzelnen Fragestellungen ausgewählt wurden, um eine möglichst große Anzahl an Patienten in das entsprechende Kollektiv einschließen zu können (siehe Tabelle 1, S.10). Zur Übersicht wurden die divergenten Datensätze innerhalb des Patientenkollektivs in Kasus 1-3 aufgeteilt. Diese sind im Folgenden erläutert.

Kasus 1: Veränderung des FO von prä- zu postoperativ

Die Veränderung konnte nur bei Patienten beurteilt werden, welche sowohl prä- als auch postoperativ verwertbares Bildmaterial der operierten Seite aufwiesen. In neun Fällen gab es prä- und/oder postoperativ keine Beckenübersichtsaufnahme (BÜS), jedoch eine suffiziente Röntgenaufnahme der operierten Seite. Diese wurden ebenfalls mitberücksichtigt. Es konnten 72 Fälle eingeschlossen werden.

Kasus 2: Vergleich des postoperativen FO zur Gegenseite

Bei dieser Fragestellung, welche die Gegenseite miteinbezieht, waren prä- und postoperative BÜS obligat. Es konnten 74 Fälle eingeschlossen werden.

Ein Vergleich zur Gegenseite konnte dabei zum einen bei Personen mit beidseits operierter Hüfte unternommen werden, zum anderen bei Patienten, welche zum Zeitpunkt der postoperativen Röntgenaufnahme noch ihr natürliches Hüftgelenk besaßen.

Kasus 3: Beurteilung der Messgenauigkeit

Hierfür konnten alle Fälle betrachtet werden, welche in der prä- und postoperativen Röntgenaufnahme eine unveränderte Gegenseite aufwiesen. Somit konnten diese Aufnahmen auf der unveränderten Seite wiederholt vermessen werden und hiermit die Messgenauigkeit untersucht werden. Hierfür konnten 68 Fälle eingeschlossen werden.

Tabelle 1: Anzahl der Fälle je Kasus

Erläuterung: Kasus 1: FO-Veränderung prä- zu postoperativ. **Kasus 2:** Postoperatives FO im Vergleich zur Gegenseite. **Kasus 3:** Beurteilung der Messgenauigkeit.

		Anzahl
Kasus 1	Ausschluss	5
	Einschluss	72
Kasus 2	Ausschluss	3
	Einschluss	74
Kasus 3	Ausschluss	9
	Einschluss	68

2.1.2 Indikation zur Revision

Gründe für den Hüftprothesenwechsel waren in 35 Fällen ein septischer Prothesenin-fekt, in 37 Fällen eine aseptische Prothesenlockerung, in neun Fällen eine (peri-) pro-thetische Fraktur, in drei Fällen rezidivierende Luxationen, in zwei Fällen ein Prothe-senbruch und in jeweils einem Fall eine Weichteilinfektion und eine Schafsisinterung. Die durchschnittliche Standzeit des Primärimplantats betrug für den Schaft 108 Monate und für das Inlay 120 Monate (35). Alle Fälle wurden für die Datenanalyse gleichwertig behandelt.

2.1.3 Operation und Implantate

Alle Operationen fanden zwischen dem 01.12.2003 und 01.01.2012 statt. Von allen eingeschlossenen 77 Patienten wurden 42 linke und 35 rechte Hüftgelenke operiert. In einzelnen Fällen handelte es sich aufgrund der Infektion um eine zweizeitige Operati-on, was in der Datenanalyse nicht weiter berücksichtigt wurde.

In der vorangegangenen Studie mit ebendiesem Patientenkollektiv wurde bereits ein Augenmerk auf die jeweils eingebauten Hüftprothesen in der ersten und zweiten Ope-ration gelegt. In allen Fällen wurden kurvierte MRP-Revisionschäfte von 200 mm Länge verwendet (MRP steht für Modulare Revisionsprothese). Simultan zu dem MRP-Revisionschaft wurden verschiedene Standard- und Revisionspfannen implantiert (35). Trotz unterschiedlichen Prothesenmaterials kam es bei allen Patienten zu einer Veränderung des FO, weshalb sie gleichermaßen in die Analyse miteinbezogen wurden.

Ein gutes klinisches Outcome hängt nicht zuletzt auch von der Operationstechnik und den Fähigkeiten des Operateurs ab. Bei der Revisions- und Wechselendoprothetik liegen aufgrund des höheren Alters der Patienten sowie des teilweise ausgeprägten Lokalbefunds deutlich anspruchsvollere Operationsbedingungen als in der herkömmlichen Endoprothetik vor. Dies konfrontiert den Operateur auch intraoperativ häufiger mit Komplikationen und unerwarteten Herausforderungen bezüglich der Rekonstruktion. Um diesen Faktor jedoch objektiv in die Studie miteinfließen zu lassen, kam keine adäquate Methode in Frage. Aus diesem Grund wurden diese Einflussfaktoren nicht für die Ergebnisse der Arbeit mitbetrachtet. Bei den praktizierenden Ärzten und Ärztinnen handelte es sich ausschließlich um erfahrene orthopädische Fachärzte, weshalb eine bestmögliche operative Versorgung vorausgesetzt werden konnte.

2.2 Klinisches Outcome

2.2.1 Datenerhebung

Alle klinischen Parameter wurden postoperativ zwischen dem 01.03.2013 und 11.09.2013 erhoben. Die mittlere Nachuntersuchungszeit betrug 56 Monate (14 Monate – 117 Monate) (35).

Es wurden die Ergebnisse des Harris Hip Scores (HHS), Merle d'Aubigné und Postel Scores (MdAS) und der visuellen Analogskala (VAS), welche im Folgenden näher erläutert werden, für diese Arbeit verwendet.

Die klinischen Daten wurden ausschließlich postoperativ erhoben. Ein Vergleich zur präoperativen Verfassung der einzelnen Patienten, um eine interindividuelle Verbesserung oder Verschlechterung zu beurteilen, war nachträglich nicht möglich.

2.2.2 Klinische Scores

2.2.2.1 Harris Hip Score

Der HHS wurde von William Harris entwickelt, um klinische Ergebnisse nach Hüftoperationen besser beurteilen zu können. Die Originalversion des Tests wurde 1969 veröffentlicht. Seither wird er im klinischen Alltag vor allem nach Hüftoperationen oft verwendet (36).

Es handelt sich um einen Score zur postoperativen, objektiven Bewertung der Hüftfunktion und Lebensqualität der Patienten. Hierbei werden in mehreren Kategorien

Punktwerte verteilt und anhand des Gesamtwertes ein Ergebnis erzielt. Zu den Kategorien zählen unter anderem Schmerz, Funktion, Aktivität, Deformität und Beweglichkeit. Es kann eine Gesamtzahl von 100 Punkten erreicht werden. Dabei ergeben sich je nach erreichter Gesamtpunktzahl unterschiedliche Endergebnisse (35, 37, 38).

Tabelle 2: Anzahl der Patienten mit vollständig erhobenem HHS je Kasus

Erläuterung: Kasus 1: FO-Veränderung prä- zu postoperativ. **Kasus 2:** Postoperatives FO im Vergleich zur Gegenseite. **Kasus 3:** Beurteilung der Messgenauigkeit.

		Vollständigkeit des HHS	
		unvollständig	vollständig
		Anzahl	Anzahl
Ein- und Ausschluss für Kasus 1	Ausschluss	2	2
	Einschluss	20	52
Ein- und Ausschluss für Kasus 2	Ausschluss	2	2
	Einschluss	20	54
Ein- und Ausschluss für Kasus 3	Ausschluss	3	6
	Einschluss	19	49

Die erhobenen Fragebögen waren bei 27 Patienten unvollständig, sodass diese in der Analyse nicht berücksichtigt werden konnten. Es ergaben sich je Kasus spezifische Schnittmengen mit einer divergenten Anzahl an Fällen (siehe Tabelle 2).

2.2.2.2 Merle d'Aubigné und Postel Score

Für die weitere Beurteilung des klinischen Outcomes wurde der MdAS verwendet. Die Kategorien Schmerz, Beweglichkeit und Gehfähigkeit wurden in einem Fragebogen abgefragt und jeweils Punkte von 0-6 für die entsprechende Antwort pro Kategorie vergeben. Es konnte eine Gesamtpunktzahl von 18 Punkten erreicht werden. Dabei ergab sich eine niedrige Punktzahl bei schlechter Mobilität mit starkem Schmerzempfinden und eine hohe Punktzahl bei guter Mobilität und wenig bis keiner Schmerzsymptomatik (39).

Punkte	Schmerz	Beweglichkeit	Gehfähigkeit
0	Permanente stärkste Schmerzen	Ankylose mit Hüftdeformität	Nicht vorhanden
1	Ausgeprägte Schmerzen, auch nachts und in Ruhe	Keine Beweglichkeit. Schmerzen. Leichte Deformität	Nur mit Krücken
2	Starke bewegungsabhängige Schmerzen bis zur Immobilität	Flexion unter 40°	Nur mit Gehstöcken
3	Schmerzen tolerierbar bei moderater Belastung	Flexion zwischen 40° und 60°	Mit einem Gehstock für max. 1h, ohne deutlich erschwert
4	Schmerzfrei in Ruhe, milde Schmerzen bei Belastung	Flexion zwischen 60° und 80°. Patient kann seine Füße berühren	Mit Gehstock über längere Dauer, ohne nur für kurze Strecken und mit Hinken
5	Milder und seltener Schmerz, normale Aktivität möglich	Flexion zwischen 80° und 90°. Abduktion von mind. 15°	Ohne Gehstöcke aber mit leichtem Hinken
6	Schmerzfreiheit	Flexion über 90° Abduktion von 30°	Normal

Abbildung 5: Merle d'Aubigné und Postel Score
Erläuterung: Eine Übersicht über die Kategorien und Punkteverteilung des MdAS. (Angelehnt an den Auszug aus der 1. Ausgabe des *Clinical orthopaedics and related research* von 2009 ins Deutsche übersetzt) (40).

Die erhobenen Daten waren auch bei diesem Score nicht vollständig, sodass einige Fälle bei der späteren Analyse nicht berücksichtigt werden konnten. Tabelle 3 zeigt dabei eine Übersicht über die Stichproben je Kasus. Insgesamt konnten 57 Fälle berücksichtigt werden.

Tabelle 3: Anzahl der Stichproben mit vollständigem MdAS je Kasus

Erläuterung: **Kasus 1:** FO-Veränderung prä- zu postoperativ. **Kasus 2:** Postoperatives FO im Vergleich zur Gegenseite. **Kasus 3:** Beurteilung der Messgenauigkeit.

		Merle d'Aubigné und Postel Score	
		unvollständig	vollständig
		Anzahl	Anzahl
Kasus 1	Ausschluss	2	3
	Einschluss	18	54
Kasus 2	Ausschluss	3	0
	Einschluss	17	57
Kasus 3	Ausschluss	4	5
	Einschluss	16	52
Gesamt		20	57

2.2.2.3 Visuelle Analogskala und Numerische Analogskala

Die VAS wurde erstmals 1921 von Hayes und Patterson verwendet (41). Hierfür wurden die postoperativen Schmerzen auf einer meist 100 mm langen Linie angezeigt. Dabei stellen die beiden Endpunkte jeweils die Extreme „Kein Schmerz“ und „Stärkster vorstellbarer Schmerz“ dar. Eine Schmerzskala von eins bis zehn zu verwenden, hat sich jedoch in der Praxis aufgrund der einfacheren Handhabung zunehmend bewährt und wird als *Numerische Analogskala* bezeichnet (42, 43). In vorliegender Studie wurde letztere Variante angewandt, um mit den Zahlenwerten die postoperativ angegebenen Schmerzen besser analysieren zu können (Abbildung 6). Der Datensatz konnte hierfür vollständig erhoben werden.

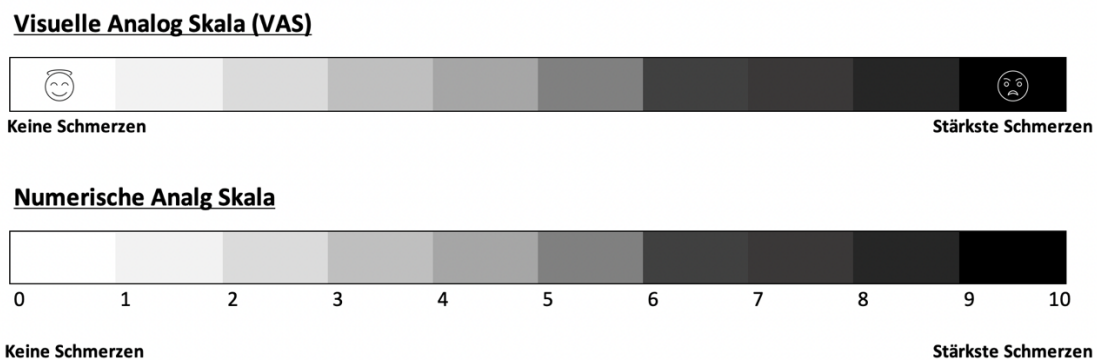


Abbildung 6:

Visuelle und Numerische Analogskala

Erläuterung: Im Vergleich zur VAS, welche keine Unterteilung der Skala verwendet, kann mit der Numerischen Analogskala das subjektive Schmerzempfinden in einen Wert umgesetzt werden, der bei späteren Berechnungen verwendet werden kann. (Angelehnt an die Visuelle Analogskala auf der Homepage der Deutschen Gesellschaft für Psychologische Schmerztherapie und –forschung (43).

2.3 Radiologische Bildgebung und Vermessung

2.3.1 Bildgebung

Bei allen Patienten wurde prä- und postoperativ eine Beckenübersichts-Aufnahme angefertigt. Hierbei handelt es sich um eine röntgenologische Darstellung der Beckenregion im anterior-posterioren Strahlengang, für welche sich der Patient in Rückenlage befindet und die gestreckten Beine mit einem Knöchelabstand von 20 cm in 15° Innenrotation hält (44, 45). Dadurch wird der Schenkelhals parallel zur Röntgenplatte gedreht, was einen späteren Messfehler aufgrund der veränderten Projektion minimieren sollte. Diese Aufnahme-Methode gilt zum einen in vielen Kliniken als Standardverfahren (46-49), zum anderen wurde sie bereits in vielen vorangegangenen Stu-

dien in dieser Form zur Vermessung verschiedener Parameter angewandt und war somit auch für diese Arbeit die Methode der Wahl (17, 33, 34).

2.3.2 Programme

Es wurden ausschließlich Röntgenbilder der Hüfte und des Beckens im anterior-posterioren Strahlengang verwendet. Zur Vermessung der Daten wurde das Programm *IMPAX FX* (Version 3.16 DE für Windows XP, Build FX 316 Patch HF1) der Firma *AGFA HealthCare* (Bonn, Deutschland) verwendet. Die nötigen Informationen aus Arztbriefen und OP-Berichten wurden mithilfe der elektronischen Patientenakte der Kliniksoftware *ORBIS* (Orbis 21 KH[08.04.23.10]) der *AGFA HealthCare GmbH* recherchiert und übernommen.

Alle Vermessungen wurden als JPEG-Datei mit Hilfe des im Windows Betriebssystem integrierten Snipping-Tools auf dem internen persönlichen Datenspeicher gesichert. So konnten nachträglich einzelne Werte des Datensatzes auf ihre Richtigkeit überprüft werden und Beispielbilder in dieser Arbeit verwendet werden. Alle Bilder wurden anonymisiert.

2.3.3 Skalierung

Eine 30 mm große Metallkugel, welche auf Hüftkopfebene zwischen den Beinen des Patienten platziert wurde, diente als Anhaltspunkt zur Kalibrierung der digitalen Röntgenbilder. Diese Metallkugel fehlte jedoch präoperativ auf 36 und postoperativ auf 63 Aufnahmen. In diesen Fällen wurde bei vorhandener Kugel in einer der beiden BÜS – also prä- oder postoperativ – die unveränderte Gegenseite als Referenzwert genommen, um eine gleichwertige Skalierung pro Fall zu gewährleisten. Bei zweifach nicht vorhandener Kugel oder unzulässiger Platzierung, wurde nach Möglichkeit der Durchmesser des laut OP-Bericht eingebauten Hüftkopfs zur Skalierung verwendet. Bilder, die nicht skaliert und vermessen werden konnten, wurden mit den bereits erwähnten elf Fällen aus den Analysen ausgeschlossen.

2.3.4 Bildauswahl

Zunächst wurden aus den digitalen Patientenakten entsprechend des OP-Datums die chronologisch passenden prä- und postoperativen Röntgenaufnahmen ausgesucht. In manchen Fällen waren diese nicht die Aufnahmen mit dem zeitlich kleinsten Abstand zur Operation. Ausschlaggebend hierfür war vor allem eine bessere Qualität oder das Vorhandensein einer Messkugel. Eine eventuelle Beeinflussung der Ergebnisse durch

die variable Zeitspanne zwischen der präoperativen Bildgebung, dem Operationstermin und der postoperativen Datenerhebung, konnte nicht berücksichtigt werden.

In elf Fällen waren die Aufnahmen mangels Qualität oder aufgrund fehlender Informationen nicht verwertbar. Diese Patienten wurden bereits initial ausgeschlossen. In zwei weiteren Fällen, bei welchen nur eine einseitige Hüftaufnahme postoperativ gemacht worden war, konnte zwar eine entsprechende Vermessung der betroffenen Seite durchgeführt, jedoch kein Vergleich zur Gegenseite gemacht werden. Dasselbe galt für einen Fall mit einer Arthrodeese auf der nicht-operierten Seite. In fünf Fällen fehlte eine präoperative Aufnahme der operierten Seite oder die Messwerte waren aufgrund einer Fraktur so verfälscht, dass diese für den Kasus 1 nicht berücksichtigt werden konnten (siehe Tabelle 1, S.11).

2.3.5 Erhebung der statischen Parameter

Ein wesentlicher Bestandteil dieser Arbeit war die Erhebung der statischen Parameter, welche vor allem die Ausmessung des femoralen, acetabulären und des daraus resultierenden globalen Offsets (FO, AO und GO) beinhaltete. Dabei diente die Bestimmung geometrischer Hilfslinien und -punkte, wie der Hüftkopfmittelpunkt und die Femurachse als Anhaltspunkt. Außerdem wurden bei allen Röntgenaufnahmen die Beinlängendifferenz in Bezug auf den Trochanter minor, der CCD-Winkel, der Inklinationswinkel und die Höhe des Hüftgelenkmittelpunkts mitbestimmt, wobei diese Werte in der vorliegenden Arbeit nicht mitberücksichtigt wurden. Um zunächst einen Überblick zu bekommen, sind alle relevanten Linien und geometrischen Figuren in Abbildung 7 erläutert. Die einzelnen Werte werden in den jeweiligen Unterpunkten genauer erklärt.

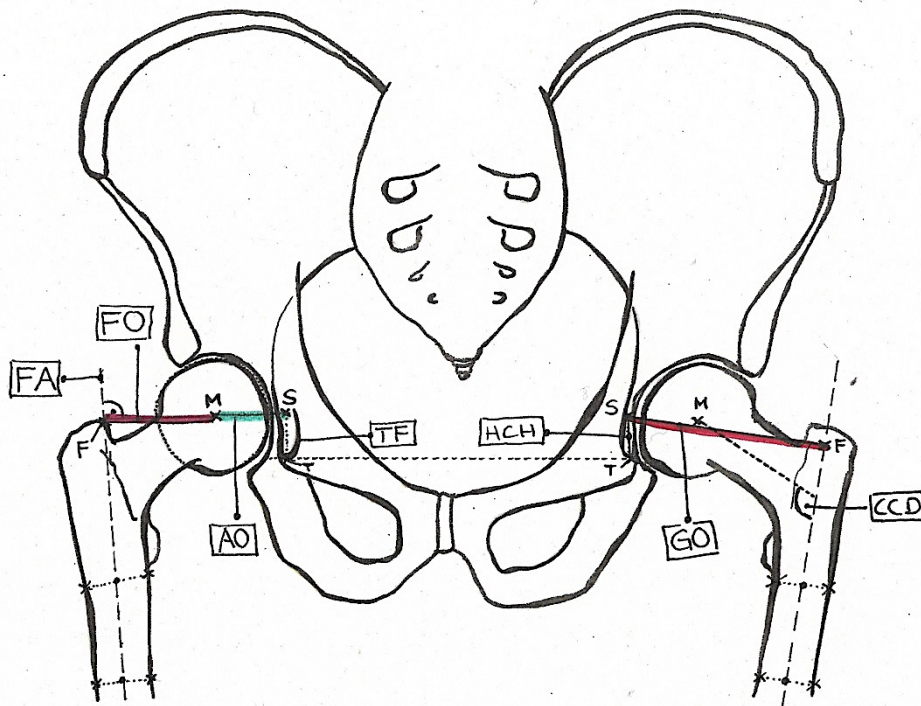


Abbildung 7:

Skizzierte Darstellung einer Beckenübersichtsaufnahme.

Erläuterung: Beschriftungen von links nach rechts:

FA: Femurachse (breit gestrichelte schwarze Linie) Punkt F (Schnittpunkt der Femurachse und dem hierauf gefällten Lot durch den Mittelpunkt M). FO: Femorales Offset (Pinke Linie zwischen den Punkten F und M). M: Hüftkopfmittelpunkt. AO: Acetabuläres Offset (Grüne Linie zwischen den Punkten M und S). S: Schnittpunkt des auf die fein gepunktete Hilfslinie durch den tiefsten Punkt der Köhler-Tränenfigur und der Parallele durch den Hüftkopfmittelpunkt. TF: Köhler-Tränenfigur. GO: Globales Offset (Rote Verbindungslinie zwischen S und F). CCD: Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel.

In der Skizze wurden Winkel und anatomische Gegebenheiten nicht wahrheitsgetreu wiedergegeben. Sie dient lediglich der Veranschaulichung.

Köhler-Tränenfigur:

Medial der Hüftpfanne bildet sich die Köhler-Tränenfigur ab. Diese entspricht dem Pfannenboden und kommt durch eine Überlagerung mehrerer knöcherner Strukturen des Schambeins zustande. Dabei stellen die beiden Schenkel die Dicke des Pfannenbodens dar. Sie dient an ihrem tiefsten Punkt in der röntgenologischen Darstellung als Grundlage für die Vermessung von AO und GO (21).

Die Verbindung der beiden tiefsten Punkte der Köhler-Tränenfiguren dient als weitere Hilfslinie (HL) zur Bestimmung der Höhe des Hüftkopfmittelpunkts (HCH) (vgl. Abbildung 7).

Hüftkopfmittelpunkt:

Zur Bestimmung des Hüftkopfmittelpunkts wurde ein Kreis exakt auf den in die Bildebene projizierten Hüftkopfrand skizziert und dessen Mittelpunkt M bestimmt. Dieser entspricht dem anatomischen Hüftkopfmittelpunkt in der zweidimensionalen Ebene und dient der Bestimmung des FO (vgl. Abbildung 10).

Femurachse:

Die Femurachse kann durch die Verlängerung der Verbindungslinie zweier Punkte festgelegt werden. Hierbei stellen die zu verbindenden Punkte jeweils den Mittelpunkt einer Linie dar, welche durch den medialen und lateralen Femurschafttrand definiert wird. Die beiden Punkte sollten dabei in einem Abstand von ca. 7 cm gesetzt werden, um eine exakte Darstellung der Hauptachse des Femurs zu erhalten (vgl. Abbildung 7).

Femorales Offset:

Das Femorale Offset ist definiert als der Abstand zwischen dem Schnittpunkt einer orthogonalen Strecke mit der Femurachse und dem Hüftkopfmittelpunkt. Lecerf et al. Beschreibt in der ursprünglich Definition als lateralen Streckenendpunkt nicht den Schnittpunkt mit der Verlängerung der Femurachse, sondern den Schnittpunkt mit der sogenannten „line of action of abductor muscles“ (17) („Hebelarm der Abduktorenmuskulatur). Da diese Strecke jedoch in der Praxis sehr schwer realitätsgetreu und valide zu bestimmen ist, wurde erstgenannte Definition als Methode der Wahl festgelegt. Diese hat sich auch bereits in vielen Studien bewährt (17, 45).

Globales Offset:

Das Globale Offset setzt sich im Grunde aus AO und FO zusammen, wobei darauf zu achten ist, dass diese beiden konstruierten Linien in den meisten Fällen nicht genau parallel liegen. Deswegen bietet sich an, hierfür die Strecke zwischen Schnittpunkt S und F direkt zu vermessen (vgl. Abbildung 7) (45).

Acetabuläres Offset:

Das Acetabuläre Offset bildet sich geometrisch aus dem Schnittpunkt S der Verlängerung des medialen Rand der Tränchenfigur (welche im Lot zur HL steht) mit einer Parallele zur HL durch den Hüftkopfmittelpunkt. Die Strecke wird zwischen Schnittpunkt S und Hüftgelenkmittelpunkt M gemessen.

Beinlängendifferenz:

Für die Berechnung der Beinlängendifferenz wird zunächst die HL benötigt. Die Differenz der orthogonalen Strecke in Millimetern zwischen der HL und dem korrespondierenden Schnittpunkt auf Höhe des jeweiligen Trochanter minors beider Femur-Knochen ergibt letztendlich die Beinlängendifferenz. Diese Methode wurde bereits zuvor in multiplen Studien verwendet und als valide Messmethode beschrieben (45, 50, 51).

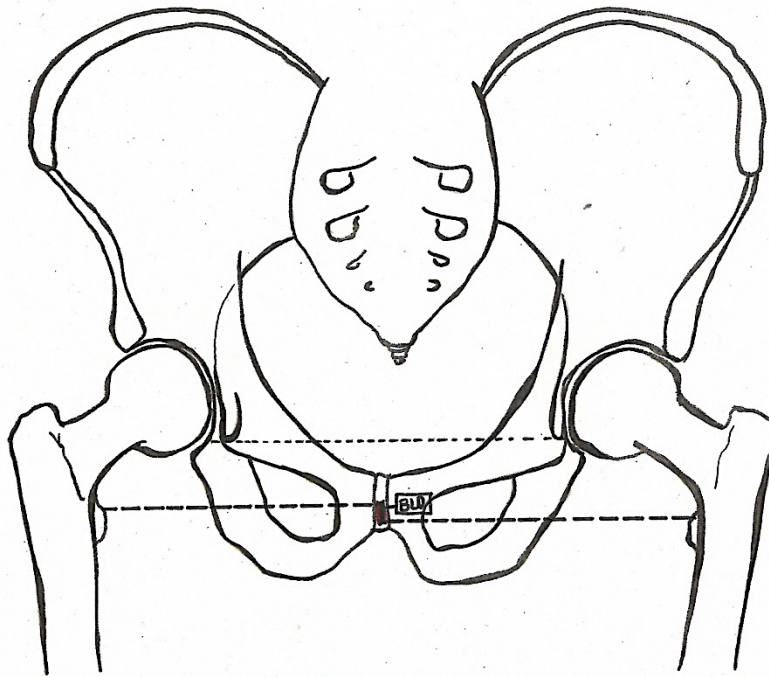


Abbildung 8:

Ausmessung der Beinlängendifferenz

Erläuterung: Die feingestrichelte Linie entspricht der Hilfslinie durch den tiefsten Punkt beider Köhler-Tränenfiguren. Hierzu werden zwei Parallelen durch den jeweils oberen Höcker des Trochanter minor auf beiden Seiten gezogen (breit gestrichelte Linien). Der Höhenunterschied dieser beiden Parallelen, welcher über der Symphyse zu erkennen ist, entspricht der Beinlängendifferenz.

2.3.6 Beispiele aus der Studie

Im Folgenden sind einige Beispiele der verwendeten Röntgenaufnahmen aus dem Patientenkollektiv ausgewählt, um die Messmethoden in ihrer praktischen Anwendung zu veranschaulichen. Hierbei ist in Abbildung 9 nochmals eine nachträglich erstellte Übersicht im Röntgenbild dargestellt, während in den darauffolgenden Abbildungen Screenshots zu sehen sind, die bei der Vermessung angefertigt wurden. Die Beschriftungen und Linien konnten hier nachträglich nicht für die bessere Lesbarkeit angepasst werden. Es sollten an dieser Stelle nicht die einzelnen Zahlenwerte, sondern die unter-

schiedlichen Herausforderungen, welche die verschiedenen Röntgenaufnahmen mit sich brachten, hervorgehoben werden.

Übersicht der Parameter im Röntgenbild:

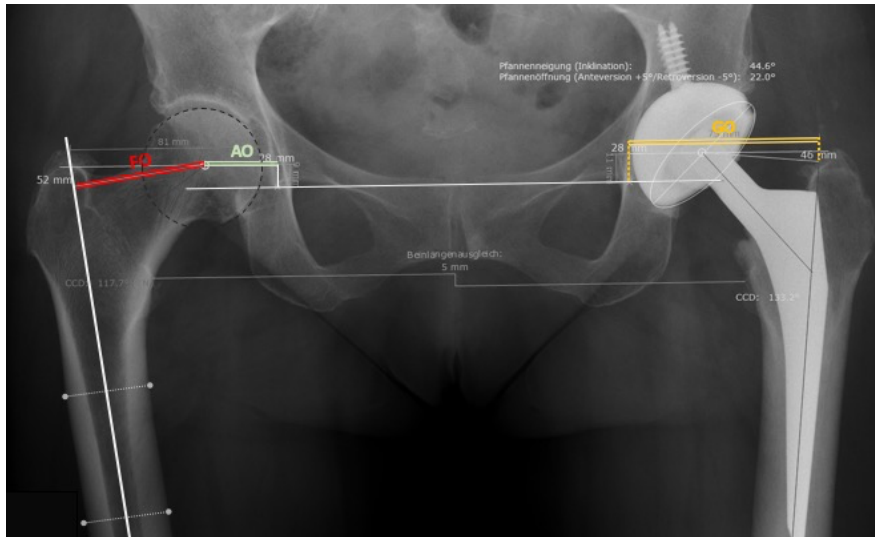


Abbildung 9: *Übersicht über die statischen Parameter in einer Röntgenaufnahme*
Erläuterung: Die Parameter sind aus Gründen der Übersichtlichkeit je nur auf einer Seite dargestellt. Als Vorlage dient hier eine gute Röntgenaufnahme aus dem Studienkollektiv, welche nachträglich mit Microsoft PowerPoint bearbeitet wurde. Die bereits eingetragenen Messungen wurden überschrieben: Referenz-Linie (Verbindungsline zwischen den tiefsten Punkten der beiden Tränchenfiguren. **FO** (rot): Femorales Offset. **AO**(Grün): Acetabuläres Offset. **GO** (Gelb): Globales Offset

Beispiele aus dem Patientenkollektiv:

Alle Röntgenaufnahmen wurden nach demselben Prinzip vermessen, beschriftet und zur Dokumentation auf dem klinikinternen Rechner gespeichert. Exportierte Bilder wurden datenschutzrechtlich korrekt anonymisiert. In dieser Arbeit sah eine Vermessung der Aufnahmen beispielsweise wie folgt aus:

Beispiel 1: Native BÜS

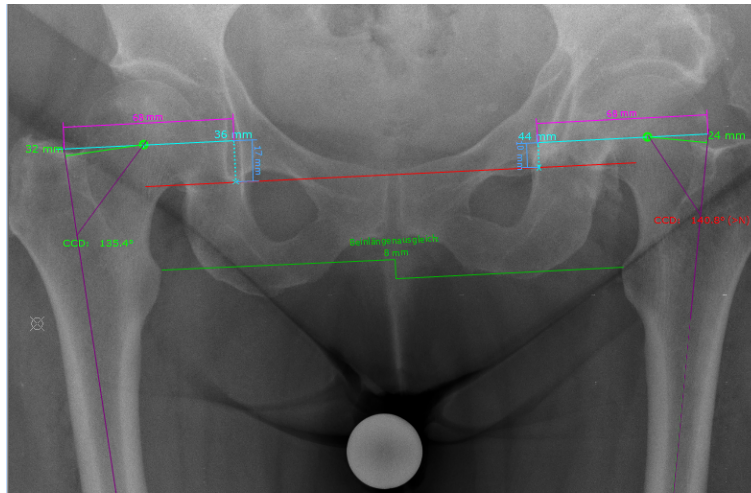


Abbildung 10: *Beispiel 1: Vermessung einer Beckenübersichtsaufnahme (BÜS) in a.p.-Projektion*
Erläuterung: Dargestellt ist eine BÜS mit den einzelnen Hilfslinien, welche bereits zuvor erklärt wurden. In diesem Beispiel kommen alle anatomischen Strukturen gut zur Darstellung, was eine adäquate Vermessung möglich macht.

Die Methodik wurde bei präoperativer und postoperativer BÜS identisch angewendet. In Abbildung 11, Abbildung 12 und Abbildung 13 ist beispielhaft an einem Patienten die Historie mittels zugehöriger Röntgenaufnahmen dargestellt. Dabei konnten sowohl die native BÜS als auch die Bildgebung nach primärer H-TEP-Implantation und Revision vermessen werden. In diesem Fall war eine Prothesenlockerung Grund für die Revision. Leider gab es nur wenige Patienten, welche auch vor Primärimplantation eine native BÜS am König-Ludwig-Haus erhalten hatten, sodass hierzu keine ausreichenden Daten für weiterführende Analysen erhoben werden konnten.

Beispiel 2: Native BÜS

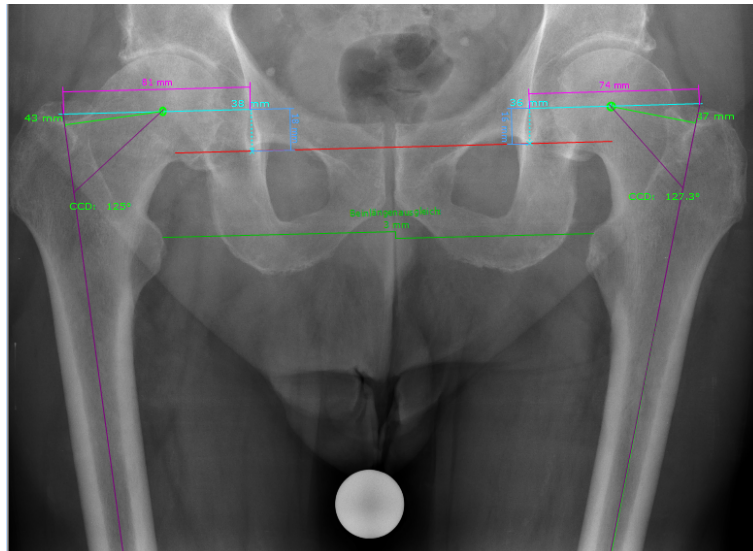


Abbildung 11: *Beispiel 2: Native BÜS eines Patienten vor Hüftoperation*
Erläuterung: Am unteren mittleren Bildrand stellt sich die Messkugel dar, welche einwandfrei zur Skalierung der Aufnahme benutzt werden kann. Anschließend werden mit oben aufgeführten Methoden BLD, CCD-Winkel, HCH, AO, FO sowie GO vermessen und mit den absoluten Werten in mm beschriftet.

Beispiel 2: BÜS desselben Patienten nach primärer H-TEP-Implantation

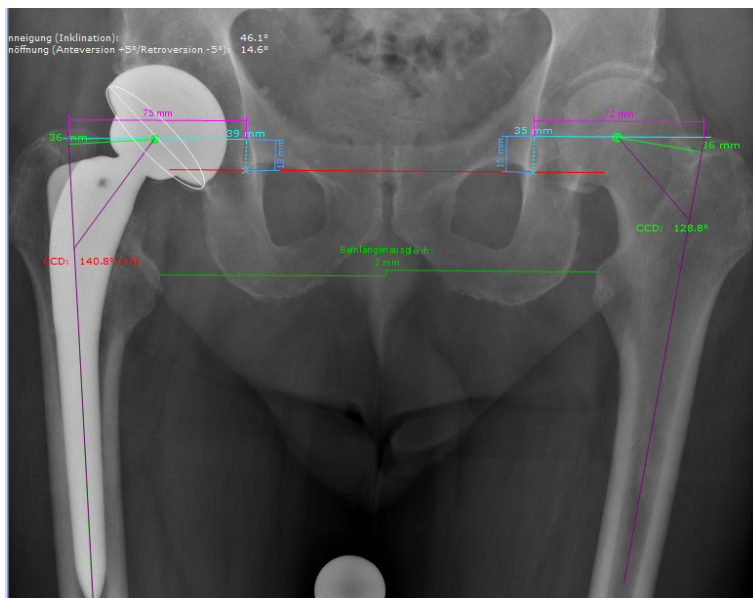


Abbildung 12: *Beispiel 2: BÜS desselben Patienten nach primärer H-TEP-Implantation.*
Erläuterung: Röntgen-Aufnahme desselben Patienten wie in Abbildung 11. Anschließend kam es im Verlauf zu einer Hüftprothesenlockerung von Schaft und Pfanne.

In Abbildung 13 ist bei demselben Patienten die postoperative BÜS nach Revision dargestellt, welche in diesem Fall aufgrund einer Hüftprothesenlockerung durchgeführt wurde. Aufgrund der fehlenden Messkugel kann hier zur Skalierung auf die erhobenen Messwerte der Voraufnahme zurückgegriffen werden. Alternativ kann bei bekanntem Durchmesser des verwendeten Hüftprothesenkopfs, dieser als Skalierung dienen.

Beispiel 2: Postoperative BÜS desselben Patienten nach Revision.

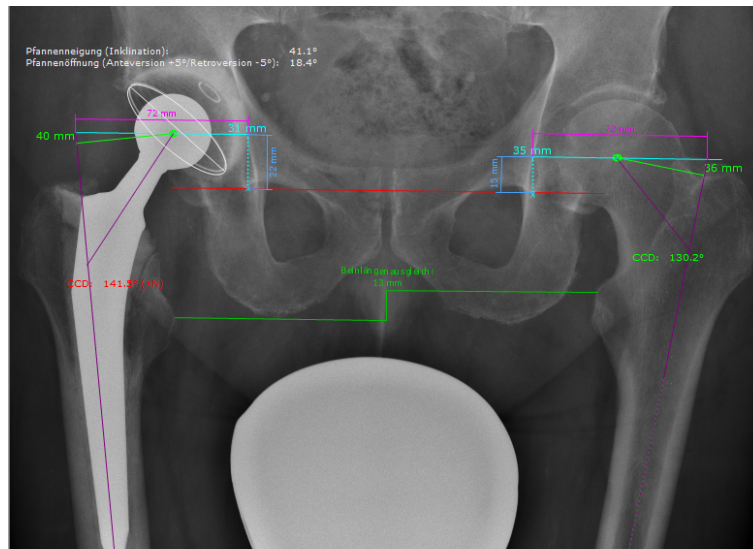


Abbildung 13: *Beispiel 2: BÜS desselben Patienten postoperativ nach Revision*
Erläuterung: Es zeigt sich eine neue Hüftprothese rechts. Eine Messkugel fehlt in diesem Fall. Zur Skalierung kann stattdessen der Durchmesser des neuen Prothesenkopfs oder der bereits bekannte Durchmesser des nativen linken Hüftkopfs verwendet werden.

Nicht alle Vermessung gestalteten sich so trivial wie in oben aufgeführten Beispielen. Wie Abbildung 14 auf S. 25 zeigt, können (peri-)prothetische Frakturen, fehlende knöchernen Leitstrukturen und andere Einflussfaktoren eine Vermessung deutlich erschweren und ggf. Werte verfälschen. Daher wurden betroffene Fälle aus den Analysen ausgeschlossen.

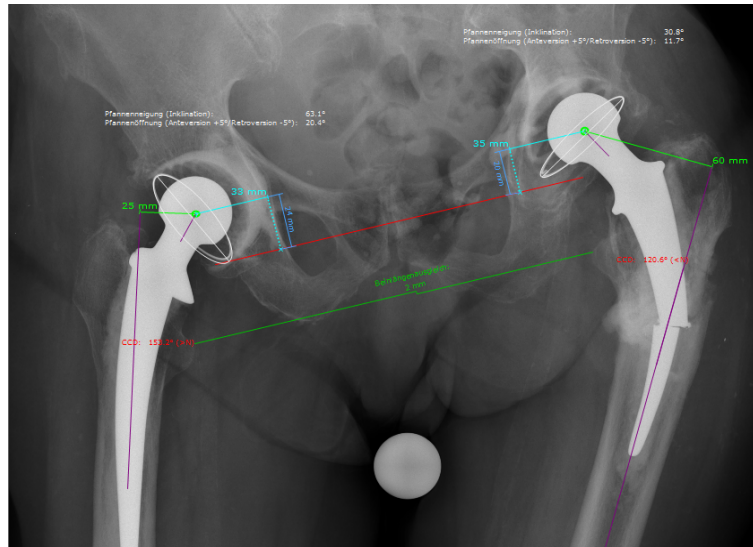
Beispiel 3: BÜS bei (peri-)prothetischer Fraktur.

Abbildung 14: *Beispiel 3: BÜS präoperativ mit (peri-)prothetischer Fraktur links*
Erläuterung: Eine Bestimmung der Femurachse links gestaltet sich aufgrund der Prothesenfraktur mit (peri-)prothetischer Fraktur schwierig. Ein folglich falscher Wert des FO würde daher die Analyse verfälschen. Dieser Fall wurde daher ausgeschlossen.

Aus den oben abgebildeten Beispielen geht die Schwierigkeit der validen Vermessung des vorhandenen Materials hervor. Daher musste man sich zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der einzelnen Messdaten teils alternativer Methoden behelfen. Ein im Vergleich zur Voruntersuchung unveränderter Parameter der Gegenseite dienten hierbei oft als Referenzwert für eine wahrheitsgetreue Skalierung, um die prä- und postoperativ gemessenen Werte tatsächlich vergleichen zu können.

2.4 Datenanalyse

2.4.1 Programme

Zur tabellarischen Darstellung der einzelnen Parameter und Messwerte wurde das Programm *Microsoft Excel* (Version 15.27) verwendet. Die erhobenen Daten wurden präzise in selbstangefertigte Tabellen eingepflegt, nötige Werte mittels Funktionen berechnet und relevante klinische Parameter aus genannter Studie ergänzt. Nach Fertigstellung des Datensatzes wurde dieser in angepasster Form zur statistischen Analyse in *SPSS* transferiert. Zur statistischen Datenanalyse diente *SPSS* (Version 25.0.0.1). Alle Grafiken, Tabellen und Diagramme wurden mithilfe dieses Programms erstellt.

3 Ergebnisse

Alle Daten wurden vor den Analysen auf Normalverteilung getestet. Diese wurde anhand des Shapiro-Wilk Tests, des Kongorot-Smirnow-Tests und der Histogramme beurteilt. Wenn nicht anders erläutert, kann eine Normalverteilung angenommen werden. Die Analysen erfolgten mittels T-Testungen. Als Signifikanzniveau wurde $\alpha=0,05$ festgelegt, das heißt es wurde der Schwellenwert von $p\leq 0,05$ als statistische Signifikanz definiert, wodurch in einem solchen Fall der ermittelte Unterschied zwischen den untersuchten Parametern als nicht zufällig zu werten ist. Testgrößen, die einen Signifikanzwert $p\leq 0,05$ lieferten, wurden als „signifikant“, Testgrößen, die ein $p\leq 0,001$ lieferten, als „hoch signifikant“ und Testgrößen, die ein $p<0,1$ lieferten, als „schwach signifikant“ bezeichnet.

3.1 Deskriptive Ergebnisse

3.1.1 Patientenkollektiv

Alter:

In die Studie konnten 88 Patienten (42 weibliche Personen, 46 männliche Personen) eingeschlossen werden, welche zum Zeitpunkt der Revisionsoperation ein durchschnittliches Alter von 72,29 Jahren aufwiesen. Das weibliche Durchschnittsalter lag bei 74,95 Jahren, wobei die jüngste Patientin 52 und die älteste 95 Jahre alt war. Das männliche Durchschnittsalter lag bei 69,87 Jahren. Hier war der Jüngste 52 und der Älteste 95 Jahre alt (vgl. Abbildung 15, Tabelle 4).

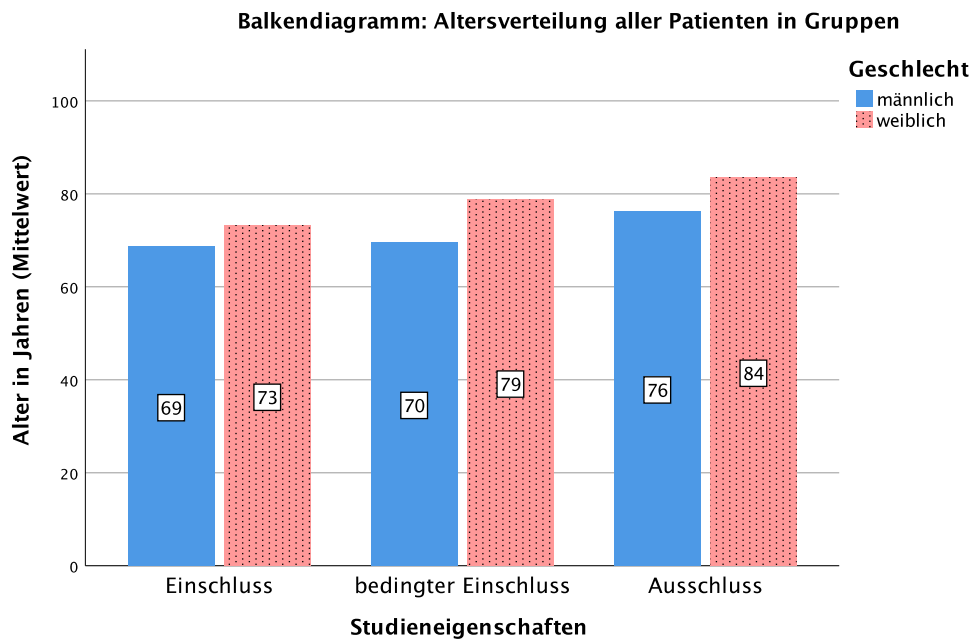


Abbildung 15: Altersverteilung eingeteilt nach Geschlecht und Studiengruppen

Auffällig scheint hier das höhere Durchschnittsalter der elf ausgeschlossenen Patienten. Die Vermutung liegt nahe, dass hier aufgrund der Multimorbidität und Komplexität der Fälle, welche sich auch in der zugehörigen Bildgebung niederschlugen, sich eine aussagekräftige Vermessung nicht umsetzen ließ. Es zeigte sich hier ein Durchschnittsalter von 79,9 Jahren, welches mehr als acht Jahre höher lag als das Durchschnittsalter der berücksichtigten Fälle.

Tabelle 4: Altersverteilung nach Studieneigenschaften und Geschlecht

		Studieneigenschaften					
		Einschluss		bedingter Einschluss		Ausschluss	
		Geschlecht		Geschlecht		Geschlecht	
		männlich	weiblich	männlich	weiblich	männlich	weiblich
Alter in	Anzahl	36	32	3	6	7	4
Jahren	Mittelwert	68,64	73,16	69,67	78,83	76,29	83,50
	Maximum	87,00	90,00	80,00	90,00	95,00	95,00
	Minimum	52,00	52,00	64,00	69,00	64,00	78,00
	SD	9,43	9,28	8,96	8,50	10,50	7,85

Betrachtet man nur die eingeschlossenen Fälle ergibt sich ein allgemeines Durchschnittsalter von 71,35 Jahren. Dabei zeigte sich bei den Männern mit 68,72 Jahren

ein niedrigeres Durchschnittsalter als bei den Frauen mit 74,04 Jahren (vgl. Abbildung 16, Tabelle 5).

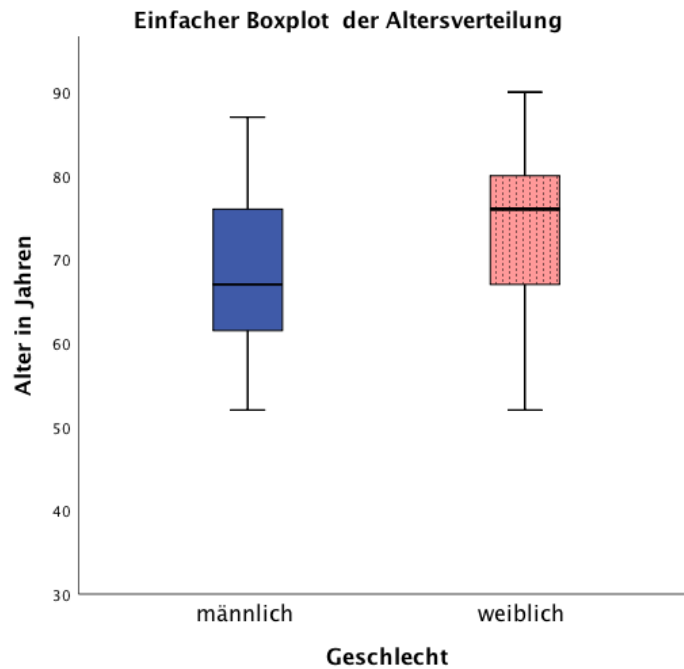


Abbildung 16: Altersverteilung aller eingeschlossenen Fälle
Erläuterung: Männliches Durchschnittsalter 68,72 Jahre (max. 87 J., min. 52 J.)
 Weibliches Durchschnittsalter 74,05 Jahre (max. 90 J./ min. 52 J.)

Tabelle 5: Altersverteilung aller eingeschlossenen Fälle

		Geschlecht		
		männlich	weiblich	Gesamt
Alter in	Anzahl	39	38	77
Jahren	Mittelwert	68,72	74,05	71,35
	Maximum	87,00	90,00	90,00
	Minimum	52,00	52,00	52,00
	SD	9,29	9,29	9,61

Body-Mass-Index:

Außerdem wurde der Body-Mass-Index (BMI) in den verschiedenen Gruppen betrachtet. Hierbei zeigte sich insgesamt ein durchschnittlicher BMI von 29,6, wobei Frauen einen durchschnittlichen BMI von 28,37 und Männer einen durchschnittlichen BMI von 30,76 aufwiesen. Insgesamt zeigten sich in der männlichen Gruppe mehr vereinzelt Ausreißer nach oben (max. BMI 52,39) als bei den Frauen (max. BMI 36,51) (vgl. Abbildung 17, Tabelle 6).

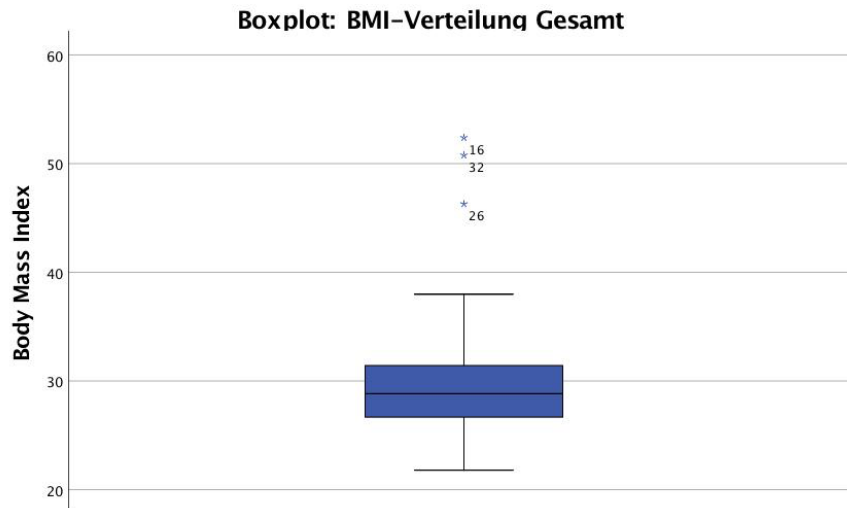


Abbildung 17:

Verteilung Body-Mass-Index

Erläuterung: Es ergibt sich ein mittlerer BMI von 29,60. Drei männliche Patienten waren mit einem max. BMI von 52,39 deutlich über dem Durchschnitt. Die Beschriftungen bezeichnen die anonymisierten Patientennummern.

Tabelle 6:

Body-Mass-Index: Gesamte und geschlechterspezifische Verteilung.

		Geschlecht		Gesamt
		männlich	weiblich	
BMI	Anzahl	39	38	77
	Mittelwert	30,76	28,37	29,60
	Maximum	52,39	36,51	52,39
	Minimum	23,67	21,80	21,80
	SD	6,51	3,75	5,44

3.2 Klinische Scores – Ergebnisse

Zur Beurteilung des klinischen Outcomes wurden der HHS, der MdAS sowie die VAS herangezogen. Alle Scores wurden unter 2.2.2 auf Seite 12 erläutert. Im Folgenden sind die Ergebnisse, welche für die Korrelation zu den statischen Parametern in dieser Arbeit Verwendung fanden, aufgeführt.

3.2.1 Ergebnis Harris Hip Score

Bei 61 Patienten konnte der HHS erhoben werden. Hier ergab sich ein Mittelwert von 75,07 Punkten (18 Punkte - 100 Punkte, SD 21,25 Punkte) (35).

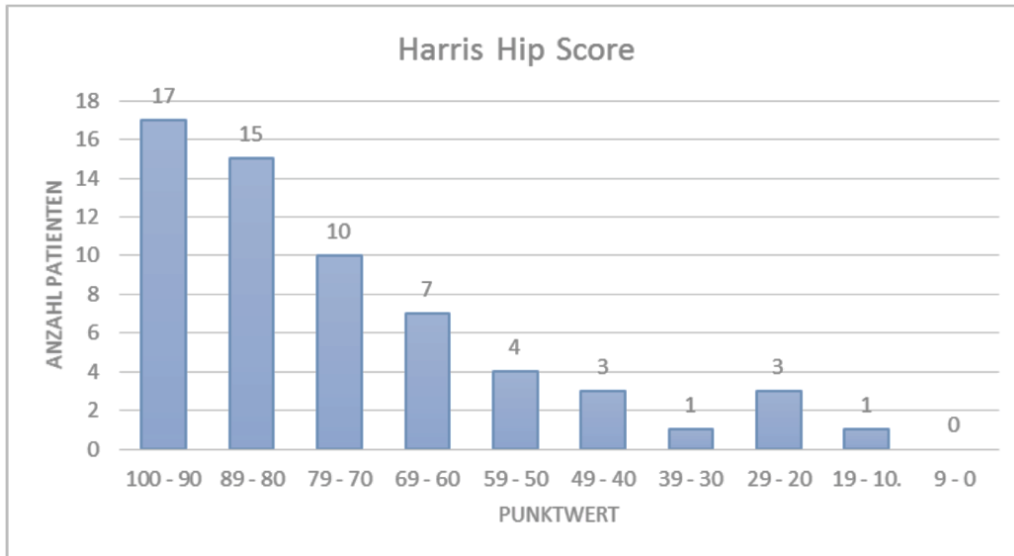


Abbildung 18: Punkteverteilung des HHS

Erläuterung: Die Graphik wurde aus der Dissertation der vorangegangenen Studie übernommen (35).

Für diese Arbeit konnten jedoch lediglich 55 der 61 Patienten mitberücksichtigt werden, da sechs Patienten mangels Bildmaterials ausgeschlossen werden mussten. Hier ergab sich ein Mittelwert von 75,09 Punkten (18 Punkte - 100 Punkte, SD 22,02 Punkte).

Tabelle 7: HHS Kategorien: Punkteverteilung und Mittelwerte.

	Schmerz	Funktion	Bewegung	Gesamt
N	55	55	55	55
Minimum	0	5	95	18
Maximum	44	47	295	100
Mittelwert	35,67	31,36	194,18	75,09
SD	14,528	11,406	37,053	22,018

Betrachtet man die Kategorien Funktion, Schmerz und Bewegungsumfang innerhalb des HHS, fällt auf, dass allgemein eine gute Beweglichkeit und Funktion postoperativ unter relativer Schmerzarmut erreicht werden konnte. Über 60% der Patienten hatten dauerhaft im Alltag keine Schmerzen mehr. Nur zwei Patienten litten unter starken Schmerzen, fünf Fälle gaben persistierenden Ruheschmerz an.

Tabelle 8: HHS Kategorie „Schmerzen“: Punkteverteilung.

Schmerzen	Punkte	Anzahl	Prozentanteil
Ruhschmerzen	0	5	9,1%
Starke Schmerzen	10	2	3,6%
Mittlere Schmerzen	20	5	9,1%
Leichte Schmerzen	30	1	1,8%
Gelegentlich Schmerzen	40	9	16,4%
Keine Schmerzen	44	33	60,0%

In der Kategorie „Bewegungsumfang“ ergab sich ein Mittelwert von 194,18° (95°-295°, SD 37,05°). In der Kategorie „Funktion“ ein durchschnittlicher Wert von 31,36 Punkte (5 Punkte – 55 Punkte, SD 11,41 Punkte), wie in Tabelle 7 dargestellt. Bewegungsumfang und Funktion zeigten sich in ihrer Punkteverteilung dabei normalverteilt.

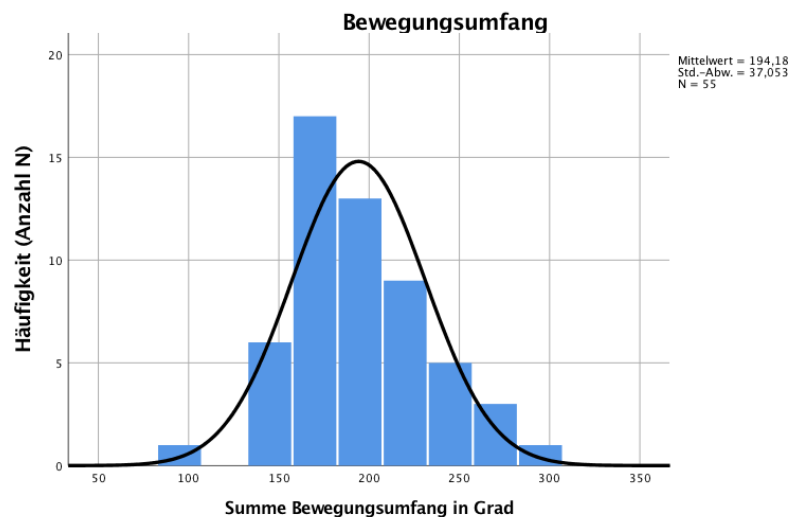


Abbildung 19: HHS Kategorie „Bewegungsumfang“. Normalverteilung.

In der Korrelation der einzelnen Kategorien miteinander zeigte sich, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer verbesserten Funktion, Beweglichkeit und der Gesamtsumme des HHS bestand, d.h. dass im Umkehrschluss Patienten mit Funktionseinschränkungen ebenfalls eine eingeschränkte Beweglichkeit aufwiesen und im Gesamtergebnis schlechter abschnitten. Dabei korrelierte die Kategorie „Schmerz“ ebenfalls hochsignifikant - also indirekt proportional - mit der Funktion und dem Gesamtergebnis des HHS.

3.2.2 Ergebnis Merle d'Aubigné und Postel Score

Der MdAS konnte bei 69 der untersuchten 88 Patienten erhoben werden. Der mittlere Gesamtwert lag bei 14,36 Punkten (5 Punkte – 18 Punkte, SD 3,04 Punkte) und entspricht einem guten klinischen Ergebnis.

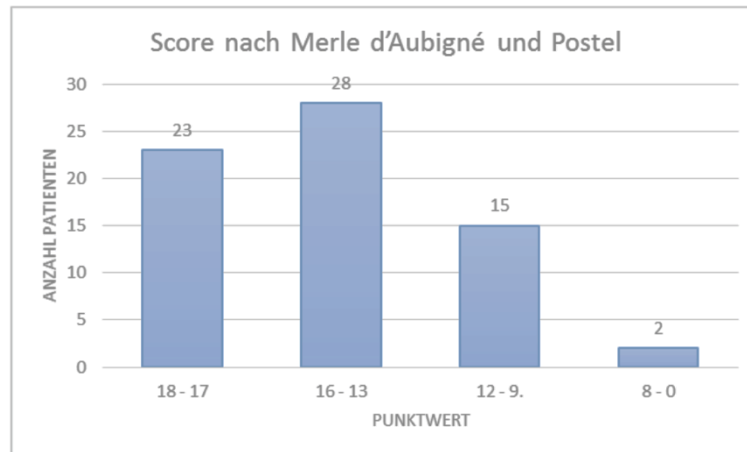


Abbildung 20:

Merle d'Aubigné und Postel Score: Punkteverteilung

Erläuterung: Diese Graphik wurde aus der Dissertation der vorangegangenen Studie übernommen (35).

Aufgrund der ausgeschlossenen Fälle ergab sich für diese Analyse eine Gesamtzahl von 57 Fällen, welche berücksichtigt werden konnten. Hier ergab sich ein Mittelwert von 14,21 Punkten (5 Punkte - 18 Punkte, SD 3,22 Punkte). Betrachtet man die Kategorien Bewegungsumfang und Schmerz separat, zeigte sich ein direkt proportionaler Zusammenhang. Patienten mit wenig Schmerzen (hoher Punktwert) wiesen eine gute Bewegungsfähigkeit auf (ebenfalls hoher Punktwert) (vgl. Abbildung 5).

Tabelle 9:

MdAS: Punkteverteilung nach Kategorien.

	Bewegung (Punkte)	Schmerz (Punkte)	Gesamtpunktzahl
Anzahl	57	57	57
Minimum	3	0	5
Maximum	6	6	18
Mittelwert	5,40	4,67	14,21
SD	0,728	1,694	3,217

3.2.3 Ergebnis der Visuellen Analogskala

Der VAS ergab einen Mittelwert von 0,71 Punkten (0 Punkte – 8 Punkte, SD 1,88), was ein sehr zufriedenstellendes klinisches Ergebnis darstellt (vgl. Tabelle 10).

Tabelle 10: Punkteverteilung VAS.

		Anzahl N	Prozentanteil
Punkte	0	66	85,7
	2	1	1,3
	3	2	2,6
	4	1	1,3
	5	1	1,3
	6	5	6,5
	8	1	1,3

Bei der Häufigkeitsverteilung ist hierbei keine Normalverteilung darstellbar. Über 85% gaben an, keine Schmerzen zu haben, was sich in etwa mit den Ergebnissen der Kategorie „Schmerz“ im HHS deckt. Hier zeigte sich auch eine hochsignifikante Korrelation der beiden Scores nach Spearman.

3.2.4 Korrelation der klinischen Scores

Vergleicht man alle klinischen Scores (HHS, MdAS, VAS), das Alter und den BMI mittels Spearman-Test untereinander, zeigte sich vor allem ein hoch signifikanter Zusammenhang zwischen dem HHS und dem Alter. Dadurch ist bei steigendem Alter anzunehmen, dass es zu einem schlechteren Punkteergebnis im HHS (Kategorie „Funktion“, „Bewegung“, sowie Gesamtpunktzahl) kommt. Die VAS korrelierte signifikant mit dem HHS (alle Kategorien) und zeigte einen direkt proportionalen Zusammenhang mit dem Alter, wenn auch nicht signifikant. Der MdAS korreliert hingegen weder mit dem VAS und dem HHS, noch mit dem Alter in ausreichender Signifikanz, wies jedoch die gleiche Tendenz auf wie der HHS und der VAS.

Ein zunehmender BMI zeigte sich indirekt proportional zur Beweglichkeit im HHS und MdAS. Eine signifikante Korrelation konnte jedoch nur mit dem VAS festgestellt werden. Hier wurde bei zunehmendem BMI eine höhere Schmerzangabe in der VAS gesehen.

Es konnte gezeigt werden, dass alle Scores das klinische Outcome der Patienten in ähnlicher Weise abbilden. Außerdem kann vermutet werden, dass auch Alter und BMI das klinische Outcome beeinflussen. Dies wird im Gliederungspunkt 3.6 auf Seite 52 näher untersucht.

3.3 Untersuchung des Femoralen Offsets

Zunächst wurde untersucht, welche Veränderung des postoperativen im Vergleich zum präoperativen FO zu beobachten war und inwieweit sich das FO der operierten Seite im Verhältnis zur Gegenseite verhielt.

3.3.1 Veränderung des Femoralen Offsets von prä- zu postoperativ

Für diese Fragestellung konnten 72 Fälle untersucht werden. Der Vergleich der ausgemessenen Werte für das FO prä- und postoperativ ergab für das FO präoperativ einen Mittelwert (M) von 38,46 mm (SD 7,818) und postoperativ von M 42,81 mm (SD 7,313). Dies ergibt eine signifikante Vergrößerung des FO um M 4,35 mm ($p < 0,001$; 95%; KI : 2,27-6,42).

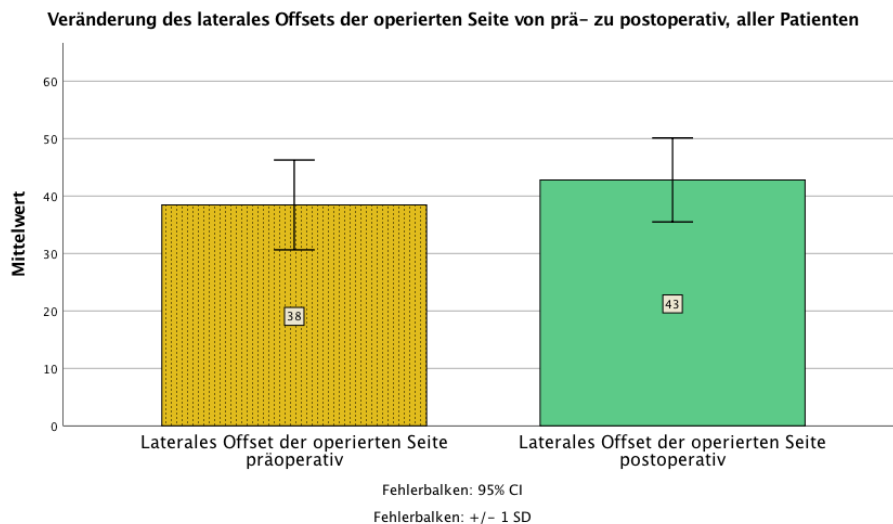


Abbildung 21:

Veränderung des FO der operierten Seite von prä- zu postoperativ (Kasus 1)

Erläuterung: Präoperativ wurde ein mittleres FO von 38,4 mm und postoperativ von 43,8 mm gemessen (Laterales Offset = FO).

Tabelle 11: Veränderung des FO der operierten Seite von prä- zu postoperativ (Kasus1)

Test bei gepaarten Stichproben

		Paare	
		FO präop. - FO postop. (in mm)	
Gepaarte Differenzen	Mittelwert <i>M</i>	-4,347	
	SD	8,827	
	SE des <i>M</i>	1,040	
	95% KI (der Differenz)	Untere	-6,422
		Obere	-2,273
T		-4,179	
df		71	
Sig. (2-seitig)		0,000	

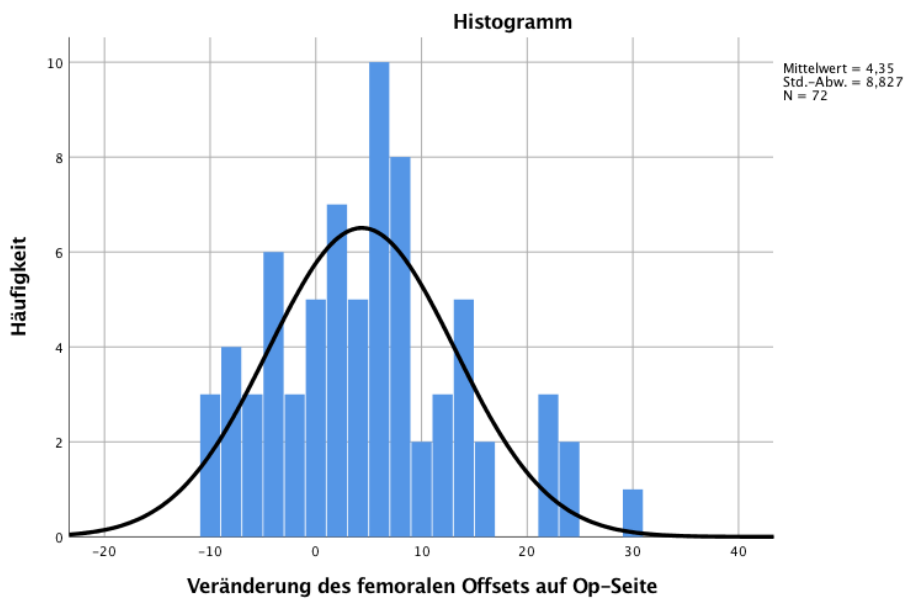


Abbildung 22: *Histogramm: FO-Veränderung von prä-zu postoperativ (Kasus 1)*
Erläuterung: Interindividuell kam es sowohl zu einer Verkleinerung als auch zu einer Vergrößerung des FO. Bei vielen Fällen zeigte sich auch nur eine diskrete Veränderung des FO, sodass sich insgesamt eine normalverteilte Wertemenge abbildet.

Bei genauer Betrachtung der einzelnen Werte fiel auf, dass es innerhalb des Patientenkollektivs interindividuell nicht ausschließlich zu einer Vergrößerung des FO kam. Zur weiteren Analyse wurden die Patienten daher in Gruppen bzgl. der Veränderung des FO aufgeteilt (siehe Abbildung 23, Abbildung 24).

3 | Ergebnisse

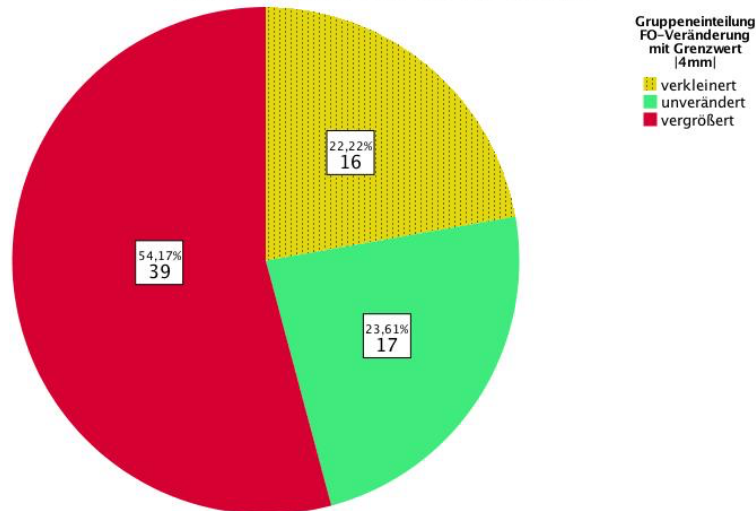


Abbildung 23: Kreisdiagramm: FO-Veränderung der OP-Seite in Gruppen (Kasus 1)
Erläuterung: FO vergrößert: 39 Fälle, 54,17% (rot); FO unverändert: 17 Fälle, 23,61% (grün); FO verkleinert: 16 Fälle, 22,22% (gelb gepunktet).

Eine Vergrößerung wurde als eine Zunahme des FO um mindestens 4 mm definiert. Dies traf bei 39 Patienten zu, wobei sich präoperativ ein M von 35,69 mm und postoperativ von 46,38 mm ergab. Es kam zu einer signifikanten Vergrößerung des FO von 10,69 mm ($p < 0,001$, 95%-KI: 8,59-12,79 mm). Bei 17 Patienten blieb das FO postoperativ nahezu unverändert, d.h. es wich nicht mehr als 4 mm vom präoperativen Wert ab. Hier ergab sich präoperativ ein M von 39,41 mm und postoperativ von 39,59 mm. Der T-Test für gepaarte abhängige Stichproben war hier nicht signifikant mit $p = 0,693$. In 16 Fällen konnte eine signifikante Verkleinerung von mindestens 4 mm des Ausgangswerts festgestellt werden ($p = < 0,001$). Dabei ergab sich für die Verkleinerung ein M von -6,688 mm (95%-KI: -5,525 mm bis -5,46 mm). Der M präoperativ lag bei 44,19 mm ($SD: 4,820$) und postoperativ bei 37,50 mm ($SD: 3,882$) (siehe Abbildung 24, Tabelle 12).

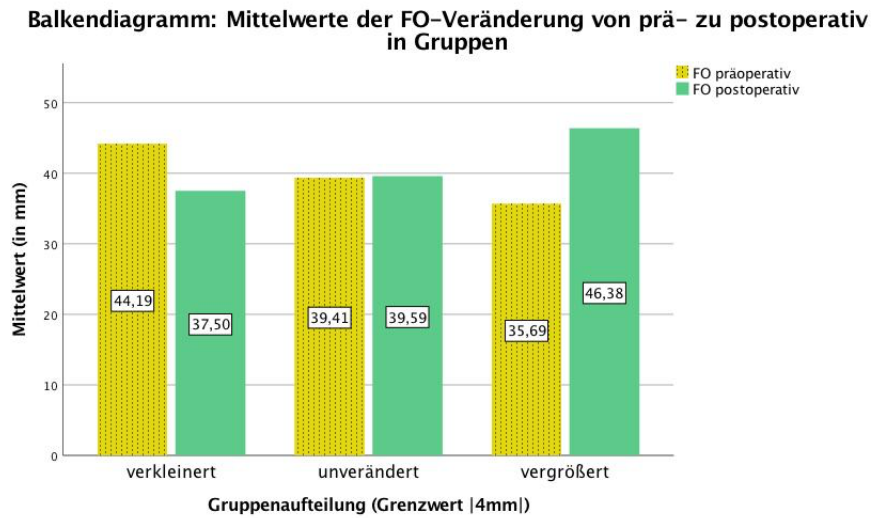


Abbildung 24: Veränderung des FO der operierten Seite von prä- zu postoperativ in Gruppen (Kasus1)
Erläuterung: Dargestellt ist der Mittelwert in mm der Veränderung des FO von prä- zu postoperativ. Die Balken sind mit den gerundeten Mittelwerten beschriftet.

Tabelle 12: Veränderung des FO der operierten Seite von prä- zu postoperativ in Gruppen (Kasus 1)
Erläuterung: Auflistung der Mittelwerte des prä- und postoperativen FO, sowie der Mittelwerte der Veränderung des FO nach Gruppen.

		Gruppeneinteilung Grenzwert 4mm		
		verkleinert	unverändert	vergrößert
FO präoperativ (mm)	Mittelwert	44,19	39,41	35,69
FO postoperativ (mm)	Mittelwert	37,50	39,59	46,38
Veränderung des FO prä- zu postoperativ (mm)	Mittelwert	-6,69	0,18	10,69
	Maximum	-4	3	29
	Minimum	-10	-3	4
	SE des M	0,55	0,44	1,04
	SD	2,18	1,81	6,48
	Varianz	4,76	3,28	41,96
Anzahl		16	17	39

3.3.2 Veränderung des Femoralen Offsets im Vergleich zur Gegenseite

Es konnten 69 Fälle für den präoperativen Vergleich und 74 Fälle für den postoperativen Vergleich betrachtet werden. Die Zahlen variieren hinsichtlich der Fragestellung,

da bei fünf Patienten präoperativ keine BÜS vorhanden waren. Somit war nur für 69 Fälle eine Analyse der Veränderung des FO-Verhältnisses zur Gegenseite im Verlauf von prä- zu postoperativ möglich (siehe Abbildung 25 und Abbildung 27).

Veränderung des FO von prä- zu postoperativ im Vergleich zur Gegenseite

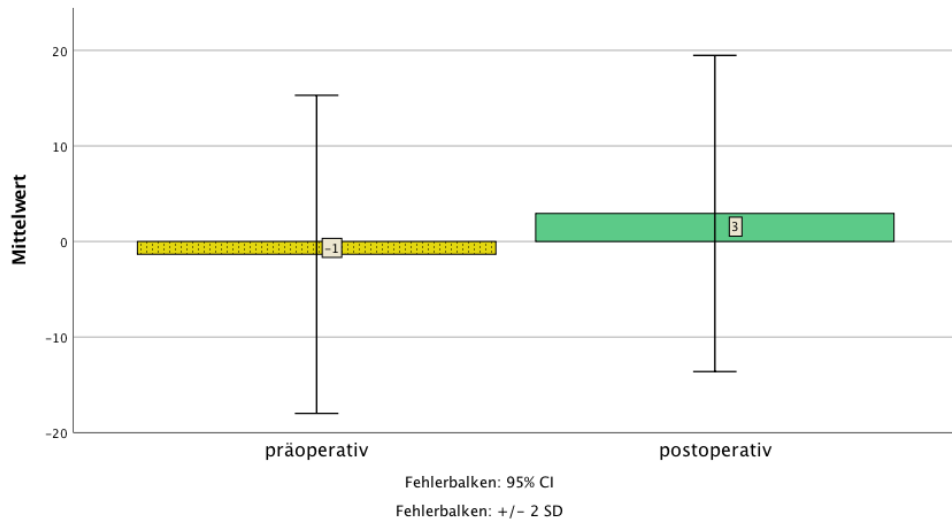


Abbildung 25: *Veränderung des FO von prä- zu postoperativ im Vergleich zur Gegenseite (Kasus 2)*
Erläuterung: *Relativ zur Gegenseite betrachtet, zeigt sich eine Vergrößerung des FO der operierten Seite. Trotz signifikanter Ergebnisse ist anzunehmen, dass die Aussagekraft der Analyse aufgrund der großen Streuung der einzelnen Werte fraglich bleibt.*

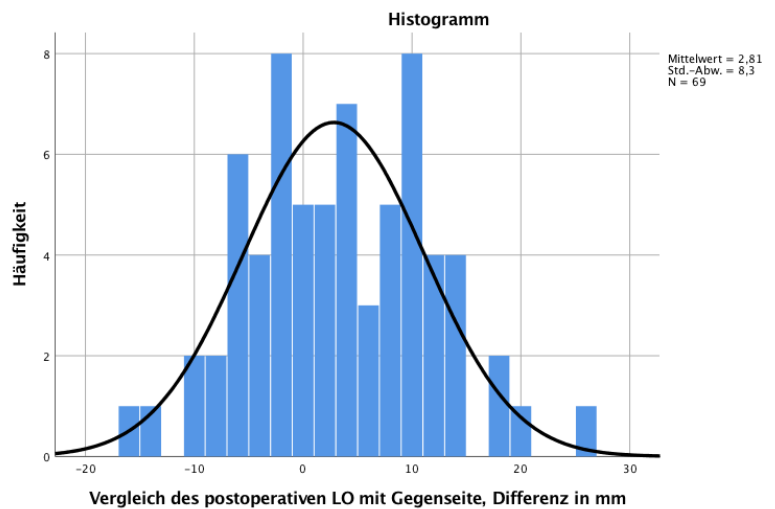


Abbildung 26: *Histogramm: Differenz zwischen postoperativem FO der operierten Seite im Vergleich zur nicht operierten Seite. (FO=LO in der Abb.)*

Wie in Abbildung 25 zu sehen ist, zeigte sich insgesamt eine signifikante Vergrößerung des FO im Verhältnis zur Gegenseite von prä- zu postoperativ. Die Differenz betrug (M) 4,275 mm (SD 9,65; $p < 0,001$). Anhand der Streuung der Werte ist zu erkennen, dass das Patientenkollektiv interindividuell erneut große Unterschiede aufwies. Es konnten daher wieder Gruppen unterschieden werden, bei denen aufgrund des neuen FO auf der operierten Seite, ein größerer, kleinerer oder unveränderter Wert im Vergleich zur Gegenseite zu messen war (siehe Abbildung 27).

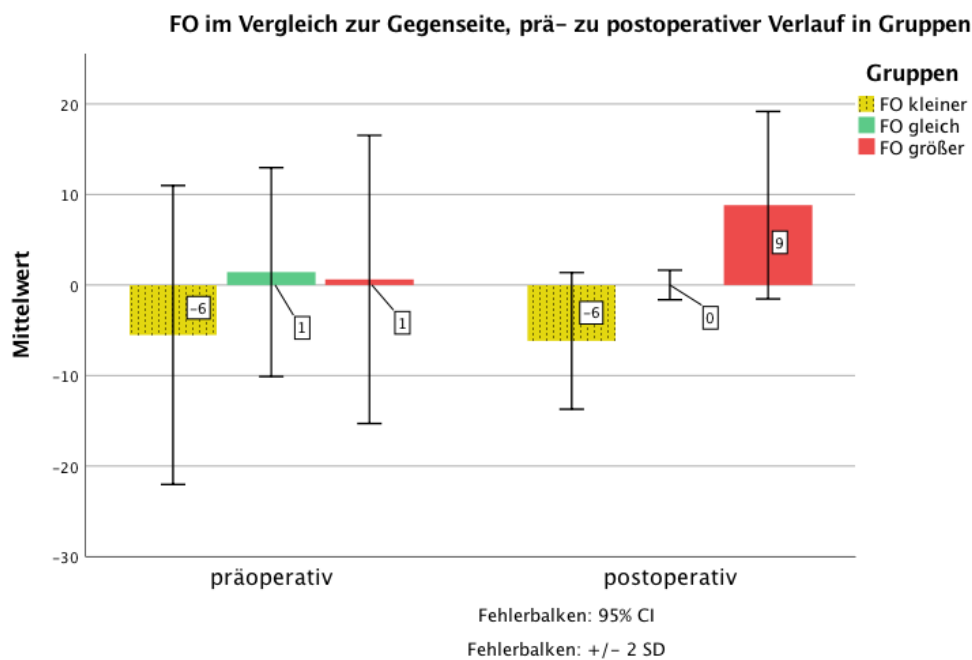


Abbildung 27: Veränderung des FO von prä- zu postoperativ im Vergleich zur Gegenseite. Betrachtung des Verlaufs in Gruppen (Kasus 2)

Erläuterung: Dargestellt ist das Verhältnis des FO auf der operierten Seite im Vergleich zur Gegenseite prä- und postoperativ. Hierbei fällt auf, dass die Fälle, bei welchen sich postoperativ ein verkleinertes oder unverändertes FO zeigte, auch präoperativ ein ähnliches Verhältnis zur Gegenseite abbildeten. Lediglich die Gruppe mit vergrößertem FO hatte präoperativ einen deutlich kleineren Unterschied zur Gegenseite als postoperativ.

Diese Unterteilung in drei Gruppen wurde auch vorgenommen, um einen Zusammenhang mit dem klinischen Outcome zu untersuchen (siehe 3.4). Hierfür wurde wie bereits zuvor ein Grenzwert von [4 mm] gewählt. Dabei galt das FO als unverändert, wenn sich der gemessene Wert zur Gegenseite um nicht mehr als 4 mm unterschied. Eine Vergrößerung wurde mit einer Zunahme von mehr als 4 mm definiert und eine Verkleinerung bei einer Abnahme um mehr als 4 mm. Zur Verdeutlichung werden in Abbildung 28 noch einmal die Gruppen für den postoperativen Vergleich von FO der

operierten Seite zur Gegenseite dargestellt. Ein kleineres FO zeigte sich in 32,4%, ein angeglichenes FO in 10,8%, und ein vergrößertes FO in 56,7% der Fälle.

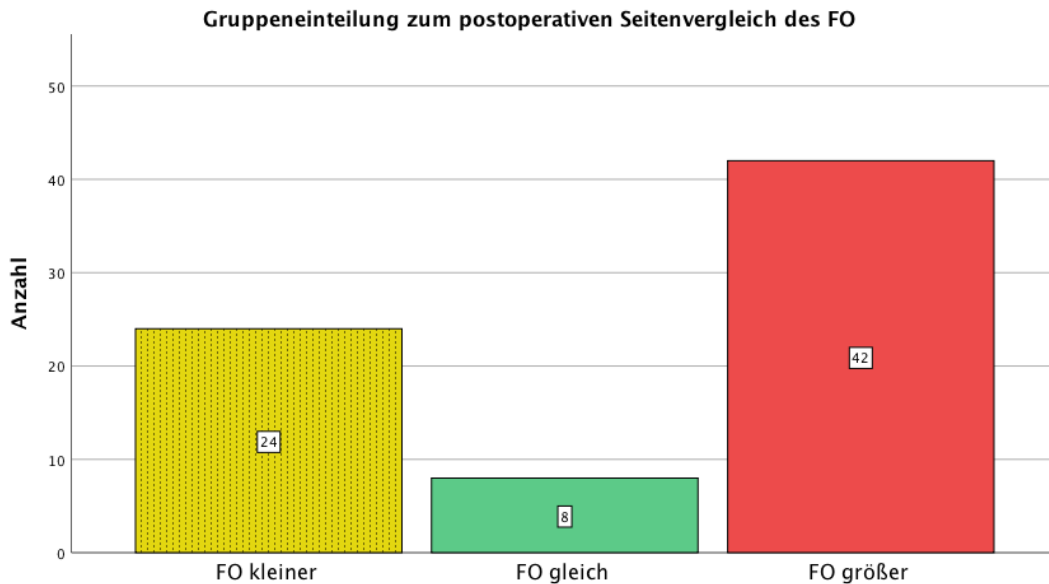


Abbildung 28:

Gruppeneinteilung zum postoperativen Seitenvergleich (Kasus2)

Erläuterung: Als Einteilung in die einzelnen Gruppen diente ein Grenzwert von |4 mm|. Eine Abweichung des FO zur Gegenseite von weniger als 4 mm wurde als unverändertes FO im Vergleich zur Gegenseite definiert. Ein kleineres FO zeigte sich in 32,4%, ein angeglichenes FO in 10,8%, und ein vergrößertes FO in 56,7% der Fälle.

Außerdem wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen der Vergrößerung bzw. Verkleinerung des FO von prä- zu postoperativ auf der operierten Seite und der Vergrößerung bzw. Verkleinerung im Vergleich zur nicht-operierten Gegenseiten bestand. D.h. ob beispielsweise die Personen, bei denen sich postoperativ ein vergrößertes FO im Vergleich zu präoperativ zeigte, die gleichen Personen waren, welche auch postoperativ im Vergleich zur nicht operierten Gegenseite ein vergrößertes FO aufwiesen. Für diese Analyse konnten 69 Fälle betrachtet werden. Es zeigte sich im Chi-Quadrat-Test, dass ein Unterschied zwischen erwartetem und tatsächlichem Wert in der Kreuztabelle sehr wahrscheinlich angenommen werden konnte ($p=0,002$). Dies bestätigte die Annahme, dass ein Zusammenhang zwischen einer Vergrößerung von prä- zu postoperativem FO der operierten Seite und dem postoperativen FO im Vergleich zur Gegenseite bestand.

Man kann daher annehmen, dass sich die Gruppen hinsichtlich der darin befindlichen Fälle in großen Teilen decken und somit hinsichtlich des klinischen Outcomes ähnliche Ergebnisse für beide Korrelationen ergeben müssten. Ist dies nicht der Fall, kann man

die Überlegung anstellen, ob eines der beiden Faktoren, nämlich die Angleichung des FO an die Gegenseite oder eben die Angleichung des FO an den präoperativen Wert, in seinem Einfluss auf das klinische Outcome überwiegt.

Tabelle 13: Kreuztabelle zum Gruppenvergleich: Kasus 1 und Kasus 2

Erläuterung: Die Kreuztabelle zeigt im Zusammenhang mit dem Ergebnis des Chi-Quadrat-Tests ($p=0,002$), dass sich die Gruppen zu Kasus 1 und Kasus 2 hinsichtlich der darin befindlichen Patienten in großen Teilen decken. (1=verkleinert, 2=unverändert, 3=vergrößert)

Kreuztabelle zum Gruppenvergleich

			Gruppen: Kasus 1 (FO-Veränderung von prä- zu postoperativ)			Gesamt (Anzahl)
			1	2	3	
Gruppen: Kasus 2 (Seitenver- gleich des postoperativen FO)	verkleinert	Anzahl	9	8	7	24
		Erwartete Anzahl	5,2	5,6	13,2	24,0
	unverändert	Anzahl	3	2	2	7
		Erwartete Anzahl	1,5	1,6	3,9	7,0
	vergrößert	Anzahl	3	6	29	38
		Erwartete Anzahl	8,3	8,8	20,9	38,0
Gesamt	Anzahl	15	16	38	69	
	Erwartete Anzahl	15,0	16,0	38,0	69,0	

3.4 Korrelation zum klinischen Outcome

Für die Auswirkungen der Veränderung des FO auf das klinische Outcome, wurden die Studienteilnehmer in die drei oben erläuterten Gruppen eingeteilt (siehe Abbildung 23 und Abbildung 28).

3.4.1 Korrelation zwischen klinischem Outcome und der Veränderung des Femoralen Offsets von prä- zu postoperativ

3.4.1.1 Korrelation zum Harris Hip Score

Untersucht wurden 52 Fälle. Da die Werte des HHS nicht normalverteilt waren, wurde der Spearman-Test zur Korrelation angewandt. Wie in Tabelle 14 zu sehen ist, scheint sich bei zunehmender Vergrößerung des FO postoperativ eine Zunahme des HHS abzuzeichnen. Es besteht jedoch keine statistische Signifikanz.

Tabelle 14 *Korrelation zwischen der Veränderung des FO auf der operierten Seite (Kasus 1) und der Summe des HHS*

Erläuterung: Der Korrelationskoeffizient von 1,00 bezeichnet, dass der HHS direkt proportional zur positiven Veränderung des FO – also zur Vergrößerung – ansteigt. Bei $p=0,417$ besteht jedoch kein signifikanter Zusammenhang.

		<u>Korrelationen</u>		
			Summe HHS	Veränderung des FO auf OP-Seite
Spearman- Rho	Summe HHS	Korrelationskoeffizient	1,000	0,115
		Sig. (2-seitig)	.	0,417
		N	52	52
	Veränderung des FO auf Op-Seite	Korrelationskoeffizient	0,115	1,000
		Sig. (2-seitig)	0,417	.
		N	52	52

Betrachtet man Abbildung 29, zeigt sich der höchste Mittelwert (HHS) bei den Patienten, welche keine relevante Veränderung des FO erfahren haben. Der Median liegt hier mit 86 Punkten um 2 Punkte höher als bei einer Vergrößerung des FO (84 Punkte) und sogar um 14 Punkte höher als bei einer Verkleinerung des FO (siehe Tabelle 15). Die Streuung der Ergebnisse des HHS ist in der Gruppe mit vergrößertem FO am weitesten. Es haben aber nur wenige Fälle eine besonders niedrige Punktzahl, also ein sehr schlechtes Ergebnis.

3 | Ergebnisse

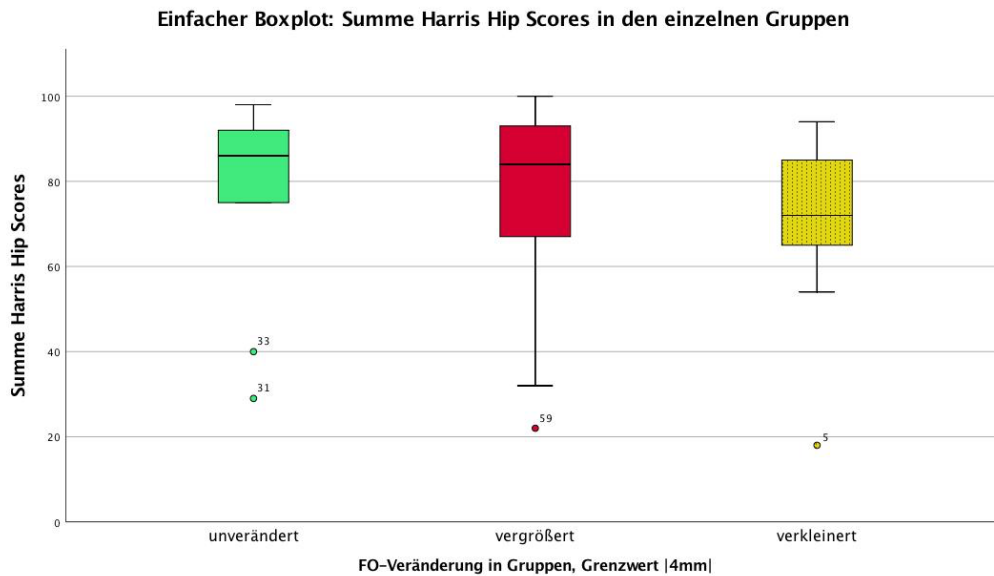


Abbildung 29: Einfacher Boxplot: Darstellung der Summe des HHS (in Punkten) mit Mittelwerten in den einzelnen Gruppen zu Kasus 1

Erläuterung: Es zeichnet sich in den beiden Gruppen mit vergrößertem und unverändertem FO ein höherer Wert ab als in der Gruppe mit verkleinertem FO. Die Streuung ist jedoch in der Gruppe mit vergrößertem FO am weitesten.

Tabelle 15: Mittelwerte des HHS in den Gruppen zu Kasus 1

Erläuterung: Mittelwert, Median, Minimum, und Maximum sind in Punktzahlen angegeben.

	FO-Veränderung in Gruppen, Grenzwert 4mm			Insgesamt
	verkleinert	unverändert	vergrößert	
Anzahl	10	9	33	52
Mittelwert	70,10	76,33	78,30	76,38
Median	72	86	84	83,5
Minimum	18	29	22	18
Maximum	94	98	100	100
SD	21,804	24,845	20,308	21,204
SE des <i>M</i>	6,895	8,282	3,535	2,940
Varianz	475,433	617,250	412,405	449,614

Die durchschnittliche Summe *M* des HHS aller 52 Fälle beträgt 76,38 Punkte. Bei den Patienten mit vergrößertem FO zeigte sich dabei ein *M* von 78,30 (22-100 Punkte, *SD* 20,31), welches im Vergleich zum Median höher als in der Gruppe mit unverändertem FO beziffert war (*M* 76,33 Punkte (29-98, *SD* 24,85)). Die Gruppe mit verkleinerten FO

schnitt mit einem M von 70,1 Punkten ($18-94$, SD 21,80) deutlich schlechter ab (siehe Tabelle 15).

Tabelle 16: HHS in Kategorien: Punkteverteilung in den Gruppen zu Kasus 1

			Funktion	Bewegung	Schmerz	Summe
FO - Veränderung	verkleinert	Mittelwert	27,33	187,08°	32,50	68,00
		SD	11,71	27,09	16,80	23,68
		Median	29,50	177,50°	40,00	72,00
		Maximum	45	230°	44	94
		Minimum	6	155°	0	18
		Anzahl	12	12	12	12
	unverändert	Mittelwert	36,50	215,83°	37,67	82,83
		SD	9,48	17,44	13,65	21,67
		Median	37,50	210,00°	44,00	90,00
		Maximum	47	240°	44	98
		Minimum	22	200°	10	40
		Anzahl	6	6	6	6
	vergrößert	Mittelwert	33,38	194,85°	36,82	78,21
		SD	10,05	37,24	13,95	20,01
		Median	35,00	190,00°	44,00	83,50
		Maximum	47	295°	44	100
		Minimum	15	140°	0	22
		Anzahl	34	34	34	34

Betrachtet man nun innerhalb des HHS die einzelnen Kategorien Beweglichkeit, Funktion und Schmerz, fällt auf, dass die Gruppe mit unverändertem FO sowohl hinsichtlich der Funktion (M 36,5 Punkte, 22-47 Punkte), als auch der Bewegung (M 215,83°, 200°-240°) und der Schmerzqualität (M 37,67 Punkte, 10-44 Punkte) am besten abschnitten. In der Gruppe mit vergrößertem FO präsentierten sich die Ergebnisse jedoch nicht wesentlich schlechter. Es zeigte sich dabei vor allem keine signifikant abweichende Tendenz innerhalb einer Kategorie. Ein verkleinertes FO brachte in allen Fällen das schlechteste klinische Outcome hervor (siehe Tabelle 16).

3.4.1.2 Korrelation zum Score nach Merle d'Aubigné und Postel

Für diese Analyse konnten 54 Fälle berücksichtigt werden. In Tabelle 17 sind die Ergebnisse des MdAS in den jeweiligen Gruppen bzgl. der FO-Veränderung aufgeführt. Dabei fällt auf, dass ähnlich zum HHS vor allem die Gruppen mit unverändertem und vergrößertem FO ein besseres Testergebnis im Gesamtscore aufwiesen. Am besten

schnitt dabei die Gruppe mit vergrößertem FO in der Kategorie „Bewegung“ ab. Die geringsten Schmerzen zeigten sich jedoch in der Gruppe mit unverändertem FO, wobei sich hier die Werte nur marginal in allen drei Gruppen unterschieden.

Tabelle 17: Punkteverteilung des MdAS in den Gruppen zu Kasus 1

			Bewegung	Schmerz	Summe
FO - Veränderung	verkleinert	Mittelwert	5,00	4,15	11,85
		SD	,82	2,08	4,20
		Median	5	5	12
		Maximum	6	6	17
		Minimum	3	0	5
		Anzahl	13	13	13
	unverändert	Mittelwert	5,38	5,13	15,00
		SD	,74	1,64	3,51
		Median	6	6	17
		Maximum	6	6	18
		Minimum	4	2	9
		Anzahl	8	8	8
	vergrößert	Mittelwert	5,55	4,82	15,00
		SD	,67	1,55	2,68
		Median	6	6	16
Maximum		6	6	18	
Minimum		4	2	8	
Anzahl		33	33	33	

In der Korrelation im Spearman-Test zeichnete sich dabei ab, dass eine zunehmend positive Veränderung des FO auch zu einem signifikant besseren Ergebnis in der Kategorie Beweglichkeit und im Gesamtscore des MdAS führte. Interpretiert man das Ergebnis des Spearman-Tests unter Berücksichtigung der in Tabelle 17 aufgelisteten Werte, bedeutet im Umkehrschluss vor allem eine Verkleinerung des postoperativen FO eine Verschlechterung des klinischen Outcomes. Eine zusätzliche Verbesserung zeichnete sich bei vergrößertem FO im Vergleich zum unveränderten FO nicht eindeutig ab.

3.4.1.3 Korrelation zur Visuellen Analogskala

Es konnten 72 Fälle betrachtet werden. In der Gruppe mit einem verkleinerten FO zeigte sich der höchste VAS-Score mit einem M von 1,0 (0-8 Punkte, SD 2,34). Am wenigsten Schmerzen hatten Patienten mit nahezu unverändertem FO postoperativ

($M=0,00$ Punkte, $0-0$, $SD 0$). Patienten mit vergrößertem FO gaben häufiger Schmerzen an, lagen aber mit einem M von $0,74$ ($0-6$ Punkte, $SD 1,89$) etwas unter der Gruppe mit verkleinertem FO.

Mittelwert des VAS nach Gruppen

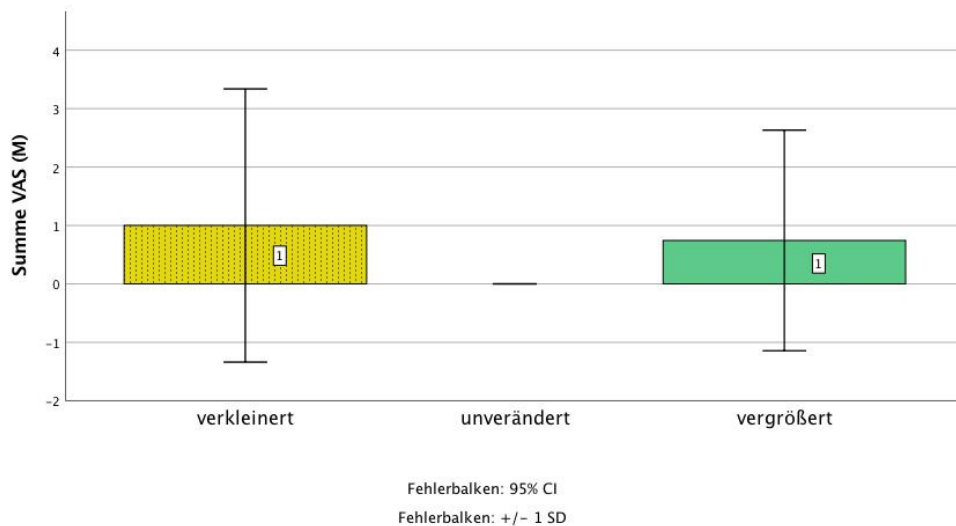


Abbildung 30:

Mittelwert des VAS aufgeteilt nach Gruppen zu Kasus 1

Erläuterung: In der Gruppe mit einem verkleinerten FO zeigte sich der höchste VAS-Score mit $1,0$. Am wenigsten Schmerzen hatten die Patienten mit nahezu unverändertem FO postoperativ ($M=0,0$). Patienten mit vergrößertem FO gaben häufiger Schmerzen an, lagen aber mit einem M von $0,74$ etwas unter der Gruppe mit verkleinertem FO.

Tabelle 18: Mittelwerte des VAS in den Gruppen zu Kasus 1

		Gruppeneinteilung FO-Veränderung, Grenzwert 4mm		
		verkleinert	unverändert	vergrößert
VAS	Anzahl	16	17	39
	Mittelwert	1,00	0,00	0,74
	Median	0	0	0
	Maximum	8	0	6
	Minimum	0	0	0
	SD	2,34	0,00	1,89
	SE des <i>M</i>	0,58	0,00	0,30
	Varianz	5,47	,00	3,56

Eine erneute Zunahme der Summe des VAS in der Gruppe der Patienten mit vergrößertem FO könnte durch den vergrößerten Hebelarm des Trochanter major erklärbar sein. Aufgrund der Lateralisierung kann es hier postoperativ zu vermehrten Schmerzen kommen (siehe 1.2, Seite 2).

3.4.2 Korrelation zwischen klinischem Outcome und postoperativem Femoralen Offset im Vergleich zur Gegenseite

Für die Korrelation von Klinik und postoperativem FO im Vergleich zur Gegenseite wurde die in Abbildung 28 (S.40) dargestellte Gruppeneinteilung verwendet.

3.4.2.1 Korrelation zum Harris Hip Score

Für die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Summe des HHS und der Veränderung des FO im Vergleich zur Gegenseite konnten 54 Fälle betrachtet werden. (siehe

Tabelle 19)

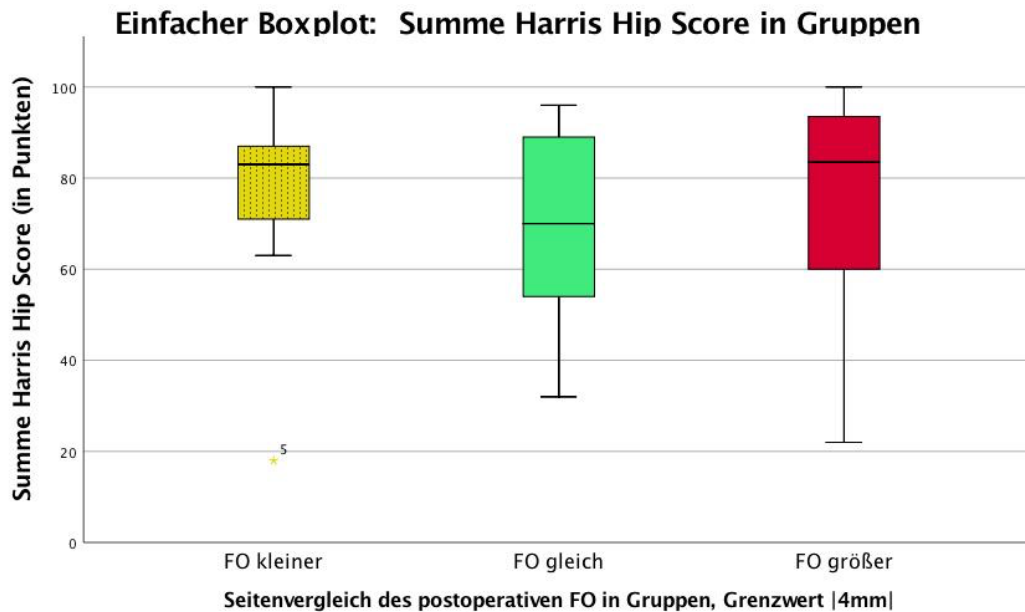


Abbildung 31: *Boxplot: Gesamtergebnis des HHS in den Gruppen zu Kasus 2*
Erläuterung: Mittelwert des HHS in den einzelnen Gruppen: Gelb: Verkleinertes FO mit $M=76,94$ Punkte. Grün: Gleichbleibendes FO mit $M=68,2$ Punkte. Gelb: Vergrößertes FO mit $M=75,28$ Punkte.

Es zeigt sich hier in der Gruppe mit postoperativ verkleinertem FO ein deutlich besseres Ergebnis mit einem M von 76,94 Punkten ($18-100$, $SD 18,36$) als in der Gruppe mit gleichbleibendem FO ($M=68,20$, $32-96$, $SD 26,08$). Jedoch ist die Fallzahl in der Gruppe mit gleichbleibendem FO mit $N=5$ derart klein, dass diese nur fraglich repräsentativ ist. Bei vergrößertem FO zeichnete sich dabei wieder ein deutlich besseres Ergebnis mit einem M von 75,28 Punkten ($22-100$, $SD 23,83$) ab.

Es wurde bereits zuvor analysiert, dass das Patientenkollektiv in beiden Gruppeneinteilung weitestgehend deckungsgleich ist (vgl. 3.3.2, Tabelle 13, S.41). Dabei fiel der HHS bei der Betrachtung der FO-Veränderung von prä- zu postoperativ in der Gruppe mit einer Verkleinerung des FO deutlich schlechter aus als bei einer Verkleinerung des FO im Vergleich zur Gegenseite. Hingegen zeigte sich bei gleichbleibendem FO von prä- zu postoperativ ein deutlich besseres Ergebnis im HHS als bei gleichbleibendem FO im Vergleich zur Gegenseite. Lediglich die Gruppe mit vergrößertem FO zeigte in beiden Fällen ein gutes Ergebnis.

Betrachtet man nun jedoch wieder die Kategorien des HHS gesondert, bildet sich innerhalb der Gruppen keine einheitliche Tendenz ab. Dabei waren Beweglichkeit und Funktion vor allem bei angeglichenem FO, aber auch bei größerem FO im Vergleich zur Gegenseite, besser als bei verkleinertem FO. Lediglich die Schmerzen schienen

bei verkleinertem FO deutlich weniger zu sein als in den beiden anderen Gruppen, woraus sich das bessere Gesamtergebnis der Gruppe mit kleinerem FO im Vergleich zur Gegenseite errechnet (siehe

Tabelle 19).

Tabelle 19: Mittelwerte des HHS (Funktion, Bewegung, Schmerz und Gesamtsumme) in den Gruppen zu Kasus 2

Erläuterung: Mittelwert, Median, Min., und Max. sind in den Kategorien Funktion, Schmerz und Gesamtsumme in Punkten angegeben.

			Funktion	Bewegung	Schmerz	Summe
Seitvergleich (Grenzwert 4mm)	FO kleiner	Mittelwert	30,00	190,59	38,71	76,94
		SD	10,05	32,25	11,89	18,63
		Median	32,00	190,00	44,00	83,00
		Maximum	47	240	44	100
		Minimum	11	140	0	18
		Anzahl	17	17	17	17
	FO gleich	Mittelwert	30,80	209,00	28,80	68,20
		SD	16,51	17,82	18,63	26,08
		Median	36,00	210,00	40,00	70,00
		Maximum	47	235	44	96
		Minimum	6	185	0	32
		Anzahl	5	5	5	5
	FO größer	Mittelwert	32,53	194,53	34,88	75,28
		SD	11,52	41,86	15,31	23,83
		Median	34,00	192,50	44,00	83,50
		Maximum	47	295	44	100
		Minimum	5	95	0	22
		Anzahl	32	32	32	32

3.4.2.2 Korrelation zum Score nach Merle d'Aubigné und Postel

Es konnten für die Analyse 57 Fälle betrachtet werden. Dabei zeichnete sich in der Gruppe mit postoperativ angeglichenem FO sowohl in der Gesamtsumme (M 16,17 Punkte, 15-17 Punkte, SD 0,75), als auch in der Kategorie Schmerz (M 5,83 Punkte, 5-6 Punkte, SD 0,41) das beste Ergebnis ab. In der Kategorie Bewegung wiesen die einzelnen Gruppen nur marginale Unterschiede auf, wobei bei einem vergrößertem FO im Vergleich zur Gegenseite (M 5,61 Punkte, 4-6 Punkte, SD 0,62) etwas bessere Ergebnisse erzielt wurden als in den anderen beiden Gruppen (siehe Tabelle 20, Seite 50).

Tabelle 20: Mittelwerte des MdAS (mit Aufführung der Kategorien Schmerz und Bewegung, sowie der Gesamtsumme) in den Gruppen zu Kasus 2

			Bewegung	Schmerz	Summe
Seitenver- gleich	FO kleiner	Mittelwert	5,15	4,45	13,10
		SD	,88	1,88	3,55
		Median	5,00	5,50	12,50
		Maximum	6	6	18
		Minimum	3	0	5
		Anzahl	20	20	20
	FO gleich	Mittelwert	5,17	5,83	16,17
		SD	,41	,41	,75
		Median	5,00	6,00	16,00
		Maximum	6	6	17
		Minimum	5	5	15
		Anzahl	6	6	6
	FO größer	Mittelwert	5,61	4,58	14,45
		SD	,62	1,67	3,39
		Median	6,00	6,00	15,00
		Maximum	6	6	18
		Minimum	4	2	5
		Anzahl	31	31	31

3.4.2.3 Korrelation zur Visuellen Analogskala

Es wurden 74 Fälle betrachtet. Hierbei zeigte sich in der Gruppe mit verkleinertem FO im Vergleich zur Gegenseite mit einem M von 0,46 Punkten (0-5 Punkte, SD 1,28) ein deutlich besseres Ergebnis hinsichtlich der Schmerzsymptomatik als in der Gruppe mit gleichem FO ($M=1,00$, 0-8 Punkte, SD 2,83) oder mit vergrößertem FO ($M=0,86$, 0-6, SD 2,03). Das Ergebnis weist eine ähnliche Diskrepanz zwischen Kasus 1 (FO-Vergleich prä- zu postoperativ) und Kasus 2 (postoperatives FO im Seitenvergleich) auf, wie es bei der Korrelation zum HHS zu sehen war. Auch hier zeigt sich wieder in der Gruppe mit angeglichenem FO im Seitenvergleich eine nur sehr geringe Anzahl an Fällen ($N=8$) (siehe Tabelle 21).

Tabelle 21: Mittelwerte des VAS in den Gruppen zu Kasus 2.

		Seitvergleich FO in Gruppen			
		FO kleiner	FO gleich	FO größer	Gesamt
VAS	Anzahl	24	8	42	74
	Mittelwert	0,46	1,00	0,86	0,74
	Median	0	0	0	0
	Maximum	5	8	6	8
	Minimum	0	0	0	0
	SD	1,28	2,83	2,03	1,91
	SE des <i>M</i>	0,26	1,00	0,31	0,22
	Varianz	1,65	8,00	4,13	3,65

3.5 Untersuchung des Globalen Offset

Bei genauer Betrachtung ist die Aussagekraft eines vergrößerten FO, GO oder AO nur relativ, da man diese immer in Abhängigkeit von der gleichzeitigen Veränderung der anderen beiden Parameter stellen muss. Das GO entspricht zwar nicht immer exakt der Summe aus AO und FO, da sich diese nicht immer als Parallelen zueinander verhalten (siehe Abbildung 9, S. 21). Man kann dennoch behaupten, dass die Summe aus AO und FO in etwa das GO wiedergibt.

Als Formel veranschaulicht: $GO \approx AO + FO$

Das GO ist insofern ein wichtiger Parameter, als dass er sowohl das FO berücksichtigt, welches durch das Implantat und die Platzierung im Femur beeinflusst wird, als auch das AO, welches durch die Lage der neuen Hüftpfanne verändert werden kann. Daher kann unter Umständen ein postoperativ unverändertes FO bei tief verankerter Hüftpfanne dennoch ein insgesamt deutlich verkleinertes GO bedeuten. Diese Tatsache stellt die Interpretation der Ergebnisse vor eine große Schwierigkeit und ihr konnte bei der gezielten Betrachtung und Analyse des FO keine Beachtung geschenkt werden. Geht man davon aus, dass in einigen Fällen tatsächlich ein verkleinertes GO trotz unverändertem oder gar vergrößertem postoperativen FO aufgrund eines verkleinerten AO entstanden ist, gilt zu klären, ob dies ebenfalls einen Einfluss auf das klinische Outcome hatte. Im Folgenden wurde daher untersucht, inwieweit sich bei vorliegenden

Daten ein konstanter Zusammenhang zwischen FO, GO und AO nachweisen ließ. Als Anhaltspunkt diente die Grenze von 4 mm.

Verhältnis von FO, AO und GO zueinander:

Ein Fall wurde als „*konstant*“ eingestuft, wenn sich die Veränderung des GO in einem ähnlichen Ausmaß verhielt, wie die zugehörige Veränderung des FO. D.h. beispielsweise, dass ein Patient mit postoperativ vergrößertem FO (also Zunahme um mehr als 4 mm) auch ein postoperativ vergrößertes GO (ebenfalls Zunahme um mehr als 4 mm) aufwies. Als „*leichte Abweichung*“ wurden Fälle gewertet, in denen die 4 mm Grenze nicht klar über- oder unterschritten wurde, jedoch sowohl GO als auch FO zumindest tendenziell die gleiche Veränderung nachweisen ließen. Beispielsweise wurde ein FO postoperativ mit einer Verkleinerung von -6 mm gemessen, und das GO aufgrund eines vergrößerten AO postoperativ nur um -3 mm verkleinert. Als „*starke Abweichung*“ wurden die Fälle eingestuft, in welchen es aufgrund eines stark veränderten AO postoperativ zu einem gegensätzlichen Verhältnis von GO und FO kam, also beispielsweise ein vergrößertes FO aufgrund eines stark verkleinerten AO gleichzeitig zu einem verkleinerten GO führte. Im zuletzt genannten Fall ist die Konsequenz, eine Lateralisierung des Hüftkopfmittelpunkts mit all seinen klinischen Folgen, welche in zuvor durchgeführten Analysen zum FO angenommen wurden, nicht mehr gegeben.

Dabei zeigte sich bei 73,3% der untersuchten Fälle ein konstantes Verhältnis von FO und GO. In 18,7% der Fälle war nur eine leichte Abweichung der GO-Veränderung im Vergleich zur FO-Änderung zu beobachten und in nur 8% kam es zu einer starken Abweichung. Es kann also in der großen Mehrzahl der Fälle davon ausgegangen werden, dass die Interpretation der Ergebnisse stimmig zu den tatsächlichen statischen Gegebenheiten der betroffenen Hüftgelenke war.

3.6 Einfluss von Alter und BMI auf das klinische Outcome

Es wurde bereits unter dem Gliederungspunkt 3.2.4 beim Vergleich der klinischen Scores untereinander festgestellt, dass neben den statischen Parametern auch das Alter einen Einfluss auf das klinische Outcome hatte. In einer Pearson-Korrelation von 53 Patienten, bei welchen alle drei erhobenen klinischen Scores vollständig vorliegend waren, zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen einem höheren Alter und einem schlechteren Ergebnis im HHS sowie im MdAS. Vor allem in den Kategorien Bewegung und Schmerz in beiden Scores kann bei zunehmendem Lebensalter ein

schlechteres klinisches Outcome angenommen werden. Der VAS zeigte keinen signifikanten Zusammenhang, bildete jedoch eine ähnliche Tendenz ab.

Im Hinblick auf den BMI konnte keine signifikante Korrelation zum klinischen Outcome festgestellt werden. Die Patienten gaben zwar mit steigendem BMI tendenziell eine höhere Punktzahl im VAS an, schnitten dadurch in den anderen Scores jedoch nicht schlechter ab. Auffällig war außerdem, dass jüngere Patienten signifikant adipöser als ältere Patienten waren.

3.7 Messgenauigkeit

Zur Beurteilung der Messgenauigkeit konnten in 68 Fällen das unveränderte FO der nicht operierten Gegenseite jeweils in der prä- und postoperativen Röntgenaufnahme vermessen werden. Dabei konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen den prä- und postoperativ gemessenen Werten mittels bivariater Korrelation nach Pearson festgestellt werden (siehe Tabelle 22, S. 53). Es wurde ein Messfehler von 0,3 mm +/- 3,4 mm festgestellt. Hierdurch kann man in vorliegender Arbeit von einer ausreichenden Reproduzierbarkeit der ermittelten Werte ausgehen.

Tabelle 22: Korrelation des prä- und postoperativen FO der unveränderten Gegenseite

Erläuterung: Bivariate Korrelation nach Pearson: In der Tabelle sieht man einen signifikanten Zusammenhang zwischen den prä- und postoperativ gemessenen Werten.

** : Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

		FO der Gegenseite	
		präoperativ	postoperativ
FO der Gegenseite präoperativ	Korrelation nach Pearson	1	,859**
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N	68	68
FO der Gegenseite postoperativ	Korrelation nach Pearson	,859**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,000	
	N	68	68

4 Diskussion

Die Revisionsendoprothetik gewinnt in der Orthopädie aufgrund der längeren durchschnittlichen Lebenserwartung der Patienten und der frühzeitigeren Hüft-TEP Implantationen immer mehr an Bedeutung. Hierbei ist ebenso wie bei Primärimplantation der Erhalt anatomischer Gegebenheiten oberstes Ziel, um beispielsweise einem Impingement oder einer Abduktoreninsuffizienz vorzubeugen. Die Bedingungen sind jedoch aufgrund der bereits voroperierten Hüfte oft deutlich erschwert. In der Literatur wird vorherrschend die Meinung vertreten, dass eine suffiziente Offset-Rekonstruktion essenziell für ein gutes Operationsergebnis mit optimaler Funktion des Hüftgelenks ist (24, 30, 52).

Es wurden bereits viele Studien durchgeführt, die sich mit dem FO in der Endoprothetik bei Primärimplantation einer Hüft-TEP beschäftigt haben (17, 18, 24, 25, 28, 32-34, 53). Außerdem wurde in der Vergangenheit mehrfach die Eignung verschiedenster modularer Hüftprothesen in der Revisionsendoprothetik untersucht. Die Studie von J. V. Woelfle et al. (54) beschäftigt sich explizit mit der Merete®Bioball®-Prothese bei Revisions-H-TEP-Implantationen bzgl. ihres klinischen Outcomes und der FO- und Beinlängen-Rekonstruktion. Es wurde aber lediglich ein kleines Patientenkollektiv von nur 18 Studienteilnehmern untersucht und diese wiederum nicht in Gruppen hinsichtlich ihrer FO-Veränderung aufgeteilt. Es konnte eine Verbesserung des FO und der BLD postoperativ beschrieben und somit die Eignung der Merete®Bioball®-Prothese in der Revisionsendoprothetik bestärkt werden. Das allgemein schlechte klinische Outcome in besagter Studie wurde auf das sehr alte und multimorbide Patientenkollektiv zurückgeführt. Auch C. Restrepo et al. (55) und B. Rath et al. (56) sahen in ihren Studien einen Vorteil in der Verwendung von modularen Hüftendoprothesen in der Revisionsendoprothetik.

Es wurden bisher keine Studien publiziert, welche die Veränderung des FO und dessen Auswirkung auf das klinische Outcome nach Hüftprothesenwechsel analysiert haben. Somit handelt es sich hier um die erste Studie, welche das FO hinsichtlich seiner Rekonstruktion und dessen Outcome in der Revisionsendoprothetik betrachten konnte. Ähnliche Untersuchungen gibt es zu diesem Zeitpunkt noch nicht, wodurch eine Interpretation der Ergebnisse und Vergleich zu anderen Studien hauptsächlich im Hinblick auf eine primäre H-TEP- Implantation vorgenommen werden konnte.

4.1 Interpretation der Ergebnisse

4.1.1 Rekonstruktion des Femoralen Offset

In dieser Arbeit wurde untersucht, inwieweit eine Rekonstruktion des FO in der Hüftprothesenrevision umgesetzt werden konnte. Es zeigte sich bei 22,6% postoperativ ein nahezu gleichgroßes FO in der Vermessung. In 54% kam es zu einer Zunahme und in 22% zu einer Abnahme des FO. In der Gruppe mit vergrößertem FO ergab sich eine gemittelte Größenzunahme um 10,69 mm, bei Verkleinerung ein gemittelter Wert von 6,69 mm.

Im Vergleich zur nicht operierten Gegenseite war bei 32,4% ein kleineres FO, bei 10,8% ein angeglichenes FO, und in 56,7% der Fälle ein vergrößertes FO postoperativ zu messen. Es konnte gezeigt werden, dass es sich bei den Patienten mit postoperativ vergrößertem FO im Vergleich zur Gegenseite um die gleichen Personen handelte, welche auch eine Vergrößerung des FO von prä- zu postoperativ erfahren hatten und umgekehrt. Es wurde in dieser Studie nicht unterschieden, ob es sich bei der nicht operierten Gegenseite noch um ein natives oder bereits um ein künstliches Gelenk handelte. Hierdurch fehlt in vielen Fällen die Relation zum nativen FO. Berücksichtigt man jedoch die Tatsache, dass auch ein noch nicht operierter Patient statische Unterschiede in der Anatomie seines Hüftgelenks aufweist, relativiert sich der Sachverhalt. S. P. Krishnan et al. (57) haben in einer Studie von 2006 gezeigt, dass sich das FO intraindividuell um 4,6 mm unterscheiden kann.

Zusätzlich zum FO als alleinstehenden statischen Parameter, wurden das GO und das in diesen Wert einfließende AO betrachtet. Dabei wurde bestätigt, dass bei der Mehrzahl der Patienten, die Veränderung des GO in ähnlichem Maße stattgefunden hatte, wie die Änderung des FO. Nur in 8% kam es zu einer starken Abweichung.

Vergleicht man die Methodik der vorliegenden Studie mit anderen, so findet man bei vielen – wie beispielsweise K. A. Cassidy et al. (53), T. Renkawitz et al. (58), N. J. Little et al. (59) und weiteren (24, 28) – ebenfalls 4-5 mm als Grenzwert zur Unterscheidung zwischen einem verkleinerten, vergrößertem oder gleichbleibenden FO. Diese Studien beschäftigten sich ebenfalls mit der Veränderung des FO von prä- zu postoperativ. Dabei hatten bei K. A. Cassidy et al. (53) von 249 Patienten 31 Fälle ein verkleinertes, 163 ein gleichbleibendes und 55 Patienten ein vergrößertes FO. Bei T. Renkawitz et al. (58) wurde neben der Rekonstruktion des FO auch die Rekonstruktion der Beinlänge

mit einer Abweichung von weniger als 5 mm zur Gegenseite berücksichtigt. Hier zeigten sich bei insgesamt 60 betrachteten unilateralen Hüftoperationen in 43,3% der Fälle eine rekonstruiertes FO mit gleichzeitiger Beinlängendifferenz unter 5 mm. In 56,7% der Fälle wurde das Ziel nicht erreicht. Bei N. J. Little et al. (59) wurden nur 43 unilaterale Hüft-TEP-Operationen betrachtet, in welchen 53,5% eine Rekonstruktion des FO erfahren durften, während diese bei 46,5% nicht gelang. Bei T. R. Liebs et al. (28) wurden 263 unilaterale Hüft-TEP-Operationen inkludiert, in welcher postoperativ bei 53,9% ein rekonstruiertes FO, in 20,7% ein verkleinertes FO und 25,4% ein vergrößertes FO gemessen wurde.

In allen zuvor aufgeführten Studien wurde das operierte Hüftgelenk mit der nicht operierten Gegenseite verglichen. Eine Rekonstruktion gelang dabei in über 43% der Fälle. Stellt man die Ergebnisse der Rekonstruktion den in der vorliegenden Studie ermittelten Werten gegenüber, ist hier die Gruppe mit vergrößertem FO deutlich stärker vertreten als bei anderen Studien. Dies könnte in der erschwerten Rekonstruktion aufgrund der Revisionssituation, was unter anderem auch die Verwendung eines anderen Prothesenmaterials nach sich zog, begründet sein. In allen Fällen wurden in der vorliegenden Studie kurvierte MRP-Revisionsschäfte verwendet (35).

4.1.2 Korrelation zwischen klinischem Outcome und rekonstruiertem Femoralen Offset

Das klinische Outcome ergab durchschnittlich für alle Patienten ein gutes bis sehr gutes Ergebnis in allen erhobenen Scores. Der HHS stellte sich mit einer durchschnittlichen Gesamtpunktzahl von 75,09 Punkten im oberen Bereich dar. Der MdAS erzielte mit 14,36 Punkten ein gutes Ergebnis. Und mit einem VAS von durchschnittlich 0,71 Punkten konnte ebenfalls ein sehr gutes klinisches Outcome erhoben werden. Alle drei Scores haben sich zur Analyse des klinischen Outcomes bewährt und wurden bereits in vielen Studien verwendet (28, 54, 60-62).

In der vorliegenden Studie ergab die Korrelation des klinischen Outcomes mit den Gruppen „verkleinertes FO“, „vergrößertes FO“ und „gleichbleibendes FO“ unterschiedliche Ergebnisse.

Im HHS erreichte beim Gesamt-Score die Gruppe mit verkleinertem FO das beste Ergebnis. Dies relativierte sich jedoch in der Betrachtung der einzelnen Kategorien. Lediglich in der Kategorie „Schmerz“ zeigten Patienten mit verkleinertem FO ein deutlich besseres Ergebnis. Hinsichtlich der Funktionalität und Beweglichkeit erzielten Patien-

ten mit angeglichenem oder vergrößertem FO bessere Ergebnisse. Ein ähnlicher Zusammenhang stellte sich auch in der Analyse des VAS dar. Hier erreichten ebenfalls Patienten mit verkleinertem FO das beste Ergebnis, während in Fällen mit unverändertem und vergrößertem FO postoperativ vermehrt Schmerzen auftraten. Auch im MdAS war diese Tendenz erkennbar. Hier konnte bei vergrößertem FO die beste Beweglichkeit erzielt werden, während bei verkleinertem FO die Schmerzen geringer waren. Im Gesamtscore des MdAS schnitten sowohl Patienten mit vergrößertem FO, als auch Patienten mit unverändertem FO deutlich besser ab.

Es bleibt festzuhalten, dass vor allem ein signifikant besseres Ergebnis hinsichtlich der Beweglichkeit und Funktionalität für die Gruppe mit gleichbleibendem und vergrößertem FO in allen klinischen Tests (VAS, HHS, MdAS) erzielt wurde. Dieses Phänomen lässt sich mit Blick auf die Biomechanik des Hüftgelenks erklären. Durch die Vergrößerung des FO kommt es zu einem verlängerten Hebelarm der Muskulatur, was grundsätzlich zu einer verbesserten Beweglichkeit und Funktionalität des Gelenkes führt. Dies konnten auch T. Yamaguchi et al. (63) in einer Studie mit 28 Patienten feststellen. Hier wurde nach Hüft-TEP Operation die Muskelkraft des Abduktors gemessen, wobei die Kraft bei Patienten mit rekonstruiertem FO größer war als bei jenen ohne Rekonstruktion.

Ein vergrößertes FO kann jedoch auch aufgrund der Reizung durch den Trochanter major und der Dehnung des Bandapparats und der Muskulatur eine vermehrte Schmerzsymptomatik verursachen. Im Umkehrschluss geht ein verkleinertes FO mit geringeren postoperativen Schmerzen einher. Auch dies deckt sich mit den Ergebnissen vieler Studien zum FO bei primärer Hüftprothesenimplantation. J. Shapira et al. (60) stellten hierzu eine systematische Metaanalyse an, welche in zehn Studien mit insgesamt 1738 Hüftoperationen zeigen konnte, dass das postoperative klinische Outcome im Falle einer Rekonstruktion des FO besser ist als bei verkleinertem oder vergrößertem FO. Hierbei hatten Patienten mit verkleinertem FO eine nochmals höhere Wahrscheinlichkeit für ein schlechteres klinisches Outcome als bei vergrößertem FO. K.A. Cassidy et al. (53) untersuchten mit ähnlicher Methodik bei 249 Patienten das FO und dessen Einfluss auf das klinische Outcome. Zur Beurteilung des klinischen Outcomes wurden der *Short Form 12 Health Survey* und der *Western Ontario McMaster Universities Osteoarthritis Index Physical Function Score (WOMAC)* herangezogen. Auch hier zeigte sich bei verkleinertem FO eine Verschlechterung der Funktionalität

und Beweglichkeit. Außerdem wurde hier keine signifikante Verschlechterung der Funktion und Schmerzsymptomatik bei vergrößertem FO gesehen.

Auch bei I. Asayama et al. (18), BJ McGrory et al. (64) sowie in vielen weiteren Studien, welche das FO bei primärer Hüft-TEP-Implantation untersuchten, wurde die verbesserte Beweglichkeit und Funktionalität bei erfolgreicher FO-Rekonstruktion nachgewiesen (23-26, 28, 53, 65). Die Ergebnisse vorliegender Studie decken sich somit auch mit der aktuellen Studienlage.

4.1.3 Das klinische Outcome in Korrelation zu Alter und BMI

Zum Zeitpunkt der Revisionsoperation betrug das durchschnittliche Alter 72,29 Jahre. Dabei war der jüngste Patient 52 und der älteste 95 Jahre alt. Auffällig war hier das höhere Durchschnittsalter der elf ausgeschlossenen Patienten, welches mit 79,9 Jahren acht Jahre höher lag als das Durchschnittsalter der berücksichtigten Fälle. Aufgrund der Multimorbidität und Komplexität der Fälle, welche sich auch in der zugehörigen Bildgebung niederschlugen, ließ sich eine aussagekräftige Vermessung nicht mehr umsetzen. Eine Korrelation zu den klinischen Scores konnte festgestellt werden. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen höherem Alter und schlechterem klinischen Outcome. Bereits 1998 untersuchten N. L. Young et al. (66) den Einfluss von Patienteneigenschaften, wie Alter, Geschlecht, Gewicht und Komorbiditäten auf das klinische Outcome nach Hüft-TEP Implantation. Hierbei konnte mit Hilfe einer Meta-Analyse festgestellt werden, dass mit steigendem Alter eine Verschlechterung des klinischen Outcomes zu erwarten ist, was sich vor allem in einer verschlechterten Funktionalität und Beweglichkeit äußert. Auch in jüngeren Studien, wie beispielsweise von A. Lübekke et al. (62) und J. A. Singh et al. (67) wurde mit steigendem Alter ein schlechteres klinisches Outcome wahrscheinlicher. Diese Ergebnisse decken sich mit dem Resultat der vorliegenden Studie. N. L. Young et al. beschreiben außerdem ein verschlechtertes klinisches Outcome bei besonders jungen Patienten (unter 45 Jahren), was vor allem auf eine vermehrte Aktivität zurückgeführt wird und sich somit besonders auf eine verkürzte Prothesenstanddauer auswirkt.

Die Mehrheit der Patienten war bei einem vorliegenden durchschnittlichen BMI von 29,6 deutlich übergewichtig, was grundsätzlich ein erhöhtes Risiko zur Revision und prolongierten Heilungsprozessen mit sich bringt. A. Sayed-Noor et al. (8) haben 2019 in einer Kohorten-Studie mit einem Fünf-Jahre-Follow-Up nach primärer Hüft-TEP Implantation gezeigt, dass Übergewicht zu einer höheren Anzahl an Revisionen führt (8).

Auch M. Houdek et al. konnten ein erhöhtes Risiko an Revisionen, Protheseninfektionen und schlechteren mittelfristigen klinischen Outcome bei Übergewichtigen im Vergleich zu einer nicht übergewichtigen Kontrollgruppe nachweisen (9). Unter diesem Aspekt sollte der Faktor Übergewicht auch in dieser Arbeit als wichtiger Einflussfaktor nicht außer Acht gelassen werden. Dabei zeigte sich mit zunehmendem BMI eine vermehrte postoperative Schmerzsymptomatik, ein signifikanter Zusammenhang wurde in dieser Studie dennoch nicht festgestellt. Auch in der eben genannten Meta-Analyse von N. L. Young et al. (66) wird der Einfluss von Übergewicht auf das klinische Outcome kontrovers diskutiert, wobei letztendlich trotz inhomogener Studienlage eher ein schlechteres klinisches Outcome bei zunehmendem Übergewicht angenommen wird. Diese Annahme wird auch in vorliegender Studie unterstützt.

Als weitere positive Einflussfaktoren auf das klinische Outcome nannten N. L. Young. et al. ein hohes Bildungsniveau, ein gutes soziales Netzwerk, wenig Komorbiditäten sowie einen guten präoperativen Bewegungsstatus. Diese Patienteneigenschaften wurden in vorliegender Studie nicht erhoben.

4.1.4 Untersuchung der Messgenauigkeit

Die Messgenauigkeit wurde in dieser Studie mittels Korrelation nach Pearson untersucht. Es wurde ein Messfehler von 0,3 mm +/- 3,4 mm festgestellt. Damit stellt sich der Messfehler kleiner dar als bei den Ergebnissen von Sariali et al. (20). Diese untersuchten 223 Patienten mittels CT-Diagnostik und stellten dabei für die klassische Röntgenaufnahme einen Messfehler von 3,5 mm +/- 2,5 mm fest. Hierdurch kann man in vorliegender Arbeit von einer ausreichenden Reproduzierbarkeit der ermittelten Werte ausgehen. G. Lecerf et al. (17) haben gezeigt, dass die Vermessung mittels Röntgenaufnahmen, das tatsächliche FO unterschätzen. Auch G. Pasquier et al. kamen in einer Studie mit 61 Patienten zu dem Ergebnis, dass die Messwerte in Röntgenaufnahmen um durchschnittlich 8 % niedriger lagen als bei ct-graphischen Vermessungen (68). X. Fletcher et al. (32) erklärten in ihrer Studie von 2016 diesen Sachverhalt ebenfalls sehr anschaulich (siehe 1.4, S.5). Auch M. Weber et al. (69) untersuchten in einer Studie von 2014 die Validität der prä- und postoperativen Vermessung von GO, FO und BLD in Röntgen-Aufnahmen. Zum gleichwertigen Kalibrieren der prä- und postoperativen Röntgenaufnahmen wurden dabei dieselben Methoden wie in vorliegender Studie angewandt (siehe 2.3.3, S.16). Hierbei konnte in den aufgeführten Studien eine hohe inter- und intrapersonelle Reproduzierbarkeit der Messergebnisse festgestellt werden, welche jedoch in Zusammenhang mit einem hohen Standard an klinischer

Erfahrung dennoch nicht die Validität der Messergebnisse verbesserte. Entscheidenden Einfluss schien hier vor allem die Bildmodalität und -qualität zu haben. Nichtsdestotrotz wurde die Methode als akzeptabel und im klinischen Alltag praktikabel eingestuft, nicht ohne ebenfalls auf den möglichen Messfehler von bis zu -10 mm hinzuweisen. Der Tatsache, dass es bei der konventionellen Vermessungstechnik mittels Röntgen-Aufnahme, zu einem unterschätzen FO, GO oder BLD kommt, muss letztendlich vor allem im klinischen Alltag Beachtung geschenkt werden, um in der präoperativen Prothesenplanung und der postoperativen statischen Analyse keiner Fehleinschätzung zu unterliegen. Trotz der genaueren Messmöglichkeiten in der CT-Untersuchung (32), wurde diese Methode in vorliegender Studie nicht durchgeführt. Zum einen war dies aus wirtschaftlichen Gründen nicht umsetzbar, zum anderen wäre die daraus resultierende deutlich höhere Strahlenbelastung für den einzelnen Patienten nicht gerechtfertigt gewesen.

4.2 Stärken und Schwächen der Studie

Eine Stärke der Studie ist die sorgfältige Datenerfassung und Auswertung, welche sich in der Messgenauigkeit, sowie in der gut überlegten Gruppeneinteilung des Patientenkollektivs hinsichtlich der unterschiedlichen Fragestellungen niederschlägt. Die hier verwendeten Methoden fanden, wie oben ausgeführt, bereits in vielen vorangegangenen Studien Anwendung. Es wurden mit Sorgfalt mögliche Störfaktoren und Korrelationen herausgearbeitet und teilweise einzeln erneut betrachtet. So konnte für jede Fragestellung das größtmögliche Patientenkollektiv generiert werden. Außerdem handelt es sich um die erste Studie, welche sich mit dem Femoralen Offset in der Revisionsendoprothetik beschäftigt. Alle bisherigen Studien bezogen sich überwiegend auf unilaterale primäre Hüft-TEP-Implantationen und stets im Sinne einer Primärimplantation.

Es gibt jedoch auch einige Kritikpunkte, die im Folgenden erläutert werden.

Auch wenn diese Arbeit für eine Studie im Bereich der Revisionsendoprothetik verhältnismäßig viele Fälle akquirieren konnte, ist der Datensatz dennoch von begrenzter Größe. Die geringe Fallzahl pro Untergruppe bei insgesamt nur 88 eingeschlossenen Fällen könnte ursächlich für eine geringere Aussagekraft sein und somit eine mögliche statistische Signifikanz nicht abbilden. Hier wären in Zukunft weitere Studien mit größeren Fallzahlen erstrebenswert.

Da ein Großteil des Patientenkollektivs bereits vor der Hüft-TEP-Revision im König-Ludwig-Haus ein Primärimplantat in einer anderen Klinik erhalten hatte, lagen nur von wenigen Patienten Röntgenaufnahmen des nativen Hüftgelenks vor. Somit konnte die Veränderung des FO nur in Bezug auf das Primärimplantat betrachtet werden. Inwieweit hier bereits das native FO verändert wurde, bleibt unklar. Oft war auch die Gegenseite bereits mit einer Hüft-TEP versorgt, sodass die ursprüngliche Statik des Patienten als Vergleichswert nicht mehr herangezogen werden konnten. Hier wäre eine Studie unter Berücksichtigung der nativen Hüftparameter für weitere Analysen interessant.

Sowohl die radiologische Vermessung prä- und postoperativ als auch die bereits erhobenen klinischen Daten wurden zu keinem genormten Zeitpunkt in Bezug auf die Operation erhoben. Inwieweit dieser Sachverhalt die Ergebnisse beeinflusst haben könnte, bleibt offen. Es empfiehlt sich, weitere klinisch prospektive Studien vorzunehmen, bei denen dieser Einflussfaktor durch die Einhaltung genormter Termine zur Datenerhebung vermieden wird.

Außerdem lagen keine präoperativen Daten für HHS, VAS und MdAS vor, sodass unklar bleibt, inwieweit das postoperative klinische Outcome ggf. bereits durch das präoperative Befinden der Patienten beeinflusst wurde. Hierdurch hätten präzisere Rückschlüsse auf den klinischen Verlauf getroffen werden können.

Die Vermessung erfolgte durch röntgenologisch angefertigte BÜS in a.-p.. Hier waren auf den meisten Röntgenbildern Messkugeln mitabgebildet, welche zur Skalierung der Röntgenaufnahme im Vermessungsprogramm dienten. Dennoch ist sowohl durch Fehler bei der Positionierung der Messkugel als auch durch fehlerhafte Lagerung des Patienten eine Verfälschung der Daten möglich. Eine CT- Untersuchung wäre hier die bessere Bildgebung zur validen Vermessung, jedoch aufgrund der Strahlenbelastung und des ökonomischen Aufwands nicht vertretbar gewesen.

4.2.1 Ausblick

Oberstes Ziel der Endoprothetik, ist es immer, dass Patientenwohl und dessen Lebensqualität zu erhalten oder zu verbessern. Dass eine Rekonstruktion der statischen Parameter während einer Hüft-TEP-Implantation einen entscheidenden Beitrag zu einem guten klinischen Outcome für den Patienten leistet, gilt mittlerweile als unumstritten. Es wurden hierzu bereits viele Studien bei Primärimplantation eines Hüftgelenks durchgeführt. Jedoch nehmen die Zahlen an Revisionen aufgrund der alternden Ge-

sellschaft immer mehr zu, was eine genauere Untersuchung der Auswirkungen bestimmter statischer Parameter sowie interindividueller Einflussfaktoren speziell in der Revisionsendoprothetik notwendig macht. Es besteht hier noch weiterer Forschungsbedarf.

5 Zusammenfassung

Die Rekonstruktion der Anatomie einer nativen Hüfte sowie deren natürlichen Biomechanik ist eine essenzielle Voraussetzung für eine zufriedenstellende Funktion einer Hüftprothese. Diese Studie beschäftigte sich mit dem Zusammenhang der Veränderung des Femoralen Offsets (FO) und dem klinischen Outcome der Patienten nach Hüftprothesenwechsel.

88 Patienten, welche sich einem Hüftprothesenwechsel unterzogen, wurden untersucht. Es wurden in prä- und postoperativen Beckenübersichtsaufnahmen das Femorale Offset, sowie weitere statische Parameter gemessen und verglichen. Die Ergebnisse wurden mit dem klinischen Outcome korreliert. Dies erfolgte anhand des Harrison Hip Score (HHS), der Visuellen Analogskala (VAS) und des Merle d'Aubigne und Postel Score (MdAS).

Bezüglich der Rekonstruktion des FO kam es zu einem zufriedenstellenden Ergebnis. In 22,6% konnte ein gleichgroßes, in 54% ein vergrößertes und in 22% ein verkleinertes FO gemessen werden. Das klinische Outcome ergab durchschnittlich ein gutes bis sehr gutes klinisches Ergebnis in allen erhobenen Scores (Gesamtpunktzahl: HHS 75,09; MdAS 14,36; VAS 0,71). Ein signifikant besseres Ergebnis hinsichtlich der Beweglichkeit und Funktionalität wurde bei gleichbleibendem und vergrößertem FO in allen klinischen Tests (VAS, HHS, MdAS) erzielt. Bei verkleinertem FO traten jedoch deutlich weniger Schmerzen auf.

Die Rekonstruktion des FO ist nachweislich von Bedeutung für das klinische Outcome nach Hüftprothesenwechsel. Sie beeinflusst den Hebelarm der Muskulatur, was bei einem vergrößertem FO zu einer verbesserten Beweglichkeit und Funktionalität des Gelenkes führt, jedoch auch aufgrund der Dehnung des Bandapparats und der Muskulatur eine vermehrte Schmerzsymptomatik verursachen kann. Die Ergebnisse dieser Arbeit decken sich mit ähnlichen Studien, welche das FO bei primärer H-TEP-Implantation untersuchten.

6 Literaturverzeichnis

1. Wiles P. The surgery of the osteo-arthritic hip. *British Journal of Surgery*. 1958;45(193):488-97.
2. Streit MR, Innmann MM, Merle C, Bruckner T, Aldinger PR, Gotterbarm T. Long-term (20-to 25-year) results of an uncemented tapered titanium femoral component and factors affecting survivorship. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2013;471(10):3262-9.
3. Bedard NA, Callaghan JJ, Stefl MD, Liu SS. Systematic review of literature of cemented femoral components: what is the durability at minimum 20 years followup? *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2015;473(2):563-71.
4. Berry DJ, Harmsen WS, Cabanela ME, Morrey BF. Twenty-five-year survivorship of two thousand consecutive primary Charnley total hip replacements: factors affecting survivorship of acetabular and femoral components. *JBJS*. 2002;84(2):171-7.
5. Callaghan JJ, Bracha P, Liu SS, Piyaworakhun S, Goetz DD, Johnston RC. Survivorship of a Charnley total hip arthroplasty: a concise follow-up, at a minimum of thirty-five years, of previous reports. *JBJS*. 2009;91(11):2617-21.
6. Pelizäus-Hoffmeister H. *Das lange Leben in der Moderne: Wechselbeziehungen zwischen Lebensalter und Modernisierung*; Springer; 2010.
7. Kurtz S, Mowat F, Ong K, Chan N, Lau E, Halpern M. Prevalence of primary and revision total hip and knee arthroplasty in the United States from 1990 through 2002. *JBJS*. 2005;87(7):1487-97.
8. Sayed-Noor AS, Mukka S, Mohaddes M, Kärrholm J, Rolfson O. Body mass index is associated with risk of reoperation and revision after primary total hip arthroplasty: a study of the Swedish Hip Arthroplasty Register including 83,146 patients. *Acta orthopaedica*. 2019;90(3):220-5.
9. Houdek MT, Wagner ER, Watts CD, Osmon DR, Hanssen AD, Lewallen DG, et al. Morbid obesity: a significant risk factor for failure of two-stage revision total hip arthroplasty for infection. *JBJS*. 2015;97(4):326-32.
10. Haynes J, Nam D, Barrack R. Obesity in total hip arthroplasty: does it make a difference? *The bone & joint journal*. 2017;99(1_Supple_A):31-6.

11. Garellick G, Kärrholm J, Lindahl H, Malchau H, Rogmark C, Rolfson O. The Swedish Hip Arthroplasty Register, Annual Report 2013. 2014:S.21-3; S. 82-7.
12. Garellick G, Kärrholm J, Rogmark C, Herberts P. Swedish Hip Arthroplasty Register: Annual Report, 2008. Department of Orthopaedics, Sahlgrenska University Hospital. 2009:S.38.
13. Garellick G, Kärrholm J, Rogmark C, Herberts P. Swedish Hip Arthroplasty Register: Annual Report, 2009. Department of Orthopaedics, Sahlgrenska University Hospital. 2009:S.38.
14. Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M. Projections of Primary and Revision Hip and Knee Arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. JBJS. 2007;89(4):780-5.
15. Patel A, Pavlou G, Mújica-Mota R, Toms A. The epidemiology of revision total knee and hip arthroplasty in England and Wales: a comparative analysis with projections for the United States. A study using the National Joint Registry dataset. The bone & joint journal. 2015;97(8):1076-81.
16. Hooper G, Lee AJ, Rothwell A, Frampton C. Current trends and projections in the utilisation rates of hip and knee replacement in New Zealand from 2001 to 2026. The New Zealand Medical Journal (Online). 2014;127(1401):82.
17. Lecerf G, Fessy M, Philippot R, Massin P, Giraud F, Flecher X, et al. Femoral offset: anatomical concept, definition, assessment, implications for preoperative templating and hip arthroplasty. Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research. 2009;95(3):210-9.
18. McGrory BJ, Morrey BF, Cahalan TD, An K, Cabanela ME. Effect of femoral offset on range of motion and abductor muscle strength after total hip arthroplasty. The Journal of bone and joint surgery British volume. 1995;77(6):865-9.
19. Charles MN, Bourne RB, Davey JR, Greenwald AS, Morrey BF, Rorabeck CH. Soft-tissue balancing of the hip: the role of femoral offset restoration. JBJS. 2004;86(5):1078-88.
20. Sariali E, Mouttet A, Pasquier G, Durante E. Three-dimensional hip anatomy in osteoarthritis: analysis of the femoral offset. The Journal of arthroplasty. 2009;24(6):990-7.

21. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Prometheus: Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 3 ed 2005. S.126-39 p.
22. Kummer B. Einführung in die Biomechanik des Hüftgelenks: Springer-Verlag; 2013.
23. Asayama I, Naito M, Fujisawa M, Kambe T. Relationship between radiographic measurements of reconstructed hip joint position and the Trendelenburg sign. *The Journal of arthroplasty*. 2002;17(6):747-51.
24. Mahmood SS, Mukka SS, Crnalic S, Wretenberg P, Sayed-Noor AS. Association between changes in global femoral offset after total hip arthroplasty and function, quality of life, and abductor muscle strength: a prospective cohort study of 222 patients. *Acta orthopaedica*. 2016;87(1):36-41.
25. Clement N, Patrick-Patel R, MacDonald D, Breusch S. Total hip replacement: increasing femoral offset improves functional outcome. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2016;136(9):1317-23.
26. Judge A, Arden NK, Batra RN, Thomas G, Beard D, Javaid MK, et al. The association of patient characteristics and surgical variables on symptoms of pain and function over 5 years following primary hip-replacement surgery: a prospective cohort study. *BMJ open*. 2013;3(3):e002453.
27. Wyatt MC, Kieser DC, Kemp MA, McHugh G, Frampton CMA, Hooper GJ. Does the femoral offset affect replacements? The results from a National Joint Registry. *Hip Int*. 2019;29(3):289-98.
28. Liebs T, Nasser L, Herzberg W, Rütger W, Hassenpflug J. The influence of femoral offset on health-related quality of life after total hip replacement. *The Bone & Joint Journal*. 2014;96(1):36-42.
29. Little NJ, Busch CA, Gallagher JA, Rorabeck CH, Bourne RB. Acetabular polyethylene wear and acetabular inclination and femoral offset. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2009;467(11):2895.
30. Al-Amiry B, Mahmood S, Krupic F, Sayed-Noor A. Leg lengthening and femoral-offset reduction after total hip arthroplasty: where is the problem—stem or cup positioning? *Acta Radiologica*. 2017;58(9):1125-31.
31. Beard D, Palan J, Andrew J, Nolan J, Murray D, Group ES. Incidence and effect of leg length discrepancy following total hip arthroplasty. *Physiotherapy*. 2008;94(2):91-6.

32. Flecher X, Ollivier M, Argenson J. Lower limb length and offset in total hip arthroplasty. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2016;102(1):S9-S20.
33. Bolink SAAN, Lenguerrand E, Brunton LR, Hinds N, Wylde V, Heyligers IC, et al. The association of leg length and offset reconstruction after total hip arthroplasty with clinical outcomes. *Clinical Biomechanics*. 2019;68(8):89-95.
34. Parry MC, Povey J, Blom AW, Whitehouse MR. Comparison of Acetabular Bone Resection, Offset, Leg Length and Post Operative Function Between Hip Resurfacing Arthroplasty and Total Hip Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*. 2015;30(10):1799-803.
35. Engelién J. Retrospektive Analyse des klinisch-radiologischen Outcomes nach Hüftprothesenwechsel unter Verwendung des Femurstiels MRP. 2018.
36. Haverkamp D, Sierevelt IN, Van Den Bekerom M, Poolman RW, Van Dijk C, Marti R. The validity of patient satisfaction as single question in outcome measurement of total hip arthroplasty. *Journal of long-term effects of medical implants*. 2008;18(2):145-50.
37. Banaszkiwicz PA. 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. *Classic Papers in Orthopaedics*: Springer; 2014. p. 13-7.
38. Wamper KE, Sierevelt IN, Poolman RW, Bhandari M, Haverkamp D. The Harris hip score: Do ceiling effects limit its usefulness in orthopedics? *Acta Orthopaedica*. 2010;81(6):703-7.
39. Ugino FK, Righetti CM, Alves DPL, Guimarães RP, Honda EK, Ono NK. Evaluation of the reliability of the modified Merle d'Aubigné and Postel Method. *Acta Ortop Bras*. 2012;20(4):213-7.
40. d'Aubigné RM, Postel M. The classic: functional results of hip arthroplasty with acrylic prosthesis. 1954. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467(1):7-27.
41. Hayes M. Experimental development of the graphics rating method. *Physiol Bulletin*. 1921;18:98-9.
42. Murphy DF, McDonald A, Power C, Unwin A, MacSullivan R. Measurement of Pain: A Comparison of the Visual Analogue with a Nonvisual Analogue Scale. *The Clinical journal of pain*. 1987;3(4):197-200.

43. Richter W. Visuelle Analog Skala: Deutsche Gesellschaft für Psychologische Schmerztherapie und -forschung e.V.; o.J. [Available from: <https://www.dgpsf-verein.de/fuerpatienten/schmerzdiagnostik/schmerzmessung/>].
44. Assheuer J, Bork H, Dietsch V, Effenberger H, Fuchs S, Halm H, et al. 9.4 Röntgenuntersuchung. 2002. In: Orthopädisch-traumatologische Gelenk- und Wirbeldiagnostik [Internet]. Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 2., neu bearbeitete Auflage. [547]. Available from: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/lookinside/10.1055/b-0034-8344>.
45. Mahmood SS, Al-Amiry B, Mukka SS, Baea S, Sayed-Noor AS. Validity, reliability and reproducibility of plain radiographic measurements after total hip arthroplasty. *Skeletal Radiology*. 2015;44(3):345-51.
46. Rübberdt A, Wich M, Mutze S. Digitale präoperative Planung von Hüftgelenkendoprothesen. *Trauma und Berufskrankheit*. 2003;5(3):315-21.
47. Ramsperger R, Lubinus P. Präoperative Planung in der Hüftendoprothetik: Vorstellung eines computergestützten Systems unter Verwendung von CAD-Software. *Der Chirurg*. 1996;67(7):734-9.
48. Günther KP, Hamann C, Stiehler M, Kirschner S, Hartmann A. Die „Standardendoprothese“ am Hüftgelenk – Teil 1. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*. 2012;7(4):275-84.
49. Steinhagen J, Petersen J, Rüter W. Konventionelle Röntgenaufnahme und konventionelle Tomografie für die Orthopädie. *Der Orthopäde*. 2006;35(6):605-15.
50. Konyves A, Bannister G. The importance of leg length discrepancy after total hip arthroplasty. *Journal of Bone and Joint Surgery* 2005;87-B(2):155-7.
51. Woolson ST, Hartford JM, Sawyer A. Results of a method of leg-length equalization for patients undergoing primary total hip replacement. *The Journal of Arthroplasty*. 1999;14(2):159-64.
52. Rath B, Eschweiler J, Beckmann J, Migliorini F, Alrawashdeh W, Tingart M. Revisionsendoprothetik der Hüfte. *Der Orthopäde*. 2019;48(4):315-21.
53. Cassidy KA, Noticewala MS, Macaulay W, Lee JH, Geller JA. Effect of femoral offset on pain and function after total hip arthroplasty. *The Journal of arthroplasty*. 2012;27(10):1863-9.

54. Woelfle JV, Fraitzl CR, Reichel H, Wernerus D. Significantly reduced leg length discrepancy and increased femoral offset by application of a head–neck adapter in revision total hip arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*. 2014;29(6):1301-7.
55. Restrepo C, Mashadi M, Parvizi J, Austin MS, Hozack WJ. Modular femoral stems for revision total hip arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2011;469(2):476-82.
56. Rath B, Eschweiler J, Beckmann J, Migliorini F, Alrawashdeh W, Tingart M. Revision total hip arthroplasty: Significance of instability, impingement, offset and gluteal insufficiency. *Der Orthopade*. 2019;48(4):315-21.
57. Krishnan SP, Carrington R, Mohiyaddin S, Garlick N. Common misconceptions of normal hip joint relations on pelvic radiographs. *The Journal of arthroplasty*. 2006;21(3):409-12.
58. Renkawitz T, Weber T, Dullien S, Woerner M, Dendorfer S, Grifka J, et al. Leg length and offset differences above 5 mm after total hip arthroplasty are associated with altered gait kinematics. *Gait & posture*. 2016;49:196-201.
59. Little NJ, Busch CA, Gallagher JA, Rorabeck CH, Bourne RB. Acetabular polyethylene wear and acetabular inclination and femoral offset. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2009;467(11):2895-900.
60. Shapira J, Chen SL, Rosinsky PJ, Maldonado DR, Meghpara M, Lall AC, et al. The effect of postoperative femoral offset on outcomes after hip arthroplasty: a systematic review. *Journal of Orthopaedics*. 2020;22:5-11.
61. Liu Y-p, Hao Y-d. Restoration of femoral offset, rotation centers, limbs length equality of Chinese total hip arthroplasty patients. *Pakistan Journal of Medical Sciences*. 2014;30(1):116.
62. Lübbeke A, Katz JN, Perneger TV, Hoffmeyer P. Primary and revision hip arthroplasty: 5-year outcomes and influence of age and comorbidity. *The Journal of rheumatology*. 2007;34(2):394-400.
63. Yamaguchi T, Naito M, Asayama I, Ishiko T. Total hip arthroplasty: the relationship between posterolateral reconstruction, abductor muscle strength, and femoral offset. *Journal of Orthopaedic Surgery*. 2004;12(2):164-7.
64. Asayama I, Chamnongkich S, Simpson KJ, Kinsey TL, Mahoney OM. Reconstructed hip joint position and abductor muscle strength after total hip arthroplasty. *The Journal of arthroplasty*. 2005;20(4):414-20.

65. Enke O, Levy YD, Bruce WJ. Accuracy of leg length and femoral offset restoration after total hip arthroplasty with the utilisation of an intraoperative calibration gauge. *HIP International*. 2020;30(3):296-302.
66. Young NL, Cheah D, Waddell JP, Wright JG. Patient characteristics that affect the outcome of total hip arthroplasty: a review. *Canadian Journal of Surgery*. 1998;41(3):188.
67. Singh JA, Lewallen D. Age, gender, obesity, and depression are associated with patient-related pain and function outcome after revision total hip arthroplasty. *Clinical rheumatology*. 2009;28(12):1419-30.
68. Pasquier G, Ducharme G, Ali ES, Giraud F, Mouttet A, Durante E. Total hip arthroplasty offset measurement: is CT scan the most accurate option? *Orthopaedics & traumatology: surgery & research*. 2010;96(4):367-75.
69. Weber M, Woerner ML, Springorum H-R, Hapfelmeier A, Grifka J, Renkawitz TF. Plain radiographs fail to reflect femoral offset in total hip arthroplasty. *The Journal of arthroplasty*. 2014;29(8):1661-5.

I. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ANOVA	Varianzanalyse
AO	Acetabuläres Offset
BMI	Body-Mass-Index
BÜS	Beckenübersichtsaufnahme
CCD-Winkel	Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel
FO	Femorales Offset
GO	Globales Offset
H_0	Nullhypothese
HHS	Harris-Hip-Score
HPW	Hüftprothesenwechsel
KI	Konfidenzintervall
HL	Hilfslinie
LO	Laterales Offset
M	Mittelwert
MANOVA	Multivariate Varianzanalyse
MdAS	Merle d'Aubigné und Postel Score
NV	Normalverteilung
postop.	postoperativ
präop.	präoperativ
r	Korrelation
SD	Standardabweichung
SE	Standardfehler
Tab.	Tabelle
TEP	Totalendoprothese
H-TEP	Hüfttotalendoprothese
VAS	Visuelle Analogskala

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Veränderung der Muskelkraft in Abhängigkeit vom Femoralen Offset am Beispiel einer H-TEP bei Coxa vara	5
Abbildung 2:	Einfluss der femoralen Rotation auf die radiologische Darstellung.....	6
Abbildung 3:	Einfluss einer natürlichen femoralen Anteversion auf die radiologische Darstellung	7
Abbildung 4:	Übersicht bzgl. Des Einschlusses der Studienteilnehmer	9
Abbildung 5:	Merle d'Aubigné und Postel Score	14
Abbildung 6:	Visuelle und Numerische Analogskala	15
Abbildung 7:	Skizzierte Darstellung einer Beckenübersichtsaufnahme.....	18
Abbildung 8:	Ausmessung der Beinlängendifferenz	20
Abbildung 9:	Übersicht über die statischen Parameter in einer Röntgenaufnahme	21
Abbildung 10:	Beispiel 1: Vermessung einer Beckenübersichtsaufnahme (BÜS) in a.p.-Projektion	22
Abbildung 11:	Beispiel 2: Native BÜS eines Patienten vor Hüftoperation	23
Abbildung 12:	Beispiel 2: BÜS desselben Patienten nach primärer H-TEP-Implantation.	23
Abbildung 13:	Beispiel 2: BÜS desselben Patienten postoperativ nach Revision	24
Abbildung 14:	Beispiel 3: BÜS präoperativ mit (peri-)prothetischer Fraktur links	25
Abbildung 15:	Altersverteilung eingeteilt nach Geschlecht und Studiengruppen	27
Abbildung 16:	Altersverteilung aller eingeschlossenen Fälle.....	28
Abbildung 17:	Verteilung Body-Mass-Index.....	29
Abbildung 18:	Punkteverteilung des HHS.....	30
Abbildung 19:	HHS Kategorie „Bewegungsumfang“. Normalverteilung.	31
Abbildung 20:	Merle d'Aubigné und Postel Score: Punkteverteilung.....	32

Abbildung 21:	Veränderung des FO der operierten Seite von prä- zu postoperativ (Kasus 1).....	34
Abbildung 22:	Histogramm: FO-Veränderung von prä-zu postoperativ (Kasus 1)	35
Abbildung 23:	Kreisdiagramm: FO-Veränderung der OP-Seite in Gruppen (Kasus 1)	36
Abbildung 24:	Veränderung des FO der operierten Seite von prä- zu postoperativ in Gruppen (Kasus1).....	37
Abbildung 25:	Veränderung des FO von prä- zu postoperativ im Vergleich zur Gegenseite (Kasus 2)	38
Abbildung 26:	Histogramm: Differenz zwischen postoperativem FO der operierten Seite im Vergleich zur nicht operierten Seite.....	38
Abbildung 27:	Veränderung des FO von prä- zu postoperativ im Vergleich zur Gegenseite. Betrachtung des Verlaufs in Gruppen (Kasus 2)	39
Abbildung 28:	Gruppeneinteilung zum postoperativen Seitenvergleich (Kasus2)	40
Abbildung 29:	Einfacher Boxplot: Darstellung der Summe des HHS (in Punkten) mit Mittelwerten in den einzelnen Gruppen zu Kasus 1	43
Abbildung 30:	Mittelwert des VAS aufgeteilt nach Gruppen zu Kasus 1	46
Abbildung 31:	Boxplot: Gesamtergebnis des HHS in den Gruppen zu Kasus 2	48

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anzahl der Fälle je Kasus	11
Tabelle 2:	Anzahl der Patienten mit vollständig erhobenem HHS je Kasus	13
Tabelle 3:	Anzahl der Stichproben mit vollständigem MdAS je Kasus	14
Tabelle 4:	Altersverteilung nach Studieneigenschaften und Geschlecht	27
Tabelle 5:	Altersverteilung aller eingeschlossenen Fälle	28
Tabelle 6:	Body-Mass-Index: Gesamte und geschlechterspezifische Verteilung	29
Tabelle 7:	HHS Kategorien: Punkteverteilung und Mittelwerte	30
Tabelle 8:	HHS Kategorie „Schmerzen“: Punkteverteilung.	31
Tabelle 9:	MdAS: Punkteverteilung nach Kategorien.	32
Tabelle 10:	Punkteverteilung VAS	33
Tabelle 11:	Veränderung des FO der operierten Seite von prä- zu postoperativ (Kasus1)	35
Tabelle 12:	Veränderung des FO der operierten Seite von prä- zu postoperativ in Gruppen (Kasus 1)	37
Tabelle 13:	Kreuztabelle zum Gruppenvergleich: Kasus 1 und Kasus 2	41
Tabelle 14:	Korrelation zwischen der Veränderung des FO auf der operierten Seite (Kasus 1) und der Summe des HHS	42
Tabelle 15:	Mittelwerte des HHS in den Gruppen zu Kasus 1	43
Tabelle 16:	HHS in Kategorien: Punkteverteilung in den Gruppen zu Kasus 1	44
Tabelle 17:	Punkteverteilung des MdAS in den Gruppen zu Kasus 1	45
Tabelle 18:	Mittelwerte des VAS in den Gruppen zu Kasus 1	47
Tabelle 19:	Mittelwerte des HHS (Funktion, Bewegung, Schmerz und Gesamtsumme) in den Gruppen zu Kasus 2	49
Tabelle 20:	Mittelwerte des MdAS (mit Aufführung der Kategorien Schmerz und Bewegung, sowie der Gesamtsumme) in den Gruppen zu Kasus 2	50

Tabelle 21:	Mittelwerte des VAS in den Gruppen zu Kasus 2.....	51
Tabelle 22:	Korrelation des prä- und postoperativen FO der unveränderten Gegenseite	53

