

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie
der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. M. Rudert

**Korrelation der Offsetveränderung mit dem patientenberichteten subjektiven Outcome
bei zementfreier totalendoprothetischer Versorgung der Coxarthrose – eine
vergleichende klinische und radiologische Analyse**

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Jannis Beger (geb. Papazoglou)

aus Herrenberg

Würzburg, August 2021

Referent: Prof. Dr. Andre Steinert
Korreferent: Prof. Dr. Rafael Jakubietz
Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung:

18.03.2022

Der Promovend ist Arzt.

Meinen Eltern und meiner Frau in Dankbarkeit.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Hüftgelenksendoprothetik	1
1.2 Geschichte der Hüftgelenksendoprothetik	1
1.3 Anatomische Grundlagen	3
1.4 Coxarthrose	4
1.5 Biomechanik des Hüftgelenks	5
1.6 Der femorale Offset	8
1.7 Operativer Zugang und Technik	9
1.8 Die Komponenten der Offset-Rekonstruktion	11
1.9 Offsetassoziierte Pathologien	13
1.9.1 Beinlängendifferenz	13
1.9.2 Gluteale Insuffizienz	14
1.9.3 Trochanterschmerzsyndrom	15
1.9.4 Iliopsoas-Syndrom	15
1.9.5 Piriformis-Syndrom	16
1.10 Zielsetzung der Arbeit	17
2 Material und Methoden	18
2.1 Patientenkollektiv	18
2.2 Einfluss präoperativer Risikofaktoren	19
2.2.1 Alter zum Operationszeitpunkt	19
2.2.2 Beurteilung des Allgemeinzustands mit dem ASA-Score	19
2.2.3 Präoperativer Body-Mass-Index.....	20
2.2.4 Verweildauer nach der Operation im Krankenhaus.....	20
2.3 Radiologische Messungen	20
2.3.1 Erhebung der Messwerte	21
2.3.2 Der Diagonale Offset	24
2.3.3 Übersicht über die radiologischen Messwerte	25
2.4 Patientenberichtetes subjektives Outcome und Lebensqualität.....	27
2.4.1 EuroQuol.....	27
2.4.2 WOMAC.....	27
2.5 Statistische Analyse	28
2.5.1 Präoperative Risikofaktoren.....	28
2.5.2 Radiologische Messungen	28
2.5.3 Patientenberichtetes Outcome	29
2.5.4 Korrelation zwischen Veränderung der radiologischen Messwerte und dem patientenberichteten Outcome	29
2.5.5 Statistische Tests	29
2.6 Implantat und Operationstechnik	30

3 Ergebnisse	33
3.1 Einfluss präoperativer Risikofaktoren auf das Outcome.....	33
3.1.1 Alter zum Operationszeitpunkt	33
3.1.2 Beurteilung des Allgemeinzustand mit dem ASA-Score	34
3.1.3 Präoperativer Body-Mass-Index.....	35
3.1.4 Verweildauer nach der Operation im Krankenhaus.....	35
3.2 Radiologische Messungen – prä- und postoperative Werte	36
3.2.1 Gesamtgruppe	36
3.2.2 Weibliche Patienten	37
3.2.3 Männliche Patienten	38
3.3 Veränderung der radiologischen Messwerte von prä- zu postoperativ.....	39
3.3.1 Gesamtgruppe	39
3.3.2 Weibliche Patienten	42
3.3.3 Männliche Patienten	43
3.3.4 Veränderungen des femoralen Offsets – Frauen versus Männer.....	43
3.4 Subjektives Outcome und Lebensqualität	44
3.4.1 EuroQol.....	44
3.4.2 WOMAC	45
3.5 Korrelation des subjektiven Outcomes mit den radiologischen Messwerten	47
3.5.1 Gesamtgruppe	47
3.5.2 Subgruppe der Frauen	48
3.5.3 Subgruppe der Männer	49
3.5.4 Untersuchung der Untergruppen nach prä-/ postoperativer Rekonstruktion	50
4 Diskussion.....	53
4.1 Limitation der Analysemethoden.....	53
4.1.1 Patientenkollektiv.....	53
4.1.2 Nachbeobachtungsintervall	53
4.1.3 Einfluss präoperativer Risikofaktoren	53
4.1.4 Radiologische Messungen	54
4.1.5 Subjektives Outcome und Lebensqualität	56
4.2. Einfluss präoperativer Risikofaktoren	57
4.3 Veränderung der radiologischen Messwerte von prä- zu postoperativ.....	58
4.4 Diagonaler Offset	59
4.5. Korrelation zwischen radiologischen Messungen und subjektivem Outcome	60
4.5.1 Horizontale Achse.....	60
4.5.2 Vertikale Achse	64
4.5.3 Diagonale Achse	67
4.6 Diskussion der Verwendung verschiedener Implantate	68
4.7 Diskussion der Methoden zur intraoperativen Bestimmung von Beinlänge und Offset	70
4.7.1 Computerassistierte Navigation und Robotik	70
4.7.2 Patientenspezifische Instrumente.....	72
5 Zusammenfassung	73
6 Literaturverzeichnis.....	75

References.....	75
I Abkürzungsverzeichnis.....	1
II Abbildungsverzeichnis.....	3
III Tabellenverzeichnis.....	4
IV Wertetabelle Röntgenanalyse.....	6
V Wertetabelle subjektives Outcome.....	22
VI Danksagung	38

1 Einleitung

1.1 Hüftgelenksendoprothetik

Die Implantation einer totalen Endoprothese (TEP) bei fortgeschrittener Arthrose des Hüftgelenkes gehört zu den erfolgreichsten Therapien der orthopädischen Chirurgie. Weltweit nimmt die Zahl der Eingriffe bei zunehmender Lebenserwartung der Bevölkerung und zunehmenden Ansprüchen der Menschen an den Erhalt ihrer Mobilität stetig zu. Alleine in Deutschland wurden 2016 laut Endoprothesenregister über 137.000 Hüftgelenksersatzeingriffe (davon ca. 123.000 Erstimplantationen) vorgenommen [1].

Das in den Knochen eingebrachte Implantat ist weitgehend starr und übernimmt im Bereich des Femurs die Kraftübertragung. Durch den Einbau des Implantates verändert sich nicht nur das Material des Hüftgelenks (von Knochen zu Implantat), sondern auch seine Anatomie und Geometrie. Veränderungen des Drehzentrums des Hüftkopfes (englisch: center of rotation = COR), wie beispielsweise eine Veränderung des femoralen Offsets, können die Funktionalität des Gelenkes beeinflussen und den verbleibenden Knochen und das Implantat belasten. Der Einfluss einer Veränderung (z.B. femoraler Offset, Beinlänge) am Drehzentrum auf das Outcome des Eingriffs wird aber in der Fachwelt kontrovers diskutiert.

1.2 Geschichte der Hüftgelenksendoprothetik

Den ersten Hüftgelenkersatz in Deutschland führte Gluck 1890 durch. In seiner Arbeit „Autoplastik-Transplantation-Implantation von Fremdkörpern“ [2] beschrieb er den Ersatz eines Hüftkopfes durch einen künstlichen Kopf aus Elfenbein.

Die erste TEP der Hüfte wurde in den 1930er Jahren in London von Wiles [3] implantiert. Dabei wurde eine metallische Pfanne mit Stiften im Acetabulum verankert, die mit einem ebenfalls metallischen Hüftkopf, der mittels eines im Schenkelhals verankerten Bolzens befestigt war, artikulierte [4].

Ein entscheidender Fortschritt war die Einführung einer Verankerung des Prothesenstiels im Markraum des Femurs durch McKee und Farrar in den 1950er Jahren [5, 6] und die Verwendung des in der Zahnmedizin etablierten Polymethylmetacrylat (PMMA) zur Fixierung der Prothesenkomponenten im Knochen durch Haboush [7].

Es folgten 1969 die Einführung von Keramik als Werkstoff durch Boutin [8] und die Entwicklung zementfreier Prothesen unter anderem durch Sivash [9] und Zweymüller [10]. Die Verankerung dieser zementfreien Implantate beruht zunächst auf einer Presspassung (Press-Fit). Sekundär erhält die Schaftprothese durch das Einwachsen von Knochen in die raue Oberfläche weitere Stabilität. Eine Press-Fit-Pfanne wird in ein bis auf den gut durchbluteten Knochen vorgefrästes Loch in der Beckenpfanne (Implantatlager) verankert. Dabei ist der Durchmesser des Lochs 0–3 mm geringer als das Implantat. Auch hier kommt es zum sekundären Einwachsen von Knochen in die raue Metalloberfläche [11].

Im deutschsprachigen Raum besteht ein Konsens darüber, dass jüngere Patienten eher mit zementfreien Hüftendoprothesen und ältere eher mit zementierten Implantaten versorgt werden sollten. Dieses Vorgehen berücksichtigt die Überlegung, dass zementierte Prothesen gleich voll belastet, aber schwerer explantiert werden können. Bei jüngeren Patienten ist die Notwendigkeit eines Prothesenersatzes in einer Revisionsoperation aufgrund der noch längeren Lebenszeit häufiger zu erwarten [11].

Weltweit nimmt die Anzahl der Hüftoperationen mit Gelenkersatz stetig zu. Aufgrund der demografischen Entwicklung und der steigenden Lebenserwartung prognostiziert Fenger [12] nicht nur einen steigenden Bedarf an Endoprothesen, sondern auch ein zunehmendes Revisionsrisiko durch Prothesenversagen. Zur sukzessiven Verbesserung der Qualität der endoprothetischen Versorgung ist die Analyse des Outcomes nach der Erstimplantation unverzichtbar. Aktuell sind trotz der stetigen Weiterentwicklung in der Hüftendoprothetik ca. 7–9 % der Patienten ein Jahr nach dem Eingriff mit dem Ergebnis unzufrieden [13].

1.3 Anatomische Grundlagen

Im Hüftgelenk (Articulatio coxae) artikuliert der Oberschenkelknochen (Femur) mit dem Hüftbein (Os coxae). Das Gelenk besteht demnach aus dem Gelenkkopf (Caput femoris) und der Gelenkpfanne (Acetabulum). Die Pfanne wird durch eine aus Faserknorpel bestehende Gelenkklippe (Labrum acetabuli) erweitert, so dass insgesamt zwei Drittel des Oberschenkelkopfes bedeckt werden.

Das Hüftgelenk ist als Nussgelenk eine Sonderform des Kugelgelenks. Der Bewegungsumfang des Gelenks wird mit Hilfe der Neutral-Null-Methode erfasst. Die Null-Grad-Stellung entspricht einem aufrechtstehenden Menschen mit herabhängenden Armen. Die Flexion und Extension des Beines erfolgt um die durch die Mittelpunkte beider Femurköpfe gelegte Transversalachse. Nach der Neutral-Null-Methode ergibt sich an dieser Achse ein Bewegungsspielraum von 10° – 0° – 130° . Bei der Abduktion und Adduktion (Abspreizen/Anführen) an der Sagittalachse beträgt der Bewegungsumfang 40° – 0° – 30° . Die Rotation des Hüftgelenks verläuft in der Vertikalachse (Tragachse des Beines), wobei nach der Neutral-Null-Methode Bewegungsumfänge von 50° – 0° – 40° angegeben werden. Dieser physiologische Bewegungsumfang lässt sich durch spezielles Training deutlich erweitern, kann aber bei pathologischen Veränderungen oder Verkürzungen der Weichteile (Muskeln, Bänder, etc.) auch deutlich eingeschränkt sein [14].

Der Schenkelhals bildet die Verbindung zwischen der Diaphyse des Femurs und dem Hüftkopf. Die Achse des Schenkelhalses verläuft durch das Zentrum des Hüftkopfes, ist gegenüber der Frontalebene im Mittel um 12° antetordiert und bildet mit der Achse des Femurschaftes einen Centrum-Colum-Diaphysenwinkel (CCD-Winkel) von ca. 125° . Die Diaphyse des Femurs steht zur Tragachse des Beines um ca. 5 – 7° valgisch. Die halbschalenförmige Hüftgelenkspfanne ist nach lateral sowie nach unten gerichtet und die Achse der Hüftgelenkspfanne bildet mit der Frontalebene einen Winkel von 30 – 40° [15].

1.4 Coxarthrose

Für eine optimale Funktion eines Gelenks ist das freie Gleiten der artikulierenden Gelenkflächen erforderlich. Dabei ist die Oberflächenstruktur des Gelenkknorpels von zentraler Bedeutung, die eine reibungsarme Bewegung ermöglicht. Traumata, übermäßige Belastungen, aber auch physiologische Belastungen bei Immobilisation oder Alterungsprozessen können den Knorpel schädigen. Einmal beschädigte Knorpeloberflächen führen sekundär zu einem vermehrten Knorpelabrieb. Bei solchen arthrotischen Prozessen spielen verschiedene Risikofaktoren wie Bewegungsmangel und Adipositas eine Rolle [16, 17].

Bei der primären Coxarthrose sind die Ursachen für die Gelenkdegeneration unbekannt. Sie tritt meist beidseitig auf und betrifft hauptsächlich Patienten jenseits des 50. Lebensjahres. Davon abzugrenzen sind sekundäre Arthrosen, die sich bereits in jüngeren Lebensjahren manifestieren können. Sie entstehen oft auf dem Boden präarthrotischer Deformitäten wie kongenitalen Hüft dysplasien oder Morbus Perthes [16].

Die Diagnose wird in den meisten Fällen in der Zusammenschau von Anamnese sowie klinischem und radiologischem Befund gestellt.

Die klinische Symptomatik der Arthrose manifestiert sich häufig zunächst als „Anlaufschmerz“ nach Ruhephasen oder längerem Sitzen, der innerhalb weniger Minuten abnimmt. Später treten die Beschwerden auch belastungsunabhängig in Ruhephasen auf. Der Krankheitsverlauf ist variabel und zieht sich über mehrere Jahre hin. Ein phasenhafter (und progredienter) Verlauf ist initial typisch. Indolente Phasen wechseln sich mit Phasen des aktivierten Krankheitsverlaufes ab [16, 18].

Zum Vergleich werden beide Hüften untersucht [19, 20]. Der radiologische Nachweis einer Coxarthrose erfolgt in der Regel über ein Röntgenbild in zwei Ebenen. Hier wird neben einer tief eingestellten Beckenübersichtsaufnahme (BÜR) in anterior-posterior (a.p.) Ebene eine zweite Hüftaufnahme in axialer/seitlicher Ebene angefertigt. Als radiologische Frühzeichen gelten Osteophyten (Knochenanbauten), eine Verbreiterung des Pfannendachs sowie eine Höhenminderung des Gelenkspalts. Später können

subchondrale Sklerosierungen, Zysten in den Gelenkkörpern, hochgradige Gelenksverformungen und schließlich eine Dezentrierung des Hüftkopfes gegenüber der Pfanne auftreten.

Eine gängige und vielfach verwendete Einteilung des radiologischen Schweregrades der Coxarthrose ist der Kellgren-Lawrence-Score [21]. Die Einteilung wird in der nachstehenden Tabelle erläutert.

Tab. 1 : Radiologischer Schweregrad nach Kellgren und Lawrence [21]

Schweregrad	Radiologischer Befund
Grad 0	Keine Arthrosezeichen
Grad 1	Fraglicher Nachweis von Osteophyten
Grad 2	Sicherer Nachweis von Osteophyten, keine Gelenkspaltverschmälerung
Grad 3	Mäßige Gelenkspaltverschmälerung
Grad 4	Gelenkspalt erheblich verschmälert bzw. aufgehoben

Die Coxarthrose wird konservativ oder operativ stadiengerecht behandelt. Zu den konservativen Maßnahmen zählen Lebensstiländerungen, Physiotherapie und medikamentöse Therapien nach dem World-Health-Organisation-(WHO)-Stufenschema. Bei den operativen Maßnahmen stehen zahlreiche gelenkerhaltende oder gelenkeretzende Alternativen zur Verfügung. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf Untersuchungen zur Hüft-TEP bei endgradiger Coxarthrose.

1.5 Biomechanik des Hüftgelenks

Beim Gehen lastet in bestimmten Phasen das gesamte Gewicht des Menschen auf einem Bein (s. Abb. 1). Der Einbeinstand ist möglich, weil das Körpergewicht durch den Zug der Abduktorenmuskulatur (mit dem Musculus gluteus medius als stärksten Abduktor)

ausgeglichen werden kann. Die Abduktoren halten das Becken im Einbeinstand gerade, damit das Schwungbein nach vorne gesetzt werden kann.

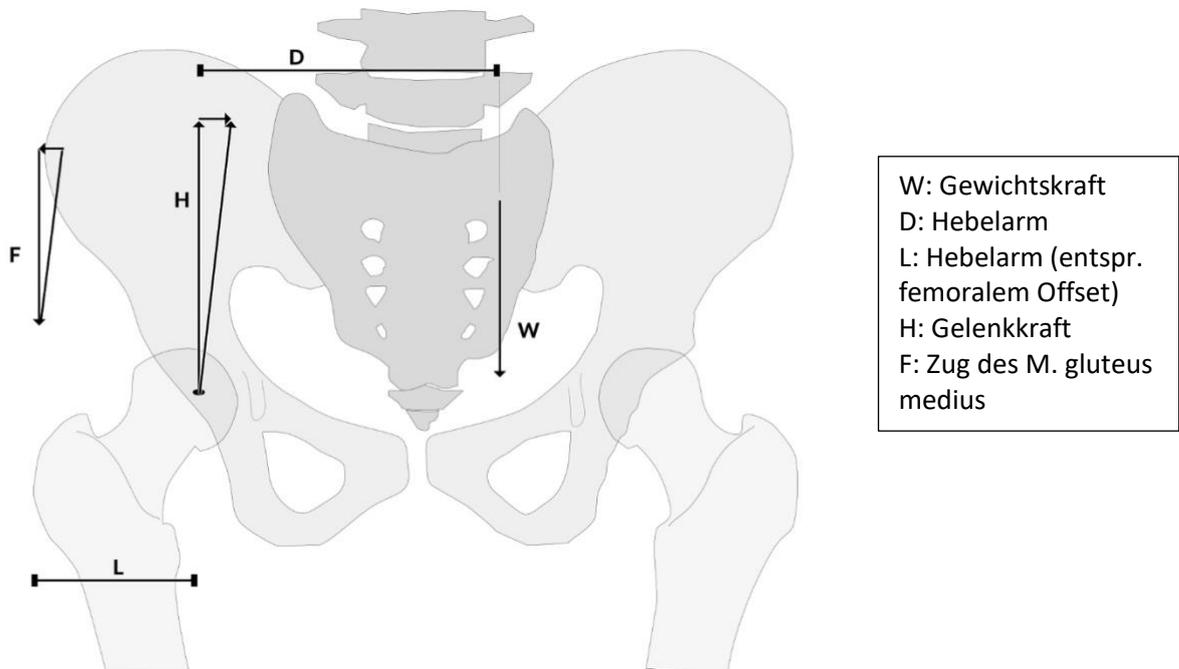


Abb. 1: Belastung des Hüftgelenks beim langsamen Gang (eigene Zeichnung und Abbildung, modifiziert nach Brinckmann [22])

In dieser Phase des Ganges wirken auf das Hüftgelenk im Wesentlichen zwei Kräfte (s. Abb. 1). Die Kraft W entspricht der Gewichtskraft und zieht vom Schwerpunkt des Körpers in Richtung der Schwerkraft nach unten. Sie wirkt über den Hebelarm D . Der Vektor der über den Hebelarm L wirkenden Kraft F entspricht dem Verlauf des Musculus gluteus medius vom Ursprung zum Ansatz und hält das Becken im Einbeinstand gegen das Drehmoment der Gewichtskraft W im Gleichgewicht. Diesen beiden Kräften wirkt die Gelenkkraft H entgegen, die durch das Zentrum des Hüftkopfes in Richtung der Pfanne gerichtet ist. Die Gelenkkraft beschreibt die Kraftverhältnisse, die auf den Hüftkopf einwirken und an den Femur des Standbeines weitergegeben werden und somit auch die Kräfte, die auf die Endoprothesen wirken und auf den Femurschaft übertragen werden [22].

Geht man davon aus, dass sich das Körpergewicht prä- und postoperativ nur unwesentlich verändert, so bleiben die Kraft W und der Lastarm D nach der endoprothetischen Versorgung konstant. Durch den Eingriff können aber Ansätze der pelvitrochantären Muskulatur verschoben werden, wodurch sich die Kraft F verändert, was wiederum eine Änderung der Gelenkkraft H zur Folge hat. Auch der Lastarm L kann postoperativ variieren. Bei einer Verkürzung muss die Kraft F zum Ausgleich größer werden, bei einer Verlängerung ist eine geringere Kraft F erforderlich.

Die Abduktoren unterliegen einer Vorspannung und bilden einen Hebelarm D , über den die Kraft W wirkt. Der Hebelarm wird von der Lage des Rotationszentrums des Hüftgelenks beeinflusst. Ändert sich diese Lage, ändert sich auch die Vorspannung der Abduktoren und damit auch die Kraft, die die Muskulatur aufbringen muss, um das Becken auszubalancieren. Die Vorspannung der Abduktorenmuskulatur wird insbesondere von der Höhe des Drehzentrums beeinflusst [23]. Wird durch den Einbau einer Endoprothese die Lage des Drehzentrums verändert, hat dies auch Auswirkungen auf den Hebelarm und die Vorspannung der Muskulatur.

1.6 Der femorale Offset

Mit dem Begriff „femorale Offset“ wird der Abstand zwischen dem Drehzentrum der Hüfte und der Femurschaftachse bezeichnet. Zur Bestimmung des femoralen Offsets fällt man ein Lot vom Drehzentrum nach lateral und bildet einen Schnittpunkt mit der proximal verlängerten Schaftachse des Femurs (s. Abb. 2).

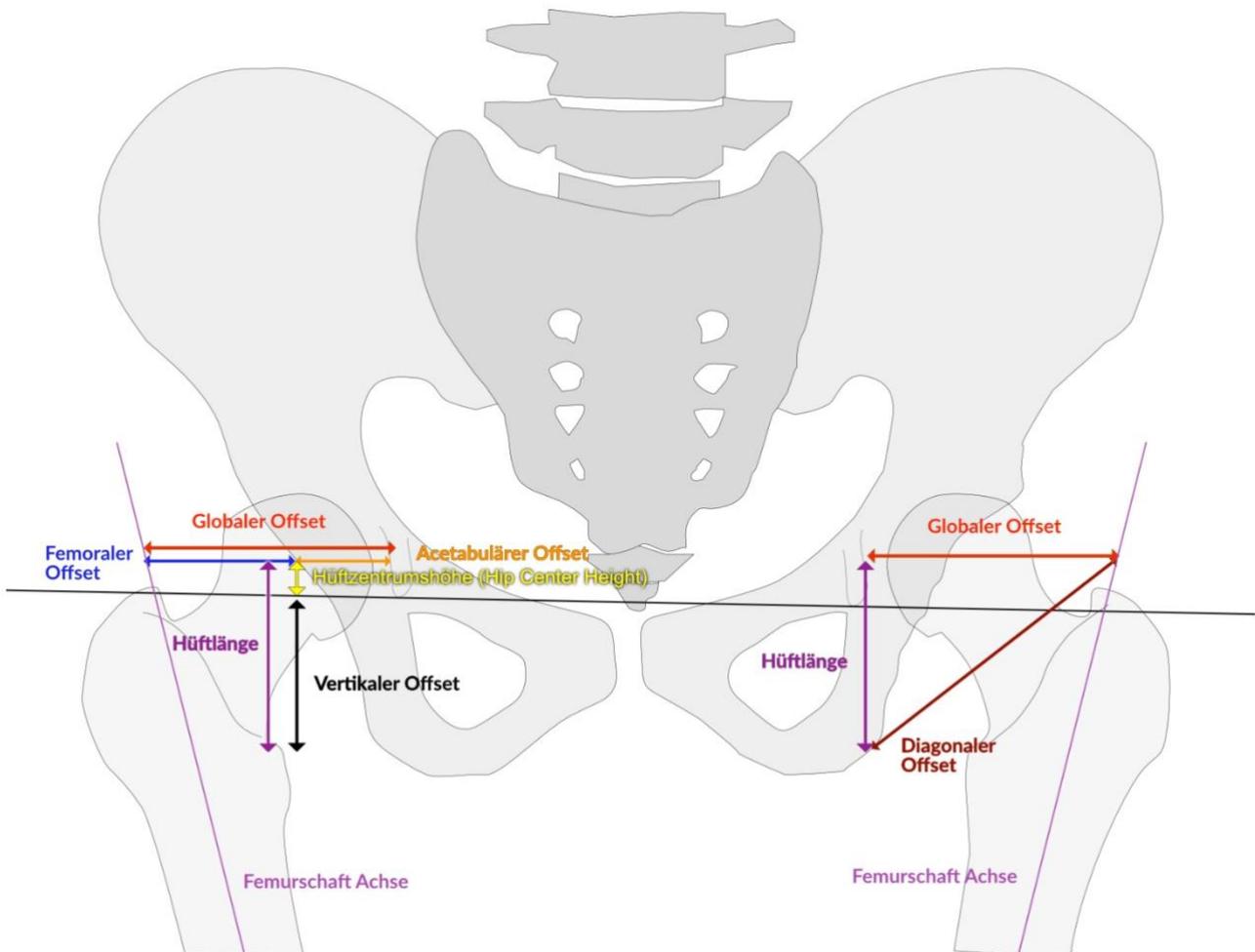


Abb. 2: Anatomische Verhältnisse im Hüftgelenk – Darstellung der Messtrecken (eigene Zeichnung und Abbildung); Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde der diagonale Offset an der linken Hüfte eingezeichnet.

Aus physiologischer Sicht verbessert der größere femorale Offset (s. Kap. 1.5) die Kraftübertragung der Abduktorenmuskulatur. Durch die günstigere Ansatzmöglichkeit wird ein Hebelarm generiert, der die benötigte Kraft verringert.

Theoretisch beschrieben Charnley und Müller schon vor über vier Jahrzehnten die biomechanischen Vorteile der Medialisierung der acetabulären Komponente und der Erhöhung des femoralen Offsets als Ausgleich [24] [25].

Bis dato sind die zur Verfügung stehenden Daten zu den Auswirkungen der Position des endoprothetischen Implantates und der Rekonstruktion des Drehzentrums und damit des femoralen und acetabulären Offsets auf das Outcome des Eingriffs lückenhaft. Der theoretische Vorteil einer Medialisierung der acetabulären Komponente und einer kompensatorischen Vergrößerung des femoralen Offsets mit einem daraus resultierenden verbesserten Hebelarm spiegelt sich nicht in den Ergebnissen der bislang veröffentlichten klinischen Studien wider. Zum Teil zeigen diese Studien auch widersprüchliche Ergebnisse, wie De Fine et al. in ihrem Review darstellen [26].

1.7 Operativer Zugang und Technik

Aktuell finden verschiedene operative Zugangswege und Techniken in der Hüftendoprothetik Anwendung. In der folgenden Ausführung wurde bei allen Patienten ein direkter anteriorer Zugang in Rückenlage nach Smith-Petersen (Anterior Minimal Invasiv Surgery-(AMIS)-Technik) gewählt [27].

Der anteriore Zugang wurde erstmalig 1882 von Karl Hueter beschrieben und 1917 von Marius Smith-Petersen weiterentwickelt. Der Zugang nutzt die Lücke zwischen dem Musculus sartorius und dem Musculus tensor fascia latae [27]. Als Landmarken dienen die Spina iliaca anterior superior, die Spitze des Trochanter major sowie die laterale Seite der Patella. Der Chirurg inzidiert die Haut ca. 2–3 cm lateral der Spina iliaca anterior superior nach distal bis 2–3 cm unterhalb des Trochanter major. Eine möglichst laterale Hautschnittführung schont den variabel verlaufenden Nervus cutaneus femoris lateralis [28]. Anschließend wird das subkutane Fettgewebe entlang der Hautinzision gespalten und die Faszie dargestellt. Durch die vorsichtige Eröffnung und stumpfe Präparation der Faszie gelangt man zum Rand des Musculus tensor fascia latae, von wo die Kapsel stumpf präpariert wird.

Der Muskel wird zur Schonung mittels eines Retraktionshebels zurückgezogen. Die Gefäße der Arteria circumflexa femoris lateralis werden aufgesucht und unterbunden. Mit weiteren Retraktionshebeln wird der Schenkelhals umfahren und die Musculi sartorius, iliopsoas und rectus femoris beiseite geschoben. Nach Inzision der Kapsel werden Retraktionshebel an beiden Seiten des Schenkelhalses platziert. Der Schenkelhals wird mehrfach osteotomiert und die entstehende Knochenscheibe entfernt. Mit Hilfe eines Extraktors wird der Femurkopf mobilisiert, vom hinteren Teil der Kapsel gelöst und entnommen. Die Pfanne wird dargestellt, mit unterschiedlich großen Aufsätzen ausgefräst und für das Pfannenimplantat vorbereitet. Die Fräsung orientiert sich am knöchernen Pfannenrand und am Pfannenbodenosteophyt. Die Pfannenpositionierung erfolgt in Press-fit-Technik in idealer Pfannenposition und das Inlay wird in die Pfanne eingebracht [29].

Für die Präparation des medullären Oberschenkelkanals wird der Patient mit abgekippten Beinen in eine Trendelenburg-Lagerung gebracht und das Femur mit einem eingesetzten Haken angehoben. Das adduzierte Bein des Patienten wird unter das Bein der Gegenseite gelegt. Der Markraum wird anschließend mit Raspeln in aufsteigender Größe bis auf die gewünschte Weite aufgeschlagen. Bei der nachfolgenden Probereposition mit einem Probhals und Probsteckkopf werden die Beinlängen verglichen, sowie der Bewegungsumfang, Gelenkspiel und -Hub und die Stabilität überprüft.

Dann werden die definitiven Implantatgrößen für das Femur festgelegt. Die Femurschaft-Komponente wird positioniert und eingeschlagen. Nach dem Aufsetzen wird die passende Femurkopf-Komponente mit einem speziellen Kopfeinschläger befestigt. Danach erfolgt routinemäßig eine radiologische Abschlusskontrolle. Ein Röntgen im Rahmen der Teilschritte ist bei Bedarf optional möglich. Nach Reinigung der Gleitflächen wird das Hüftgelenk reponiert. Der Eingriff endet mit dem schichtweisen Wundverschluss.

1.8 Die Komponenten der Offset-Rekonstruktion

Die Anatomie des proximalen Femurs zeigt von Mensch zu Mensch eine hohe Varianz [30]. Dies führt zu einer individuellen Schenkelhalsgeometrie und zu sehr variablen Größen wie dem Offset, der Halsachsenlänge, der Femurosteotomiefläche, der Antetorsion, dem CCD-Winkel und der Diaphysenachse. Diese Variabilität stellt eine Herausforderung dar für die korrekte Wiederherstellung der ursprünglichen Verhältnisse. Daher ist es nicht verwunderlich, dass eine Vielzahl von Systemen für die Totalendoprothetik der Hüfte existieren, um diese Unterschiede abbilden zu können. Diese Systeme unterscheiden sich in der Art der Fixierung der Prothese, der Gelenkkrafteinleitung in den Knochen (epiphysär, metaphysär, metadiaphysär, diaphysär) und auch in der Art des Aufbaus der Prothese (Kappenprothesen, Druckscheibenprothesen, Monoblockprothesen, modulare und Custom-made-Prothesen).

Die Form und Länge der Schäfte ist dabei so gewählt, dass sich die Prothese an der Kortikalis großflächig abstützen kann und die gewünschte Art der Kraftübertragung auf den Knochen ermöglicht wird. Die geringste Knochenresektion (und damit eine sichere Revisionsmöglichkeit) ermöglicht die Oberflächenersatzendoprothetik durch Schalen- oder Kappenprothesen [30]. Die Verwendung modularer Systeme ermöglicht bei Operationen von Hüftdysplasien die genaue Einstellung der gewünschten Anteversion oder Beinlänge. Individualprothesen ermöglichen eine genaue Anpassung an die anatomischen Verhältnisse. Sie werden auf Grundlage von CT-Daten individuell für den Patienten gefertigt und sind insbesondere indiziert bei Köcher- oder Gelenkdeformitäten [31].

Eine metaphysäre Verankerung erfolgt bei Kurzschafprothesen, welche entweder in Monoblockform, modularer Konstruktion oder individuell gefertigt verfügbar sind. Solche Prothesen sind indiziert bei jungen Patienten, Hüftkopfnekrosen ohne Beteiligung des Schenkelhalses, posttraumatischen Arthrosen und Dysplasiearthrosen [32].

Für die metadiaphysäre Verankerung liegen eine große Anzahl von zementfreien Implantaten bereit, die sich durch eine große Anzahl von Stielgrößen und Modularität (insbesondere des Kugelkopfes und des Konus) kennzeichnen. Ziel ist ein möglichst großflächiger Kontakt und eine optimale Krafterleitung. Für Revisionsoperationen wurde der Langschaft entwickelt.

Eine diaphysäre Verankerung ist indiziert bei nicht möglicher proximaler Verankerung (in der Regel aufgrund von Knochendefekten). Auch hier gibt es Monoblockimplantate und modulare Systeme.

Durch die Entwicklung modularer Verbindungen zwischen Kopf und Stiel wurde die Verwendung unterschiedlicher Gleitpaarungen möglich. Ebenso ermöglichen modulare Systeme die genaue Einstellung von Varus/Valgus und der Beinlänge. Im Wesentlichen bestimmen der CCD-Winkel und die Halslänge den femoralen Offset und vertikalen Offset und damit sukzessive auch die Veränderung der Hüft- (und Bein-) Länge und des globalen Offsets [33]. Außerdem ist durch solche Systeme auch eine Anpassung der Ante- oder Retrotorsion möglich.

Viele Schäfte sind in einer Standard-Variante und einer lateralisierten Variante verfügbar. Eine weitere Möglichkeit der Beeinflussung des Offsets liegt in der Verwendung von lateralisierten Polyethylen-Inlays.

Schließlich liegen auch die Kugelköpfe der Prothesen in verschiedenen Größen vor (S, M, L, XL, XXL) und erlauben damit auch eine genauere Einstellung des Offsets.

In Kapitel 2.6 werden die zur Verfügung stehenden Ausführungen des M/L Taper Schaftes (Fa. Zimmer Biomet, Warsaw, Indiana, Vereinigte Staaten) dargestellt, mit dem die Patienten dieser Arbeit versorgt wurden, mit den entsprechend angebotenen Kugelköpfen, Inlays und Pfannensystemen.

1.9 Offsetassoziierte Pathologien

In den folgenden Kapiteln sollen einige nach einer Hüftgelenksersatz-Operation auftretenden Pathologien kurz dargestellt werden, die in der Literatur insbesondere mit einer Veränderung des anatomischen Offsets (vertikal oder horizontal) und einer damit einhergehenden Verlagerung des Drehzentrums der Hüfte in Verbindung gebracht werden.

Dabei wird zunächst die Beinlängendifferenz betrachtet, für die natürlich eine Veränderung in der vertikalen Achse (z.B. Veränderung des vertikalen Offsets oder der Hüftlänge) durch die Operation eine Rolle spielt. Dann werden das Trochanterreizsyndrom und die Glutealinsuffizienz dargestellt, die vor allem Auswirkungen von zu starken Veränderungen in der horizontalen Achse (Veränderung des globalen Offsets oder seiner Komponenten) sein können. Anschließend wird auf das Iliopsoassyndrom und das Piriformissyndrom eingegangen, wo eine Kombination von Veränderungen in der horizontalen und vertikalen Achse Probleme bedingen können.

1.9.1 Beinlängendifferenz

Ein wichtiges Ziel bei der endoprothetischen Versorgung am Hüftgelenk ist, die Beinlänge zu rekonstruieren, ohne jedoch die Stabilität der Prothese zu gefährden [34]. Eine Beinlängendifferenz nach endoprothetischen Eingriffen ist ein großer Faktor für die Unzufriedenheit von Patienten und für juristische Auseinandersetzungen [35].

Eine Beinlängendifferenz kann postoperativ sowohl anatomisch (durch Verschiebung des Rotationszentrums oder Veränderungen am Femur) oder funktionell (zum Beispiel durch einen Beckenschiefstand oder anatomische Abweichungen am Becken oder an der Lendenwirbelsäule) bedingt sein. Ein weiterer Faktor für eine subjektive funktionelle Beinlängendifferenz kann auch ein postoperatives Hinken oder ein empfundenes Spannungsgefühl an der Glutealmuskulatur sein [35].

Eine Verlängerung des operierten Beines im Vergleich zur Gegenseite ist dabei häufiger als eine Verkürzung. Eine wichtige Schwelle scheinen 10mm zu sein. Ist die Beinlängendifferenz größer, wird dies von den Patienten auch wahrgenommen [36] und

verschlechtert das funktionelle Outcome und kann auch zu einer Instabilität des Gelenks führen [37].

1.9.2 Gluteale Insuffizienz

Chronische Schmerzsyndrome am lateralen proximalen Oberschenkel kommen bei Patienten nach Hüftgelenksersatz in 25% in milder (und bis zu 6% in schwerer) Ausprägung vor [38].

Glutealsehnenpathologien und eine gluteale Insuffizienz stellen eine Erklärung für ein schlechtes Outcome nach Hüft-TEP dar. Es existiert eine Bandbreite von Beschwerdesyndromen, wobei sich gezeigt hat, dass Ausfälle des Musculus gluteus medius wesentlich häufiger Beschwerden verursachen [39]. Meist imponieren klinisch eine verminderte Abduktionskraft der betroffenen Hüfte sowie peritrochantäre Druckschmerzen und je nach Ausmaß der Insuffizienz auch ein positives Trendelburg-Zeichen.

Mc Gory zeigte, dass ein vermindertes femorales Offset zu einer Abduktionsschwäche führen kann [40]. Hendry et al. fanden bei über 35% ihres Patientenkollektives nach endoprothetischem Hüftgelenksersatz degenerative partielle oder totale Rupturen der glutealen Muskeln, wobei Frauen deutlich häufiger betroffen waren [41]. Nach einer Hüftprothesen-Implantation über einen lateralen Zugang sind Atrophien des Musculus gluteus minimus häufig zu beobachten, welche jedoch im Vergleich zu den selteneren Atrophien des Musculus gluteus medius eher selten klinische Beschwerden bereiten [42].

Als diagnostischer Goldstandard gilt die MRT, wobei sich bei manifester Glutealinsuffizienz insbesondere eine fettige Degeneration des Musculus gluteus medius zeigt.

Bezüglich der Therapieoptionen sind kleinere Teilrupturen und Tendinosen vornehmlich die Domäne der konservativen Therapie (Physiotherapie, physikalische Therapie, extrakorporale Stoßwellentherapie, Kortikosteroidinjektionen). Bei größeren Defekten

kommen verschiedene endoskopische und offene Verfahren der Refixation zum Einsatz [39].

1.9.3 Trochanterschmerzsyndrom

Persistierende Schmerzen in der Region des Trochanter major sind eine häufige Komplikation nach einem endoprothetischen Hüftgelenksersatz. Das Trochanterschmerzsyndrom (englisch: trochanteric pain syndrom) ist definiert als einschränkender Schmerz über der lateralen Hüfte. Prävalenzen nach einer Hüftprothesenoperation werden in der Literatur angegeben in einer Größenordnung von 4-17% [43, 44]. Als Ursache werden unter anderem Tendinopathien oder Mikrotraumen in den Sehnen der Glutealmuskulatur angegeben [45]. Vorhergehende Studien vermuten einen Zusammenhang mit der Art des Zuganges, wobei ein lateraler Zugang mit einem vermehrten Auftreten in Verbindung gebracht wird im Vergleich zu einem anterioren oder posterioren Zugang [46].

Worlicek et al. fanden keinen Zusammenhang zwischen dem Trochanterschmerzsyndrom und einer isolierten Betrachtung von Hüftlänge, acetabulärem oder femoralem Offset. Jedoch konnten sie einen Zusammenhang nachweisen, dass es bei einer Abweichung der Kombination dieser Werte um über 5mm zu einem deutlich höheren Auftreten des Trochanterschmerzsyndromes kommt. Behandelt wird das Trochanter-Schmerzsyndrom vorwiegend mit Kortikosteroid-Injektionen [47].

1.9.4 Iliopsoas-Syndrom

Bei Sehnenproblemen nach einer Implantation einer Hüftprothese spielt die Iliopsoassehne eine wichtige Rolle [48]. Bricteux et al. fanden für 4% der Patienten mit anhaltenden Schmerzen nach Implantation einer Hüftprothese Probleme mit dem Iliopsoas als Ursache [49].

Schmerzen aufgrund eines Iliopsoas-Impingements oder einer Iliopsoas-Tendinitis können vor allem durch eine falsche (insbesondere zu ventrale) Positionierung der Pfannen-komponente, verbleibende Zementanteile oder überlange Schrauben der

acetabulären Komponente verursacht werden [49–52]. Eine weitere Ursache für eine Iliopsoas-Tendinitis kann aber auch aufgrund eines zu hohen femoralen Offsets oder eines Beinlängenunterschiedes bedingt sein [53].

Wegweisend für die klinische Diagnose sind Schmerzen bei der Hüftflexion zwischen 0° und 70°, ein positiver Infiltrationstest mit Lokalanästhetikum und die Anamnese. Bei nur geringem Erfolg von konservativen Therapieversuchen gibt es operativ die Möglichkeiten eines arthroskopischen Releases der Iliopsoassehne oder einer offenen Revisionsoperation mit einer Änderung der Platzierung der Prothesenkomponenten [48].

1.9.5 Piriformis-Syndrom

Der Musculus piriformis wird zur tiefen Hüftmuskulatur gezählt. Er entspringt am Kreuzbein und zieht durch das Foramen Ischiadicum nach lateral zum Trochanter major. Seine Kontraktion bewirkt eine Außenrotation im Hüftgelenk; außerdem ist er an Abduktion des Oberschenkels beteiligt [54].

Klinisch zeigt sich das Piriformissyndrom durch Schmerzen im Bereich des Gesäßes, die an der Rückseite des Beines bis zur Wade ausstrahlen können und auf einer Kompression des Nervus Ischiadikus durch den Musculus piriformis beruhen. Ursachen hierfür können anatomische Variationen sein, vorangegangenes Trauma am Muskel, Muskelhypertrophie sowie Muskelspasmen [54]. Die Inzidenz wird hierbei kontrovers diskutiert [55].

Postoperativ nach einem totalen Hüftgelenksersatz berichten Micicoi et al. von einer Inzidenz von 1,2% bei posteriorem Zugang und 0% beim anterioren Zugang [56]. Unabhängig vom direkten Trauma durch die Operation spielt auch eine veränderte Biomechanik eine Rolle, welche insbesondere durch eine Beinlängendifferenz zu einer Verlängerung oder Verkürzung des Muskels führen kann [57].

Eine Diagnose erfolgt in der Regel klinisch, einerseits durch Palpation der Region sowie durch diverse klinische Tests (zB. FAIR-Test, Pace-Test, Beatty-Test) [54].

Oft zeigt die konservative Behandlung eine gute Wirkung: Entlastung, gezielte Dehn- und Kräftigungsübungen unter physiotherapeutischer Anleitung, entzündungshemmende Medikamente sowie lokale Injektionen mit Lokalanästhetika oder Botulinumtoxin stehen als Optionen zur Verfügung. Die chirurgische Behandlung besteht in einer Durchtrennung der Sehne des Musculus piriformis und einhergehender Dekompression des Nervus Ischiadikus [54].

1.10 Zielsetzung der Arbeit

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die potenziellen Zusammenhänge zwischen der Veränderung geometrischer Parameter des Hüftgelenks durch den endoprothetischen Eingriff (gemessen an prä- und postoperativen Röntgenaufnahmen) und dem patientenberichteten Outcome (gemessen anhand des Euro Quality of Life (EuroQoL)- und Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC)-Scores) anhand einer großen Fallzahl zu evaluieren. Im Fokus sollte dabei die Rekonstruktion des femoralen Offsets und des Drehzentrums stehen.

Dabei wurde die Verlagerung des Drehzentrums sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Ebene bestimmt. Beide Achsen wurden in beide Richtungen vermessen, sodass auch der acetabuläre Offset und die Höhe des Drehzentrums (Hüftzentrumshöhe) miterfasst wurden. Auf diese Weise konnten Veränderungen der Anatomie und Biomechanik durch die Prothese exakt beschrieben werden.

Laut Literatur ist bei der endoprothetischen Versorgung der Hüfte eine Rekonstruktion des Drehzentrums mit einer maximalen Veränderung von 5 mm im Vergleich zur präoperativen anatomischen Lage optimal [58–60]. Daher wurden in der vorliegenden Arbeit die Untergruppen mit einer Abweichung des rekonstruierten Offsets von 5 mm, von < 5 mm und von > 5 mm getrennt statistisch analysiert.

Weiterhin wurden die Fälle nach Geschlechtern getrennt im Hinblick auf mögliche Unterschiede bei der Rekonstruktion des Drehzentrums und beim subjektiven Outcome nach dem endoprothetischen Eingriff untersucht.

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Patienten untersucht, die in der orthopädischen Klinik König-Ludwig-Haus, Lehrstuhl der Universität Würzburg, im Zeitraum von 2012–2014 mit einer zementfreien primären Hüft-TEP (M/L Taper Schaft) versorgt und in einer klinikinternen Datenbank erfasst wurden. In diesem Zeitraum unterzogen sich insgesamt 1185 Patienten einem solchen Eingriff (s. Abb. 3). Ausgeschlossen wurden Patienten mit einer Voroperation an der Hüfte (n=81), einer intraoperativ aufgetretenen Fraktur (n=16), Patienten, deren radiologische Daten nicht auswertbar waren (z.B. fehlendes Bild, keine Kalibrierung möglich, Hüfte nicht vollständig abgebildet; n=40), Patienten mit stark verformten oder dislozierten Hüften (n=24) sowie Patienten, bei denen ein Revisionseingriff oder der Einbau eines Spacers innerhalb eines Jahres nach dem primären Eingriff erfolgte (n=9). Da bei 358 Patienten die EuroQoL- und WOMAC-Scores nur unvollständig erhoben wurden, konnten letztendlich nur 655 Patienten (weiblich: 336, männlich: 319) eingeschlossen werden.

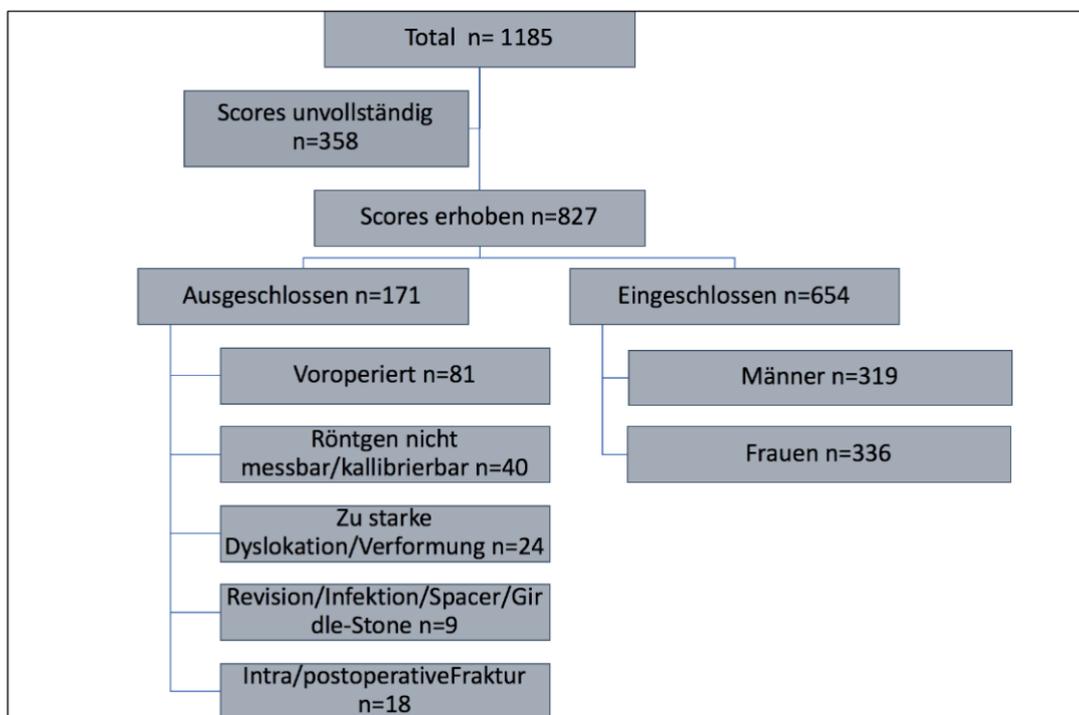


Abb. 3: Übersicht über die Rekrutierung der Patienten (eigene Abbildung)

Für die statistische Datenauswertung wurde auf Anfrage eine Unbedenklichkeitsbescheinigung der Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg unter der Nummer 20160121 01 ausgestellt.

2.2 Einfluss präoperativer Risikofaktoren

Im Rahmen der Studie wurde der Einfluss präoperativer Risikofaktoren untersucht, die das Ergebnis der Hüft-TEP-Implantation beeinflussen können. Dabei wurde der mögliche negative Einfluss eines höheren Patientenalters zum Operationszeitpunkt, eines eingeschränkten präoperativen Allgemeinzustands (American Society of Anesthesiologists-(ASA)-Score, eines erhöhten Body-Mass-Index (BMI) oder einer verlängerten Verweildauer im Krankenhaus nach dem Eingriff auf das patientenberichtete Outcome analysiert.

2.2.1 Alter zum Operationszeitpunkt

Das Alter der Patienten zum Zeitpunkt des Eingriffs wurde aus der Patientenakte entnommen.

2.2.2 Beurteilung des Allgemeinzustands mit dem ASA-Score

Als Maßstab für den körperlichen Zustand der Patienten zum Zeitpunkt der Operation wurde die ASA-Klassifikation gewählt [61]. Der ASA-Score wurde anhand der präoperativen anästhesiologischen Prämedikations- und Aufklärungsbögen erfasst (s. Tab 1).

Tab. 2 : American Society of Anesthesiologists-(ASA)-Einteilung

ASA Klassifikation	
1	normaler, gesunder Patient
2	Patient mit leichter Allgemeinerkrankung
3	Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung
4	Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung, die eine ständige Lebensbedrohung ist
5	moribunder Patient, der ohne Operation vermutlich nicht überleben wird
6	hirntoter Patient, dessen Organe zur Organspende entnommen werden

2.2.3 Präoperativer Body-Mass-Index

Die Einteilung der BMI-Gruppen erfolgte nach den Angaben der WHO, wonach ein BMI von 18,5–24,9 kg/m² als Normalgewicht definiert wird [62]. Der BMI der Patienten wurde den anästhesiologischen Unterlagen entnommen.

2.2.4 Verweildauer nach der Operation im Krankenhaus

Die Verweildauer der Patienten im Krankenhaus nach der Operation wurde der krankenhausinternen Datenbank entnommen.

2.3 Radiologische Messungen

Für alle Patienten lagen prä- und postoperativ standardisiert durchgeführte und kalibrierbare Beckenübersichts-Röntgenaufnahmen vor. Alle Messungen wurden an diesen routinemäßig erhobenen digitalen Aufnahmen durchgeführt.

2.3.1 Erhebung der Messwerte

Alle radiologischen Messungen wurden mit der Software „mediCAD“ (Fa. mediCAD Hectec GmbH, Altdorf, Deutschland) durchgeführt (s. Abb. 4). Die verwendete Version war 5.1.05.

Um die Vergleichbarkeit der Messwerte zu gewährleisten, wurden alle Röntgenaufnahmen kalibriert. Die präoperativen Bilder wurden mit einer standardisierten 30 mm Kalibrierkugel am Computer kalibriert. Patienten, bei denen diese Kugel auf den Bildern nicht oder nur teilweise abgebildet war, wurden ausgeschlossen. Die postoperativen Bilder enthielten keine Kalibrierkugel; hier erfolgte die Kalibrierung anhand des bekannten Durchmessers des Kopfes der Hüft-TEP.

Nach der Kalibrierung der Bilder wurde mit dem Messinstrument von mediCAD zur Bestimmung der Beinlänge zunächst die Köhler-Linie als eine horizontale Linie an den Untergrenzen der radiologischen Tränenfiguren gesetzt [63].

Danach wurden die Rotationszentren beider Hüftköpfe bestimmt. Dazu wurde in mediCAD mit Hilfe der Dreipunkte-Methode ein Kreis mit dem Durchmesser des Hüftkopfes gezeichnet. Dieser Kreis wurde dann so verschoben und zentriert, dass er mit den Hüftkopf kongruent überlagerte, wodurch der Mittelpunkt des Kreises dem Mittelpunkt des Hüftkopfes entsprach.

Dann wurde ausgehend von der Köhler-Linie eine Parallele durch die beiden im vorangegangenen Schritt bestimmten Hüftgelenkmittelpunkt gezogen. Der Abstand dieser Parallelen zur Köhler-Linie, also die Hüftzentrumshöhe (Hip-Center-Height, HCH), wurde vom Programm automatisch berechnet.

Der vertikale Offset (VO) wurde durch die Fällung eines Lots von der Köhler-Linie an die obersten Ursprünge der beiden Trochanter minores der Femurknochen bestimmt [64, 65]. Die Addition der Werte des VO und der HCH ergab den Wert für die Hüftlänge (HL).

Für die Bestimmung des acetabulären Offsets (AO) wurde auf der die Hüftkopfszentren schneidenden Parallele der Köhler-Linie der Abstand zwischen dem Hüftkopfszentrum und dem tiefsten Punkt der zugehörigen Tränenfigur gemessen. Hierzu fällt das

Programm von der Parallelen ausgehend ein Lot, welches so verschoben wurde, dass es die Tränenfigur schnitt.

Der femorale Offset (FO) wurde als Abstand zwischen dem Hüftkopfbereich und dem Schnittpunkt der gedachten Verlängerung der Femurschaft-Achse mit der oben beschriebenen Parallelen bestimmt. Hierbei wurde die Femurschaft-Achse durch die 4-Punkte-Messmethode in mediCAD bestimmt und vom Programm geplottet.

Der globale Offset (GO) wurde durch die Addition des acetabulären (AO) und femoralen Offsets (FO) errechnet. Die Hüftlänge (HL) wurde durch Addition des vertikalen Offsets (VO) und der Hüftzentrumshöhe (HCH) berechnet. Der CCD-Winkel wurde mit derselben Messung bestimmt wie die Femurschaft-Achse. Im Anschluss an die 4-Punkte-Bestimmung des Femurschaftes wurde ein Kreis auf den Femurkopf gelegt. Nach Bestimmung zweier Punkte auf dem Schenkelhals ermittelte das Programm automatisch den CCD-Winkel zwischen den beiden Linien.

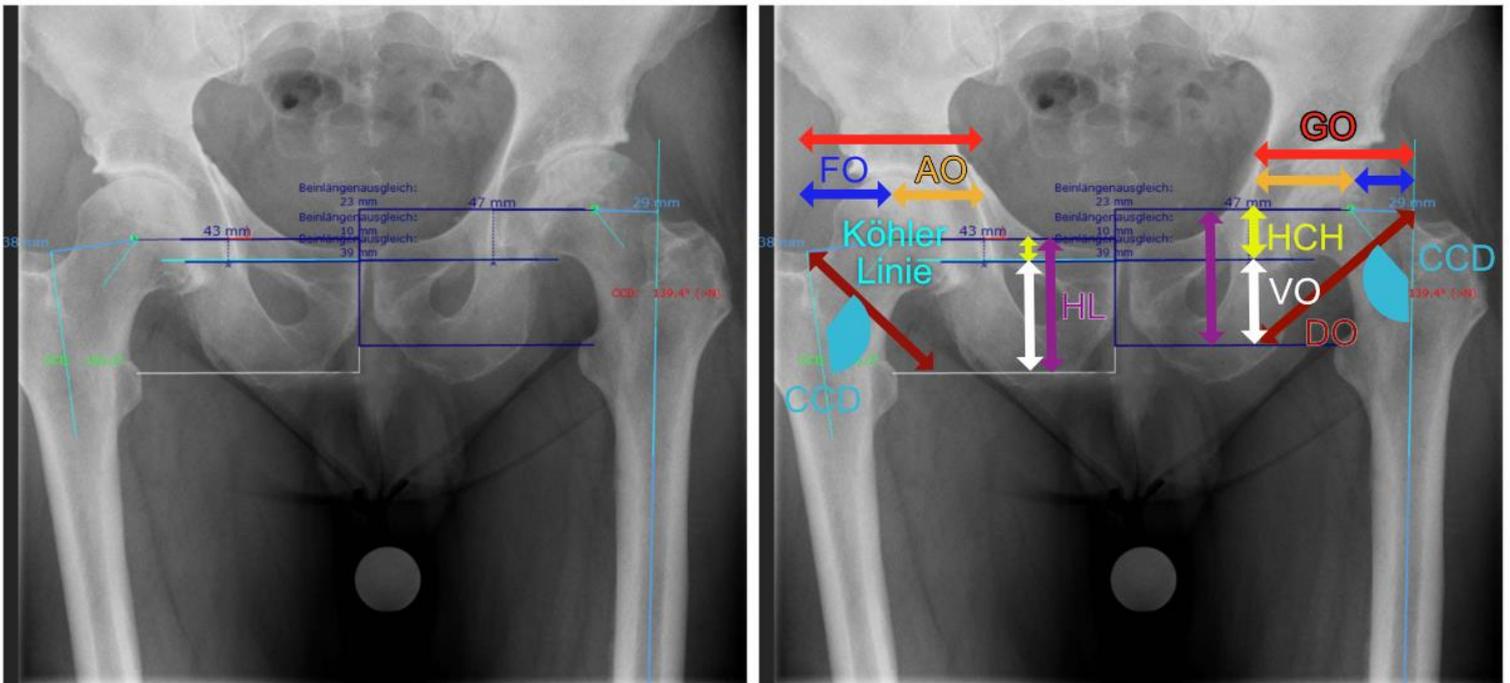


Abb. 4: Präoperative Vermessung der anatomischen Verhältnisse im Hüftgelenk (eigene Abbildung anhand eines Röntgenbilds der Studie). FO=Femorale Offset; AO=Acetabulärer Offset; CCD=Centrum-Colum-Diaphysenwinkel; HL=Hüftlänge; HCH=Hip-Center-Height(Hüftzentrumshöhe); VO=Vertikaler Offset; DO=Diagonaler Offset; GO=Globaler Offset.

Im Anschluss wurde das postoperative Bild vermessen (s. Abb. 5).

Dazu wurde wieder die Köhler-Linie gezogen. Über den Abstand zwischen der Köhler-Linie und einer Parallelen durch den obersten Punkt des Trochanter minor auf der operierten Seite wurde die Veränderung der Beinlänge zwischen prä- und postoperativer Anatomie erfasst.

Danach wurde für die operierte Seite das neue Rotationszentrum bestimmt, indem ein Kreis deckungsgleich auf die Kopfkomponekte des Implantats aufgelegt wurde. Der Mittelpunkt dieses Kreises wurde als neues Rotationszentrum definiert. Der Abstand zwischen dem Rotationszentrum und dem Schnittpunkt des Lots mit der Köhler-Linie wurde als postoperativer vertikaler Offset (VO) erfasst.

Der Abstand vom Rotationszentrum zur Tränenfigur wurde als acetabulärer Offset (AO) dokumentiert. Der Abstand zwischen dem Schnittpunkt der Femurschaftachse mit der Parallelen der Köhler-Linie durch das Rotationszentrum wurde als femoraler Offset (FO) gemessen.

Wie bereits präoperativ wurde der globale Offset (GO) als Summe aus dem femoralen (FO) und acetabulären Offset (AO) ermittelt; Die Hüftlänge (HL) wurde postoperativ ebenso durch Addition des vertikalen Offsets (VO) und der Hüftzentrumshöhe (HCH) errechnet.

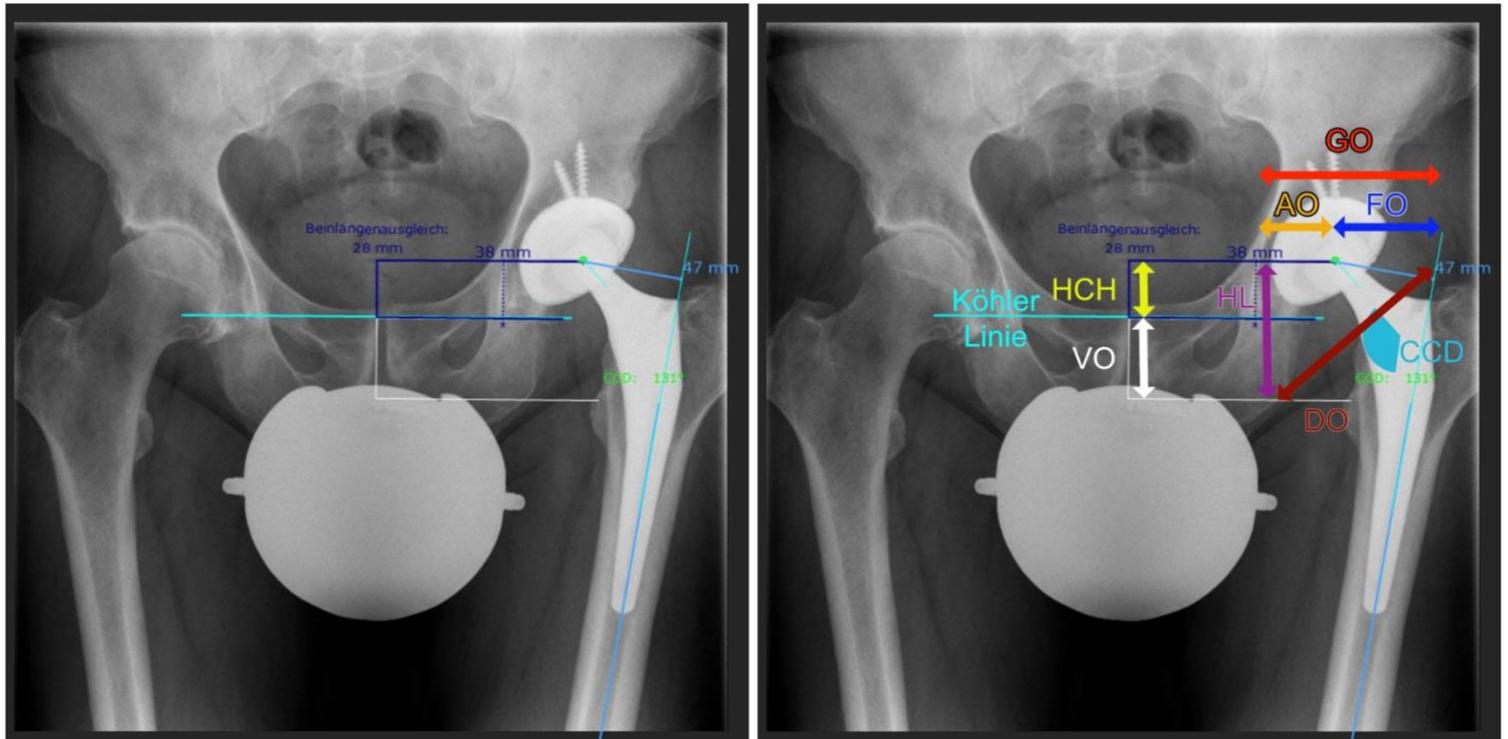


Abb. 5: Postoperative Vermessung der anatomischen Verhältnisse im Hüftgelenk (eigene Abbildung anhand eines Röntgenbilds der Studie). FO=Femoraler Offset; AO=Acetabulärer Offset; CCD= Centrum-Colum-Diaphysenwinkel; HL=Hüftlänge; HCH=Hip-Center-Height; VO=Vertikaler Offset; DO=Diagonaler Offset; GO=Globaler Offset.

2.3.2 Der Diagonale Offset

Nach Vermessung der prä- und postoperativen Bilder wurde aus diesen Messwerten noch der diagonale Offset erhoben.

Der globale Offset (GO) wurde definiert als die Summe aus femoralem (FO) und acetabulärem Offset (AO). Die Addition der Messwerte für FO und AO ergaben dann respektive den prä- und postoperativen GO.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Veränderungen des Offsets in der horizontalen Ebene (AO und FO und als Kombination der beiden der GO) untersucht im Hinblick auf einen Einfluss auf das patientenberichtete subjektive Outcome. Gleichzeitig wurde auch die vertikale Komponente der durch die Operation möglicherweise auftretenden Veränderungen in der Anatomie untersucht (HCH und VO und als Kombination der

beiden die Hüftlänge HL). Diese entsprechen jeweils einer Messung und Überprüfung der Veränderung in einer Dimension. Durch die Operation ändert sich jedoch die Anatomie (und mit ihr auch die Biomechanik) im Hüftgelenk in allen drei Dimensionen. Durch die Limitation der radiologischen Aufnahmen auf zwei Dimensionen (siehe auch Kapitel 4.1.4) war eine Messung einer Veränderung/Verschiebung in drei Dimensionen nicht möglich. Dennoch soll über die Messung und Auswertung der isoliert auf eine Dimension (jeweils entweder horizontale oder vertikale) entstandene Veränderung hinaus untersucht werden, wie sich das Zusammenspiel der beiden Dimensionen im Hinblick auf die Operation und des berichteten Outcomes verhält.

Hierbei wurde untersucht, wie sich Veränderungen des GO und der HL im Zusammenspiel verhalten. Hierzu wird errechnet und verglichen, wie sich der von GO und HL gebildete Vektor verändert in seiner Länge im prä- und postoperativen Vergleich.

Der globale Offset (GO) und die Hüftlänge (HL) bilden per Definition (da es sich um zwei aufeinander orthogonal stehende Ebenen handelt) ein rechtwinkliges Dreieck. Die zu bestimmende Länge des Vektors gebildet von GO und HL entspricht in ihrer Länge der Hypotenuse des rechtwinkligen Dreiecks gebildet durch GO und HL entspricht.

Diese Hypotenuse und damit der diagonale Offset lässt sich mit dem nach Pythagoras von Samos benannten Hypothenusensatz errechnen [66].

$$DO^2 = GO^2 + HL^2$$

Durch Bildung der Wurzel wurde nach DO aufgelöst und so konnte der Wert für DO errechnet werden. Dieser Berechnung wurde für jede prä- und postoperative Messung vorgenommen.

2.3.3 Übersicht über die radiologischen Messwerte

Die folgende Tabelle 3 listet die im Rahmen der radiologischen Messungen an prä- und postoperativen Hüftübersichtsaufnahmen erhobenen Messwerte.

Tab. 3: Prä- und postoperativ erhobene radiologische Messwerte

	Prä-OP	Post-OP	Messung
<i>Femoraler Offset (FO)</i>	X	X	Abstand vom Rotationszentrum zur Femurschaftachse auf einer Parallelen zur Köhler-Linie
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	X	X	Abstand vom Rotationszentrum zum tiefsten Punkt der Tränenfigur
<i>Globaler Offset (GO)</i>	X	X	Summe aus FO und AO
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	X	X	Abstand der Köhlerlinie vom obersten Ursprung des Trochanter minor
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	X	X	Abstand vom Rotationszentrum zur Köhler-Linie
<i>Hüftlänge (HL)</i>	X	X	Summe VO + HCH
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	X	X	Länge des Vektors gebildet durch GO und HL; mathematisch ermittelt als Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks gebildet durch GO, HL und DO.
<i>CCD-Winkel</i>	X		Winkel zwischen der Femurschaftachse und Schenkelhalsachse

2.4 Patientenberichtetes subjektives Outcome und Lebensqualität

Das subjektive Outcome und die Lebensqualität wurden mit dem WOMAC- und EuroQol-Score erfasst. Die Patienten erhielten dazu zum Zeitpunkt der Operation sowie ein Jahr postoperativ entsprechende Fragebögen.

Die Veränderung des WOMAC- und EuroQol-Scores von prä- zu postoperativ wurden mit den radiologischen Messdaten und der Veränderung der Parameter im Hinblick auf das Rotationszentrum verglichen.

2.4.1 EuroQuol

Der EuroQol-5D-3L ist ein standardisierter Fragebogen zur Erfassung der Lebensqualität von Patienten. Der Gesundheitsstatus wird anhand der fünf Qualitäten Bewegung, Selbstversorgung, allgemeine Tätigkeiten, Schmerz und Angst/Depression erfragt. Dabei kann der Patient angeben, ob er keine, mäßige oder starke Probleme in der jeweiligen Qualität hat. Außerdem schätzt der Patient anhand einer visuellen Analogskala seinen allgemeinen Gesundheitszustand von 0–100 ein. Bei der Auswertung werden die Ergebnisse in einen Index (0–1,0) umgerechnet, wobei ein Wert von 1,0 der bestmöglichen Lebensqualität und 0 dem Tod entspricht [67].

2.4.2 WOMAC

Der WOMAC-Score erfasst die Symptomatik und Funktionseinschränkungen bei Patienten mit Coxarthrose oder Gonarthrose. Er wurde 1982 in Kanada entwickelt und 1996 ins Deutsche übersetzt [68]. Der von den Patienten auszufüllende Fragebogen umfasst 24 Fragen in drei Dimensionen. Dazu zählen fünf Fragen zum Schmerzempfinden, zwei Fragen zur Steifigkeit des Gelenks und siebzehn Fragen zu körperlichen Tätigkeiten im Alltag [69, 70]. Der WOMAC-Score existiert in drei Versionen („Visual Analogue“, „Likert“, „Numerical Rating“) [16]. In der vorliegenden Arbeit wurde die numerische Version verwendet, bei der der Patient seine Symptome mit Ziffern von

1–10 bewerten kann. Dadurch ergeben sich Rohscores für die einzelnen Dimensionen und ein Gesamtscore aus der Gesamtpunktzahl. Der Rohscore wird in einen Wert von 0 bis maximal 100 transformiert. Je höher die Punktzahl des Ergebnisses, desto schlechter bewertet der Patient die Funktion des Gelenks [67] .

2.5 Statistische Analyse

Die statistischen Analysen wurde mit dem Programm SPSS (Fa. IBM, Armonk, New York, Vereinigte Staaten) durchgeführt. Deskriptive Auswertungen erfolgten darüber hinaus teilweise mit dem Programm Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, Vereinigte Staaten).

Die statistische Auswertung erfolgte unter Mithilfe von Dr. Rudolph Welskopf, Berlin.

2.5.1 Präoperative Risikofaktoren

Zunächst wurde für die präoperativen Risikofaktoren eine deskriptive statistische Analyse zur Ermittlung der Mittelwerte und Standardabweichungen (engl. standard deviation, SD) durchgeführt. Danach wurde der potenzielle Einfluss der präoperativen Risikofaktoren mithilfe einer ANOVA-Analyse auf das patientenberichtete Outcome (Veränderung der WOMAC- und EuroQol-Score-Werte von prä- zu postoperativ) ermittelt.

2.5.2 Radiologische Messungen

Die prä- und postoperativen Werte wurden zunächst einer deskriptiven statistischen Analyse mit der Ermittlung der Durchschnittswerte und SD zugeführt. Diese Daten wurden auch nach Geschlechtern getrennt erhoben. Durch Subtraktion wurde die Veränderung der Messwerte von prä- zu postoperativ ermittelt.

2.5.3 Patientenberichtetes Outcome

Das mittels EuroQol- und WOMAC-Score (präoperativ, ein Jahr postoperativ) ermittelte Outcome wurde einer deskriptiven statistischen Analyse unterzogen. Dabei wurden sowohl die absoluten Werte (prä- und postoperativ) als auch die Veränderung der Werte (Differenz zwischen den prä- und postoperativen Werten) untersucht.

2.5.4 Korrelation zwischen Veränderung der radiologischen Messwerte und dem patientenberichteten Outcome

Ein möglicher Zusammenhang zwischen der Veränderung der radiologischen Messwerte und der Veränderung der Scores von prä- zu postoperativ wurde mit einer Pearson-Korrelationsanalyse untersucht. Diese Analyse wurde für die Gesamtkohorte sowie für die Untergruppen der Männer und Frauen durchgeführt.

In einer weiteren Analyse wurde die Präzision der Rekonstruktion der präoperativen anatomischen Werte untersucht. Dazu wurden für die jeweiligen Parameter drei Gruppen gebildet:

- Rekonstruktion innerhalb ± 5 mm
- Verkleinerung um mehr als -5 mm des Wertes
- Vergrößerung um mehr als $+5$ mm des Wertes

Diese Untergruppen wurden dann getrennt voneinander mittels einer ANOVA-Analyse bezüglich der Veränderungen der Scores untersucht.

2.5.5 Statistische Tests

Die potenzielle multifaktorielle Einfluss präoperativer Risikofaktoren mittels ANOVA-Tabelle wurde durch den Eta-Quadrat Test überprüft. Die Pearson-Korrelationen der anderen statistischen Untersuchungen wurden durch den T-Test überprüft. Für alle

Untersuchungen wurde vor Beginn der Studie ein Signifikanzniveau von $p < 0,05$ festgelegt.

2.6 Implantat und Operationstechnik

Alle Operationen wurden über den anterioren Zugang minimalinvasiv nach Smith-Petersen durchgeführt [27]. Die Patienten wurden ausnahmslos mit einem zementfreien Schaft M/L Taper (Fa. Zimmer Biomet, Warsaw, Indiana, Vereinigte Staaten) versorgt. Der aus Tivanium® (Ti-6Al-4V Legierung) bestehende Schaft ist in vierzehn Größen von 4–22,5 mm, jeweils in einer Standardvariante und einer Version mit erweitertem Offset, verfügbar [71]. Die Variante mit dem erweiterten Offset erlaubt eine seitliche Verschiebung des Offsets um bis zu 5 mm, ohne die Hüftlänge oder die Hüftzentrumshöhe zu verändern [72].

Tab. 4: M/L-Taper-Schaft Standard Offset - Maße und Offset [71]

Schaftbreite (mm)	Schaftlänge (mm)	Schaftoffset je nach Wahl der Kopf-Komponente (mm)				
		-3,5	+0	+3,5	+7	+10,5
4	107	33	35	38	40	43
5	109	37	40	42	45	48
6	111	38	40	43	46	48
7,5	114	40	43	45	48	50
9	117	41	43	46	49	51
10	119	41	44	46	49	52
11	121	42	44	47	50	52
12,5	124	42	45	48	50	53
13,5	126	43	46	48	51	53
15	129	44	46	49	52	54
16,25	132	44	47	49	52	54
17,5	134	45	48	50	53	55
20	139	46	49	51	54	57
22,5	144	47	50	53	55	58

Tab. 5. M/L Taper-Schaft erweiterter/lateralisierter Offset – Maße und Offset [71]

Schaftbreite (mm)	Schaftlänge (mm)	Schaftoffset je nach Wahl der Kopf-Komponente (mm)				
		-3,5	+0	+3,5	+7	+10,5
4	107	38	40	43	45	48
5	109	42	45	47	50	53
6	111	43	45	48	51	53
7,5	114	45	48	50	53	55
9	117	46	48	51	54	56
10	119	46	49	51	54	57
11	121	47	49	52	55	57
12,5	124	47	50	53	55	58
13,5	126	48	51	53	56	58
15	129	49	51	54	57	59
16,25	132	49	52	54	57	59
17,5	134	50	53	55	58	60
20	139	51	54	56	59	62
22,5	144	52	55	58	60	63

Für den Ersatz der Hüftgelenkspfanne kamen bei den Patienten dieser Arbeit Pfannensysteme (Pfanne und Inlay) der Marken Allofit/Allofit-S® und Trilogy® (beide Fa. Zimmer Biomet, Warsaw, Indiana, Vereinigte Staaten) zum Einsatz.

Das Trilogy® Pfannensystem besteht aus einer Pfanne, welche aus reinen Titan-Fasern besteht, die mit einem Tivanium®-Substrat verbunden sind, sowie aus einem Polyethylene-Inlay (Longevity®). Die Pfannen werden in Größen von 36mm bis 80mm (in 2mm-Intervallen) angeboten [73].

Die Polyethylen-Inlays stehen in einer Standardausführung, zwei asymmetrischen Varianten (mit 10° oder 20° Überhöhung) sowie einer 7mm Offsetvariante, welche das Rotationszentrum der Pfanne lateralisiert, zur Verfügung [73].

Bei den Implantaten für den Kopf kamen Implantate aus Metall (Metasul®) oder Keramik (Cerasul®) zum Einsatz. Es wurden Köpfe in den Größen 32mm oder 36mm verwendet. Die Köpfe sind in verschiedenen Längen verfügbar, wodurch sich je nach gewählter Länge auch die laterale Komponente und damit der Offset variieren lässt (siehe auch Tab. 4 und Tab. 5) [71]:

- Länge S: - 3,5mm
- Länge M: +/- 0mm
- Länge L: + 3,5mm
- Länge XL: + 7mm
- Länge XXL: + 10,5mm

Bei dem Allofit/ Allofit-S Pfannensystem ist die Pfanne aus Protasul®-(Titan-Schmiedelegierung) in einer grobgestrahlten Oberfläche gefertigt, welche die Dauerverankerung sicherstellen soll [74].

Als Inlay wurde hier der Polyethylen-Einsatz Durasul ® Alpha eingesetzt. Die Allofit-Pfanne kann ebenfalls in Kombination mit überhöhten Polyethylen-Einsätzen zur Anwendung kommen. Weiterhin stehen auch Hartpaarungen (Cerasul® Alpha, Metasul® Alpha) zur Verfügung.

Folgende Größen der Pfannen sind hier erhältlich:

- Allofit Pfanne: Größen 42mm bis 64mm
- Allofit-S Pfanne: Größen 42mm bis 74mm

3 Ergebnisse

3.1 Einfluss präoperativer Risikofaktoren auf das Outcome

3.1.1 Alter zum Operationszeitpunkt

Das Alter der Patienten zum Operationszeitpunkt lag zwischen 23 und 81 Jahren. Das Durchschnittsalter betrug 62,9 Jahre mit einer SD von 9,1 Jahren. Abbildung 6 stellt die klassifizierte Altersverteilung der Patienten dar.

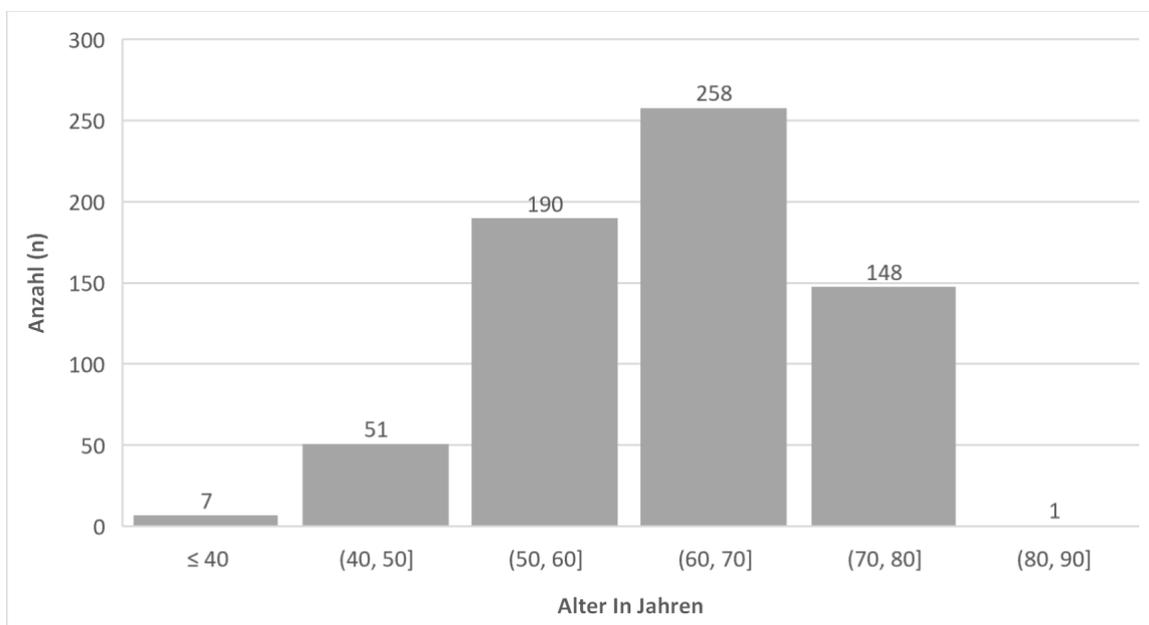


Abb. 6: Anzahl der Patienten nach Altersklassen zum Zeitpunkt der Operation (eigene Abbildung)

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter zum Zeitpunkt der Operation und dem veränderten subjektiven patientenberichteten Outcome gemessen mit dem EuroQol- bzw. WOMAC-Score detektiert werden.

3.1.2 Beurteilung des Allgemeinzustand mit dem ASA-Score

Die Patienten der Studie wurden zu einem Großteil (74 %) der Klasse 2 der ASA-Klassifikation zugeordnet (s. Abb. 7).

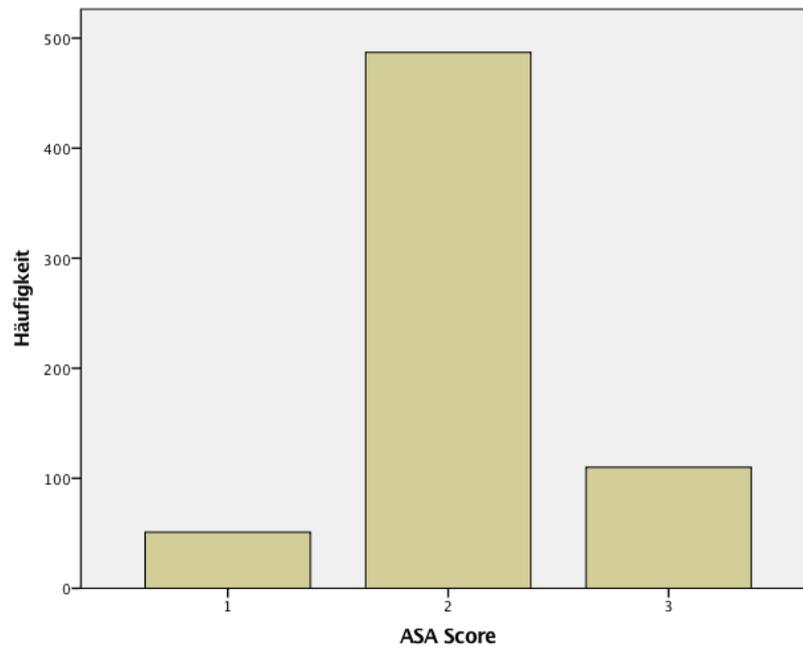


Abb. 7: Verteilung der Patienten nach dem ASA-Score (eigene Abbildung)

Es bestand kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem präoperativen ASA-Score und dem veränderten subjektiven Outcome gemessen mit dem EuroQol- oder WOMAC-Score.

3.1.3 Präoperativer Body-Mass-Index

Zum Zeitpunkt der Operation betrug der BMI nach der WHO Einteilung [62] der Patienten durchschnittlich 28,6 kg/m² (SD: 4,8 kg/m²; Spanne: 17–50 kg/m², s. Tab. 3).

Tab. 6: Verteilung der Patienten nach BMI-Klassen

BMI (kg/m ²)	WHO-Klassifikation	Anzahl der Patienten
< 18,5	Untergewicht	2
18,5–24,9	Normalgewicht	146
25–29,9	Übergewicht	282
30–34,9	Adipositas I	143
35–39,9	Adipositas II	54
≥ 40	Adipositas III	18

Es bestand kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem präoperativen BMI und dem veränderten subjektiven Outcome gemessen mit dem EuroQol- oder WOMAC-Score.

3.1.4 Verweildauer nach der Operation im Krankenhaus

Die Verweildauer im Krankenhaus betrug durchschnittlich 8,9 Tage (SD: 2,6 Tage).

Es bestand kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Verweildauer und dem veränderten subjektiven Outcome gemessen mit dem EuroQol-Score bzw. WOMAC-Score.

3.2 Radiologische Messungen – prä- und postoperative Werte

3.2.1 Gesamtgruppe

Tabelle 7 listet die präoperativ ermittelten radiologischen Messwerte für die Gesamtgruppe und Tabelle 8 die entsprechenden postoperativen Daten.

Tab. 7: Präoperative Messwerte der Gesamtgruppe in mm

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<i>Femoraler Offset (FO)</i>	5,00	60,00	37,38	8,00
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	15,00	53,00	36,08	4,92
<i>Globaler Offset (GO)</i>	46,00	98,00	73,46	9,36
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	2,00	63,00	35,20	8,50
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	2,00	43,00	15,75	4,68
<i>Hüftlänge (HL)</i>	18,00	87,00	50,95	7,69
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	59,80	119,00	89,70	9,56

Tab. 8: Postoperative Messwerte der Gesamtgruppe in mm

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<i>Femoraler Offset (FO)</i>	16,00	62,00	41,99	5,79
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	16,00	62,00	41,99	5,79
<i>Globaler Offset (GO)</i>	16,00	62,00	41,99	5,79
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	10,00	83,00	40,25	6,77
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	5,00	34,00	16,82	4,41
<i>Hüftlänge (HL)</i>	27,00	95,00	57,07	6,68
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	64,00	115,70	92,29	8,013

3.2.2 Weibliche Patienten

Tabelle 9 listet die präoperativ ermittelten radiologischen Messwerte der weiblichen Patienten und Tabelle 10 die entsprechenden postoperativen Daten.

Tab. 9: Präoperative Messwerte der Untergruppe der Frauen (n=335) in mm

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<i>Femoraler Offset (FO)</i>	12,00	60,00	37,05	8,60
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	15,00	53,00	35,86	5,18
<i>Globaler Offset (GO)</i>	46,00	98,00	72,90	10,01
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	0,00	63,00	33,67	8,94
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	2,00	43,00	15,81	5,30
<i>Hüftlänge (HL)</i>	18,00	87,00	49,48	7,75
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	59,80	111,50	88,42	10,17

Tab. 10: Postoperative Messwerte der Untergruppe der Frauen (n=335) in mm

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<i>Femoraler Offset (FO)</i>	16,00	59,00	41,56	5,77
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	15,00	44,00	30,16	3,80
<i>Globaler Offset (GO)</i>	48,00	92,00	71,72	7,13
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	10,00	61,00	39,13	6,80
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	7,00	34,00	16,74	4,42
<i>Hüftlänge (HL)</i>	27,00	79,00	55,87	6,63
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	64,00	114,20	91,06	8,15

3.2.3 Männliche Patienten

Tabelle 11 listet die präoperativ ermittelten radiologischen Messwerte der männlichen Patienten und Tabelle 12 die entsprechenden postoperativen Daten.

Tab.11: Präoperative Messwerte der Untergruppe der Männer (n=319) in mm

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<i>Femoraler Offset (FO)</i>	5,00	53,00	37,76	7,34
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	21,00	51,00	36,33	4,60
<i>Globaler Offset (GO)</i>	49,00	97,00	74,09	8,60
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	6,00	58,00	36,80	7,72
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	3,00	33,00	15,68	3,94
<i>Hüftlänge (HL)</i>	22,00	74,00	52,48	7,33
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	60,20	119,00	91,07	8,70

Tab. 12: Postoperative Messwerte der Untergruppe der Männer (n=319) in mm

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<i>Femoraler Offset (FO)</i>	23,00	62,00	42,44	5,78
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	18,00	42,00	30,52	3,60
<i>Globaler Offset (GO)</i>	53,00	90,00	72,95	7,17
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	21,00	83,00	41,43	6,55
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	5,00	33,00	16,89	4,41
<i>Hüftlänge (HL)</i>	35,00	95,00	58,32	6,52
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	71,50	115,70	93,58	7,68

3.3 Veränderung der radiologischen Messwerte von prä- zu postoperativ

3.3.1 Gesamtgruppe

Tabelle 13 listet die Veränderungen der radiologischen Messwerte für die Gesamtgruppe von prä- zu postoperativ.

Tab. 13: Veränderung der radiologischen Messwerte der Gesamtgruppe in mm

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<i>Femoraler Offset (FO)</i>	-22,00	28,00	4,61	7,00
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	-23,00	13,00	-5,74	4,87
<i>Globaler Offset (GO)</i>	-35,00	20,00	-1,14	7,40
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	-26,00	37,00	5,03	6,45
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	-28,00	21,00	1,07	4,61
<i>Hüftlänge (HL)</i>	-25,00	34,00	6,12	6,42
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	-30,70	29,70	2,59	7,71

Abbildung 8 zeigt die Verteilung der Veränderung des femoralen Offsets (FO) von prä- zu postoperativ im Gesamtkollektiv. Bei den meisten Patienten hatte sich der femorale Offset durch den Eingriff vergrößert. Dies war auch an dem ermittelten Mittelwert der Differenz von +4,61 mm erkennbar.

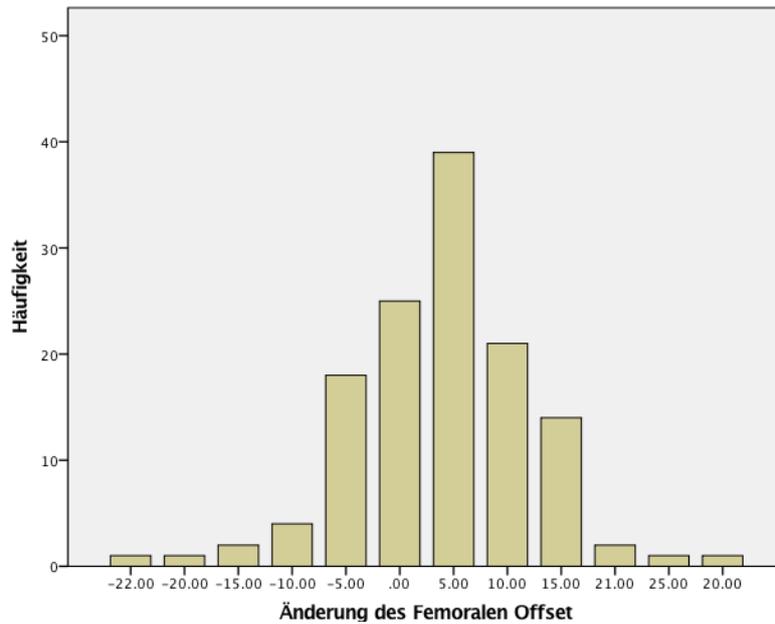


Abb. 8: Verteilung der Veränderung des femoralen Offset in mm im Gesamtkollektiv (eigene Abbildung)

Abbildung 9 zeigt die Veränderung des acetabulären Offsets von prä-zu postoperativ im Gesamtkollektiv. Bei den meisten Patienten hatte sich der acetabuläre Offset nach dem Eingriff deutlich verkleinert. Die Abnahme betrug im Mittel - 5,74 mm.

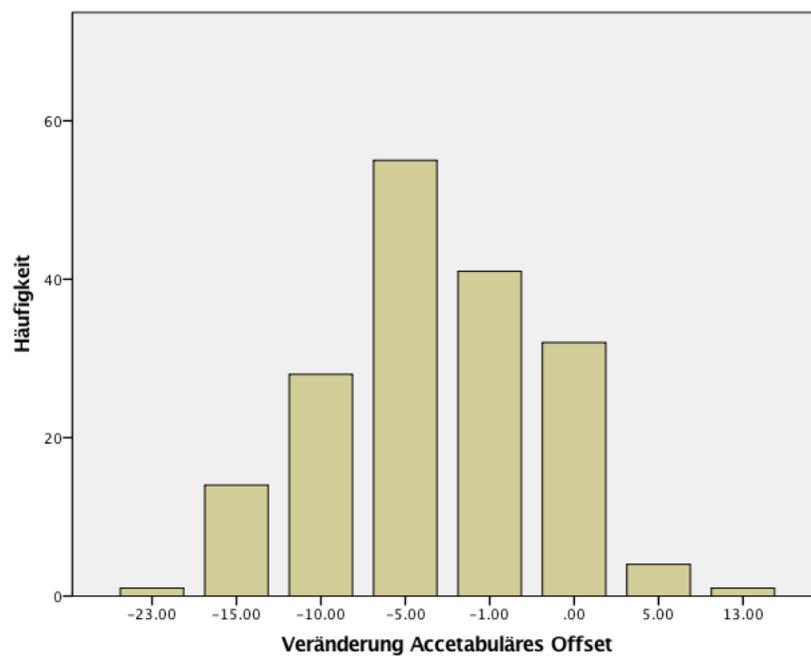


Abb. 9: Verteilung der Veränderung des acetabulären Offsets in mm im Gesamtkollektiv (eigene Abbildung)

Abbildung 10 zeigt die Verteilung der Veränderung des globalen Offsets von prä- zu postoperativ im Gesamtkollektiv. Da sich der globale Offset aus dem acetabulären und dem femoralen Offset zusammensetzt, betrug die Veränderung im Mittel -1,14 mm.

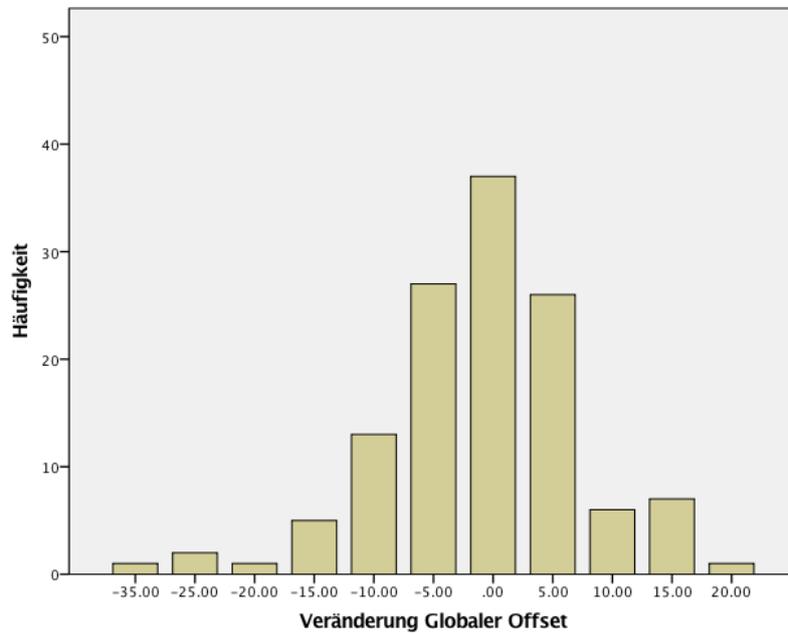


Abb. 10: Verteilung der Veränderung des globalen Offsets in mm im Gesamtkollektiv (eigene Abbildung)

Abbildung 11 zeigt ein Scatterplot-Diagramm, das die Veränderung des femoralen Offsets (Y-Achse) und des globalen Offsets (X-Achse) in der Gesamtgruppe darstellt.

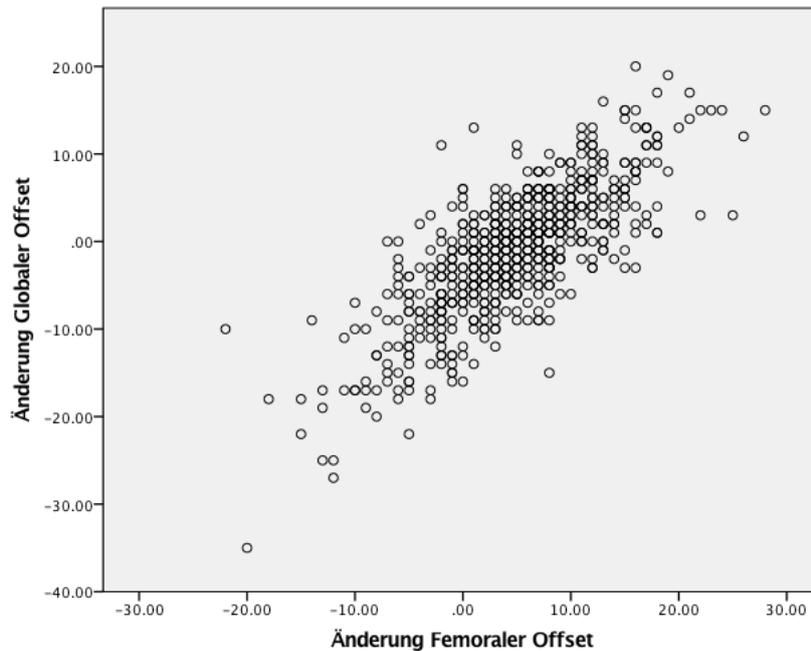


Abb. 11: Veränderung des femoralen (X-Achse) und globalen Offsets (Y-Achse) im Gesamtkollektiv (eigene Abbildung, aus Software SPSS (Fa. IBM) exportiert)

3.3.2 Weibliche Patienten

Tabelle 14 listet die Veränderungen der radiologischen Messwerte für die Subgruppe der weiblichen Patienten von prä- zu postoperativ.

Tab. 14: Veränderung der radiologischen Messwerte der Untergruppe der Frauen (n=335) in mm

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<i>Femoraler Offset (FO)</i>	-22,00	24,00	5,37	7,01
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	-17,00	13,00	-5,08	4,96
<i>Globaler Offset (GO)</i>	-35,00	20,00	0,27	7,21
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	-26,00	37,00	6,29	6,48
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	-11,00	15,00	0,57	4,13

<i>Hüftlänge (HL)</i>	-25,00	34,00	6,86	6,24
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	-30,70	29,70	4,18	7,13

3.3.3 Männliche Patienten

Tabelle 15 listet die Veränderungen der radiologischen Messwerte für die Subgruppe der männlichen Patienten von prä- zu postoperativ.

Tab. 15: Veränderung der radiologischen Messwerte der Untergruppe der Männer (n= 319) in mm

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<i>Femoraler Offset (FO)</i>	-15,00	28,00	3,81	6,90
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	-23,00	6,00	-6,43	4,68
<i>Globaler Offset (GO)</i>	-25,00	17,00	-2,62	7,31
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	-12,00	35,00	3,71	6,16
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	-28,00	21,00	1,58	5,03
<i>Hüftlänge (HL)</i>	-25,00	31,00	5,34	6,53
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	-25,80	28,30	0,905	7,96

3.3.4 Veränderungen des femoralen Offsets – Frauen versus Männer

Abbildung 12 zeigt die Veränderung des femoralen Offset nach Geschlechtern getrennt.

Bei Frauen war die Zunahme des femoralen Offsets geringfügig größer.

Die viereckige Box in den Boxplots enthält 50 % der beobachteten Werte. Der waagerechte Strich mittig in der Box stellt den Medianwert dar, die Antennen (Whisker) umfassen den Bereich, in dem 95 % der dokumentierten Werte liegen. Außerhalb dieser Grenzen befinden sich Ausreißer und Extremwerte, welche als Kreise dargestellt werden.

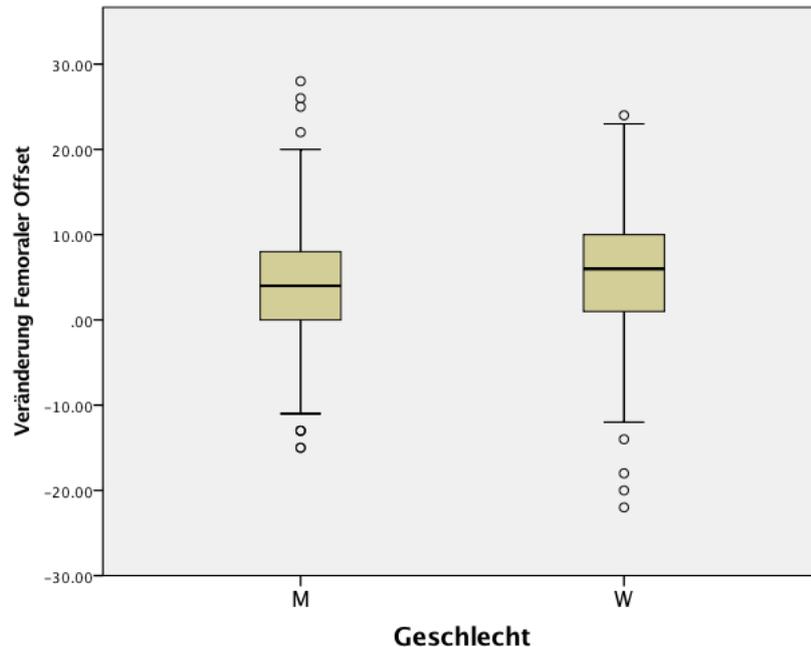


Abb. 12: Änderung des femoralen Offsets in mm nach Geschlechtern (Boxplot-Diagramm aus Software SPSS (Fa. IBM) exportiert, eigene Abbildung; M=männlich, W=weiblich)

3.4 Subjektives Outcome und Lebensqualität

Das subjektive Outcome und die Lebensqualität wurde bei allen Patienten sowohl prä- als auch postoperativ erhoben.

3.4.1 EuroQol

Der Index des EuroQol bewegt sich zwischen 0 und 1,0 wobei ein Wert von 1,0 die bestmögliche Lebensqualität darstellt und ein Wert 0 den Zustand Tod repräsentiert. Im Durchschnitt gaben die Patienten präoperativ einen Index von 0,51 an (SD: 0,23; Spanne:

0,04–1,0; n=640). Postoperativ lag der Index im Mittel bei 0,84 (SD: 0,20; Spanne: 0,04–1,0; s. Abb. 13).

Die Zunahme des EuroQol-Index von prä- zu postoperativ betrug somit im Mittel 0,33 (SD: 0,26).

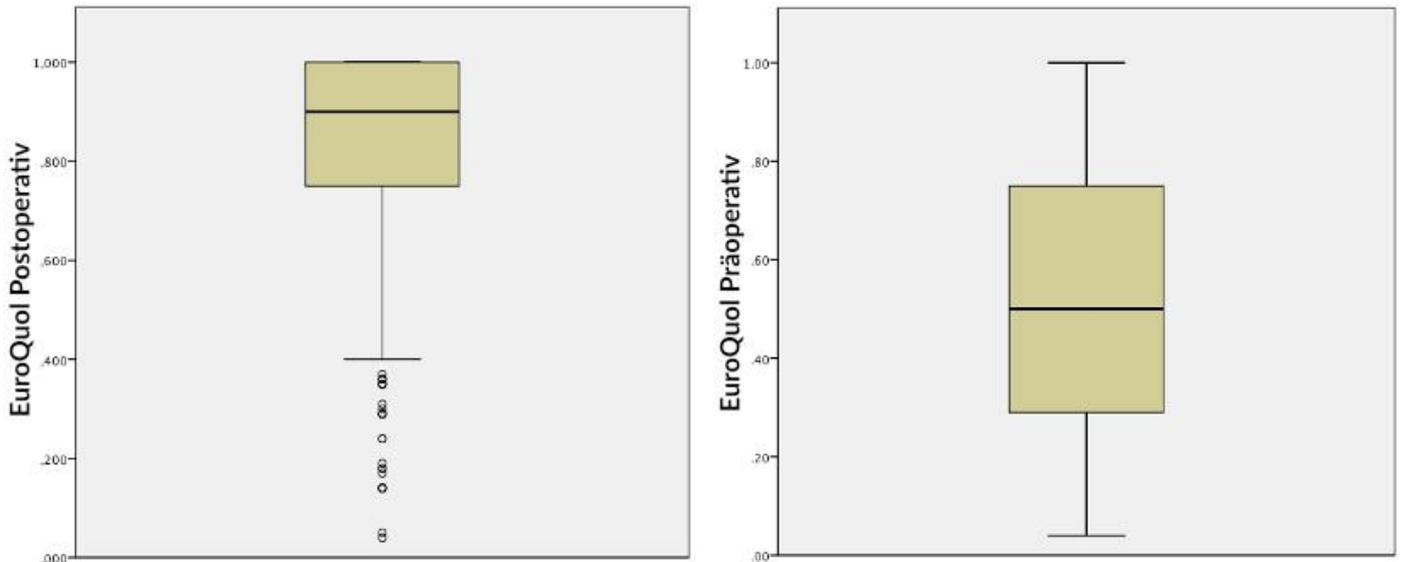


Abb. 13: Verteilung der EuroQol-Scores im Gesamtkollektiv – prä- und postoperativ (1 Jahr); (Boxplot-Diagramm aus Software SPSS (Fa. IBM) exportiert, eigene Abbildung)

Getrennt nach Geschlechtern untersucht, gaben die Männer präoperativ im Mittel einen Wert von 0,56 (SD: 0,23) und Frauen im Mittel einen Wert von 0,47 (SD: 0,23) an. Postoperativ lagen die Werte bei Männern im Mittel bei 0,86 (SD: 0,19) und bei Frauen bei 0,82 (SD: 0,21). Der EuroQol Wert verbesserte sich damit bei Männern im Mittel um 0,31 (SD: 0,25) und bei Frauen um 0,36 (SD: 0,26).

3.4.2 WOMAC

Im Gesamtkollektiv betrug der mittlere WOMAC-Score präoperativ 53,75 Punkte (SD: 17,51 Punkte; Spanne: 11–100 Punkte) und postoperativ 20,92 Punkte (SD: 14,69 Punkte; Spanne 10–88 Punkte, s. Tab. 16).

Der WOMAC-Score nahm von prä- zu postoperativ im Mittel um -32,71 Punkte ab (SD: 19,3 Punkte; Spanne: -81 bis 38).

In der Subgruppe der Männer betrug der präoperative Mittelwert 50,53 Punkte (SD: 17,4 Punkte). Die Frauen gaben im Mittel einen Wert von 53,82 Punkten (SD: 17,0 Punkte) an. Postoperativ lagen die Werte bei den Männern bei durchschnittlich 19,45 Punkte (SD: 12,9 Punkte) und bei den Frauen bei 22,31 Punkte (SD: 16,1 Punkte). Von prä- nach postoperativ verbesserte sich der Wert bei den Männern im Mittel um -31,0 Punkte (SD: 19,0 Punkte) und bei den Frauen um -34,3 (SD von 19,4).

Tab. 16. Prä- und postoperative WOMAC-Scores

WOMAC-Aspekt	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<i>Gesamt (präoperativ)</i>	11,00	100,00	53,75	17,51
<i>Schmerz (präoperativ)</i>	10,00	100,00	51,98	18,87
<i>Steifheit (präoperativ)</i>	10,00	100,00	47,21	26,19
<i>Schwierigkeit (präoperativ)</i>	12,00	100,00	55,20	18,32
<i>Gesamt (postoperativ)</i>	10,00	89,00	20,92	14,69
<i>Schmerz (postoperativ)</i>	10,00	88,00	18,82	14,04
<i>Steifheit (postoperativ)</i>	10,00	100,00	24,96	18,02
<i>Schwierigkeit (postoperativ)</i>	1,00	95,00	21,26	15,14

Abbildung 14 veranschaulicht die Abnahme des WOMAC-Gesamt-Scores von prä- zu postoperativ im Gesamtkollektiv.

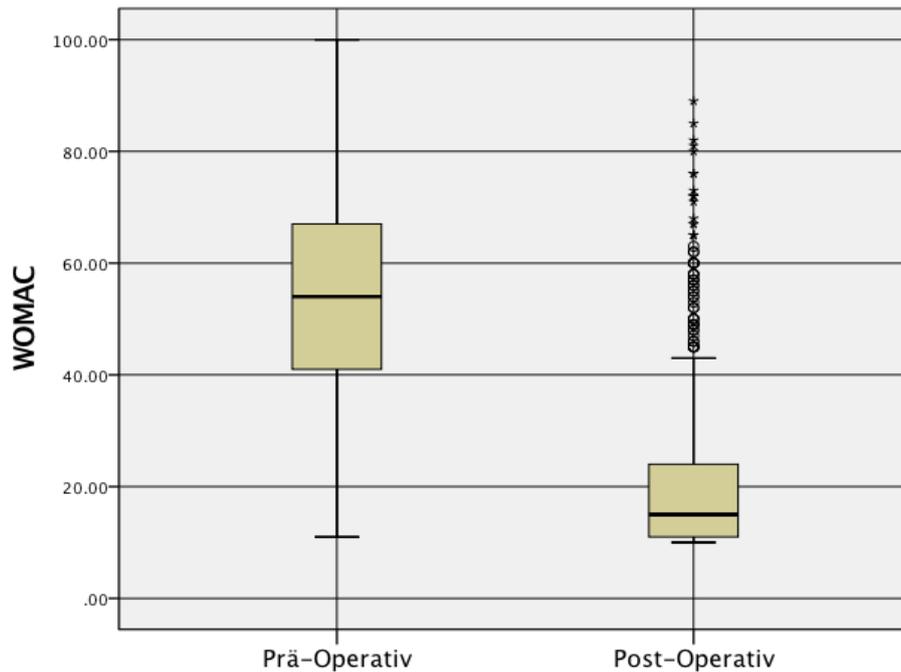


Abb. 14: Verteilung der prä- und postoperative (1 Jahr) WOMAC-Score-Werte im Gesamtkollektiv (Boxplot-Diagramm aus Software SPSS (Fa IBM) exportiert, eigene Abbildung)

3.5 Korrelation des subjektiven Outcomes mit den radiologischen Messwerten

Im nächsten Schritt wurde eine potenzielle Korrelation der radiologischen Messungen mit dem patientenberichteten Outcome (EuroQol- und WOMAC-Score-Werte) untersucht.

3.5.1 Gesamtgruppe

Tabelle 17 listet die Ergebnisse der Korrelationsanalyse der EuroQol- und WOMAC-Daten mit den radiologischen Messdaten in der Gesamtgruppe (n=655). Dabei wurde jeweils die Veränderung der radiologischen Messwerte von prä- zu postoperativ mit der Veränderung der Werte für die Scores verglichen. Bei den horizontalen radiologischen Parametern bestanden keine signifikanten Korrelationen zum patientenberichteten Outcome. Der vertikale Offset korrelierte negativ mit dem WOMAC-Gesamt und dem

WOMAC-Schwierigkeit. Eine weitere positive Korrelation bestand zwischen dem WOMAC-Schwierigkeit und der Hip-Center-Height.

Tab. 17: Analyse potenzieller Korrelationen (Pearson-Analyse) des subjektiven Outcomes mit radiologischen Messdaten in der Gesamtgruppe

<i>Femoraler Offset (FO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Globaler Offset (GO)</i>	EuroQol gesamt (r= 0,097; p<0,05)
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	WOMAC-Gesamt (r=-0,109; p<0,01) WOMAC-Schwierigkeit (r=-0,106; p<0,01)
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	EuroQol gesamt (r= 0,117; p<0,01) WOMAC-Schwierigkeit (r=0,081; p<0,05)
<i>Hüftlänge (HL)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	EuroQol gesamt (r= 0,110; p<0,01)

3.5.2 Subgruppe der Frauen

Tabelle 18 listet die Ergebnisse der Korrelationsanalyse der EuroQol- und WOMAC-Daten mit den radiologischen Messdaten in der Subgruppe der Frauen. Auch hierbei wurde jeweils die Veränderung der radiologischen Messwerte von prä- zu postoperativ mit der Veränderung der Werte für die Scores verglichen.

Tab. 18: Analyse potenzieller Korrelationen (Pearson-Analyse) des subjektiven Outcomes mit radiologischen Messdaten in der Subgruppe der Frauen

<i>Femoraler Offset (FO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	WOMAC-Gesamt (r= 0,132; p<0,05) WOMAC-Schmerzen (r=0,113; p<0,05) WOMAC-Funktion (r=0,125; p<0,05)

<i>Globaler Offset (GO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	WOMAC-Gesamt: (r=0,109; p<0,05) WOMAC-Funktion (r=0,125; p<0,05)
<i>Hüftlänge (HL)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	keine signifikanten Korrelationen

3.5.3 Subgruppe der Männer

Tabelle 19 listet die Ergebnisse der Korrelationsanalyse der EuroQol- und WOMAC-Daten mit den radiologischen Messdaten in der Subgruppe der Männer. Auch hierbei wurde jeweils die Veränderung der radiologischen Messwerte von prä- zu postoperativ mit der Veränderung der Werte für die Scores verglichen.

Tab. 19: Analyse potenzieller Korrelationen (Pearson-Analyse) des subjektiven Outcomes mit radiologischen Messdaten in der Subgruppe der Männer

<i>Femoraler Offset (FO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Globaler Offset (GO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	WOMAC-Steifigkeit (r= -0,148; p<0,01)
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	EuroQuol gesamt (r= 0,139; p<0,05)
<i>Hüftlänge (HL)</i>	WOMAC-Steifigkeit (r= -0,137; p<0,05)
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	keine signifikanten Korrelationen

3.5.4 Untersuchung der Untergruppen nach prä-/ postoperativer Rekonstruktion

Die folgenden Tabellen listen die Ergebnisse der Korrelationsanalyse der EuroQol- und WOMAC-Daten mit der Zugehörigkeit der Patienten zu den verschiedenen Rekonstruktionsgruppen. Hierbei wurden für die Patienten ebenfalls die radiologischen Messwerte prä- und postoperativ verglichen und anhand der Differenz erfolgte die Zuordnung zu einer von drei Gruppen:

- Rekonstruktion innerhalb +/- 5mm von prä- zu post-operativ
- Verkleinerung des Messwertes größer – 5mm von prä- zu post-operativ
- Vergrößerung des Messwertes größer + 5mm von prä- zu post-operativ

Nach erfolgter Einteilung wurden die Gruppen mittels einer ANOVA- und Eta-Analyse auf eine statistisch signifikante Abweichung der der Veränderung der Werte für die Scores von prä- zu postoperativ verglichen.

Tabelle 20 zeigt die Ergebnisse der Analyse bezüglich der Gesamtgruppe (Männer und Frauen).

Tab. 20: Analyse potenzieller Korrelationen (Eta-Analyse) des subjektiven Outcomes mit der Zugehörigkeit der Patienten zu den Subgruppen der prä-/postoperativen Rekonstruktion für die Gesamtgruppe

<i>Femoraler Offset (FO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	WOMAC-Steifheit (Eta 0,109; Eta-Quadrat 0,012; p<0,05) (Signifikanter Unterschied zwischen den 3 Gruppen)
<i>Globaler Offset (GO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	WOMAC-Gesamt (Eta 0,098; Eta-Quadrat: 0,010; p<0,05) (Signifikanter Unterschied zwischen den 3 Gruppen;)
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Hüftlänge (BL)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Diagonaler Offset (HO)</i>	keine signifikanten Korrelationen

Ergebnisse für die signifikanten Korrelationen:

Veränderung des acetabulären Offsets > -5mm:

- Veränderung des WOMAC-Steifheit im Mittel um -24,11 (SD: 28,18), n=394.

Veränderung des acetabulären Offsets zwischen -5 und +5mm:

- Veränderung des WOMAC-Steifheit im Mittel um -18,56 (SD: 30,78), n=241.

Veränderung des acetabulären Offsets > +5mm:

- Veränderung des WOMAC-Steifheit im Mittel -33,93 (SD: 22,55), n=14.

Veränderung des vertikalen Offsets > -5mm:

- Veränderung des WOMAC-Gesamt im Mittel um -26,06 (SD: 19,51), n=32.

Veränderung des vertikalen Offsets zwischen -5 und +5mm:

- Veränderung des WOMAC- Gesamt im Mittel um -31,75 (SD: 18,46), n=262.

Veränderung des vertikalen Offsets > +5mm:

- Veränderung des WOMAC- Gesamt im Mittel -34,06 (SD: 19,80), n=344.

Auch hier wurde wieder eine Analyse nach Geschlechtern der Patienten getrennt für die Gruppen der Frauen und Männer durchgeführt.

Tabelle 21 zeigt die Ergebnisse der Analyse bezüglich der Untergruppe der Frauen.

Tab. 21: Analyse potenzieller Korrelationen (Eta-Analyse) des subjektiven Outcomes mit der Zugehörigkeit der Patienten zu den Subgruppen der prä-/postoperativen Rekonstruktion für die Untergruppe der Frauen

<i>Femoraler Offset (FO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Globaler Offset (GO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	keine signifikanten Korrelationen

<i>Hüftlänge (BL)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	keine signifikanten Korrelationen

Tabelle 22 zeigt die Ergebnisse der Analyse bezüglich der Untergruppe der Männer.

Tab. 22: Analyse potenzieller Korrelationen (Eta-Analyse) des subjektiven Outcomes mit der Zugehörigkeit der Patienten zu den Subgruppen der prä-/postoperativen Rekonstruktion für die Untergruppe der Männer

<i>Femoraler Offset (FO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Acetabulärer Offset (AO)</i>	WOMAC-Steifheit (Eta 0,164; Eta-Quadrat 0,027; $p < 0,05$) (Signifikanter Unterschied zwischen den 3 Gruppen)
<i>Globaler Offset (GO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Vertikaler Offset (VO)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Hip-Center-Height (HCH)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Hüftlänge (BL)</i>	keine signifikanten Korrelationen
<i>Diagonaler Offset (DO)</i>	keine signifikanten Korrelationen

Ergebnisse für die signifikanten Korrelationen:

Veränderung des acetabulären Offsets > -5mm:

- Veränderung des WOMAC-Steifheit im Mittel um -23,51 (SD: 26,63), n=215.

Veränderung des acetabulären Offsets zwischen -5 und +5mm:

- Veränderung des WOMAC-Steifheit im Mittel um -15,56 (SD: 31,01), n=99.

Veränderung des acetabulären Offsets > +5mm:

- Veränderung des WOMAC-Steifheit im Mittel -46,25 (SD: 24,29), n=4.

4 Diskussion

4.1 Limitation der Analysemethoden

4.1.1 Patientenkollektiv

In die vorliegende Dissertation wurden 655 Patienten eingeschlossen. Die anatomischen Daten (z.B. femoraler Offset) wurden durch die Vermessung von konventionellen Röntgenbildern generiert. Damit war der Umfang der Studie vergleichbar mit dem anderer methodisch ähnlicher Veröffentlichungen zum femoralen Offset [75–77].

Bezüglich der Aufteilung der Patienten nach Geschlecht zeigten sich eine ähnliche Größenordnung von Frauen (n= 336) und Männern (n=319).

4.1.2 Nachbeobachtungsintervall

Das postoperative Nachbeobachtungsintervall der vorliegenden Studie betrug nur ein Jahr, was unter dem Aspekt der Lebensdauer moderner Implantate kurz erscheint. Laut Bauman et al. erreichen Scores, die die allgemeine und mentale Gesundheit erfassen, bei Patienten nach Hüftendoprothesen-Implantation aber bereits einen Monat nach der Entlassung aus der Klinik ein Plateau und Scores zur körperlichen Gesundheit sechs Monate danach [78]. Der WOMAC-Score zeigt 12 und 24 Monate postoperativ keine signifikanten Unterschiede [79, 80]. Daher gehen wir davon aus, dass der Zeitraum von einem Jahr für die Aussagen dieser Arbeit ein ausreichendes Nachbeobachtungsintervall darstellt.

4.1.3 Einfluss präoperativer Risikofaktoren

Als potenzielle präoperative Risikofaktoren für das subjektive Outcome wurden in dieser Arbeit die präoperative ASA-Klassifikation der Patienten, der BMI, das Alter zum Operationszeitpunkt und die Verweildauer im Krankenhaus untersucht.

Bei der ASA-Klassifikation ist die Beurteilung vom Untersucher abhängig. Koch et al. [81] bemängelten, dass die Klassifikation die ASA-Grade 2 und 3 nicht scharf abgrenzt. Verschiedene Autoren fanden eine Korrelation der ASA-Klassifikation mit der perioperativen Mortalität [81, 82]. Aus diesem Grund wurde der ASA-Score als möglicher präoperativer Risikofaktor in die vorliegende Arbeit aufgenommen.

Bezüglich der Altersverteilung der Patienten muss erwähnt werden, dass die Versorgung von älteren Patienten mit zementfreien Prothesen bei primärem Hüftgelenkersatz Gegenstand von Diskussionen in der Forschung ist. Eine Studie, die Daten aus den Endoprothesenregistern der Staaten Schweden, Dänemark, Finnland und Norwegen analysierte, kam zum Ergebnis, dass bei Patienten über 65 Jahren die Verwendung von zementfreien Hüftprothesen mit einer geringeren Standdauer der Prothesen einhergeht im Vergleich zu zementierten Implantaten [83]. Ogino et al. empfehlen nach Analysen von Daten des finnischen Prothesenregisters bei Patienten über 80 Jahren die Verwendung einer zementierten Prothese zumindest für den femoralen Teil [84]. Yuasa et al. kommen in einer kleinen Vergleichsstudie zum Ergebnis, dass sich auch Patienten mit einem Alter von über 80 Jahren sicher mit zementfreien Prothesen versorgen lassen [85].

4.1.4 Radiologische Messungen

Eine wichtige Limitation der vorliegenden Arbeit ist die Messung des femoralen Offsets anhand von digitalen Röntgenübersichtsaufnahmen. Die Messung des femoralen Offsets in einer planaren Ebene ist in ihrer Genauigkeit eingeschränkt und hängt von externen Faktoren wie der genauen Position des Patienten, der radiografischen Vergrößerung und der femoralen Rotation ab. Die präziseste Messmethode zur Ermittlung des femoralen Offsets ist die Computertomografie (CT) [86]. Allerdings war die prä- und postoperative CT-Aufnahme bei den Patienten der vorliegenden Untersuchung weder klinisch noch ethisch indiziert [87]. In mehreren Studien ergaben die Hüftübersichtsaufnahmen und CT-Messungen vergleichbare Werte [88] [58] und insgesamt für eine Fragestellung wie die der vorliegenden Arbeit zuverlässige Werte [89].

Dies wird jedoch in der Literatur kontrovers diskutiert: Lecerf et al. fanden, dass der femorale Offset bei einer Messung mithilfe einer Beckenübersichtsaufnahme im Vergleich zu einer Messung mit einem CT-Scan im Durchschnitt um 3,2 mm (0,1–12 mm) unterschätzt wurde ($p < 0,0001$). In 28 % der Fälle betrug der Unterschied zwischen den beiden Messmethoden > 5 mm [90].

Weber et al. kommen in ihren vergleichenden Messungen zwischen der a.p. Beckenaufnahme und CT-Untersuchung nach endoprothetischer Versorgung der Hüfte zum Schluss, dass zwar die Messung der Veränderung der Hüftlänge und des globalen Offsets in der a.p. Aufnahme zu akzeptablen Abweichungen von der realen Anatomie führe, dies jedoch für die Veränderung des femoralen Offsets nicht gelte [91].

Merle et al. legen in ihrer Studie dar, dass zwar in der a.p. Beckenübersichtsaufnahme der femorale Offset in der Messung im Vergleich zum realen Wert zu niedrig sei, aber in der a.p. Hüftaufnahme akkurat gemessen werden könne und empfehlen daher zusätzlich zur präoperativen Beckenübersicht auch eine a.p. Hüftaufnahme [92]. Mehrere Aspekte erschweren die radiologische Messung des Offsets im Röntgenbild in einer Ebene. Eine radiografisch bedingte Vergrößerung des Offsets ist schwer zu kontrollieren und hängt vom Körperbau des Patienten ab. Auch eine variierende Rotation des Beines des Patienten ist eine potenzielle Ursache für die Unterschätzung des Offsets in der Röntgenübersichtsaufnahme, da möglicherweise der Hals des Femurs durch die Rotation nicht komplett sichtbar ist [90]. Dies trifft auch auf die Messung des projizierten CCD-Winkels zu, der vom realen CCD-Winkel deutlich abweicht [91].

Eine weitere Möglichkeit der Bildgebung bietet sich mit der Magnetresonanztomographie (MRT). Die Domäne der MRT-Untersuchung liegt insbesondere in der Diagnostik und Beurteilung postoperativer Komplikationen, insbesondere auch bei anhaltendem postoperativem Schmerz, da die MRT sowohl einen guten Weichteilkontrast bildet, Probleme wie eine fettige Atrophie darstellen kann und auch bei der Darstellung ossärer Pathologien (wie z.B. beim Knochenmarködem) Vorteile bietet [93]. Durch die Verwendung spezieller Sequenzen kann mit der

bekannten Problematik von Metallartefakten im Bereich der Prothese gut umgegangen werden und es können qualitativ hochwertige Aufnahmen erstellt werden [94].

Bezüglich der Bestimmung des Drehzentrums ist zu sagen, dass die in dieser Arbeit eingesetzte Methode zur Bestimmung des Rotationszentrums nicht die Einzige in Verwendung ist. Es existieren mehrere andere Methoden zur grafischen Bestimmung des anatomisch korrekten Drehzentrums. Insbesondere die Methode von Ranawat et al. [95] hat hier Verbreitung gefunden und wurde als Methode zur Lokalisation des Drehzentrums von an rheumatoider Arthritis erkrankten Hüften entwickelt. Eine Übersichtsarbeit zu den unterschiedlichen Methoden zur Bestimmung des anatomischen Drehzentrums wurde von Härter vorgelegt [96].

4.1.5 Subjektives Outcome und Lebensqualität

In der vorliegenden Arbeit wurde das Outcome anhand der EuroQol- und WOMAC-Fragebögen erfasst. Dazu wurden die prä- und postoperativen (1 Jahr nach der Operation) Daten verglichen. Weiter wurden mögliche Korrelationen mit den radiologischen Messwerten analysiert.

Im Vergleich zum WOMAC ist der EuroQol deutlich weniger umfangreich und gilt als weniger sensitiv [97]. Bei einem Vergleich des EuroQol mit anderen Fragebögen bei Patienten mit Rheumatoider Arthritis von Hurst et al. [98] korrelierten die Ergebnisse der etablierten Fragebögen miteinander. Zudem war der EuroQol-Fragebogen für die Patienten einfach zu handhaben. Daher ist die Verwendung des EuroQol in Verbindung mit einem anderen Fragebogen (z. B. WOMAC) zu empfehlen [97, 99].

Der WOMAC-Selbsteinschätzungsbogen wurde 1984 von einer Konsensuskonferenz als primäres Messinstrument für Studien zu Osteoarthritis empfohlen [100]. Die einzelnen Dimensionen des WOMAC sind – wie in der vorliegenden Studie auch geschehen – getrennt auswertbar. Einige Autoren bewerten die Evidenz der Subskala Steifigkeit jedoch als schwach und halten die Subskala physische Funktion nur für eingeschränkt geeignet, Veränderungen zu detektieren [101, 102] .

Insgesamt sind der EuroQuol und WOMAC jedoch als eher grobe Instrumente einzuschätzen. Eine feinere Funktionsanalyse des Hüftgelenks prä- und postoperativ mit Kraftmessungen (z.B. Abspreizkraft) und Ganganalysen würde zu einem kompletteren Bild der biomechanischen Veränderungen durch die OP beitragen. Weiterhin muss einschränkend gesagt werden, dass keine klinisch (oder radiologisch z.B. mittels einer Ganzbeinaufnahme) exakte Messung der Beinlängen erfolgte, nur die Hüftlänge wurde anhand der Röntgenbilder gemessen.

Außerdem fand keine differenzierte postoperative klinische Untersuchung und Analyse hinsichtlich der in Kapitel 1.9 dargestellten offsetassoziierten Pathologien statt, welche eventuelle eine Zuordnung der Pathologien zu den radiologisch erfassten Veränderungen des Drehzentrums des Hüftgelenks ermöglicht hätten.

4.2. Einfluss präoperativer Risikofaktoren

Ein statistischer Zusammenhang zwischen der ASA-Klassifikation und dem patientenberichteten Outcome nach Hüft-TEP konnte in dieser Arbeit nicht nachgewiesen werden, vergleichbar mit den Ergebnissen einer Arbeit von Weber [103]. Hingegen konnte Schaeffer in einer Studie mit Patienten nach einer Knie- oder Hüft-TEP nachweisen, dass Patienten mit einem ASA-Score von ≥ 3 ein deutlich erhöhtes Komplikationsrisiko während und nach dem Eingriff und ein um den Faktor 2,9 erhöhtes Risiko einer Rehospitalisierung haben [104].

Auch für das Patientenalter zum OP-Zeitpunkt konnte kein Zusammenhang mit dem patientenberichteten Outcome nachgewiesen werden im Gegensatz zu anderen Studien [79, 105].

Die Patienten mit einem präoperativen BMI ≥ 35 kg/m² zeigten postoperativ keine geringeren Score-Werte als normalgewichtige Patienten (BMI 18,5–24,9 kg/m²). Dieser Befund widerspricht den Ergebnissen einiger anderer Studien [106, 107]. Dagegen fanden Kessler et al. [108] ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen dem subjektiven Outcome nach Hüft-TEP und dem BMI.

4.3 Veränderung der radiologischen Messwerte von prä- zu postoperativ

Die radiologischen Messungen in der horizontalen Achse ergaben im Mittel eine leichte Verringerung des globalen Offsets um 1,14 mm, die aus einer Medialisierung des Rotationszentrums (Verringerung des acetabulären Offsets) um durchschnittlich -5,74 mm bei gleichzeitiger Vergrößerung des femoralen Offsets um 4,61 mm resultierte. Damit konnte die Vergrößerung des femoralen Offsets durch die Auswahl der Implantat-Komponenten den präoperativen globalen Offset nicht vollständig wiederherstellen.

Die geschlechtergetrennte Analyse zeigte deutliche Unterschiede. Während es bei Frauen im Mittel zu einer leichten Überkompensierung des globalen Offsets um 0,27 mm kam (Verkürzung des acetabulären Offsets um -5,08 mm und Vergrößerung des femoralen Offsets um 5,37 mm), zeigten Männer eine deutliche Verkürzung des globalen Offsets um -2,62 mm (Verkürzung des acetabulären Offsets um -6,43 mm und Vergrößerung des femoralen Offsets um 3,81 mm).

In der vertikalen Achse kam es im Gesamtkollektiv zu einer Verlängerung der Beinlänge um 6,12 mm durch eine leichte Anhebung des Rotationszentrums nach kranial um 1,07 mm und einer Vergrößerung des vertikalen Offsets um 5,03 mm. Bei der geschlechtergetrennten Analyse war die Veränderung der Beinlänge bei Männern (+5,34 mm) und Frauen (+6,86 mm) ähnlich. Deutlichere Unterschiede ergaben sich bei der Veränderung der Hip-Center-Height (Männer: +1,58 mm, Frauen +0,57 mm) und des vertikalen Offsets (Männer: +3,71 mm, Frauen: 6,29 mm). Auch die Veränderung des diagonalen Offsets (Gesamtkollektiv: +2,6 mm) war bei Männern (+0,9 mm) und Frauen (+4,2 mm) unterschiedlich ausgeprägt.

Diese Unterschiede lassen sich teilweise durch die unterschiedliche Anatomie des männlichen und weiblichen Skeletts und Unterschiede in der Knochensubstanz erklären. Die stärkere Veränderung des diagonalen Offsets bei Frauen kann darauf zurückgeführt

werden, dass diese Größe von der Beinlänge und dem femoralen Offset bestimmt wird. Insgesamt weisen die Ergebnisse darauf hin, dass das Geschlecht bei der Rekonstruktion des femoralen Offsets und anderer Messgrößen der vertikalen und horizontalen Achse in zukünftigen Studien berücksichtigt werden sollte.

In der Literatur herrscht ein Konsens, dass eine Rekonstruktion des Rotationszentrums bei der Hüft-Endoprothetik innerhalb von 5 mm gegenüber der präoperativen anatomischen Lage optimal ist [59, 60, 109]. Aus diesem Grund wurde auch in der vorliegenden Untersuchung ein Grenzwert von 5 mm für die Bildung von Untergruppen ausgewählt.

4.4 Diagonaler Offset

Zusätzlich zu den Komponenten des femoralen Offsets in der horizontalen und vertikalen Achse wurde mit dem diagonalen Offset auch eine Kombination aus beiden Achsen analysiert. Die Bestimmung erfolgte in einem gedachten rechtwinkligen Dreieck mit dem globalen Offset (horizontale Achse) und der Hüftlänge (vertikale Achse) als Schenkel. Der diagonale Offset wurde für jedes Wertepaar wie in Kapitel 2.3.2 beschrieben mathematisch errechnet. Die Spitze dieses rechtwinkligen Dreiecks bildete gleichzeitig auch das Rotationszentrum des Hüftgelenks.

Im Vergleich zur präoperativen Situation zeigte der diagonale Offset postoperativ eine moderate Vergrößerung im Gesamtkollektiv im Mittel um 2,59 mm. Bei den männlichen Patienten vergrößerte sich der diagonale Offset im Mittel um 0,9 mm und bei den weiblichen Patienten um 4,1 mm.

Auch hier ist einschränkend zu sagen, dass eine Messung der Werte im dreidimensionalen Raum (z.B. mittels CT-Bildgebung) wünschenswert wäre zur Bestimmung der realen Werte.

Die Ergebnisse der statistischen Untersuchung der radiologischen Veränderungen beim diagonalen Offset bezüglich eines Zusammenhangs mit dem patientenberichteten subjektiven Outcome werden in Kapitel 4.5.3 diskutiert.

4.5. Korrelation zwischen radiologischen Messungen und subjektivem Outcome

Nur ein Teil der untersuchten radiologischen Parameter zeigte eine signifikante Korrelation zum subjektiven Outcome in der Gesamtgruppe oder in den geschlechtsspezifischen Subgruppen.

Bei der Interpretation der Daten ist zu beachten, dass beim EuroQol-Index ein größerer Wert ein besseres Ergebnis bedeutet, wohingegen bei den WOMAC-Werten ein niedrigerer Wert einem besseren Ergebnis entspricht.

4.5.1 Horizontale Achse

In der Gesamtgruppe zeigten Veränderungen des femoralen Offsets oder des acetabulären Offsets keine signifikanten Korrelationen zum subjektiven Outcome. Allerdings zeigte sich eine positive Korrelation des globalen Offsets zum EuroQol, eine Vergrößerung des globalen Offsets ging also mit einer leichten Verbesserung des EuroQol-Scores einher.

In der Gruppe der Frauen bestand eine positive Korrelation zwischen dem acetabulären Offset und dem WOMAC-Gesamtscore sowie den Subscores Schmerz und Funktion. Das heißt, dass eine Verminderung des acetabulären Offsets durch die Operation (und damit eine Medialisierung des Rotationszentrums) bei Frauen zu einer Verringerung des WOMAC-Wertes und somit zu einem besseren Outcome führt. Bei den männlichen Patienten ließ sich eine solche Korrelation nicht nachweisen.

In der Untersuchung der Untergruppen nach prä- und postoperativer Rekonstruktion zeigten sich für die horizontale Achse folgende Ergebnisse:

In der Gesamtgruppe (Männer und Frauen) zeigten der femorale und globale Offset keine signifikanten Korrelationen von Unterschieden zwischen den Gruppen. Für den

acetabulären Offset zeigte ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen (postoperative Rekonstruktion >-5mm; zwischen -5 und +5mm; >+5mm) für den WOMAC-StEIFheit. Im Vergleich der Gruppen zeigte sich, dass eine stärkere Verminderung des acetabulären Offsets (und damit eine Medialisierung des Rotationszentrums) bei den meisten Patienten einen besseren Wert für den WOMAC-StEIFheit ergeben hat.

Bei der Subgruppe der Frauen ergab sich bei der Analyse nach Rekonstruktion in der horizontalen Achse keine statistisch signifikanten Zusammenhänge mit dem subjektiven Outcome.

In der Subgruppe der Männer zeigte sich in der horizontalen Achse ebenfalls für den acetabulären Offset ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen (postoperative Rekonstruktion >-5mm; zwischen -5 und +5mm; >+5mm) für den WOMAC-StEIFheit. Im Vergleich zeigte sich auch hier, wie für die Gesamtgruppe, dass eine stärkere Verminderung des acetabulären Offsets (und damit eine Medialisierung des Rotationszentrums) bei den meisten Patienten einen besseren Wert für den WOMAC-StEIFheit ergeben hat.

Die nachgewiesenen Korrelationen deckten sich im Wesentlichen mit den Ergebnissen anderer Autoren. Verschiedene Studien belegen, dass eine Medialisierung des Rotationszentrums – und damit einer Verkürzung des acetabulären Offsets bzw. des Hebelarms – sich positiv auf die Funktion und auf das Langzeitüberleben der Endoprothese auswirkt. Außerdem verringert diese Medialisierung die Belastung des Kopf-Pfanne-Interface und der Abduktorenmuskulatur [77, 107–109]. Deshalb wird in der Literatur eine Medialisierung der Pfanne (und damit eine Medialisierung des Rotationszentrums) sowie eine damit verbundene Vergrößerung des femoralen Offsets zum Erhalt des globalen Offset empfohlen [110, 111]. Im Gegenzug gilt es zu beachten, dass eine Medialisierung des Rotationszentrums mit negativen Effekten auf die im Gelenk wirkenden Kräfte einhergehen und zu Problemen (z. B. Änderung der Propriozeption, Gelenk- und Knochensubstanzverlust) führen kann [76].

Zwei Studien belegen, dass Patienten mit einem reduzierten femoralen Offset eine reduzierte Leistungsfähigkeit in funktionalen Tests aufweisen [112, 113]. Im Gegensatz dazu zeigten Patienten mit einem postoperativ verringerten femoralen Offset in einer Studie von Woolson et al. die deutlichste Verbesserung bei schmerzspezifischen Scores nach Hüft-TEP Eingriffen [114].

Grundsätzlich führt eine Vergrößerung des femoralen Offsets zu einer Verstärkung des Hebelarms und der Vorspannung der Hüftabduktoren und kann daher auch das Hinken der Patienten verstärken und ihren Bedarf an Gehstützen erhöhen [115–118]. Außerdem steigert ein vergrößerter Offset auch den Bewegungsumfang des Hüftgelenks [110, 119, 120] und erhöht somit das Risiko für eine Dislokation und einen erhöhten Polyethylen-Abrieb der Prothese [121–123]. Untersuchungen durch McGrory et al. [40] und Asayama et al. [110] belegen eine Verbesserung der Abduktorenmuskulaturstärke und eine geringere Rate an Trendelenburg-Zeichen bei einer Zunahme des femoralen Offsets.

Judge et al. [75] fanden in einer prospektiven fünfjährigen Kohortenstudie bei Patientinnen, die ein Implantat mit einem größeren Offset (\geq Größe 44) erhielten, im Oxford-Hip-Score (OHS) nach fünf Jahren ein besseres Outcome. Clement et al. bestätigten den positiven Effekt einer Vergrößerung des femoralen Offsets auf den OHS [77]. Außerdem verschlechterte sich bei einer Verkleinerung des femoralen Offsets die Hüftfunktionalität gemessen mit dem OHS. Interessanterweise kam es jedoch trotz des verbesserten OHS bei Patienten mit vergrößertem Offset zu keiner signifikanten Verbesserung der Patientenzufriedenheit ein Jahr postoperativ.

Lieds et al. [58] assoziierten die Vergrößerung des femoralen Offsets mit einer geringeren postoperativen Schmerzabnahme im Hüftgelenk im Vergleich zum präoperativen Zustand. Sie fanden bei Patienten mit dem kleinsten femoralen Offset ein signifikant besseres Outcome im Hinblick auf den Hüftschmerz als bei Patienten mit einem postoperativ vergrößerten Offset. Eine zu starke Vergrößerung des femoralen Offsets könnte eine vermehrte Reibung am Trochanter major bewirken und damit den lateralen Hüftschmerz vergrößern, was die Befunde von Lieds et al. erklären könnte.

Allerdings haben die Autoren nicht die Veränderung des acetabulären Offsets gemessen und berücksichtigt, sodass nicht die vollständige horizontale Achse erfasst wurde. Damit wurden Änderungen des globalen Offsets nicht analysiert. Laut Clement et al. veränderte sich jedoch der globale Offset nach dem Hüft-TEP-Eingriff nicht signifikant [77].

Auch wenn in der vorliegenden Studie kein Zusammenhang zwischen einer Vergrößerung des femoralen Offsets und dem patientenberichteten Outcome bestand, konnte die Untersuchung jedoch einen Zusammenhang zwischen dem patientenberichteten Outcome und dem globalen Offset für den EuroQol zeigen. Dastane et al. [124] erachten den globalen Offset (englisch bezeichnet als „hip offset“) als den wichtigeren der beiden Parameter, da der globale Offset ausschlaggebend für eine korrekte Rekonstruktion des Rotationszentrums sei und sich der femorale Offset z.B. durch eine alleinige Veränderung des medialen Offsets mit verändert, der globale Offset (als Kombination der beiden) jedoch dann unverändert bleibe. Dastane postuliert in der Studie, dass eine Rekonstruktion des globalen Offsets innerhalb von 6mm im Vergleich zur präoperativen Anatomie der Gegenseite erfolgen sollte.

Außerdem bestätigen die Ergebnisse den Vorteil einer Medialisierung der Pfanne und damit einer Verringerung des acetabulären Offsets. Die angestrebte Medialisierung der Pfanne sollte mit einer Vergrößerung des femoralen Offsets kompensiert werden, um den globalen Offset zu erhalten. Dieses auch von anderen Autoren empfohlene Vorgehen [77] hat Auswirkungen auf die präoperative Planung und auf die Konzeption von Implantaten. Implantate sollten in verschiedenen Varianten erhältlich sein, um eine Rekonstruktion des globalen Offsets bei Medialisierung der Pfanne zu ermöglichen.

Bezüglich des acetabulären Offsets ließ sich ein direkter signifikanter Zusammenhang einer stärkeren Medialisierung der acetabulären Komponente und damit eine Verringerung des acetabulären Offsets nur bei der Gruppe der Frauen nachweisen, nicht jedoch in der Gesamtgruppe oder der Gruppe der Männer. Bei den Frauen korrelierten hier sowohl der WOMAC-Gesamt als auch der WOMAC-Schmerz und WOMAC-Funktion im Sinne einer Verbesserung der Scores bei stärkerer Medialisierung.

In der Analyse der drei Gruppen nach dem Grad der Rekonstruktion des acetabulären Offsets (Rekonstruktion innerhalb +/-5mm, >+5mm und <-5mm) zeigte sich bei der Gesamtgruppe und der Gruppe der Männer ein im Mittel verbesserter WOMAC-Steifheitswert bei der Gruppe, wo eine Medialisierung um mehr als 5mm erfolgte im Vergleich zur Rekonstruktion um +/-5mm.

Eine mögliche Erklärung für die bei der Gruppe der Frauen stärkeren Effekte könnte sein, dass der Gesamtoffset bei Männern in der Regel kleiner ist, was zu schlechterer Kraftübertragung führt, weshalb deshalb ist der Gesamteffekt bei Frauen größer sein könnte; der Trochantererschmerz könnte verringert werden, wenn der acetabuläre Offset und damit das Drehzentrum stärker medialisiert wird. Daraus lässt sich die Erkenntnis ableiten, dass Standardimplantate in der Regel für Männer zu schmal und für Frauen zu groß sind.

Letztlich bleiben die exakten anatomischen Parameter der acetabulären und femoralen Komponente des Offsets, die zu einem bestmöglichen Ergebnis für die Patienten führen, weiter unbekannt.

Eine Rolle scheint auch die femorale Antetorsion zu spielen. Terrier et al. konnten über CT-Scans nachweisen, dass eine Medialisierung der Pfanne in Verbindung mit einer Vergrößerung des femoralen Offsets bei Patienten mit einer geringeren anatomischen Antetorsion des Femurs einen stärkeren Zuwachs der Hebelkraft der Abduktorenmuskulatur bewirkt [125].

Weitere Studien, insbesondere mit 3D-Analysen und Kraftmessungen sind erforderlich, um die unterschiedlichen und teilweise widersprüchlichen Ergebnisse bezüglich des Zusammenhangs zwischen Outcome und anatomischen Parameter in der horizontalen Achse zu evaluieren.

4.5.2 Vertikale Achse

Bei der Analyse der Parameter der vertikale Achse ergab sich in der Gesamtgruppe eine negative Korrelation des vertikalen Offsets mit den WOMAC-Gesamtscore-Werten und den Werten des Subscores WOMAC-Schwierigkeit.

Somit verbesserte eine Zunahme des vertikalen Offsets das Outcome der Patienten. Bei der Hip-Center-Height zeigte sich eine schwach positive Korrelation mit dem Subscore WOMAC-Schwierigkeit und dem EuroQol. Damit ging eine stärkere Verschiebung des Rotationszentrums nach kranial (und damit auch eine Vergrößerung der Hip-Center-Height) mit einer Verschlechterung des subjektiven Outcomes (größere WOMAC-Werte) einher. Dies lässt sich dadurch erklären, dass bei einer zu starken Verschiebung (sowohl nach kranial als auch nach kaudal) unphysiologische Kräfte wirken, was frühe Implantat-Lockerungen begünstigen kann [126]. Hierbei wird oberer Grenzwert für die Verschiebung des Rotationszentrums nach kranial (also eine Verringerung der Hip Center Height) um maximal 3mm empfohlen [124].

In der Subgruppe der Frauen bestanden keine statistischen Zusammenhänge zwischen den Outcome-Parametern und dem vertikalen Offset. Bei der HCH ergaben sich ähnliche Korrelationen wie für die Gesamtgruppe, nur korrelierten hier der WOMAC-Gesamtscore und der Subscore WOMAC-Funktion mit dem Outcome. Auch hier lässt sich schlussfolgern, dass eine Vergrößerung der HCH mit einem schlechteren Outcome einhergeht. In der Subgruppe der Männer bestand eine signifikant negative Korrelation zwischen dem Subscore WOMAC-Steifheit und dem vertikalen Offset sowie eine Korrelation des EuroQol mit dem HCH. Eine Vergrößerung des vertikalen Offsets führte somit zu einer Verbesserung des Outcomes. Die Hüftlänge korrelierte schwach negativ mit dem WOMAC-Steifheit. Somit führte eine Vergrößerung der Hüftlänge und damit auch der Beinlänge zu einer Verbesserung der Werte für den WOMAC-Steifheit.

Einschränkend muss auch hier erwähnt werden, dass keine klinisch exakte Messung der Beinlängen prä- und postoperativ stattgefunden hat. Lediglich die Hüftlänge wurde radiologisch ermittelt.

Bei der Analyse in die Subgruppen aufgeteilt nach dem Grad der Rekonstruktion zeigte sich in der vertikalen Achse für den vertikalen Offset ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen (postoperative Rekonstruktion >-5mm; zwischen -5 und +5mm; >+5mm) für den WOMAC-Gesamt (Eta 0,098; Eta-Quadrat 0,010; $p < 0,05$). Eine

Vergrößerung des vertikalen Offsets führte somit auch hier zu einer Verbesserung des Outcomes gemessen am WOMAC-Gesamt-Score.

Eine mögliche Ursache der Ergebnisse könnte darin begründet liegen, dass es im Rahmen der Rekonstruktion des Drehzentrums in der vertikalen Achse auch durch Wiederherstellung der durch Knorpelabrieb verminderten Gelenkspaltweite zu einem physiologischeren Gangbild kommt.

In der Literatur wird die Frage, ob die Beinlänge ein Prädiktor für das funktionale Outcome und die Patientenzufriedenheit nach Hüft-TEP ist, kontrovers diskutiert. White und Dougall fanden in einer prospektiven Studie mit 200 Patienten keine Korrelationen zwischen der postoperativen Beinlänge und dem Harris-Hip-Score, dem SF-36-Score und der Patientenzufriedenheit [127]. Zum selben Ergebnis kamen auch Whitehouse et al. [128]. Andere Autoren fanden dagegen, dass eine Beinlängendifferenz signifikant den OHS-Score [129, 130] und die Patientenzufriedenheit [131, 132] nach einem Hüft-TEP-Eingriff beeinflusst.

Mehrere Studien konnten eine Verlagerung des Rotationszentrums nach kranial mit einer erhöhten Rate an aseptischen Lockerungen in Verbindung bringen [109, 133]. Dastane et al. definierten in ihrer Studie den noch akzeptablen Wert für eine Verschiebung des Rotationszentrums nach kranial mit 3mm im Vergleich zur Gegenseite [124]. In der vorliegenden Arbeit ergab sich ein Mittelwert für die Vergrößerung des Hip-Center-Height und damit eine Verschiebung des Rotationszentrums nach kranial von 1,07mm (Frauen: 0,57mm; Männer:1,58mm).

Zusammengefasst zeigen die Daten der vertikalen Achse der vorliegenden Studie, dass eine Vergrößerung des vertikalen Offsets um wenige Millimeter sinnvoll zu sein scheint. Eine zu starke Verschiebung des Rotationszentrums nach kranial sollte aber vermieden werden.

4.5.3 Diagonale Achse

Bei der Analyse der diagonalen Achse ergab sich in der Gesamtgruppe eine positive Korrelation des diagonalen Offsets mit den Werten des EuroQol ($r=0,110$; $p<0,01$). Somit verbesserte eine Zunahme des diagonalen Offsets das Outcome der Patienten gemessen am EuroQol-Score.

Für die nach Geschlecht getrennten Subgruppen und für die nach dem Grad der postoperativen Rekonstruktion erstellten Subgruppen ($>-5\text{mm}$; zwischen -5 und $+5\text{mm}$; $>+5\text{mm}$) ergaben sich keine weiteren statistischen Zusammenhänge zwischen den Outcome-Parametern und dem diagonalen Offset.

Dastane et al. [124] bringen in ihrer Arbeit die intraoperative Veränderung des Offsets mit der Hüftlänge in Verbindung; Eine Beinlängen- (und damit Hüftlängen) Differenz lässt sich intraoperativ ausgleichen durch die Wahl eines geeigneten modularen Prothesenkopfes, was jedoch auch eine Auswirkung auf den Offset hat. Verschiebt man das Drehzentrum um mehr als 5mm nach kranial, wird für die Rekonstruktion eines ausreichenden Offsets, welcher kein Impingement verursacht, ein Schaft mit größerem Offset benötigt [117, 119]. Dastane zeigten auf, dass eine Verschiebung des Rotationszentrums nach kranial um 6mm oder mehr statistisch korrelierte mit einer Vergrößerung des Offsets.

Auch wenn für den diagonalen Offset in dieser Arbeit nur ein statistischer Zusammenhang zur Veränderung des EuroQol gefunden werden konnte, sollte der Wert in weiteren Studien untersucht werden. Untersuchungen, die isoliert sind auf entweder die horizontale oder vertikale Achse scheinen nicht präzise genug um die im dreidimensionalen Raum stattfindende Veränderung am Rotationszentrum ausreichend zu beschreiben. Insbesondere die Studie von Dastane zeigt, dass eine getrennte Betrachtung von Offset und Hüftlänge nicht sinnvoll erscheint, da die beiden im Rahmen der Rekonstruktion voneinander abhängen. Der in der vorliegenden Arbeit definierte diagonale Offset stellt den resultierenden Vektor aus Hüftlänge und globalem Offset dar und könnte ein Ansatzpunkt für weitere Studien zur Thematik aufzeigen.

4.6 Diskussion der Verwendung verschiedener Implantate

Bei der Rekonstruktion des Drehzentrums sind verschiedene Punkte zu beachten. Zum einen ist eine genaue präoperative Planung anhand exakt durchgeführter Röntgenaufnahmen wichtig, um festzulegen, welche Parameter verändert werden müssen, um das Drehzentrum möglichst exakt rekonstruieren zu können.

Zum anderen spielt die Wahl des Implantates eine wichtige Rolle. Außerdem ist es wichtig die jeweiligen Besonderheiten des gewählten Implantates bei der Offsetrekonstruktion zu beachten.

Insbesondere die Geometrie des gewählten Hüftschafte spielt eine Rolle. In der folgenden Abbildung soll der Zusammenhang zwischen der Offsetveränderung und der Beinlängenveränderung und die Abhängigkeit beider von der Geometrie des Hüftschafte gezeigt werden.

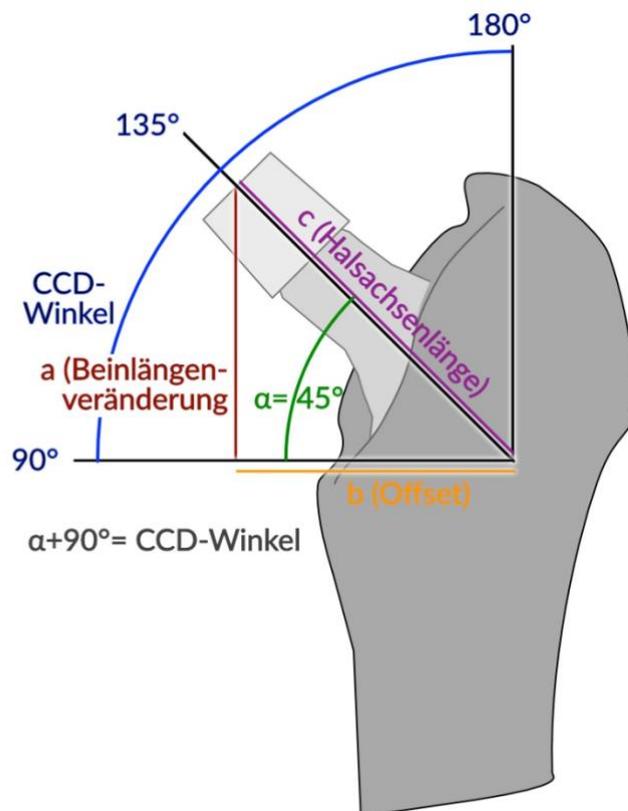


Abb. 15: Veränderung von Offset und Beinlänge in Abhängigkeit der Hüftschaftegeometrie

(eigene Zeichnung und Abbildung)

Die Halslänge c , Offset b und die Beinlängenveränderung a bilden ein gleichschenkliges Dreieck mit dem Restwinkel α . Bei einem CCD-Winkel des Implantates von genau 135° (und damit $\alpha=45^\circ$) sind wirken sich Veränderungen von Offset und Beinlänge in gleicher Größe aus. Ist $\alpha < 45^\circ$ (CCD $> 135^\circ$) wird die Beinlänge kleiner und der Offset größer. Bei einem $\alpha > 45^\circ$ (CCD $< 135^\circ$) wird die Beinlänge größer und der Offset kleiner. Damit hat eine Halsverlängerung von beispielsweise 4mm (z.B. durch einen Kopfwechsel von M auf L) eine unterschiedliche Auswirkung auf den Offset und die Beinlänge je nach vorliegendem α -Winkel.

Wird der CCD-Winkel des verwendeten Implantates nicht beachtet, kann dies zu einer ungewollten Veränderung des Offsets führen. So wird eine Verminderung des femoralen Offsets oft verursacht durch die Verwendung eines Schaftes mit einem größeren CCD-Winkel als es der Anatomie des Patienten entspricht [40].

Implantate mit modularem Hals können die unabhängige Anpassung von Beinlänge, Offset und der Anteversion erlauben. Bei Implantaten mit nichtmodularem Hals (und insbesondere auch bei Implantaten mit nichtmodularem Kopf) müssen Offset und Beinlänge immer in Kombination angepasst werden. Für eine Coxa vara kann eine suffiziente Adduktorenmuskelspannung erreicht durch eine Verlängerung der Beinlänge, wenn kein Implantat zur Verfügung steht, dass den nativen Offsetwert wiederherstellen könnte [35].

Allerdings sind auch Probleme bei modularen Prothesen beschrieben. De Martino et al. beschreiben eine höhere Rate an Korrosionen und Reibabnutzungen bei modularen Implantaten [134].

Es liegen nur wenige Studien vor, die eine Auswirkung einer starken Vergrößerung des femoralen Offsets untersucht haben. In einer Studien an Kadavern wurde ein um 28-53mm vergrößerter Offset mit einer Zunahme an Mikrobewegungen am Knochen-Implantat-Interface in Verbindung gebracht [135].

Der High-Offset Schaft Lubinus TM SPPII (Fa. Link Finland Oy, Espoo, Finnland), der einen CCD-Winkel von nur 117° hat, wurde in einer Studie in Verbindung gebracht mit einer

verminderten 5-Jahres-Standzeit im Vergleich zu Schäften, die einen CCD-Winkel von 126°-135° hatten [136].

4.7 Diskussion der Methoden zur intraoperativen Bestimmung von Beinlänge und Offset

4.7.1 Computerassistierte Navigation und Robotik

Eine Fehlpositionierung der Implantate stellt einen häufigen Grund für eine operative Revision in der Hüftendoprothetik dar [137, 138]. In der Regel erfolgt die intraoperative Ausrichtung der Prothese unter der Zuhilfenahme von spezifischen Instrumenten, die vom Hersteller zur Verfügung gestellt werden. Um die Rate von Fehlimplantationen zu senken und eine genauere Rekonstruktion des Rotationszentrums zu ermöglichen, finden Weiterentwicklungen von Navigationssystemen aus der Neuro- und Wirbelsäulen Chirurgie nun auch zunehmend in der Endoprothetik Anwendung [139].

Diese Systeme lassen sich in (semi-)aktive Robotersysteme und passive Systeme einteilen. Bei den passiven Systemen bleibt die Prozedur in der Hand des Chirurgen und es werden bildbasierte oder bildfreie Systeme verwendet, um intraoperativ Referenzpunkte der Anatomie des Patienten zu markieren, welche eine dreidimensionale Nachverfolgung der Anatomie und damit eine genaue Navigation ermöglichen [140].

In einer Studie mit einem bildfreien passiven Navigationssystem an 152 Patienten konnten Ellapparadja et al. mit einem hohen Grad an Genauigkeit sowohl den femoralen Offset (95,39% der Patienten) und die Hüftlänge (94,73% der Patienten) innerhalb von 6mm im Vergleich mit der Gegenseite rekonstruieren. Die Autoren empfehlen den Einsatz von Navigationssystemen in der Hüftendoprothetik für eine genauere Rekonstruktion des Rotationszentrums. Manzotti et al. konnten in ihrer Vergleichsstudie

eine signifikant bessere Rekonstruktion der Beinlänge im Vergleich zu einer nicht-navigierten Gruppe nachweisen [141]. Flecher et al. schlussfolgern in ihrem Review, dass eine computerassistierte Navigation kombiniert mit einer genauen präoperativen Planung dazu beitragen kann, das Risiko für eine Beinlängendifferenz zu minimieren [35].

Renkawitz et al. fanden in einer Studie an Kadavern ebenfalls, dass Beinlänge und Offset mit einem bildfreien Navigationssystem sehr genau erfasst werden können [142].

In aktiven Systemen wird die Knochenpräparation durch den Roboter selbst vorgenommen, wohingegen semiaktive Systeme so designt sind, dass sie vom Chirurgen gesteuert werden müssen, aber der Operateur ein Feedback in Echtzeit erhält durch einen Vergleich der intraoperativen Positionierungen mit der präoperativen Planung und das Gerät z.B. Korridore oder Winkel für Fräsen oder Resektion vorgeben kann [143].

Für das einzige zurzeit verbreitete klinische Anwendung findende aktive System ROBODOC (THINK surgical Inc., Fremont, Vereinigte Staaten) finden sich bezüglich der Effektivität des Systems unterschiedliche Ergebnisse. Mehrere Studien weisen eine genauere Positionierung der Implantatbestandteile und eine genauere Rekonstruktion der Beinlänge nach [144–146]. Jedoch fanden Honl et al. [144] in ihrer Studie eine höhere Rate an Dislokationen, eine höhere Rate an Revisionsoperationen und eine deutlich höhere OP-Zeit beim Einsatz des ROBODOC.

Der Rio MAKO (Stryker, Portage, Vereinigte Staaten) stellt ein in Anwendung befindliches semiaktives System dar. Nawabi et al. zeigten in einer Studie an Kadavern eine sehr gute Genauigkeit bezüglich der Implantation der Komponenten. Die Beinlänge konnte innerhalb von 1mm rekonstruiert werden [147]. Gute Ergebnisse für die Ausrichtung der Implantate und die Korrelation der postoperativen Daten mit der präoperativen Planung bezüglich Beinlänge, Offset, Anteversion und Inklination fanden auch andere Studien [148, 149].

Es ist gut vorstellbar, dass Robotik und Navigationssysteme in Zukunft eine zunehmende Rolle in der Endoprothetik spielen werden. Inwieweit neue Systeme dann deutliche

Vorteile für die Positionierung der Implantate und Parameter wie dem femoralen Offset und der Beinlängenrekonstruktion erbringen können werden neue Studien für die jeweiligen Systeme zeigen müssen.

4.7.2 Patientenspezifische Instrumente

In der Knieendoprothetik haben Patientenspezifische Instrumente (PSI) einen gewissen Bekanntheitsgrad erreicht und stehen auch in der Hüftendoprothetik zur Verfügung. Der Grundsatz ist, dass auf der Grundlage von radiologischen Daten nach Planung der Prothese im 3D-Druckverfahren auf den Patienten abgestimmte Schablonen gedruckt werden, die bei der Resektion und auch Implantation der Prothese helfen sollen. Hauptsächlich kommen acetabuläre PSI-Systeme zur Anwendung, es stehen jedoch auch femorale PSI-Systeme zur Verfügung. Letztere sollen bei der genauen Rekonstruktion von Offset und Beinlänge und bei der Position des Schaftes helfen und werden in der Regel mittels eines Bohrdrahtes am Femurkopf fixiert.

Es gibt zur Zeit nur wenige Publikationen zur Anwendung von PSI-Systemen in der Hüftendoprothetik [150], meist mit Fokus auf die acetabuläre Komponente und mit nur kleinen Fallzahlen [151]. Es bleiben größere Studien und Langzeituntersuchungen abzuwarten für die Abschätzung, ob PSI in der Hüftendoprothetik Vorteile für die Rekonstruktion des Drehzentrums und für das subjektive Outcome liefern können.

5 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Zusammenhänge zwischen der Veränderung geometrischer Parameter des Hüftgelenks durch den endoprothetischen Eingriff (gemessen an prä- und postoperativen Röntgenaufnahmen) und dem patientenberichteten Outcome (gemessen anhand des EuroQol und WOMAC-Scores prä- sowie ein Jahr postoperativ) zu untersuchen. Hierzu konnten 655 Patienten (weiblich: 336, männlich: 319) eingeschlossen werden, die in der orthopädischen Klinik König-Ludwig-Haus, Lehrstuhl für Orthopädie der Universität Würzburg, im Zeitraum von 2012–2014 mit einer primären zementfreien Hüft-TEP (Fa. Zimmer Biomet) versorgt worden waren. Im Mittel wurde der globale Offset um $-1,14\text{mm}$ verringert (bei durchschnittlicher Vergrößerung des femoralen Offset durch den Eingriff um $+4,61\text{ mm}$ und Verminderung des acetabulären Offsets um $-5,74\text{ mm}$). Bei den Frauen zeigte sich eine Vergrößerung des globalen Offsets um $+0,27\text{ mm}$ (Verkleinerung des acetabulären Offsets um $-5,08\text{ mm}$ und Vergrößerung des femoralen Offsets um $+5,37\text{ mm}$), bei den Männern eine deutliche Verkleinerung des globalen Offsets um $-2,62\text{ mm}$ (Verkleinerung des acetabulären Offsets um $-6,43\text{ mm}$ und Vergrößerung des femoralen Offsets um $3,81\text{ mm}$).

In der Gesamtgruppe zeigten die Parameter der horizontalen Achse acetabulärer und femoraler Offset keine Korrelationen zum subjektiven Outcome. Jedoch konnte für den globalen Offset eine Korrelation zum EuroQol nachgewiesen werden ($r=0,097$; $p<0,05$) nachgewiesen werden. In der Gruppe der Frauen konnte eine positive Korrelation zwischen dem acetabulären Offset und dem WOMAC-Gesamtscore ($r= 0,132$; $p<0,05$) sowie den Subscores Schmerz ($r=0,113$; $p<0,05$) und Funktion ($r=0,125$; $p<0,05$) nachgewiesen werden. Die Ergebnisse decken sich im Wesentlichen mit den Ergebnissen anderer Autoren, wobei dieser Zusammenhang in der Untergruppe der Männer nicht aufgezeigt werden konnte. Die Ergebnisse bestätigen den Vorteil einer Medialisierung der Pfanne und damit einer Verringerung des acetabulären Offsets.

Ferner wurden die Patienten nach dem Grad der gelungenen postoperativen Rekonstruktion verglichen. Es wurden drei Gruppen gebildet: postoperative

Rekonstruktion >-5mm; zwischen -5 und +5mm; >+5mm. Im Vergleich der Gruppen zeigte sich, dass eine stärkere Verminderung des acetabulären Offsets (und damit eine Medialisierung des Rotationszentrums) bei den meisten Patienten einen besseren Wert für den WOMAC-Steifheit ergeben hat, dies zeigte sich auch in der Untergruppe der Männer, nicht jedoch bei den Frauen.

Bei der Analyse der Parameter der vertikale Achse (vertikaler Offset, Hüftlänge, Hip Center Height) ergab sich in der Gesamtgruppe eine negative Korrelation des vertikalen Offsets mit den WOMAC-Gesamtscore-Werten ($r=-0,109$; $p<0,01$) und den Werten des Subscores WOMAC-Schwierigkeit ($r=0,106$; $p<0,01$). Bei der Hip-Center-Height zeigte sich eine schwach positive Korrelation mit dem Subscore WOMAC-Schwierigkeit ($r=0,081$; $p<0,05$) und mit dem EurQol ($r=0,0117$; $p<0,01$). In der Subgruppe der Frauen ergaben sich bei der Hip-Center-Height eine Korrelation mit dem WOMAC-Gesamtscore ($r=0,109$; $p<0,05$) und dem Subscore WOMAC-Funktion ($r=0,125$; $p<0,05$). Die Hüftlänge korrelierte in der Gruppe der Männer negativ mit dem WOMAC-Steifheit ($r= -0,137$; $p<0,05$). Bei der Analyse in die Subgruppen aufgeteilt nach dem Grad der Rekonstruktion führte eine Vergrößerung des vertikalen Offsets für die meisten Patienten zu einer Verbesserung des Outcomes gemessen am WOMAC-Gesamt-Score. Die Daten bezüglich der vertikalen Achse deuten darauf hin, dass eine Vergrößerung des vertikalen Offsets sinnvoll zu sein scheint. Eine zu starke Verschiebung des Rotationszentrums nach kranial sollte aber vermieden werden.

Bezüglich der diagonalen Achse konnte für den diagonalen Offset (definiert als resultierender Vektor von GO und BL) ein positiver Zusammenhang mit dem EuroQol ($r=0,110$; $p<0,01$) nachgewiesen werden.

Die vorliegende Studie zeigte teils deutliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern auf, sowohl gemessen an der Rekonstruktion des Drehzentrum und am postoperativen Outcome, was in der weiteren Forschung, präoperativen Planung und Herstellung neuer Prothesen berücksichtigt werden sollte. Die exakten anatomischen Parameter der acetabulären und femoralen Komponente des Offsets, die zu einem bestmöglichen Ergebnis für die Patienten führen, bedürfen jedoch weiterer Untersuchungen.

6 Literaturverzeichnis

References

1. Grimberg A, Jansson V, Liebs T, Melsheimer O, Steinbrück A (2016) Endoprothesenregister Deutschland 2016. https://www.eprd.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Publikationen/Berichte/EPRD-Jahresbericht_2016_Einzelseiten_Online-Version.pdf. Accessed 03 Aug 2021
2. Gluck T (1890) Autoplastik-Transplantation-Implantation von Fremdkörpern: Berl. Klein. Wschr. 19: 421-427
3. Wiles P (1958) The surgery of the osteoarthritic hip. *Brit.J.Surg.* 45: 488-497
4. Smith-Petersen MN (1939) Arthroplasty of the hip. A new method. *Bone Joint Surg.* 21: 269-288
5. McKee GK (1951): Artificial hip joint. *J.Bone Joint Surg.* B 33: 465 f.
6. McKee, G.K., Watson-Farrar, J. (1966) Replacement of the arthritic hip by the McKee-Farrar prosthesis. *J.Bone Joint Surg.* B 48: 245 f. 33
7. Haboush EJ (1953) A new operation for arthroplasty of the hip based on biomechanics, photoelasticity, fast-setting dental acrylic, and other considerations. *Bull.Hosp.Joint Dis.* 14: 242-277
8. Boutin P (2000) Total hip arthroplasty using a ceramic prosthesis. Pierre Boutin (1924-1989) *Clin.Orthop.Relat Res.* 379: 3-11
9. Sivash KM (1969) The development of a total metal prosthesis for the hip joint from a partial joint replacement *Reconstr.Surg.Traumatol.* 11: 53-62
10. Zweymüller, K., Zhuber, K., Locke, H. (1977) A metal-ceramic composite endoprosthesis for total hip replacement *Wien.Klin.Wochenschr.* 89: 548-551
11. Winter E (2009) Entwicklung und aktueller Stand der Hüftendoprothetik. In: Wintermantel E, Ha S-W (eds) *Medizintechnik*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 1667–1697
12. Fenger S (2012) Untersuchungen zur Veränderung des Morbiditätsspektrums einer alternden Bevölkerung am Beispiel des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern. Universität Rostock, Dissertation.
13. Anakwe RE, Jenkins PJ, Moran M (2011) Predicting dissatisfaction after total hip arthroplasty: a study of 850 patients. *J Arthroplasty* 26:209–213
14. Ulfing N (2008) *Bewegungsapparat: Lehrbuch der Anatomie des Bewegungsapparates mit klinischen Bezügen*, 1. Aufl. Hanseatic Publ, Hamburg
15. Rehart S, Kapandji IA (eds) (2016) *Funktionelle Anatomie der Gelenke: Schematisierte und kommentierte Zeichnungen zur menschlichen Biomechanik*, 6. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
16. Grifka J, Kuster M (eds) (2011) *Orthopädie und Unfallchirurgie: Für Praxis, Klinik und Facharztprüfung*. Springer, Berlin, Heidelberg
17. Cotta H, Puhl W (1993) *Orthopädie: Ein kurzgefasstes Lehrbuch ; 10 Tabellen*, 5., neubearb. und erw. Aufl. Thieme, Stuttgart, New York
18. Debrunner AM (2005) *Orthopädie, orthopädische Chirurgie. patientenorientierte Diagnostik und Therapie des Bewegungsapparates*. Huber Verlag, Bern

19. Scharf H-P, Rüter A, Pohlemann T et al. (eds) (2011) Orthopädie und Unfallchirurgie: Facharztwissen nach der neuen Weiterbildungsordnung, 2., korr. Aufl. Elsevier, Urban & Fischer, München
20. Niethard F, Pfeil J, Biberthaler P (2009) Orthopädie und Unfallchirurgie. Thieme, Stuttgart
21. KELLGREN JH, LAWRENCE JS (1957) Radiological assessment of rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis* 16:485–493. <https://doi.org/10.1136/ard.16.4.485>
22. Brinckmann P (ed) (2012) Orthopädische Biomechanik: Mit 23 Tabellen ; mit einem Verzeichnis der Fachausdrücke der Orthopädischen Biomechanik Englisch-Deutsch, 2., erw. Aufl. MV Wissenschaft, vol 2. Verl.-Haus Monsenstein und Vannerdat, Münster
23. Delp SL, Wixson RL, Komattu AV et al. (1996) How superior placement of the joint center in hip arthroplasty affects the abductor muscles. *Clin Orthop Relat Res*:137–146
24. Charnley J (1970) Total hip replacement by low-friction arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 72:7–21
25. Müller ME (1970) Total hip prostheses. *Clin Orthop Relat Res* 72:46–68
26. Fine M de, Romagnoli M, Toscano A et al. (2017) Is there a role for femoral offset restoration during total hip arthroplasty? A systematic review. *Orthop Traumatol Surg Res* 103:349–355. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2016.12.013>
27. Rudert M, Horas K, Hoberg M et al. (2016) The Wuerzburg procedure: the tensor fasciae latae perforator is a reliable anatomical landmark to clearly identify the Hueter interval when using the minimally-invasive direct anterior approach to the hip joint. *BMC Musculoskelet Disord* 17. <https://doi.org/10.1186/s12891-016-0908-z>
28. Rachbauer F, Krismer M (2008) Minimalinvasive Hüftendoprothetik über den anterioren Zugang (Minimally invasive total hip arthroplasty via direct anterior approach). *Oper Orthop Traumatol* 20:239–251. <https://doi.org/10.1007/s00064-008-1306-y>
29. Henkus HE, Hogervorst T, Overschelde JV, Corten K (2014) Anteriorer Zugang in Rückenlage - OP Technik (DePuy Synthes, Ausgabe 2/2014)
30. Dorr LD, Faugere M-C, Mackel AM et al. (1993) Structural and cellular assessment of bone quality of proximal femur. *Bone* 14:231–242. [https://doi.org/10.1016/8756-3282\(93\)90146-2](https://doi.org/10.1016/8756-3282(93)90146-2)
31. Aldinger G Aktueller Stand der konventionellen Hüfttotalendoprothese (Hüftstiel). *Orthop Praxis* 40: 629-636 (2004)
32. Noble PC, Alexander JW, Lindahl LJ et al. (1988) The anatomic basis of femoral component design. *Clin Orthop Relat Res*:148–165
33. Effenberger H, Imhof M, Witzel U et al. (2005) Zementfreie Hüftschäfte. Aktueller Stand (Cementless stems of the hip. Current status). *Orthopade* 34:477-500; quiz 501. <https://doi.org/10.1007/s00132-005-0800-2>
34. Ranawat CS, Rao RR, Rodriguez JA et al. (2001) Correction of limb-length inequality during total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 16:715–720. <https://doi.org/10.1054/arth.2001.24442>
35. Flecher X, Ollivier M, Argenson JN (2016) Lower limb length and offset in total hip arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res* 102:S9-20. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2015.11.001>
36. O'Brien S, Kernohan G, Fitzpatrick C et al. (2010) Perception of imposed leg length inequality in normal subjects. *HIP International* 20:505–511. <https://doi.org/10.1177/112070001002000414>

37. Woo RY, Morrey BF (1982) Dislocations after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 64:1295–1306
38. Wylde V, Hewlett S, Learmonth ID et al. (2011) Persistent pain after joint replacement: prevalence, sensory qualities, and postoperative determinants. *Pain* 152:566–572. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2010.11.023>
39. Harrasser N, Banke I, Gollwitzer H et al. (2016) Gluteale Insuffizienz: Pathogenese, Diagnostik und Therapie (Gluteal insufficiency: Pathogenesis, Diagnosis and Therapy). *Z Orthop Unfall* 154:140–147. <https://doi.org/10.1055/s-0041-110812>
40. McGrory BJ, Morrey BF, Cahalan TD et al. (1995) Effect of femoral offset on range of motion and abductor muscle strength after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 77:865–869
41. Hendry J, Biant LC, Breusch SJ (2012) Abductor mechanism tears in primary total hip arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg* 132:1619–1623. <https://doi.org/10.1007/s00402-012-1573-9>
42. Pfirrmann CWA, Notzli HP, Dora C et al. (2005) Abductor tendons and muscles assessed at MR imaging after total hip arthroplasty in asymptomatic and symptomatic patients. *Radiology* 235:969–976. <https://doi.org/10.1148/radiol.2353040403>
43. Sayed-Noor AS, Sjöden GO (2006) Greater Trochanteric Pain after Total Hip Arthroplasty: The Incidence, Clinical Outcome and Associated Factors. *HIP International* 16:202–206. <https://doi.org/10.1177/112070000601600304>
44. Barrett MC, Robertson-Waters EE, Whitehouse MR et al. (2020) Trochanteric spurs and surface irregularities on plain radiography are not predictive of greater trochanteric pain syndrome. *Hip Int* 30:176–180. <https://doi.org/10.1177/1120700019835641>
45. Worlicek M, Messmer B, Grifka J et al. (2020) Restoration of leg length and offset correlates with trochanteric pain syndrome in total hip arthroplasty. *Sci Rep* 10:7107. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62531-9>
46. Iorio R, Healy WL, Warren PD et al. (2006) Lateral trochanteric pain following primary total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 21:233–236. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2005.03.041>
47. Farmer KW, Jones LC, Brownson KE et al. (2010) Trochanteric bursitis after total hip arthroplasty: incidence and evaluation of response to treatment. *J Arthroplasty* 25:208–212. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2009.02.008>
48. Jerosch J, Sokkar S, Filler T (2018) Iliopsoas-Impingement nach Hüft-TEP: Ursachen, Diagnostik, Therapie. *Orthop Rheuma* 21:16–21. <https://doi.org/10.1007/s15002-018-1290-z>
49. Bricteux S, Beguin L, Fessy MH (2001) Le conflit ilio-psoas - prothèse dans les arthroplasties totales de hanche douloureuses (Iliopsoas impingement in 12 patients with a total hip arthroplasty). *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 87:820–825
50. Dora C, Houweling M, Koch P et al. (2007) Iliopsoas impingement after total hip replacement: the results of non-operative management, tenotomy or acetabular revision. *J Bone Joint Surg Br* 89:1031–1035. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.89b8.19208>
51. Jerosch J, Neuhäuser C, Sokkar SM (2013) Arthroscopic treatment of iliopsoas impingement (IPI) after total hip replacement. *Arch Orthop Trauma Surg* 133:1447–1454. <https://doi.org/10.1007/s00402-013-1806-6>

52. Jasani V, Richards P, Wynn-Jones C (2002) Pain related to the psoas muscle after total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br* 84:991–993. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.84b7.13194>
53. Heaton K, Dorr LD (2002) Surgical release of iliopsoas tendon for groin pain after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 17:779–781. <https://doi.org/10.1054/arth.2002.33570>
54. Probst D, Stout A, Hunt D (2019) Piriformis Syndrome: A Narrative Review of the Anatomy, Diagnosis, and Treatment. *PM R* 11 Suppl 1:S54-S63. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12189>
55. Hopayian K, Song F, Riera R et al. (2010) The clinical features of the piriformis syndrome: a systematic review. *Eur Spine J* 19:2095–2109. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1504-9>
56. Micicoi G, Bernard de Dompure R, Tran L et al. (2019) Early morbidity and mortality after one-stage bilateral THA: Anterior versus posterior approach. *Orthop Traumatol Surg Res* 105:1265–1270. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2019.07.016>
57. Uchio Y, Nishikawa U, Ochi M et al. (1998) Bilateral piriformis syndrome after total hip arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg* 117:177–179. <https://doi.org/10.1007/s004020050224>
58. Liebs TR, Nasser L, Herzberg W, Ruther W, Hassenpflug J (2014) The influence of femoral offset on health-related quality of life after total hip replacement. *Bone Jt J* 96-B:36–42
59. Jolles BM, Zangger P, Leyvraz P-F (2002) Factors predisposing to dislocation after primary total hip arthroplasty: a multivariate analysis. *J Arthroplasty* 17:282–288
60. Cassidy KA, Noticewala MS, Macaulay W et al. (2012) Effect of femoral offset on pain and function after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 27:1863–1869
61. Owens WD, Felts JA, Spitznagel EL (1978) ASA physical status classifications: a study of consistency of ratings. *Anesthesiology* 49:239–243
62. World Health Organization (2000) Obesity: preventing and managing the global epidemic: Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser*, Band 894: i-xii, 1-253.
63. Jerosch J, Katthagen B-D, Pruß A (eds) (2012) Knochentransplantation: Knochenbank und klinische Anwendung von Bankknochen. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln
64. Williamson JA RFW (1978) Limb length discrepancy and related problems following total hip joint replacement. *Clin Orthop Relat Res* 134:135-138
65. Bonin N, Jacquot L, Boulard L et al. (2016) How to best measure femoral length and lateralisation after total hip arthroplasty on antero-posterior pelvic radiographs. *Int Orthop* 40:2479–2485
66. Alsina C (2016, [2016] *Der Satz des Pythagoras: Die heilige Geometrie von Dreiecken*. Libero, Kerkdriel
67. Steinig N (2014) Ergebnisqualität nach Hüftendoprothesen-Erstimplantation an einem Krankenhaus der Maximalversorgung in Bezug auf perioperative Einflussfaktoren. Universität Rostock, Dissertation
68. Stucki G, Meier D, Stucki S, Michel BA, Tyndall AG, Dick W, Theiler R (1996) Evaluation of a German version of WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) Arthrosis Index. *Z Rheumatol*:40–49
69. Ackerman IN, Tacey MA, Ademi Z et al. (2014) Using WOMAC Index scores and personal characteristics to estimate Assessment of Quality of Life utility scores in people with hip and knee joint disease. *Qual Life Res* 23:2365–2374
70. Amir T (2007) Arthrose evaluieren. *physiopraxis* 5:36–37

71. Zimmer Inc. (2008) Zimmer M/L Taper Hip Prosthesis:
<https://www.zimmerbiomet.com/content/dam/zimmer-biomet/medical-professionals/hip/ml-taper-hip-system/zimmer-m-l-taper-hip-prosthesis-brochure.pdf>.
 Accessed 06 JUL 2019
72. Zimmer, Inc (2014) Zimmer M/L Taper Hip Prosthesis Surgical Technique 97-7711-202-00:
<http://www.zimmer.com/content/dam/zimmer-web/documents/en-US/pdf/surgical-techniques/hip/zimmer-ml-taper-hip-prosthesis-surgical-technique.pdf>. Accessed 07 JUL 2019
73. Zimmer Inc. (2008) Trilogy Acetabular System:
<https://www.zimmerbiomet.com/content/dam/zimmer-biomet/medical-professionals/hip/Trilogy/trilogy-acetabular-system-brochure.pdf> Accessed 30 JAN 2021
74. Zimmer Inc. (2009) Allofit/Allofit-S Alloclassic Acetabular Cup System Surgical Technique:
<https://mti.mt-intl.ro/wp-content/uploads/2019/07/Allofit-Acetabular-Cup-System-Surgical-Technique.pdf> Accessed 20 JAN 2021
75. Judge A, Arden NK, Batra RN et al. (2013) 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
76. Bjarnason JA, Reikeras O (2015) Changes of center of rotation and femoral offset in total hip arthroplasty. *Ann Transl Med* 3:355
77. Clement ND, S Patrick-Patel R, MacDonald D et al. (2016) Total hip replacement: increasing femoral offset improves functional outcome. *Arch Orthop Trauma Surg* 136:1317–1323
78. Baumann C, Rat AChristine, Osnowycz G, Mainard D, Cuny C, Guillemin F. (2009) Satisfaction with care after total hip or knee replacement predicts self-perceived health status after surgery. *BMC Musculoskelet Disord* 2009, Band 10: 150.
79. Bergschmidt P, Bader R, Finze S, Tokar I, Kundt G, Mittelmeier W: (2010) Impact of preoperative variables on the functional and radiological outcome of an uncemented femoral stem: a prospective two-year follow-up. *Hip Int* 2010, Band 20: 187–197.
80. Johansson HR., Bergschmidt P, Skripitz R, Finze S, Bader R, Mittelmeier W. (2010) Impact of preoperative function on early postoperative outcome after total hip arthroplasty. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2010, Band 18: 6–10.
81. Kochs E, Adams HA, Spies C (Hrsg): (2008) *Anästhesiologie*. Thieme, Stuttgart; Kap. 18.1, S. 570
82. Owens WD., Felts JA., Spitznagel EL., JR (1978) ASA physical status classifications: a study of consistency of ratings. *Anesthesiology*, Band 49: 239–243.
83. Mäkelä KT, Matilainen M, Pulkkinen P et al. (2014) Failure rate of cemented and uncemented total hip replacements: register study of combined Nordic database of four nations. *BMJ* 348:f7592. <https://doi.org/10.1136/bmj.f7592>
84. Ogino D, Kawaji H, Konttinen L et al. (2008) Total hip replacement in patients eighty years of age and older. *J Bone Joint Surg Am* 90:1884–1890.
<https://doi.org/10.2106/jbjs.g.00147>
85. Yuasa T, Maezawa K, Nozawa M et al. (2016) Cementless total hip arthroplasty in patients aged ≥80 years. *J Orthop* 13:29–32. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2015.12.007>
86. Pasquier G, Ducharne G, Ali ES, Giraud F, Mouttet A, Durante E (2010) Total hip arthroplasty offset measurement: is CT scan the most accurate option? *Orthop Traumatol Surg Res* 96:367–375

87. Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB, Giles GG, Wallace AB, Anderson PR, Guiver TA, McGale P, Cain TM, Dowty JG, Bickerstaffe AC, Darby SC (2013) Cancer risk in 680,000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *BMJ* 346:f2360
88. Sariali E, Mouttet A, Pasquier G et al. (2009) Three-dimensional hip anatomy in osteoarthritis. Analysis of the femoral offset. *J Arthroplasty* 24:990–997
89. Mahmood SS, Al-Amiry B, Mukka SS et al. (2015) Validity, reliability and reproducibility of plain radiographic measurements after total hip arthroplasty. *Skeletal Radiol* 44:345–351
90. Lecerf G, Fessy MH, Philippot R et al. (2009) Femoral offset: anatomical concept, definition, assessment, implications for preoperative templating and hip arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res* 95:210–219
91. Weber M, Woerner ML, Springorum H-R et al. (2014) Plain radiographs fail to reflect femoral offset in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 29:1661–1665. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2014.03.023>
92. Merle C, Waldstein W, Pegg E et al. (2012) Femoral offset is underestimated on anteroposterior radiographs of the pelvis but accurately assessed on anteroposterior radiographs of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 94:477–482. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.94B4.28067>
93. Burge AJ (2015) Total hip arthroplasty: MR imaging of complications unrelated to metal wear. *Semin Musculoskelet Radiol* 19:31–39. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1396765>
94. Hayter CL, Koff MF, Potter HG (2012) Magnetic resonance imaging of the postoperative hip. *J Magn Reson Imaging* 35:1013–1025. <https://doi.org/10.1002/jmri.23523>
95. Ranawat CS, Dorr LD, Inglis AE (1980) Total hip arthroplasty in protrusio acetabuli of rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am* 62:1059–1065
96. Markus Härter Vergleich verschiedener Methoden zur graphischen Darstellung der bestimmung des anatomischen Drehzentrums der menschlichen Hüfte. Philipps-Universität Marburg. Inaugural-Dissertation. 2004.
97. Brooks R (1996) EuroQol: the current state of play. *Health Policy* 37:53–72
98. Hurst NP., Jobanputra P, Hunter M, Lambert M, Lochhead A, Brown H (1994) Validity of Euroqol--a generic health status instrument--in patients with rheumatoid arthritis. Economic and Health Outcomes Research Group. *Br J Rheumatol* 1994, Band 33: 655–662.
99. Ostendorf M, Buskens E, van Stel H, Schrijvers A, Marting L, Dhert W, Verbout A Waiting for total hip arthroplasty: avoidable loss in quality time and preventable deterioration. *J Arthroplasty* 2004, Band 19: 302–309
100. Dieppe PA (1995) Recommended methodology for assessing the progression of osteoarthritis of the hip and knee joints. *Osteoarthritis Cartilage* 1995, Band 3: 73–77.
101. McConnell S, Kolopack P, Davis AM (2001) The Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC): a review of its utility and measurement properties. *Arthritis Rheum* 2001;45:453-61
102. Pua YH, Cowan SM, Wrigley TV, Bennell KL. (2009) Discriminant validity of the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis index physical functioning subscale in community samples with hip osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 2009;90:1772-7.
103. Weber M, Zeman F, Craiovan B et al. (2019) Predicting Outcome after Total Hip Arthroplasty: The Role of Preoperative Patient-Reported Measures. *Biomed Res Int* 2019:4909561

104. Schaeffer JF, Scott DJ, Godin JA et al. (2015) The Association of ASA Class on Total Knee and Total Hip Arthroplasty Readmission Rates in an Academic Hospital. *J Arthroplasty* 30:723–727
105. Biring GS, Masri BA, Greidanus NV et al. (2007) Predictors of quality of life outcomes after revision total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br* 89:1446–1451
106. Zhang Z, Zhao X, Kang Y, Zhang ZQ, Yang ZB, He AS, Fu M, Sheng PY, Liao WM (2012) The influence of body mass index on life quality and clinical improvement after total hip arthroplasty. *J Orthop Sci* 2012, Band 17: 219–225.
107. Davis AM., Wood AM., Keenan AC.M., Brenkel IJ., Ballantyne JA. (2011) Does body mass index affect clinical outcome post-operatively and at five years after primary unilateral total hip replacement performed for osteoarthritis? A multivariate analysis of prospective data. *J Bone Joint Surg Br* 2011, Band 93: 1178–1182.
108. Kessler S KW (2007) Overweight and obesity: two predictors for worse early outcome in total hip replacement? *Obesity (Silver Spring)* 2007, Band 15: 2840–2845.
109. Liebs TR, Nasser L, Herzberg W et al. (2014) The influence of femoral offset on health-related quality of life after total hip replacement. *Bone Joint J* 96-B:36–42
110. Asayama I, Naito M, Fujisawa M et al. (2002) Relationship between radiographic measurements of reconstructed hip joint position and the Trendelenburg sign. *J Arthroplasty* 17:747–751
111. Krishnan SP, Carrington RWJ, Mohiyaddin S et al. (2006) Common misconceptions of normal hip joint relations on pelvic radiographs. *J Arthroplasty* 21:409–412
112. Wegner A, Kauther MD, Landgraeber S et al. (2012) Fixation method does not affect restoration of rotation center in hip replacements: a single-site retrospective study. *J Orthop Surg Res* 7:25
113. Asayama I, Chamnongkitch S, Simpson KJ et al. (2005) Reconstructed hip joint position and abductor muscle strength after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 20:414–420
114. Woolson ST, Hartford JM, Sawyer A (1999) Results of a method of leg-length equalization for patients undergoing primary total hip replacement. *J Arthroplasty* 14:159–164
115. Devane P, Home G, Winemaker M (1997) The effect of restoring femoral offset during THR on 3D volumetric wear. *J Bone Joint Surg (Br)* 79:385.
116. Ramaniraka NA, Rakotomanana LR, Rubin PJ et al. (2000) [Noncemented total hip arthroplasty: influence of extramedullary parameters on initial implant stability and on bone-implant interface stresses]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 86:590–597
117. Bourne RB, Rorabeck CH (2002) Soft tissue balancing: the hip. *J Arthroplasty* 17:17–22
118. Yamaguchi T, Naito M, Asayama I et al. (2004) Total hip arthroplasty: the relationship between posterolateral reconstruction, abductor muscle strength, and femoral offset. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 12:164–167
119. Dolhain P, Tsigaras H, Bourne RB et al. (2002) The effectiveness of dual offset stems in restoring offset during total hip replacement. *Acta Orthop Belg* 68:490–499
120. Charles MN, Bourne RB, Davey JR et al. (2005) Soft-tissue balancing of the hip: the role of femoral offset restoration. *Instr Course Lect* 54:131–141
121. Debarge R, Lustig S, Neyret P et al. (2008) [Confrontation of the radiographic preoperative planning with the postoperative data for uncemented total hip arthroplasty]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 94:368–375
122. Ebied A, Hoad-Reddick DA, Raut V (2005) Medium-term results of the Charnley low-offset femoral stem. *J Bone Joint Surg Br* 87:916–920

123. Girard J, Touraine D, Soenen M et al. (2005) [Measurement of head penetration on digitalized radiographs: reproducibility and accuracy]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 91:137–142
124. Dastane M, Dorr LD, Tarwala R et al. (2011) Hip offset in total hip arthroplasty: quantitative measurement with navigation. *Clin Orthop Relat Res* 469:429–436. <https://doi.org/10.1007/s11999-010-1554-7>
125. Terrier A, Levrero Florencio F, Rüdiger HA (2014) Benefit of cup medialization in total hip arthroplasty is associated with femoral anatomy. *Clin Orthop Relat Res* 472:3159–3165. <https://doi.org/10.1007/s11999-014-3787-3>
126. Pagnano W, Hanssen AD, Lewallen DG et al. (1996) The effect of superior placement of the acetabular component on the rate of loosening after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 78:1004–1014
127. White TO, Dougall TW (2002) Arthroplasty of the hip. Leg length is not important. *J Bone Joint Surg Br* 84:335–338
128. Whitehouse MR, Stefanovich-Lawbuary NS, Brunton LR et al. (2013) The impact of leg length discrepancy on patient satisfaction and functional outcome following total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 28:1408–1414
129. Konyves A, Bannister GC (2005) The importance of leg length discrepancy after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 87:155–157
130. Sykes A, Hill J, Orr J et al. (2015) Patients' perception of leg length discrepancy post total hip arthroplasty. *Hip Int* 25:452–456
131. Keršič M, Dolinar D, Antolič V et al. (2014) The impact of leg length discrepancy on clinical outcome of total hip arthroplasty: comparison of four measurement methods. *J Arthroplasty* 29:137–141
132. Röder C, Vogel R, Burri L et al. (2012) Total hip arthroplasty: leg length inequality impairs functional outcomes and patient satisfaction. *BMC Musculoskelet Disord* 13:95
133. Hirakawa K, Mitsugi N, Koshino T et al. (2001) Effect of acetabular cup position and orientation in cemented total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*:135–142
134. Martino I de, Assini JB, Elpers ME et al. (2015) Corrosion and Fretting of a Modular Hip System: A Retrieval Analysis of 60 Rejuvenate Stems. *J Arthroplasty* 30:1470–1475. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2015.03.010>
135. Rod Davey J, O'Connor DO, Burke DW et al. (1993) Femoral component offset. *J Arthroplasty* 8:23–26. [https://doi.org/10.1016/S0883-5403\(06\)80103-8](https://doi.org/10.1016/S0883-5403(06)80103-8)
136. Bachour F, Marchetti E, Bocquet D et al. (2010) Radiographic preoperative templating of extra-offset cemented THA implants: how reliable is it and how does it affect survival? *Orthop Traumatol Surg Res* 96:760–768. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2010.05.004>
137. Macpherson GJ, Breusch SJ (2011) Metal-on-metal hip resurfacing: a critical review. *Arch Orthop Trauma Surg* 131:101–110. <https://doi.org/10.1007/s00402-010-1153-9>
138. Morlock MM, Bishop N, Zustin J et al. (2008) Modes of implant failure after hip resurfacing: morphological and wear analysis of 267 retrieval specimens. *J Bone Joint Surg Am* 90 Suppl 3:89–95. <https://doi.org/10.2106/jbjs.h.00621>
139. Jenny J-Y (2006) Geschichte und Entwicklung der computerassistierten Chirurgie in der Orthopädie (The history and development of computer assisted orthopaedic surgery). *Orthopade* 35:1038–1042. <https://doi.org/10.1007/s00132-006-0994-y>
140. Schurr C (2011) Bildfreie Computernavigation von Knie- und Hüftprothesen: Grundlagen, Anwendungen, Innovationen: Habilitationsschrift zur Erlangung der venia legendi für das

Fach Orthopädie und Unfallchirurgie an der Hohen Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln. Abgerufen am 18.04.2021 unter <https://repository.publisso.de/resource/fri:4540901-1/data>

141. Manzotti A, Cerveri P, Momi E de et al. (2011) Does computer-assisted surgery benefit leg length restoration in total hip replacement? Navigation versus conventional freehand. *Int Orthop* 35:19–24. <https://doi.org/10.1007/s00264-009-0903-1>
142. Renkawitz T, Schuster T, Herold T et al. (2009) Measuring leg length and offset with an imageless navigation system during total hip arthroplasty: is it really accurate? *Int J Med Robot* 5:192–197. <https://doi.org/10.1002/rcs.250>
143. Subramanian P, Wainwright TW, Bahadori S et al. (2019) A review of the evolution of robotic-assisted total hip arthroplasty. *HIP International* 29:232–238. <https://doi.org/10.1177/1120700019828286>
144. Honl M, Dierk O, Gauck C et al. (2003) Comparison of robotic-assisted and manual implantation of a primary total hip replacement. A prospective study. *J Bone Joint Surg Am* 85:1470–1478. <https://doi.org/10.2106/00004623-200308000-00007>
145. Nakamura N, Sugano N, Nishii T et al. (2010) A comparison between robotic-assisted and manual implantation of cementless total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 468:1072–1081. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-1158-2>
146. Taylor RH, Joskowicz L, Williamson B et al. (1999) Computer-integrated revision total hip replacement surgery: concept and preliminary results. *Medical Image Analysis* 3:301–319. [https://doi.org/10.1016/s1361-8415\(99\)80026-7](https://doi.org/10.1016/s1361-8415(99)80026-7)
147. Nawabi DH, Conditt MA, Ranawat AS et al. (2013) Haptically guided robotic technology in total hip arthroplasty: a cadaveric investigation. *Proc Inst Mech Eng H* 227:302–309. <https://doi.org/10.1177/0954411912468540>
148. Redmond JM, Gupta A, Hammarstedt JE et al. (2015) The learning curve associated with robotic-assisted total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 30:50–54. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2014.08.003>
149. Nodzo SR, Chang C-C, Carroll KM et al. (2018) Intraoperative placement of total hip arthroplasty components with robotic-arm assisted technology correlates with postoperative implant position: a CT-based study. *Bone Joint J* 100-B:1303–1309. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.100b10-bjj-2018-0201.r1>
150. Henckel J, Holme TJ, Radford W et al. (2018) 3D-printed Patient-specific Guides for Hip Arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg* 26:e342-e348. <https://doi.org/10.5435/jaaos-d-16-00719>
151. Spencer-Gardner L, Pierrepont J, Topham M et al. (2016) Patient-specific instrumentation improves the accuracy of acetabular component placement in total hip arthroplasty. *Bone Joint J* 98-B:1342–1346. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.98b10.37808>

I Abkürzungsverzeichnis

Abb	Abbildung
AO	Acetabulärer Offset
a.p.	anterior-posterior
ASA	American Society of Anesthesiologists
BL	Beinlänge
BMI	Body-Mass-Index
CCD-Winkel	Centrum-Colum-Diaphysenwinkel
COR	Center of Rotation (Hüftdrehzentrum)
CT	Computertomographie
EuroQol	Euro Quality of Life
FO	Femoraler Offset
GO	Globaler Offset
DO	Diagonaler Offset
HCH	Hip-Center-Height (Hüftzentrumshöhe)
MRT	Magnetresonanztomographie
OHS	Oxford Hip Score
PMMA	Polymethylmetacrylat
PSI	Patientenspezifische Instrumente
SD	standard deviation (engl. Für Standardabweichung)
Tab	Tabelle

TEP	Totalendoprothese
VO	Vertikaler Offset
WHO	World-Health-Organization

II Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Belastung des Hüftgelenks beim langsamen Gang (eigene Zeichnung und Abbildung, modifiziert nach Brinckmann [22])

Abb. 2: Anatomische Verhältnisse im Hüftgelenk – Darstellung der Messtrecken (eigene Zeichnung und Abbildung)

Abb. 3: Übersicht über die Rekrutierung der Patienten (eigene Abbildung)

Abb. 4: Präoperative Vermessung der anatomischen Verhältnisse im Hüftgelenk (eigene Abbildung anhand eines Röntgenbilds der Studie)

Abb. 5: Postoperative Vermessung der anatomischen Verhältnisse im Hüftgelenk (eigene Abbildung anhand eines Röntgenbilds der Studie)

Abb. 6: Anzahl der Patienten nach Altersklassen zum Zeitpunkt der Operation (eigene Abbildung)

Abb. 7: Verteilung der Patienten nach dem ASA-Score (eigene Abbildung)

Abb. 8: Verteilung der Veränderung des femoralen Offset in mm im Gesamtkollektiv (eigene Abbildung)

Abb. 9: Verteilung der Veränderung des acetabulären Offsets in mm im Gesamtkollektiv (eigene Abbildung)

Abb. 10: Verteilung der Veränderung des globalen Offsets in mm im Gesamtkollektiv (eigene Abbildung)

Abb. 11: Veränderung des femoralen (X-Achse) und globalen Offsets (Y-Achse) im Gesamtkollektiv (eigene Abbildung, aus Software SPSS (Fa. IBM) exportiert)

Abb. 12: Änderung des femoralen Offsets in mm nach Geschlechtern (Boxplot-Diagramm aus Software SPSS (Fa. IBM) exportiert, eigene Abbildung)

Abb. 13: Verteilung der EuroQol-Scores im Gesamtkollektiv – prä- und postoperativ (1 Jahr) (Boxplot-Diagramm aus Software SPSS (Fa. IBM) exportiert, eigene Abbildung)

Abb. 14: Verteilung der prä- und postoperativ (1 Jahr) WOMAC-Score-Werte im Gesamtkollektiv (Boxplot-Diagramm aus Software SPSS (Fa. IBM) exportiert, eigene Abbildung)

Abb. 15: Veränderung von Offset und Beinlänge in Abhängigkeit der Hüftschafftgeometrie (Eigene Zeichnung und Abbildung)

III Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Radiologischer Schweregrad nach Kellgren und Lawrence

Tab. 2: American Society of Anesthesiologists-(ASA)-Einteilung

Tab. 3: Prä- und postoperativ erhobene radiologische Messwerte

Tab. 4: M/L-Taper-Schaft Standard Offset - Maße und Offset

Tab. 5: M/L Taper-Schaft erweiterter/lateralisierter Offset – Maße und Offset

Tab. 6: Verteilung der Patienten nach BMI-Klassen

Tab. 7: Präoperative Messwerte der Gesamtgruppe in mm

Tab. 8: Postoperative Messwerte der Gesamtgruppe in mm

Tab. 9: Präoperative Messwerte der Untergruppe der Frauen (n=335) in mm

Tab. 10: Postoperative Messwerte der Untergruppe der Frauen (n=335) in mm

Tab. 11: Präoperative Messwerte der Untergruppe der Männer (n=319) in mm

Tab. 12: Postoperative Messwerte der Untergruppe der Männer (n=319) in mm

Tab. 13: Veränderung der radiologischen Messwerte der Gesamtgruppe in mm

Tab. 14: Veränderung der radiologische Messwerte der Untergruppe der Frauen (n=335) in mm

Tab. 15: Veränderung der radiologischen Messwerte der Untergruppe der Männer (n=319) in mm

Tab. 16. Prä- und postoperative WOMAC-Scores

Tab. 17: Analyse potenzieller Korrelationen (Pearson-Analyse) des subjektiven Outcomes mit radiologischen Messdaten in der Gesamtgruppe

Tab. 18: Analyse potenzieller Korrelationen (Pearson-Analyse) des subjektiven Outcomes mit radiologischen Messdaten in der Subgruppe der Frauen

Tab. 19: Analyse potenzieller Korrelationen (Pearson-Analyse) des subjektiven Outcomes mit radiologischen Messdaten in der Subgruppe der Männer

Tab. 20: Analyse potenzieller Korrelationen (Eta-Analyse) des subjektiven Outcomes mit der Zugehörigkeit der Patienten zu den Subgruppen der prä-/postoperativen Rekonstruktion für die Gesamtgruppe

Tab. 21: Analyse potenzieller Korrelationen (Eta-Analyse) des subjektiven Outcomes mit der Zugehörigkeit der Patienten zu den Subgruppen der prä-/postoperativen Rekonstruktion für die Untergruppe der Frauen

Tab. 22: Analyse potenzieller Korrelationen (Eta-Analyse) des subjektiven Outcomes mit der Zugehörigkeit der Patienten zu den Subgruppen der prä-/postoperativen Rekonstruktion für die Untergruppe der Männer

IV Wertetabelle Röntgenanalyse

Tabelle der erhobenen radiologischen Messwerte. Werte, die errechnet wurden (z.B. globaler Offset, diagonaler Offset) werden nicht gesondert angegeben. Die Fälle wurden mit einer fortlaufenden Nummer versehen. Seite bezeichnet die operierte Seite. „re“ steht dabei für „rechts“, „li“ für „links“, „post“ steht für den postoperativen Wert.

Nr	Seite	FO re	FO li	AO re	AO li	VO re	VO li	HCH re	HCH li	CCD re	CCD li	FO post	AO post	VO post	HCH post
1	rechts	35	34	28	28	41	40	15	18	131,9	136,5	42	27	43	18
2	rechts	49	49	34	31	39	45	17	13	121,8	124,6	43	37	45	16
3	rechts	36	40	36	36	33	37	18	11	135,1	126,5	41	29	39	17
4	links	40	43	35	35	38	37	19	18	132,7	128,8	46	34	41	16
5	links	29	23	33	37	29	28	15	18	131,4	133,9	38	27	29	26
6	rechts	30	42	29	33	26	39	16	11	119,8	124,9	36	28	44	12
7	links	37	34	39	39	37	39	14	14	130,3	134,2	35	36	39	16
8	rechts	34	33	38	41	6	6	20	23	120,8	117,7	42	27	28	28
9	links	52	48	37	39	52	31	10	14	121,2	127,2	48	38	42	13
10	rechts	31	30	32	30	36	35	10	12	132,8	138	32	26	43	11
11	links	31	30	32	30	36	35	10	12	132,8	138	32	27	37	13
12	rechts	38	39	32	28	37	36	13	9	125,5	123,9	37	29	43	15
13	links	36	37	36	41	39	37	12	14	129	128,9	45	32	40	16
14	rechts	39	37	33	30	35	31	13	14	125,33	124,9	49	32	32	27
15	links	35	29	32	37	28	22	17	20	129,5	135,4	40	24	29	29
16	rechts	37	35	30	31	36	36	13	12	130,8	130,3	36	30	44	12
17	links	35	31	34	44	10	14	11	27	132,4	128,4	34	36	30	29
18	links	31	27	32	38	47	39	12	18	138,5	138	35	31	40	19
19	rechts	26	27	36	34	43	48	19	13	139	138,2	41	27	46	21
20	links	25	27	34	38	47	45	10	13	138,1	138,3	33	30	47	16
21	rechts	49	48	28	29	28	35	12	12	118,1	123,3	42	35	42	9
22	links	52	46	35	36	54	50	11	11	122,2	118,6	49	34	52	14
23	rechts	45	52	44	42	41	54	18	12	130,1	124,7	52	32	41	20
24	links	43	46	40	39	30	28	18	15	123,4	116,6	51	39	35	15
25	rechts	40	39	37	37	28	31	17	15	120,6	127,9	39	29	33	16
26	rechts	42	39	30	32	21	16	23	26	123,5	127,7	42	24	29	18
27	links	43	39	40	40	31	28	18	18	122,3	125,8	45	34	31	17
28	links	35	41	32	35	38	33	11	14	133,4	124,5	42	27	41	12

29	rechts	40	40	28	28	36	32	14	16	130	127,3	42	29	42	14
30	links	32	32	31	31	41	47	15	13	133,9	137,5	37	31	52	11
31	links	51	40	30	29	28	42	20	7	117,7	124,8	38	29	41	14
32	links	36	29	40	42	43	29	6	17	127,4	130,9	37	37	35	23
33	rechts	39	40	33	33	25	34	20	18	124,1	130,2	39	33	40	15
34	rechts	41	39	36	35	40	46	16	15	132	133,1	46	25	40	19
35	links	41	48	37	37	44	38	9	11	124,5	117,9	51	30	45	20
36	links	46	43	36	38	30	27	15	17	127,6	133,4	40	30	36	13
37	rechts	47	49	34	33	42	48	15	12	122,3	123,7	45	29	45	16
38	links	35	31	32	39	34	27	15	21	129,4	134,3	46	33	40	16
39	rechts	27	31	32	28	17	16	25	30	133,4	133,7	39	30	32	14
40	links	47	36	36	40	33	27	12	18	130,5	111,4	44	33	37	17
41	rechts	34	44	31	30	37	38	13	12	131,7	126,9	47	27	48	14
42	rechts	33	34	39	33	21	29	16	24	127,4	125,7	49	25	40	21
43	rechts	41	42	37	35	39	45	13	9	129,6	130,1	47	28	41	19
44	rechts	22	29	45	37	58	58	15	12	154,8	147,5	35	32	61	11
45	rechts	51	46	39	38	49	37	8	19	126,4	129,8	44	31	42	10
46	rechts	43	45	38	37	35	34	13	14	124,7	123,5	48	31	35	16
47	rechts	51	49	35	32	39	37	14	16	120,5	119,8	52	30	41	17
48	rechts	43	46	39	33	40	34	10	16	130,2	125,8	46	29	37	18
49	links	42	37	35	39	40	41	12	16	125,3	136,3	49	31	45	20
50	rechts	40	39	35	31	38	35	13	15	126,8	139,6	37	29	43	17
51	links	34	34	41	46	41	41	14	13	134,3	132,8	49	37	43	14
52	rechts	50	40	47	41	56	37	13	24	125,3	127,6	44	35	48	23
53	rechts	45	41	35	36	49	54	15	10	129,1	129,4	51	31	54	16
54	rechts	34	35	35	35	37	37	14	12	134,7	128,8	48	26	39	22
55	links	45	44	35	37	44	30	8	17	127,4	127,5	41	36	40	20
56	rechts	40	35	32	32	34	42	17	10	129,4	130,5	41	29	48	13
57	links	40	35	32	32	34	42	17	10	129,4	130,5	36	34	45	15
58	rechts	23	25	30	32	35	43	20	9	145,8	144,6	34	30	47	16
59	rechts	50	43	30	33	30	35	16	13	121,8	133	45	27	41	16
60	rechts	34	40	35	32	28	31	18	12	127,8	122,1	44	27	36	20
61	rechts	36	38	46	39	30	45	29	16	137	136,1	52	27	37	28
62	links	30	28	32	34	47	38	9	17	137,6	139,5	35	31	46	13
63	links	30	29	33	34	43	44	9	6	132,2	130,8	35	31	45	12
64	rechts	28	31	35	30	45	41	15	16	141,1	136,1	43	27	46	27
65	rechts	41	40	38	37	41	43	13	10	130,6	129,8	53	29	44	21
66	rechts	44	43	34	29	46	42	3	12	124,9	122,5	45	28	47	9
67	rechts	33	36	33	33	42	42	8	11	132,2	129,3	44	29	33	17
68	rechts	32	34	30	30	43	43	14	11	137,3	135,9	38	25	40	12
69	rechts	42	46	39	36	39	34	14	16	125,6	122,1	45	37	48	15
70	links	37	35	35	32	33	38	16	16	129,9	135	39	30	37	18

71	links	26	26	32	39	46	40	15	28	141,1	149,9	39	31	37	27
72	rechts	40	42	25	27	26	35	17	14	118,7	125,8	40	31	36	17
73	rechts	49	46	33	33	37	35	13	16	120,5	126,2	46	31	44	13
74	links	49	46	33	33	37	35	13	16	120,5	126,2	45	34	40	13
75	links	37	42	36	37	41	32	11	16	130,2	123,9	43	31	38	16
76	rechts	49	55	42	36	35	39	16	15	120,2	119,6	53	33	33	21
77	links	34	30	37	37	44	43	12	10	131,8	136,5	40	36	46	10
78	rechts	31	35	37	27	42	44	14	16	136,8	132,2	32	30	49	19
79	rechts	37	39	34	32	30	34	17	14	129,6	126,2	37	31	39	14
80	rechts	36	33	26	30	37	38	12	12	130,6	127,1	39	29	37	13
81	links	42	41	32	33	37	40	15	13	129	129,4	46	29	49	14
82	rechts	38	49	42	40	36	37	13	11	125,8	122,4	46	31	43	14
83	links	30	36	31	29	43	49	16	16	137,4	134,4	40	31	50	16
84	rechts	30	37	30	30	27	31	16	12	141,8	126,6	33	31	33	13
85	links	30	35	37	40	26	32	17	21	135,8	134,6	42	31	43	21
86	links	33	37	43	44	53	51	11	10	133,4	138,7	40	42	48	9
87	rechts	36	43	40	41	40	34	16	15	129,3	122,7	40	31	46	24
88	links	36	43	40	41	40	34	16	15	129,3	122,7	53	31	49	18
89	rechts	48	51	37	35	43	41	13	15	121,3	117,7	43	31	42	23
90	rechts	29	32	39	35	24	30	19	13	134,5	135,4	43	27	39	20
91	rechts	45	45	32	32	27	29	15	14	124,2	123,3	62	28	31	22
92	rechts	38	37	42	37	40	47	17	11	132,4	132,3	35	31	33	13
93	rechts	41	39	29	33	33	40	18	10	130,7	131,1	45	26	35	18
94	links	37	34	30	37	44	44	17	12	133,3	132,4	40	32	47	17
95	rechts	39	42	42	37	43	44	14	15	130,8	130	46	30	39	20
96	links	45	39	38	46	41	40	17	17	129	131,3	46	31	43	18
97	links	39	41	34	32	39	33	10	11	125,5	125,4	43	27	42	16
98	rechts	45	48	33	33	35	40	18	11	127,7	124,4	45	29	52	10
99	rechts	37	37	33	31	33	44	18	10	132,7	131,7	38	29	44	17
100	rechts	35	39	43	41	43	44	17	14	132,9	128,8	47	31	48	19
101	links	41	42	28	31	49	46	20	18	132,6	133,4	44	22	39	33
102	rechts	43	35	33	38	46	49	15	16	129,2	135,2	39	27	83	12
103	links	43	35	33	38	46	49	15	16	129,2	135,2	37	28	54	18
104	rechts	38	39	39	38	35	37	14	6	130,3	128	43	35	43	11
105	rechts	45	50	43	43	32	41	24	11	121,8	126	50	33	50	20
106	rechts	30	30	37	36	42	38	14	12	137,7	139,7	36	27	43	17
107	links	40	32	32	36	32	28	14	17	126,4	136,4	41	28	34	20
108	links	43	39	34	37	35	40	14	12	120,1	123,5	44	29	45	19
109	links	47	52	37	40	41	38	12	15	123,6	120,5	42	33	45	11
110	links	43	30	38	44	41	38	12	17	127,8	137,5	35	38	36	17
111	rechts	26	31	37	32	40	40	16	13	140,5	136,3	42	36	46	14
112	rechts	44	44	32	33	39	39	16	17	129,1	127,6	45	30	44	16

113	links	49	52	35	30	38	35	7	12	116,5	113,9	46	34	38	14
114	links	23	28	34	40	29	28	16	14	126,8	132,9	40	31	30	19
115	links	40	33	37	37	48	38	11	19	132,6	134,7	28	25	34	14
116	rechts	33	31	31	31	31	35	17	15	132	133,8	40	25	31	20
117	links	37	34	41	42	39	35	11	14	128,9	133,3	38	38	37	17
118	rechts	28	29	41	41	37	37	10	10	132,4	134	30	35	46	15
119	links	30	31	34	37	38	38	12	19	135,6	137,2	47	29	42	24
120	rechts	39	37	36	38	40	40	16	12	130,9	133	40	37	47	12
121	links	39	37	36	38	40	40	16	12	130,9	133	41	36	44	14
122	links	27	25	31	33	37	41	12	15	136,4	140,7	33	31	43	15
123	rechts	36	37	36	34	38	38	12	15	132,7	130,1	41	29	36	14
124	links	36	44	37	36	42	32	10	22	125,8	123,3	31	32	34	16
125	rechts	13	25	40	30	33	52	33	12	160,3	144,3	41	27	44	26
126	links	33	31	33	30	27	24	19	20	130,4	132,5	39	27	33	19
127	links	44	49	37	31	42	37	14	14	129,6	122,5	43	31	39	17
128	rechts	50	51	34	37	47	48	15	14	129,8	123,7	55	26	49	15
129	rechts	41	43	34	30	28	29	17	14	121,5	117,8	47	29	35	22
130	links	38	39	31	37	47	46	12	12	134,4	130,4	43	34	52	10
131	links	46	45	34	27	38	33	14	19	120,7	123,1	43	29	39	21
132	rechts	18	29	31	31	27	32	8	11	129,9	126,4	23	30	40	9
133	rechts	38	43	35	34	43	42	5	6	130,1	125,6	41	30	41	11
134	rechts	29	34	31	27	25	31	16	12	139,8	135,6	37	29	38	12
135	links	41	35	32	34	39	36	12	19	127,3	135,7	44	29	43	16
136	links	52	44	36	39	41	32	10	18	115,7	121,9	55	28	45	20
137	rechts	40	42	33	31	26	31	13	12	129,3	121,4	46	30	45	12
138	rechts	48	43	40	45	39	39	12	9	126,2	127,8	44	36	40	15
139	links	48	43	40	45	39	39	12	9	126,2	127,8	53	29	36	24
140	rechts	46	50	38	39	53	48	16	13	132,6	127,8	47	38	56	11
141	rechts	42	38	35	34	41	38	10	12	122,1	126,7	39	30	39	14
142	rechts	39	43	41	36	42	43	12	11	132,9	124,5	46	35	48	12
143	links	38	39	33	31	41	39	10	12	128,6	126,8	41	23	40	19
144	rechts	52	49	36	34	48	52	10	6	117,7	122,7	46	38	57	6
145	rechts	22	27	38	38	45	43	19	21	154,5	145,9	43	31	51	18
146	links	22	27	38	38	45	43	19	21	154,5	145,9	43	29	41	24
147	rechts	34	38	41	37	39	57	15	10	118,7	136,1	42	18	53	30
148	links	49	51	39	36	45	29	16	26	122,7	130,6	46	28	36	24
149	rechts	41	42	39	39	51	50	17	11	135,8	129,7	49	30	52	15
150	links	36	35	32	34	41	46	17	19	134,6	135,5	36	35	45	12
151	rechts	38	35	36	37	47	38	11	16	130,2	135	42	36	45	11
152	links	38	35	36	37	47	38	11	16	130,2	135	44	27	37	21
153	links	38	37	29	33	38	46	12	17	127,7	131,6	36	32	56	11
154	rechts	36	35	34	39	40	45	14	16	139,1	141,9	47	33	44	22

155	rechts	39	43	37	34	33	38	18	13	124,8	123,5	40	31	35	18
156	rechts	33	33	43	45	35	43	30	20	142,1	141	47	30	41	23
157	links	33	33	43	45	35	43	30	20	142,1	141	52	34	47	20
158	links	46	46	34	35	39	35	17	19	128,4	125,5	52	31	34	17
159	links	38	37	32	34	48	36	11	15	129,5	129,8	43	29	43	12
160	rechts	43	47	38	40	46	45	9	13	128,4	128,5	46	35	43	8
161	links	29	19	30	36	33	15	11	15	125,5	134,6	31	30	30	15
162	links	43	41	36	34	35	31	14	17	124,8	124,8	44	30	44	17
163	links	48	48	38	37	49	46	10	14	125,6	123,9	51	36	51	16
164	links	42	44	36	33	41	40	12	14	131,8	130,5	39	28	39	14
165	links	40	33	38	39	36	42	13	14	120,3	129	32	38	47	12
166	rechts	44	47	34	32	38	31	10	16	124,3	123,2	48	30	44	16
167	links	44	47	34	32	38	31	10	16	124,3	123,2	50	31	41	23
168	rechts	37	45	40	32	42	37	15	16	128,5	130,3	42	29	46	17
169	rechts	44	41	39	38	46	44	16	15	135,1	132,9	49	32	45	15
170	rechts	32	33	35	29	29	26	13	13	131,6	130,3	35	27	40	10
171	rechts	22	29	36	27	46	48	17	13	145,7	144,8	30	29	37	13
172	rechts	48	45	40	39	34	31	16	20	126,1	129,4	51	33	38	19
173	links	31	36	36	35	48	41	10	16	136	131,9	39	30	48	13
174	rechts	32	41	36	31	35	39	9	13	130,5	133,6	32	29	47	12
175	links	33	34	33	30	38	42	14	16	134,1	143,2	41	25	39	22
176	links	25	28	30	32	38	36	17	16	126,7	144	39	33	39	16
177	rechts	33	41	34	34	37	31	17	14	135,2	119,6	35	31	33	21
178	links	40	40	32	32	29	25	19	15	128,4	131,8	38	35	34	16
179	links	38	37	39	43	57	48	8	16	132,1	140	32	32	43	15
180	links	38	37	39	43	57	48	8	16	132,1	140	44	35	41	18
181	rechts	45	40	41	38	35	27	16	17	131,9	131,1	50	33	45	18
182	links	45	40	41	38	35	27	16	17	131,9	131,1	44	35	41	18
183	links	27	21	36	35	33	35	19	23	137,2	142,7	38	31	38	21
184	rechts	27	21	36	35	33	35	19	23	137,2	142,7	43	28	41	20
185	rechts	37	35	35	34	41	35	12	16	125,9	128,1	42	30	49	11
186	links	39	42	39	38	41	39	13	14	131,9	131,1	42	32	48	14
187	rechts	39	42	39	38	41	39	13	14	131,9	131,1	37	37	44	12
188	rechts	30	39	32	27	28	28	14	10	132,8	123,7	35	27	35	16
189	rechts	53	51	40	36	40	49	13	12	123	128,9	45	28	44	14
190	links	38	36	32	32	46	43	10	12	135,2	136,6	47	34	45	20
191	links	39	43	31	28	26	28	12	15	117,7	123,4	44	26	40	17
192	links	50	47	37	33	46	10	6	12	124,8	122,9	48	29	32	12
193	links	47	37	35	32	50	44	7	10	127,1	127,9	44	33	40	19
194	links	35	31	33	33	36	20	15	19	132,8	120,9	35	29	37	17
195	links	27	23	32	36	34	31	18	18	133,3	142,3	36	27	41	16
196	links	42	41	37	37	22	24	15	19	119	126,7	43	31	31	18

197	links	43	44	34	33	45	43	14	17	132	135	42	27	42	18
198	links	38	39	29	29	28	33	19	14	130,7	130,1	41	25	37	14
199	rechts	39	40	35	36	34	38	18	12	132	126,4	45	26	37	16
200	links	39	37	38	40	48	35	12	20	129,8	129,9	33	36	42	15
201	links	33	30	35	33	4	35	11	13	134	129,2	47	27	37	27
202	links	38	37	37	43	42	41	7	17	126,4	129	52	25	49	22
203	rechts	37	37	41	36	24	40	13	13	129,7	134,3	55	29	35	21
204	rechts	37	39	32	35	44	41	16	19	138,6	135,1	41	28	43	20
205	links	37	39	32	35	44	41	16	19	138,6	135,1	46	27	40	24
206	rechts	50	50	42	41	47	47	12	10	124,3	122,8	47	35	43	10
207	links	43	42	37	39	46	37	11	10	125,3	122,1	50	28	45	17
208	links	47	51	35	34	50	45	13	16	123,9	124,4	52	32	51	16
209	links	39	43	38	32	47	48	11	11	126,7	124,8	45	26	48	22
210	rechts	35	41	31	29	36	42	16	10	134,6	130,1	44	26	42	18
211	links	49	44	34	34	33	41	13	13	118,3	125,9	48	35	53	10
212	rechts	49	44	34	34	33	41	13	13	118,3	125,9	50	34	43	13
213	rechts	43	46	43	41	52	47	15	14	134,1	132,5	46	28	47	15
214	rechts	37	44	41	36	33	40	15	11	131,7	128,3	42	28	35	19
215	rechts	30	33	33	31	34	35	23	20	141,2	137,8	42	34	45	16
216	rechts	30	31	33	34	51	47	10	9	131,3	137,4	48	32	53	11
217	links	31	32	41	37	36	32	17	20	136,3	135,9	43	32	39	19
218	rechts	44	45	43	32	32	34	15	18	124,3	128,3	41	37	37	16
219	links	43	44	36	38	30	31	16	19	122,6	121,4	43	29	38	19
220	links	30	32	33	34	43	38	14	14	134,6	134,5	31	31	52	10
221	links	34	39	33	38	49	44	9	15	131,5	128,1	43	33	53	16
222	rechts	39	41	35	31	33	45	19	14	126,9	129,5	38	29	41	14
223	rechts	43	44	33	32	47	48	13	13	131,5	130,7	43	28	21	14
224	links	15	5	41	51	50	50	20	24	152,7	159,9	30	29	46	24
225	links	35	29	38	37	41	48	16	16	135,3	143,4	45	30	44	21
226	rechts	41	44	45	38	40	48	14	12	130,6	132,5	49	35	52	19
227	links	42	44	39	36	40	36	4	14	122,9	125,1	48	30	46	14
228	links	53	44	39	37	44	40	14	15	121,2	141,3	50	30	35	19
229	rechts	53	44	39	37	44	40	14	15	121,2	141,3	40	27	40	27
230	rechts	40	37	39	37	47	48	16	14	128,8	131,1	47	32	47	18
231	rechts	36	42	31	31	37	34	16	21	135,5	132,1	38	25	45	21
232	links	45	43	36	36	34	27	16	17	129,5	130,6	38	29	37	18
233	links	33	32	30	33	35	32	15	16	131	128,8	40	31	43	10
234	rechts	35	40	38	33	39	38	12	16	129	132,5	41	33	45	9
235	links	35	40	38	33	39	38	12	16	129	132,5	46	29	45	16
236	rechts	35	36	36	34	43	44	16	13	142,9	138,4	39	28	28	16
237	rechts	28	32	32	32	38	35	13	14	139,2	132,8	35	25	38	13
238	rechts	34	37	31	32	44	44	13	13	134	127,7	37	32	49	15

239	links	34	37	31	32	44	44	13	13	134	127,7	39	30	51	12
240	links	32	34	26	27	29	21	13	21	127,7	128,7	40	26	38	17
241	links	41	38	35	46	24	10	15	21	122	127,5	39	31	26	20
242	rechts	33	36	43	43	40	40	13	14	135,2	131,6	32	30	38	13
243	rechts	37	40	31	34	27	27	16	14	128,9	123,7	35	27	33	16
244	rechts	33	37	45	36	32	42	12	10	127,6	133,6	40	29	45	18
245	links	25	30	34	40	45	35	15	13	139,5	140,7	38	28	44	16
246	rechts	40	49	45	41	42	53	19	13	131,8	128	47	32	39	23
247	rechts	35	27	29	29	42	46	16	14	130,1	136,3	34	23	41	17
248	rechts	33	36	45	44	44	37	17	22	140,7	136	36	33	33	19
249	links	33	36	45	44	44	37	17	22	140,7	136	36	32	34	19
250	links	32	39	35	32	40	37	14	17	134,2	129,9	50	29	38	19
251	rechts	37	38	41	41	37	35	23	20	133,3	133,5	45	28	43	21
252	links	37	38	41	41	37	35	23	20	133,3	133,5	37	26	40	19
253	rechts	45	47	35	34	35	37	24	22	126,1	123,4	49	28	39	19
254	links	45	47	35	34	35	37	24	22	126,1	123,4	50	28	43	18
255	links	40	44	33	34	42	43	11	9	135,2	133,1	39	31	46	9
256	links	41	44	39	45	34	31	14	21	136,3	140,9	49	36	36	20
257	rechts	37	38	34	31	38	35	16	13	132,3	131,9	38	27	46	15
258	links	42	40	37	39	42	37	18	17	131,4	129,1	44	35	42	17
259	links	43	39	43	40	44	40	17	15	127,1	130,7	47	37	36	19
260	rechts	43	39	43	40	44	40	17	15	127,1	130,7	45	36	42	18
261	links	48	45	30	28	32	32	16	15	121,1	124,5	40	27	34	20
262	rechts	42	43	39	35	34	33	22	14	134,6	131,6	48	39	47	19
263	rechts	53	49	38	34	34	32	12	15	117,4	119,9	57	32	43	17
264	rechts	42	44	28	31	23	29	22	19	123,7	121,4	44	26	39	18
265	rechts	35	37	33	35	34	36	13	14	129,5	128,7	36	29	36	15
266	links	35	37	33	35	34	36	13	14	129,5	128,7	44	28	38	22
267	rechts	24	23	42	36	38	41	14	17	146,7	149,5	41	28	37	17
268	rechts	36	41	40	40	37	41	18	13	131,6	133,6	39	30	36	21
269	links	48	47	43	44	48	44	15	16	131,9	126,9	39	39	33	22
270	rechts	45	40	35	35	49	47	16	15	133,3	135,3	41	30	45	17
271	links	32	37	29	29	34	30	13	18	135,3	134,7	42	25	37	21
272	links	47	46	39	38	56	52	10	18	133,7	134,7	54	34	47	23
273	rechts	38	37	40	40	34	36	24	13	134,4	130,3	46	35	45	21
274	links	26	27	39	40	44	41	14	17	144,9	141,4	40	32	45	16
275	links	45	45	34	41	37	50	18	12	129,2	122,6	46	34	50	12
276	rechts	32	32	30	30	41	42	14	14	131,7	132,4	40	30	55	15
277	rechts	49	50	38	33	32	33	19	19	126,2	119,2	43	32	33	19
278	rechts	42	48	41	36	34	37	20	18	126,2	123,4	45	35	38	22
279	links	30	33	26	26	40	39	12	13	139,4	134,3	40	27	41	17
280	links	42	45	26	21	30	25	15	18	122,4	114,9	39	27	30	22

281	links	41	42	31	36	30	33	12	15	126,7	127,4	40	35	38	12
282	links	38	35	36	35	35	35	17	16	127,5	130,7	46	31	37	24
283	links	41	39	40	41	58	48	13	15	136,9	136	43	32	43	15
284	rechts	39	40	38	36	35	32	14	19	127,9	126,9	44	35	44	13
285	rechts	39	42	34	30	38	37	15	18	133	130,1	42	28	41	17
286	links	26	19	35	34	34	34	14	14	135,7	140,7	37	28	26	17
287	links	51	48	36	42	43	40	11	16	124,8	126,2	51	29	41	22
288	rechts	36	41	40	36	37	42	16	13	127,6	129,5	47	30	41	21
289	links	36	41	35	39	41	32	9	17	134,5	133,3	42	39	43	15
290	links	43	45	37	38	28	25	13	21	127	125,5	50	31	35	19
291	links	51	44	40	45	53	44	10	18	129	133,2	43	31	42	9
292	rechts	40	42	38	37	35	39	18	15	126,4	128	43	28	41	18
293	rechts	36	39	35	32	38	34	13	14	132,9	130,2	39	28	44	14
294	links	48	44	38	40	31	29	17	19	123,6	122,1	43	28	32	20
295	rechts	40	48	43	44	41	34	12	19	127,8	128,5	50	37	47	14
296	links	40	48	43	44	41	34	12	19	127,8	128,5	52	36	38	21
297	rechts	33	24	35	35	47	44	9	16	136	146,1	48	34	43	13
298	links	35	34	33	33	37	34	12	13	130,4	136,3	42	26	36	17
299	links	38	37	37	38	38	38	15	16	130,3	131,3	47	30	48	16
300	rechts	35	38	35	34	33	31	12	13	133,5	128,2	28	28	37	15
301	links	37	37	35	36	33	34	5	5	125	124,9	38	26	38	9
302	links	37	28	27	36	34	36	11	17	130,6	135,4	40	33	42	13
303	rechts	35	34	33	31	36	38	19	18	134,7	135,1	50	33	47	20
304	rechts	50	59	37	34	36	44	20	16	126,6	120,2	52	31	46	18
305	links	40	41	34	37	44	41	12	17	130,2	134,5	46	36	43	14
306	rechts	39	45	42	34	51	48	17	13	134,2	130,4	34	25	43	11
307	rechts	39	38	33	32	30	25	12	17	115,9	123,1	38	31	38	15
308	links	39	38	33	32	30	25	12	17	115,9	123,1	43	27	33	18
309	rechts	27	28	37	40	29	31	22	17	138,6	140,2	31	29	36	21
310	links	27	28	37	40	29	31	22	17	138,6	140,2	44	33	41	17
311	links	31	31	33	33	34	31	13	17	137,8	138,2	41	26	26	21
312	links	45	35	32	33	42	40	12	15	126,5	137	48	30	43	14
313	rechts	31	34	39	36	38	41	18	15	132,9	135,8	41	30	48	15
314	rechts	43	42	39	36	47	38	10	12	128,1	130,2	49	32	43	17
315	rechts	33	33	32	30	26	28	20	17	134	129	40	26	33	20
316	links	41	46	34	27	43	40	6	10	119,7	114,2	41	26	49	5
317	links	40	38	34	41	41	39	12	15	130,6	129,4	44	36	40	22
318	rechts	25	36	41	30	29	31	17	10	138,5	120,2	33	24	41	15
319	rechts	39	41	36	27	38	31	12	17	128	130,2	43	31	46	11
320	rechts	37	43	29	32	28	33	19	18	132,5	124,4	49	27	30	26
321	rechts	49	41	40	42	46	43	14	18	125	133,5	51	34	51	16
322	links	46	49	32	34	31	27	12	16	124,7	115,3	48	32	37	16

323	rechts	36	36	37	29	36	41	14	12	130,3	132,7	37	27	45	14
324	rechts	46	45	34	32	40	38	12	12	121,2	117,3	44	33	44	17
325	links	35	36	36	35	39	40	14	11	138,5	136,3	45	32	40	19
326	rechts	33	43	38	33	54	49	7	11	139,6	131,3	37	38	47	13
327	rechts	29	33	36	31	34	36	14	14	141,1	133,2	38	30	37	15
328	links	29	28	32	36	45	30	11	22	135,2	134	42	28	45	12
329	rechts	41	38	33	34	44	35	14	12	129	130,6	39	31	47	14
330	links	39	38	36	37	35	31	14	22	126,9	129,6	40	27	31	19
331	links	40	36	33	38	42	42	11	12	130,3	130,9	47	31	43	18
332	rechts	53	54	41	40	41	45	18	11	128,4	125,3	40	35	38	17
333	links	47	47	40	39	34	33	13	16	117,3	120,6	40	30	27	21
334	rechts	38	43	37	38	28	24	21	21	127,3	125,5	38	24	34	22
335	links	36	32	36	40	48	43	15	18	130,2	132,6	37	29	51	22
336	links	47	50	39	40	48	45	13	19	129,1	130	45	31	54	19
337	links	50	49	42	41	42	43	13	16	133,2	125,5	52	37	47	16
338	rechts	36	33	35	34	39	40	16	16	137	134,4	46	29	46	18
339	rechts	37	39	29	25	23	28	22	14	121	119,4	41	24	37	17
340	links	40	39	32	37	43	36	11	22	130,2	129,9	42	32	40	22
341	rechts	38	33	34	31	33	28	20	19	134	136,4	42	31	39	20
342	rechts	50	42	40	33	33	36	17	19	125,8	132,9	51	38	44	16
343	links	26	16	29	33	31	36	18	16	142	146,1	39	25	33	21
344	links	47	47	30	27	30	26	20	18	126,3	122,9	47	29	29	19
345	links	40	39	28	27	37	40	14	17	129	130	38	26	37	15
346	links	34	35	38	36	62	56	12	12	136,6	135,9	45	31	58	13
347	rechts	19	37	37	32	23	38	27	15	139,1	133,6	43	28	30	30
348	rechts	32	37	39	35	34	39	16	13	136,8	133,2	41	28	45	12
349	links	31	38	36	38	36	35	16	17	134,9	129,4	55	30	37	25
350	links	40	42	32	33	35	32	17	18	132,4	130,9	50	31	39	20
351	links	51	47	42	42	40	31	15	24	121,9	129,6	51	32	37	23
352	rechts	42	37	31	35	40	41	14	12	128,6	129,1	42	32	42	10
353	links	30	26	33	34	49	46	10	14	140	141,3	33	30	49	11
354	rechts	46	46	40	41	50	47	9	11	125,3	126,1	48	28	47	13
355	links	39	32	36	38	43	36	12	18	135,8	136,4	44	33	38	15
356	links	34	34	33	37	40	40	12	14	131,5	130,5	42	31	46	14
357	links	49	52	37	38	41	31	11	19	121,5	119,7	37	35	40	18
358	links	41	42	39	36	43	39	7	9	127,5	123,4	31	30	36	12
359	rechts	48	44	38	37	45	37	13	18	124,9	124,5	48	35	41	18
360	links	39	38	32	33	47	43	11	14	129	122,6	48	28	52	15
361	links	44	43	39	38	39	22	13	27	131,7	140,3	51	36	36	27
362	links	45	46	39	38	49	50	10	11	129,3	128,1	45	33	54	16
363	rechts	29	32	34	30	33	36	16	9	135,2	135,2	41	29	35	19
364	links	41	41	32	24	36	38	13	10	127,1	126,1	47	26	43	14

365	links	47	43	32	30	40	27	7	19	120,9	127,2	41	26	35	22
366	links	44	46	35	32	41	26	14	22	120,8	122,4	47	31	40	23
367	links	32	35	31	32	48	43	12	14	143	139,8	42	30	42	13
368	rechts	40	42	44	42	47	47	11	14	131,6	131,3	44	35	51	16
369	links	32	34	35	37	47	44	13	16	135,1	136	48	29	50	25
370	links	34	41	37	41	45	35	10	11	133,1	123,7	44	35	45	10
371	rechts	23	34	26	25	43	41	13	16	144,1	134,6	38	26	45	16
372	rechts	24	36	42	39	39	41	13	12	138,1	132,4	41	38	48	13
373	links	44	46	39	37	35	25	14	23	128	130,3	48	28	35	22
374	rechts	60	42	30	33	39	43	18	13	116,1	133,4	42	30	38	15
375	links	24	21	34	39	44	35	17	22	141,9	140,5	34	34	40	22
376	rechts	23	43	35	31	32	46	19	10	147,6	134,8	45	28	33	21
377	rechts	44	44	32	29	30	36	25	14	123,5	123,7	46	29	43	22
378	links	48	41	39	40	49	37	8	18	126,1	128,5	52	33	38	22
379	links	45	44	45	46	52	48	10	14	131,6	127,8	42	44	49	13
380	links	42	38	40	39	52	37	7	21	127,8	127,5	45	28	43	23
381	links	44	42	38	39	43	33	16	18	127,1	125,5	33	29	37	15
382	links	40	28	40	40	48	33	13	12	132	140,7	42	30	37	24
383	links	35	39	27	38	33	28	14	22	134,7	130,3	48	27	41	19
384	rechts	36	38	34	31	32	42	19	10	124,9	126	44	28	41	19
385	rechts	48	44	34	36	42	35	13	15	120,2	119,9	39	26	45	11
386	links	48	44	34	36	42	35	13	15	120,2	119,9	43	24	33	19
387	links	20	29	38	42	64	63	18	16	148,7	145,7	38	27	61	18
388	rechts	24	36	38	36	34	40	23	13	140,7	134,4	36	31	36	17
389	rechts	47	49	31	31	37	39	11	8	123,2	123,3	42	29	53	9
390	rechts	36	36	35	38	53	52	4	4	133,1	133	48	27	47	25
391	rechts	27	28	34	31	44	45	12	14	133,6	130,3	39	27	50	14
392	links	47	46	37	38	45	37	15	18	128,3	123,8	42	31	44	17
393	rechts	30	32	28	28	29	34	18	13	135,7	130	40	26	35	15
394	links	45	45	42	46	38	36	12	15	122,6	127	52	39	45	24
395	links	33	30	35	35	43	44	43	43	133,1	137,8	36	31	47	15
396	rechts	44	43	33	33	31	27	17	15	122,2	122,1	47	29	46	11
397	links	44	43	33	33	31	27	17	15	122,2	122,1	42	27	41	13
398	links	33	39	28	27	42	37	14	16	137,7	128,9	36	33	45	14
399	links	36	37	43	45	50	47	14	16	132,4	134,8	43	38	48	14
400	rechts	34	40	34	33	40	43	9	11	131,2	126,1	42	25	41	17
401	links	36	23	37	46	57	59	14	6	143,2	147	49	32	47	27
402	rechts	46	48	29	31	31	33	13	14	124,3	123,7	39	30	38	12
403	rechts	33	36	42	41	33	42	22	14	135,8	135,6	45	32	37	24
404	links	36	35	41	45	51	46	10	13	133,7	137,9	46	34	52	18
405	rechts	37	34	38	37	35	40	19	14	133	137,1	35	32	39	13
406	links	37	34	38	37	35	40	19	14	133	137,1	40	22	39	20

407	rechts	36	36	34	33	40	40	19	17	131,7	131,9	43	32	40	19
408	links	40	34	35	36	38	29	10	18	126	129,2	42	26	32	23
409	links	31	30	24	24	41	38	13	16	136,8	136,8	33	24	40	14
410	rechts	38	44	42	42	48	45	9	9	129,8	129,2	45	37	53	10
411	links	37	40	34	36	51	49	10	9	134,7	130,4	41	33	50	13
412	rechts	32	27	37	32	49	42	12	13	136,8	139	36	25	41	17
413	rechts	32	33	32	34	41	38	17	12	128,7	128,1	37	37	44	14
414	links	32	33	32	34	41	38	17	12	128,7	128,1	45	33	48	15
415	rechts	37	39	36	32	42	43	15	16	134,4	129,9	45	29	48	16
416	rechts	35	35	36	34	30	33	20	18	123,5	132,6	44	25	39	17
417	links	35	35	36	34	30	33	20	18	123,5	132,6	42	25	36	21
418	rechts	46	47	44	37	41	45	22	17	121,5	127,1	47	33	49	18
419	rechts	46	47	29	31	33	43	14	7	126,6	124,4	50	28	50	13
420	rechts	39	41	34	34	36	30	13	12	130,4	125,8	44	29	44	13
421	rechts	43	44	34	33	43	44	11	7	131,2	126,9	42	28	48	13
422	rechts	31	37	36	29	31	35	11	17	120,5	128,7	34	31	41	15
423	links	36	41	34	32	46	42	13	13	131,7	127,7	44	31	49	12
424	links	37	40	32	35	45	41	8	11	127,5	124,8	55	29	52	15
425	links	36	45	36	34	29	33	19	16	130,3	128,8	48	27	35	18
426	rechts	33	33	34	37	47	45	18	18	134,3	138,1	38	30	46	20
427	links	40	37	36	35	48	43	8	18	132,6	139,3	45	29	37	15
428	rechts	40	38	38	35	44	46	8	11	133,4	134,2	40	32	50	12
429	rechts	34	40	31	34	40	34	12	12	133,2	127,8	46	26	44	26
430	rechts	39	46	33	33	35	35	14	14	134,1	127,6	47	22	37	21
431	links	44	44	42	40	52	50	7	15	130	126,6	50	32	45	22
432	rechts	43	31	36	33	47	46	18	19	133,7	144	35	27	38	14
433	links	43	31	36	33	47	46	18	19	133,7	144	40	26	38	22
434	links	28	38	34	33	44	33	9	13	139,6	136,3	42	25	35	19
435	rechts	31	41	38	33	32	32	12	10	129,9	123,5	39	29	42	14
436	rechts	39	44	43	38	52	51	10	11	131,8	125,3	48	30	51	16
437	rechts	28	35	39	35	47	44	5	10	137,9	130,7	38	32	43	12
438	links	46	45	34	31	33	38	13	14	123,2	123	44	27	40	19
439	links	30	25	28	35	25	17	15	25	133,6	143,7	30	28	28	20
440	rechts	43	39	43	42	38	40	17	13	130,9	129,9	42	29	35	17
441	rechts	36	36	36	33	27	39	22	9	129	127,8	39	29	42	22
442	links	32	31	29	31	49	40	13	11	136,6	136,6	36	28	43	16
443	links	12	12	44	51	53	41	18	26	158,4	157,6	34	32	43	26
444	rechts	28	31	39	29	43	45	15	10	140,9	141,3	40	25	45	18
445	rechts	31	40	46	44	46	49	11	11	133,9	128,1	43	31	46	17
446	links	37	28	33	38	34	30	12	19	128,9	135,5	43	28	35	22
447	links	21	18	39	47	41	34	10	11	145,9	148,9	31	36	36	18
448	rechts	33	37	45	37	42	42	10	5	133,9	129,2	30	31	38	8

449	links	36	32	32	33	32	34	11	15	134,8	139,2	41	33	40	15
450	links	31	18	33	41	38	27	14	18	138,4	146	34	29	28	21
451	rechts	33	45	31	30	30	29	18	15	127,7	122,7	46	27	38	18
452	links	25	37	35	26	31	30	9	11	133,9	123,6	32	27	35	16
453	rechts	23	31	38	30	14	29	12	10	130,3	128,5	39	35	40	12
454	rechts	17	28	41	31	13	24	17	8	134,1	136,5	37	34	33	28
455	rechts	44	45	35	29	35	30	12	16	118,9	120,7	34	38	32	13
456	rechts	49	47	42	40	38	33	14	17	124,9	124,7	56	34	36	24
457	rechts	33	41	39	37	33	42	15	6	132,4	128,9	42	35	43	17
458	links	35	37	29	28	25	29	15	14	127	127,3	40	28	35	15
459	rechts	58	55	40	40	28	32	19	14	120,8	118,3	46	27	31	19
460	rechts	34	50	42	37	47	42	13	16	137,7	125,9	38	34	48	17
461	rechts	29	30	34	27	31	31	14	17	134,7	144,4	36	35	39	12
462	links	29	30	34	27	31	31	14	17	134,7	144,4	35	33	35	13
463	rechts	41	37	36	42	38	30	13	16	127,6	131,5	36	37	35	13
464	rechts	38	42	33	34	33	28	14	13	128,8	126,1	42	33	36	16
465	links	43	42	40	45	44	40	11	16	129,9	135,7	44	38	45	16
466	rechts	43	46	35	33	24	23	18	18	123,5	122	48	29	36	19
467	links	38	34	37	39	49	27	13	20	135,1	139,9	49	28	45	18
468	links	39	38	40	37	39	37	11	14	128,4	127,1	40	32	39	21
469	rechts	24	25	43	32	11	21	23	24	141,7	139,3	37	29	19	24
470	links	25	28	34	33	33	31	11	15	142	136,1	35	27	36	14
471	rechts	41	42	39	35	35	25	16	24	130,7	129,5	51	36	44	19
472	links	41	42	39	35	35	25	16	24	130,7	129,5	49	34	37	23
473	links	35	35	32	38	27	15	9	13	133,8	112,8	41	28	30	18
474	rechts	31	34	35	27	24	27	14	13	131,6	126,5	38	29	37	17
475	rechts	49	44	37	33	37	37	10	9	124,8	128	49	36	33	14
476	links	31	23	27	39	35	16	7	20	131,7	136,5	37	27	33	13
477	rechts	44	47	45	46	48	41	7	13	134,5	124,1	46	38	46	12
478	links	44	47	45	46	48	41	7	13	134,5	124,1	45	37	40	14
479	rechts	30	31	32	29	31	29	13	14	132,7	127,3	40	27	43	12
480	rechts	42	42	32	33	27	35	19	20	130	135,4	48	31	33	23
481	links	36	38	39	41	49	37	9	16	135,9	136,9	49	33	43	19
482	rechts	26	33	40	35	31	43	15	12	136,1	134,1	36	34	33	15
483	links	43	36	42	40	41	35	12	19	127,4	132,7	37	35	40	18
484	links	28	34	33	28	43	34	10	18	139,4	133,3	31	30	41	10
485	links	44	47	42	41	35	47	16	10	128	129	49	31	35	17
486	links	45	45	40	34	31	29	12	15	124,9	126,9	46	29	29	22
487	links	37	40	36	36	35	35	16	16	132,8	130,2	44	29	41	15
488	links	49	50	37	44	43	43	16	17	127,3	130,7	38	29	38	14
489	rechts	23	36	46	34	6	39	14	10	125	137,2	31	31	29	16
490	rechts	36	39	33	34	35	35	16	14	128,8	132,3	41	32	39	20

491	rechts	32	31	34	33	32	31	16	15	132,7	136,4	40	30	42	18
492	links	52	46	36	37	36	31	11	18	118,1	125,5	44	29	33	20
493	links	32	35	28	28	39	36	12	12	143	133,9	41	25	38	14
494	rechts	41	41	36	34	24	25	18	19	122,9	123,2	36	25	32	17
495	links	41	41	36	34	24	25	18	19	122,9	123,2	37	32	38	14
496	rechts	33	37	39	30	28	31	19	19	136,9	138,3	48	30	34	20
497	links	33	37	39	30	28	31	19	19	136,9	138,3	44	25	34	23
498	rechts	40	44	44	41	35	34	17	20	130,3	126,2	44	34	42	16
499	links	40	44	44	41	35	34	17	20	130,3	126,2	42	34	38	20
500	links	46	46	38	38	42	35	10	15	125,7	122,2	49	35	45	16
501	rechts	24	35	32	30	33	29	10	14	142,7	133,9	37	35	39	11
502	rechts	27	34	41	36	37	33	10	14	143	130,5	42	25	39	20
503	rechts	39	39	53	46	41	35	8	17	131,4	141,3	39	37	38	7
504	links	39	39	53	46	41	35	8	17	131,4	141,3	37	40	37	13
505	rechts	37	36	38	38	26	30	16	14	125,8	141,4	35	27	35	15
506	links	37	36	38	38	26	30	16	14	125,8	141,4	38	27	44	13
507	links	33	33	34	41	36	29	13	19	139	142,8	47	25	44	19
508	rechts	49	46	35	37	40	38	17	14	130,6	128,7	45	41	46	8
509	links	35	33	34	33	33	33	11	13	130,4	130,4	39	29	40	17
510	links	41	34	33	38	36	29	8	8	127,8	122,6	48	31	36	17
511	rechts	40	43	35	35	33	34	13	15	124,4	121,2	43	28	47	20
512	rechts	28	36	38	30	37	41	10	12	138	135,1	39	31	49	8
513	rechts	24	25	37	31	30	33	9	20	141,1	133,5	40	29	35	17
514	links	43	39	28	28	18	23	12	12	117,7	118,3	42	27	36	16
515	rechts	43	34	35	37	40	43	13	9	131,4	139,5	44	31	46	15
516	links	39	47	36	35	49	47	3	9	132,2	133,7	46	35	42	11
517	rechts	37	39	42	40	35	29	10	14	131,4	127,5	40	29	37	13
518	links	37	39	42	40	35	29	10	14	131,4	127,5	37	28	28	17
519	links	60	56	33	37	29	33	12	16	107,8	115,8	41	30	35	16
520	links	37	38	32	32	33	29	16	18	129,8	126,5	42	25	39	17
521	rechts	44	53	40	33	45	45	12	18	126,2	122,2	51	30	44	17
522	rechts	42	48	45	40	39	41	13	15	127,3	131,1	48	32	39	17
523	rechts	40	41	31	28	19	27	19	14	107,3	126,6	38	26	37	14
524	rechts	39	51	45	42	26	25	13	12	123,3	107,2	44	31	33	18
525	rechts	37	46	32	36	23	44	24	9	131,3	124,1	43	32	22	26
526	links	26	28	38	35	33	18	18	20	139,5	129,3	45	20	25	28
527	rechts	34	41	41	37	38	35	14	14	137,1	129	43	34	36	19
528	rechts	33	37	40	31	28	37	15	10	146,4	131,8	37	33	40	14
529	rechts	28	36	32	31	26	35	18	10	137,3	128,8	31	30	35	19
530	links	38	40	38	36	36	33	11	15	126,6	123,1	37	21	30	16
531	links	49	45	39	37	32	32	16	10	122,8	124,3	45	30	34	21
532	links	35	33	32	36	42	34	7	13	132	134	39	30	40	14

533	rechts	45	46	34	33	34	37	14	15	127,4	127,7	35	27	31	14
534	rechts	49	50	40	35	37	36	16	15	125,6	124,7	43	29	44	16
535	links	49	45	33	40	22	22	16	19	113,9	124,2	43	30	28	24
536	rechts	40	40	37	36	32	30	17	17	132,8	133,1	41	35	38	12
537	links	38	36	42	40	42	42	13	13	131,9	131,5	31	32	50	16
538	rechts	36	34	28	25	25	28	16	13	125,4	124,8	39	25	39	16
539	rechts	36	38	36	33	36	37	15	13	131,7	129,7	48	31	44	20
540	rechts	35	32	31	33	33	37	16	15	131,4	133,9	36	25	42	12
541	links	47	34	32	41	39	37	11	19	125,9	132,3	41	32	41	18
542	links	40	40	39	37	14	12	35	41	123,7	125,2	45	33	47	15
543	rechts	45	42	29	26	31	24	11	13	124,5	121,3	42	25	36	14
544	rechts	47	47	35	32	29	34	17	15	121,8	125,8	50	26	38	21
545	rechts	32	36	33	27	6	10	20	36	122,1	111,5	39	29	31	16
546	links	35	34	42	41	31	30	16	18	135,3	140,7	38	32	33	18
547	rechts	31	27	34	35	34	35	17	14	137,5	133,8	35	31	40	15
548	rechts	40	17	42	30	18	40	13	7	112,6	123,7	42	29	33	16
549	links	34	46	32	35	29	19	14	27	134,2	126,8	59	24	36	19
550	rechts	45	48	38	37	29	31	14	16	125,3	128	43	32	32	14
551	links	50	43	33	31	30	20	14	22	116,7	119,7	49	24	30	21
552	rechts	29	22	28	28	33	37	19	18	138,1	143,5	35	27	39	20
553	rechts	42	45	27	34	44	49	9	7	128	128,5	42	31	50	10
554	links	37	37	25	29	31	31	11	10	128,6	127,5	34	29	40	8
555	rechts	41	42	40	44	27	23	15	23	127,8	130,5	50	31	32	22
556	links	41	42	40	44	27	23	15	23	127,8	130,5	49	28	29	23
557	links	40	43	34	32	37	41	8	9	124,2	120,2	43	31	49	14
558	rechts	41	39	35	34	33	28	11	12	126,3	123,5	43	33	36	8
559	links	16	19	43	38	11	5	35	13	144,7	149,6	28	30	10	17
560	links	34	34	34	38	36	36	12	13	136,8	133,9	43	30	42	8
561	rechts	45	38	38	36	30	32	11	12	123,9	127,5	39	35	36	10
562	links	46	43	38	38	43	36	13	17	125,6	126,2	45	34	33	22
563	rechts	33	34	39	33	32	32	14	16	137	130	36	35	37	17
564	rechts	22	24	29	30	30	34	18	14	143,5	140,8	28	29	43	13
565	links	47	44	37	40	39	34	10	17	127,8	127,2	42	35	43	12
566	rechts	51	51	38	35	37	37	14	13	120,5	120,6	45	29	36	17
567	links	51	46	36	40	31	27	12	15	117,8	118,2	52	29	39	19
568	rechts	49	50	30	29	23	31	12	11	114,2	119,2	38	30	38	10
569	rechts	49	49	35	36	39	43	12	10	123,1	123,2	40	34	42	11
570	links	30	29	33	32	29	34	12	11	134,6	134,3	41	32	32	13
571	links	35	29	26	23	32	32	14	15	130,2	135,2	30	35	36	10
572	rechts	44	47	35	29	35	34	12	14	128,7	128,3	48	30	44	11
573	links	38	23	29	41	34	25	12	20	133,2	147,8	41	24	33	23
574	links	34	33	40	41	33	31	20	19	130	137,2	41	38	39	15

575	rechts	52	49	33	31	50	46	11	13	122,1	124	46	34	48	13
576	links	42	43	32	33	36	36	8	11	129,8	125,4	43	28	39	16
577	rechts	24	25	37	36	13	27	30	16	139,4	137,7	32	24	22	20
578	rechts	42	47	40	34	28	29	17	17	129,9	122,7	43	30	37	14
579	links	34	38	16	15	34	31	10	12	130,6	126,7	36	28	38	12
580	rechts	39	45	45	40	29	38	19	10	126,1	125,7	51	30	39	19
581	rechts	42	41	29	33	23	31	17	15	123,6	127,9	44	30	36	15
582	links	47	48	29	36	27	26	17	17	119,5	118,6	51	25	39	20
583	links	24	18	30	33	33	28	15	23	133,2	144	30	29	28	15
584	rechts	38	39	38	34	33	39	20	14	134,9	131,7	49	28	41	22
585	links	35	31	32	36	34	34	12	16	133,9	139,2	36	35	33	17
586	links	34	25	33	36	35	13	15	28	133	138,4	41	40	41	23
587	rechts	37	40	38	37	30	34	16	11	131,3	129,6	47	32	31	19
588	links	54	40	42	46	40	35	15	19	125,6	128,6	38	35	42	18
589	rechts	57	52	32	36	35	38	17	15	124,7	122,8	50	27	36	19
590	links	22	19	33	31	33	30	19	17	136,3	148,9	29	27	35	17
591	rechts	28	27	28	29	26	29	16	12	136	136,3	40	27	30	19
592	links	40	44	32	32	39	35	6	8	125,4	127,4	55	27	43	18
593	rechts	34	36	37	35	39	47	12	9	136,3	136,3	41	31	46	15
594	rechts	38	36	29	29	31	35	16	9	139,9	130,6	41	28	35	16
595	links	27	33	40	36	35	35	12	10	140	135,6	41	31	41	13
596	links	52	56	38	36	16	14	34	37	119,5	118,9	36	21	20	28
597	rechts	26	27	30	33	0	6	38	28	140	132,6	37	26	26	28
598	rechts	31	40	34	36	24	32	17	14	137	124,3	40	28	30	18
599	rechts	51	48	34	33	34	32	20	12	114,3	121,6	49	27	39	18
600	rechts	35	38	29	22	19	24	17	17	126,4	120,3	43	27	37	11
601	links	35	38	29	22	19	24	17	17	126,4	120,3	16	34	30	25
602	rechts	32	36	26	24	29	30	11	10	131	125,8	35	28	34	11
603	rechts	34	40	40	34	43	51	14	12	140	136,4	52	33	49	16
604	links	35	29	34	38	38	17	8	40	138,4	142,2	45	23	29	34
605	rechts	45	48	33	35	37	34	22	23	133,5	135,9	45	25	44	16
606	links	27	14	36	43	37	19	12	30	139,1	146,3	32	29	28	25
607	links	44	40	33	34	36	38	10	6	128,5	132,9	32	34	34	18
608	links	37	30	37	43	36	32	13	12	129	132,7	43	32	38	18
609	links	32	33	27	33	37	43	14	11	137,9	141,9	36	30	45	13
610	links	36	38	37	41	33	37	9	11	129	131,6	43	32	44	12
611	rechts	19	27	34	32	44	34	2	19	150,6	141,4	28	27	29	15
612	links	37	37	24	25	31	32	9	7	122,9	122,6	37	30	44	9
613	rechts	49	51	36	36	35	44	11	4	115,8	115,5	51	31	47	14
614	rechts	19	20	34	34	20	19	21	23	145,6	143,1	37	28	37	17
615	links	19	20	34	34	20	19	21	23	145,6	143,1	37	28	39	14
616	rechts	28	31	32	28	31	33	16	13	131,6	132,1	38	28	40	19

617	rechts	40	39	32	29	29	29	9	11	126,4	129,2	41	30	38	11
618	rechts	54	54	38	38	42	34	16	20	123,7	129,8	58	34	44	18
619	rechts	19	15	34	32	32	33	13	13	142,1	147,9	40	30	35	15
620	links	19	15	34	32	32	33	13	13	142,1	147,9	33	15	34	24
621	rechts	41	44	36	40	23	31	18	10	126	129,7	36	29	25	16
622	links	38	41	28	31	35	37	13	15	127,6	128,9	46	32	45	16
623	rechts	30	33	45	37	22	31	20	16	145,3	135,5	43	32	19	24
624	links	39	35	35	38	43	34	11	14	134,8	127,5	53	29	35	29
625	rechts	35	36	36	36	39	36	16	11	135,1	135,2	43	26	42	15
626	links	35	36	36	36	39	36	16	11	135,1	135,2	38	24	35	15
627	rechts	29	38	39	36	22	30	22	18	137,7	134,1	42	25	31	22
628	rechts	32	38	32	29	38	38	16	15	138	131,2	41	32	41	10
629	rechts	34	41	27	26	34	34	12	12	134,4	129,7	34	29	38	12
630	links	43	44	42	37	31	24	12	16	124,9	128,5	42	33	38	14
631	links	45	45	35	39	33	31	15	17	126,6	130,3	43	34	34	17
632	rechts	43	39	37	33	27	32	19	16	135,9	138,8	41	33	31	16
633	rechts	40	36	31	29	37	37	11	9	137,8	132,1	42	30	45	11
634	links	50	55	25	24	37	37	15	12	116,7	113,9	41	29	39	12
635	rechts	34	42	21	20	20	26	19	19	124,2	128	34	27	28	17
636	links	38	38	31	33	42	42	13	16	136,6	137,4	42	29	47	18
637	rechts	48	52	39	32	30	27	22	20	135,9	130,5	39	32	33	16
638	links	41	29	35	37	44	33	9	21	129,9	143,9	43	26	39	19
639	links	41	46	29	31	22	22	11	12	121,6	118,2	36	31	33	14
640	links	33	32	34	33	40	26	7	18	147,4	136,4	37	31	38	15
641	rechts	18	39	28	22	41	43	3	8	146	129,4	29	28	36	12
642	rechts	48	48	37	29	32	36	17	10	130,6	127,3	49	35	42	11
643	links	49	50	33	33	31	28	15	19	116,7	116,7	43	31	31	17
644	links	33	35	33	30	35	35	11	11	139,5	139,6	42	28	37	16
645	links	28	40	38	42	60	51	6	12	143,7	41,6	38	33	48	15
646	rechts	29	36	37	30	35	35	22	14	137,6	132,2	39	29	42	14
647	rechts	15	32	34	31	41	39	12	13	147,2	145,6	34	34	50	7
648	links	15	32	34	31	41	39	12	13	147,2	145,6	39	30	48	9
649	links	35	35	32	30	38	37	10	17	129,1	140,6	43	32	34	16
650	links	28	37	31	30	44	44	5	10	136,8	133,9	39	29	44	13
651	rechts	47	42	25	31	26	27	16	13	127,5	125,6	46	30	34	15
652	links	47	42	25	31	26	27	16	13	127,5	125,6	38	32	31	15
653	links	50	44	36	38	41	34	11	17	121,8	138,7	36	33	39	13
654	rechts	33	31	34	33	29	31	16	9	132,5	136,6	39	32	34	14
655	rechts	42	42	33	32	32	34	18	15	133,4	131,5	43	27	42	16

V Wertetabelle subjektives Outcome

Die folgende Tabelle zeigt die für die Patienten dieser Studie erhobenen WOMAC und EuroQol Werte präoperativ und ein Jahr postoperativ.

Nr	WOMAC präoperativ				WOMAC postoperativ				EuroQol	
	Gesamt	Schmerz	Steifigkeit	Schwierigkeit	Gesamt	Schmerze	Steifigkeit	Schwierigkeit	Prä-operativ	Post-operativ
1	56	50	50	59	15	14	20	15	0,29	0,90
2	50	66	55	45	33	32	65	30		
3	30	30	30	30	12	10	25	11	0,75	1,00
4	40	46	10	42	11	10	20	10	0,61	1,00
5	67	68	60	68	37	28	60	38		
6	54	48	60	55	14	10	10	16	0,50	0,65
7	28	34	15	28	12	10	20	12	0,75	1,00
8	45	44	50	45	37	30	60	37	0,61	0,70
9	45	30	55	49	37	26	75	35	0,61	0,90
10	40	24	35	45	13	10	25	13	0,75	1,00
11	65	62	55	68	55	38	60	60	0,50	0,61
12	74	74	70	74	15	10	35	14	0,15	0,90
13	47	44	10	52	30	20	50	31	0,14	0,30
14	62	66	10	67	26	10	30	30	0,29	0,75
15	30	38	15	30	10	10	10	10	0,61	0,43
16	67	76	10	71	11	10	10	11	0,29	1,00
17	64	56	70	65	13	10	15	14	0,24	1,00
18	40	68	15	34	12	10	20	12	0,29	0,90
19	39	40	10	42	48	40	50	50	0,61	0,75
20	42	38	25	45	28	32	30	27	0,61	0,90
21	31	24	40	32	17	16	30	17	0,75	0,90
22	64	70	10	68	23	20	20	24	0,75	1,00
23	59	60	10	65		36	10		0,24	0,61
24	36	44	40	34	22	22	20	22	0,17	0,35
25	32	42	10	32	12	10	20	11	0,75	1,00
26	37	84	10	27	10	10	10	10	0,41	1,00
27	57	54	60	57	38	34	45	38	0,29	0,31
28	37	38	25	39	32	40	35	30	0,50	0,75
29	65	68	10	71	10	10	10	10	0,29	1,00
30	70	54	100	71	36	34	40	36	0,14	0,75
31	62	62	10	69	58	46	70	61		
32	27	28	10	29	10	10	10	10	0,75	1,00
33	54	52	10	60	50	44	30	55	0,24	0,75
34	65	74	10	70	24	18	30	25	0,29	1,00

35	40	26	10	47	73	62	65	77	0,50	0,90
36	75	72	70	76	24	18	40	24	0,50	0,90
37	76	72	80	77	16	10	50	14	0,79	1,00
38	38	48	10	39	11	10	15	11	0,36	1,00
39	48	50	10	52	10	10	10	10	0,29	1,00
40	56	58	45	57	19	14	25	20	0,61	1,00
41	64	72	10	68	15	14	15	15	0,09	0,37
42	65	64	10	72	10	10	10	10	0,14	1,00
43	40	30	30	44	10	10	10	10	0,73	1,00
44	45	54	10	47	28	30	20	28	0,14	0,61
45	68	36	85	75	72	52	100	75		
46	60	66	65	57	24	36	10	22	0,75	0,85
47	47	36	40	51	19	18	40	17	0,14	0,85
48	42	58	10	41	10	10	10	10	0,75	1,00
49	26	30	30	25	10	10	10	10	0,87	1,00
50	82	80	80	82	32	32	45	30	0,29	0,75
51	64	46	70	68	20	20	20	20		
52	57	72	10	59	45	38	45	47	0,14	0,75
53	36	40	10	38	14	14	20	14	0,61	0,90
54	66	64	45	70	15	14	15	16	0,14	1,00
55	55	38	45	61	10	10	10	10	0,50	1,00
56	70	66	65	72	33	18	40	37	0,61	0,17
57	42	40	35	44	10	10	10	11	0,29	0,74
58	75	74	60	78	22	24	20	22	0,36	0,77
59	76	90	10	80	60	52	75	61		
60	35	42	10	35	45	26	40	51	0,75	0,56
61	22	46	15	16	21	20	30	21	0,79	1,00
62	47	44	10	53	19	16	20	20	0,50	0,81
63	32	34	10	34					0,75	0,75
64	32	56	10	28	21	10	10	26	0,75	0,85
65	82	90	80	80	27	22	35	27	0,61	0,18
66	35	48	20	32	10	10	10	10	0,85	0,90
67	13	10	20	13	10	10	10	10	1,00	1,00
68	67	68	55	69	12	10	15	12	0,50	0,90
69	52	36	30	60	22	14	20	25	0,28	0,76
70	34	30	10	38	57	58	70	55	0,50	0,14
71	45	46	10	49	12	10	10	12	0,75	1,00
72	44	44	10	48	14	12	15	14	0,70	0,74
73	54	52	60	54	13	10	20	14	0,75	1,00
74	47	60	10	48	19	20	20	19	0,75	1,00
75	85	90	70	85	20	14	25	22	0,29	1,00
76	77	74	60	80	55	42	70	57	0,15	0,50

77	34	26	45	35	11	10	10	12	0,50	1,00
78	40	20	10	49	10	10	15	10	0,50	1,00
79	80	60	90	84	10	10	10	10	0,31	1,00
80					11	12	10	11	0,61	1,00
81	15	16	40	12	11	10	15	11	0,90	1,00
82	18	18	10	19	12	10	20	12	0,90	1,00
83	44	44	50	44	10	10	10	10		
84	72	84	80	68	76	70	80	78	0,17	0,29
85	44	44	30	45	10	10	15	10	0,75	1,00
86	40	34	30	44	27	28	25	27	0,75	0,75
87	85	88	90	83	15	14	25	14	1,00	0,36
88	72	76	80	70	14	12	20	14	0,36	1,00
89	25	28	10	25	22	24	25	21	0,75	0,85
90	42	38	50	43	10	10	10	10	0,61	1,00
91	71	72	10	78	18	16	10	20	0,14	0,85
92	85	88	45	89	46	38	30	50	0,24	0,40
93	81	82	10	90	50	44	45	52	0,12	0,75
94	63	68	40	65					0,17	0,76
95	30	42	10	29	14	12	20	14	0,75	1,00
96	21	10	10	25	13	10	20	13	0,61	0,65
97	41	46	10	44	12	10	10	14		
98	65	70	35	67	11	12	15	11	0,50	1,00
99	65	76	10	69	42	50	30	42	0,29	0,50
100	26	32	40	22	17	12	45	16	0,75	0,90
101	76	48	40	88	81	40	60	95	0,04	0,04
102	81	82	85	80	16	20	30	14	0,61	0,90
103	57	54	75	56	17	18	30	15	0,29	0,90
104	23	18	10	27	12	14	20	11	0,62	1,00
105	45	32	40	50	19	14	10	22	0,61	0,85
106	62	72	10	66	56	62	55	54	0,24	0,14
107	87	88	80	87	11	10	25	10	0,24	1,00
108	52	46	10	58	13	10	20	13	0,75	0,74
109	47	52	10	51	10	12	10	10	0,61	1,00
110	18	10	10	22	12	14	15	11	0,66	1,00
111	17	22	10	16	10	10	15	10	0,90	1,00
112	53	46	10	60	11	10	10	12	0,50	1,00
113	66	68	50	67	57	66	60	55	0,24	0,75
114	82	72	65	87	10	10	10	10	0,29	0,14
115	38	48	10	39	10	10	10	10	0,75	1,00
116	51	56	60	49		16			0,19	0,74
117	46	36	35	51	12	10	20	11	0,61	1,00
118	19	30	10	17	14	10	10	15	0,60	1,00

119	60	60	80	58	34	34	45	32	0,24	0,65
120	62	60	45	65	20	18	25	21	0,24	0,90
121	52	48	50	54	24	20	30	25	0,61	0,65
122	65	56	80	67	35	48	60	28	0,50	0,75
123	38	34	10	43	17	16	35	15	0,61	1,00
124	26	16	10	31	12	10	15	12	0,75	1,00
125	64	66	10	70	28	28	35	28	0,29	0,65
126	57	54	10	64	42	32	35	47	0,09	0,61
127	42	38	10	47	14	14	20	14	0,75	0,90
128	55	66	45	54	10	10	10	10	0,75	0,65
129	42	36	65	41	12	14	10	11	0,17	0,74
130	49	70	10	47	16	12	10	18	0,36	0,90
131	20	10	10	24	16	16	10	17	0,77	1,00
132	56	62	45	56	22	24	20	22	0,35	0,75
133	46	62	10	45	31	28	40	31	0,29	0,90
134	72	90	10	75	12	10	10	14	0,29	1,00
135	35	34	10	38	10	10	10	10		
136	42	40	35	44	20	22	10	20	0,61	0,41
137	67	66	15	74	35	32	50	35	0,29	0,75
138	72	50	75	78	29	24	30	30	0,14	0,65
139	64	58	75	64	37	22	45	40	0,14	0,75
140	35	38	10	37	17	18	20	17	0,75	0,65
141	84	82	90	84	10	10	15	10	0,24	1,00
142	58	46	45	63	11	10	10	11		
143	55	48	40	58	36	34	40	36	0,61	0,65
144	30	38	15	30	15	18	15	14	0,75	0,90
145	60	62	45	61	23	20	35	22	0,29	0,19
146	42	50	10	43	24	18	30	25	0,24	0,74
147	57	38	80	61	27	20	20	30	0,24	0,70
148	54	56	70	51	11	10	10	12	0,61	1,00
149	64	60	80	64	21	14	20	24	0,75	0,85
150	55	32	75	59	18	16	25	18	0,14	0,90
151	25	26	20	25	11	10	20	11	0,75	1,00
152	33	34	30	33	12	10	10	13	0,85	1,00
153	34	28	10	39	11	12	10	11	0,50	0,75
154	63	60	50	66	68	62	70	70	0,14	0,36
155	31	34	30	30	10	10	10	10	0,75	1,00
156	37	40	55	35	10	10	10	10	0,85	1,00
157	48	44	70	47	10	10	10	10	0,75	1,00
158	52	24	10	65	46	28	90	46	0,61	0,75
159	53	50	10	60	35	32	45	35	0,61	0,90
160	13	20	10	12	10	10	10	11	0,90	1,00

161	81	88	80	79	60	52	65	62	0,24	0,75
162	57	52	35	62	33	26	30	36	0,50	0,75
163	28	32	10	30	10	10	10	10	0,61	1,00
164	44	60	10	43	50	50	50	51	0,29	0,50
165	57	68	10	60	11	12	10	11	0,61	1,00
166	67	66	80	65	72	72	90	70	0,24	0,35
167	60	78	70	54	11	10	20	11	0,29	1,00
168	36	34	10	40	17	16	20	17	0,50	0,90
169	38	52	10	37	10	10	10	10	0,50	1,00
170	73	74	10	80	20	14	25	21	0,29	0,85
171	44	20	45	51	10	10	20	10	0,61	1,00
172	51	46	40	54	18	14	25	18	0,14	0,67
173	58	60	10	63	14	10	20	14	0,24	0,76
174	62	76	35	61	14	12	20	14	0,24	0,76
175	11	10	10	12		40	45		0,87	0,61
176	36	44	10	37	17	10	30	17	0,50	0,74
177	45	40	10	51	12	16	10	12	0,29	0,65
178	80	90	10	85	54	62	65	51	0,29	0,35
179	27	28	10	29	12	10	10	14	0,61	1,00
180	25	24	20	27	10	10	10	10	0,75	1,00
181	74	80	60	74	10	10	20	10	0,29	1,00
182	79	80	80	78	15	12	30	14	0,36	0,90
183	51	34	10	61	10	10	10	10	0,61	1,00
184	56	52	75	55	10	10	10	10	0,75	1,00
185	32	46	10	30	18	14	20	19	0,61	1,00
186	64	58	10	72	17	14	30	17	0,29	1,00
187	55	66	10	57	15	14	10	17	0,61	0,90
188	65	40	55	74					0,24	0,24
189	35	34	30	37	10	10	10	10	0,61	1,00
190	70	64	75	71	11	10	20	11	0,29	1,00
191	77	64	80	81	20	14	15	22	0,29	0,74
192	69	78	75	66	39	40	40	38	0,79	0,65
193	64	54	10	73	19	14	30	19	0,24	0,81
194	55	62	50	54	25	12	45	27	0,75	0,62
195	51	46	60	52	12	12	10	12	0,38	0,90
196	50	22	10	63			35	16	0,61	1,00
197	70	70	75	69	52	56	80	48	0,33	0,77
198	70	80	10	74	37	36	30	38	0,29	0,50
199	65	48	10	77	14	12	15	15	0,14	1,00
200	46	36	45	49	21	14	45	20	0,50	0,90
201	58	60	40	60	27	32	10	28	0,29	0,90
202	33	26	10	38	12	10	10	13	0,50	0,74

203	15	22	10	14	10	10	10	10	0,75	1,00
204	87	82	100	88	58	62	65	56	0,28	0,50
205	41	60	10	40	62	38	90	66	0,28	0,50
206	58	56	60	59	17	14	25	17	0,75	0,65
207	72	82	10	77	35	26	25	38	0,14	0,18
208	31	14	10	38	16	16	35	14	0,52	1,00
209	73	72	80	73	20	20	10	21	0,69	1,00
210	69	50	60	75	12	14	10	12	0,24	0,90
211	78	92	50	77	67	64	70	67	0,36	0,75
212	52	42	70	53	80	72	90	82	0,79	0,36
213	40	36	40	41	20	20	20	20	0,85	1,00
214	64	62	55	66	17	18	10	17	0,29	0,90
215	55	44	75	56	16	14	30	15	0,70	1,00
216	44	38	10	50	16	10	20	17	0,79	1,00
217	30	36	30	28	14	18	10	14	0,61	0,85
218	39	40	30	40	10	10	10	10	0,61	1,00
219	69	76	75	67	19	16	30	18	0,36	0,90
220	55	52	65	55	12	12	20	11	0,65	0,85
221	23	20	15	25	11	10	10	11	0,85	1,00
222	64	64	65	64	11	10	15	11	0,75	1,00
223	42	34	50	44	15	14	15	15	0,61	0,90
224	56	62	55	54	20	22	30	19	0,29	0,75
225	82	78	90	83	26	28	35	25	0,29	0,65
226	72	66	90	72	10	10	10	10	0,65	1,00
227	53	52	30	57	10	10	10	10	0,79	1,00
228	69	70	65	69	21	20	25	21	0,75	0,65
229	32	22	30	35	21	20	25	21	0,64	0,65
230	34	60	45	25	10	10	15	10	0,90	1,00
231	79	78	85	79	19	20	20	19	0,61	0,90
232	42	36	45	44	16	14	20	17	0,788	0,74
233	25	34	55	20	17	18	20	17	0,79	0,65
234	25	14	10	30	15	10	30	15	0,61	1,00
235	68	58	90	68	10	10	10	10	0,61	1,00
236	39	54	35	35	12	10	20	12	0,61	1,00
237	50	54	10	54	22	18	40	21	0,61	0,90
238	40	26	30	45	22	18	10	24	0,73	0,90
239	53	68	10	54	18	10	10	21	0,61	1,00
240	74	74	60	76		86	90		0,08	0,05
241	39	22	30	45	17	12	20	18	0,50	1,00
242	34	22	10	40	20	30	10	19	0,61	0,90
243	41	38	30	43	10	10	10	10	0,50	1,00
244	38	46	25	38	10	10	10	10	0,61	1,00

245	72	66	55	76	47	40	65	48	0,15	0,75
246	75	68	80	77	21	22	20	21	0,50	1,00
247	41	32	10	48	15	20	30	12	0,61	0,90
248	67	62	60	70	14	10	20	14	0,29	1,00
249	81	84	30	86	22	22	15	22	0,29	0,75
250	47	58	10	48	85	88	80	85	0,50	0,14
251	42	34	50	43	15	10	15	16	0,50	0,74
252	40	38	55	40	15	10	15	16	0,61	0,74
253	58	56	10	65	24	16	30	26	0,24	0,75
254	52	52	50	52	18	10	30	19	0,29	0,75
255	73	64	70	77	42	38	50	42	0,61	0,50
256	22	18	30	22	10	10	20	10	0,90	1,00
257	56	42	75	58	10	10	10	10	0,50	1,00
258	43	62	10	42	18	10	20	21	0,29	0,90
259	68	70	10	74	30	26	25	31	0,24	0,67
260	66	48	50	74	17	16	20	18	0,39	0,81
261	29	50	25	23	27	22	40	28	0,61	1,00
262	33	32	10	36	15	10	20	17	0,75	1,00
263	52	68	10	52	17	10	20	20	0,24	0,90
264	72	68	60	75	11	12	20	10	0,24	0,65
265	30	46	20	26	12	20	21	1	0,79	0,67
266	32	46	15	31	19	12	20	21	0,50	0,67
267	35	36	45	34	10	10	10	10	0,90	1,00
268	63	64	50	64	18	16	20	19	0,36	0,90
269	28	30	25	28	10	10	10	10	0,73	1,00
270	41	36	65	40	29	24	40	29	0,29	0,75
271	38	46	25	38	10	10	10	10	0,61	1,00
272	38	42	40	37	16	12	30	16	0,85	0,65
273	42	38	65	40	10	10	10	10	0,79	1,00
274	92	98	80	92	15	10	10	17	0,29	1,00
275	46	44	40	48	10	10	10	10	0,24	1,00
276	42	36	45	43	12	10	20	12	0,24	1,00
277	67	80	75	62	45	46	45	45	0,61	0,75
278	30	30	20	32	10	10	10	10	0,85	1,00
279	73	68	90	72	14	12	30	12	0,24	0,87
280	58	48	65	61	12	12	10	13	0,65	1,00
281	62	64	55	62	11	10	10	11	0,29	1,00
282	45	48	50	44	15	16	15	14	0,75	1,00
283	40	38	80	36	21	26	25	20	0,79	0,75
284	47	40	50	49	16	18	20	15	0,38	0,90
285	62	68	45	62	16	16	15	17	0,61	0,90
286	74	70	80	74	15	24	10	12	0,43	0,85

287	39	34	50	40	12	10	30	10	0,61	0,90
288	42	42	50	42	18	20	25	17	0,70	0,90
289	57	54	50	60	12	10	10	14	0,85	1,00
290	56	46	45	60	12	10	10	13	0,61	0,90
291	33	28	35	35	10	10	15	10	0,75	1,00
292	54	54	40	55	17	16	25	17	0,75	0,90
293	30	28	20	32	10	10	10	10	0,50	1,00
294	44	28	75	45	10	10	10	11	0,61	1,00
295	60	76	55	55	17	12	25	17	0,36	1,00
296	61	70	40	61	27	24	35	27	0,29	0,90
297	52	48	60	53	17	16	10	18	0,61	0,90
298	63	54	55	67	10	10	10	10	0,61	1,00
299	53	60	45	52	15	16	25	14	0,75	0,90
300	56	64	80	51	36	34	70	33	0,61	0,65
301	80	80	80	80	10	10	10	10	0,29	1,00
302	67	56	70	70	12	10	20	12	0,24	1,00
303	65	58	70	66	25	24	25	25	0,61	1,00
304	72	68	80	72	10	10	10	10	0,29	1,00
305	36	34	30	38	11	10	20	11	0,90	1,00
306	33	32	35	33	11	10	20	11	0,75	1,00
307	76	60	75	81	25	24	30	24	0,24	0,75
308	70	52	80	74	12	12	15	12	0,24	0,65
309	46	30	35	52	26	24	35	25	0,52	0,65
310	93	90	70	97	18	10	30	19	0,18	1,00
311	56	70	20	56	39	32	50	40	0,29	0,75
312	66	58	65	69	34	34	30	34	0,85	0,75
313	56	68	65	52	10	10	10	11	0,75	1,00
314	58	56	50	60	31	24	45	32	0,14	0,65
315	38	58	30	33	17	20	25	16	0,75	1,00
316	89	86	75	91	67	62	75	67	0,29	0,50
317	94	88	95	96	14	10	20	15	0,29	1,00
318	58	48	50	62	16	18	15	16	0,50	0,90
319	64	42	55	71	19	14	20	20	0,35	0,76
320	53	36	80	55	13	10	20	13	0,50	0,76
321	31	30	40	30	10	10	10	10	0,90	1,00
322	47	52	40	47	14	10	25	14	0,70	0,76
323	60	68	55	58	10	10	10	10	1,00	0,61
324	55	52	80	54	48	50	90	42	0,61	0,75
325	85	80	95	86	17	12	20	19	0,15	0,75
326	41	42	30	42	10	10	10	10	0,70	1,00
327	45	40	40	47	10	10	10	10	1,00	0,65
328	83	74	90	85	14	10	10	15	0,29	0,87

329	66	62	55	69	10	10	10	11	0,24	1,00
330	67	48	75	72	15	12	20	15	0,29	0,90
331	31	28	35	32	15	10	20	15	0,50	1,00
332	37	34	55	36	12	14	15	12	0,61	1,00
333	85	80	70	88	14	10	20	14	0,18	0,75
334	42	34	30	47	13	10	15	14	0,61	1,00
335	64	48	65	68	22	24	35	20	0,15	0,87
336	28	26	40	27	10	10	20	10	0,22	1,00
337	36	40	35	35	10	10	10	10	0,36	1,00
338	95	94	75	98	89	88	90	89	0,09	0,14
339	68	74	75	66	20	16	25	20	0,29	0,65
340	38	28	50	40	12	10	20	11	0,61	1,00
341	52	60	35	51	17	16	20	18	0,61	0,65
342	27	22	10	31	18	22	20	17	0,75	1,00
343	55	60	45	55	19	12	10	22	0,85	1,00
344	64	66	65	64	20	20	20	20	0,75	1,00
345	49	42	55	50	12	10	15	13	0,50	1,00
346	34	28	50	34	10	10	10	10	0,90	1,00
347	79	74	80	80	43	44	45	42	0,14	0,75
348			35	70	10	10	10	10	0,50	1,00
349	45	44	60	44	14	12	35	12	0,29	0,65
350	74	76	70	74	29	20	20	33	0,09	0,75
351	62	66	60	61	12	12	15	12	0,70	1,00
352	47	52	50	45	14	12	10	15		
353	76	80	80	75	30	20	50	31	0,24	0,65
354	67	78	65	64	12	10	25	11	0,18	0,90
355	70	76	45	71	17	14	10	19	0,24	1,00
356	72	92	65	67	20	32	35	15		
357	35	38	20	37	14	10	15	15	0,75	0,87
358	53	40	55	57	11	12	15	10	0,41	1,00
359	57	62	85	53	15	16	10	15	0,75	0,90
360	37	30	45	39	15	12	20	16	0,50	1,00
361	48	38	65	49	15	12	20	15	0,31	0,90
362	45	42	35	47	12	12	20	11	0,24	0,90
363	42	44	55	40	12	10	20	12	0,61	0,76
364	44	40	40	46	13	10	10	14	0,50	1,00
365	41	40	60	39	42	42	45	41	0,35	0,50
366	53	46	50	56	17	10	20	20	0,50	0,65
367	59	62	70	57	19	14	25	20	0,75	0,90
368	39	32	35	41	10	10	10	10	0,75	1,00
369	63	58	75	64	12	10	20	11	0,61	0,90
370	44	48	50	42	12	12	20	12	0,29	1,00

371	69	56	100	69	30	32	40	28	0,29	0,75
372	40	44	60	37	18	10	25	20	0,75	0,90
373	41	34	40	43	30	30	30	30	0,61	0,75
374	80	74	80	81	28	22	20	31	0,50	0,75
375	49	48	70	47	10	10	10	10	0,85	1,00
376	78	64	55	85	76	76	90	75	0,24	0,29
377	52	46	55	54	20	14	20	22	0,85	0,90
378	75	70	90	75	16	16	10	17	0,61	0,90
379	37	28	45	38	14	10	20	14	0,74	1,00
380	38	26	65	38	14	10	20	15	0,75	1,00
381	34	30	40	34	12	12	10	12	0,85	1,00
382	59	60	60	59	60	60	60	61	0,50	0,61
383	61	58	80	60	10	10	10	10	0,61	1,00
384	24	18	20	27	10	10	20	10	0,50	1,00
385	63	82	30	62	10	10	10	10	0,09	1,00
386	63	82	30	62	10	10	10	10	0,09	0,87
387	70	60	45	77	25	10	35	28	0,24	0,75
388	44	54	45	41	14	10	25	14	0,22	1,00
389	63	58	45	67	35	28	55	34	0,61	0,85
390	44	34	60	45	23	18	55	21	0,85	0,90
391	53	42	85	52	12	14	10	12	0,61	1,00
392	16	20	25	14	10	10	10	10	0,85	1,00
393	49	28	10	60	10	10	10	10	0,61	1,00
394	68	72	70	67	11	12	10	11	0,61	1,00
395	27	24	20	30	10	10	10	10	0,61	1,00
396	56	54	55	57	24	18	90	18	0,85	0,90
397	51	40	80	51	19	14	30	19	0,85	0,90
398	68	52	65	74	18	14	25	19	0,61	1,00
399	50	42	55	52	32	30	50	31	0,79	0,75
400	24	26	30	22	21	14	30	22	0,61	1,00
401		62	30		16	14	20	16	0,24	0,75
402	55	42	65	58	11	10	10	12	0,65	1,00
403	55	54	40	57	10	10	10	10	0,90	1,00
404	48	30	65	52	33	36	20	34	0,24	0,69
405	65	58	10	74	12	10	20	12	0,29	1,00
406	64	58	70	65	15	14	20	15	0,61	1,00
407	35	36	30	35	12	10	20	12	0,64	1,00
408	53	42	70	55	25	14	40	26	0,29	1,00
409	45	42	45	45	23	14	55	22	0,74	0,90
410	59	62	50	60	14	10	20	15	0,29	1,00
411	54	44	45	58	24	26	35	22	0,61	0,65
412	60	52	70	61	52	44	55	55	0,29	0,75

413	73	66	70	76	54	68	55	50	0,33	0,61
414	68	62	60	71	42	56	45	38	0,29	0,61
415	26	42	30	21	10	10	10	10	0,75	1,00
416	63	24	80	72	10	12	10	10	0,61	0,42
417	61	28	80	69	14	12	20	14		
418	30	30	10	32	15	10	30	14	0,85	1,00
419	32	52	10	30	20	18	20	21	0,74	0,90
420	100	100	100	100	63	58	80	62	0,15	0,29
421	62	54	60	64	12	10	20	11	0,28	1,00
422	70	46	70	77	13	14	10	14	0,38	0,74
423	68	62	75	69	28	14	25	33	0,61	0,51
424	45	44	35	46	13	14	15	13	0,61	1,00
425	75	74	55	77	10	10	10	10	0,50	1,00
426	26	34	20	25	23	18	40	22	0,75	0,75
427	50	52	70	48	12	14	20	11	0,85	0,90
428	50	52	70	48	12	14	20	11	0,75	0,90
429	58	44	65	62	10	10	10	10	0,24	0,90
430	45	54	70	39	17	20	20	15	0,69	0,74
431	45	54	70	39	17	20	20	15	0,75	1,00
432	14	16	10	14	12	10	25	11	0,77	1,00
433		10	50		10	10	10	10	1,00	1,00
434	42	34	35	46	10	10	10	10	0,90	1,00
435	70	70	70	71	10	10	10	10	0,50	1,00
436	49	72	10	47	10	10	10	10	0,35	1,00
437	49	72	10	47	10	10	10	10	0,75	1,00
438	29	32	40	27	21	18	30	21	0,90	0,90
439	29	22	20	32	12	10	15	12	0,65	1,00
440	55	42	40	61	15	10	25	16	0,38	1,00
441	85	82	100	85	28	18	50	28	0,24	0,75
442	66	60	60	69	18	14	30	18	0,50	0,65
443	59	58	45	61	30	22	25	32	0,50	0,50
444	47	36	60	49	10	10	10	10	0,50	1,00
445	70	70	70	71	24	18	45	24	0,36	1,00
446	86	86	85	86	10	10	10	10	0,29	1,00
447	67	62	90	66	18	12	25	19	0,61	1,00
448	64	68	45	65	20	14	30	20	0,61	0,81
449	38	44	50	35	72	68	65	74	0,75	0,24
450	33	14	60	35	10	10	10	11	0,64	0,35
451	35	52	35	30	10	10	10	10	0,61	1,00
452	71	64	65	74	82	80	60	85	0,24	0,14
453	54	28	30	65	10	10	10	11	0,50	1,00
454	63	38	90	68	11	14	10	10	0,35	0,76

455	29	34	40	26	10	10	10	10	0,74	1,00
456	68	64	65	70	42	30	30	47	0,29	0,75
457	29	16	50	30	12	10	20	12	0,90	1,00
458	44	46	70	40	26	30	30	24	0,85	0,85
459	55	46	55	57	49	26	45	56	0,36	0,52
460	54	60	55	52	14	10	20	14	0,85	1,00
461	78	70	100	78	22	24	15	22	0,50	0,70
462	57	52	85	55	18	18	25	18	0,22	0,74
463	23	16	30	25	11	10	10	11	0,75	1,00
464	24	20	20	25	10	10	10	10	0,90	1,00
465	44	36	40	47	22	20	30	21	0,61	1,00
466	16	18	20	15	12	14	15	11	0,61	0,74
467	77	78	70	78	30	22	50	31	0,29	0,90
468	46	58	60	41	34	32	40	34	0,50	0,35
469	32	34	40	31	24	14	20	27	0,75	0,65
470	71	64	70	74	65	60	70	67	0,24	0,75
471	46	68	10	44	21	18	25	22	0,24	0,90
472	46	68	10	44	18	12	15	21	0,24	1,00
473	52	12	100	59	10	10	10	10	0,50	1,00
474	44	44	30	45	11	16	10	10	0,61	1,00
475	55	48	70	55	20	22	20	20	0,36	0,90
476	55	48	70	55	20	22	20	20	0,75	0,75
477	44	48	30	44	40	34	40	42	0,61	0,61
478	55	52	65	55	40	34	40	42	0,61	0,61
479	37	40	20	39	17	14	20	18	0,35	0,75
480	82	62	100	85	45	24	75	48	0,24	0,75
481	42	42	20	45	10	10	10	10	0,79	1,00
482	16	16	20	15	10	10	10	10	0,79	1,00
483	46	70	50	39	13	14	10	14	0,41	1,00
484	47	40	40	50	10	10	10	10	0,85	1,00
485	47	46	45	48	26	20	25	28	0,61	1,00
486	60	74	30	60	10	10	10	10		
487	45	42	30	48	16	10	25	17	0,75	1,00
488	66	54	70	69	10	10	10	10	0,24	1,00
489	28	22	10	32	65	68	25	68	0,61	0,29
490	52	42	80	52	10	10	10	10	0,43	1,00
491	70	66	70	71	28	24	60	25	0,36	0,90
492	41	28	30	47	10	10	10	10	0,61	1,00
493	82	84	95	80	22	20	30	21	0,24	1,00
494	62	68	55	61	10	12	10	10	0,29	1,00
495	52	54	50	52	10	10	10	10	0,29	0,90
496	74	66	70	77	25	20	30	27	0,24	0,64

497	64	48	65	68	25	20	25	27	0,50	0,75
498	60	66	70	57	21	18	25	22	0,29	0,90
499	51	52	45	51	21	18	25	22	0,24	0,42
500	42	40	50	42	10	10	10	10	0,90	1,00
501	75	78	80	74	33	16	30	38	0,14	0,50
502	40	44	20	42	10	10	10	10	0,61	1,00
503	83	58	100	89	24	14	20	27	0,29	0,90
504	95	90	100	96	21	10	30	24	0,18	0,87
505	63	58	75	64	11	10	20	10	0,50	1,00
506	47	46	65	45	11	10	20	10	0,61	1,00
507	69	62	50	74	20	12	20	22	0,09	0,76
508	71	62	80	73	10	10	10	10	0,61	1,00
509	68	52	95	70	10	10	10	10	0,36	1,00
510	30	22	50	30		10	10		0,74	1,00
511	83	76	90	85	16	14	20	17	0,29	1,00
512	24	26	20	24	21	20	25	21	0,70	0,90
513	15	10	15	17	12	12	15	12	0,37	1,00
514	44	44	45	44	39	18	60	42	0,61	0,75
515	77	68	100	77	25	14	40	27	0,79	0,65
516	84	74	85	87	33	26	45	34	0,24	0,50
517	57	48	10	66	10	10	20	10	0,29	1,00
518	57	52	50	60	10	10	10	10	0,29	1,00
519	79	84	70	78	19	10	20	21	0,36	1,00
520	67	70	40	70	30	28	20	31	0,24	0,63
521	47	36	45	51	34	30	35	35		
522	63	54	45	68	12	10	20	12	0,29	0,90
523	83	74	50	90	22	20	30	22	0,09	0,90
524			10	54	14	26	10	11	0,75	0,74
525	53	40	40	59	12	12	10	13	0,29	0,90
526	88	90	10	97	10	10	10	10	0,09	1,00
527	58	46	65	61	15	12	15	16	0,85	1,00
528	32	28	10	35	11	10	15	11	0,85	1,00
529	80	78	70	82	11	10	10	12	0,14	0,18
530	54	54	80	51	21	10	45	22	0,35	0,90
531	33	24	40	35	13	10	10	14	0,29	1,00
532	35	34	15	38	10	10	10	10	0,75	1,00
533	76	80	70	75	14	10	15	15	0,41	1,00
534	51	52	65	50	10	10	10	10	0,61	1,00
535	44	48	45	42	20	14	30	20	0,85	0,90
536	41	42	15	44	22	26	20	21	0,85	0,90
537	34	34	50	32	34	24	35	37	0,75	0,75
538	62	72	20	64	49	52	60	47	0,29	0,75

539	44	44	55	42	12	10	10	13	0,85	1,00
540	28	36	35	25	10	10	10	10	0,61	1,00
541	60	54	65	61	58	50	55	61	0,75	0,61
542	44	40	30	47	14	18	15	13	0,85	1,00
543	67	54	70	71	65	58	75	67	0,75	0,29
544	52	46	55	53	40	44	40	38	0,29	0,65
545	70	58	80	72	60	44	60	65	0,24	0,75
546	62	52	60	66	11	10	20	11	0,85	1,00
547	74	68	80	75	24	22	25	24	0,50	0,90
548	40	40	10	44	10	10	10	11	0,36	1,00
549	54	48	50	56	10	10	10	10	0,61	1,00
550	49	42	40	52	17	12	20	18	0,50	0,65
551	29	20	50	29	15	14	10	15	0,90	0,90
552	85	92	50	87	20	20	15	21	0,23	0,90
553	89	72	95	93	12	16	20	10	0,29	0,90
554	72	70	75	73	37	20	30	44	0,24	0,50
555	52	42	60	54	21	20	25	21	0,75	0,74
556	90	96	90	88	12	10	10	13	0,29	1,00
557	56	54	80	54	19	14	20	20	0,61	1,00
558	72	68	65	75	49	46	75	47	0,08	0,75
559	65	64	75	65	45	42	40	47	0,29	0,75
560	48	46	30	51	10	10	10	10	0,75	1,00
561	70	72	80	68	10	10	10	10	0,43	1,00
562	70	54	95	72	14	10	15	15	0,18	1,00
563	61	62	90	58	19	24	10	18	0,75	0,90
564	56	44	60	60	17	14	20	18	0,36	0,85
565	39	38	45	38	13	10	20	14	0,61	1,00
566	58	56	80	57	17	20	25	16	0,85	1,00
567	73	58	90	75	20	16	25	20	0,15	0,90
568	52	30	70	57	28	14	30	32	0,90	0,61
569	66	80	75	61	45	34	50	48	0,50	0,90
570	83	96	75	81	62	62	90	58	0,24	0,73
571	50	60	40	48	10	10	10	10	0,75	1,00
572	49	56	45	47	16	16	25	15	0,61	0,75
573	63	66	80	61	10	10	10	10	0,61	1,00
574	77	66	80	80	53	50	45	55	0,24	0,65
575	49	76	35	43	71	70	65	72	0,38	0,61
576	62	60	40	65	13	10	15	14	0,61	1,00
577	64	74	100	57	10	10	15	10	0,75	1,00
578	70	70	10	77	10	10	10	10	0,24	0,90
579	32	34	50	29	24	18	35	25	0,61	0,90
580	50	50	75	47	60	64	80	56	0,29	0,36

581	78	78	80	78	17	14	20	18	0,50	1,00
582			45	41	35	38	45	34	0,41	0,75
583	67	52	45	75	15	12	15	16	0,29	0,65
584	65	74	90	60	10	10	20	10	0,36	1,00
585	67	72	70	66	36	32	45	37	0,65	0,65
586	37	28	10	43	12	10	10	13	0,33	1,00
587	67	68	70	67	21	14	25	23	0,29	1,00
588	45	42	10	50	22	18	20	24	0,61	0,75
589	62	64	60	62	22	20	40	21	0,36	0,75
590	77	76	65	79	20	10	35	21	0,75	1,00
591	47	56	45	45	12	14	15	11	0,38	1,00
592	55	54	50	57	18	10	20	20	0,75	1,00
593	46	38	65	47		24	30		0,50	0,54
594	65	60	75	65	14	12	20	14	0,50	1,00
595	22	18	20	24	13	16	10	13	0,90	0,65
596	50	44	45	52	26	26	30	25	0,40	0,85
597	74	76	65	74	13	10	15	14	0,24	0,90
598	39	36	40	40	13	10	20	14	0,61	1,00
599	50	50	70	48	10	10	10	10	0,75	1,00
600	84	78	90	85	10	10	10	10	0,24	1,00
601	77	74	70	80	10	10	10	10	0,04	1,00
602	20	28	10	18	10	10	15	10	0,85	1,00
603	43	30	40	48	15	10	25	15	0,36	1,00
604	94	92	100	94	13	12	10	14	0,29	0,65
605	70	50	50	78	12	10	10	13	0,50	0,76
606	64	68	65	63	10	10	15	10	0,24	0,90
607	74	50	60	83	23	20	40	22	0,90	0,90
608	64	64	70	63	18	20	25	17	0,24	0,90
609	82	78	60	86	17	12	20	18	0,24	0,90
610	68	54	90	70	12	12	10	13	0,50	1,00
611	80	68	65	85	27	18	20	31	0,29	0,65
612	53	76	60	45	11	10	10	12	0,29	0,90
613	60	62	10	65	13	14	10	13	0,61	1,00
614	60	66	55	60	11	14	10	11	0,74	0,90
615	55	48	35	60	11	10	10	11	0,29	1,00
616	36	40	20	37	14	10	10	15	0,75	1,00
617	56	52	45	58	11	10	10	12	0,61	1,00
618	86	86	85	86	49	38	60	51	0,29	0,14
619	50	40	70	50	15	16	20	14	0,50	0,75
620	48	34	70	50	12	10	20	12	0,75	1,00
621	40	48	20	41	10	10	15	10	0,85	1,00
622	45	40	45	47	14	10	25	14	0,75	0,90

623	45	46	45	45	57	50	55	59	0,29	0,75
624									0,61	0,50
625	87	84	90	88	28	14	40	31	0,36	0,65
626	87	84	90	88	56	50	60	58	0,36	0,61
627	95	100	90	94	17	16	10	18	0,41	0,90
628	39	36	20	42	18	12	15	20	0,75	0,85
629	42	56	30	40	22	18	20	23	0,61	0,74
630	63	50	80	65	32	24	30	35	0,61	1,00
631	56	50	65	57	10	10	10	10	0,75	1,00
632	37	28	50	38	10	10	10	10	0,75	1,00
633	47	54	40	45	13	12	15	14	0,65	1,00
634	72	68	55	75	20	10	20	23	0,29	1,00
635	57	60	30	60	10	10	10	10	0,61	0,90
636	34	30	55	32	17	10	30	17	0,75	1,00
637	65	54	45	71	13	12	10	14	0,29	1,00
638	59	42	60	64	16	10	10	19	0,50	0,76
639	69	64	65	71	10	10	10	10	0,29	1,00
640	52	58	20	54	10	10	10	10	0,75	1,00
641	55	50	40	59	42	32	40	45	0,61	0,61
642	77	78	60	79	19	18	20	19	0,75	1,00
643	50	44	35	54	13	14	15	12	0,61	1,00
644	70	70	50	73	23	22	25	24	0,29	0,90
645	19	18	20	19	14	10	20	14	0,79	0,81
646	27	26	40	26	10	10	10	10	0,61	1,00
647	46	44	25	50	23	16	30	24	0,61	0,65
648	54	48	15	60	12	10	10	12	0,28	0,67
649	70	74	70	70	22	26	20	21	0,61	0,90
650	55	44	70	57	10	10	10	11	0,75	1,00
651	43	42	50	42	21	20	30	20	0,29	1,00
652	72	68	75	72	20	20	20	20	0,75	0,74
653	57	44	80	58	25	10	50	27	0,75	1,00
654	53	34	70	57	10	10	10	10	0,75	1,00
655	84	76	85	87	17	16	25	17	0,29	0,77

VI Danksagung

Zunächst möchte ich mich besonders bei Herrn Prof. Dr. med. Andre Steinert für die freundliche Überlassung des Themas und für die Möglichkeit zur Promotion bedanken, seine fortwährende, jahrelange und geduldige Betreuung sowie die zahlreichen Ideen und Impulse bei der Entwicklung des Themas und der Arbeit. Weiterhin gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. med. Boris Holzapfel für seine Betreuung und stets hilfreiche Zusammenarbeit bei der Erstellung dieser Arbeit. Außerdem möchte ich Herrn Prof. Dr. med. Rafael Jakubietz für die Übernahme des Korreferates danken.

Weiterhin möchte ich mich bei meiner Familie bedanken für die Unterstützung und Kraft, die sie mir bei dieser Dissertation und bei meinem Studium gegeben haben:

Meinen Eltern, meiner Frau, meinen Geschwistern sowie meiner Großtante.

Abschließend danke ich allen Freunden für die vielen motivierenden Worte.