

Aus der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie - Abteilung Orthopädie

(Prof. Dr. med. H. M. Klinger)

der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

**Revision bei einliegender Knieendoprothese –  
Ursachenanalyse und Ergebnisqualität**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades

der Medizinischen Fakultät der

Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

**Lena-Marie Schierjott**

aus

Bochum

Göttingen 2016

Dekan: Prof. Dr. med. L. Trümper  
Referent: Prof. Dr. med. H. M. Klinger  
Ko-Referent: PD Dr. med. M. Wachowski  
Promoter-Vertreterin: Prof. Dr. med. M. Schön

Datum der mündlichen Prüfung: 22.06.2016

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Anatomie des Kniegelenks.....	1
1.2	Funktion und Biomechanik des Kniegelenks.....	2
1.3	Gonarthrose .....	4
1.3.1	Ätiologie und Pathogenese.....	4
1.3.2	Klinik.....	5
1.3.3	Diagnostik.....	5
1.3.4	Stadieneinteilung .....	6
1.3.5	Therapie .....	6
1.3.5.1	Konservative Therapie .....	7
1.3.5.2	Operative Therapie .....	7
1.4	Das künstliche Kniegelenk .....	9
1.4.1	Geschichte.....	9
1.4.2	Endoprothesenmodelle.....	10
1.4.2.1	Unikondyläre Endoprothese.....	10
1.4.2.2	Bicondyläre Oberflächenersatzprothese .....	11
1.4.2.3	Gekoppelte Scharnierprothese .....	12
1.4.2.4	Differentialindikationen der verschiedenen Endoprothesen ....	13
1.4.2.5	Patellarrückflächenersatz .....	13
1.4.3	Versagensursachen.....	14
1.4.4	Revisionseingriffe .....	16
1.5	Wissenschaftlicher Hintergrund und Ziel der Arbeit .....	17
<b>2</b>	<b>Methodik</b> .....	<b>20</b>
2.1	Patientenkollektiv .....	20
2.2	Überprüfung des postoperativen Outcome .....	24
2.3	Messinstrumente der Outcome-Überprüfung.....	25
2.3.1	Short Form 36 Health Survey .....	26
2.3.2	Western Ontario and McMaster Universities Arthroseindex .....	28
2.3.3	Zusatzfragen.....	29
2.4	Statistische Auswertung der erhobenen Daten .....	30

---

<b>3 Ergebnisse</b> .....	<b>31</b>
3.1 Ergebnisse des Aktenstudiums .....	31
3.1.1 Zusammensetzung des Patientenkollektivs .....	31
3.1.2 BMI- und Altersverteilung .....	32
3.1.3 Einteilung der revidierten Prothesenmodelle .....	33
3.1.4 Prothesenstandzeiten .....	36
3.1.5 Versagensursachen .....	38
3.1.5.1 Einteilung nach Prothesenmodell .....	38
3.1.5.2 Einteilung nach Standzeit .....	39
3.1.6 Mehrfacher Endoprothesenwechsel .....	40
3.2 Ergebnisse der Patientenbefragung .....	42
3.2.1 SF-36 Health Survey .....	42
3.2.2 WOMAC .....	45
3.2.3 Zusatzfragen .....	46
3.2.3.1 VAS .....	46
3.2.3.2 Bewertung der Revisionsentscheidung .....	47
3.3 Überprüfung möglicher Einflussfaktoren auf das Revisions-Outcome .	48
3.3.1 Alter und BMI .....	48
3.3.2 Geschlecht .....	51
3.3.3 Mehrfacher Endoprothesenwechsel .....	53
3.3.4 Revisionsindikation .....	55
<b>4 Diskussion</b> .....	<b>57</b>
4.1 Patientenkollektiv und Versagensanalyse .....	58
4.2 Befragungsergebnisse .....	70
4.3 Einflussfaktoren des Revisionsergebnisses .....	75
<b>5 Ausblick</b> .....	<b>77</b>
<b>6 Zusammenfassung</b> .....	<b>79</b>

---

<b>7 Anhang</b> .....	<b>81</b>
7.1 Votum der Ethikkommission.....	81
7.2 SF - 36 Health Survey.....	82
7.3 WOMAC.....	86
7.4 Zusatzfragen .....	89
7.5 Korrelationsanalyse.....	90
<b>8 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>92</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kniegelenk .....	2
Abbildung 2: Evolute des Femurcondylus nach Fick (1911) .....	3
Abbildung 3: Viergelenkkette nach Müller (1982).....	3
Abbildung 4: Modell einer unicondylären Endoprothese .....	10
Abbildung 5: Röntgenaufnahme einer unicondylären Endoprothese .....	10
Abbildung 6: Modell einer bicondylären (OFE-) Endoprothese .....	11
Abbildung 7: Röntgenaufnahme einer bicondylären (OFE-) Endoprothese .....	11
Abbildung 8: Modell einer gekoppelten Scharnierprothese .....	12
Abbildung 9: Röntgenaufnahme einer gekoppelten Scharnierprothese .....	12
Abbildung 10: KTP-Revisionen an der UMG .....	20
Abbildung 11: Verteilung des Body-Mass-Index .....	32
Abbildung 12: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Primärimplantation .....	32
Abbildung 13: Altersverteilung zum Revisionszeitpunkt .....	33
Abbildung 14: Der Revision in der UMG zugeführte Primärendoprothesen .....	33
Abbildung 15: Überblick aller erfolgten Revisionseingriffe .....	35
Abbildung 16: Prothesenstandzeit bis zur Revisionsoperation.....	36
Abbildung 17: Prothesenstandzeiten nach Prothesenmodell .....	37
Abbildung 18: Revisionsindikationen der Primärendoprothesen .....	39
Abbildung 19: Revisionsindikationen der Primärendoprothesen bei frühzeitigem Prothesenversagen (<36 Monate) .....	40
Abbildung 20: SF-36 Subskalen Befragungsergebnisse Gesamtkollektiv.....	44
Abbildung 21: SF-36 Summenskalen Befragungsergebnisse Gesamtkollektiv....	44
Abbildung 22: WOMAC Befragungsergebnisse Gesamtkollektiv .....	45
Abbildung 23: VAS Befragungsergebnisse Gesamtkollektiv .....	46
Abbildung 24: Entscheidung bzgl. der Wiederholung des Revisionseingriffs ...	47
Abbildung 25: SF-36 Psychische Summenskala Korrelation Alter .....	48
Abbildung 26: SF-36 Körperliche Summenskala Korrelation Alter .....	49
Abbildung 27: WOMAC-Gesamtscore Korrelation Alter .....	49
Abbildung 28: WOMAC-Gesamtscore Korrelation BMI .....	50
Abbildung 29: SF-36-Summenskalen geschlechtsspezifisch .....	51
Abbildung 30: WOMAC-Subskalen geschlechtsspezifisch.....	52
Abbildung 31: WOMAC-Gesamtscore geschlechtsspezifisch .....	52

---

Abbildung 32: SF-36-Summenskalen Vergleich Einfach- und Mehrfach revidierte Patienten .....	53
Abbildung 33: WOMAC-Subskalen Vergleich Einfach- und Mehrfach revidierte Patienten.....	54
Abbildung 34: WOMAC-Gesamtscore Vergleich einfach- und mehrfach revidierte Patienten .....	54
Abbildung 35: WOMAC-Gesamtscore nach Revisionsindikation .....	55
Abbildung 36: SF-36 Körperlichen Summenskala nach Revisionsindikation ...	56
Abbildung 37: SF-36 Psychischen Summenskala nach Revisionsindikation ...	56
Abbildung 38: Vergleich der Revisionsindikationen bicondylärer (TKA) und unicondylärer (UKA) Endoprothesen .....	67

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifikation zur Einteilung von Knorpelschäden nach ICRS .....	6
Tabelle 2: Differentialindikationen der verschiedenen Prothesen.....	13
Tabelle 3: Differentialindikationen des Retropatellarersatzes .....	14
Tabelle 4: Anwendung der Ausschlusskriterien.....	22
Tabelle 5: Begründung für die Nichtteilnahme an der Outcome-Überprüfung.	24
Tabelle 6: Inhalte der im SF-36 erfassten Subskalen.....	27
Tabelle 7: Gliederung des WOMAC .....	28
Tabelle 8: Art des primären Endoprothesenwechsels .....	34
Tabelle 9: Verteilung der Versagensursachen .....	38
Tabelle 10: Prothesenstandzeiten bei Mehrfachrevisionen .....	41
Tabelle 11: Follow-up-Ergebnisse des Short Form 36 Health Survey .....	43
Tabelle 12: Befragungsergebnisse WOMAC .....	46
Tabelle 13: Epidemiologischer Datenvergleich der Studienkollektive .....	58
Tabelle 14: Vergleich der Studien frühen Prothesenversagens .....	62
Tabelle 15: Revisionsindikationen frühzeitig versagender Endoprothesen .....	63
Tabelle 16: Revisionsindikationen bicondylärer Endoprothesen .....	65
Tabelle 17: Studienvergleich Ergebnisse SF-36/12 nach Primärimplantation..	70
Tabelle 18: Studienvergleich Ergebnisse SF-36/12 nach Revisionsoperation .	71
Tabelle 19: Studienvergleich Ergebnisse WOMAC nach Primärimplantation ..	72
Tabelle 20: Studienvergleich Ergebnisse WOMAC nach Revisionsoperation..	73



---

## Abkürzungsverzeichnis

ASK	Arthroskopie
BCP	bicondyläre Prothese
BMI	Body-Mass-Index
et al.	et alii, und andere
k. A.	keine Angabe
KTP	Knietotalendoprothese
NSAR	nichtsteroidales Antirheumatikum
OFE	Oberflächenersatz
SD	standard deviation, Standardabweichung
SF-36	Short Form 36 Health Survey
UCP	unicondyläre Prothese
UMG	Universitätsmedizin Göttingen
VAS	Visuelle Analogskala
WOMAC	Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index

## **Abstract**

### Deutsch

Die vorliegende retrospektive Analyse zeigt große Unterschiede zwischen frühem ( $\leq 36$  Monate) und spätem ( $>36$  Monate) Knieendoprothesenversagen. Die Indikation für einen Prothesenwechsel in der Gruppe der Frühversager besteht am häufigsten aufgrund einer Malrotation / Malposition der Prothesenkomponenten. Ein Versagen unabhängig von der Standzeit ist meist auf aseptische Prothesenlockerungen zurückzuführen.

Mehrfach operierte Patienten erzielen ein schlechteres Revisionsergebnis und müssen im Mittel nach 34 Monaten einem erneuten Eingriff unterzogen werden. Dies spiegelt sich in schlechteren Befragungsergebnissen dieser Patientengruppe wider. Als signifikant erweisen sich die Unterschiede in der körperlichen Aktivität ( $p=0,041$ ) und im Gesamtscore des WOMAC ( $p=0,030$ ).

Auch Frauen und Patienten mit einem höheren BMI bewerten ihre Situation schlechter, hier zeigen sich signifikante Unterschiede in der Gelenksteifigkeit. Ein höheres Patientenalter wirkt sich dagegen positiv auf das Resultat nach Revisionsoperation aus. Insgesamt bewerten 78% der Befragten ihren Revisionsentscheid im Nachhinein als positiv.

### English

The current retrospective analysis shows differences between early ( $\leq 36$  month) and late ( $>36$  month) prosthetic failure. The indication for a replacement of the prosthesis in the group of early failure is found most frequently due to malrotation / malposition of the components. Failure regardless of time is mostly due to aseptic loosening.

Patients treated with more than one surgical intervention reach worse results and experience Re-Revision after 34 month on average. This result is reflected by negative survey results within this patient group. Significant differences are shown in activity ( $p=0,041$ ) and totals ( $p=0,030$ ) of WOMAC.

Also women and patients with a higher BMI rate their situation worse, significant differences are shown in stiffness of the joint. Higher patient age in contrast has a positive effect on outcome after revision surgery. In retrospect 78% of all patients do rate their decision towards revision surgery positive.

# 1 Einleitung

Im Rahmen der Einleitung werden im ersten Abschnitt die Grundlagen des Kniegelenks in Form von anatomischen Gegebenheiten sowie die Funktion und die Biomechanik beschrieben. Es folgt eine Einführung in das Thema der Gonarthrose einschließlich ihrer Therapiemöglichkeiten. Dabei werden insbesondere der künstliche Ersatz des Kniegelenks sowie die noch immer aktuelle Problematik des vorzeitigen Versagens von Knieendoprothesen und mögliche Indikationen für einen Revisionseingriff beleuchtet. Die Einleitung wird mit der Hinführung zu den Zielfragestellungen dieser Studie abgeschlossen.

## 1.1 Anatomie des Kniegelenks

Die „artikulatio genus“ stellt das größte Gelenk des menschlichen Körpers dar und verbindet den distalen Femur mit der proximalen Tibia. Es handelt sich um ein sogenanntes Drehscharniergelenk mit 2 Freiheitsgraden. Um annähernd transversale Achsen findet die Flexions- und Extensionsbewegung statt, in gebeugtem Zustand kann zusätzlich eine axiale Längsrotation ausgeführt werden. Scharnierbewegung und Rotation sind miteinander verbunden, sodass es sich formal gesehen um ein Trochoginglymus, ein Drehgleitgelenk, handelt (Prescher 2011). Zu den knöchernen Komponenten des Kniegelenks zählen das Femur, die Tibia und die Patella, welche das Femorotibialgelenk sowie das Femoropatellargelenk bilden. Gesichert wird das Kniegelenk durch den Kapselbandapparat bestehend aus der Gelenkkapsel, den beiden Kollateralbändern, welche das Gelenk in gestrecktem Zustand in der Frontalebene sichern und den beiden Kreuzbändern, welche zur Sicherung des Gelenks im gebeugten Zustand beitragen. Einen weiteren wichtigen Baustein des Kniegelenks bilden die beiden Menisci. Sie gleichen die Inkongruenz zwischen den Femurcondylen und dem Tibiaplateau aus und dienen somit der Vergrößerung der lastaufnehmenden Fläche des Kniegelenks. Zusammenfassend illustriert Abbildung 1 die anatomischen Gegebenheiten des Kniegelenks (Schünke et al. 2005).

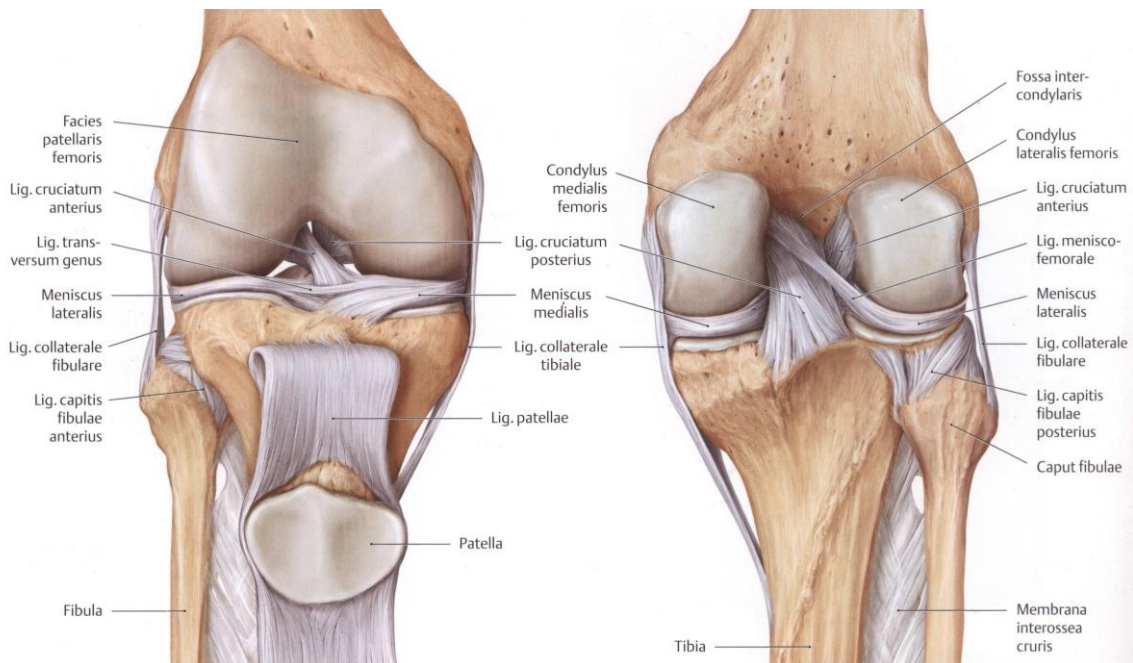


Abbildung 1: Kniegelenk

Links die Ansicht von ventral, übersichtlichkeithalber mit, nach Durchtrennung der Patellarsehne, nach caudal dislozierter Patella. Die rechte Zeichnung ermöglicht den Blick auf das Gelenk von dorsal (Schünke et al. 2005).

## 1.2 Funktion und Biomechanik des Kniegelenks

Die Bewegungsausmaße des Kniegelenks lassen sich am besten mit der Neutral-Null-Methode beschreiben. Dieser standardisierte, international anerkannte orthopädische Bewertungsindex gibt das Bewegungsausmaß eines Gelenks um eine bestimmte Achse wieder. Im Falle des Kniegelenks wird die maximale Auslenkung aus der Neutralstellung von  $0^\circ$  in Richtung Extension und Flexion bzw. Innenrotation und Außenrotation bei  $90^\circ$  flektiertem Kniegelenk gemessen. Normwerte stellen 5-10 / 0 / 120-150 in der Sagittalebene und 10 / 0 / 30-40 in der Horizontalebene dar (Debrunner 2005, Wirth 2005).

Die biomechanischen Abläufe der Flexions-Extensionsbewegung im Kniegelenk wurden erstmalig in Göttingen durch die Gebrüder Weber (1836) als kombiniertes Rollen und Gleiten beschrieben. Die Krümmungsmittelpunkte des Femurcondylus in der Sagittalebene liegen auf einer sog. Evolute. Durch diese Spirallinie aus Krümmungsmittelpunkten der Gelenkflächenteilstrecken wird die Roll-Gleit-Bewegung des Gelenks ermöglicht. Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Krümmungsmittelpunkte des Femurcondylus (Fick 1911).

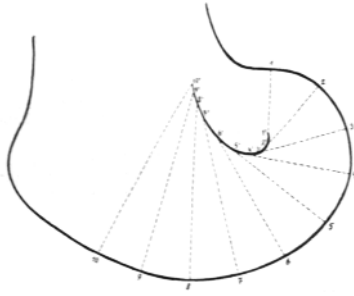


Abbildung 2: Evolute des Femurcondylus nach Fick (1911)

Ein weiterer interessanter Aspekt in der Kniegelenkskinematik ist die Anordnung der Kreuzbänder, welche als eine überschlagene Viereckkette beschrieben wird (Bull und Amis 2005, Menschik 1987, Müller 1982) und in Abbildung 3 dargestellt ist. So wird vor allem durch das vordere Kreuzband bei zunehmender Beugung im Kniegelenk die Rollbewegung gebremst und das Gleiten der Femurcondylen auf dem Tibiaplateau forciert. Am Ende des Roll-Gleitens in die Extension erfolgt automatisch die Schlussrotation, eine Außenrotation der Tibia von ca.  $5^\circ$ . Der Kapsel-Band-Apparat wird dabei gespannt und eine stabile Ausgangsposition für die Lastübernahme des Beins wird erreicht (Levens et al. 1948). Durch die Schlussrotation, als Voraussetzung für eine vollständige Streckung des Beines, kommt es außerdem zu einer Vergrößerung der femoro-tibialen Kontaktfläche in maximaler Streckung (Müller 1982).

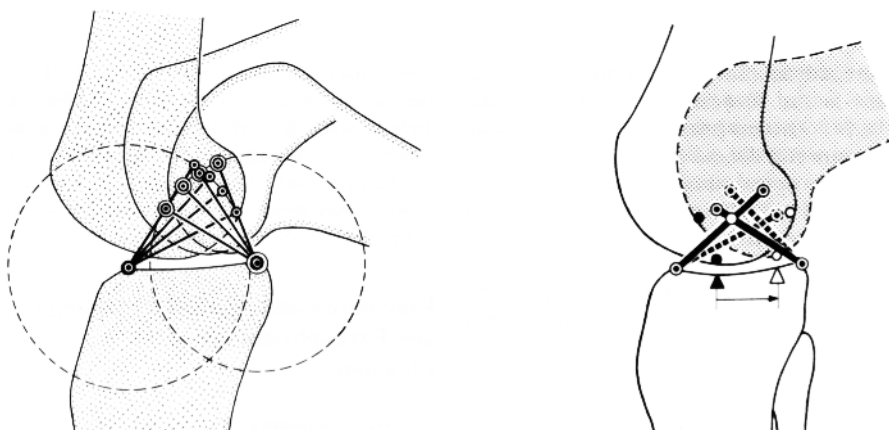


Abbildung 3: Viereckkette nach Müller (1982)

## 1.3 Gonarthrose

Die Gonarthrose wird beschrieben als degenerative, primär nicht entzündliche, irreversible Erkrankung des Kniegelenks, verursacht durch ein Missverhältnis zwischen Belastung und Belastbarkeit des hyalinen Gelenkknorpels (Fricklscherer 2005, Reichel 2000). Dabei erfolgt der Verschleiß der knorpeligen Gelenkoberfläche entweder unikompartimental oder zwei bis drei Kompartimente betreffend. Nach Felson (1988) handelt es sich um die weltweit häufigste Gelenkerkrankung des erwachsenen Menschen. Die Prävalenz wird mit 12 - 55 % angegeben und steigt mit zunehmendem Alter. Während bei den 50 bis 54-jährigen noch 16 % radiologische Zeichen einer Gonarthrose aufweisen, sind es bei den 70 bis 74-jährigen bereits 40 %. Wird jedoch alleinig die klinische Beschwerdesymptomatik für die Diagnostik herangezogen, so beläuft sich die Prävalenz der Gonarthrose im Erwachsenenalter auf circa 10 % (Michael et al. 2010, Scharf 2005).

### 1.3.1 Ätiologie und Pathogenese

Es wird zwischen der primären (idiopathischen) Arthrose und der sekundären Arthrose, mit vermeintlich bekannter Ursache, unterschieden. Die häufigsten Auslöser der sekundären Arthrose stellen Entzündungen, rheumatische Erkrankungen, Traumata, Achsfehlstellungen in der Frontalebene, mechanische, metabolische oder endokrinologische Ursachen dar (Reichel 2000). Zu den Risikofaktoren zählen erhöhtes Lebensalter, weibliches Geschlecht, Übergewicht, Überlastung des hyalinen Gelenkknorpels, Gelenkdeformitäten und vorangegangene Gelenkverletzungen. Pathogenetisch gesehen beginnt der Krankheitsprozess mit einer Knorpelerweichung, die im weiteren Verlauf zu einer Mikrofrakturierung des selbigen führt. Diese zunächst kleinsten Knorpelrinne werden zunehmend größer und reichen später bis auf den Knochen. Es kommt weiter zu einem vollständigen Verlust der Knorpelschicht bis hin zum Endstadium, der sog. Knochenglatze. Der nun freiliegende subchondrale Knochen reagiert mit fokaler Sklerosierung und osteophytären Randanbauten (Jerosch und Heisel 2010b, Scharf 2005).

### 1.3.2 Klinik

Leitsymptom der Gonarthrose sind belastungsabhängige Gelenkschmerzen, welche sich häufig im Tagesverlauf verschlimmern. Des Weiteren treten, vor allem in fortgeschrittenen Stadien, morgendliche Anlaufschmerzen mit Steifigkeit des Gelenks, Überwärmung und rezidivierende Gelenkergüsse auf. Die klassische Bewegungseinschränkung durch Reizung und Verklebung der Gelenkkapsel manifestiert sich in der Regel primär in einem Extensionsdefizit, gefolgt von einem verminderten Flexionsvermögen. Im weiteren Verlauf treten zunehmend Ruhe- bzw. nächtliche Schmerzen auf, welche häufig mit einer regelmäßigen Analgetikaeinnahme einhergehen. Zu diesem Zeitpunkt zeigen viele der betroffenen Gelenke bereits eine zunehmende Achsfehlstellung (Lüring et al. 2011).

### 1.3.3 Diagnostik

Neben der Erhebung der arthrosetypischen Anamnese und einer gründlichen klinischen Untersuchung wird die Diagnose der Gonarthrose in erster Linie radiologisch gestellt. Goldstandard sind die (Ganzbein-) Aufnahmen des Kniegelenks in zwei Ebenen und zusätzliche Patella-Defilée-Aufnahmen. Im Röntgenbild können Achsabweichungen sowie typische arthrotische Veränderungen in Form von Osteophytenbildung, Gelenkspaltverschmälerung, subchondrale Sklerosierung, Geröllzysten und Gelenkdeformierung festgestellt werden (Kellgren und Lawrence 1957). Die radiologischen Zeichen der Arthrose korrelieren jedoch nicht zwingend mit der klinischen Beschwerdesymptomatik. So klagen laut Hannan et al. (2000) nur 15 % der Patienten mit radiologisch gesicherter Gonarthrose über Knieschmerzen. Als weiteres diagnostisches Verfahren, neben der Röntgendiagnostik, bietet die Arthroskopie (ASK) nicht nur die Möglichkeit der diagnostischen Abklärung, sondern zeitgleich auch therapeutische Interventionsmöglichkeiten.

### 1.3.4 Stadieneinteilung

Die international anerkannte Standardklassifikation zur Beschreibung von Knorpelschäden im arthroskopischen Bild ist die 2003 von der International Cartilage Repair Society (ICRS) erfolgte Detaillierung der 4-stufigen Outerbridge-Klassifikation von 1961. Neben dem Normalbefund (Stadium 0) werden vier Grade mit bis zu vier Subkategorien der Knorpelschädigung beschrieben (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Klassifikation zur Einteilung von Knorpelschäden nach ICRS

Outerbridge-Klassifizierung	ICRS Grad	ICRS Beschreibung
<b>0</b>	<b>0</b>	keine erkennbaren Defekte
<b>1</b>	<b>1a</b>	intakte Oberfläche, Fibrillationen und/oder leichte Erweichung
	<b>1b</b>	zusätzlich oberflächliche Risse / Fissuren
<b>2</b>	<b>2</b>	Läsionstiefe <50% der Knorpeldicke (abnormaler Knorpel)
<b>3</b>	<b>3a</b>	>50% Tiefe der Knorpeldicke, nicht bis zur kalzifizierenden Schicht (schwer abnormaler Knorpel)
	<b>3b</b>	>50% Tiefe der Knorpeldicke, bis zur kalzifizierenden Schicht
	<b>3c</b>	>50% Tiefe der Knorpeldicke, bis zur subchondralen Platte
	<b>3d</b>	>50% Tiefe der Knorpeldicke, mit Blasenbildung
<b>4</b>	<b>4a/b</b>	vollständige Knorpelläsion mit Durchbruch der subchondralen Platte

### 1.3.5 Therapie

Die Therapie der Gonarthrose lässt sich in zwei verschiedene Behandlungsansätze unterteilen, die konservative und die operative Therapie. Das Spektrum der operativen Therapie reicht dabei von einer Arthroskopie mit Débridement oder Abrasionsarthroplastik über die Pridie-Bohrung, die Mikrofrakturierung und osteochondrale Transplantate bis hin zum künstlichen Gelenkersatz. Die verschiedenen Therapieoptionen werden im Folgenden genauer erläutert.



### **1.3.5.1 Konservative Therapie**

Da es sich bei der Gonarthrose um eine chronisch progrediente Erkrankung handelt, lauten die beiden primären Ziele der konservativen Therapie Symptombekämpfung und Verlangsamung der Progredienz. Eine Verzögerung des Krankheitsprozesses kann durch Gewichtsreduktion und modifizierte, gelenkschonende sportliche Aktivitäten wie Schwimmen und Radfahren erreicht werden. Die Beweglichkeit des Kniegelenks sollte, bei möglichst geringer Belastung des selbigen, durch physiotherapeutische Behandlungen und eigenständiges Training des Patienten erhalten bzw. verbessert werden. Auch zur Schmerzlinderung haben sich physikalische Maßnahmen in Form von Kryotherapie, Elektrotherapie oder Ultraschalltherapie als wirksam erwiesen. Die Möglichkeiten der supportiven medikamentösen Therapie reichen von oralen Analgetika in Form von nichtsteroidalen Antirheumatika (NSAR) bis hin zur intraartikulären Injektion von Corticosteroiden bei akuter Schmerzexazerbation. Darüber hinaus kann eine Entlastung des Kniegelenks sowie eine Verbesserung der Mobilität durch Schuhaußenranderhöhungen, Pufferabsätze, Orthesen oder einen Gehstock bzw. eine Unterarmgehstütze auf der kontralateralen Seite erreicht werden.

### **1.3.5.2 Operative Therapie**

Erst wenn der Arthroseschmerz nicht mehr durch konservative Therapieverfahren beherrschbar ist, sollte die Indikation zu gelenkerhaltenden operativen Verfahren gestellt werden. Da für viele betroffene Patienten Alternativen zum endoprothetischen Gelenkersatz wünschenswert sind, stellt die rekonstruktive Behandlung umschriebener Defekte des hyalinen Gelenkknorpels eine wichtige Säule der Arthrosetherapie dar. Die Art der gelenkerhaltenden operativen Therapie richtet sich, neben dem Schmerzbild des Patienten, nach den klinisch-radiologischen Befunden. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Ursache des Knorpelschades, die Tiefe und das Ausmaß des Defektes, seine Lokalisation sowie eventuelle BegleitleSIONen gelegt (Lüring et al. 2011, Madry 2005).

Bei der therapeutischen ASK werden aufgefaserte Gelenkknorpelfragmente entfernt und die verbleibenden Oberflächen geglättet. Verschlissene oder

eingerrissene Meniskusanteile werden reseziert und das Gelenk mittels Lavage ausgiebig gespült. Während beim Débridement der subchondrale Knochen stets unverletzt bleibt, wird dieser bei der Abrasionsarthroplastik bis zum Sichtbarwerden von kleinen Blutungen abgetragen. Ziel ist es das Wachstum von Reparaturgewebe aus Faserknorpel anzuregen.

Auch die Pridie-Bohrung und die Mikrofrakturierung verfolgen das Ziel, eine Kommunikation zwischen Gelenkraum und subchondralem Knochenmark zu ermöglichen und die Einsprossung von Reparaturgewebe zu provozieren. Allerdings ist eine gezielte Ausreifung des Reparaturgewebes zu hyalinem Gelenkknorpel bisher nicht möglich, sodass derzeit lediglich mechanisch minderwertiger Faserknorpel entsteht (Anders et al. 2001).

Eine relativ neue Therapieform, welche jedoch lokal begrenzten Knorpelläsionen vorbehalten ist, stellt die autologe Transplantation von Chondrozyten oder Knorpel-Knochen-Zylindern dar (Lüring et al. 2011).

Liegt die Ursache der Gonarthrose in einer Achsfehlstellung, so kann eine Umstellungsosteotomie zur Korrektur der Beinachse in Betracht gezogen werden. Dabei bieten sich diverse Möglichkeiten der Durchführung einer Osteotomie an, abhängig von der Lokalisation an Femur oder Tibia, medial oder lateral sowie der jeweiligen Möglichkeit eines auf- oder zuklappenden Verfahrens. In den letzten Jahren haben sich die medial öffnenden Operationsverfahren („open wedge“ Technik) an der Tibia immer mehr zum neuen Standard entwickelt. Vorteil dieses Verfahrens ist die Möglichkeit der zeitgleichen Optimierung der medialen ligamentären Strukturen (Hofmann et al. 2009).

Das Ziel all dieser operativen Maßnahmen ist die (Re-) Generation eines Gewebes, welches dauerhaft die normalen Funktionen des Gelenkknorpels übernehmen kann. Bisher gelingt es jedoch noch mit keiner der genannten Methoden dieses Ziel dauerhaft zu erreichen (Madry 2005, Mankin 1994, Reichel 2000), eine Restitutio ad integrum wird nicht erreicht. Bis heute ist der künstliche Ersatz des Kniegelenks durch eine Endoprothese die einzige Möglichkeit, die Belastbarkeit des Gelenks zuverlässig wiederherzustellen. Aus diesem Grund und dem steigenden Leistungsanspruch einer alternden Gesellschaft hat die Endoprothetik nach wie vor den höchsten Stellenwert und liegt im besonderen Interesse der wissenschaftlichen Forschung.

## 1.4 Das künstliche Kniegelenk

Die häufigste Indikation für den Kniegelenksersatz stellt mit 94 – 97 % die Gonarthrose dar. Schlüsselindikationen für das Einbringen einer Endoprothese sind radiologisch gesicherte, degenerative Veränderungen des Gelenkknorpels im Endstadium und über einen Zeitraum von sechs Monaten persistierende Schmerzzustände trotz Ausschöpfung aller konservativen Therapie-maßnahmen. Die Ziele des endoprothetischen Gelenkersatzes stellen Schmerzfreiheit des Patienten mit zufriedenstellender Alltagsbewältigung, die Wiederherstellung der mechanischen Gelenkachse und eine ausgewogene Weichteilbalancierung dar (Van Manen et al. 2012).

### 1.4.1 Geschichte

Die erste Knieendoprothese wurde 1890 von dem Berliner Chirurgen Themistokles Gluck entwickelt. Dabei handelte es sich um eine gekoppelte Scharnierendoprothese aus Elfenbein, welche zunächst durch Tuberkulose zerstörte Kniegelenke ersetzte. Die ersten Prothesen versagten jedoch alle aufgrund von nicht beherrschbaren Infektionen und Gluck wurde zunächst der Klinik verwiesen. Dennoch nahm die Prothesenentwicklung seither einen stetigen Verlauf. 1969 wurde die erste Oberflächenersatzprothese von Gunston (1971) implantiert und 1974 folgte die erste bicondyläre kreuzbandersetzende Prothese von Walker, Insall und Ranawat (Insall, J. et al. 1979). Unter Verwendung eines Nachfolgermodells gelang es erstmals 10-Jahres-Überlebensraten von über 90 % zu erzielen (Insall, J. N. et al. 1982).

Heutiger Stand der Technik sind an spezielle Patientengruppen angepasste Prothesen aus der Gleitpaarung Metall und Polyethylen. Darunter fallen z.B. das geschlechtsspezifische „Gender Knee“ oder Systeme mit modularem Aufbau, die an die jeweilige Knochen- und Weichteilsituation angepasst werden können (Mettelsiefen et al. 2011).

## 1.4.2 Endoprothesenmodelle

Die Knieendoprothesen werden nach heutigem Stand eingeteilt in unicondyläre (Knieschlitten-) Endoprothesen, bicondyläre (Oberflächenersatz-) Endoprothesen und gekoppelte (Scharnier-) Endoprothesen. Im Folgenden werden die einzelnen Modelle genauer erläutert.

### 1.4.2.1 Unikondyläre Endoprothese

Diese Form der Prothese findet Anwendung, wenn nur das mediale oder nur das laterale tibiofemorale Kompartiment vom Arthroseprozess betroffen ist. Der Vorteil dieser Prothese liegt im Erhalt der Kreuzbänder und der geringen Schädigung der kapsulären Strukturen während des Eingriffs. So bleibt die normale Kinematik, Propriozeption und Stabilität des Gelenks weitgehend erhalten (Flören und Reichel 2011).

Bei primär knochensparender Implantation kann der unicondyläre Gelenkersatz später erfolgreich mit einer bikondylären Oberflächenersatz- (OFE-) Prothese revidiert werden (McAuley et al. 2001).



Abbildung 4: Modell einer unicondylären Endoprothese (Mediapark-Klinik 2013)



Abbildung 5: Röntgenaufnahme einer unicondylären Endoprothese (Robert-Bosch-Krankenhaus 2013)

### 1.4.2.2 Bicondyläre Oberflächenersatzprothese

Bei diesem Modell handelt es sich um eine nicht oder teil-gekoppelte Endoprothese mit annähernd normalem Rollgleitverhalten. Da nur die Gelenkflächen ersetzt werden, ist ein intakter Kapsel-Band-Apparat, mit ausreichender ligamentärer Gelenkführung, Voraussetzung für die Implantation.



Abbildung 6: Modell einer bicondylären (OFE-) Endoprothese (smith&nephew 2013a)



Abbildung 7: Röntgenaufnahme einer bicondylären (OFE-) Endoprothese (Klinikum-Bielefeld 2013)

Die teilgekoppelten Modelle sind als eine posterior stabilisierte oder eine intercondylär stabilisierte Prothese verfügbar. Die posteriore Stabilisierung wird, z.B. nach Resektion des hinteren Kreuzbandes, über einen hohen Grad der Kongruenz der Gelenkflächen erreicht (Halder und Köhler 2011). Bei der intercondylär teilgekoppelten Prothese verfügt das Polyethyleninlay über einen zentralen Zapfen, welcher in die intercondyläre Box der Femurkomponente greift und so das Gelenk stabilisiert (Flören und Reichel 2011).

### 1.4.2.3 Gekoppelte Scharnierprothese

Die Kopplung der achsgeführten Endoprothesen wird über ein Scharnier oder einen Rotationsbolzen zwischen der femoralen und tibialen Komponente erreicht. Um die durch den geringeren Bewegungsgrad entstehenden hohen Grenzflächenbelastungen auf ein möglichst großes Knochenlager übertragen zu können und aseptische Lockerungen zu vermeiden, erfolgt die Verankerung intramedullär über tibiale und femorale Stilverlängerungen (Agneskirchner und Lobenhoffer 2004). Ein sich daraus ergebender Nachteil ist der im Zuge der Implantation entstehende größere Knochenverlust, welcher eventuelle Revisionseingriffe erschwert. Aus diesem Grund besitzt die Scharnierprothese in der Primärendoprothetik nur einen sehr geringen Stellenwert. Klare Indikationen dieser Endprothese sieht Baars (2000) neben Revisionseingriffen in einer starken Valgusstellung, bullösen Kapselerweiterungen, voluminösen Weichteilen, starker Muskelatrophie oder Paresen sowie großen Knochendefekten.



Abbildung 8: Modell einer gekoppelten Scharnierprothese (smith&nephew 2013b)



Abbildung 9: Röntgenaufnahme einer gekoppelten Scharnierprothese (Helios-Kliniken 2013)

**1.4.2.4 Differentialindikationen der verschiedenen Endoprothesen**

Als wichtige Grundvoraussetzungen für den Erfolg einer Knieendoprothese sind die korrekte Indikationsstellung und die Auswahl des am besten geeigneten Implantates zu nennen. Die individuelle Auswahl des am besten geeigneten Implantates ist von vielen Faktoren, wie etwa dem Zustand der das Kniegelenk umgebenden Bänder und der Muskulatur, eventuell vorliegenden Achsabweichungen, dem Ausmaß des Knorpelschadens sowie dem Alter, dem Lebensstil und dem Aktivitätsgrad des Patienten abhängig (Jerosch und Heisel 2010a). Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Differentialindikationen der verschiedenen Prothesentypen (Jerosch et al. 1997).

Tabelle 2: Differentialindikationen der verschiedenen Prothesen

Schlittenprothese	Oberflächenersatzprothese	Scharnierprothese
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unikompartimentäre Destruktion</li> <li>• Keine wesentliche Achsabweichung</li> <li>• Stabiler Kapsel-Bandapparat</li> <li>• Beugedefizit unter 20°</li> <li>• Kein Steckdefizit</li> <li>• Vorwiegend medial betonte Arthrose</li> <li>• Einseitige Femurkondylennekrose (M. Ahlbeck)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stabile Seitenbandführung</li> <li>• Intaktes hinters Kreuzband</li> <li>• Achsfehlstellungen bis 25°</li> <li>• Kein ausgeprägtes genu recurvatum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine langstielige ipsilaterale Hüftprothese</li> <li>• Erhebliche knöcherne Substanzdefekte</li> <li>• Ligamentäre Insuffizienzen</li> <li>• Achsabweichungen von &gt; 25°</li> </ul>

**1.4.2.5 Patellarrückflächenersatz**

Bei der Implantation von bicondylären Endoprothesen gilt es grundsätzlich abzuwägen, ob zeitgleich auch die Patellarrückfläche ersetzt werden sollte. Bis heute wird die Frage des Retropatellarersatzes und seines therapeutischen Effektes kontrovers diskutiert. Einen Versuch der differenzierten Indikationsstellung pro und kontra Patellarrückflächenersatz unternimmt Schroeder-Boersch (1998) in Tabelle 3.

Tabelle 3: Differentialindikationen des Retropatellarersatzes

pro Patellarückflächenersatz	kontra Patellarückflächenersatz
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwere Retropatellararthrose mit starker Formveränderung</li> <li>• Präoperativ starke retropatellare Schmerzen</li> <li>• Schwierige Balancierung der Patella im femoralen Gleitlager</li> <li>• Gute knöcherne Substanz der Patella</li> <li>• Rheumatoide Arthritis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenig Retropatellararthrose</li> <li>• Keine erhebliche Formveränderung</li> <li>• Störung der Patelladurchblutung z. B. durch ausgedehntes laterales Release</li> <li>• Guter zentraler Lauf der nativen Patella</li> <li>• Schlechte Knochenqualität</li> <li>• Jüngerer Patient mit hohem Aktivitätsniveau</li> </ul>

Bei mäßigen degenerativen Veränderungen bietet sich alternativ die peripatellare Denervierung an (Jerosch et al. 1997). Letztlich wird die Entscheidung, pro oder kontra Retropatellarersatz, weiterhin intraoperativ und befundabhängig vom Operateur getroffen.

### 1.4.3 Versagensursachen

Trotz stetig voranschreitender Weiterentwicklung der Endoprothesenmodelle und der Operationsverfahren kommt es immer wieder zum, mitunter frühzeitigen, Versagen der Kunstgelenke, welches einen Revisionseingriff erforderlich macht. Die in der Literatur (Bozic et al. 2010, Fuchs und Jerosch 1996, Sharkey et al. 2002) am häufigsten gelisteten Revisionsindikationen umfassen:

- aseptische (mechanische) Prothesenlockerung
- periprothetische Infektion
- persistierende Schmerzen
- Gelenkinstabilitäten
- Abrieb des Polyethyleninlays
- patellare Probleme
- Bewegungseinschränkungen (z.B. durch Arthrofibrose verursacht)



Scharf und Schulze (2010) sehen die Ursache der häufig beobachteten mechanischen Lockerung in periprothetischen Osteolysen, welche vielmals über eine, durch Abriebpartikel des Polyethyleninlays verstärkte, Fremdkörperentzündung entstehen. Im Röntgenbild ist die Lockerung vor allem durch eine Saumbildung am Knochenlager und die Positionsänderung des Implantates gekennzeichnet (Bader et al. 2006).

Neben der Lockerung von Prothesenkomponenten spielen periprothetische Infektionen als Revisionsindikation trotz moderner Operationsverfahren, verbesserter Hygiene und perioperativer Antibiotikaphylaxe auch heute noch eine große Rolle in der Knieendoprothetik. Dabei kann zwischen früh und spät auftretenden Kniegelenksinfektionen unterschieden werden. Während die erstgenannten häufig perioperativ auftreten und mit einer gestörten Wundheilung assoziiert sind, liegt den späten periprothetischen Infektionen meist eine hämatogene Keimstreuung zugrunde, deren Risiko über die gesamte Prothesenstandzeit bestehen bleibt (Gollwitzer et al. 2006, Maurer und Ochsner 2006).

Die Versagensursache Kniegelenksinstabilität ist laut Merk und Spank (2011) meist intraoperativ verursacht und Folge ungenügender Korrektur präoperativer Deformitäten, ungenügender Knochendefektauffüllung, Komponentenfehlpositionierung oder der Wahl des falschen Prothesenmodells. Auch bei fest verankerter Prothese kann eine Wechseloperation erforderlich werden, wenn der Erhalt bzw. die intraoperative Wiederherstellung der korrekten Kapsel-Band-Spannung nicht gelingt. Umgekehrt verursacht eine zu straffe Bandführung eine dauerhafte Einschränkung der Kniegelenksbeweglichkeit und kann ebenfalls eine Indikation für den Prothesenwechsel darstellen (Scharf und Schulze 2010).

Eine unzureichende Balancierung der Weichteile kann sich darüber hinaus in peripatellaren Schmerzen äußern. Laut Hofmann et al. (2003) treten Patellaprobleme und vorderer Knieschmerz in 5-20 % nach Knie totalprothesenimplantation auf und betreffen sowohl Patienten mit als auch Patienten ohne Retropatellarersatz. Diese Zahl vermag vielleicht auch den von Perka et al. (2006) beschriebenen hohen Anteil von 12-23 % unzufriedenen Patienten nach erfolgter Primärimplantation einer Knieendoprothese erklären. Neben der unzureichenden Weichteilbalancierung können darüber hinaus auch

Verschiebungen der Gelenklinie durch die damit einhergehende veränderte Kontaktfläche zwischen Femur und Patella, zu persistierenden Schmerzen führen. Ursächlich ist die dadurch hervorgerufene erhöhte Beanspruchung der retropatellaren Gelenkfläche. Gleiches wird oftmals auch bei Rotationsfehlstellungen des Femurs beobachtet (Scharf und Schulze 2010).

#### **1.4.4 Revisionseingriffe**

Aus der steigenden Anzahl jährlich durchgeführter Knieendoprothesenimplantationen resultiert auch eine Häufung der Revisionseingriffe. Dies hängt zum einen mit der Ausweitung des Indikationsspektrums auf zunehmend jüngere Patienten zusammen, welche einer Primärimplantation zugeführt werden, und zum anderen mit der natürlichen Standzeit einer Endprothese von 10-15 Jahren.

Entsprechend Peters et al. (1992) sind Revisionsoperationen dabei keineswegs als einfache Wiederholung der Primärimplantation anzusehen, sondern stellen eine deutlich größere Herausforderung für den Operateur dar als der primäre Eingriff. Es gilt die Probleme, welche sich aus den anatomischen Veränderungen durch die Primärprothese, aus Knochensubstanzverlusten sowie ggf. vorliegenden desolaten Weichteilverhältnissen ergeben, zu beheben. In der Regel kann keine Neuimplantation des primär verwendeten Prothesentyps erfolgen, es wird stattdessen der nächst höhere Kopplungsgrad für die Ersatzprothese gewählt. So wird eine unikondyläre Schlittenprothese durch einen bicondylären Oberflächenersatz und dieser wiederum durch eine Scharnierendoprothese ersetzt (Jerosch et al. 1997).

Neben dem Austausch der Endprothese besteht auch die Möglichkeit einer Revision ohne Implantatwechsel. In Betracht kommen hier, je nach Indikation, ein arthroskopisches oder offenes lateral Release, eine Synovialektomie oder ein isolierter Wechsel des Polyethyleninlays. Das Release wird dabei zur Behebung von Lateralisationstendenzen der Patella bei korrekter Implantatlage eingesetzt. Synovialektomien hingegen sind vor allem bei Rheumatikern oder Patienten mit aseptischer, therapieresistenter Ergussbildung indiziert. Bei offener Revision und länger zurückliegender Implantation oder makroskopisch sichtbaren Polyethylenschäden kann die Indikation für einen isolierten

Inlaywechsel gestellt werden. Häufig jedoch handelt es sich bei diesen Eingriffen lediglich um eine Übergangslösung bis letzten Endes ein Endoprothesenwechsel erfolgt (Reichel 2005).

Als eine weitere operative Alternative, welche Spezialindikationen in Form von desolaten Knochenverhältnissen, hochgradigen Weichteilinsuffizienzen und nicht beherrschbaren Infektionen vorbehalten ist, beschreibt Reichel (2005) die Gelenkversteifung durch eine knöcherne Arthrodesse oder durch ein Arthrodesseimplantat. Beachtenswert ist, dass die Chancen einer knöchernen Fusion mit jeder weiteren Reimplantation sinken. Bei komplikationsreichen Verläufen sollte daher, insbesondere bei jüngeren Patienten, der rechtzeitige Rückzug von der Alloarthroplastik in Erwägung gezogen werden.

Es gilt festzuhalten, dass unabhängig von der Art der Revision die gründliche Analyse des Versagensmechanismus und die Entwicklung einer entsprechenden operative Strategie Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Revisionsoperation ist (Scharf und Schulze 2010).

## **1.5 Wissenschaftlicher Hintergrund und Ziel der Arbeit**

In den letzten Jahren hat die Anzahl der bei Gonarthrose durchgeführten Implantationen von Knieendoprothesen (KTPs) stetig zugenommen und gehört inzwischen zu den häufigsten sowie kostenintensivsten Eingriffen der Orthopädie und Unfallchirurgie (Lützner et al. 2011). Räsänen et al. (2007) zählen den künstlichen Ersatz des Kniegelenks zu den effektivsten und effizientesten Operationen der modernen Chirurgie. Dennoch sind bis zu 20 % der Patienten nach endoprothetischer Versorgung des Kniegelenks mit dem Ergebnis unzufrieden. Dies widerspricht den in der Literatur angegebenen sehr guten Langzeitergebnissen mit einer über 95 %igen Überlebensrate nach 10 Jahren (Bourne et al. 2010, Perka et al. 2006). Besonders alarmierend wirkt die hohe Anzahl der unzufriedenen Patienten vor dem Hintergrund einer jährlichen Steigerungsrate der Implantationszahlen von etwa 6,8 % (Scharf und Schulze 2010). Bereits im Jahr 2008 wurden in Deutschland ca. 150.000 primäre KTPs implantiert (BQS-Qualitätsreport 2008). Auch in Zukunft muss aufgrund der alternden Gesellschaft mit immer höheren Leistungsansprüchen und einer parallelen Ausweitung des Indikationsspektrum auf immer jüngere

Patientengruppen mit weiter steigenden Implantationszahlen gerechnet werden (Lützner et al. 2011, Hossain et al. 2010). In den USA wird bis 2030 ein Anstieg der primären Endoprothesen Implantationen auf jährlich 3,48 Mio. angenommen, dies entspricht einer Steigerung von 673 %. Le und Mitarbeiter erwarten für denselben Zeitraum eine Steigerung der KTP-Wechsel Operationen von 601 % (Le et al. 2013). Denn aus einer mittleren Prothesenstandzeit von 12 - 15 Jahren (Kulkarni et al. 2000) folgt automatisch auch ein kontinuierlicher Anstieg der Revisionsoperationen. Bereits 1996 stellten Fuchs und Jerosch fest, dass es sich bei jeder 10. Knieprothesenoperation um einen Revisionseingriff handelt (Fuchs und Jerosch 1996). Noch immer wird die unbefriedigende Datenlage zu den Ergebnissen nach operativem Wechsel von Knieendoprothesen bemängelt und Klärung bezüglich der widersprüchlichen Literaturangaben gefordert (Scharf und Schulze 2010). Trotz weltweit vorhandener Register zur Ermittlung von Standzeiten und Versagensursachen fehlt es an einer detaillierten Analyse der evaluierten Versagensgründe und der daraus möglicherweise implizierten Präventivmaßnahmen (Haasper et al. 2012).

Die vorliegende Arbeit greift diese noch immer hoch aktuelle Problematik der Kniegelenksalloarthroplastik auf und befasst sich mit der ausführlichen Analyse der Versagensmechanismen primär implantierter Knieendoprothesen. Von der näheren Betrachtung wurden jene Revisionseingriffe, welche aufgrund einer Kniegelenksinfektion stattfanden, zeitnah ausgeschlossen.

Da sich gezeigt hat, dass auch die Evaluation der Patientenzufriedenheit und Lebensqualität von großer Bedeutung ist, wurde zudem Auskunft über die subjektive Patientenzufriedenheit nach der operativen Revision eingeholt. Hier steht neben der Beurteilung der postoperativen Resultate durch objektive Kriterien wie Veränderungen in Beweglichkeit, Schmerz, Kraft und Stabilität vor allem die subjektive Sicht des Patienten auf das Operationsergebnis im Vordergrund. Anhand dreier verschiedener Fragebögen wird gezeigt, wie sich sowohl die Lebensqualität als auch das subjektiv-funktionelle Outcome nach erfolgtem Knieendoprothesenwechsel darstellen und welche Faktoren möglicherweise Einfluss auf das postoperative Ergebnis haben.

Insbesondere werden im Verlauf der Ergebnispräsentation anhand der verschiedenen Unterkapitel folgende Studienaspekte zum Thema der Versagensanalyse evaluiert:

- a) Welche Prothesenmodelle wurden einem Revisionseingriff zugeführt?
- b) Welche Standzeiten erreichten die verschiedenen Prothesenmodelle?
- c) Welche Gründe führten zum Versagen der Endoprothesen?
- d) Gibt es einen Zusammenhang zwischen Prothesenmodell und Versagensursache?
- e) Was sind die Revisionsindikationen der besonders früh versagenden Prothesen?
- f) Welches sind die Gründe für einen mehrfach stattgehabten Endoprothesenwechsel?

Hinsichtlich des Revisions-Outcome werden im zweiten Teil der Ergebnisdarstellung folgende Fragen beantwortet:

- g) Wie bewerten Patienten mit erfolgtem Knieendoprothesenwechsel im postoperativen Follow-up ihre subjektive Lebensqualität sowohl auf körperlicher als auch auf psychischer Ebene?
- h) Würden sich die Patienten im Nachhinein wieder für den erfolgten Knieendoprothesenwechsel entscheiden?
- i) Welchen Einfluss haben Alter, Geschlecht und BMI der Patienten, die Revisionsindikation sowie ein mehrfach erfolgter Endoprothesenwechsel auf das Revisions-Outcome?

Im Rahmen der Diskussion werden rückblickend folgende Fragen erörtert:

- j) Gibt es Verbesserungsmöglichkeiten bei der Primärimplantation, um zukünftiges Prothesenversagen zu vermeiden?
- k) Was gilt es bei der Revision zu beachten um, ein gutes Outcome zu erzielen?

## 2 Methodik

Dieses Kapitel befasst sich mit Erläuterungen zu der Auswahl des Patientenkollektivs, der Definition und Anwendung der Ausschlusskriterien, dem Studienablauf, den Fragebögen, welche zur Überprüfung des Outcome nach erfolgter Revisionsoperation Anwendung fanden, sowie der statistischen Datenauswertung.

### 2.1 Patientenkollektiv

In der orthopädischen Abteilung der Universitätsmedizin Göttingen (UMG) wurde in dem Zeitraum vom 1. Januar 2003 bis zum 31. August 2010 bei  $n = 96$  Patienten ein Revisionseingriff (KTP-Wechsel) bei einliegender Knieendoprothese durchgeführt. Eine im Kollektiv befindliche Patientin mit beidseits einliegender KTP unterzog sich in verschiedenen Jahren an beiden Kniegelenken einem Revisionseingriff, sodass insgesamt  $n = 97$  Eingriffe analysiert werden konnten. Alle Revisionseingriffe wurden von einem in der Endoprothetik erfahrenen Operateur der UMG oder unter dessen Supervision durchgeführt. Eine Aufstellung über die Anzahl der Eingriffe pro Jahr zeigt Abbildung 10.

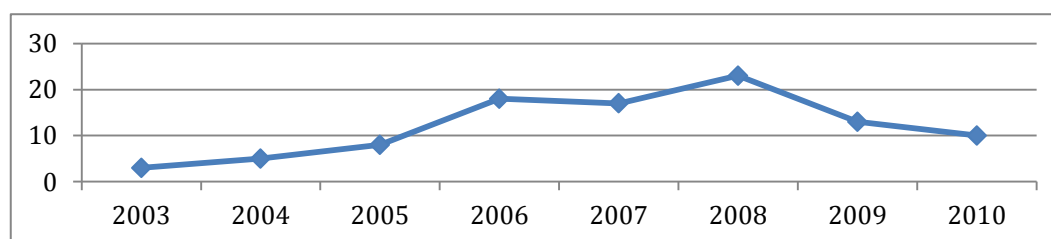


Abbildung 10: KTP-Revisionen an der UMG

Unter den  $n = 96$  untersuchten Patienten befinden sich  $n = 61$  Frauen (64 %) und  $n = 35$  Männer (36 %). Das Durchschnittsalter zum Revisionszeitpunkt betrug 67,2 Jahre. Der jüngste Patient war zu diesem Zeitpunkt 41 Jahre alt, der älteste 90 Jahre. Die dem Revisionseingriff an der UMG zugeführten Endoprothesenmodelle verteilen sich auf  $n = 16$  unicondyläre Prothesen sowie  $n = 72$  bicondyläre Oberflächenersatzprothesen und  $n = 9$  gekoppelte Scharnierprothesen.

Präoperativ wurde die Indikation zum jeweiligen Revisionseingriff anhand eines standardisierten diagnostischen Algorithmus mit klinischen und radiologischen Untersuchungen einschließlich Standardröntgen und Ganzbeinaufnahmen gestellt. Die Röntgenaufnahmen wurden hinsichtlich des Zustands des Gelenks im Allgemeinen, des Zustands sowie der Position der Endoprothese, eines eventuellen Arthroseprogress des kontralateralen Kompartiments bei einliegender unicondylärer Endoprothese und des Auftretens von Lyseräumen um die Prothesenkomponenten evaluiert. Bei suspekten Rotationsfehlern der Prothesenkomponenten wurden zusätzliche Computertomographien zur weiterführenden Diagnostik angefertigt. In einigen Fällen fraglicher Lockerung von Prothesenkomponenten fanden auch szintigraphische Untersuchungstechniken Anwendung.

Intraoperativ erfolgte die weitere Analyse und Dokumentation des Versagensmechanismus durch den Operateur. Bei der Auswertung der Operationsberichte und der Analyse der Revisionsindikationen wurde besonderes Augenmerk gelegt auf den Operationssitus, Infektionszeichen, das Alignment, den Zustand sowie die Verankerung der Endoprothese und andere Auffälligkeiten wie z.B. Abrieb oder Metallose. Des Weiteren erfolgte ein Abgleich der Anzahl präoperativ radiologisch ermittelten Prothesenlockerungen mit den intraoperativ festgestellten aseptischen Lockerungen.

Nach einer ersten Auswertung dieser Befunde fand die Anwendung der Ausschlusskriterien statt. Es wurden fortan lediglich vollständige, beide Komponenten einschließende Knieendoprothesenwechsel betrachtet, die nicht aus Gründen einer periprothetischen Infektion durchgeführt wurden. Ausgeschlossen wurden  $n = 39$  Patienten mit infizierter Knieendoprothese sowie  $n = 8$  Patienten, bei denen kein vollständiger Prothesenwechsel sondern lediglich ein Wechsel des Polyethyleninlays stattfand. Außerdem ausgeschlossen wurde eine Patientin mit ossärer Metastase im Bereich des Kniegelenks. Bei gegebener Spezialindikation erfolgte hier die sekundäre Versorgung mit einer Tumorendoprothese (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Anwendung der Ausschlusskriterien

Ausschlussgrund	Fallzahl
Infektion	39
Isolierter Inlay-Wechsel	8
Tumorendoprothese	1
Insgesamt	48

Der isolierte Wechsel des Polyethyleninlays erfolgt bei länger zurückliegender Implantation und Abnutzungserscheinungen des Materials relativ häufig. Da es sich dabei nicht um ein Versagen der eigentlichen Endoprothese handelt, wurden diese Fälle von der Studie ausgeschlossen.

Die Begründung für den Ausschluss infizierter Knieendoprothesen liegt in der Sonderstellung, die diese Revisionsindikation als eine eigene Entität einnimmt. Aufgrund des Procedere, welches bei infizierter Endoprothese von Klinik zu Klinik sehr verschieden ist und als empirisch betrachtet werden kann, gestaltet sich der Vergleich mit anderen Studien schwierig. Des Weiteren erscheint auch der in dieser Studie angestrebte Vergleich des Therapie-Outcome nach Revisionsoperation aufgrund der wesentlich ungünstigeren Ausgangssituation infizierter KTPs als nicht sinnvoll. Das durchschnittlich schlechtere Revisions-Outcome bei Kniegelenksinfektion im Vergleich mit dem Outcome nach aseptischem Prothesenversagen konnte in verschiedenen Studien belegt werden (Bieger et al. 2013, Wang et al. 2004). Auch lässt sich das Risiko einer periprothetischen Infektion nicht gänzlich eliminieren. Wie bereits erwähnt, kann es sowohl perioperativ, unabhängig von Operateur und Hygienestandard der Klinik, im Rahmen von Wundheilungsstörungen als auch viele Jahre später durch eine hämatogen fortgeleitete Infektion zum Versagen der Endoprothese durch eine Kniegelenksinfektion kommen.

Das verbleibende für die Studie geeignete Kollektiv setzt sich aus  $n = 48$  Patienten ( $n = 19$  Männern und  $n = 29$  Frauen) zusammen. Da sich im Studienkollektiv eine Patientin mit beidseits einliegenden Knieendoprothesen befindet, welche beide im Beobachtungszeitraum revidiert wurden, ergibt sich die Fallzahl von  $n = 49$  zur weiteren Betrachtung.



Bei  $n = 2$  Patienten (4,1 %) stellt der in der UMG erfolgte Revisionseingriff bereits den zweiten Endoprothesenwechsel dar. Darüber hinaus musste bei  $n = 4$  Patienten (8,2 %) die primär in der UMG revidierte Prothese innerhalb des Beobachtungszeitraums erneut ausgetauscht werden. Neben der Versagensanalyse der Primärendoprothesen wurde dieses Kollektiv der insgesamt  $n = 6$  (12,2 %) mehrfach revidierten Patienten innerhalb der vorliegenden Arbeit hinsichtlich der Versagensmechanismen und Prothesenstandzeiten noch einmal gesondert betrachtet. Eine graphische Veranschaulichung der durchgeführten Revisionseingriffe findet sich im Ergebnisteil (vgl. Abb. 15, S.35).

Nach Anwendung der Ausschlusskriterien wurden den verbliebenen  $n = 48$  Patientenakten folgende Parameter entnommen und analysiert:

- Geschlecht
- Body-Mass-Index
- Alter der Patienten bei der Primärimplantation sowie zum Revisions- und ggfs. Re-Revisionszeitpunkt
- Indikationen für die Implantation der Primär- und Revisionsendoprothesen
- Art der Primär- und Revisionsendoprothesen
- Prothesenstandzeiten

Für die Standzeitanalyse der Knieendoprothesen wurde eine Differenzierung zwischen frühem und spätem Prothesenversagen vorgenommen. In der vorliegenden Studie wurden jene Revisionseingriffe als „frühzeitig“ definiert, welche innerhalb der ersten 36 Monate nach der Primärimplantation erfolgten.

## 2.2 Überprüfung des postoperativen Outcome

Für die Evaluierung des postoperativen Outcome erfolgte, nach Abstimmung mit der Ethikkommission der Universitätsmedizin Göttingen, die Datenerhebung mit Hilfe verschiedener Fragebögen. Das positive Kommissionsvotum für die Durchführung dieser Studie befindet sich im Anhang der Dissertationsschrift.

Da die Studienteilnehmer durch die geplante Befragung erneut mit dem potentiell traumatischen Knieendoprothesenversagen und dem erforderlichen Revisionseingriff konfrontiert wurden, fand zuerst eine detaillierte Aufklärung der Patienten und anschließend das Einholen der Einverständniserklärungen zur Studienteilnahme statt. Allen im Kollektiv befindlichen Patientinnen und Patienten wurden dann die im Folgenden erläuterten Fragebögen nebst einer Instruktion zur Handhabung zugesandt. Der Zeitpunkt der Befragung belief sich dabei im Mittel auf 49 Monate nach der stattgehabten Revisionsoperation. Von  $n = 48$  Patienten beantworteten  $n = 36$  die ihnen zugesandten Fragebögen, welches einer Rücklaufquote von 75 % entspricht. Dabei mussten keine Fragebögen oder einzelne Fragen aus der Wertung genommen werden. Die Gründe für die Nichtbeantwortung von 12 Fragebögen lassen sich der Tabelle 5 entnehmen.

Tabelle 5: Begründung für die Nichtteilnahme an der Outcome-Überprüfung

Grund für Nichtteilnahme	Fallzahl
Verstorbene Patienten	2
Nicht kontaktierbare Patienten	3
Ablehnung der Teilnahme	7
Gesamtzahl	12

Zwei Patienten, welche sich trotz im Vorfeld erfolgter Einverständniserklärung bis zum Zeitpunkt des Fristablaufs nicht zurückgemeldet hatten, wurden telefonisch kontaktiert und die fehlenden Daten auf diesem Wege erhoben. Den Patienten wurden dabei die in den Fragebögen enthaltenen Fragen im Originalwortlaut vorgelesen.

Der Handanweisung des Short Form 36 Health Survey (SF-36) von Bullinger und Kirchberger (1998) ist zu entnehmen, dass bisherige Untersuchungsergebnisse keine systematischen Divergenzen zwischen

Fragebogen und Interview-Form zeigten. Selbiges konnte auch für den von uns verwendeten Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index (WOMAC) nachgewiesen werden (Bellamy et al. 2002).

### **2.3 Messinstrumente der Outcome-Überprüfung**

Im Zusammenhang mit der Fragebogenauswahl erscheint wichtig, dass es keinen sogenannten Goldstandard zur Erhebung des „Kniestatus“ gibt, weder vor noch nach erfolgter Revision. Von Ghanem et al. (2010) wird empfohlen neben den funktionellen Scores auch „quality-of-life“ Messmethoden anzuwenden. Dabei stehen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität verschiedene Messinstrumente zur Verfügung. Moock und Mitarbeiter (2009) unterscheiden zwischen generischen, diagnose-übergreifenden Tests und krankheitsspezifischen (bzw. körperregions-spezifischen) Messverfahren.

In der vorliegenden Studie fanden zur Überprüfung des Outcome nach erfolgter Knieendoprothesenrevision drei verschiedene Fragebögen Anwendung. Im Folgenden werden der Short Form 36 Health Survey als generisches Messinstrument, der WOMAC als krankheitsspezifisches Messverfahren sowie die Visuelle Analogskala (VAS) zur Ermittlung des Schmerzstatus erläutert.

In der Fachliteratur wird die Kombination des WOMAC mit dem SF-36 zur globalen Beurteilung der physischen Funktionsfähigkeit der unteren Extremität explizit empfohlen (Moock et al. 2009). Die Kombination dieser beiden Fragebögen wird nicht nur vielfach in der Überprüfung des Outcome nach primärer Knieprothesenimplantation verwendet (Bachmeier et al. 2001, Becker et al. 2011), sondern findet auch in großem Maße Anwendung bei der Evaluierung des Outcome nach erfolgter Revisionsoperation (Greidanus et al. 2011, Hartley et al. 2002, Kasmire et al. 2014, Malviya et al. 2012).

### 2.3.1 Short Form 36 Health Survey

Das zurzeit international am häufigsten angewandte psychodiagnostische Verfahren zur Erfassung der globalen Lebensqualität ist der Short Form (SF-) 36 Health Survey. Nachdem Monika Bullinger und Inge Kirchberger 1998 die deutsche Version mit der dazugehörigen Handanweisung publiziert haben, findet der SF-36 vielfach auch in deutschen Kliniken Anwendung (Franke 1998). Der Fragebogen besteht aus 36 geschlossenen Fragen (Items) welche 9 verschiedenen Konzepten (Subskalen) der subjektiv bewertenden Gesundheit zugeordnet sind (Bullinger und Kirchberger 1998, Franke 1998). Die Inhalte der im SF-36 erfassten Subskalen können Tabelle 6 entnommen werden.

Franke (1998) erklärt, dass sich die Subskalen 1-4 zu einer körperlichen Summenskala, die Skalen 5-8 zu einer psychischen Summenskala zusammenfassen lassen. Die unter Punkt 9 aufgeführte Frage zur Beurteilung der Gesundheit im Vergleich zum vergangenen Jahr geht nicht in die Skalenberechnung ein, da sie sich eher für die Individualdiagnostik eignet.

Die Handhabung und Bearbeitung des Fragebogens ist für die Patienten durch einfache und klar verständliche Fragestellungen leicht zu bewältigen. Sie haben die Aufgabe, auf einer zwei bis sechs Stufen umfassenden Antwortskala, die ihrem Erleben am ehesten zutreffende Antwort anzukreuzen. Die auf empirischen Studien basierende durchschnittliche Bearbeitungszeit beträgt etwa 10 Minuten.

Der SF-36 verfügt über ein sehr breites Einsatzspektrum, er eignet sich zur Untersuchung von sowohl gesunden als auch erkrankten Populationen ab einem Alter von 14 Jahren bis ins höchste Lebensalter. So gelingt es einen vom aktuellen Gesundheitszustand und Alter des Patienten unabhängigen Selbstbericht der gesundheitsbezogenen Lebensqualität zu erheben (Bullinger und Kirchberger 1998).

Tabelle 6: Inhalte der im SF-36 erfassten Subskalen

Konzept (Subskala)	Item-anzahl	Anzahl der Stufen	Inhalt der Subskalen
1. Körperliche Funktionsfähigkeit	10	21	Ausmaß, in dem der körperliche Gesundheitszustand Aktivitäten wie Selbstversorgung, Gehen, Treppen steigen, Bücken, Heben und mittelschwere oder anstrengende Tätigkeiten beeinträchtigt
2. Körperliche Rollenfunktion	4	5	Ausmaß, in dem der körperliche Gesundheitszustand die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigt, z.B. weniger schaffen als gewöhnlich, Einschränkungen in der Art der Aktivitäten oder Schwierigkeiten bestimmte Aktivitäten auszuführen
3. Körperliche Schmerzen	2	11	Ausmaß an Schmerzen und Einfluss der Schmerzen auf die normale Arbeit, sowohl im als auch außerhalb des Hauses
4. Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	5	21	Persönliche Beurteilung der Gesundheit, einschließlich des aktuellen Gesundheitszustands, zukünftige Erwartungen und Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen
5. Vitalität	4	21	Sich energiegeladener und voller Schwung fühlen versus müde und erschöpft sein
6. Soziale Funktionsfähigkeit	2	9	Ausmaß, in dem die körperliche Gesundheit oder emotionale Probleme normale, soziale Aktivitäten beeinträchtigen
7. Emotionale Rollenfunktion	3	4	Ausmaß, in dem die emotionalen Probleme die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigen; u.a. weniger Zeit aufbringen, weniger schaffen und nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten
8. Psychisches Wohlbefinden	5	26	Allgemeine psychische Gesundheit, einschließlich Depression, Angst, emotionale und verhaltensbezogene Kontrolle, allgemeine positive Stimmung
9. Veränderung der Gesundheit	1	5	Beurteilung des Gesundheitszustandes im Vergleich zum vergangenen Jahr

### 2.3.2 Western Ontario and McMaster Universities Arthroseindex

Zur ergänzenden Erfassung der Symptome und der physischen Funktionseinschränkung im Alltag von Arthrosepatienten eignet sich der WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Arthroseindex) als krankheitsspezifisches Messinstrument besonders gut. Dabei handelt es sich um einen validen und zuverlässigen Selbsteinschätzungsfragebogen, welcher sich zur Erhebung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität speziell von Patienten mit Arthrose der unteren Extremität eignet (Salaffi et al. 2005, Stucki et al. 1996). Durch ihn wird die Symptomatik und Funktionseinschränkung in nur einem definierten Gelenk erfasst.

Entwickelt wurde der Arthroseindex 1982 von Nicholas Bellamy. Im Laufe der Jahre wurde er mehrfach überarbeitet und in 65 Sprachen übersetzt (Mooch et al. 2009). In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass auch die adaptierte deutsche Version des WOMAC ein gültiges, zuverlässiges und verlaufempfindliches Messinstrument darstellt (Stucki et al. 1996).

Mit insgesamt 24 Fragen werden in drei Skalen die für Gonarthrosepatienten typische Schmerz- und Steifigkeitssymptomatik sowie die Einschränkung der physischen Funktionsfähigkeit erfasst (siehe Tabelle 7). Jede Frage wird den Patienten mit Antwortmöglichkeiten in Form einer numerischen Graduierungsskala von 0 bis 10 präsentiert. Null repräsentiert dabei das nicht Vorhandensein von Schmerz, Steifigkeit oder Schwierigkeiten bei körperlicher Aktivität und 10 die Extremsituation mit maximal vorstellbarem Schmerz, Steifigkeit und Schwierigkeiten bei körperlicher Aktivität.

Tabelle 7: Gliederung des WOMAC

Teil	Fragentyp	Itemanzahl
A	Schmerzfragen	5
B	Fragen zur Steifigkeit	2
C	Fragen zur körperlichen Tätigkeit	17

Bei den Schmerzfragen wird zwischen statischem und dynamischem sowie Nacht- und Ruheschmerz differenziert. Die Fragen zur Steifigkeit zielen auf den typischen morgendlichen Anlaufschmerz aber auch den Anlaufschmerz nach Ruhephasen im Tagesverlauf von Arthrosepatienten ab. Durch die Fragen zur körperlichen Aktivität soll das Ausmaß an Schwierigkeiten bei Alltagsaktivitäten aufgedeckt werden. Die abgefragten Aktivitäten umfassen Treppensteigen, Stehen, Gehen, Sitzen, Aufstehen, sich Bücken sowie komplexe Tätigkeiten in Form von Einkaufen und Hausarbeiten.

Auch das Ausfüllen des WOMAC benötigt nur wenige Minuten und kann vom Patienten eigenständig durchgeführt werden.

### **2.3.3 Zusatzfragen**

Zusätzlich zum SF-36 und dem WOMAC wurden die Patienten auf einem weiteren Bogen gebeten, mittels Visueller Analogskala (VAS), ihren in der letzten Woche empfundenen Schmerz darzustellen. Es handelt sich hierbei, ähnlich den Fragen des WOMAC, um eine 10 cm lange Skala auf der Null nicht vorhandenen Schmerz und 10 den maximal vorstellbaren Schmerz repräsentiert. Die Visuelle Analogskala ist ein in der Alloarthroplastik weit verbreitetes Verfahren zur Erhebung des Schmerzscore und findet vielfach Anwendung (Abrisham et al. 2014, Khanna et al. 2012, Papakostidou et al. 2012).

Abschließend sollte die Frage beantwortet werden, ob die Patienten sich im Nachhinein unter heutigen Gesichtspunkten wieder für einen Knieendoprothesenwechsel (die stattgehabte Revision) entscheiden würden.

Eine vollständige Darstellung aller verwendeten Fragebögen befindet sich im Anhang der Arbeit.

## 2.4 Statistische Auswertung der erhobenen Daten

Quantitative Größen wurden anhand von Mittelwert und Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie den Quartilen beschreibend dargestellt und mittels Kolmogorov-Smirnov-Test oder bei kleinen Fallzahlen mit dem Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft.

Bei signifikanten Abweichungen von einer Normalverteilung erfolgte der Vergleich zweier unabhängiger Stichproben, wie der Vergleich der Geschlechter oder der Einfluss eines Mehrfachwechsels auf die Skalen zur Lebensqualität (WOMAC und SF-36) mit dem U-Test, anderenfalls konnte der t-Test für unabhängige Stichproben eingesetzt werden. Um zu prüfen, inwieweit ein Zusammenhang zwischen Alter bzw. BMI und WOMAC bzw. SF-36-Skalen bestand, wurde aufgrund signifikanter Abweichungen von einer Normalverteilung eine Rang-Korrelationsanalyse nach Spearman angewendet. Es wurde stets zweiseitig getestet und ein Signifikanzniveau von 5% zugrunde gelegt. Eine Alpha-Adjustierung für multiples Testen fand nicht statt, die Ergebnisse haben demnach explorativen und beschreibenden Charakter. Für die Durchführung der statistischen Berechnungen wurde IBM SPSS Statistics 23 (SPSS Inc. an IBM Company, Chicago, IL) eingesetzt.

Zur graphischen Veranschaulichung wurden Histogramme, Boxplots, Dotplots, Pie Charts, sowie ein Flow Chart herangezogen. Ein Kaplan-Meier Diagramm fand bei der Darstellung der Überlebenszeiten verschiedener Prothesenmodelle Anwendung.

Die statistische Auswertung der SF-36 Fragebögen erfolgte anhand der von Bullinger und Kirchberger (1998) publizierten, dem Test zugehörigen Handanweisung.



### **3 Ergebnisse**

Der Ergebnisteil spiegelt die drei großen Fragestellungen dieser Arbeit wider und weist daher folgende Struktur auf: Initial werden die Ergebnisse des Aktenstudiums mit dem Schwerpunktthema der Versagensanalyse präsentiert. Es folgt die Darlegung der Befragungsergebnisse zum Therapie-Outcome sowie eine Korrelationsanalyse zur Überprüfung möglicher Einflussfaktoren auf das Revisionsergebnis.

#### **3.1 Ergebnisse des Aktenstudiums**

Bei der Auswertung der Patientenakten wurde der Fokus gelegt auf allgemeine, das Studienkollektiv beschreibende Fakten, die zu revidierenden Endoprothesenmodelle, die Indikationen für die Implantation der Primärendoprothese sowie die Prothesenstandzeiten. Darüber hinaus wurden die Revisionsindikationen und deren Abgleich mit präoperativ erhobenen (vor allem radiologischen) Befunden sowie der Nachuntersuchungszeitraum betrachtet.

##### **3.1.1 Zusammensetzung des Patientenkollektivs**

Das nach Anwendung der Ausschlusskriterien untersuchte Studienkollektiv umfasst  $n = 48$  Patienten und setzt sich aus 60 % Frauen ( $n = 29$ ) und 40 % Männern ( $n = 19$ ) zusammen. Einem Revisionseingriff wurden  $n = 26$  linke und  $n = 23$  rechte Kniegelenke unterzogen.

Grund für die initiale Prothesenversorgung war in  $n = 24$  Fällen eine primär idiopathische Arthrose. Die sekundären Gonarthrosen wurden begünstigt durch Achsabweichungen ( $n = 12$  Kniegelenke), rheumatisch-entzündliche Gelenkerkrankungen ( $n = 8$  Kniegelenke) sowie Traumata ( $n = 5$  Kniegelenke).

### 3.1.2 BMI- und Altersverteilung

Der mittlere Body-Mass-Index betrug zum Revisionszeitpunkt in der Gruppe der Frauen 29,4 kg/m<sup>2</sup> (22,9 - 39,8 kg/m<sup>2</sup>), bei den Männern waren es 30,4 kg/m<sup>2</sup> (26,7 - 37,3 kg/m<sup>2</sup>). Abbildung 11 zeigt die geschlechterspezifische Verteilung des BMI. Im Vergleich betrug der 1998 vom Robert Koch Institut (RKI) erhobene bundesweite BMI Durchschnitt 26,34 kg/m<sup>2</sup> bei den Frauen und 26,62 kg/m<sup>2</sup> bei den Männern. Als übergewichtig werden Personen mit einem BMI ab 25 kg/m<sup>2</sup> definiert, adipös sind jene mit einem BMI von 30kg/m<sup>2</sup> und mehr (Gesundheitsberichterstattung des Bundes 2015).

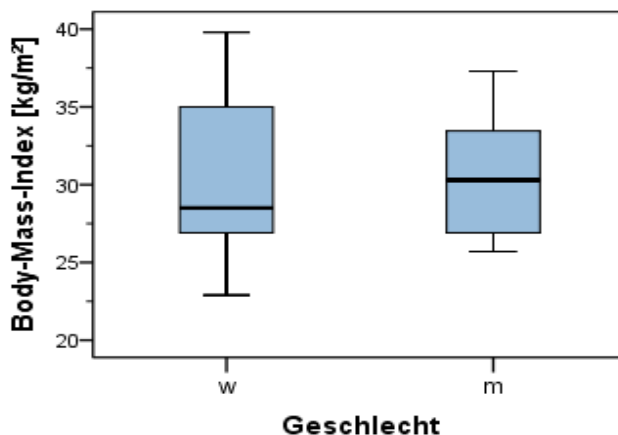


Abbildung 11: Verteilung des Body-Mass-Index

Zum Zeitpunkt der primären Knieendoprothesenimplantation belief sich das Durchschnittsalter auf 59,7 Jahre. Dabei betrug die Altersspanne 58 (27-85) Jahre. Abbildung 12 verdeutlicht die Verteilung der Altersdaten zum Zeitpunkt der Primärimplantation.

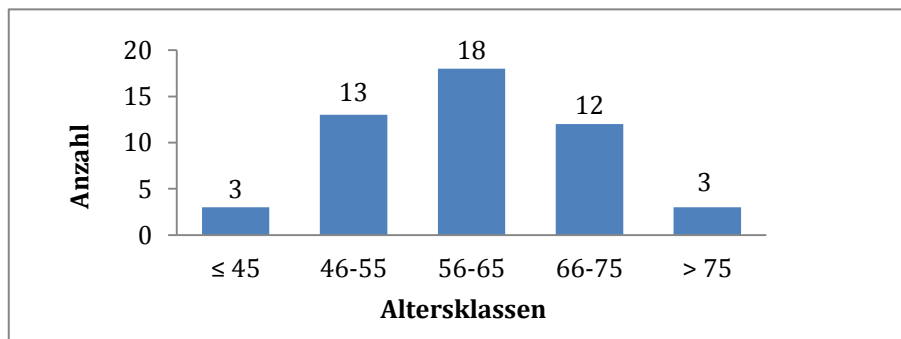


Abbildung 12: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Primärimplantation

Zum Zeitpunkt des Revisionseingriffs in der UMG erstreckte sich die Altersspanne des Patientenkollektivs auf einen Bereich von 46 Jahren des jüngsten Patienten bis zu 86 Jahren, welche der älteste Patient innehielt. Das mittlere Alter betrug zu diesem Zeitpunkt 64,8 Jahre.

Abbildung 13 zeigt die Altersverteilung zum Zeitpunkt der Revisionsoperation.

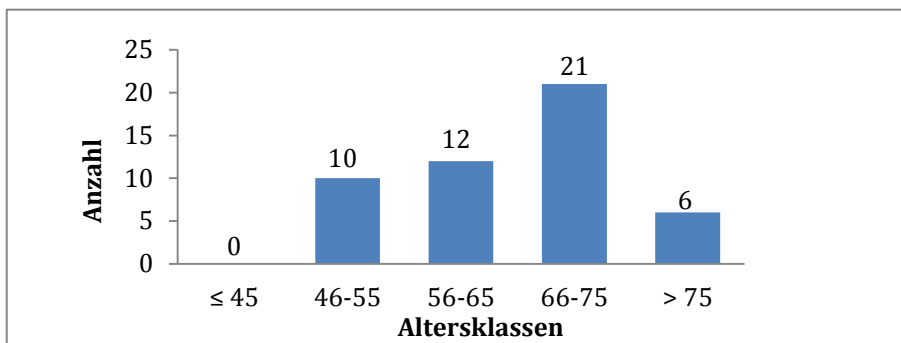


Abbildung 13: Altersverteilung zum Revisionszeitpunkt

### 3.1.3 Einteilung der revidierten Prothesenmodelle

In den Jahren von Januar 2003 bis August 2010 stellten innerhalb des untersuchten Kollektivs Revisionen an primär implantierten bicondylären Oberflächenersatzprothesen mit  $n = 34$  Eingriffen die größte Gruppe dar, gefolgt von  $n = 11$  Revisionen an primär unicondylären Endoprothesen. Am wenigsten revidiert wurden in diesem Zeitraum primär gekoppelte Scharnierendoprothesen, an diesem Modell fanden  $n = 2$  Wechseloperationen statt. Abbildung 14 gibt die prozentuale Verteilung der revidierten Primärendoprothesen wieder.

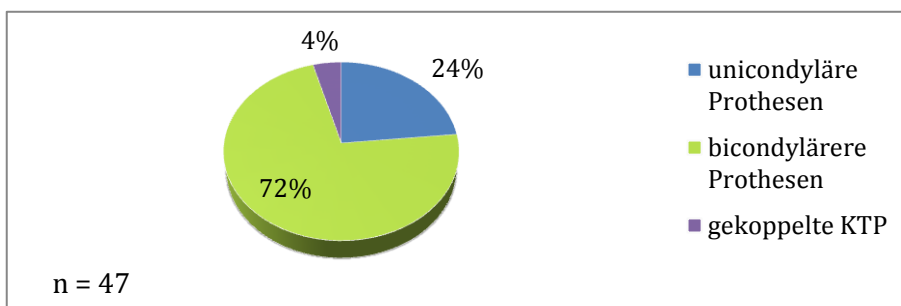


Abbildung 14: Der Revision in der UMG zugeführte Primärendoprothesen

Zwei Primärendoprothesen, welche bereits vor dem oben genannten Untersuchungszeitraum einer Revisionsoperation unterzogen wurden und erst für die Re-Revision der orthopädischen Abteilung der UMG zugeführt wurden verteilen sich auf je eine unicondyläre und eine bicondyläre Knieprothese.

Die in der UMG revidierten unicondylären Prothesen (n = 11) wurden größtenteils (n = 9 Fälle) durch gekoppelte Scharnierendoprothesen ersetzt. Die übrigen n = 2 unicondylären Prothesen wurden gegen bicondyläre OFE-Endoprothesen ausgetauscht. Aus der Gruppe der bicondylären OFE-Endoprothesen konnten n = 7 Patienten erneut mit diesem Prothesenmodell versorgt werden, während der Großteil (n = 27) in eine gekoppelte KTP überführt wurde. Da der Wechsel auf ein künstliches Kniegelenk geringeren Kopplungsgrades nicht möglich ist, wurden beide gekoppelten KTPs durch ein typgleiches Modell ersetzt.

Einen Überblick über die in der UMG erfolgten primären Endoprothesenwechsel verschafft Tabelle 8.

Tabelle 8: Art des primären Endoprothesenwechsels

Endoprothesenwechsel			Fallzahl
unicondyläre Prothese	→	bicondyläre Prothese	2
unicondyläre Prothese	→	gekoppelte KTP	9
bicondylären Prothese	→	bicondyläre Prothese	7
bicondylären Prothese	→	gekoppelte KTP	27
gekoppelten KTP	→	gekoppelte KTP	2

Einem mehrfachen Endoprothesenwechsel wurden insgesamt  $n = 6$  Patienten unterzogen. Dieses Kollektiv setzt sich aus den beiden bereits extern revidierten Patienten und  $n = 4$  Patienten zusammen, welche nach der primären Revision in der UMG einem erneuten Prothesenwechsel zugeführt werden mussten.

Eine vollständige Darstellung aller erfolgten Revisionsoperationen einschließlich der jeweiligen Prothesenmodelle zeigt Abbildung 15.

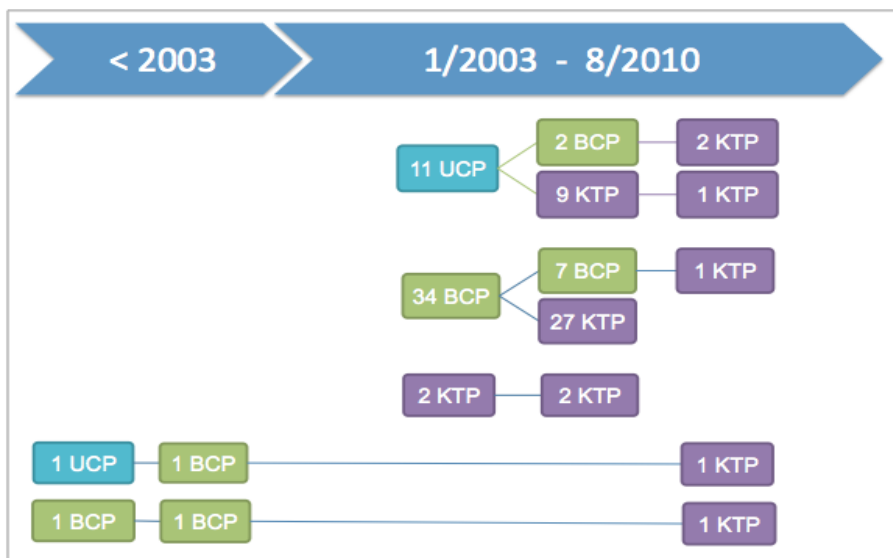


Abbildung 15: Überblick aller erfolgten Revisionseingriffe  
 UCP = unicondyläre Prothese, BCP = bicondyläre Prothese,  
 KTP = (gekoppelte) Knie totalendoprothese

### 3.1.4 Prothesenstandzeiten

Bei der Betrachtung des Zeitraums bis zur Revisionsoperation zeigte sich eine über alle Prothesenmodelle gemittelte Standzeit der Primärendoprothesen von 61,3 Monaten. Dabei belief sich die durchschnittliche Liegedauer der unicondylären Prothesen auf 72,1 (2 - 287) Monate. Bei Eliminierung des Ausreißers von 287 Monaten Standzeit ergibt sich eine durchschnittliche Einliegedauer dieses Prothesenmodells von 52,5 Monaten, welches 4,4 Jahren entspricht.

Die durchschnittliche Standzeit der bicondylären Oberflächenersatzprothesen belief sich auf 50,1 (5 - 156) Monate, bei den gekoppelten Scharnierprothesen waren es im Mittel 193,5 (165 – 222) Monate, welches 16,1 Jahren entspricht. Eine übersichtliche Darstellung der Standzeiten unterteilt nach Prothesenmodell zeigt Abbildung 16.

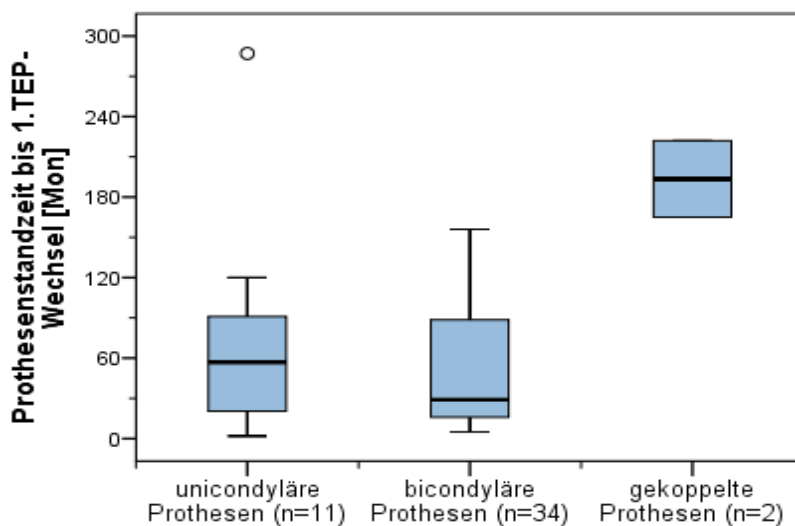


Abbildung 16: Prothesenstandzeit bis zur Revisionsoperation

Bei  $n = 22$  Patienten (44,9 %) erfolgte der Endoprothesenwechsel innerhalb der ersten drei Jahre nach der Primärimplantation. Diese Zahl der sog. Frühversager verteilt sich auf  $n = 4$  unicondyläre und  $n = 18$  bicondyläre Prothesen, welches 36,4 % der unicondylären Knieendoprothesen und 52,9 % der bicondylären Oberflächenersatzendoprothesen entspricht. Die beiden primär gekoppelten Totalendoprothesen zeigten dagegen ein extrem langes Überleben ohne Frühversagen.

Abbildung 17 illustriert anhand eines Kaplan-Meier-Diagramms die kumulierte Liegedauer der drei verschiedenen primär implantierten Prothesenmodelle. Die gestrichelte Hilfslinie kennzeichnet den 36. Monat nach der Primärimplantation und verdeutlicht den großen Anteil frühzeitig versagender Endoprothesen.

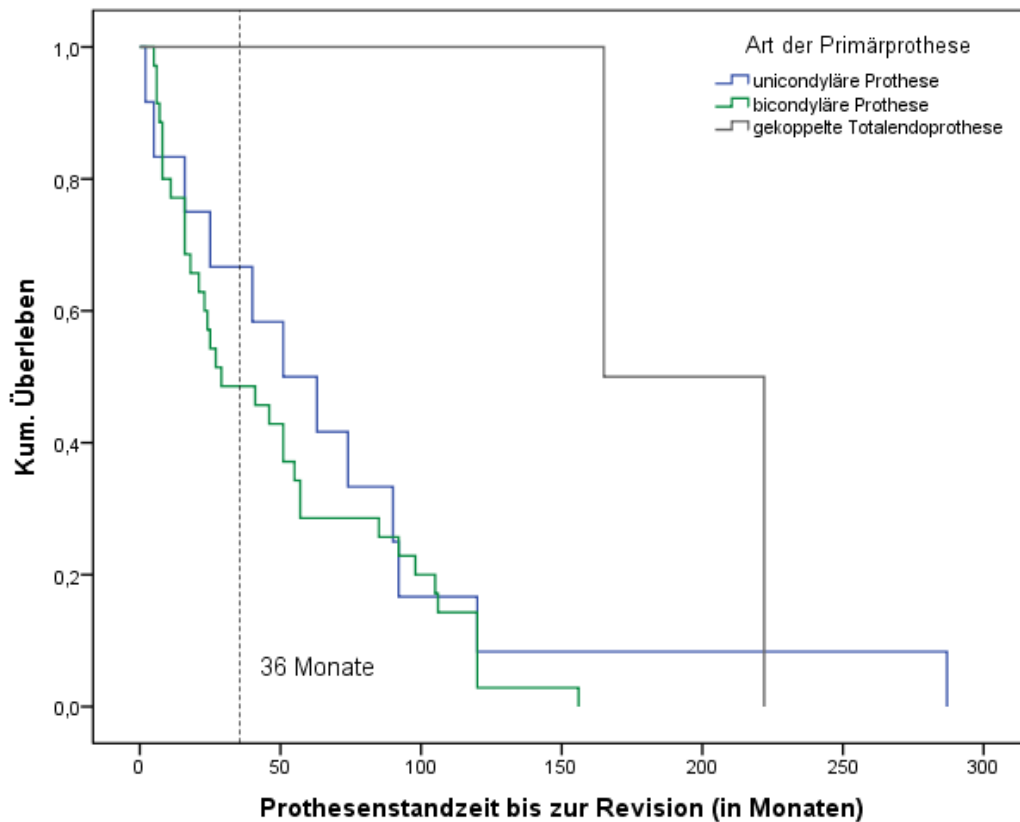


Abbildung 17: Prothesenstandzeiten nach Prothesenmodell

Werden die „Frühversager“ noch einmal genauer betrachtet, so stellt man in dieser Gruppe eine durchschnittliche Liegedauer der Primärendoprothese von 15 Monaten (2 - 29 Monate) fest. Zwei der frühzeitig revidierten Prothesen mussten im weiteren Verlauf (nach 17 und 19 Monaten) erneut ausgetauscht werden. Die Revisionsindikationen der Gruppe der Frühversager werden im dazugehörigen Unterkapitel 3.1.5.2 betrachtet.

### 3.1.5 Versagensursachen

Innerhalb der vorliegenden Arbeit wurden die Versagensursachen unterteilt in aseptische Prothesenlockerungen, Malrotation und / oder Fehlposition von Prothesenkomponenten, periprothetische Frakturen sowie Gelenkinstabilitäten und persistierende Schmerzen (vgl. Tabelle 9). Periprothetische Infektionen wurden aufgrund des Studiendesigns und der besonderen Entität dieser Versagensursache nicht berücksichtigt.

Da ein Versagensmechanismus mitunter den anderen bedingt, sind bei der hier vorgenommenen Einteilung Mehrfachnennungen möglich. Die mit Abstand häufigste Indikation für die in der UMG erfolgten Revisionsoperationen stellt die aseptische Prothesenlockerung mit  $n = 37$  Fällen dar. Alle Fälle aseptischer Prothesenlockerungen wurden bereits präoperativ mit Hilfe von radiologischen Untersuchungen diagnostiziert und bestätigten sich intraoperativ. Persistierenden Schmerzen mit histologisch gesicherter Synovialitis begünstigten bei  $n = 23$  Patienten den Entscheid für die Wechseloperation. Darüber hinaus lag bei  $n = 22$  Patienten eine Malrotation oder Fehlposition der Komponenten vor und  $n = 18$  Patienten klagten über eine Instabilität des Kniegelenks. Weitere  $n = 4$  Endoprothesen mussten nach einer periprothetischen Fraktur ersetzt werden.

Tabelle 9: Verteilung der Versagensursachen

Versagensursache	Fallzahl
Aseptische Prothesenlockerung	37
Persistierende Schmerzen / Synovialitis	23
Malrotation /Fehlposition der Komponenten	22
Instabilität des Kniegelenks	18
Periprothetische Fraktur	4

#### 3.1.5.1 Einteilung nach Prothesenmodell

Bei den verschiedenen primär implantierten und erstmalig in der UMG revidierten Prothesentypen lassen sich unterschiedliche Häufigkeiten der Versagensursachen erkennen. Abbildung 18 zeigt die Verteilung der Revisionsindikationen der unicondylären und bicondylären (inklusive der gekoppelte Endoprothesenmodelle) in einem gemeinsamen Schaubild. Für die



vorliegende Einteilung wurde für jeden Revisionseingriff eine Hauptindikation festgelegt.

Die hier betrachtete Fallzahl beläuft sich auf  $n = 47$  Revisionseingriffe. Zwei Revisionseingriffe wurden nicht berücksichtigt, da es sich bei der in der UMG erfolgten Revision bereits um den zweiten Endoprothesenwechsel handelte.

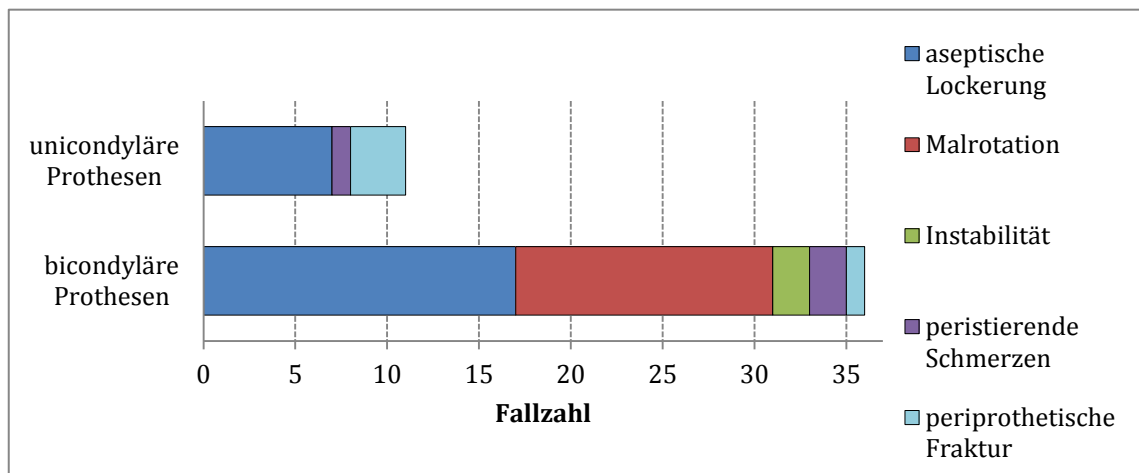


Abbildung 18: Revisionsindikationen der Primärendoprothesen

### 3.1.5.2 Einteilung nach Standzeit

Betrachtet man die Gruppe der frühzeitig versagenden Endoprothesen (< 36 Monate), zeigt sich eine deutlich abweichende Verteilung. Während die Analyse der Versagensmechanismen, unabhängig von Prothesenmodell und Standzeit, die aseptische Prothesenlockerung als mit Abstand häufigste Revisionsindikation ergab, führten bei frühzeitigem Versagen der bicondylären Prothesen vor allem malrotiert bzw. malpositioniert eingebrachte Komponenten ( $n = 12$ ) zur erforderlichen Wechseloperation.

Die genaue Aufteilung der Indikationen für die innerhalb von 36 Monaten nach der Indexoperation erfolgten Revisionseingriffe lassen sich der Abbildung 19 entnehmen.

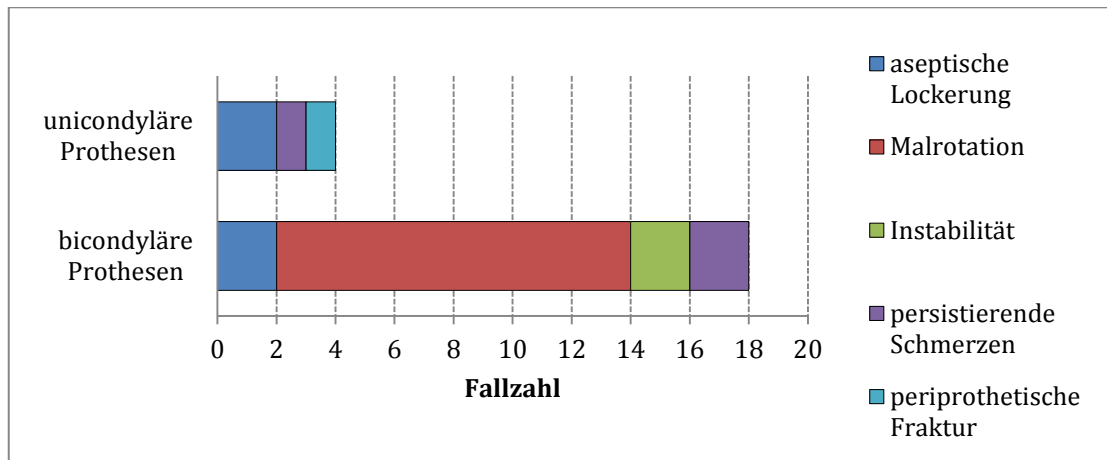


Abbildung 19: Revisionsindikationen der Primärendoprothesen bei frühzeitigem Prothesenversagen (<36 Monate)

### 3.1.6 Mehrfacher Endoprothesenwechsel

Bei insgesamt  $n = 6$  Studienteilnehmern (12,2 %) wurden Mehrfachrevisionen im Sinne eines zweimaligen kompletten Endoprothesenwechsels mit Austausch der tibialen und femoralen Komponente durchgeführt. Bei  $n = 4$  Patienten erfolgten beide Revisionseingriffe innerhalb des Beobachtungszeitraums in der UMG.

Bei der Primärendoprothese handelte es sich in  $n = 4$  Fällen um ein unicondyläres Modell und in  $n = 2$  Fällen um eine bicondyläre OFE-Prothese. Die Indikation für den ersten Endoprothesenwechsel wurde in fast allen Fällen ( $n = 5$ ) aufgrund einer aseptischen Prothesenlockerung gestellt. Darüber hinaus wurde eine unicondyläre Endoprothese aufgrund von persistierenden Schmerzen ausgetauscht, am ehesten hervorgerufen durch Arthroseprogress im kontralateralen Kompartiment. Fast alle Prothesen wurden zunächst gegen einen bicondylären OFE ausgetauscht, lediglich in einem Fall erfolgte der Einbau einer gekoppelten Scharnierendoprothese. Bei der Re-Revision erfolgte stets die Implantation einer gekoppelten (meist „Rotating Hinge“) Endoprothese. Grund für den erneuten Wechsel der bereits revidierten Endoprothese war in  $n = 3$  Fällen eine erneute Lockerung der Prothese, in  $n = 2$  Fällen konnte eine Malrotation festgestellt werden und in einem Fall führten Gelenkinstabilität und Schmerzen zur Re-Revision.

Die durchschnittliche Standzeit der Primärendoprothese belief sich auf 103 (7 – 287) Monate. Die Standzeit bis zum zweiten Endoprothesenwechsel betrug im Mittel 34 (17 - 84) Monate. Einen Überblick über die einzelnen Standzeiten und Modelle der mehrfach revidierten Endoprothesen ermöglicht Tabelle 10.

Tabelle 10: Prothesenstandzeiten bei Mehrfachrevisionen

1. Prothese	Standzeit		2. Prothese	Standzeit		3. Prothese
UCP	25 Monate	→	BCP	19 Monate	→	KTP
UCP	2 Monate	→	KTP	21 Monate	→	KTP
UCP	286 Monate	→	BCP	37 Monate	→	KTP
UCP	51 Monate	→	BCP	26 Monate	→	KTP
BCP	7 Monate	→	BCP	17 Monate	→	KTP
BCP	156 Monate	→	BCP	84 Monate	→	KTP
Verwendung findende Abkürzungen: UCP = unicondyläre Prothese, BCP = bicondyläre Prothese, KTP = (gekoppelte) Knie totalendoprothese						

Das Alter dieser Patientengruppe mit mehrfachem Endoprothesenwechsel betrug zum Zeitpunkt der Primärimplantation im Durchschnitt 54 (46 – 64) Jahre, zum Zeitpunkt des ersten Prothesenwechsels 62 (46 – 72) Jahre und zur Re-Revision in der UMG 65 (48 - 75) Jahre.

## 3.2 Ergebnisse der Patientenbefragung

Das Intervall zwischen dem Zeitpunkt der Revisionsoperation und dem Follow-up in Form der Datenerhebung mittels Fragebögen belief sich im Mittel auf 49 Monate. Der kürzeste Nachuntersuchungszeitraum belief sich dabei auf 13 Monate, der längste auf 101 Monate. Die unicondylären Endoprothesen wurden durchschnittlich 52,3 Monate, die bicondylären OFE-Endoprothesen 48,1 Monate und die gekoppelten Scharnierendoprothesen 41,5 Monate nachuntersucht.

Die Befragung konnte an  $n = 36$  Patienten des Studienkollektivs durchgeführt werden, die sich in einen Anteil von  $n = 21$  Frauen (58,3 %) und  $n = 15$  Männer (41,7 %) gliedern. Aus der Gruppe der mehrfach revidierten Patienten erklärten sich  $n = 4$  Patienten (11,1 % der Befragten) bereit an der Outcome-Überprüfung teilzunehmen.

Es folgt die Darlegung der Befragungsergebnisse aus den Fragebögen Short Form 36 Health Survey (SF-36) und Western Ontario and McMaster Universities Arthroseindex (WOMAC). Anschließend werden die Ergebnisse des Zusatzfragebogens zur Ermittlung des Schmerzstatus mittels VAS sowie zur Erhebung der rückwirkenden Bewertung des Revisionsentscheids präsentiert.

### 3.2.1 SF-36 Health Survey

Die Follow-up-Ergebnisse des Short Form 36 Health Survey sind zusammenfassend in Tabelle 11 dargestellt. Erfasst wurden die 8 Subskalen des Fragebogens sowie die daraus abgeleitete körperliche und psychische Summenskala. Für jede Skala wurden der Mittelwert, die Standardabweichung, der Minimal- und Maximalwert sowie die Quartile ermittelt. Während niedrige Werte einen schlechten Status repräsentieren sind hohe Werte mit bis zu 100 Punkten mit einem sehr guten Ergebnis assoziiert.

Es zeigt sich, dass das untersuchte Kollektiv in der körperlichen Summenskala deutlich schlechtere Ergebnisse erzielt als in der psychischen Summenskala.

Tabelle 11: Follow-up-Ergebnisse des Short Form 36 Health Survey

Skala	Fallzahl	Mittelwert	SD	Min.	Max.	Quartile		
						25.	50. (Median)	75.
<b>KÖFU</b>	36	33,89	23,82	0,00	100,00	16,25	30,00	48,75
<b>KÖRO</b>	36	12,50	27,06	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
<b>KÖSC</b>	36	37,53	19,85	0,00	100,00	22,00	41,00	51,00
<b>AGES</b>	36	45,53	18,33	10,00	87,00	35,00	40,00	60,75
<b>KSK</b>	36	29,28	8,00	16,95	52,36	23,46	29,39	33,98
<b>VITA</b>	36	45,14	16,41	15,00	85,00	35,00	47,50	55,00
<b>SOFU</b>	36	63,19	26,72	0,00	100,00	50,00	62,50	87,50
<b>EMRO</b>	36	36,11	47,39	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
<b>PSYC</b>	36	60,67	20,27	24,00	100,00	44,00	60,00	75,00
<b>PSK</b>	36	45,36	13,21	26,55	69,46	34,26	43,57	56,81

Abgebildet sind die acht Subskalen sowie die Körperliche und Psychische Summenskala (farblich hervorgehoben)  
 Abkürzungen:  
 KÖFU = Körperliche Funktionsfähigkeit, KÖRO = Körperliche Rollenfunktion, KÖSC = Körperliche Schmerzen,  
 AGES = Allgemeine Gesundheitswahrnehmung,  
 VITA = Vitalität, SOFU = Soziale Funktionsfähigkeit, EMRO = Emotionale Rollenfunktion, PSYC = Psychisches  
 Wohlbefinden, KSK = Körperliche Summenskala, PSK = Psychische Summenskala

In der körperlichen Summenskala wurden vom Kollektiv durchschnittlich 29,28 Punkte erreicht. Diese Skala setzt sich zusammen aus der körperlichen Funktionsfähigkeit (33,89 Punkte), der körperlichen Rollenfunktion (12,50 Punkte), den körperlichen Schmerzen (37,53 Punkte) sowie der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung (45,53 Punkte).

Bei der psychischen Summenskala, welche sich aus den Subskalen Vitalität (45,14 Punkte), soziale Funktionsfähigkeit (63,19 Punkte), emotionale Rollenfunktion (36,11 Punkte) und dem psychischen Wohlbefinden (60,67 Punkte) berechnen lässt, erreichten die befragten Patienten einen Mittelwert von 45,36 Punkten.

Über die zusammenfassende Betrachtung der Subskalen hinaus eignen sich die beiden Summenskalen besonders gut für den im Rahmen der Diskussion durchgeführten Literaturvergleich.

In den Abbildungen 20 und 21 wird die Verteilung der von den Patienten vergebenen Punktwerte der einzelnen Subskalen sowie der beiden Summenskalen des SF-36 veranschaulicht.

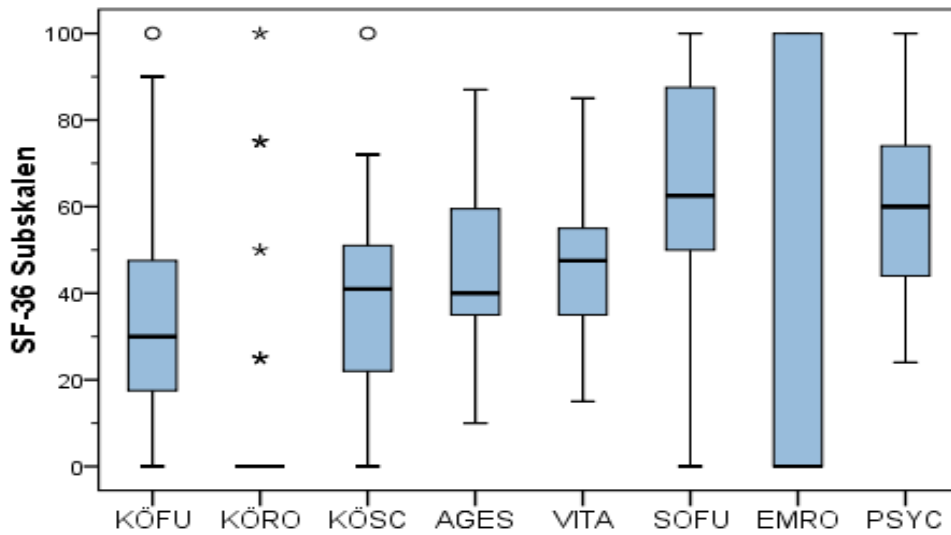


Abbildung 20: SF-36 Subskalen Befragungsergebnisse Gesamtkollektiv

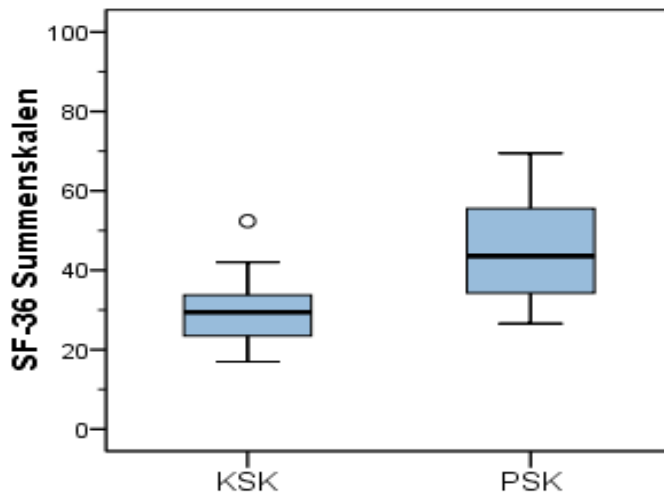


Abbildung 21: SF-36 Summenskalen Befragungsergebnisse Gesamtkollektiv

### 3.2.2 WOMAC

Insgesamt wurden für den Western Ontario and McMaster Universities Arthroseindex von jedem Patienten 24 Fragen beantwortet, welche sich den Kategorien Schmerz, Gelenksteifigkeit und Schwierigkeiten bei körperlicher Aktivität zuordnen lassen. Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 100 Punkte. Anders als beim SF-36 spiegeln hohe Punktwerte hier einen schlechten Zustand des Kniegelenks wider. In der Kategorie Schmerz vergaben die befragten Patienten im Durchschnitt 35,05 Punkte. Die Mittelwerte für die Steifigkeit des Kniegelenks sowie für die Schwierigkeiten bei körperlicher Aktivität betrugen 45,27 und 43,46 Punkte. Für den Gesamtscore des WOMAC ergab sich ein Mittelwert von 41,86 Punkten. Das Boxplot-Diagramm der Abbildung 22 verdeutlicht die Punkteverteilung in den einzelnen Kategorien.

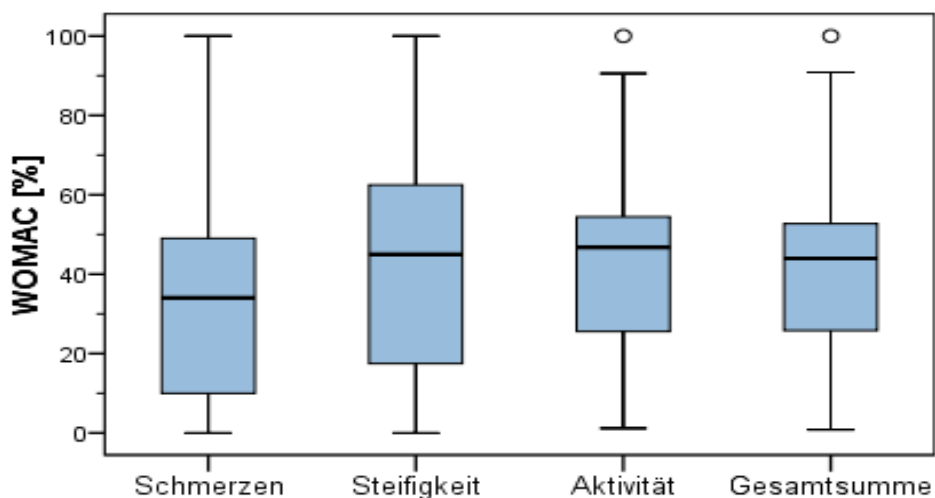


Abbildung 22: WOMAC Befragungsergebnisse Gesamtkollektiv

Eine detailliertere Darstellung der WOMAC Ergebnisse, inklusive Mittelwert, Standardabweichung, Minimal- und Maximalwert sowie den Quartilen zeigt Tabelle 12.

Tabelle 12: Befragungsergebnisse WOMAC

Kategorie	Fallzahl	Mittelwert	SD	Min.	Max.	Quartile		
						25.	50. (Median)	75.
Schmerz	36	35,05	26,57	0,00	100,00	10,00	34,00	49,50
Steifigkeit	36	45,27	28,43	0,00	100,00	16,25	45,00	63,75
Körperliche Aktivität	36	43,46	23,95	1,18	100,00	24,85	46,76	54,56
Gesamt	36	41,86	23,49	0,83	100,00	24,58	43,96	53,44

### 3.2.3 Zusatzfragen

Mit Hilfe des Zusatzfragebogens wurde die aktuelle Schmerzsituation mittels einer Visuellen Analogskala sowie die Patientenzufriedenheit anhand der Frage, ob sich die Patienten im Nachhinein wieder für den erfolgten Revisionseingriff entscheiden würden, ermittelt.

#### 3.2.3.1 VAS

Die Visuelle Analogskala zur Erfassung der Schmerzintensität zum Zeitpunkt der Befragung zeigt eine große Streubreite der erhobenen Antworten. Bei einer mittleren Schmerzintensität von 5 gaben die weiblichen Studienteilnehmer im Durchschnitt mehr Schmerzen im Bereich des revidierten Kniegelenks an als die männlichen. Es ergibt sich ein Skalenmittelwert von 6 in der Gruppe der Frauen und 4 bei den Männern. Die Verteilung der erhobenen Antworten wird durch Abbildung 23 illustriert.

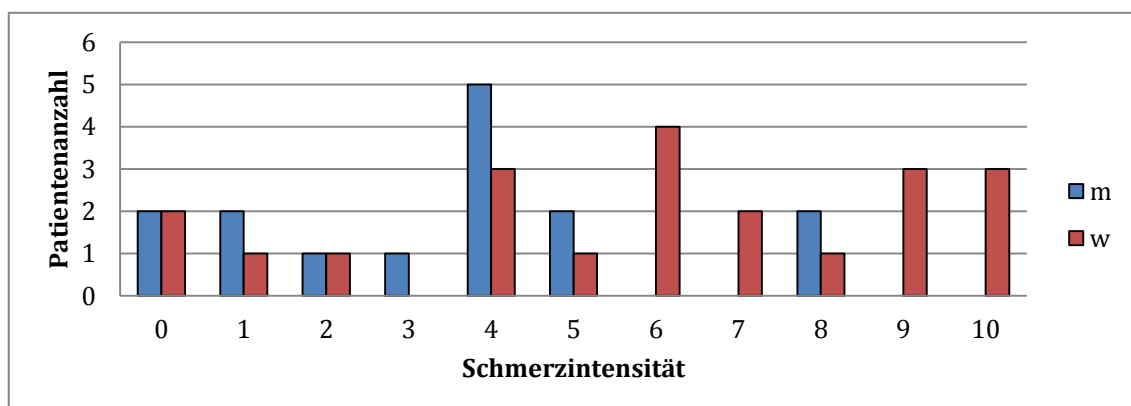


Abbildung 23: VAS Befragungsergebnisse Gesamtkollektiv



### 3.2.3.2 Bewertung der Revisionsentscheidung

Zum Abschluss der Outcome-Evaluierung wurden die Patienten gebeten, die Frage zu beantworten, ob sie sich im Nachhinein wieder für die erfolgte Revisionsoperation entscheiden würden. Demnach würden sich  $n = 28$  Patienten (78 %) dem Revisionseingriff erneut unterziehen, während  $n = 6$  Patienten (17 %) dies ablehnen. Unentschlossen zeigten sich  $n = 2$  Patienten (5 %) und ergänzten selbstständig die Antwortmöglichkeit „vielleicht“ auf dem Fragebogen. Die prozentuale Verteilung der Antworten wird in Abbildung 25 graphisch veranschaulicht.

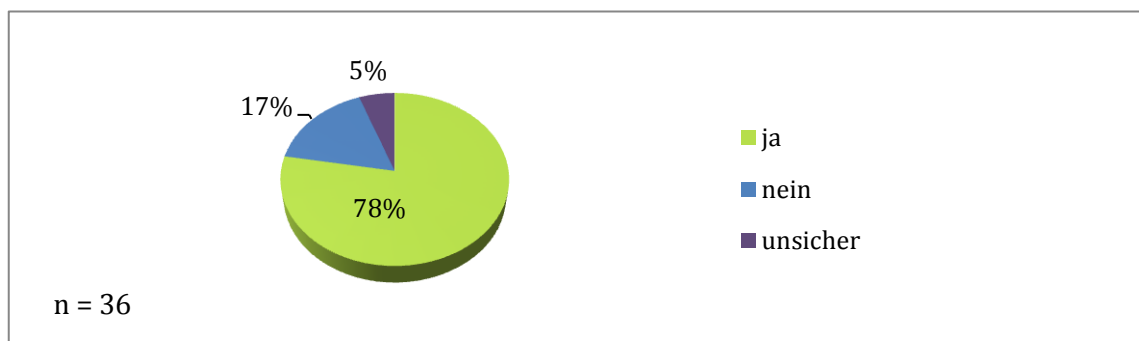


Abbildung 24: Entscheidung bzgl. der Wiederholung des Revisionseingriffs

Betrachtet man die Geschlechter getrennt voneinander, so wird ersichtlich, dass sich die Studienteilnehmerinnen etwas häufiger für die Wiederholung des Revisionseingriffs entschieden haben. 81 % der Frauen ( $n = 17$ ) würden sich retrospektiv erneut für den Wechsel der Endoprothese entscheiden,  $n = 2$  Frauen (9,5 %) lehnten dies ab und  $n = 2$  zeigten sich unentschlossen. Das männliche Kollektiv würde sich zu 73,3 % ( $n = 11$ ) erneut operieren lassen,  $n = 4$  Patienten (26,7 %) dieser Gruppe verneinten die Frage.

### 3.3 Überprüfung möglicher Einflussfaktoren auf das Revisions-Outcome

Anhand einer Korrelationsanalyse wird im Folgenden der Einfluss des Patientenalters, des Body-Mass-Index, des Geschlechts, der Revisionsindikation sowie des Vorliegens eines mehrfachen Endoprothesenwechsels auf das Revisions-Outcome überprüft.

Im Anhang findet sich eine tabellarische Darstellung der ermittelten Daten.

#### 3.3.1 Alter und BMI

Bei der Überprüfung des möglichen Einflussfaktors Patientenalter zeigten sich signifikante Unterschiede im Outcome hinsichtlich besserer Befragungsergebnisse bei den älteren Patienten. Diese erzielten sowohl in 5 der 8 Subskalen des SF-36 (Körperliche Schmerzen, Allgemeine Gesundheitswahrnehmung, Vitalität, Soziale Funktionsfähigkeit und Psychisches Wohlbefinden) als auch in der psychischen Summenskala signifikant bessere Ergebnisse als die jüngeren Patienten des Studienkollektivs. Exemplarisch zeigt Abbildung 25 den linearen Zusammenhang zwischen Patientenalter und psychischer Summenskala.

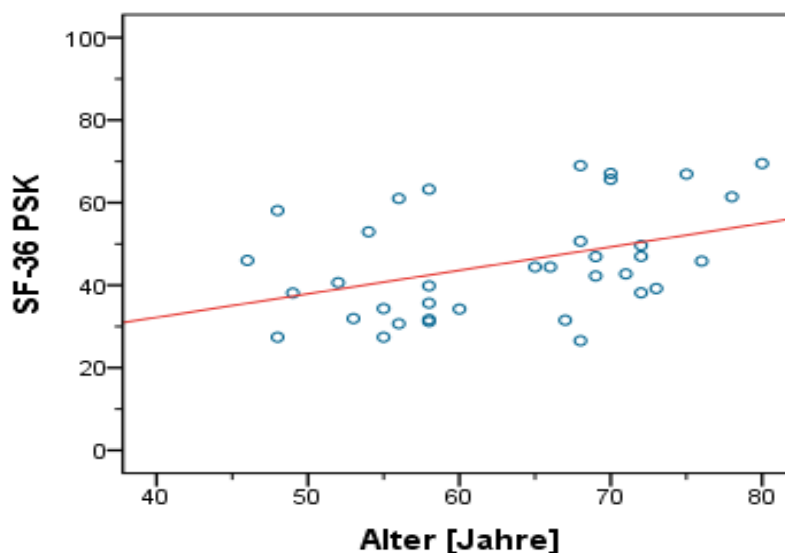


Abbildung 25: SF-36 Psychische Summenskala Korrelation Alter

Bei der Korrelationsanalyse zwischen dem Patientenalter der körperlichen Summenskala sowie den WOMAC Resultaten konnten hingegen keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (vgl. Abbildung 26 und Abbildung 27).

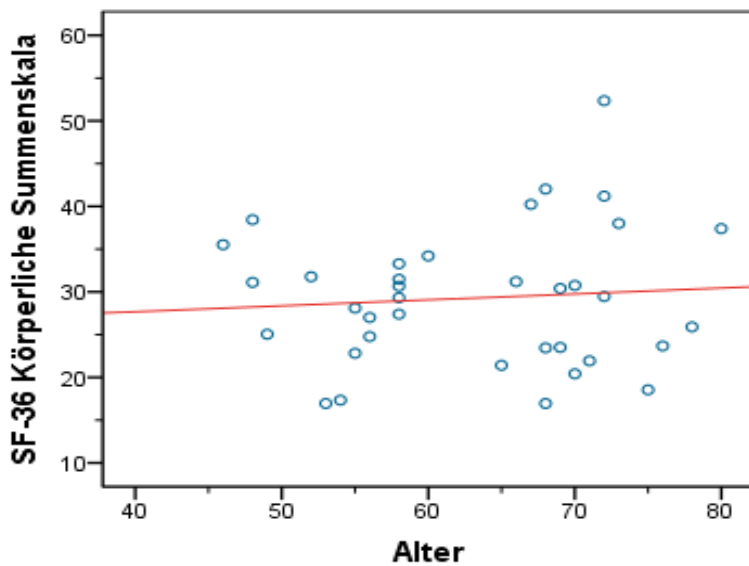


Abbildung 26: SF-36 Körperliche Summenskala Korrelation Alter

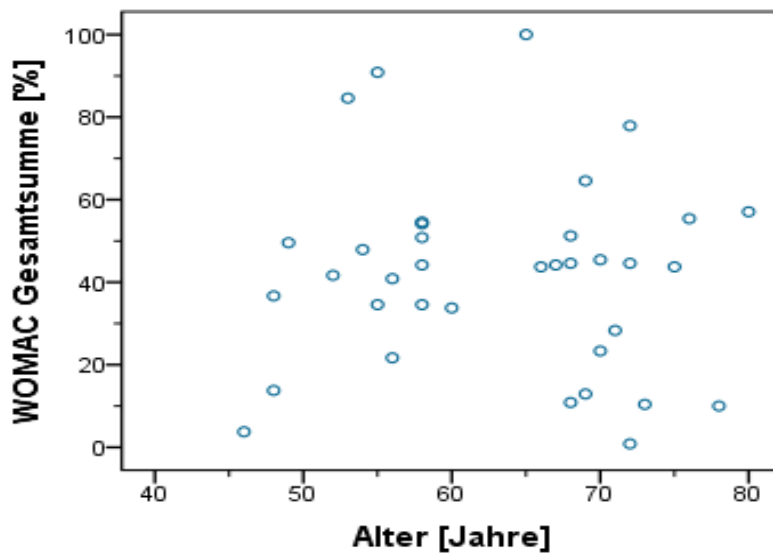


Abbildung 27: WOMAC-Gesamtscore Korrelation Alter

Bei der näheren Betrachtung des BMI als Einflussfaktor auf das Revisionsergebnis zeigten die schwereren Patienten deutliche schlechtere Befragungsergebnisse als die leichteren Patienten.

In der WOMAC-Kategorie Gelenksteifigkeit erwies sich der Unterschied als signifikant ( $p=0,007$ ). In den übrigen beiden WOMAC-Subskalen, dem WOMAC-Gesamtscore, der psychischen Summenskala des SF-36 sowie den SF-36-Subskalen körperliche Rollenfunktion und psychisches Wohlbefinden wurden nennenswerte Korrelationskoeffizienten von  $|R| > 0,2$  erreicht.

Abbildung 28 zeigt die Korrelation zwischen BMI und dem WOMAC-Gesamtscore.

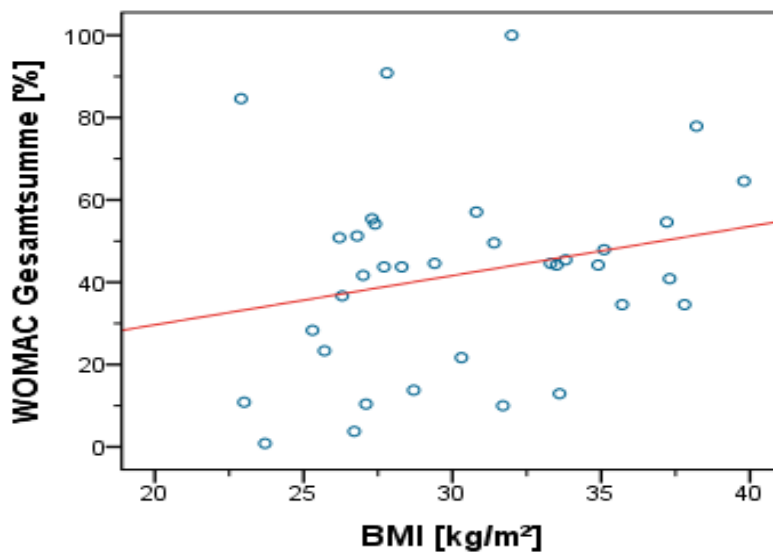


Abbildung 28: WOMAC-Gesamtscore Korrelation BMI

### 3.3.2 Geschlecht

Hinsichtlich des Geschlechts erzielten die männlichen Patienten ( $n = 15$ ) im Durchschnitt ein etwas besseres Ergebnis nach erfolgter Revisionsoperation als die weiblichen Patienten ( $n = 21$ ).

In 6 von 8 Subskalen des SF-36 (Vitalität, Soziale Funktionsfähigkeit, Psychisches Wohlbefinden, Körperliche Schmerzen, Allgemeine Gesundheitswahrnehmung und Emotionale Rollenfunktion) sowie der psychischen Summenskala vergaben die Männer höherer Punktwerte. In der körperlichen Summenskala sowie den Subskalen körperliche Funktionsfähigkeit und körperlichen Rollenfunktion schnitten die Frauen etwas besser ab als die Männer. Ein signifikanter Geschlechterunterschied ließ sich in dem SF-36 jedoch nicht nachweisen. Abbildung 29 zeigt die geschlechterspezifische Verteilung der SF-36 Summenskalen.

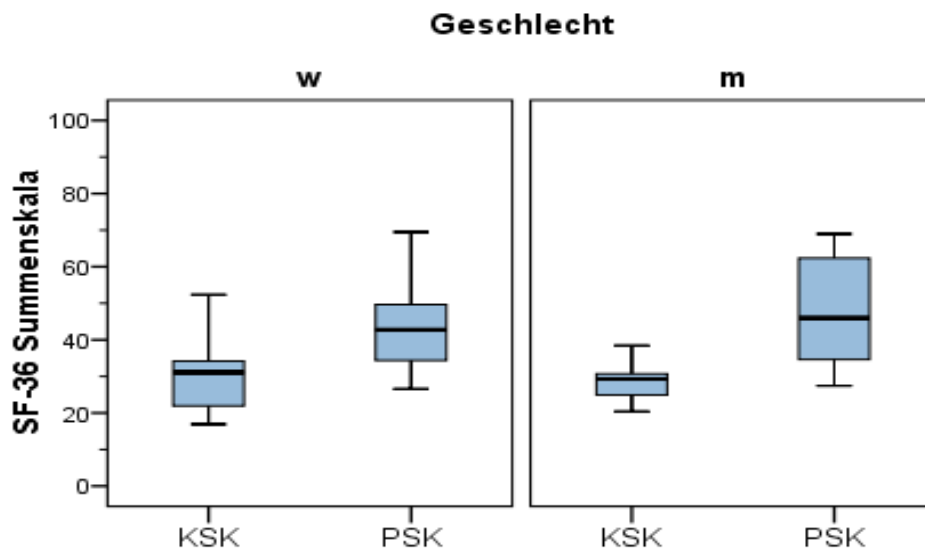


Abbildung 29: SF-36-Summenskalen geschlechtsspezifisch

Auch beim WOMAC erzielten die männlichen Patienten die besseren Resultate. In allen drei Unterkategorien sowie dem Gesamtscore des WOMAC zeigt sich ein besseres Ergebnis. Die Steifigkeit des Kniegelenks erwies sich bei den Frauen als signifikant höher im Vergleich zu den Männern ( $p=0,030$ ). Darüber hinaus konnten zwischen beiden Geschlechtern jedoch keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Den Abbildungen 30 und 31 sind die

geschlechterspezifischen Resultate der WOMAC-Subskalen sowie des Gesamtscores zu entnehmen.

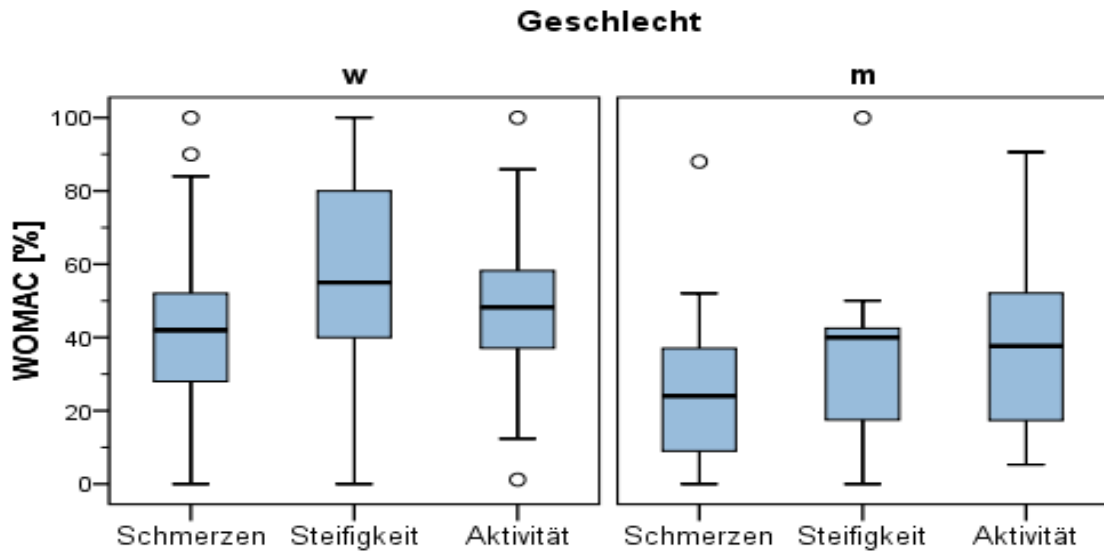


Abbildung 30: WOMAC-Subskalen geschlechtsspezifisch

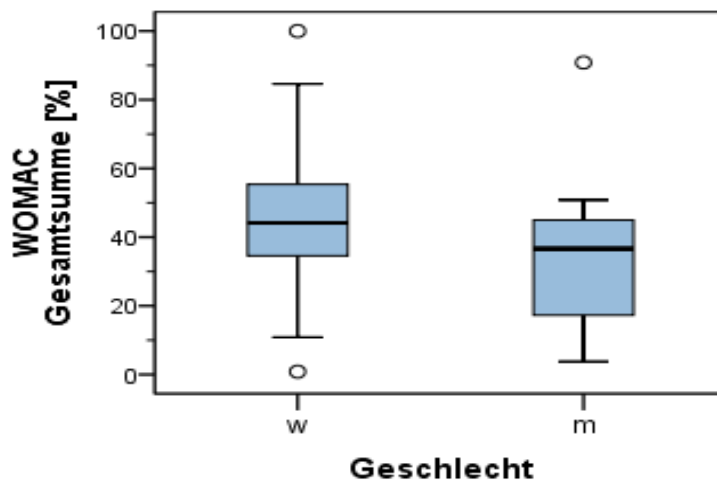


Abbildung 31: WOMAC-Gesamtscore geschlechtsspezifisch

### 3.3.3 Mehrfacher Endoprothesenwechsel

Aus der Gruppe der Patienten mit mehrfach stattgehabtem Endoprothesenwechsel ( $n = 6$ ) erklärten sich  $n = 4$  Patienten bereit an der Befragung zur Evaluierung des Outcome teilzunehmen.

Beim SF-36 zeigten sich sowohl in den Sub- als auch in den Summenskalen nur geringfügige, nicht signifikante Unterschiede zwischen einfach und mehrfach revidierten Patienten. Die erzielten Mittelwerte der körperlichen Summenskala (29,24 Punkte) und der psychischen Summenskala (29,95 Punkte) sind in beiden Gruppen nahezu identisch (siehe Abb. 32).

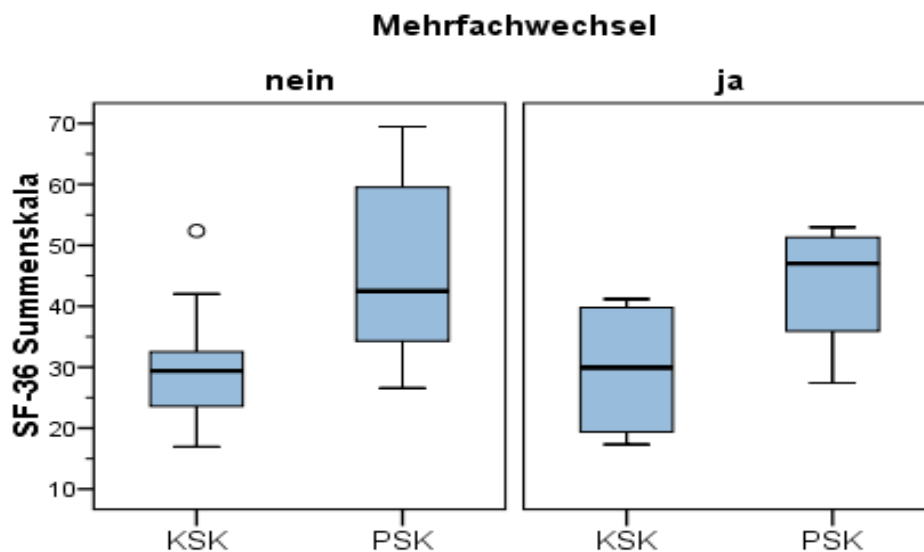


Abbildung 32: SF-36-Summenskalen Vergleich Einfach- und Mehrfach revidierte Patienten

Im kniespezifischen WOMAC dagegen zeigten die Befragten mehrfach revidierten Patienten durchgehend schlechtere Ergebnisse als die Patienten nach primärer Revisionsoperation.

Hinsichtlich der körperlichen Aktivität und im Gesamtscore unterscheiden sich die Patienten mit Mehrfachwechsel signifikant von denen ohne ( $p = 0,041$  und  $p = 0,030$ ). In den Kategorien Schmerz und Gelenksteifigkeit erwies sich der Unterschied als nicht signifikant ( $p = 0,240$  und  $p = 0,051$ ). Eine graphische Darstellung des Einflussfaktors Mehrfachwechsel auf den WOMAC zeigen die Abbildungen 33 und 34.

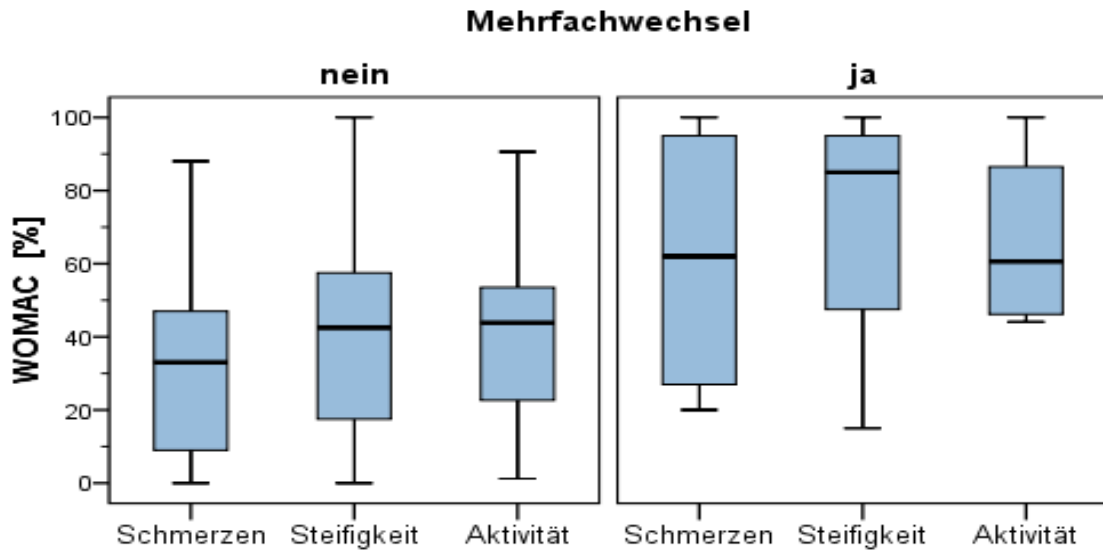


Abbildung 33: WOMAC-Subskalen Vergleich Einfach- und Mehrfach revidierte Patienten

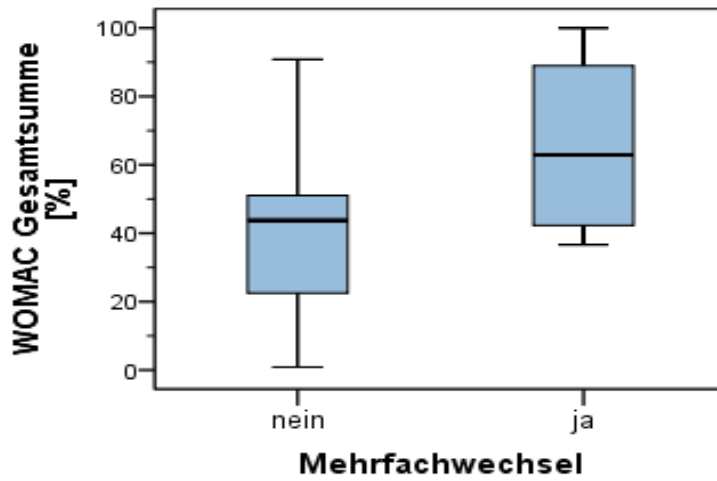


Abbildung 34: WOMAC-Gesamtscore Vergleich einfach- und mehrfach revidierte Patienten



### 3.3.4 Revisionsindikation

Die Einteilung der Patienten nach der Indikation für den erfolgten Revisionseingriff führt zu einer sehr inhomogenen Patientenaufteilung mit zum Teil sehr geringer Fallzahl pro Gruppe. Während  $n = 20$  der befragten Patienten aufgrund einer aseptischen Prothesenlockerung revidiert wurden, waren es in den Gruppen mit Gelenkinstabilität und periprothetischer Fraktur als Revisionsindikation jeweils nur  $n = 2$  Patienten. Jeweils  $n = 6$  der befragten Patienten wurden aufgrund von Malrotation von Prothesenkomponenten oder persistierenden Schmerzen einem Prothesenwechsel zugeführt.

Da bei einer zu kleinen Fallzahl keine Korrelationsanalyse zwischen Revisionsindikation und Revisionsergebnis möglich ist, erfolgte eine rein deskriptive Statistik für die beiden angewandten Fragebögen SF-36 und WOMAC.

Die graphische Darstellung der Befragungsergebnisse im Hinblick auf die Revisionsindikation erfolgt mit Hilfe der Abbildungen 35-37.

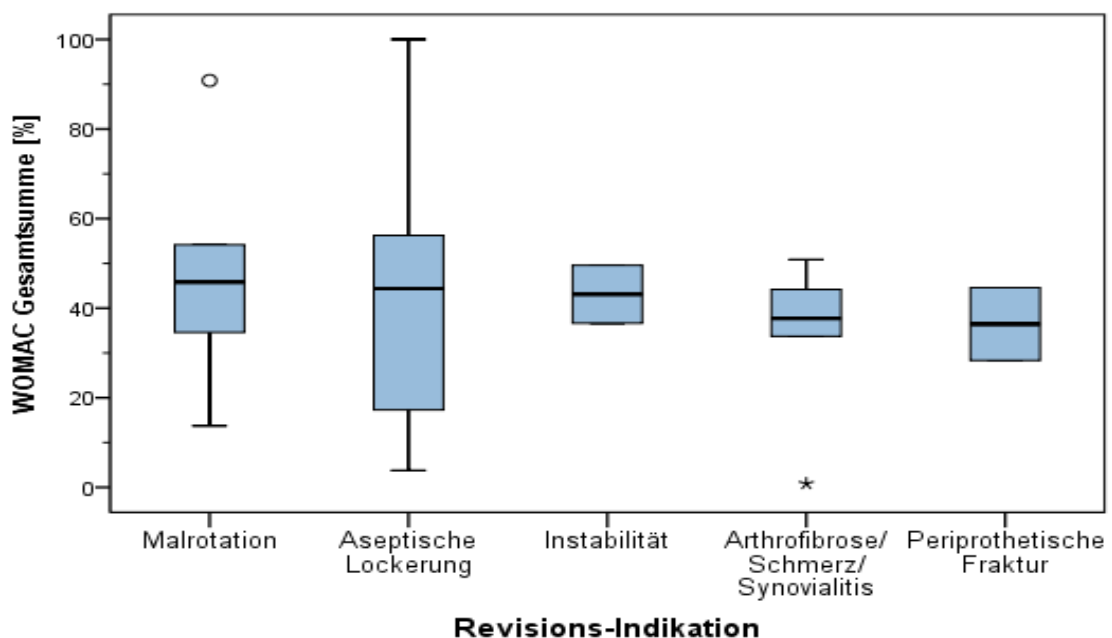


Abbildung 35: WOMAC-Gesamtscore nach Revisionsindikation

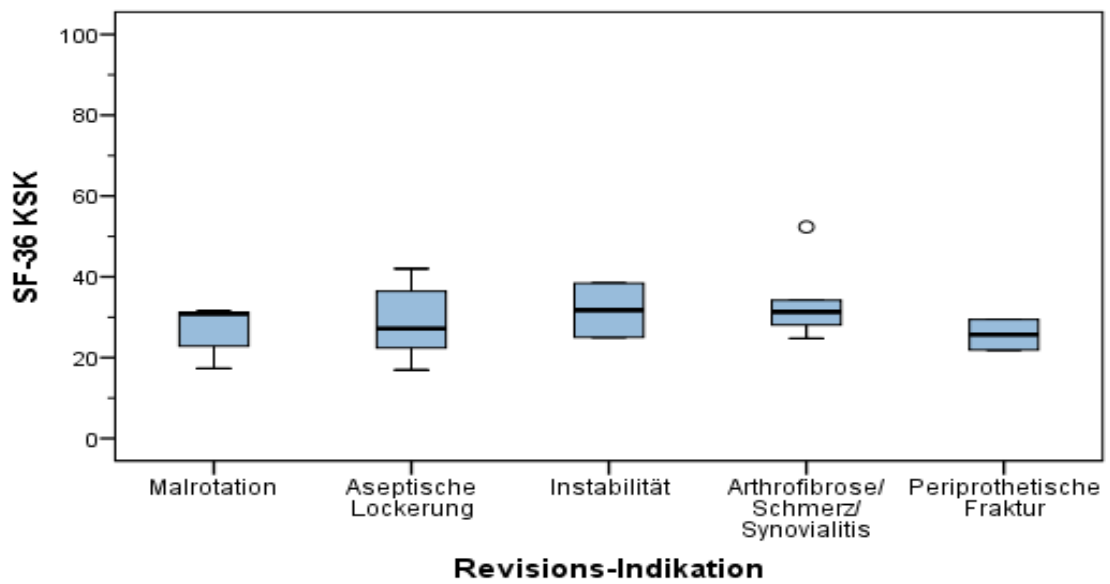


Abbildung 36: SF-36 Körperlichen Summenskala nach Revisionsindikation

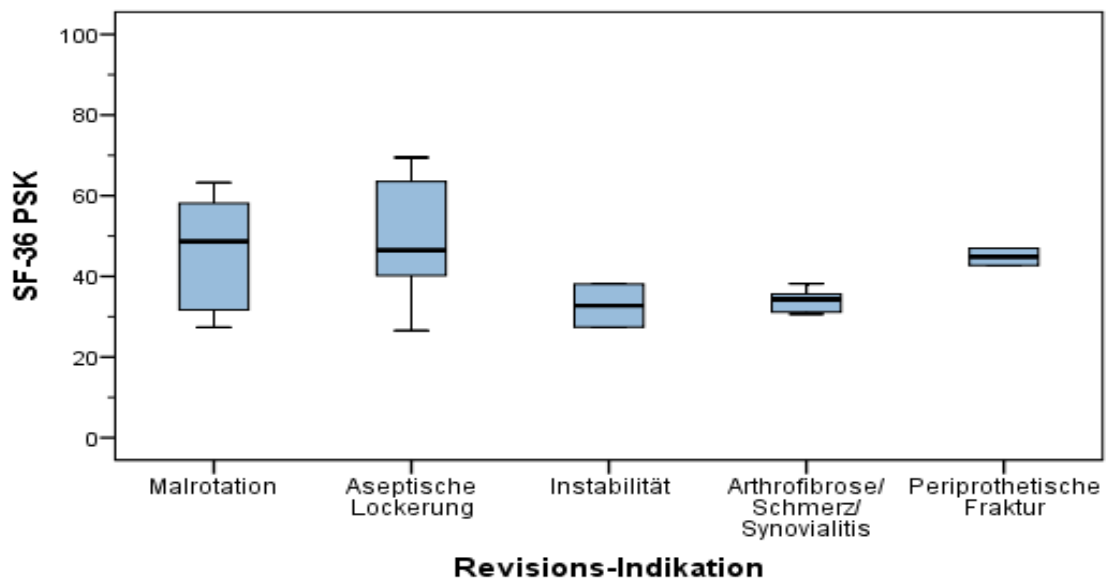


Abbildung 37: SF-36 Psychischen Summenskala nach Revisionsindikation

## 4 Diskussion

Die Analyse der Revisionsoperationen innerhalb der vorliegenden Studie zeigt deutliche Unterschiede zwischen frühem und spätem Endoprothesenversagen. Die Hauptindikationen für einen Endoprothesenwechsel innerhalb der ersten 3 Jahre nach der Primärimplantation stellen Malposition bzw. Malrotation von Prothesenkomponenten dar. Bei spätem Prothesenversagen wurde die Wechselindikation sowohl bei den unicondylären als auch den bicondylären Knieendoprothesen am häufigsten aufgrund einer aseptischen Lockerung gestellt.

Bei der Outcome-Evaluierung mittels SF-36 und WOMAC konnten nach erfolgter Revisionsoperation signifikante Unterschiede im Outcome hinsichtlich des Patientenalters, des BMI sowie des Geschlechts festgestellt werden.

In der Gesamtheit sind die Befragungsergebnisse nach der Wechseloperation schlechter als nach einer Primärimplantation. Dies wird insbesondere nach Auswertung der verwendeten Scores zu körperlicher Aktivität und Schmerz des WOMAC deutlich. Darüber hinaus steigt die Wahrscheinlichkeit eines erneuten Prothesenwechsels nach erfolgter Revisionsoperation deutlich an. Durch kürzere Standzeiten bis zu Re-Revision kommt es zu einem überproportionalen Anstieg der Revisionsoperationen im Vergleich zu den Indexoperationen. Das Kollektiv der mehrfach revidierten Patienten zeigt dabei im Vergleich zu den einfach revidierten signifikant schlechtere Ergebnisse in der Befragung.

Vor dem Hintergrund einer in den vergangenen Jahren kontinuierlichen Steigerung der Anzahl implantierter KTPs mit in den USA zukünftig mehr als 3 Millionen Primärimplantationen pro Jahr (Kurtz et al. 2007) kommt es schon jetzt zu einem stetigen Anstieg der Revisionsoperationen. Dabei zeigt eine neue Studie eine signifikant höhere Rate von Revisionen in Kliniken mit geringen Implantationszahlen (Incavo et al. 2007).

Im Rahmen der Diskussion werden die innerhalb der vorliegenden Studie erhobenen Daten nun noch einmal differenziert betrachtet und den Ergebnissen vergleichbarer aktueller Untersuchungen gegenübergestellt.

## 4.1 Patientenkollektiv und Versagensanalyse

Hinsichtlich des Patientenkollektivs zeigt sich beim Blick in die Literatur und der genaueren Betrachtung jener Studien, welche sich mit der Versagensanalyse von Knieendoprothesen beschäftigen, eine sehr ähnliche Verteilung der epidemiologischen Daten. Erkennbar stellt die vorliegende Untersuchung hinsichtlich der Geschlechter- sowie der Altersverteilung ein repräsentatives Kollektiv dar. Betrachtet man die Geschlechterverteilung zeigt sich in der vorliegenden Studie ein Verhältnis der Frauen zu den Männern von 60 zu 40 Prozent. Die Vergleichsarbeiten bestätigen das Überwiegen weiblicher Patienten und weichen maximal 7 Prozentpunkte ab (exemplarisch sei hier die Studie von Mulhall et al. (2006) mit einem Anteil von 53 % Frauen und 47 % Männern genannt).

Das durchschnittliche Patientenalter innerhalb der Vergleichsstudien liegt mit 67,7 Jahren 2,9 Jahre über dem Durchschnitt des eigenen Studienkollektivs und bewegt sich innerhalb der Vergleichsstudien von 65,8 Jahren (Bozic et al. 2010) bis zu 68,7 Jahren (Mulhall et al. 2006).

Auch der Body-Mass-Index kann für Vergleiche herangezogen werden. Die männlichen Patienten zeigten einen einheitlichen BMI von 30,3 – 30,8 innerhalb der verschiedenen Studien. Bei den Frauen lagen die BMI-Werte der Vergleichsstudien mit 33 Punkten etwa 4 Punkte über denen der vorliegenden Studie. Dies entspricht einer Gewichts Differenz von 10,2 kg bei einer Frau von 160 cm Größe. Den Vergleich der epidemiologischen Daten verschiedener Studienkollektive ermöglicht Tabelle 13.

Tabelle 13: Epidemiologischer Datenvergleich der Studienkollektive

Studie	Geschlechterverteilung in % (w:m)	Durchschnittliches Patientenalter (Jahre)	Durchschnittlicher BMI in kg/m <sup>2</sup> (w:m)
Sharkey et al. (2002)	63 : 37	68,6	33,2 : 30,3
Mulhall et al. (2006)	53 : 47	68,7	33,1 : 30,8
Bozic et al. (2010)	58 : 42	65,8	k. A.
Vorliegende Studie	60 : 40	64,8	29,4 : 30,4

Die Altersverteilung der Patienten innerhalb der vorliegenden Studie zeigt, dass nahezu jeder dritte Patient zum Zeitpunkt der Primärimplantation jünger als 55 Jahre alt war. Bereits im Jahre 1996 stellten Fuchs und Jerosch die These auf, dass die Ursache hierfür in der Veränderung der Indikationsstellung der Prothesenimplantation, mit zunehmendem Anteil der Patienten mit rheumatisch oder traumatisch bedingtem Gelenkverschleiß, liege. In jener Studie beträgt das Alter jedes fünften Patienten weniger als 60 Jahre (Fuchs und Jerosch 1996). Auch Kirschner et al. (2006) bemerken eine, aus epidemiologischer Sicht augenfällige Ausweitung der operativen Versorgung auf junge sowie auf sehr alte Patienten. Vor allem die Ausweitung auf ein jüngeres Patientenkollektiv scheint einen Anstieg der Revisionseingriffe zu bewirken, denn gerade hier werden kürzere Prothesenstandzeiten beobachtet. Lützner et al. (2011) aus derselben Dresdener Arbeitsgruppe, erklären die Altersabhängigkeit der Revisionsraten mit der geringeren Aktivität älterer Patienten und der damit einhergehenden geringeren Belastung der Endoprothese. Der negative Effekt schlechterer Knochenqualität auf die Implantatverankerung im höheren Alter scheint die geringere Beanspruchung dabei mehr als auszugleichen. Gerade bei jüngeren Patienten sollten aufgrund des höheren Revisionsrisikos die Möglichkeiten von gelenkerhaltenden Maßnahmen vor der Implantation einer Knieendoprothese unbedingt ausgeschöpft werden (Lützner et al. 2011).

Die Literaturangaben bezüglich der durchschnittlichen Standzeiten von Knieendoprothesen differieren von Autorengruppe zu Autorengruppe, jedoch wird allgemein von sehr guten Langzeitergebnissen und Standzeiten von über 95 % nach 10 Jahren berichtet (Kim et al. 2012, Lützner et al. 2011, Patil et al. 2013, Perka et al. 2006).

Innerhalb der vorliegenden Untersuchung belief sich die über alle Endoprothesenmodelle gemittelte Standzeit auf 61,3 Monate (5,1 Jahre). Dabei zeigten die unicondylären Knieendoprothesen eine durchschnittliche Einliegezeit von 72,1 Monaten (6 Jahren). Bei Nichtbeachtung des Ausreißers mit einer Standzeit von 287 Monaten ergibt sich eine durchschnittliche Einliegezeit von nur 52,5 Monaten (4,4 Jahren). Die in der Literatur beschriebene gängige Standzeit eines solchen Prothesenmodells beträgt jedoch 7 - 8 Jahren (Chatellard et al. 2013, Emerson und Higgins 2008,

O'Donnell und Neil 2010). Die äußerst kurze Standzeit von 2 Monaten innerhalb der unicondylären Prothesen ist dabei auf eine periprothetische Fraktur zurückzuführen.

Die bicondylären Oberflächenersatzprothesen wurden im Mittel 50,1 Monate (4,2 Jahre) nach der Primärimplantation revidiert. Somit liegt die Standzeit dieses Prothesenmodells innerhalb dieser Untersuchung weit unter der in der Literatur verbreiteten durchschnittlichen Standzeit von 10 – 15 Jahren (Kim et al. 2012, Lützner et al. 2011, Patil et al. 2013, Perka et al. 2006). Innerhalb dieser Studie lassen sich die kürzesten Standzeiten der bicondylären Endoprothesen (zwischen 5 und 8 Monaten) alle auf fehlpositionierte bzw. malrotiert eingebrachte Komponenten zurückführen.

Bei den gekoppelten Scharnierendoprothesen betrug die Standzeit im Mittel 193,5 Monate (16,1 Jahre). In der Literatur wurde bereits mehrfach von ähnlich langen Standzeiten berichtet (Böhm und Holy 1998, Steckel et al. 2005), jedoch erscheint das hier betrachtete Kollektiv aufgrund der geringen Fallzahl in dieser Gruppe wenig repräsentativ.

Die Einteilung in frühes und spätes Endoprothesenversagen mit unterschiedlicher Schwerpunktverteilung der Revisionsindikationen findet in der Literatur immer mehr Verbreitung. Exemplarisch seien die Studien von Fehring et al. 2001, Mulhall et al. 2006, Narkbunnam und Chareancholvanich 2012 sowie Sharkey et al. 2002 genannt.

Auch in der vorliegenden Untersuchung zeigen sich Differenzen in der Häufigkeitsverteilung der einzelnen Versagensmechanismen hinsichtlich des Versagenszeitpunktes. Während die frühen Revisionseingriffe, innerhalb der ersten 36 Monate nach der Indexoperation, hauptsächlich aufgrund malrotierter oder malpositionierter Komponenten durchgeführt werden mussten, erfolgten die späteren Revisionseingriffe in der überwiegenden Zahl der Fälle nach aseptischer Lockerung der Endoprothesen.

Der Zeitraum, innerhalb dessen von frühem Prothesenversagen gesprochen wird, wird durch die verschiedenen Studien bisher unterschiedlich definiert. Während Mulhall et al. (2006) und Sharkey et al. (2002) alle Revisionseingriffe innerhalb der ersten 2 Jahre als früh einstufen, sind es bei Fehring et al. (2001) alle Revisionseingriffe innerhalb der ersten 5 Jahre nach der Indexoperation.

Narkbunnam und Chareancholvanich (2012) definieren frühes Prothesenversagen als dasjenige, welches innerhalb von 3 Jahren auftritt.

In der vorliegenden Studie sind die frühen Fehlschläge von insgesamt  $n = 22$  Patienten (44,9 %) innerhalb der ersten 3 Jahre nach Primärimplantation bemerkenswert. Der gewählte Zeitraum von 3 Jahren stellt dabei einerseits den Mittelweg im Vergleich mit den bereits erwähnten Studien dar, andererseits beruht diese Entscheidung auf der Verteilung der Prothesenstandzeiten in der vorliegenden Studie. Innerhalb der ersten 24 Monate nach der Primärimplantation erfolgten bereits  $n = 18$  der insgesamt  $n = 49$  Revisionseingriffe. In dem Zeitraum von 24 - 36 Monaten kam es zum Versagen von weiteren 5 Endoprothesen, welches die Anzahl der Frühversager um weitere 10 % erhöht.

Mulhall et al. (2006) teilen 31 % und Sharkey et al. (2002) 55,6 % der Revisionseingriffe in die Gruppe der Frühversager ein. In der Studie von Fehring et al. (2001) sind es, bedingt durch den länger gewählten Zeitraum, sogar 63 % der Revisionseingriffe. In diesen Untersuchungen wurden periprothetische Infektionen, welche zum Versagen von Endoprothesen führten eingeschlossen.

Innerhalb der Gruppe der Frühversager der vorliegenden Studie betrug die durchschnittliche Liegedauer der Primärendoprothesen 15 (2 - 29) Monate. Von Sharkey et al. (2002) werden die durchschnittlichen Standzeiten der Frühversager mit 14,4 Monaten, von Mulhall et al. (2006) mit 11 Monaten und von Fehring et al. (2001) mit 22,9 Monaten angegeben.

Bezüglich der Revisionsindikationen in der Gruppe des frühen Prothesenversagens kommen alle drei Vergleichsstudien zu dem Schluss, dass periprothetische Infektionen den Hauptgrund früher Revisionseingriffe darstellen. Um jedoch eine bessere Vergleichbarkeit mit der vorliegenden Arbeit zu ermöglichen, wurden die Fälle periprothetischer Infektionen innerhalb der Gruppe der Frühversager aus der Betrachtung ausgeklammert und die Prozentwerte neu berechnet. Einen Vergleich der sich mit frühzeitigem Endoprothesenversagen beschäftigenden Studien ermöglicht Tabelle 14.

Tabelle 14: Vergleich der Studien frühen Prothesenversagens  
(periprothetische Infektionen wurden nicht berücksichtigt)

Studie	Definition des frühen Versagenszeitpunktes	Anteil der Frühversager	Durchschnittliche Prothesenstandzeit
Fehring (2001)	< 5 Jahre	39,5 %	22,9 Monate
Sharkey (2002)	< 2 Jahre	41,5%	14,4 Monate
Mulhall (2006)	< 2 Jahre	23,3 %	11,0 Monate
Vorliegende Studie	< 3 Jahre	44,9 %	15,0 Monate

Sharkey et al. (2002) werten in ihrer retrospektiven Studie  $n = 212$  Revisionseingriffe aus, von denen abzüglich periprothetischer Infektionen  $n = 88$  als früh klassifiziert wurden. Zu den häufigsten Versagensmechanismen zählten Instabilität des Kniegelenks, Prothesenlockerungen, Arthrofibrose ohne Keimnachweis sowie das Vorliegen malrotierter Komponenten. Fehring et al. (2001) analysieren  $n = 440$  Revisionseingriffe von denen  $n = 174$  innerhalb der ersten fünf Jahre durchgeführt wurden und beschreiben Gelenkinstabilitäten, Lockerung des Kunstgelenks und Patellaprobleme als Hauptgründe für den Endoprothesenwechsel. Mulhall et al. (2006) erheben in einer  $n = 318$  Patienten umfassenden Untersuchung mit  $n = 74$  Frühversagern, Gelenkinfektionen und Abrieb des Polyethyleninlays als primäre Versagensmechanismen, liefern jedoch keine genauen Zahlen. Den Vergleich der Revisionsindikationen früh versagender Knieendoprothesen der vorliegenden Studie mit denen von Sharkey et al. (2002) und Fehring et al. (2001) ermöglicht Tabelle 15.



Tabelle 15: Revisionsindikationen frühzeitig versagender Endoprothesen

	Sharkey et al. (2002)	Fehring et al. (2001)	Vorliegende Studie
Gesamtzahl Frühversager (abzüglich periprothetischer Infektionen)	n = 88	n = 174	n = 22
Instabilität	25 (28,4%)	74 (42,5%)	2 (9,1%)
aseptische Lockerung	20 (22,7%)	45 (25,9%)	4 (18,2%)
Bewegungseinschränkung/ Arthrofibrose	20 (22,7%)		3 (13,6%)
Malposition	14 (15,9%)		12 (54,5%)
periprothetische Fraktur	3 (3,4%)		1 (4,6%)
patellofemorale Probleme	6 (6,8%)	22 (12,6%)	
Inlayabrieb	21 (12,1%)		
Sonstige	12 (6,9 %)		

In den Studien von Sharkey et al. (2002) und Fehring et al. (2001) stellen, neben den hier ausgeklammerten periprothetischen Infektionen, instabile Kniegelenke und aseptische Prothesenlockerungen die häufigsten Versagensmechanismen dar. Fehring et al. (2001) stellen daraufhin die These auf, dass sich die Anzahl der nötigen Revisionseingriffe in der Gruppe der Frühversager drastisch senken ließe, wenn alle Endoprothesen routinemäßig zementiert würden und ein besseres Augenmerk auf die Weichteilbalancierung gelegt werden würde.

In der vorliegenden Untersuchung dagegen erwiesen sich vor allem malrotiert beziehungsweise malpositioniert eingebrachte Endoprothesen (54,5 % der Frühversager) als problematisch. Incavo et al. (2007) thematisieren in ihrer Studie eben diesen Versagensmechanismus als frühe Revisionsindikation und kommen zu dem Schluss, dass eine Innenrotationsfehlstellung der Femurkomponente von  $> 5^\circ$  nicht nur zu patellofemoralem Problemen führt, sondern auch zu Schwierigkeiten bei der Gelenkspaltausrichtung und der Größenauswahl der Komponenten. Häufige Folgen sind ein mangelhaftes Bewegungsausmaß und / oder Instabilität des Kniegelenks. In der entsprechenden Studie wurden von n = 22 untersuchten Patienten mit

nachgewiesener Malrotation  $n = 18$  (81 %) innerhalb der ersten 2 Jahre revidiert (Incavo et al. 2007).

Hofmann et al. (2003) beschreiben neben der exakten frontalen Ausrichtung des Beins und der perfekten Weichteilbalancierung die Rotationspositionierung der Tibia- und Femurkomponente als die entscheidende dritte Dimensionen der Knieendoprothetik. Eine vermehrte kombinierte Innenrotation der Tibia- und Femurkomponente von  $3 - 7^\circ$  kann ein Fehlgleiten der Patella und / oder einem asymmetrischen Beugespalt zur Folge haben. Es resultieren chronische Schmerzzustände und vorzeitiges Prothesenversagen. Die Autoren empfehlen die Ausrichtung des Tibiaplateaus anhand anatomischer Landmarken. Dabei stellen  $18^\circ (\pm 3^\circ)$  Innenrotation zur Tuberositas-Tibiaplateau-Achse die anatomische Norm dar (Hofmann et al. 2003).

Auch Abweichungen von der physiologischen Achsstellung in der Frontalebene von mehr als  $3 - 4^\circ$  führen laut Heller et al. (2007) zu einem erheblichen Anstieg der tibiofemorale Kräfte und verringerten Standzeiten der entsprechend fehlimplantierten Endoprothesen. Nach Erfahrungen von Perka et al. (2006) sind Revisionsoperationen bei Achsabweichungen von  $> 10^\circ$  in der Frontalebene und  $> 5^\circ$  in der Transversalebene gerechtfertigt. Darüber hinaus können Revisionseingriffe bei Achsabweichungen in der Sagittalebene und dem zeitgleichen Vorliegen von Instabilität sowie bei Verschiebungen der Gelenklinie von  $> 1$  cm oder Schrägstellung der Gelenkfläche von  $> 5^\circ$  und entsprechendem Leidensdruck der Patienten als sinnvoll erachtet werden. Im Falle der Entscheidung für eine Revisionsoperation ist, aufgrund der häufigen primären Fehlimplantationen, ist daher unbedingt davon abzuraten alte Resektionsflächen erneut zu verwenden (Perka et al. 2006).

Bei der Evaluation der Revisionseingriffe bicondylärer OFE-Endoprothesen unabhängig von der Prothesenstandzeit stellte sich die aseptische Prothesenlockerung als Hauptrevisionsindikation heraus, dies entspricht den aktuellen Literaturdaten (Lützner et al. 2011, Mortazavi et al. 2011, Mulhall et al. 2006, Perka et al. 2006, Scharf und Schulze 2010). Den Vergleich der eigenen Ergebnisse mit denen verschiedener Studien, welche sich bereits früher mit der Versagensanalyse von bicondylären Knieendoprothesen im Rahmen von Revisionseingriffen befasst haben, ermöglicht Tabelle 16.

Tabelle 16: Revisionsindikationen bicondylärer Endoprothesen  
(unabhängig von der Standzeit betrachtet)

	Fuchs & Jerosch (1996)	Mulhall et al. (2006)	Mortazavi et al. (2011)	Lützner et al. (2011)	Vorliegende Studie
Gesamtzahl	1277	318	499	911	36
Aseptische Lockerung	42,0 %	36,3%	30,7%	31,0%	47,2%
Malposition		9,4%	2,8%		38,9%
Infektion	17,0%	10,4%	20,2%	23,0%	---*
Instabilität		28,0%	8,0%		5,6%
Inlayabrieb		24,0%	13,1%	16,0%	
Patellaprobleme	20,0%		10,5%	14,0%	
Periproth. Fraktur	6,0%		4,2%		2,8%
Persist. Schmerzen/ Bewegungseinschränkung	9,0%		10,5%	9,0%	5,6%

\* Infektionen führten in der vorliegenden Arbeit zum Studienausschluss

Bereits im Jahre 1994 stellten Wasielewski et al. fest, dass primäre, vorzeitige aseptische Lockerungen, mit oder ohne Polyethylenkrankheit, selten geworden sind und meist die sekundäre Folge von Achsfehlstellungen und / oder Fehlpositionierung der Komponenten darstellen (Wasielewski et al. 1994). Auch Perka et al. (2006) beschreiben die häufige Korrelation von Malalignment und Malpositionierung mit einer mechanisch bedingten aseptischen Lockerung als deren mögliche Hauptursache. Im Widerspruch dazu steht die Aussage von Scharf und Schulze (2010), welche die Ursache der mechanischen Lockerung vor allem in periprothetischen Osteolysen sehen, welche über eine durch Polyethylenabriebpartikel vermittelte Fremdkörperreaktion entstehen. Jedoch wird auch hier die Korrelation zwischen Polyethylenabrieb und -Beanspruchung durch fehlpositionierte Implantate hervorgehoben. Fuchs und Jerosch (1996) unterstützen diese These und gehen davon aus, dass die Prothesenlockerung auf eine lokale entzündliche Reaktion des Gewebes, auf Mikroabriebpartikel des Prothesenmaterials oder auf knöchernen Umbau als Antwort auf eine veränderte mechanische Situation zurückzuführen ist (Fuchs und Jerosch 1996).

Hinsichtlich der differenzierten Betrachtung der Versagensmechanismen unicondylärer Endoprothesen beläuft sich das innerhalb dieser Studie untersuchte Kollektiv auf  $n = 11$  Patienten. Die Indikationen für den Wechsel der unicondylären Endoprothesen verteilen sich auf  $n = 7$  aseptische Lockerungen,  $n = 3$  periprothetische Frakturen und einen Fall von persistierenden Schmerzen als Zeichen des Arthroseprogress im kontralateralen Kompartiment. Auch international anerkannte große Endoprothesenregister haben in der Gruppe der unicondylären Knieendoprothesen die aseptische Prothesenlockerung als Hauptrevisionsindikation ermittelt (Swedish\_Knee\_Arthroplasty\_Register 2012). Die Revisionsrate der UCPs wird dabei von zahlreichen Variablen wie der Implantatwahl, dem Patientenalter, der ASA-Klassifikation und nicht zuletzt der Patientenselektion des Operateurs beeinflusst wird (Baker et al. 2013, Bini et al. 2013).

In der vorliegenden Studie überrascht die verhältnismäßig große Anzahl periprothetischer Frakturen innerhalb der Revisionsindikationen unicondylärer Knieendoprothesen. Bei genauerer Betrachtung der betroffenen Patienten finden sich  $n = 2$  Männer und  $n = 1$  Frau mit einem durchschnittlichen Alter von 69,3 Jahren zum Zeitpunkt der Revisionsoperation. Die weibliche Patientin leidet unter Osteoporose, darüber hinaus sind jedoch keine weiteren relevanten Vorerkrankungen bekannt, welche das Auftreten einer periprothetischen Fraktur begünstigt haben könnten. Aus der Studie von Pap und Neumann (2007) geht hervor, dass es sich in den meisten Fällen um pathologische Frakturen handelt, die einer Knochenläsion zugrunde liegen und meist spontan oder im Zusammenhang mit Bagateltraumen entstehen. Hinsichtlich der Risikofaktoren kann zwischen allgemeinen (Osteoporose, Osteopenie und Neuromuskuläre Erkrankungen wie z.B. Parkinson) und lokalen Faktoren (Prothesenlockerung, lokale Osteolysen, geschwächte Kortikalis, zementfreie Prothesen) unterschieden werden (Pap und Neumann 2007). Als eine weitere mögliche Ursache von, im kurz- bis mittelfristigen Verlauf auftretenden, periprothetischen Frakturen beschreiben Kirschner et al. (2006) zu großzügige Knochenresektionsschnitte während der Primärimplantation.

Innerhalb der Revisionsoperationen dieses Endoprothesentyps fällt des Weiteren auf, dass 9 von 11 UCP durch ein gekoppeltes Modell ersetzt wurden.

Als ursächlich kann auch hier die verhältnismäßig große Anzahl periprothetischer Frakturen angesehen werden. Darüber hinaus sind Instabilität und eine großzügige Knochenresektion während der Primäroperation häufige Beweggründe für den Operateur eine gekoppelte Endoprothese als Revisionsmodell auszuwählen.

Aufgrund der geringen Fallzahl unicondylärer Endoprothesenwechsel innerhalb des eigenen Kollektivs wird für Vergleiche der Versagensmechanismen unicondylärer und bicondylärer Prothesenmodelle auf die Daten des Schwedischen Knieprothesenregisters zurückgegriffen. Das Schwedische Knieprothesenregister wurde bereits 1975 etabliert und verfügt über die längsten Erfahrungen hinsichtlich der Auswertung von Knieendoprothesenimplantationen und -Revisionen.

Auch in Deutschland existiert ein seit 2010 im Aufbau befindliches Endoprothesenregister (EPRD, Endoprothesenregister Deutschland). Jedoch sind hier noch keine Daten verfügbar, welche zum Vergleich herangezogen werden könnten.

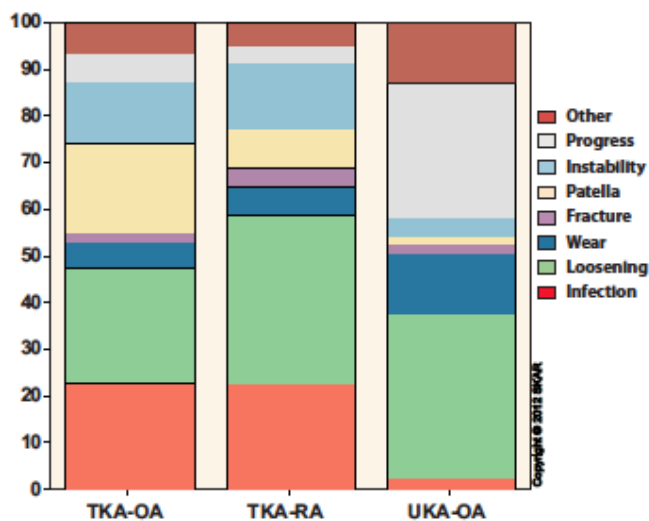


Abbildung 38: Vergleich der Revisionsindikationen bicondylärer (TKA) und unicondylärer (UKA) Endoprothesen Swedish Knee Arthroplasty Register (2012)

Betrachtet man die im Annual Report 2012 veröffentlichte Graphik des Schwedischen Registers so werden die Unterschiede in der Häufigkeit verschiedener Revisionsindikationen bezogen auf die Gesamtzahl der Revisionen deutlich (vgl. Abbildung 38). Die bicondylären Endoprothesen

wurden nach dem Vorliegen von Osteoarthrose (OA) oder Rheumatoider Arthritis (RA) unterteilt.

Der Anteil der aseptischen Prothesenlockerungen an den Gesamtrevisionen in der Gruppe der unicondylären Prothesen ist etwas größer als in der Gruppe der bicondylären Prothesen. Weitere im Endoprothesenregister häufig beobachtete Versagensmechanismen der unicondylären Endoprothesen umfassen Arthroseprogress im nicht ersetzten Kniegelenkskompartiment und Abrieb des Polyethyleninlays. Infektionen treten hier deutlich seltener auf als bei den bicondylären Endoprothesen, ebenso wie Instabilität und Patellaprobleme. Dies lässt sich zurückführen auf den kleineren Operationssitus sowie den weitgehend erhaltenen Kapselbandapparat nach Implantation einer UCP.

Ist es nun zum Versagen der primär implantierten Endoprothese gekommen und wurde diese revidiert, so kommt die vorliegende Studie zu dem Schluss, dass die Ergebnisse nach der erforderliche Revisionsoperation schlechter sind als jene nach der Indexoperation. Zudem scheint das Risiko eines erneuten Endoprothesenwechsels nach erfolgter Revisionsoperation erhöht. Vergleichbare Ergebnisse wurden bereits in den Arbeiten von Mulhall und Saleh publiziert. (Mulhall et al. 2006, Saleh et al. 2003).

Ursächlich für die Komplexität der Wechseloperation und das damit einhergehende schlechtere Outcome im Vergleich zur Indexoperation sind folgende vom Operateur zu bewältigende Probleme:

- Mögliche massive Knochenverluste beim Ausbau der Endoprothese,
- Durch vorhergegangene operative Eingriffe erschwertes Weichteilmanagement
- Ggfs. vorliegende Instabilität des Kniegelenks
- Korrekte Prothesenauswahl mit einem i.d.R. höheren Kopplungsgrad

Auch n = 6 Patienten (12,2 %) der vorliegenden Studie mussten sich einem zweiten operativen Revisionseingriff unterziehen. Die durchschnittliche Standzeit der Primärendoprothese belief sich innerhalb dieser Patientengruppe auf 103 (7 – 287) Monate, während die Standzeit bis zum zweiten Endoprothesenwechsel im Mittel nur 34 (17 - 84) Monate betrug.

Die sehr kurze Standzeit einer (bicondylären) Primärendoprothese von nur 7 Monaten innerhalb dieser Gruppe ist auf eine ausgedehnte multidirektionale Instabilität mit zeitgleich vorliegender Bewegungseinschränkung zurückzuführen.

Das Patientenalter zum Zeitpunkt der Primärimplantation innerhalb des Kollektivs belief sich im Durchschnitt auf 54 (46 – 64) Jahre, zum Zeitpunkt des ersten Prothesenwechsels auf 62 (46 – 72) Jahre und zum Revisionszeitpunkt in der UMG auf 65 (48 - 75) Jahre. Diese Zahlen decken sich mit dem Ergebnis der Studie von Bae et al. (2013). Dieser fand heraus, dass Patienten, welche das 65. Lebensjahr zum Zeitpunkt des Revisionseingriffs noch nicht erreicht haben ein schlechteres Ergebnis erzielen und früher ein erneutes Prothesenversagen erleben, als Patienten in einem Alter von über 65 Jahren.

Das Geschlecht oder die Revisionsindikation spielen laut der Autorengruppe um Bae dagegen keine Rolle. Sheng et al. (2006) bestätigen dies und beschreiben ein Alter von über 70 Jahren und eine Standzeit der Primärendoprothese von fünf oder mehr Jahren als positive Indikatoren für eine langlebige Revisionsendoprothese. Als Grund für das potentiell schlechtere Ergebnis der jüngeren Patienten kann wie bereits beschrieben das höhere Aktivitätslevel und die damit einhergehende größere Gelenkbelastung dieser Patienten angenommen werden (Lützner et al. 2011).

## 4.2 Befragungsergebnisse

Bei der Auswertung der verwendeten Fragebögen zur Outcome-Evaluierung wird das schlechtere Abschneiden nach dem Revisionseingriff im Vergleich zur Indexoperation vor allem hinsichtlich der körperlichen Aktivität deutlich. Auch Robertsson kommt zu dem Schluss, dass Patienten sich in einer Befragung nach erfolgtem Knieendoprothesenwechsel nicht gleichermaßen zufrieden zeigten wie Patienten nach einer Primäroperation (Robertsson 2000).

Einige der herangezogenen Vergleichsstudien führten das Follow-up mit Hilfe des SF-12 anstelle des SF-36 durch. Hierbei handelt es sich um eine auf 12 Items reduzierte Version des SF-36, welche sich ebenfalls in 8 Subskalen und 2 Summenskalen gliedert. Verschiedene Studien belegen, dass die Ergebnisse beider Fragebögen miteinander verglichen werden können (Gandek et al. (1998), Müller-Nordhorn et al. (2004), Singh et al. (2006), Ware et al. (1996)).

Nachfolgend werden die eigenen SF-36-Ergebnisse mit anderen Follow-up Studien nach primärer Knieprothesenimplantation verglichen (siehe Tabelle 17). In Klammern angegeben ist die jeweilige Standardabweichung bzw. der Minimal- und Maximalwert in der Studie von Hartley et al. (2002).

Tabelle 17: Studienvergleich Ergebnisse SF-36/12 nach Primärimplantation

Studie	Körperliche Summenskala		Psychische Summenskala	
	Mittelwert	(SD)	Mittelwert	(SD)
<b>Greidanus et al. (2011)</b>	42,6	(±11,2)	53,8	(±9,1)
<b>Hartley et al. (2002)</b>	41,1	(38,6-43,7)	53,3	(51,4-55,2)
<b>Jerosch und Floren (2000)</b>	34,7	(±29,9)	58,5	(±29,6)
<b>Bachmeier et al. (2001)</b>	56,8	(±28,8)	69,7	(±27,7)
<b>Vorliegende Studie</b>	29,28	(±8,0)	45,36	(±13,2)

Während sich in der körperlichen Summenskala mitunter große Differenzen in den erreichten Punktwerten zeigen, wurden in der psychischen Summenskala mit Ausnahme der Studie von Bachmeier und Mitarbeitern (2001) durchaus vergleichbare Ergebnisse erzielt. Unter der Berücksichtigung der Tatsache, dass hier ein Vergleich von Primäreingriffen mit Revisionseingriffen des



eigenen Kollektivs stattfindet sind die eigenen Ergebnisse, vor allem die der psychischen Summenskala, positiv zu bewerten.

Der Vergleich der eigenen Ergebnisse mit denen anderer Studien, welche ebenfalls SF-36 Follow-up-Daten nach erfolgter Knieendoprothesenrevision erhoben haben, erfolgt mit Hilfe der Tabelle 18. Die Anzahl entsprechender Vergleichsstudien ist allerdings sehr begrenzt.

Tabelle 18: Studienvergleich Ergebnisse SF-36/12 nach Revisionsoperation

Studie	Körperliche Summenskala		Psychische Summenskala	
	Mittelwert	(SD)	Mittelwert	(SD)
<b>Greidanus et al. (2011)</b>	37,0	(±11,6)	50,4	(±11,0)
<b>Hartley et al. (2002)</b>	34,9	(31,8-37,9)	52,8	(50,3-55,4)
<b>Tay et al. (2013)</b>	57,8	k. A.	77,7	k. A.
<b>Vorliegende Studie</b>	29,28	(±8,0)	45,36	(±13,2)

Die beiden Studien von Greidanus et al. (2011) und Hartley et al. (2002), beschäftigen sich sowohl mit dem Outcome nach Primärimplantation als auch nach erfolgtem Revisionseingriff. Es fällt auf, dass die Ergebnisse nach der Revisionsoperation im Durchschnitt nur 3,93 Punkte schlechter ausfallen als nach der Indexoperation. Dies macht sich vor allem in der körperlichen Summenskala mit 5,9 Punkten Unterschied bemerkbar.

Das eigene Kollektiv erzielte in beiden Summenskalen durchschnittlich 14,2 Punkte weniger als die Vergleichskollektive und schnitt somit am schlechtesten ab. Das beste Outcome nach erfolgter Revisionsoperation erzielten die Patienten der Studie von Tay et al. aus dem Jahr 2013. Hier erreichte das 41 Patienten umfassende Kollektiv durchschnittliche 57,75 Punkte in der körperlichen Summenskala und 77,73 Punkte in der psychischen Summenskala.

Insgesamt kann eine gewisse Variabilität des Outcome beobachtet werden, für die diverse Gründe in Betracht gezogen werden können. Neben den verschiedenen Prothesenmodellen und Revisionsindikationen spielen der Follow-up-Zeitpunkt, demographische Faktoren sowie eventuell vorhandene Begleiterkrankungen eine entscheidende Rolle. Zudem gilt es zu berücksichtigen, dass es sich bei dem SF-36 um ein Erhebungsinstrument für die diagnoseübergreifende gesundheitsbezogene Lebensqualität handelt.

Auch die Verwendung des WOMAC ist sowohl bei der Evaluierung des Outcome nach Knieprothesenimplantation als auch nach Revisionseingriffen aufgrund seiner gelenk- und krankheitsspezifischen Ausrichtung sehr verbreitet. Bei der Suche nach Vergleichsstudien fiel zunächst jedoch die große Variabilität in der Vorgehensweise der Auswertung auf. Einige Studien erheben die Scores entgegengesetzt proportional, sodass ein hoher Punktwert einen guten Kniestatus widerspiegelt und ein niedriger Punktwert einen schlechten. Um die Ergebnisse dennoch miteinander vergleichen zu können, wurden die Ergebnisse der entsprechenden Studien umgepolt.

Die Ergebnisse weiterer Studien, welche beispielsweise mit einer 5 Antwortmöglichkeiten umfassenden Skala gearbeitet haben wurden für den Vergleich entsprechend adaptiert. Wie beim SF-36 erfolgt zunächst der in Tabelle 19 dargestellte Vergleich mit den Befragungsergebnissen nach Primärimplantation.

Tabelle 19: Studienvergleich Ergebnisse WOMAC nach Primärimplantation

Studie	Schmerz	Steifigkeit	Aktivität	Gesamt
	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)
<b>Greidanus et al. (2011)</b>	17,1 (±18,8)	24,70 (±21,1)	20,1 (±18,7)	19,8 (±18,0)
<b>Hartley et al. (2002)</b>	26,8	36,0	29,1	30,1
<b>Becker et al. (2011)</b>	21,5 (±19,2)	27,4 (±23,0)	24,5 (±20,2)	24,5 (±20,8)
<b>Bachmeier et al. (2001)</b>	20,4 (±16,0)	27,0 (±19,0)	25,6 (±16,7)	24,4 (±17,2)
<b>Vorliegende Studie</b>	35,1 (±26,6)	45,3 (±28,4)	43,46 (±24,0)	41,7 (±23,5)

Das untersuchte Studienkollektiv erzielte im WOMAC-Gesamtscore ein um durchschnittlich 17 Punkte schlechteres Ergebnis als die Vergleichskollektive nach der Primärimplantation. In den Subkategorien lagen die Punktwerte des Studienkollektivs bei den Schmerzfragen um durchschnittlich 13,6 Punkte und bei den Fragen zur Gelenksteifigkeit 16,5 Punkte über denen des WOMAC-Gesamtscores. Die größte Differenz konnte in der Kategorie Aktivität festgestellt werden. Hier lag die durchschnittliche Differenz bei 18,7 Punkten. Zwischen der Primärimplantation einer Knieendoprothese und dem hier

analysierten Revisionseingriff lassen sich also die größten Einbußen hinsichtlich der körperlichen Aktivität feststellen.

Es folgt nun der Vergleich mit Studienergebnissen nach erfolgter Revisionsoperation (s. Tabelle 20).

Tabelle 20: Studienvergleich Ergebnisse WOMAC nach Revisionsoperation

Studie	Schmerz	Steifigkeit	Aktivität	Gesamt
	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)	Mittelwert (SD)
<b>Malviya et al. (2012)</b>	38,1 (±19,1)	40,3 (±18,7)	45,4 (±20,1)	41,3 (±19,3)
<b>Greidanus et al. (2011)</b>	31,0 (±23,3)	34,6 (±22,0)	30,5 (±21,1)	30,9 (±21,1)
<b>Hartley et al. (2002)</b>	40,8	45,0	43,5	43,1
<b>Vorliegende Studie</b>	35,1 (±26,6)	45,3 (±28,4)	43,46 (±24,0)	41,7 (±23,5)

Im direkten Vergleich der verschiedenen Kollektive, welche einer Knieprothesenrevisionsoperation unterzogen wurden, zeigen sich nur geringfügige Differenzen innerhalb der WOMAC-Ergebnisse. Sowohl innerhalb der Subkategorien, als auch im Gesamtscore werden annähernd gleiche Punktwerte erzielt. Während das innerhalb der vorliegenden Studie untersuchte Kollektiv im Durchschnitt etwas weniger Schmerzen angab (1,5 Punkte Differenz), bereiten die Steifigkeit des Kniegelenks und die Ausführung von Alltagsaktivitäten hier geringfügig mehr Probleme als in den Vergleichsgruppen. Die Punktedifferenz innerhalb des WOMAC-Gesamtscores zwischen den Vergleichskollektiven und dem hier untersuchten Patientengut beträgt lediglich 3,3 Punkte und unterstreicht die Ausgeglichenheit der verschiedenen Befragungsergebnisse.

Zusätzlich zum SF-36 und dem WOMAC wurden die Patienten dieser Studie mittels einer Visuellen Analogskala (VAS) zu ihren aktuell empfundenen Schmerzen befragt. Darüber hinaus wurden die Patienten gebeten, die Revisionsentscheidung rückblickend zu bewerten.

In der VAS zeigte sich ein mittlerer Schmerzscore von 6 Punkten innerhalb des weiblichen Kollektivs. Die Männer gaben im Durchschnitt 2 Punkte weniger und somit 4 von 10 Punkten an. Auffällig ist die Vergabe eines sehr hohen

Schmerzwertes bei 6 Patientinnen. Drei Frauen wählten die Punktzahl 9 und drei weitere wählten die höchst mögliche Punktzahl 10. Werden die Ergebnisse der VAS dieser 6 Patientinnen mit den Ergebnissen in den anderen Fragebögen verglichen, bestätigt sich dieses Ergebnis größtenteils. Alle Patientinnen mit hohen Schmerzscores bewerteten ihren Kniestatus im WOMAC schlechter als der Durchschnitt der befragten Patienten. Im SF-36 zeigte sich ein ähnliches Bild, 5 der 6 Patientinnen erzielten auch hier unterdurchschnittliche Ergebnisse.

Bezüglich der Bewertung des Revisionsentscheids würden sich interessanterweise 4 der besagten Patientinnen rückwirkend wieder für den erfolgten Revisionseingriff entscheiden. Eine Patientin zeigte sich unentschlossen und eine weitere lehnte dies ab.

Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die Auswahlmöglichkeit „vielleicht“ in insgesamt zwei Fällen selbständig durch die Befragten auf dem Fragebogen ergänzt wurde und diesen somit ungültig macht. Dennoch kann bei Betrachtung des Gesamtkollektivs hinsichtlich der Frage nach der Wiederholung des Revisionseingriffs eine sehr hohe Zustimmung beobachtet werden. 82,4 % (n = 28) der Befragten würden sich rückwirkend wieder einem Knieendoprothesenwechsel unterziehen während 17,6 % (n = 6 Patienten) dies ablehnten.

In der Studie von Malviya et al. (2012) wurde im Rahmen des Follow-up nach stattgehabter Knieendoprothesenrevision ebenfalls nach dem rückwirkenden Entscheid für oder wider die erfolgte Operation gefragt. Die Frage wurde von 63 % (76 von 120 Patienten) mit „Ja“ beantwortet, 16 % (n = 19) wählten „Nein“. Die hier offerierte Antwortmöglichkeit „Vielleicht“ wurde von 21 % (n = 25) der Befragten gewählt.

### 4.3 Einflussfaktoren des Revisionsergebnisses

Hinsichtlich möglicher Einflussfaktoren des Revisionsergebnisses konnte die vorliegende Studie signifikante Unterschiede zeigen hinsichtlich des Alters, des BMI, des Geschlechts sowie einem mehrfach erfolgten Prothesenwechsel im Vergleich zum einmalig stattgehabten Prothesenwechsel.

Die älteren Patienten erzielten im Vergleich zu den Jüngeren ein signifikant besseres Ergebnis sowohl in der psychischen Summenskala als auch in 5 der 8 Subskalen des SF-36. Zudem beklagten die älteren Patienten weniger Schmerzen im betroffenen Kniegelenk. Als ursächlich hierfür kann eine geringere Aktivität und damit einhergehende geringere Belastung der Prothese angenommen werden.

Das Gewicht der Patienten wirkte sich vor allem auf die Resultate im kniespezifischen WOMAC aus. Hier schnitten die stark übergewichtigen Patienten deutlich schlechter ab, als die weniger Übergewichtigen. Vor allem in der Kategorie Gelenksteifigkeit zeigten sich signifikante Unterschiede. Auch Mulhall und Mitarbeiter konnten in einer 291 Patienten umfassenden Studie das schlechtere funktionelle Outcome von übergewichtigen Patienten nach einem Revisionseingriff belegen. In dieser Studie fanden ebenfalls der SF-36 und der WOMAC Anwendung (Mulhall et al. 2007). Wie zu erwarten zeigten sich auch das psychische Wohlbefinden und die psychische Summenskala negativ vom Gewicht beeinflusst, jedoch ohne Signifikanzen.

Beim Geschlechtervergleich zeigte sich eine stärker ausgeprägte Gelenksteifigkeit im weiblichen Kollektiv (Signifikanzniveau  $p=0,030$ ). Die männlichen Befragten erzielten in beiden Fragebögen die insgesamt besseren Resultate. In der Literatur gibt es keinen eindeutigen Konsens über geschlechtsspezifische Unterschiede im Outcome nach primärer Knieprothesenimplantation oder Revisionseingriff (O'Connor 2011).

Der mehrfache Wechsel der Knieendoprothese wirkte sich bei den Befragten Patienten vor allem in schlechten Ergebnissen im WOMAC aus. Das schlechtere Abscheiden wurde bereits vielfach nachgewiesen (Mulhall et al. 2006, Saleh et al. 2003) und unterliegt verschiedenen naheliegenden Aspekten, welche bereits erläutert wurden. Zu nennen sind hier noch einmal die zu erwartenden größeren Knochenverluste durch den Ausbau der Endoprothese,

das erschwerte Weichteilmanagement und eine häufig damit einhergehende Instabilität des Kniegelenks.

Die Analyse des Einflussfaktors Revisionsindikation konnte aufgrund der sehr inhomogenen Indikationsverteilung und damit einhergehenden teilweise zu kleinen Kollektiven nicht durchgeführt werden. Jedoch belegen aktuelle Studien, dass die Indikation des Prothesenwechsels und die daraus resultierende operative Strategie direkt das zu erwartende Revisions-Outcome bestimmen (van Kempen et al. 2012, Scharf und Schulze 2010).

## 5 Ausblick

Die in dieser Studie untersuchten Revisionen von Knieendoprothesen bestätigen in Übereinstimmung mit bisher publizierten Ergebnissen die Komplexität der Primärimplantationen und die weiterhin sehr hohe Versagensquote. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass viele Fälle von Prothesenversagen aufgrund technischer Fehler wie z.B. fehlpositionierter Komponenteneinbau bei der Primärimplantation vermeidbar gewesen wären.

Insbesondere hinsichtlich des frühen Prothesenversagens (< 36 Monate) spielt die Implantatpositionierung eine besonders herausragende Rolle. Sie hat direkten Einfluss auf das klinische Langzeitergebnis des Kniegelenkersatzes.

Beim Einbau der Komponenten sind daher Weiterentwicklungen und Verbesserungen erstrebenswert im Bereich der Präparations- und Messtechnik. So können existierende Landmarken noch besser eingehalten und intraoperativ auf die optimale Positionierung überprüft werden.

Dem Prothesenversagen auf Grund von aseptischer Lockerung könnte mit Hilfe einer verbesserten Einbaugeometrie der Komponenten zur gleichmäßigen und schonenden Kraftübertragung sowie suffizienteren Zementierungstechniken entgegengewirkt werden.

Zu Verlängerung der Standzeiten erscheint zudem eine intensive Patientenaufklärung notwendig mit dem Ziel, die mechanische Belastung der Endoprothesen durch übermäßige Aktivität und Gewichtsüberlastung zu reduzieren.

Der Operateur muss dem Anspruch an eine optimale Qualität der Primärimplantation durch einen hohen Erfahrungsgrad oder eine Spezialisierung gerecht werden. Wichtige Grundlage hierfür stellt die ausreichende operative Schulung der Operateure dar. Auf höhere Revisionsraten in Kliniken mit geringer Fallzahl an Primärimplantationen wurde bereits eingangs der Diskussion hingewiesen.

Neben der Vermeidung technischer Fehler zählen auch die kritische Überprüfung der Operationsindikation und das Abraten von Operationen bei hoher Misserfolgswahrscheinlichkeit dazu. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass bereits gezeigt werden konnte, dass sich Schmerz und Gelenkfunktion der

Patienten häufig auch ohne Operation im Verlauf verbessern (Elson et al. 2007, Brander et al. 2007).

Um die aktuell steigende Rate der Revisionsoperationen zu reduzieren, werden zudem mehr prospektive Verlaufsbeobachtungen und eine intensive klinische Forschung benötigt. Ein wichtiger Schritt dabei ist der weitere Ausbau des 2010 eingeführten Deutschen Endoprothesenregisters. Als Vorbild kann hier das bereits 1975 in Schweden etablierte Prothesenregister herangezogen werden, dort gelang es durch intensive Fall- und Fehleranalysen die Anzahl der erforderlichen Revisionseingriffe zu halbieren.

Dies zeigt, dass das Bewusstsein über die Komplexität des endoprothetischen Gelenkersatzes mit kritischem Hinterfragen und Analysieren der operativen Strategie des Operateurs einen Teil der erforderlichen Revisionseingriffe reduzieren kann.



## 6 Zusammenfassung

Die Anzahl der in Deutschland bei Gonarthrose durchgeführten Knieendoprothesen-Implantationen nimmt mit einer jährlichen Wachstumsrate von 6,8% stetig zu und gehört zu den häufigsten und effizientesten aber auch zu den kostenintensivsten Eingriffen am Skelettsystem (Lützner et al. 2011).

Die in der Literatur beschriebenen sehr guten Langzeitergebnisse nach 10-15 Jahren spiegeln dabei nicht die hohe Rate (ca. 20 %) der mit dem Ergebnis unzufriedenen Patienten nach endoprothetischer Versorgung wider (Räsänen et al. 2007). Aufgrund der demographischen Entwicklung mit zunehmendem Anteil älterer Menschen in der Bevölkerung und einer steigenden Lebenserwartung, sowie der Ausweitung des Indikationsspektrums und den begrenzten Prothesenstandzeiten steigt auch die Anzahl der Revisionseingriffe kontinuierlich an.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden die Gründe für das Notwendigwerden von Revisionseingriffen und das entsprechende Therapie-Outcome nach erfolgter Revisionsoperation erfasst. Hierzu wurden 97 Revisionseingriffe, welche in dem Zeitraum von 1/2003 – 8/2010 in der UMG von einem in der Endoprothetik erfahrenen Operateur selbst durchgeführt oder supervidiert wurden, bezüglich der Genese des Prothesenversagens analysiert. Infektionen, welche in vielen anderen Studien den häufigsten Grund frühzeitiger Fehlschläge darstellen, führten aufgrund der Sonderstellung, die diese Revisionsindikation einnimmt, zum Ausschluss von der vorliegenden Studie.

Bei der Beurteilung der Versagensmechanismen konnte eine Schwerpunktdifferenz zwischen frühem ( $\leq 36$  Monate) und spätem ( $> 36$  Monate) Prothesenversagen festgestellt werden. Während sich bei der Analyse der Versagensmechanismen, unabhängig von Prothesenmodell und Standzeit, die aseptische Prothesenlockerung als mit Abstand häufigste Revisionsindikation herausstellte, führten bei frühzeitigem Prothesenversagen vor allem malrotiert eingebrachte Prothesen zur notwendigen Wechseloperation.

Der mediane Nachuntersuchungszeitraum für die Outcome-Überprüfung mittels SF-36, WOMAC und der Visuellen Analogskala zur Evaluierung der aktuellen Schmerzsituation betrug 49 (13 - 101) Monate. In dem nachuntersuchten Patientengut ergab sich für die körperliche Summenskala des SF-36 ein

durchschnittlicher Wert von 29,28 ( $\pm$  8,00) Punkten sowie 45,36 ( $\pm$  13,21) Punkten in der psychischen Summenskala. Beim WOMAC wurden in dem Gesamtscore durchschnittlich 41,86 ( $\pm$  23,49) Punkte erreicht. Über beide Geschlechter gemittelt ergab sich ein Schmerzscore von mittleren 5 Punkten. Rückblickend wurde die Revisionsentscheidung von 78 % ( $n = 28$ ) der befragten Patienten positiv bewertet. Sie würden sich unter heutigen Gesichtspunkten wieder für die erfolgte Revisionsoperation entscheiden.

Frauen und Patienten mit einem höheren BMI schnitten in der Patientenbefragung nach erfolgter Revisionsoperation schlechter ab. Als statistisch signifikant erwies sich dabei der Unterschied in der Gelenksteifigkeit. Darüber hinaus erreichten mehrfach revidierte Patienten in der Auswertung des kniespezifischen WOMAC-Scores signifikant schlechtere Ergebnisse als die einfach Revidierten. Im SF-36 erzielten ältere Studienteilnehmer bessere Befragungsergebnisse als die Jüngeren.

Abschließend kommt die Studie zu dem Schluss, dass die Primärimplantation einer Knieendoprothese nur nach strenger Indikationsstellung und Ausschöpfung aller konservativen Therapiemaßnahmen durchgeführt werden sollte. Die verbesserte praktische Ausbildung der Operateure und der damit einhergehende höhere Erfahrungsgrad in der endoprothetischen Versorgung von Kniegelenken stellen einen wichtigen Baustein zur Reduzierung der erforderlichen Revisionseingriffe dar.

Bei der Implantation ist größtes Augenmerk auf das Prothesenalignment zu legen, welches die korrekte Ausrichtung der Beinachse in der Frontalebene sowie die exakte Rotationsausrichtung der Tibia- und Femurkomponente umfasst. So kann vor allem die Zahl der Frühversager aufgrund malrotiert oder fehlpositioniert eingebrachter Implantate gesenkt werden. Darüber hinaus hat sich eine suffiziente Zementierung und korrekte Weichteilbalancierung als von entscheidender Bedeutung für den Erfolg des künstlichen Kniegelenks erwiesen. Durch die Auswahl des am besten geeigneten Primärendoprothesenmodells und dessen korrekten Einbau bleiben Möglichkeiten für eine eventuell erforderliche Revisionsoperation erhalten.

## 7 Anhang

### 7.1 Votum der Ethikkommission

UNIVERSITÄTSMEDIZIN : UMG  
GÖTTINGEN : UMG

Ethikkommission der Med. Fakultät, Robert-Koch-Straße 40, 37075 Göttingen

Herrn  
PD Dr. med. Hans-Michael Klinger  
Abt. Orthopädie

- im Hause -

Medizinische Fakultät  
Ethikkommission

Vorsitzender: Prof. Dr. Jürgen Brockmöller  
**Referentin**  
Regierungsrätin Doris Wettschereck  
0551 / 39-8644 **Telefon**

37099 Göttingen **Briefpost**  
Robert-Koch-Straße 40, 37075 Göttingen  
**Adresse**

0551 / 39-6629 **Telefon**  
0551 / 39-9536 **Fax**  
ethik@med.uni-goettingen.de **E-Mail**  
www.ethikkommission.med.uni-goettingen.de

vorab per Fax: 5562

**20.07.2011 br – gö Datum**

**Antragsnummer:** 22/5/11 (bitte stets angeben)  
**Studientitel:** Revision bei einliegender Knieendoprothese – Ursachenanalyse und Ergebnisqualität  
**Antragsteller:** PD Dr. med. Hans-Michael Klinger, Abt. Orthopädie, UMG  
Folgende Unterlagen wurden zur Bewertung vorgelegt:

- Anschreiben nebst Erläuterungen vom 6.7.2011
- Kurzprotokoll vom 6.7.2011
- Informationsschrift und Einverständniserklärung vom 6.7.2011
- Fragebögen vom 6.7.2011

Sehr geehrter Herr Dr. Klinger, sehr geehrte Damen und Herren,

nach Ergänzung der vorliegenden Dokumente und Beantwortung der im vorläufigen Votum aufgeführten Fragen in ihrem Schreiben vom 6.7.2011 bestehen nunmehr keine ethischen und rechtlichen Bedenken gegen die Durchführung des oben genannten Forschungsvorhabens.

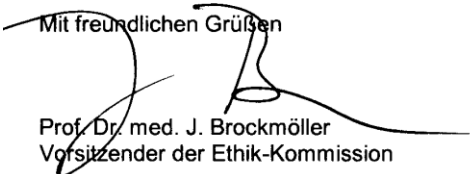
Wir wünschen viel Erfolg bei der Durchführung Ihres Projektes.

Die Ethik-Kommission weist darauf hin, dass die ärztliche und juristische Verantwortung bei den jeweiligen Prüfarzten verbleibt.

Auf die Einhaltung einschlägiger Gesetze und Rechtsvorschriften wird hingewiesen. Die nach Rechtslage notwendigen Unterrichtungen (u. A. Prüfplanänderungen, entsprechende Zwischenfallereignisse, neue Datenlage, Nachmeldung von Prüfzentren, Abschlussbericht) sind der Ethik-Kommission unverzüglich vorzulegen.

Die Ethik-Kommission bestätigt, dass sie auf Grundlage nationaler Gesetze, Vorschriften sowie der GCP/ICH-Richtlinie arbeitet.

Mit freundlichen Grüßen

  
Prof. Dr. med. J. Brockmöller  
Vorsitzender der Ethik-Kommission

## 7.2 SF - 36 Health Survey

In diesem Fragebogen geht es um die Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Der Bogen ermöglicht es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen. Bitte beantworten Sie jede der folgenden Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand in Allgemeinen beschreiben?  
(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Ausgezeichnet	1
Sehr gut	2
Gut	3
Weniger gut	4
Schlecht	5

2. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?  
(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Derzeit etwas besser als vor einem Jahr	1
Derzeit etwas besser als vor einem Jahr	2
Etwa so wie vor einem Jahr	3
Derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr	4
Derzeit viel schlechter als vor einem Jahr	5

3. Im Folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?  
(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

Tätigkeiten	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
a. anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengen Sport treiben	1	2	3
b. mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einem Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
c. Einkaufstaschen heben oder tragen	1	2	3
d. mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
e. einem Treppenabsatz steigen	1	2	3
f. sich beugen, knien, bücken	1	2	3

g. mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
h. mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
i. eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3
j. sich baden oder anziehen	1	2	3

4. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

Schwierigkeiten	JA	NEIN
a. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
c. Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2
d. Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung (z.B. ich musste mich besonders anstrengen)	1	2

5. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

Schwierigkeiten	JA	NEIN
a. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
c. Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	1	2

6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit und seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Überhaupt nicht	1
Etwas	2
Mäßig	3
Ziemlich	4
Sehr	5

7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen  
(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

ich hatte keine Schmerzen	1
Sehr leicht	2
Leicht	3
Mäßig	4
Stark	5
Sehr stark	6

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der  
Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?  
(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Überhaupt nicht	1
Ein bißchen	2
Mäßig	3
Ziemlich	4
Sehr	5

9. In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den  
vergangenen 4 Wochen gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl  
an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht). Wie oft waren Sie in den  
vergangenen 4 Wochen...  
Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

Befinden	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
a ...voller Schwung?	1	2	3	4	5	6
b ...sehr nervös?	1	2	3	4	5	6
c ...so nieder- geschlagen, dass Sie nichts Auf- heitern konnte?	1	2	3	4	5	6
d ...ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
e ...voller Energie	1	2	3	4	5	6
f ...entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6
g ...erschöpft?	1	2	3	4	5	6
h ...glücklich?	1	2	3	4	5	6
i ...müde?	1	2	3	4	5	6

10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?  
(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Immer	1
Meistens	2
Manchmal	3
Selten	4
Nie	5

11. Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu?

Aussagen	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
a. Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden	1	2	3	4	5
b. Ich bin genauso gesund wie alle anderen die ich kenne	1	2	3	4	5
c. Ich erwarte, dass meine Gesundheit nachlässt	1	2	3	4	5
d. Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5









## 7.4 Zusatzfragen

### 1. Visuelle Analogskala zur Schmerzerfassung

Bitte markieren Sie mit einem Strich auf der vorliegenden Skala, wie stark Sie den Schmerz in ihrem Kniegelenk zum aktuellen Zeitpunkt empfinden.

0 repräsentiert auf der Skala keine Schmerzen

10 den maximal vorstellbaren Schmerz.

0 -----10

### 2. Würden Sie sich im Nachhinein wieder für die erfolgte Knieprothesenwechsel-Operation entscheiden?

Bitte zutreffendes Ankreuzen:      JA

NEIN

## 7.5 Korrelationsanalyse

### Korrelation Alter

Kategorie	Korrelationskoeffizient nach Spearman	p-Wert
WOMAC - Schmerz	R = -0,246	p = 0,148
WOMAC - Steifigkeit	R = -0,131	p = 0,445
WOMAC - Aktivität	R = 0,036	p = 0,833
WOMAC - Gesamtscore	R = -0,014	p = 0,935
SF-36 – Körperliche Funktionsfähigkeit	R = -0,045	p = 0,796
SF-36 – Körperliche Rollenfunktion	R = 0,061	p = 0,723
SF-36 – Körperliche Schmerzen	<b>R = 0,350</b>	<b>p = 0,037</b>
SF-36 – Allg. Gesundheitswahrnehmung	<b>R = 0,369</b>	<b>p = 0,027</b>
SF-36 – Vitalität	<b>R = 0,435</b>	<b>p = 0,008</b>
SF-36 – Soziale Funktionsfähigkeit	<b>R = 0,463</b>	<b>p = 0,004</b>
SF-36 – Emotionale Rollenfunktion	<b>R = 0,247</b>	p = 0,146
SF-36 – Psychisches Wohlbefinden	<b>R = 0,361</b>	<b>p = 0,031</b>
SF-36 – Körperliche Summenskala	R = 0,037	p = 0,829
SF-36 – Psychische Summenskala	<b>R = 0,414</b>	<b>p = 0,012</b>

### Korrelation BMI

Kategorie	Korrelationskoeffizient nach Spearman	p-Wert
WOMAC - Schmerz	<b>R = 0,320</b>	p = 0,061
WOMAC - Steifigkeit	<b>R = 0,449</b>	<b>p = 0,007</b>
WOMAC - Aktivität	R = 0,199	p = 0,251
WOMAC - Gesamtscore	<b>R = 0,252</b>	p = 0,145
SF-36 – Körperliche Funktionsfähigkeit	R = -0,115	p = 0,510
SF-36 – Körperliche Rollenfunktion	R = -0,296	p = 0,084
SF-36 – Körperliche Schmerzen	R = -0,003	p = 0,988
SF-36 – Allg. Gesundheitswahrnehmung	R = 0,007	p = 0,969
SF-36 – Vitalität	R = 0,185	p = 0,289
SF-36 – Soziale Funktionsfähigkeit	R = -0,022	p = 0,899
SF-36 – Emotionale Rollenfunktion	R = 0,162	p = 0,352
SF-36 – Psychisches Wohlbefinden	<b>R = 0,263</b>	p = 0,128
SF-36 – Körperliche Summenskala	R = -0,141	p = 0,418
SF-36 – Psychische Summenskala	<b>R = 0,236</b>	p = 0,173

## Korrelation Geschlecht

Kategorie	p-Wert
WOMAC - Schmerz	$p = 0,129$
WOMAC - Steifigkeit	<b><math>p = 0,030</math></b>
WOMAC - Aktivität	$p = 0,171$
WOMAC - Gesamtscore	$p = 0,122$
SF-36 – Körperliche Funktionsfähigkeit	$p = 0,643$
SF-36 – Körperliche Rollenfunktion	$p = 0,675$
SF-36 – Körperliche Schmerzen	$p = 0,108$
SF-36 – Allg. Gesundheitswahrnehmung	$p = 0,134$
SF-36 – Vitalität	$p = 0,443$
SF-36 – Soziale Funktionsfähigkeit	$p = 0,857$
SF-36 – Emotionale Rollenfunktion	$p = 0,295$
SF-36 – Psychisches Wohlbefinden	$p = 0,671$
SF-36 – Körperliche Summenskala	$p = 0,766$
SF-36 – Psychische Summenskala	$p = 0,364$

## Korrelation mehrfacher Prothesenwechsel (ja/nein)

Kategorie	p-Wert
WOMAC - Schmerz	$p = 0,240$
WOMAC - Steifigkeit	$p = 0,051$
WOMAC - Aktivität	<b><math>p = 0,041</math></b>
WOMAC - Gesamtscore	<b><math>p = 0,030</math></b>
SF-36 – Körperliche Funktionsfähigkeit	$p = 0,520$
SF-36 – Körperliche Rollenfunktion	$p = 0,188$
SF-36 – Körperliche Schmerzen	$p = 0,441$
SF-36 – Allg. Gesundheitswahrnehmung	$p = 0,134$
SF-36 – Vitalität	$p = 0,765$
SF-36 – Soziale Funktionsfähigkeit	$p = 0,344$
SF-36 – Emotionale Rollenfunktion	$p = 0,557$
SF-36 – Psychisches Wohlbefinden	$p = 0,562$
SF-36 – Körperliche Summenskala	$p = 0,935$
SF-36 – Psychische Summenskala	$p = 0,960$

## 8 Literaturverzeichnis

Abrisham S M, Ghahramani R, Heiranizadeh N, Kermani-Alghoraishi M, Ayatollahi V, Pahlavanhosseini H (2014): Reduced morphine consumption and pain severity with transdermal fentanyl patches following total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22 (7), 1580-4

Agneskirchner J D, Lobenhoffer P (2004): Endoprotheses of the knee joint. *Unfallchirurg* 107 (3), 219-229

Anders S, Schaumburger J, Grifka J (2001): Surgical intra-articular interventions in arthrosis. *Orthopäde* 30 (11), 866-880

Baars G W (2000): Knee endoprosthesis: finding the optimal implant for every indication. *Orthopäde* 29 (Suppl 1), 1-2

Bachmeier C J, March L M, Cross M J, Lapsley H M, Tribe K L, Courtenay B G, Brooks P M (2001): A comparison of outcomes in osteoarthritis patients undergoing total hip and knee replacement surgery. *Osteoarthritis Cartilage* 9 (2), 137-146

Bader R, Mittelmeier W, Steinhauser E (2006): Failure analysis of total knee replacement. Basics and methodological aspects of the damage analysis. *Orthopäde* 35 (9), 896-903

Bae D K, Song S J, Heo D B, Lee S H, Song W J (2013): Long-term Survival Rate of Implants and Modes of Failure After Revision Total Knee Arthroplasty by a Single Surgeon. *J Arthroplasty* 28 (7), 1130-4

Baker P, Jameson S, Critchley R, Reed M, Gregg P, Deehan D (2013): Center and surgeon volume influence the revision rate following unicondylar knee replacement: an analysis of 23,400 medial cemented unicondylar knee replacements. *J Bone Joint Surg Am* 95 (8), 702-709

Becker R, Doring C, Denecke A, Brosz M (2011): Expectation, satisfaction and clinical outcome of patients after total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19 (9), 1433-1441

Bellamy N, Campbell J, Hill J, Band P (2002): A comparative study of telephone versus onsite completion of the WOMAC 3.0 osteoarthritis index. *J Rheumatol* 29 (4), 783-786

Bieger R, Kappe T, Fraitzl C R, Reichel H (2013): The aetiology of total knee arthroplasty failure influences the improvement in knee function. *Arch Orthop Trauma Surg* 133 (2), 237-241

Bini S, Khatod M, Cafri G, Chen Y, Paxton E W (2013): Surgeon, implant, and patient variables may explain variability in early revision rates reported for unicompartmental arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 95 (24): 2195-2202

- Böhm P, Holy T (1998): Is there a future for hinged prostheses in primary total knee arthroplasty? A 20-year survivorship analysis of the Blauth prosthesis. *J Bone Joint Surg Br* 80 (2), 302-309
- Bourne R B, Chesworth B M, Davis A M, Mahomed N N, Charron K D (2010): Patient satisfaction after total knee arthroplasty: who is satisfied and who is not? *Clin Orthop Relat Res* 468 (1), 57-63
- Bozic K J, Kurtz S M, Lau E, Ong K, Chiu V, Vail T P, Rubash H E, Berry D J (2010): The epidemiology of revision total knee arthroplasty in the United States. *Clin Orthop Relat Res* 468 (1), 45-51
- BQS-Qualitätsreport: Knie-Totalendoprothesen-Erstimplantation.  
<http://www.bqs-qualitaetsreport.de/2008/ergebnisse/leistungsbereiche/Knietotalerst/knie-erst.pdf/view>; Zugriff am: 25.02.2013
- Brander V, Gondek S, Martin E, Stulberg S D (2007): Pain and depression influence outcome 5 years after knee replacement surgery. *Clin Orthop Relat Res* 464, 21-26
- Bull A M J, Amis A A: Biomechanik. In: Kohn D (Hrsg.): *Knie*. Thieme, Stuttgart 2005, 36-52
- Bullinger M, Kirchberger I: SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand, Handanweisung. Hogrefe, Göttingen 1998
- Chatellard R, Sauleau V, Colmar M, Robert H, Raynaud G, Brilhault J (2013): Medial unicompartmental knee arthroplasty: Does tibial component position influence clinical outcomes and arthroplasty survival? *Orthop Traumatol Surg Res* 99 (4 Suppl), 219-225
- Debrunner A M: *Orthopädie / Orthodädische Chirurgie, Patientenorientierte Diagnostik und Therapie des Bewegungsapparates*. 4. Aufl., Huber, Bern 2005
- Elson D W, Brenkel I J (2007): A conservative approach is feasible in unexplained pain after knee replacement: a selected cohort study. *J Bone Joint Surg Br* 89 (8), 1042-1045
- Emerson R H Jr, Higgins L L (2008): Unicompartmental knee arthroplasty with the oxford prosthesis in patients with medial compartment arthritis. *J Bone Joint Surg Am* 90 (1), 118-122
- Fehring T K, Odum S, Griffin W L, Mason J B, Nadaud M (2001): Early failures in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* (392), 315-318
- Felson D T (1988): Epidemiology of hip and knee osteoarthritis. *Epidemiol Rev* 10, 1-28
- Fick R: *Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke*, Bd 2. Fischer, Jena 1911

Flören M, Reichel H: Implantate. In: Wirtz D C (Hrsg.): AE-Manual der Endoprothetik - Knie. Springer, Heidelberg 2011, 57-71

Franke G H (1998): Monuka Bullinger und Inge Kirchberger: SF-36. Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handanweisung. Z Med Psychol (4), 190-191

Fricklscherer A: Orthopädie und Traumatologie, Basics. Urban und Fischer, München 2005

Fuchs S, Jerosch J (1996): Knee endoprosthesis - determining current status. Unfallchirurg 99 (12), 958-963

Gandek B, Ware JE, Aaronson NK, Apolone G, Bjorner JB, Brazier JE, Bullinger M, Kaasa S, Lepke A, Prieto L (1998): Cross-validation of item selection and scoring for the SF-12 Health Survey in nine countries: results from the IQOLA Project. International Quality of Life Assessment. J Clin Epidemiol 51 (11), 1171-1178

Gesundheitsberichterstattung des Bundes: [https://www.gbe-bund.de/gbe10/abrechnung.prc\\_abr\\_test\\_logon?p\\_uid=gast&p\\_aid=0&p\\_knoten=FID&p\\_sprache=D&p\\_suchstring=4230::BMI](https://www.gbe-bund.de/gbe10/abrechnung.prc_abr_test_logon?p_uid=gast&p_aid=0&p_knoten=FID&p_sprache=D&p_suchstring=4230::BMI). Zugriff am 03.01.2015

Gesundheitsberichterstattung des Bundes: [https://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/dboowasys921.xwdevkit/xwd\\_init?gbe.isgbetol/xs\\_start\\_neu/&p\\_aid=3&p\\_aid=28170642&nummer=768&p\\_sprache=D&p\\_indsp=-&p\\_aid=732805](https://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/dboowasys921.xwdevkit/xwd_init?gbe.isgbetol/xs_start_neu/&p_aid=3&p_aid=28170642&nummer=768&p_sprache=D&p_indsp=-&p_aid=732805). Zugriff am 03.01.2015

Ghanem E, Pawasarat I, Lindsay A, May L, Azzam K, Joshi A, Parvizi J (2010): Limitations of the Knee Society Score in evaluating outcomes following revision total knee arthroplasty. J Bone Joint Surg Am 92 (14), 2445-2451

Gollwitzer H, Diehl P, Gerdesmeyer L, Mittelmeier W (2006): Diagnostic strategies in cases of suspected periprosthetic infection of the knee. A review of the literature and current recommendations. Orthopäde 35 (9), 904-916

Greidanus N V, Peterson R C, Masri B A, Garbuz D S (2011): Quality of life outcomes in revision versus primary total knee arthroplasty. J Arthroplasty 26 (4), 615-620

Gunston F H (1971): Polycentric knee arthroplasty. Prosthetic simulation of normal knee movement. J Bone Joint Surg Br 53 (2), 272-277

Haasper C, Kendoff D, Gebauer M, Gehrke T, Klauser W (2012): Revision of unconstrained total knee arthroplasty - a technical analysis. Z Orthop Unfall 150 (3), 290-295

Halder A M, Köhler S: Indikation, Untersuchungen, Aufklärung und Planung der Knieendoprothese- In: Wirtz D C (Hrsg.): AE-Manual der Endoprothetik - Knie. Springer, Heidelberg 2011, 85-108



Hannan M T, Felson D T, Pincus T (2000): Analysis of the discordance between radiographic changes and knee pain in osteoarthritis of the knee. *J Rheumatol* 27 (6), 1513-1517

Hartley R C, Barton-Hanson N G, Finley R, Parkinson R W (2002): Early patient outcomes after primary and revision total knee arthroplasty. A prospective study. *J Bone Joint Surg Br* 84 (7), 994-999

Helios-Kliniken: <http://www.helios-kliniken.de/klinik/berlin-buch/fachabteilungen/orthopaedie-und-unfallchirurgie/departement-orthopaedie/leistungsspektrum/kniegelenkendoprothese.html>. Zugriff am: 25.06.2013

Heller M O, Matziolis G, König C, Taylor W R, Hinterwimmer S, Graichen H, Hege H C, Bergmann G, Perka C, Duda G N (2007): Musculoskeletal biomechanics of the knee joint. Principles of preoperative planning for osteotomy and joint replacement. *Orthopäde* 36 (7), 628-634

Hofmann S, Romero J, Roth-Schiffel E, Albrecht T (2003): Rotational malalignment of the components may cause chronic pain or early failure in total knee arthroplasty. *Orthopäde* 32 (6), 469-476

Hofmann S, Lobenhoffer P, Staubli A, Van Heerwaarden R (2009): Osteotomies of the knee joint in patients with monocompartmental arthritis. *Orthopäde* 38 (8), 755-769

Hossain F, Patel S, Haddad F S (2010): Midterm assessment of causes and results of revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 468 (5), 1221-1228.

Incavo S J, Wild J J, Coughlin K M, Beynon B D (2007): Early revision for component malrotation in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 458, 131-136

Insall J, Scott W N, Ranawat C S (1979): The total condylar knee prosthesis. A report of two hundred and twenty cases. *J Bone Joint Surg Am* 61 (2), 173-180

Insall J N, Lachiewicz P F, Burstein A H (1982): The posterior stabilized condylar prosthesis: a modification of the total condylar design. Two to four-year clinical experience. *J Bone Joint Surg Am* 64 (9), 1317-1323

Jerosch J, Floren M (2000): Quality of life improvement (SF-36) after implantation of a knee endoprosthesis. *Unfallchirurg* 103 (5), 371-374

Jerosch J, Fuchs S, Heisel J (1997): Knieendoprothetik - eine Standortbestimmung. *Dt Ärztebl* 94 (8), 449-455

Jerosch J, Heisel J: Management der Arthrose, Innovative Therapiekonzepte, Kniegelenkersatz. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 2010a

Jerosch J, Heisel J: Management der Arthrose, Innovative Therapiekonzepte, Pathologie und Pathophysiologie. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 2010b

- Kasmire K E, Rasouli M R, Mortazavi S M, Sharkey P F, Parvizi J (2014): Predictors of functional outcome after revision total knee arthroplasty following aseptic failure. *Knee* 21 (1), 264-7
- Kellgren J H, Lawrence J S (1957): Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis* 16 (4), 494-502
- Khanna M, Peters C, Singh J R (2012): Treating pain with the lidocaine patch 5% after total knee arthroplasty. *PM R* 4 (9), 642-646
- Kim Y H, Park J W, Kim J S (2012): High-flexion total knee arthroplasty: survivorship and prevalence of osteolysis: results after a minimum of ten years of Follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 94 (15), 1378-1384
- Kirschner S, Lützner J, Fickert S, Günther K P (2006): Revision of unicompartmental knee arthroplasty. *Orthopäde* 35 (2), 184-191
- Klinikum-Bielefeld: <http://www.klinikumbielefeld.de/index.php/endoprothetik-gonarthrose.html>. Zugriff am: 22.06.2013
- Kulkarni S K, Freeman M A, Poal-Manresa J C, Asencio J I, Rodriguez J J (2000): The patellofemoral joint in total knee arthroplasty: is the design of the trochlea the critical factor? *J Arthroplasty* 15 (4), 424-429
- Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M (2007): Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am* 89, 780-785
- Le D H, Goodman S B, Maloney W J, Huddleston J I (2014): Current Modes of Failure in TKA: Infection, Instability, and Stiffness Predominate. *Clin Orthop Relat Res* 472 (7), 2197-2200
- Levens A S, Inman V T, Blosser J A (1948): Transverse rotation of the segments of the lower extremity in locomotion. *J Bone Joint Surg Am* 30A (4), 859-872
- Lüring C, Tingart M, Grifka J: Degenerative Gelenkerkrankungen. In: Grifka J, Kuster M (Hrsg.): *Orthopädie und Unfallchirurgie*. Springer, Berlin 2011, 282-296
- Lützner J, Hubel U, Kirschner S, Günther K P, Krummenauer F (2011): Long-term results in total knee arthroplasty. A meta-analysis of revision rates and functional outcome. *Chirurg* 82 (7), 618-624
- Madry H: Arthrose, Operative und rekonstruktive Behandlung. In: Kohn D (Hrsg.): *Knie*. Thieme, Stuttgart 2005, 367-379
- Malviya A, Bettinson K, Kurtz S M, Deehan D J (2012): When do patient-reported assessments peak after revision knee arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res* 470 (6), 1728-1734

- Mankin H J (1994): Chondrocyte transplantation--one answer to an old question. *N Engl J Med* 331 (14), 940-941
- Maurer T B, Ochsner P E (2006): Infected knee arthroplasty. A treatment algorithm at the Kantonsspital Liestal, Switzerland. *Orthopäde* 35 (9), 917-928
- McAuley J P, Engh G A, Ammeen D J (2001): Revision of failed unicompartmental knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* (392), 279-282
- Mediapark-Klinik: [http://www.orthopaedie-mediapark.de/leistungsspektrum/therapie/gelenkersatz/kuenstliches\\_kniegelenk](http://www.orthopaedie-mediapark.de/leistungsspektrum/therapie/gelenkersatz/kuenstliches_kniegelenk). Zugriff am: 22.06.2013
- Menschik A: Biometrie; Das Konstruktionsprinzip des Kniegelenks, des Hüftgelenks, der Beinlänge und der Körpergröße. Thieme, Berlin 1987
- Merk H R, Spank H: Revisionsendoprothetik im Kniegelenksbereich. In: Wirtz D C (Hrsg.): *AE-Manual der Endoprothetik - Knie*. Thieme, Heidelberg 2011, 255-270
- Mettelsiefen J, Kirschner S, Lützner J, Günther K-P: Entwicklung der Knieendoprothetik, Indikation und sozioökonomische Gesichtspunkte. In: Wirtz D C (Hrsg.): *AE-Manual der Endoprothetik - Knie*. Springer, Heidelberg 2011, 47-55
- Michael J W, Schluter-Brust K U, Eysel P (2010): The epidemiology, etiology, diagnosis, and treatment of osteoarthritis of the knee. *Dtsch Arztebl Int* 107 (9), 152-162
- Moock J, Bahr K, Bak P, Kohmann T (2009): Lebensqualitätsmessinstrumente in der Rehabilitation Unfallverletzter. *Trauma Berufskrankh* 11 (Suppl 3), 418-422
- Mortazavi S M, Molligan J, Austin M S, Purtill J J, Hozack W J, Parvizi J (2011): Failure following revision total knee arthroplasty: infection is the major cause. *Int Orthop* 35 (8), 1157-1164
- Mulhall K J, Ghomrawi H M, Scully S, Callaghan J J, Saleh K J (2006): Current etiologies and modes of failure in total knee arthroplasty revision. *Clin Orthop Relat Res* 446, 45-50
- Mulhall K J, Ghomrawi H M, Mihalko W, Cui Q, Saleh K J (2007): Adverse effects of increased body mass index and weight on survivorship of total knee arthroplasty and subsequent outcomes of revision TKA. *J Knee Surg* 20 (3), 199-204
- Müller W: *The Knee*. Springer-Verlag, Berlin 1982
- Müller-Nordhorn J, Roll S, Willich S N (2004): Comparison of the short form (SF)-12 health status instrument with the SF-36 in patients with coronary heart disease. *Heart* 90 (5), 523-527

- Narkbunnam R, Chareancholvanich K (2012): Causes of failure in total knee arthroplasty. *J Med Assoc Thai* 95 (5), 667-673
- O'Connor M I (2011): Implant survival, knee function, and pain relief after TKA: are there differences between men and women?. *Clin Orthop Relat Res* 469 (7), 1846-1851
- O'Donnell T, Neil M J (2010): The Repicci II (R) unicondylar knee arthroplasty: 9-year survivorship and function. *Clin Orthop Relat Res* 468 (11), 3094-3102
- Pap G, Neumann H W (2007): Periprosthetic fractures in patients with rheumatoid arthritis. *Z Rheumatol* 66 (1), 20, 22-27
- Papakostidou I, Dailiana Z H, Papapolychroniou T, Liaropoulos L, Zintzaras E, Karachalios T S, Malizos K N (2012): Factors affecting the quality of life after total knee arthroplasties: a prospective study. *BMC Musculoskelet Disord* 13, 116
- Patil S S, Branovacki G, Martin M R, Pulido P A, Levy Y D, Colwell C W Jr (2013): 14-Year Median Follow-up Using the Press-Fit Condylar Sigma Design for Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty* 28 (8), 1286-90
- Perka C, Tohtz S, Matziolis G (2006): Axial correction in knee revision arthroplasty. *Orthopäde* 35 (2), 136-142
- Peters P C, Jr., Engh G A, Dwyer K A, Vinh T N (1992): Osteolysis after total knee arthroplasty without cement. *J Bone Joint Surg Am* 74 (6), 864-876
- Prescher A: Anatomie des Kniegelenks. In: Wirtz D C (Hrsg.): *AE-Manual der Endoprothetik - Knie*. Springer, Heidelberg 2011, 1-17
- Räsänen P, Paavolainen P, Sintonen H, Koivisto A M, Blom M, Ryyänen O P, Roine R P (2007): Effectiveness of hip or knee replacement surgery in terms of quality-adjusted life years and costs. *Acta Orthop* 78 (1), 108-115
- Reichel H: Arthrose. In: Kohn D (Hrsg.): *Das Knie*. Thieme, Stuttgart 2000, 221-277
- Reichel H: Alloarthroplastik. In: Kohn D (Hrsg.): *Knie*. Thieme, Stuttgart 2005, 409-434
- Robert-Bosch-Krankenhaus: <http://www.rbk.de/standorte/robert-bosch-krankenhaus/abteilungen/orthopaedie-und-unfallchirurgie/leistungsspektrum/endoprothetik/knieprothesen.html>. Zugriff am: 22.06.2013
- Robertsson O (2000): Unicompartmental arthroplasty. Results in Sweden 1986-1995. *Orthopäde* 29 (Suppl 1), 6-8
- Robertsson O, Knutson K, Lewold S, Lidgren L (2001): The routine of surgical management reduces failure after unicompartmental knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 83 (1), 45-49

Salaffi F, Carotti M, Grassi W (2005): Health-related quality of life in patients with hip or knee osteoarthritis: comparison of generic and disease-specific instruments. *Clin Rheumatol* 24 (1), 29-37

Saleh K J, Rand J A, McQueen D A (2003): Current status of revision total knee arthroplasty: how do we assess results? *J Bone Joint Surg Am* 85-A (Suppl 1), 18-20

Scharf H P: Arthrose. In Kohn D (Hrsg.): *Knie*. Thieme, Stuttgart 2005, 360-366

Scharf H P, Schulze A (2010): Knee arthroplasty revision. *Chirurg* 81 (4), 293-298

Schroeder-Boersch H (1998): Patellar resurfacing in total knee arthroplasty, current state of the controversy. *Orthopäde* 27 (9), 600-611

Schünke M, Schulte E, Schumacher U: *Prometheus, Lernatlas der Anatomie, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*. Thieme, Stuttgart 2005

Sharkey P F, Hozack W J, Rothman R H, Shastri S, Jacoby S M (2002): Insall Award paper. Why are total knee arthroplasties failing today? *Clin Orthop Relat Res* (404), 7-13

Sheng P Y, Konttinen L, Lehto M, Ogino D, Jamsen E, Nevalainen J, Pajamaki J, Halonen P, Konttinen Y T (2006): Revision total knee arthroplasty: 1990 through 2002. A review of the Finnish arthroplasty registry. *J Bone Joint Surg Am* 88 (7), 1425-1430

Singh A, Gnanalingham K, Casey A, Crockard A (2006): Quality of life assessment using the Short Form-12 (SF-12) questionnaire in patients with cervical spondylotic myelopathy: comparison with SF-36. *Spine* 31 (6), 639-643

smith&nephew: <http://www.smith-nephew.de/produkte/orthopaedie-traumatologie/knieendoprothetik/tri-kompartimenteller-gelenkersatz/95-tc-plus>,  
gesehen am: smith&nephew: [http://www.plusorthopedics.com/produkte\\_details\\_de,495,liste.html](http://www.plusorthopedics.com/produkte_details_de,495,liste.html). Zugriff am: 22.06.2013

Steckel H, Klinger H M, Baums M H, Schultz W (2005): Long-term results of the Blauth knee prosthesis--current status of hinged knee prostheses. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 143 (1), 30-35

Steinhauser E, Burgkart R, Gerdesmeyer L (2006): Biomechanical aspects of revision components for knee arthroplasty. *Orthopäde* 35 (2), 128-135

Stucki G, Meier D, Stucki S, Michel B A, Tyndall A G, Dick W, Theiler R (1996): Evaluation of a German version of WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) Arthrosis Index. *Z Rheumatol* 55 (1), 40-49

Swedish\_Knee\_Arthroplasty\_Register: ANNUAL REPORT 2012. [http://www.knee.nko.se/english/online/uploadedFiles/117\\_SKAR\\_2012\\_Engl\\_1.0.pdf](http://www.knee.nko.se/english/online/uploadedFiles/117_SKAR_2012_Engl_1.0.pdf).  
Zugriff am: 16.04.2013

Tay K S, Lo N N, Yeo S J, Chia S L, Tay D K, Chin P L (2013): Revision Total Knee Arthroplasty: Causes and Outcomes. *Ann Acad Med Singapore* 42 (4), 178-183

Van Kempen R W, Schimmel J J, van Hellemond G G, Vandenneucker H, Wymenga A B (2013): Reason for revision TKA predicts clinical outcome: prospective evaluation of 150 consecutive patients with 2-years followup. *Clin Orthop Relat Res.* 471 (7), 2296-2302

Van Manen M D, Nace J, Mont M A (2012): Management of primary knee osteoarthritis and indications for total knee arthroplasty for general practitioners. *J Am Osteopath Assoc* 112 (11), 709-715

Wang C J, Hsieh M C, Huang T W, Wang J W, Chen H S, Liu C Y (2004): Clinical outcome and patient satisfaction in aseptic and septic revision total knee arthroplasty. *Knee* 11 (1), 45-49

Ware J Jr, Kosinski M, Keller SD (1996): A 12-Item Short-Form Health Survey: construction of scales and preliminary tests of reliability and validity. *Med Care* 34 (3), 220-233

Wasielowski R C, Galante J O, Leighty R M, Natarajan R N, Rosenberg A G (1994): Wear patterns on retrieved polyethylene tibial inserts and their relationship to technical considerations during total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* (299), 31-43

Weber E, Weber W: *Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge*. Dietrich, Göttingen 1836

Wirth C J: *Klinische Diagnostik*. In: Kohn D (Hrsg.): *Knie*. Thieme, Stuttgart 2005, 62-79

## **Danksagung**

Mein herzlichster Dank richtet sich an meinen Betreuer und Doktorvater Herrn Prof. Dr. H.-M. Klinger, der mir diese Arbeit ermöglichte und mir stets mit großem zeitlichen Engagement zur Seite stand. Ich erfuhr eine großartige Unterstützung durch seine Anregungen und Hilfestellungen, die Äußerung konstruktiver Kritik sowie die Ermöglichung der aktiven Teilnahme an orthopädischen Kongressen. Während der Entstehung dieser Arbeit wurde Herr Prof. Dr. Klinger zu einem wertvollen Förderer und Wegbegleiter.

Ich danke Herrn Dipl. Ing. G. H. Buchhorn, der mir äußerst hilfsbereit bei administrativen Fragestellungen im Zusammenhang mit der Outcome-Evaluierung zur Seite stand.

Mein Dank gilt ebenfalls den Mitarbeitern des Institutes für Medizinische Statistik der Universitätsmedizin Göttingen für die Unterstützung bei der Einarbeitung in die Softwareprogramme SPSS und STATISTIKA.

Nicht zuletzt möchte ich mich von Herzen bei den Studienpatienten bedanken, welche den Aufwand nicht gescheut haben und sich zur Teilnahme an der Outcome-Evaluierung bereit erklärten.

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, die Dissertation mit dem Titel „Revision bei einliegender Knieendoprothese – Ursachenanalyse und Ergebnisqualität“ eigenständig angefertigt und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Göttingen, den 20.01.2016

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Aena Schierjott".