

Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik  
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie an der  
Universität Tübingen

**Langzeitergebnisse nach valgisierender open wedge HTO**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität  
zu Tübingen**

**vorgelegt von**

**Klink, Julian Nico**

**2021**

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professor Dr. S. Schröter  
2. Berichterstatter: Professor Dr. N. Wülker  
3. Berichterstatter: Professor Dr. F. Springer

Tag der Disputation: 01.09.2021

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Kniegelenk .....	2
1.1.1	Anatomie des Kniegelenks .....	2
1.1.2	Grundlagen der Mechanik .....	4
1.1.3	Physiologische Beinachsen .....	4
1.2	Gonarthrose .....	6
1.2.1	Ursachen / Risikofaktoren .....	8
1.2.2	Therapie der Gonarthrose .....	10
1.3	High tibial osteotomy (HTO) .....	12
1.4	Indikation zur open wedge HTO .....	14
1.5	Zielsetzung der Arbeit .....	15
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>16</b>
2.1	Studiendesign und Patientenkollektiv .....	16
2.2	Nachuntersuchung .....	17
2.2.1	Klinische Untersuchung .....	17
2.2.1.1	Patientenfragebogen .....	18
2.2.1.2	Score nach Ranawat und Shine .....	18
2.2.1.3	Score nach Lequesne et al. ....	19
2.2.1.4	Lysholm-Gillquist-Score .....	20
2.2.1.5	Oxford Knie Score .....	21
2.2.1.6	2000 IKDC .....	21
2.2.2	Radiologie .....	23
2.3	Statistische Auswertung .....	32
2.3.1	Kaplan Meier .....	33
2.3.2	Kruskal-Wallis-Test .....	34

2.3.3	Mann-Whitney-U-Test.....	34
2.3.4	Friedman-Test .....	35
2.3.5	Wilcoxon-Test .....	35
<b>3</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>36</b>
3.1	Deskriptive Statistik.....	37
3.1.1	Gesamtkollektiv .....	38
3.1.1.1	Geschlecht .....	38
3.1.1.2	Altersverteilung .....	38
3.1.1.3	Body-Mass-Index .....	39
3.1.1.4	Anzahl der Vor-Operationen.....	40
3.1.1.5	Bewegungsumfang (Range of motion) .....	40
3.1.1.6	Scores präoperativ .....	41
3.1.1.7	Scores zum Zeitpunkt Nachuntersuchung 1 .....	45
3.1.1.8	Radiologie präoperativ.....	50
3.1.1.9	Radiologie NU 1 .....	51
3.1.2	Studienkollektiv.....	52
3.1.2.1	Body-Mass-Index .....	52
3.1.2.2	Bewegungsumfang (Range of motion) .....	52
3.1.2.3	Scores Nachuntersuchung 2 .....	53
3.1.2.4	Radiologie NU 2 .....	56
3.2	Langzeitergebnisse.....	58
3.2.1	Kaplan Meier.....	58
3.2.2	Log rank.....	61
3.3	Ergebnisse des Gruppenvergleichs mittels MWU .....	64
3.4	Friedman-Test am Studienkollektiv .....	80
3.5	Wilcoxon-Test am Studienkollektiv.....	84

<b>4</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>88</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>107</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>109</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>124</b>
7.1	Fragebögen .....	124
7.1.1	Patientenfragebogen.....	124
7.1.2	Lysholm-Gillquist-Score .....	125
7.1.3	Score nach Lequesne et al. ....	126
7.1.4	Score nach Ranawat und Shine (HSS) .....	127
7.1.5	Oxford Knie Score.....	128
7.1.6	2000 IKDC Subjektiver Knie - Untersuchungsbogen .....	130
<b>8</b>	<b>Erklärung zum Eigenanteil</b> .....	<b>132</b>
<b>9</b>	<b>Lebenslauf</b> .....	<b>133</b>
<b>10</b>	<b>Danksagung</b> .....	<b>135</b>

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
a.p. Aufnahme	anterior-posteriore Aufnahme
BG	Berufsgenossenschaft
BMI	Body Mass Index
bzw.	beziehungsweise
et al.	und andere
HEP	Hemiendoprothese
HSS	Hospital for Special Surgery
(ow)HTO	(open wedge) high tibial osteotomy
ICD	International Classification of Diseases
IKDC	International Knee Documentation Committee
kg	Kilogramm
m	Meter
mFTA	mechanical femorotibial angle
mm	Millimeter
MWU	Mann-Whitney-U
n	Anzahl
N.	Nervus
NSAR	nichtsteroidales Antirheumatikum
NU 1	Nachuntersuchungszeitpunkt 1
NU 2	Nachuntersuchungszeitpunkt 2
P	“Prothesen”-Gruppe
P-frei	“Prothesenfreie” Gruppe

p/p-Wert

Signifikanzwert

Tab.

Tabelle

TEP

Totalendoprothese

# 1 Einleitung

Die Lebenserwartung in Deutschland ist in den letzten Jahren deutlich angestiegen. Seit Beginn der 1990er-Jahre kam es zu einem Anstieg der Lebenserwartung bei den Frauen um 4,2 Jahre auf 83,2 Jahre. Bei den Männern lag dieser Anstieg noch höher bei 5,9 Jahren auf 78,4 Jahre [99].

Unter Berücksichtigung der letzten 100 Jahre wird der rasante Anstieg der Lebenserwartung noch deutlicher (Abb. 1-1). Die Kurve ist dabei in den letzten Jahren weiter steigend. Somit wird in naher Zukunft auch bei den Männern eine Lebenserwartung von über 80 Jahren erwartet.

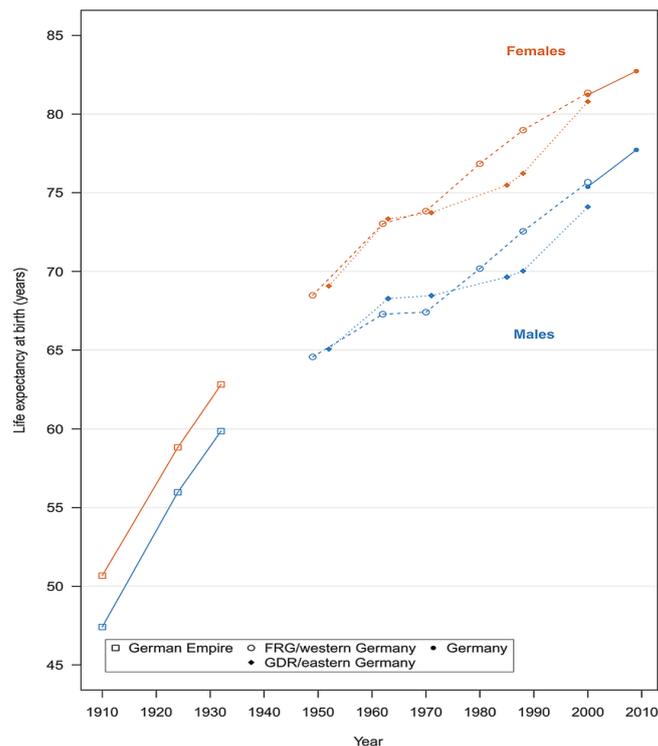


Abbildung 1-1: Lebenserwartung in Deutschland zwischen 1910/11 und 2011 (aus Kibele et al. [71])

Die zunehmende Lebenserwartung stellt auch die Medizin vor wachsende Aufgaben. So kommt es im höheren Lebensalter zu einem zunehmenden Gelenkverschleiß. Die sogenannte Arthrose stellt dabei die weltweit häufigste Gelenkerkrankung dar [30]. Radiologisch nachweisbare Arthrosezeichen zeigen sich bereits bei einem Großteil der Menschen mit einem Alter von 65 Jahren. Bei

den über 75-Jährigen zeigen sich diese Arthrosezeichen bei 80% der Menschen [7]. Dabei betrifft ein Großteil der arthrotischen Veränderungen das Kniegelenk [95]. Dies liegt nicht zuletzt an den gewichttragenden Anforderungen und der ausgeprägten Mobilität des Kniegelenks [60].

Abbildung 1-2 dient als Veranschaulichung der Inzidenz von Arthroseerkrankungen in Abhängigkeit des Alters.

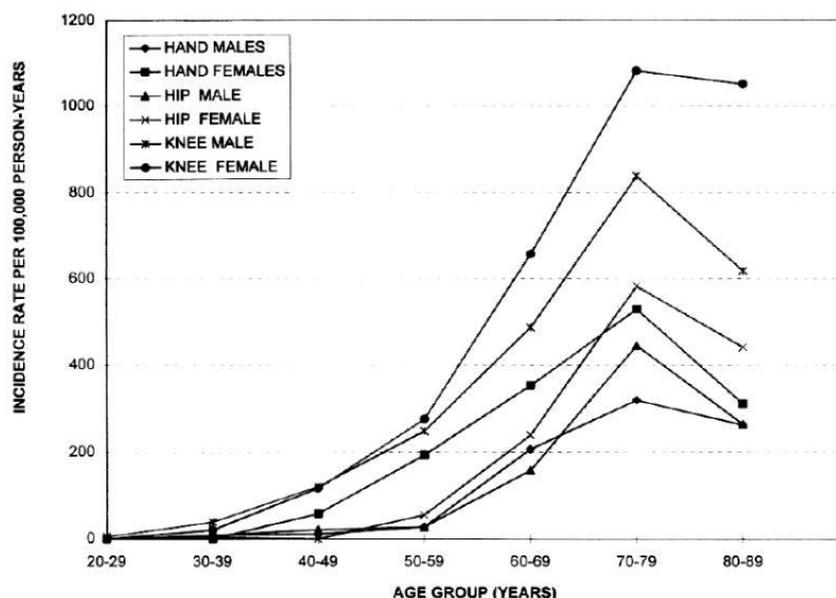


Abbildung 1-2: Anzahl der Neuerkrankungen von Arthrose in Hand, Hüfte und Knie (aus Oliveria et al. [80])

In der westlichen Bevölkerung stellt die Arthrose eine häufige Ursache für eingeschränkte Funktionalität, Beeinträchtigung und Schmerzen dar [7].

Die Osteoarthritis ist somit eine Krankheit hoher klinischer Relevanz. Ein wachsender Anspruch an die Mobilität bis ins hohe Alter bedeutet dabei eine hohe Anforderung an die medizinische Versorgung.

## 1.1 Kniegelenk

### 1.1.1 Anatomie des Kniegelenks

Das Kniegelenk ist das größte Gelenk des Menschen [35]. Es stellt ein trikompartimentelles Gelenk dar [35]. Die 3 Gelenkanteile werden durch das Femorotibialgelenk, welches wiederum in ein mediales und laterales Gelenkkompartiment unterteilt wird, und das Femoropatellargelenk gebildet. Als

beteiligte Gelenkkörper sind die Kondylen des distalen Femurs, die proximale Tibia sowie die Patella-Rückfläche auszumachen [8]. Diese garantieren nur eine geringe knöcherner Führung. Umso wichtiger sind im Kniegelenk daher aktive und passive Stabilisatoren. Zu den aktiven Stabilisatoren wird der gesamte Muskelapparat gezählt. Einen passiven Stabilisator stellen die halbmondförmigen Menisci dar [98]. Diese vergrößern die Gelenkfläche und wirken somit der hohen Druckbelastung entgegen [8]. Zudem stabilisiert ein verletzungsanfälliger Kapsel-Band-Apparat das Kniegelenk. Zu dieser ligamentären Führung gehören neben der Gelenkkapsel insbesondere zwei Seitenbänder sowie ein vorderes und hinteres Kreuzband, wie in Abbildung 1-3 zu sehen [35]. Ventralseitig wird der Kapsel-Band-Apparat durch die Sehne des Musculus quadriceps, die als Hypomochlion eingelagerte Patella und das Ligamentum patellae, das den Zug zur Tuberositas tibiae weiterleitet, verstärkt [8].

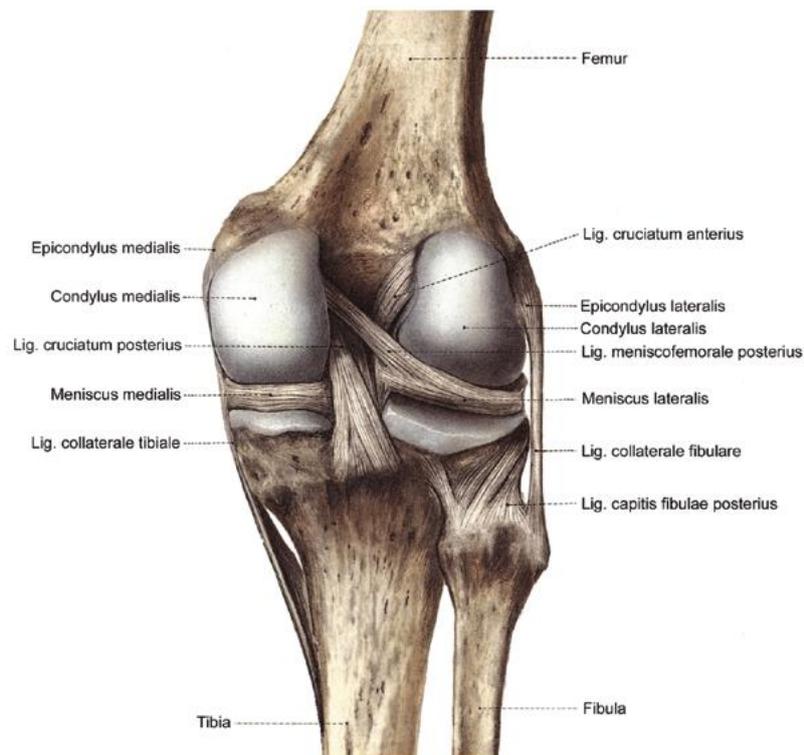


Abbildung 1-3: Rechtes Knie von dorsal (aus Amendola et al. [3])

### **1.1.2 Grundlagen der Mechanik**

Funktionell gesehen stellt das Femorotibialgelenk ein Drehscharniergelenk dar [8]. Neben der Beuge- und Streckbewegung ist in Beugestellung zudem eine aktive Rotation möglich [96]. Der Bewegungsumfang für die Innen- bzw. Außenrotation liegt nach der Neutral-Null-Methode bei:  $10^{\circ}/0/30^{\circ}$  [8]. Am gestreckten Knie ist dagegen durch die Anspannung sowohl der Kollateralbänder als auch der Kreuzbänder keine Rotation möglich [8]. Diese Spannung der Bänder in Streckstellung ermöglicht dem Menschen den mühelosen aufrechten Stand [96]. Die Bewegung zwischen Femur und Tibia erfolgt nach dem Roll-Gleit-Prinzip [98]. Bei zunehmender Streckung des Beines erzwingt die Anspannung der Kreuzbänder eine Außenrotation des Unterschenkels, welche als Schlussrotation bezeichnet wird und die volle Streckung ermöglicht. Die maximale Extension liegt physiologisch bei  $5-10^{\circ}$  [8]. Die Flexion ist dagegen praktisch unbegrenzt. Gehemmt wird diese erst bei circa  $150^{\circ}$  durch die aktive Insuffizienz der ischiokruralen Muskulatur [8].

### **1.1.3 Physiologische Beinachsen**

Einen wichtigen Platz nehmen in der vorliegenden Arbeit die Achsenverhältnisse des Beines ein. Daher wird in diesem anatomisch und mechanisch geprägten Kapitel näher auf die Beinachsen eingegangen.

An der unteren Extremität ist bezüglich der Achsenverhältnisse zwischen anatomischen und mechanischen Achsen zu unterscheiden. Durch unterschiedliche Zielpunkte ergibt sich beispielsweise am Femur ein Winkel zwischen der mechanischen und der anatomischen Achse (AMA). Dieser Winkel beträgt physiologisch  $6^{\circ} \pm 1^{\circ}$  [44].

Schon Mikulicz [86] beschrieb im Jahr 1878 die mechanische Beinachse und erkannte deren Bedeutung für Achsfehlstellungen. Er nannte die Achse „Direktionslinie“. Heute wird die mechanische Achse daher auch „Mikulicz-Linie“ genannt. Sie stellt die Verbindungslinie zwischen dem Zentrum des Femurkopfes und des oberen Sprunggelenks dar. Diese verläuft physiologisch in der Frontalebene etwas medial der Kniegelenksmitte. Man spricht daher auch von einer mechanischen Achsabweichung (mechanical axis deviation, MAD), sprich

der Entfernung vom Zentrum des Kniegelenks zur mechanischen Achslinie. Dabei liegt die MAD physiologisch bei  $4\text{mm} \pm 2\text{mm}$  medial des Kniegelenkzentrums [100]. Somit besteht also zwischen der mechanischen Femurachse und der mechanischen Tibiaachse eine leichte Varusstellung. Dieser radiologische Parameter wird auch mFTA (mechanischer femorotibiale Winkel) genannt und beträgt im Durchschnitt etwa  $1,2^\circ$  [60].

Am Kniegelenk ergibt sich ein weiterer Winkel. So verlaufen die femorale und die tibiale Kniebasislinie nicht genau parallel zueinander. Dadurch entsteht ein, nach medial offener, Winkel von etwa  $2^\circ$  [122]. Dieser wird auch Gelenköffnungswinkel, kurz JLCA (Joint Line Convergence Angle), genannt.

Bei der Beschreibung der folgenden Winkel wird auf die Nomenklatur von Tetsworth und Paley [131] zurückgegriffen. Durch 5 Buchstaben werden die Winkel genau beschrieben. Der erste Buchstabe gibt Auskunft, ob es sich um eine anatomische oder mechanische („a“ oder „m“) Achse handelt, an der ein Winkel vermessen wird. Der zweite Buchstabe legt die Position des Winkels zur zuvor festgelegten Achse, medial oder lateral („M“ oder „L“), fest. Der dritte Buchstabe macht deutlich, ob sich der Winkel am proximalen oder distalen („P“ oder „D“) Ende des beteiligten Knochens befindet. Durch den vierten Buchstaben wird der betroffene Knochen, Femur oder Tibia („F“ oder „T“), angegeben. Zuletzt wird der Buchstabe A, welcher für den englischen Begriff von Winkel (Angle) steht, angehängt.

Der mechanische laterale distale Femurwinkel, kurz mLDFFA, ergibt sich durch die Gelenkstellung des Kniegelenks in der frontalen Ebene in Bezug zur mechanischen Femurachse. Der Normwert liegt bei  $87,5^\circ \pm 2,5^\circ$  [100].

Der Winkel, den die Gelenkstellung des Kniegelenks zu der mechanischen Achse der Tibia darstellt, wird wiederum mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel genannt. Hier liegt der Normwert bei  $87,5^\circ \pm 2,5^\circ$  [100].

Zieht man von der Spitze des Trochanter major zum Hüftkopffzentrum eine Linie, so repräsentiert diese Linie die Gelenkstellung der Hüfte in frontaler Ebene. Die Stellung dieser Linie zur mechanischen Achse des Femurs stellt den mechanischen lateralen proximalen Femurwinkel dar. Dieser mLPPFA hat einen Normwert von  $90^\circ \pm 5^\circ$  [100].

Nimmt man wiederum die Gelenkstellung der Sprunggelenklinie in Bezug zu der mechanischen Achslinie der Tibia, so zeigt dieser Winkel den mechanischen lateralen distalen Tibiawinkel. Für den mLDTA ergibt sich ein Normwert von  $89^\circ \pm 3^\circ$  [100].

Im Kapitel 2.2.2 wird auf die radiologische Bestimmung der Beinachsen näher eingegangen sowie die dargestellten Achsen und Winkel verbildlicht.

## **1.2 Gonarthrose**

Bei der Arthrose handelt es sich um einen lokalisiert ablaufenden, degenerativen Prozess der knorpeligen Gelenkflächen [37].

Von einer Gonarthrose spricht man, wenn sich diese Umbauprozesse am Kniegelenk abspielen. Dabei kann der Verschleiß das gesamte Kniegelenk betreffen. Man spricht in diesem Fall von einer Pangonarthrose. Daneben gibt es am Kniegelenk weitere arthrotische Veränderungen. Dazu gehören die Retropatellararthrose oder die unikompartimentelle Arthrose, bei der nur der mediale oder laterale Gelenkspalt betroffen ist [37].

Die Gonarthrose wird durch den ICD Code M17 nach der ICD-10-Klassifikation beschrieben. Es gibt bei genauerer Betrachtung mehrere Möglichkeiten, die Arthrose zu definieren. Einerseits ist eine Definition aus pathologischer Sicht möglich. Diese sieht in der Arthrose degenerative wie auch entzündliche Vorgänge, mit der Folge eines Umbaus des Knorpels sowie des Knochens. So kommt es am Knorpel mit der Zeit zu einem Verlust der Regenerationsfähigkeiten [87].

Aus klinischer Sicht handelt es sich dagegen um eine Gelenkserkrankung, die insbesondere Schmerzen in den betroffenen Gelenken zur Folge hat [32]. So ist das charakteristische Merkmal der Gonarthrose der belastungsabhängige Schmerz, welcher im Tagesverlauf zunimmt. Zudem wird bei Krankheitsbeginn häufig von einem Steifigkeitsgefühl berichtet, welches vor allem nach dem Aufstehen existiert. Auch der Anlaufschmerz nach längerem Sitzen oder Stehen gilt als klinisches Kennzeichen der Gonarthrose [37]. Nicht selten kommt es zudem zu einer Ergussbildung im Kniegelenk, die sich insbesondere am Abend nach längerer Belastung zeigt [140]. Als weitere klinische Auffälligkeit ist die

Gelenkblockierung zu nennen [63]. Ebenso wird häufig von subjektiven Funktionseinschränkungen wie etwa bei der Hockstellung berichtet [140]. Zudem kann es zeitweise zu einer Verschlimmerung der Symptomatik kommen. Man spricht dann von einer aktivierten Arthrose. Diese kann sich durch das Auftreten eines Ruheschmerzes zeigen. Weitere Anzeichen können eine Überwärmung des Kniegelenkes, eine deutliche Ergussbildung wie auch eine verstärkte Bewegungseinschränkung sein [63].

Neben der klinischen und der bereits dargelegten pathologischen Betrachtungsweise kann die Arthrose durch radiologische Parameter bewertet werden. Die heutzutage vorrangige Methode, um die Arthrose radiologisch zu beschreiben, stellt der Kellgren-Lawrence-Score dar [69]. Diese radiologische Herangehensweise ist bereits seit Jahrzehnten im Einsatz und wurde immer wieder angepasst [142]. Eine genaue Beschreibung dieses radiologischen Parameters findet sich im Methodenteil unter dem Kapitel 2.2.2.

Durch die verschiedenen Definitionen der Arthrose-Erkrankung ergeben sich unterschiedliche Patientengruppen. So sind klinisch auffällige Patienten möglicherweise radiologisch unauffällig. Andere Patienten mit radiologischen Arthrosezeichen zeigen wiederum eventuell keine Symptomatik [32]. Studien zu dieser Thematik belegen, dass bei einer radiologisch gesicherten Arthrose des Kniegelenks nur 15 % dieser Patienten klinisch durch Schmerzen auffallen. Zudem korrelieren Radiologie und Klinik nicht hinsichtlich des Arthrose-Ausmaßes [50]. Von einer symptomatischen Arthrose-Erkrankung spricht man folglich bei einem klinisch auffälligen Gelenk, welches zudem radiologische Arthrosezeichen aufweist [142].

Entsprechend der diversen Definitionsvarianten der Arthrose gilt es, bei Diagnosestellung die vorhandenen diagnostischen Mittel zu kombinieren. So ist in der Regel die Kombination aus ausführlicher Anamnese, klinischer Untersuchung und bildgebendem Verfahren zielführend.

### **1.2.1 Ursachen / Risikofaktoren**

Die Arthrose kann in eine primäre und sekundäre Form eingeteilt werden [67]. Bei der primären Form spricht man häufig von der idiopathischen Arthrose, da deren Entstehung bis heute nicht vollständig geklärt werden kann [120].

Der sekundären Form liegen Erkrankungen wie Gelenkstraumata, Knochen- und Gelenkerkrankungen wie die rheumatoide Arthritis, systemische Erkrankungen wie Diabetes und viele weitere Vor-Erkrankungen zugrunde [63, 67]. Die primäre Form ist jedoch häufiger als die sekundäre Arthrose vorzufinden [120].

Betrachtet man die Literatur, so lassen sich die Risikofaktoren für das Entwickeln einer Arthrose in eine lokale und eine systemische Untergruppe aufteilen. Wie im Folgenden aufgezeigt, liegt dabei eine multifaktorielle Ätiologie mit einem Zusammenspiel diverser Faktoren vor [142]. Es wird zunächst auf die systemischen Risikofaktoren eingegangen.

Insgesamt findet sich beim weiblichen Geschlecht tendenziell eine höhere Prävalenz an Arthrose-Erkrankung [67]. Dabei kommt es vor allem in höherem Alter zu einer Zunahme der Prävalenz, welche im weiblichen Geschlecht signifikant größer ist [134]. Dies zeigt auch ein Literaturreview von Sun et al. [124], bei dem sich hinsichtlich der Gonarthrose-Inzidenz ein massiver Anstieg bei Frauen nach dem 50. Lebensjahr zeigte. Dieses Ergebnis lässt darauf schließen, dass die Erkrankung einem hormonellen Einfluss unterliegen muss.

Das Alter gilt als einer der stärksten Risikofaktoren für das Entwickeln einer Arthrose [33, 67]. Sowohl Inzidenz als auch Prävalenz der Arthrose nehmen im Zuge des Alterns deutlich zu [67]. Hierfür verantwortlich gemacht werden die im Alter zunehmenden Einflüsse der multiplen Risikofaktoren sowie die Abnahme der Regenerationsmechanismen des Körpers [67, 142].

Auch die genetische Vererbung scheint eine Rolle bei der Entstehung von Arthrose zu spielen. So gibt es einige Studien, die eine genetische Ursache bezüglich der Arthrose-Erkrankung sehen [32]. Das Risiko, Arthrose zu entwickeln gilt bei positiver Familienanamnese als erhöht [31].

Auch ethnische bzw. geographische Unterschiede wurden in verschiedenen Studien nachgewiesen [32, 67].

Im Folgenden wird auf die lokalen Risikofaktoren für die Entstehung von Arthrose eingegangen:

Übergewicht erhöht die Gefahr, eine Arthrose zu entwickeln. Dies gilt insbesondere für die Gonarthrose [81]. Felson DT et al. [34] zeigten in ihrer Studie eindrucksvoll, dass Übergewicht das Risiko für die Entstehung von Gonarthrose steigert. Insbesondere in jungen Jahren scheint Übergewicht ein großer Risikofaktor zu sein. So korreliert das Vorliegen von Übergewicht in jungen Jahren mit der Entstehung von Arthrose [81].

Aufgrund der wichtigen Pufferfunktion im Kniegelenk spielen die Menisken ebenfalls eine Rolle hinsichtlich der Gonarthrose-Entwicklung. So zeigen mehrere Studien den Einfluss einer Meniskektomie. Maletius et al. [82] wie auch Roos et al. [105] weisen in ihren Studien nach, dass Patienten mit einem Zustand nach Meniskektomie signifikant stärkere radiologische Arthrosezeichen aufweisen als die jeweiligen Kontrollgruppen. Eine Meniskektomie geht darüber hinaus mit einer höheren Inzidenz an Gonarthrose einher [82, 84].

Auch die vordere Kreuzbandruptur gilt als prädiktiver Faktor für die Entstehung von Gonarthrose [79, 119]. Dies lässt sich auf die, durch das insuffiziente Kreuzband bedingte, vermehrte tibiale Translation und Rotation zurückführen [119].

Weiterhin gibt es Hinweise, dass auch die Berufswahl Einfluss auf das Arthrose-Risiko nimmt. So wurde nachgewiesen, dass Landwirte ein erhöhtes Risiko für die Entstehung von Gonarthrose mitbringen [39].

Zuletzt wird auf einen weiteren lokalen Risikofaktor eingegangen, der nicht zuletzt aufgrund des Studieninhalts einen zentralen Punkt einnimmt. Varische bzw. valgische Fehlstellungen des Beines sollen ebenso wie die bisher genannten Faktoren Einfluss auf die Erkrankung nehmen. Dabei bedingt die Bein-Fehlstellung nicht nur eine Zunahme der Gonarthrose, sondern gilt vielmehr als Faktor bei der Entstehung der Erkrankung [20, 117]. So geht die varische Fehlstellung mit einer medialen Gonarthrose, die valgische Fehlstellung mit einer lateralen Gonarthrose einher [117]

Die Zunahme einer Gonarthrose durch varische bzw. valgische Beinstellungen gilt als abhängig vom Ausmaß der vorliegenden Arthroseerkrankung [23].

Laut einem systemischen Review von Tanamas et al. [128] sind weitere Untersuchungen nötig, um noch tiefergehende Aussagen zur Kausalität hinsichtlich dieses lokalen Risikofaktors treffen zu können.

### **1.2.2 Therapie der Gonarthrose**

Aufgrund der Tatsache, dass die Entstehung und der Verlauf der Erkrankung bis heute noch nicht vollständig geklärt sind, gilt die Arthrose als nicht heilbar [85]. Die Therapieentscheidung bei Patienten mit Arthrose gilt es individuell und an die Bedürfnisse des Patienten anzupassen. Dabei sollten die konservativen Maßnahmen zunächst ausgeschöpft und erst dann chirurgische Interventionen bedacht werden. Die im weiteren Verlauf dargestellten Behandlungsstufen sind an die Schwere der Symptomatik anzupassen [55]. Ziel der Therapie sollte sein, den Leidensdruck der Patienten zu verringern und dadurch die Lebensqualität zu steigern.

Zu den konservativen Therapiemöglichkeiten zählen zunächst Allgemeinmaßnahmen. Darunter fallen der Gewichtsverlust, die Lebensstil-Änderung, wie auch die Patientenschulung [85]. Auch physiotherapeutische Anwendungen gelten als probate konservative Behandlungsmethode. So zeigten Pollard et al. [102], dass bereits die Anwendung eines Kurzzeitprotokolls der manuellen Therapie eine deutliche Schmerzreduktion sowie Verbesserung der Funktionalität bei Patienten mit Gonarthrose brachte. Zu den weiteren konservativen Maßnahmen gehört die pharmakologische Therapie. Eingesetzt werden Analgetika wie die NSAR, Glukokortikoide bis hin zu Opioiden. Ein großes Review von 16 Studien legte offen, dass der Einsatz von NSAR bei Osteoarthrose keine ausreichende Effizienz zeigt, um Unterschiede zwischen den einzelnen Substanzgruppen aufzuzeigen [137].

Neben der oralen Einnahme der Schmerzmedikation ist auch eine intraartikuläre Injektion ein mögliches Therapeutikum. In der Meta-Analyse von Bellamy et al. [10] zeigte sich ein kurzfristiger Nutzen der intraartikulären Glukokortikoid-Injektionen, während ein Langzeit-Nutzen nicht nachgewiesen werden konnte.

Bleiben die genannten konservativen Maßnahmen ohne Erfolg, so müssen die operativen Therapiemöglichkeiten bedacht werden. Hier wäre zunächst die gelenkerhaltende Chirurgie zu nennen. Dazu zählen unter anderem arthroskopische Eingriffe. Unter den Begriff der symptomatischen Arthroskopie fallen unter anderem die arthroskopisch durchgeführte Lavage sowie das Débridement. Der Nutzen dieser Operationen bei Patienten mit Gonarthrose konnte von Moseley et al. [90] in einer randomisierten, Placebo-kontrollierten Studie nicht nachgewiesen werden.

Neben der rein symptomatischen Arthroskopie gibt es zudem die Möglichkeit der arthroskopisch durchgeführten Rekonstruktion der Gelenksoberfläche. Ein solches Verfahren stellt die autologe Chondrozyten-Transplantation dar, wie im Jahr 1994 von Brittberg et al. [19] beschrieben.

Auch die Osteotomie zählt zu den gelenkerhaltenden Operationsmethoden. Bei den kniegelenknahen Osteotomien wird die hohe tibiale Osteotomie (HTO) von der suprakondylären Femurosteotomie, auch distale Femurosteotomie genannt, unterschieden. Da die HTO in dieser Arbeit einen zentralen Aspekt darstellt, wird diese im weiteren Verlauf näher betrachtet.

Eine weitere operative Alternative stellt die gelenkersetzende Chirurgie dar. Die 1989 von Vince et al. [136] veröffentlichte Studie zeigt die Ergebnisse der frühesten durchgeführten Totalendoprothesen (TEP). Indikationen stellten neben der Gonarthrose die Osteonekrose wie auch die rheumatoide Arthritis dar. Dabei wurde die TEP insbesondere bei älteren Patienten und bei gleichzeitiger Achsfehlstellung als indiziert angesehen. Auch für Insall et al. [65] galt die TEP insbesondere für Patienten über dem 60. Lebensjahr als die passende Operationsmethode und der HTO überlegen. Duffy et al. [28] konnten wiederum einige Zeit später nachweisen, dass die TEP auch in jüngeren Jahren gute Ergebnisse erzielt. So zeigte sich eine 10-Jahresüberlebensrate von 99%. Mit den verbesserten Überlebensraten wurde auch die Indikationsstellung für die TEP erweitert.

Eine gelenkersetzende Alternative zur TEP stellt die unikompartimentelle Knieprothese dar. Diese gilt als gute Option für Patienten, deren Schmerzlokalisierung sich auf ein Kompartiment beschränkt und welche

radiologisch unikompartimentelle Arthrosezeichen aufweisen [107]. Die unikompartimentelle Kniearthroplastik wurde dabei vor allem für ältere Patienten mit geringen Anforderungen genutzt [125]. Verbesserte Langzeit-Ergebnisse der unikompartimentellen Prothetik haben jedoch dafür gesorgt, dass deren Indikation auf jüngere und aktive Patienten erweitert wurde. Sowohl Murray et al. [91] als auch Berger et al. [11] wiesen für die unikompartimentelle Knieprothese in ihren Studien eine 10-Jahres-Überlebensrate von 98% nach. Es bleibt bei der Indikation zur TEP jedoch zu berücksichtigen, dass zum einen bei jüngeren Patienten ein großer Prozentsatz von unzufriedenen Patienten resultiert (25% bei unter 55 Jährigen) [116] und die Erwartung der Patienten nicht erfüllt werden kann [132]. In Bezug auf Mortalität und Komplikationen liegt dieser Prozentsatz bei der Knie-TEP höher als bei der unikompartimentellen Knieprothese [24, 77].

### **1.3 High tibial osteotomy (HTO)**

Um Achsfehlstellungen operativ zu korrigieren, gibt es mittlerweile unterschiedliche chirurgischen Techniken. Die Varusfehlstellung an der Tibia ist sicherlich eine der häufigsten Deformitäten an der unteren Extremität, die eine Indikation zur Osteotomie darstellt. Diese kann durch eine valgisierende HTO an der proximalen Tibia behandelt werden [20, 133]. Eine spezielle Operationsmethode stellt die valgisierende closed wedge HTO dar. Diese wurde von Coventry et al. [26] propagiert. Auch Aglietti et al. [1] und viele andere wendeten diese Technik später an. Diese Methode beinhaltet eine Knochenkeil-Entnahme am lateralen Teil der proximalen Tibia sowie an der Fibula und in der Folge eine Stabilisation mit einer Osteosynthese (Klammern). Eine weitere operative Möglichkeit wurde durch Maquet et al. [83] beschrieben. Bei der sogenannten Dom-Osteotomie wird proximal der Tuberositas tibiae eine konvexe Osteotomie durch Bohrlöcher nach kranial angelegt. Mithilfe von zwei eingebrachten Steinmannnägeln wird anschließend proximal und distal die Korrektur bestimmt. Dabei wird ebenfalls eine Fibula-Osteotomie notwendig. Dadurch ergeben sich operationstechnische Risiken, wie etwa die Verletzung des N. peroneus. Nicht zuletzt deswegen wurde eine weitere Operationstechnik, die open wedge HTO (OWHTO), von Goutallier et al. [54] und Hernigou [53]

angewendet. Dabei wurde eine Osteotomie mit Zielrichtung auf den proximalen Tibiakopf von medial durchgeführt und um den geplanten Winkel aufgeklappt. Die Probleme der Stabilität bei der open wedge HTO wurden durch die Entwicklung des Plattenfixateurs innerhalb der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese relevant reduziert [78, 121]. Diese Entwicklung sorgte dafür, dass durch Nutzung der Winkelstabilität auf einen Knochenkeil verzichtet werden konnte. Intraoperativ wird bei diesem Verfahren zunächst der Tibiakopf bis 10 mm vor der lateralen Kortikalis durchtrennt. Schließlich wird der Spalt vorsichtig immer weiter mittels Arthrodesenspreizer aufgespreizt. Erreicht man die gewünschte Öffnungshöhe, so wird die geschaffene Öffnung mit dem Plattenfixateur TomoFix™ fixiert [121].

Bezüglich der präoperativen radiologischen Planung der kniegelenknahen OWHTO gibt es verschiedene Planungsmethoden. Dazu zählen unter anderem die Planungsmethode nach Miniaci [88], nach Coventry [25] sowie nach Pape [101]. Letztere stellt eine modifizierte Variante der Methode nach Miniaci dar. Schaut man in die Literatur, so differieren die Empfehlungen der korrekten Beinachse. Zudem wird Bezug zu unterschiedlichen Achsen genommen. So empfehlen Coventry et al. [25] einen postoperativen Valgus-Winkel der anatomischen Achse von 8°. Die Empfehlung von Hernigou et al. [54] lautet wiederum, einen postoperativen mechanischen Valgus-Winkel von 3-6° zu realisieren. Fujisawa et al. [41] empfahlen eine Überkorrektur auf einen Durchtrittspunkt der Belastungsachse zwischen der 30-40% Marke innerhalb des lateralen Tibiaplateaus. Andere Arbeitsgruppen empfehlen, die Korrektur vom Grad der Arthrose abhängig zu machen [36, 122].

In der BG Unfallklinik Tübingen kommt seit 2002 die Operationsmethode der open wedge HTO in der oben dargestellten Technik mit dem Plattenfixateur TomoFix™ Platte zum Einsatz. Abbildung 1-4 zeigt eine entsprechende a.p.-Aufnahme des rechten Knies einer, in der BGU Tübingen versorgten, Patientin. In der präoperativen Planung wurde dabei ein postoperativer Winkel von 0-4° Valgus in der mechanischen Achse angestrebt. Die Planung mittels der digitalen

Planungssoftware mediCAD (Hectec, Altdorf/Landshut) wird im Methodenteil im Kapitel 2.2.2 näher beschrieben.



Abbildung 1-4: A.p.-Aufnahme rechtes Knie nach erfolgter owHTO mittels TomoFix

#### **1.4 Indikation zur open wedge HTO**

Zur open wedge HTO besteht die Haupt-Indikationen bei einer Varusfehlstellung mit pathologisch veränderter Tibia mit medialer Arthrose [18, 51, 65]. Kontraindikationen für die open wedge HTO sind einerseits Fehlstellungen am distalen Femur, die zur Varusstellung geführt haben [57, 100]. Auf diese Thematik wird im Diskussionsteil dieser Arbeit nochmals eingegangen. Auch das Vorliegen einer Pangenarthrose gilt als Kontraindikation für die OWHTO [18]. Weiterhin sollte kein Streckdefizit von über 25° bestehen [18]. Das Alter stellt nach den neusten Ergebnissen allenfalls eine relative Kontraindikation dar [38, 126].

## **1.5 Zielsetzung der Arbeit**

Das Hauptzielkriterium der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung der Langzeitüberlebensrate nach valgusierender open wedge HTO mit dem TomoFix System. Ein weiteres Zielkriterium ist es, das Vorliegen von prädiktiven Faktoren bezüglich des Überlebens nach owHTO zu untersuchen. Hier kommen sowohl klinische als auch radiologische Parameter zum Einsatz. Des Weiteren wird versucht, den klinischen Verlauf nach erfolgter owHTO darzustellen. Dank mehrerer Untersuchungszeitpunkte soll anhand der erhobenen Scores der Verlauf der Klinik skizziert werden.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Studiendesign und Patientenkollektiv**

Die Studie ist als retrospektive Verlaufsstudie des Patientenkollektivs der BG – Unfallklinik Tübingen mit einem Evidenz-Level 3 nach der Oxford-Klassifikation angelegt.

Eingeschlossen wurden die Patienten, die bereits an der Studie: „Planungssicherheit bei hoher, valgusierender, öffnender, und additiver Umstellungsosteotomie mit der TomoFix™ - Platte - Klinische und radiologische Nachuntersuchung“ [48] teilgenommen hatten (Projekt Nummer 10/2008BO2 Ethikkommission). Dabei handelt es sich um einen Patientenpool von n=76 Patienten. Die Rekrutierung dieser Patienten erfolgte nach positivem Votum der Ethikkommission (Projekt Nummer 409/2017BO2) anhand eindeutiger Einschlusskriterien. Voraussetzung für die Studienteilnahme war demnach eine in der BG-Unfallklinik präoperativ gesicherte, symptomatische Varusfehlstellung mit medialem Knorpelschaden, die in dem Zeitraum 2002 – 2006 mit einer open wedge HTO und Plattenfixateur (TomoFix™ Platte ohne Knochenkeil) versorgt wurden. Ausschlusskriterien der jetzigen Studie waren lediglich die Ablehnung der Patienten, an der Studie teilzunehmen, sowie ein Ausbleiben des Erscheinens zur Nachuntersuchung, sodass eine Untersuchung bzw. eine Befragung unmöglich waren.

Im Rahmen der neuerlichen Patientenrekrutierung war es möglich, 69 der 76 Probanden in die Studie einzuschleusen. Die als „Lost to follow-up“ zu bewertenden sieben Patienten kamen wie folgt zustande: In jeweils einem Fall war das Versterben und der Ausschluss aus der Vorläufer-Studie Ursache für den Drop-Out. In den restlichen fünf Fällen konnte trotz intensiver Recherche keine Kontaktaufnahme mit den Patienten erreicht werden. Die neue Datenschutzverordnung wurde teilweise so ausgelegt, dass trotz positivem Votum der Ethikkommission eine Mitteilung der Kontaktdaten durch die Krankenkasse abgelehnt wurde.

## **2.2 Nachuntersuchung**

Die klinische Untersuchung und die Erhebung der klinischen Scores erfolgten ebenso wie die radiologische Auswertung der aufgenommenen Röntgenbilder ausschließlich durch den Verfasser dieser Arbeit.

Zunächst erfolgte eine schriftliche Kontaktaufnahme mittels Informationsschreiben, in dem die potenziellen Studienteilnehmer über die geplante Studie in Kenntnis gesetzt wurden. In der Folgezeit wurde versucht, telefonischen Kontakt mit den Patienten aufzunehmen. Dabei wurden die Personen nochmals bezüglich der Studie ins Bild gesetzt, etwaige Fragen beantwortet und es wurde die Möglichkeit einer Studienteilnahme erörtert. Zentrale, zu klärende Frage war hierbei der Status quo des umgestellten Knies. So galt es herauszufinden, ob es in der Zwischenzeit zu einer Konversion der open wedge HTO zur Knie-Totalendoprothese gekommen war. Im letzten vorbereitenden Schritt kam es bei „Prothesenfreiheit“ zu einer Terminvereinbarung. Schließlich erfolgte in der BG Unfallklinik in Tübingen nach Durchsicht des Aufklärungsbogens und erfolgter Unterschrift der Einverständniserklärung die klinische und eventuelle radiologische Nachuntersuchung.

### **2.2.1 Klinische Untersuchung**

In erster Linie orientierte man sich bei der Auswahl der Fragebögen daran, welche Scores bereits im Rahmen der Vorläufer-Studie: „Planungssicherheit bei hoher, valgusierender, öffnender, und additiver Umstellungsosteotomie mit der TomoFix™ - Platte - Klinische und radiologische Nachuntersuchung“ [48] Anwendung fanden. Ziel war hierbei, keine reine Momentaufnahme der Klinik zu ermitteln, sondern vielmehr aussagekräftige Verlaufswerte. Im Rahmen der oben erwähnten Vorläufer-Studie fanden zu zwei Zeitpunkten klinische und radiologische Untersuchungen statt: Die vor Durchführung der Knie-Umstellungsosteotomie ermittelten Werte werden in der Folge zeitlich mit präoperativ gekennzeichnet. Der zweite Untersuchungszeitpunkt der Vorläufer-Studie fand im Mittel 34 Monate nach erfolgter Operation statt. Die Werte dieses

Untersuchungszeitpunktes werden in der vorliegenden Arbeit zeitlich als Nachuntersuchung 1 (NU 1) bezeichnet.

Zu den fortgeführten Fragebögen gehören, neben einem Patientenfragebogen, der Score nach Ranawat und Shine (Hospital for Special Surgery Score, HSS) [103], der Score nach Lequesne et al. [75] und der Lysholm-Gillquist-Score [80]. Zudem wurde im Rahmen der Nachuntersuchung 1 der Oxford Knie Score [92] mit aufgenommen. Erstmals ermittelt wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein weiterer Knie-spezifischer Fragebogen: 2000 IKDC Subjektiver Knie-Untersuchungsbogen [52]. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit ermittelten klinischen und radiologischen Untersuchungsergebnisse sind in dieser Arbeit unter der zeitlichen Bezeichnung Nachuntersuchung 2 (NU 2) vorzufinden.

#### **2.2.1.1 Patientenfragebogen**

In dem Patientenfragebogen werden zunächst patientenbezogene Daten erfragt. Hierzu gehört neben dem Geschlecht, dem Geburtsdatum und den Körpermaßen auch die Frage nach dem Beruf, der vor der open wedge HTO ausgeführt wurde. Weiter erfasst der Fragebogen potenzielle Risikofaktoren, zu denen das Rauchen, die Medikamenteneinnahme und das Vorliegen eines Diabetes mellitus gezählt werden. Nicht zuletzt werden Vorerkrankungen erörtert. Das Augenmerk liegt hierbei auf den (Vor-)Operationen am betroffenen, osteotomierten Bein.

#### **2.2.1.2 Score nach Ranawat und Shine**

Der Score wurde am Hospital für Special Surgery entwickelt mit dem damaligen Ziel, das klinische Follow-Up nach Knieendoprothesen einheitlich bewerten zu können. Im Jahr 1976 wurde der heute auch als Score nach Ranawat und Shine bekannte Fragebogen von Ranawat, Insall und Shine [103] unter dem Titel „Knee Disability Assessment“ beschrieben. Mit seinem Ursprung im Hospital of Special Surgery wird der Fragebogen jedoch in der täglichen Anwendung „HSS Score“ benannt.

Die erste Kategorie des Scores stellt der Parameter Schmerz dar. Diese wird wiederum unterteilt in belastungsbezogene Schmerzen und Schmerzen in Ruhe.

Zudem wird die Funktionalität des Beines beurteilt bezüglich des Gehens, Treppensteigens und der Transfermöglichkeiten. Der Untersucher ermittelt außerdem den Bewegungsumfang (Range of motion) des betroffenen Beines. Daneben werden die Muskelkraft, die Flexionskontraktur und die Knie-Instabilität durch den Untersucher bewertet. Hieraus ergibt sich bei bestmöglichem Untersuchungsergebnis eine maximale Punktzahl von 100 Punkten. Zu einer Subtraktion von Punkten kommt es bei Benutzung von Gehhilfen durch den Patienten, durch Vorliegen eines Streckdefizits sowie bei einer radiologisch nachweisbaren valgischen oder varischen Beinachse von mehr als 5 Grad.

Je nach erreichter Punktzahl wird der Patient einer von vier möglichen Kategorien zugeordnet. Die bestmögliche Kategorie „excellent“ wird bei einer Punktzahl zwischen 100 und 85 Punkten erreicht. Es folgt die Kategorie „good“ bei einer Punktzahl von 70 bis 84 Punkten. Liegt die Punktzahl zwischen 60 und 69 Punkten, so wird man der Kategorie „fair“ zugeordnet. Werden weniger als 60 Punkte erreicht, so bedeutet dies eine Zuordnung in die Gruppe „poor“ [103].

### **2.2.1.3 Score nach Lequesne et al.**

Der von Lequesne et al. [76] in den 1980er Jahren etablierte und validierte Test erwies sich schon damals unter dem Namen ISK (Index of severity of knee disease) als gute Möglichkeit, Langzeitverläufe bei Kniearthrose zu bestimmen. Dabei zeigte der Score zudem eine hohe Interrater-Reliabilität. Dies ist für die in dieser Arbeit angewendete Methode von Bedeutung. So können die von einem anderen Untersucher ermittelten Werte des Scores nach Lequesne et al. zu den zwei vorherigen Zeitpunkten mit dem nun ermittelten Wert zum Zeitpunkt NU 2 mit hoher Aussagekraft verglichen werden. Bis heute stellt der Fragebogen eine qualifizierte Methode dar, um Langzeitergebnisse bzw. einen möglichen Benefit einer Behandlung bei Gonarthrose zu ermitteln.

Der Score nach Lequesne et al. wird in mehrere Rubriken eingeteilt. Zunächst wird die Thematik Schmerz/Beschwerden erörtert. Dabei werden verschiedene Situationen beschrieben, in denen die Ausprägung der Schmerz-Symptomatik eingeschätzt werden soll. Hierzu gehört die Nachtruhe, das morgendliche Aufstehen, das Gehen und Stehen sowie das Aufstehen aus dem Sitzen ohne

Arme. Die nächste Rubrik umfasst die maximale Gehstrecke. Diese soll vom Patienten möglichst genau geschätzt werden. Zuletzt werden vier Alltagsaktivitäten beschrieben. Je nach eingeschätzter Schwierigkeit der Umsetzung dieser Aktivitäten werden auch hier Punkte vergeben.

Je weniger Punkte in den einzelnen Rubriken vergeben werden, desto besser ist das klinische Ergebnis des Scores nach Lequesne et al. Dabei wird das Ergebnis in 5 Kategorien unterteilt. Bei einer Punktzahl von 1 bis 4 Punkten wird man der bestmöglichen Gruppe „mild“ zugeteilt. Es folgt die Gruppe „moderate“ bei einer Punktzahl zwischen 5 und 7 Punkten. Bei Erreichen von 8 bis 10 Punkten folgt die Zuteilung in die Gruppe „severe“, gefolgt von „very severe“ bei 11 bis 13 Punkten. Schlecht möglich ist man ab einer Punktzahl von 14 Punkten und mehr der Gruppe „extremely severe“ zugehörig [76].

#### **2.2.1.4 Lysholm-Gillquist-Score**

Der Lysholm-Gillquist-Score wurde erstmals im Jahr 1982 veröffentlicht [80]. Er wurde zunächst entwickelt, um Verletzungen der Bandstrukturen im Knie bzw. den Erfolg von dabei erfolgten Interventionen zu beurteilen [72]. Im Verlauf wurde der Score auch für das Krankheitsbild der Gonarthrose angewendet. Hierbei zeigte sich in Bezug auf die Testgütekriterien eine gute Reliabilität, Validität und Responsivität [72]. Zudem kam es mit den Jahren zu Modifikationen, sodass ein modifizierter Score entstand. Dieser besitzt anders als das Original keine klinischen Untersuchungselemente. So stellt er als reiner Fragebogen ein PRO (patient-reported outcome) Instrument dar.

In dieser Arbeit wurde vom Autor der originale Lysholm-Gillquist-Score verwendet. Dieser beinhaltet die Kategorien Hinken, Gehhilfen, Oberschenkel-Atrophie, Instabilität, Schmerzen, Schwellung, Treppensteigen und Hocken. Der Score kombiniert also, wie bereits oben beschrieben, Untersuchungselemente mit Frage-Antwort-Formaten. Der bestmöglich zu erreichende Punktwert beträgt 100 Punkte [129]. Dies entspräche einer komplett fehlenden funktionellen Einschränkung des betroffenen Beines. Auch bei diesem Score wird das Ergebnis in verschiedene Gruppen eingeteilt. Bei einer Punktzahl von 91 bis 100 Punkten erfolgt die Zuteilung in die Gruppe „sehr gut“. Es folgt die Gruppe „gut“

bei einer Punktzahl von 84 bis 90 Punkten. Als „mäßig“ wird ein Patient mit einer Punktzahl von 65 bis 83 Punkten eingestuft, während eine Punktzahl von unter 65 Punkten der Gruppe „schlecht“ entspricht.

#### **2.2.1.5 Oxford Knie Score**

Erstmals in den Jahren 1996 und 1998 publiziert, ist der Oxford Knee Score bis heute ein häufig verwendeter Score. Entwickelt wurde der Score mit der Absicht, Schmerz und Funktionalität bei Gonarthrose-Patienten beurteilen zu können [91]. Neben vielen weiteren Sprachen wurde der Score im Laufe der Zeit auch ins Deutsche übersetzt. Dabei wurden keine relevanten Sprachbarrieren festgestellt [92]. Zudem erwies sich der Oxford Knie Score als praktikabler Test mit guten Testgütekriterien [92].

Der Oxford Knie Score beinhaltet 12 Fragen mit jeweils 5 Antwortmöglichkeiten. Davon ist eine Antwort auszuwählen. Die bestmögliche Antwort, einhergehend mit der geringsten Knie-bedingten Einschränkung, ergibt 5 Punkte. Die niedrigste, zu erreichende Punktzahl pro Frage ist 1 Punkt. Dazwischen kommt es zu den entsprechenden Abstufungen. Die 12 Fragen beziehen sich dabei immer auf den Zeitraum der letzten 4 Wochen. Inhaltlich behandelt der Oxford Knie Score insbesondere die Funktionalität des Knies, gemessen an Alltagsaktivitäten, sowie die Beschwerdesymptomatik.

Die Gesamtpunktzahl des Scores erhält man, indem man von der erreichten Summe der Punktzahlen der 12 Fragen wiederum 12 subtrahiert. Folglich liegt die maximale Gesamtpunktzahl bei 48 Punkten [91].

#### **2.2.1.6 2000 IKDC**

Der IKDC Score, auch International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form, wurde von 1987 an von einem internationalen Verbund führender Kniespezialisten entwickelt. Studien zeigen, dass der Score eine hohe Validität und Reliabilität mit sich bringt [66]. Untersuchungen betonen zudem, dass der Score anderen PRO-Instrumenten ebenbürtig ist, gemessen an den Parametern Reliabilität und Responsivität. Bezüglich dieser Testgütekriterien zeigte der Score bei Patienten mit Gonarthrose vergleichbare Ergebnisse wie der Western

Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), modifizierte Cincinnati Knee Rating System (CKRS) und der Short Form 36 [47].

Der IKDC Score ist ein reiner Fragebogen, der mittels 19 Fragen die Kategorien Symptomatik, Funktion und Sportaktivität bei Patienten mit diversen Erkrankungen des Kniegelenks erörtert [6].

Zur Auswertung des Scores wird zunächst jeder Antwortmöglichkeit ein Zahlenwert zugewiesen. Den Zahlenwert 1 erhält die schlechteste Funktionsstufe bzw. die höchste Symptomstufe. Je nach Anzahl  $n$  der Antwortmöglichkeiten, erhält die bestmögliche Funktionsstufe bzw. die mildeste Symptomstufe den Zahlenwert  $n$ . Die Frage 10 wird in dieser Berechnung ausgeklammert. Summiert man die folglich 18 Antwortmöglichkeiten, so erhält man das „Rohergebnis“. Die minimale Punktzahl ist 18, die maximal zu erreichende Punktzahl 94. Subtrahiert man 18 von 94, so erhält man den Punktzahlbereich von 76. Nun wird folgende Formel angewandt:

$$\text{IKDC-Ergebnis} = \frac{\text{Rohergebnis} - \text{niedrigstmögliches Ergebnis (=18)}}{\text{Punktzahlbereich (=76)}} \times 100$$

Mithilfe der Formel erhält man das IKDC-Ergebnis als eine Skala von 0 bis 100. Ein Wert von 100 bedeuten wiederum völlige Symptomfreiheit und bestmögliche Funktionsfähigkeit im untersuchten Knie [6].

Des Weiteren wird im Zuge des Ergebnisteils die Frage 10 des IKDC ausgewertet. Hierbei handelt es sich um die subjektive Einschätzung der Patienten bezüglich der Funktionsfähigkeit des umgestellten Knies. Diese Einschätzung soll für den Status quo, also den Zeitpunkt der Nachuntersuchung 2, ebenso wie für den präoperativen Zeitpunkt abgegeben werden. Für beide Zeitpunkte erfolgt die Einschätzung anhand einer Skala von 0 bis 10. Null Punkte entsprechen der Beurteilung „Kann keine tägliche Aktivität ausführen“. Bei Vergabe von 10 Punkten würde dies der Beurteilung „Keine Einschränkung der täglichen Aktivität“ entsprechen.

### **2.2.2 Radiologie**

Neben den oben aufgeführten klinischen Untersuchungselementen wurde bei medizinischer Indikation eine radiologische Nachuntersuchung mit Durchführung und Auswertung einer Ganzbeinstandaufnahme sowie einer Aufnahme des betroffenen Knies in 2 Ebenen durchgeführt. Voraussetzung hierfür war neben dem Einverständnis der Patienten, dass keine aktuellen Aufnahmen (nicht älter als 6 Monate) zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung vorlagen und eine medizinische Indikation für eine weitere Röntgenaufnahme gegeben war. Es erfolgte daher keine Röntgendiagnostik aufgrund des Studieninteresses.

Bei Durchführung der oben genannten radiologischen Diagnostik konnten im Anschluss mit Hilfe der digitalen Planungssoftware mediCAD (Hectec, Deutschland) anhand der digitalen Ganzbeinstandaufnahmen die Achsenverhältnisse bestimmt werden. Zunächst wurde die Ganzbeinstandaufnahme anhand einer Referenzkugel (Durchmesser 25 mm) skaliert. Im Anschluss an die Skalierung wurde nun das zu untersuchende Bein ausgewählt.

Es folgte die Bestimmung des Hüftgelenkszentrums durch Zeichnen eines Kreises über 3 Punkte. Das Zentrum wurde dann mit der Spitze des Trochanter major desselben Beines verbunden. Nun wurde die Femurbasis ermittelt. Dazu wurde eine Tangente über zwei Punkte an die mediale und laterale Kondyle des Femurs konstruiert sowie die Lateralbegrenzung an den beiden Epicondylen des Femurs eingezeichnet. Entsprechend wurde ebenso die Tibiabasis ermittelt. Hierfür war ebenso die Definition von zwei Punkten an der medialen und lateralen Tibiagelenkfläche für die Tangente sowie das Einzeichnen der Lateralbegrenzung an den Epicondylen der Tibia nötig. Im nächsten Schritt wurde eine Tangente an die distale Tibiagelenkfläche definiert. Durch zusätzliches Anzeichnen der Lateralbegrenzungen des Talus erhielt man somit die Sprunggelenksbasis und das Zentrum. Durch Bestimmung von zwei Punkten an der äußeren Kortikalis im oberen und unteren Drittel des Femurs wurde automatisch die Mitte des Femurs proximal und distal bestimmt. Somit wurde eine Gerade durch die entstandenen Zentren gelegt, welche die anatomische

Femurschaftachse darstellt. Das gleiche Vorgehen an der Tibia ergab die anatomische Tibiaschaftachse. Die Einzeichnung der mechanischen Femurachse wie auch der mechanischen Tibiaachse erfolgte automatisch.

Das Programm mediCAD kann anhand der getätigten Einzeichnungen nun diverse Winkel (Tabelle 2-1) und Geraden bestimmen.

Tabelle 2-1: Winkel der Ganzbeinstandaufnahme

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
MAD	Mittlere Achsenabweichung
TL trifft KBL	Prozentuale Abweichung zwischen Traglinie und Kniebasislinie
mLPFA	mechanischer lateraler proximaler Femurwinkel
AMA	Winkel zwischen mechanischer und anatomischer Femurachse
mLDFA	mechanischer lateraler distaler Femurwinkel
JLCA	Gelenköffnungswinkel, kurz JLCA (Joint Line Convergence Angle)
FSA-mTA	Winkel zwischen Femurschaftachse und mechanischer Tibiaachse
mFA-mTA $\cong$ mFTA	Winkel zwischen den mechanischen Achsen von Femur und Tibia
mMPTA	mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel
mLDTA	mechanischer lateraler distaler Tibiawinkel

Eine Beispielzeichnung der, an der Ganzbeinstandaufnahme, skizzierten Winkel und Geraden zeigt die folgende Abbildung 2-1.

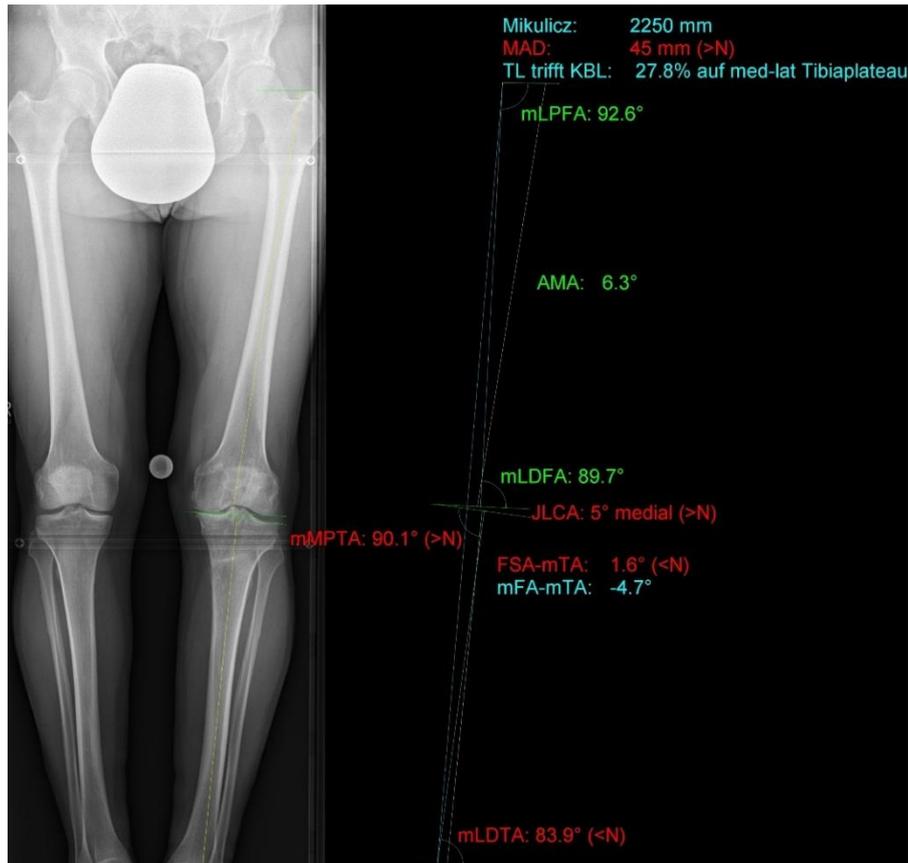


Abbildung 2-1: Beinachsen anhand einer Beispielzeichnung

Neben den Achsenverhältnissen wurden weitere radiologische Parameter bestimmt. Einer dieser Parameter stellt die Patellahöhe dar. Zur Höhenbestimmung kommen verschiedene Methoden zum Einsatz. Diese nutzen für die Berechnung unterschiedliche radiologische Landmarken mit folglich variierenden Längenverhältnissen.

Um die **Patellahöhe nach Schröter** [47], auch Femoral Patellar Height Index genannt, zu ermitteln, wird die Ganzbeinaufnahme benötigt. Zunächst wird eine Tangente an dem distalen Femur angelegt. Anschließend wird der Oberpol der Patella aufgesucht. Der Abstand zwischen diesen Marken dient als erste Entfernung (A). Außerdem wird der maximale Abstand zwischen den Epicondylen des Femurs ermittelt (B). Das Ergebnis der Patellahöhe nach Schröter erhält man nun, indem man den Quotienten der beiden Längen  $\frac{A}{B}$  nimmt [62]. Eine Beispielzeichnung zeigt Abbildung 2-2.

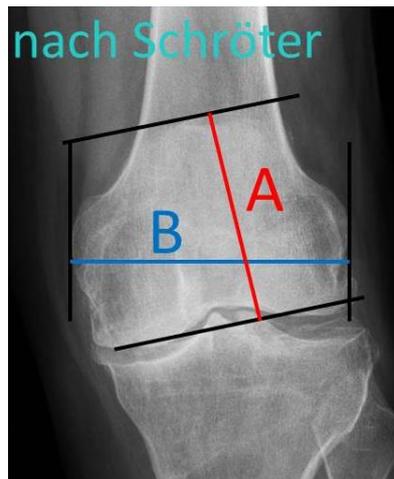


Abbildung 2-2: Patellahöhe nach Schröter - Beispielzeichnung

Für die weiteren Indices ist eine seitliche Knieaufnahme für die Bestimmung der Patellahöhe von Nöten:

### Patellahöhe nach ISI

Bei der Methode von Insall-Salvati (ISI) wird zum einen der Abstand des kaudalen Patellapols zur Tuberositas tibiae gemessen (A). Weiter wird der maximale kraniokaudale Durchmesser der Patella bestimmt (B) [64]. Nimmt man nun den Quotienten der beiden Längen  $\frac{A}{B}$ , so liegt der Normwert für die Patellahöhe bei Insall-Salvati zwischen 0,8-1,2 [64]. Abbildung 2-3 verdeutlicht die Ausmessung.



Abbildung 2-3: Patellahöhe nach Insall und Salvati - Beispielzeichnung

### Patellahöhe nach BPI

Bei der Methode nach Blackburne-Peel [14] (Abb. 2-4) spielt der Durchmesser der Patella keine Rolle. Vielmehr bestimmt man die Länge der Gelenkfläche der Patella (B). Zudem wird eine Tangente an das Tibiaplateau gelegt und die kürzeste Gerade zur kaudalen Patellagelenkfläche bemessen (A). Der Normbereich des Verhältnisses  $\frac{A}{B}$  liegt bei 0,8-1 [5].

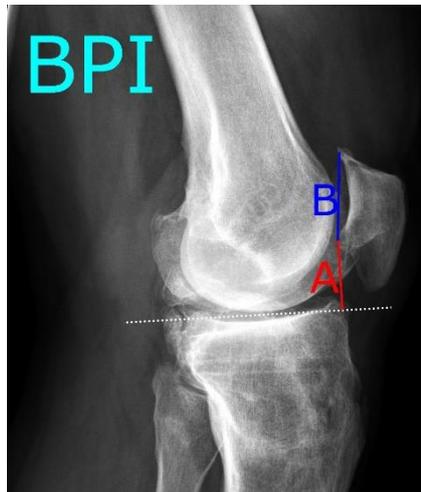


Abbildung 2-4: Patellahöhe nach Blackburne und Peel - Beispielzeichnung

### Patellahöhe nach CDI

Bei der Methode nach Caton-Deschamps [22] wird wiederum die Länge der patellaren Gelenkfläche bestimmt (B). Diese Länge wird ins Verhältnis gesetzt zum Abstand zwischen dem kaudalen Pol der Patella-Gelenkfläche und der Tibiavorderkante (A) (Abb. 2-5).



Abbildung 2-5: Patellahöhe nach Caton und Deschamps - Beispielzeichnung

Normwerte für die Patellahöhe beim CDI liegen für den Quotienten  $\frac{A}{B}$  bei 0,8 bis 1,2 [5].

Unter dem **tibialen slope** versteht man den Abfall des Tibiaplateaus in sagittaler Ebene nach posterior [59]. Frick et al. [40] zeigten für die deutsche Population einen Wertebereich des tibialen slope zwischen 4 und 7 Grad nach Amendola. Es zeigte sich, dass ein höherer tibialer slope eine höhere Tibia-Translation gegenüber dem Femur nach anterior mit sich bringt und eine entsprechende Erniedrigung nach posterior [2]. Auch eine erhöhte Instabilität konnte folglich ermittelt werden [112].

Für die Analyse des tibialen slope gibt es verschiedene Techniken. Hierfür wird sich eine laterale Aufnahme des Knies zunutze gemacht.

#### **Tibial slope nach Moore and Harvey**

Moore and Harvey legten eine Tangente an die vordere Tibiakante auf einer seitlichen Röntgenaufnahme an. Zu dieser Tangenten wurde eine Senkrechte gezeichnet. Zudem wurde eine Tangente an das Tibiaplateau angelegt. Der tibiale slope wird nun dargestellt als Winkel zwischen der Tibiaplateau-Tangente und der gezeichneten Senkrechten [89]. In Abbildung 2-6 ist eine Beispielzeichnung für die Methode nach Moore and Harvey dargestellt.



Abbildung 2-6: Tibial slope nach Moore and Harvey - Beispielzeichnung

### **Tibial slope nach Brazier et al.**

Bei der Herangehensweise nach Brazier et al. wird auf einer seitlichen Röntgenaufnahme eine Tangente an die hintere Tibiakante angelegt und eine Senkrechte dazu gezogen. Weiter wird eine Tangente des Tibiaplateaus eingezeichnet. Der tibiale slope stellt den Winkel zwischen der Senkrechten und der Tibiaplateau-Tangente dar [17] (Abb. 2-7).



Abbildung 2-7: Tibial slope nach Brazier et al. - Beispielzeichnung

### **Tibial slope nach Amendola et al.**

Amendola et al. ermittelten zunächst die Tibia-Schaftachse und zeichnete eine Senkrechte dazu. Auch er zeichnete zudem eine Tangente zum Tibiaplateau. Der Winkel zwischen der Senkrechten und dem Tibiaplateau stellt wiederum den tibialen Slope dar [4]. Abbildung 2-8 zeigt eine Beispielzeichnung.



Abbildung 2-8: Tibial Slope nach Amendola - Beispielzeichnung

### **Kellgren-Lawrence-Arthrosegrad**

Im Jahr 1957 wurde von Kellgren und Lawrence ein erster Klassifikationsversuch bezüglich der radiologischen Einteilung der Osteoarthrose veröffentlicht [69].

Dabei wurden Röntgenbilder von 8 verschiedenen Gelenken, darunter auch das Hüftgelenk, Fingergelenke oder das Handgelenk, untersucht. Hierzu entwickelten Kellgren und Lawrence ein Klassifikationsschema, das die Osteoarthrose in 5 Grade einteilt. Gemessen an der Reliabilität zeigten die Daten des Kniegelenks die besten Ergebnisse. So ergab sich hier die höchste Interobserver-Reliabilität mit einem Korrelationskoeffizient von  $r=0,83$  und die zweithöchste Intraobserver-Reliabilität mit einem Korrelationskoeffizient von  $r=0,83$  [69].

Die Ergebnisse dieser Studie waren ausschlaggebend, dass die Kellgren-Lawrence-Klassifikation allen voran bei der Beurteilung der Gonarthrose weitverbreitet Anwendung fand und findet.

Dabei ist bereits in der Ursprungsstudie von den Graden 0 bis 4 zu lesen, wobei der Grad 0 ein radiologisch unauffälliges Gelenk beschreibt und der Grad 4 eine radiologisch schwere Form der Osteoarthrose meint. Als radiologische Merkmale wurden von Kellgren und Lawrence unter anderem benannt: Osteophyten,

Verschmälerung des Gelenkknorpels, subchondrale Sklerosierung, Pseudozysten und Formänderung der Gelenkspartner [69].

Im beschriebenen Erstwerk ist jedoch nicht exakt niedergeschrieben, was die einzelnen Klassifikations-Grade ausmacht. Untersuchungen von Schiphof et al. [111] machen deutlich, dass diese inexakte Niederschrift zu unterschiedlichen Beschreibungen der 5 ursprünglichen Kellgren Lawrence Grade führte.

Die Ergebnisse von Kellgren und Lawrence sowie von Schiphof et al. fassten Wright et al. [139] wie folgt zusammen:

<b>Kellgren-Lawrence-Arthrosegrad</b>	<b>Beschreibung</b>
Grad 0	Keine Arthrose-verdächtigen Veränderungen
Grad 1	Fragliche Gelenkspaltverschmälerung; mögliche osteophytäre Anbauten
Grad 2	Eindeutige Osteophyten; mögliche Gelenkspaltverschmälerung
Grad 3	Moderate Osteophyten; eindeutige Gelenkspaltverschmälerung; etwas subchondrale Sklerosierung; mögliche Knochenenden-Deformität
Grad 4	Große Osteophyten; deutliche Gelenkspaltverschmälerung; schwere Sklerose; eindeutige Knochendeformitäten

In Abbildung 2-9 sind die Grade 1 - 4 der Arthrose nach Kellgren und Lawrence anhand einer a.p.-Aufnahme des Knies dargestellt.

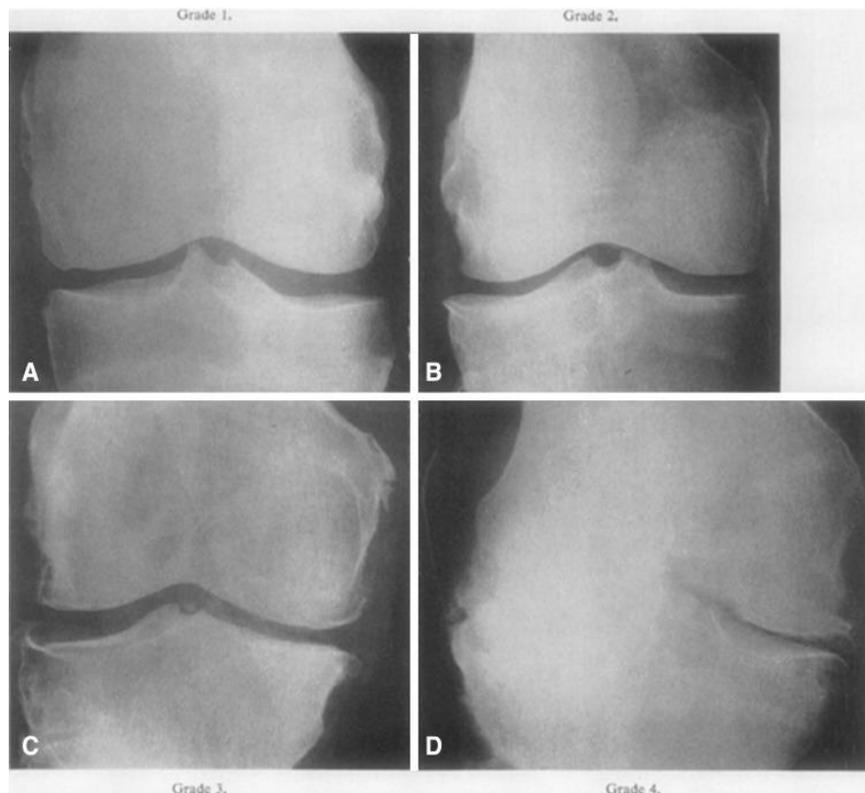


Abbildung 2-9: A.p.-Aufnahmen mit Gonarthrose-Zeichen (aus Kellgren und Lawrence [54])

### 2.3 Statistische Auswertung

Die erhobenen klinischen und radiologischen Daten wurden in das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics 25 eingespeist.

Bei Vorliegen von größtenteils nicht normalverteilten Daten wurde eine nicht-parametrische Analyse durchgeführt.

Die Daten wurden folglich anhand der Kennwerte Median, Minimum und Maximum ausgewertet. Unter dem Parameter Median versteht man in der Statistik den Wert, der die Werte einer Datenverteilung genau in der Mitte teilt.

Daneben wurden auch statistische Größen wie etwa die Spannweite, der Interquartilabstand (IQA) und Streuwerte erhoben. Diese Größen ermöglichen die Visualisierung der Daten in einer sogenannten Box-Whisker-Plot.

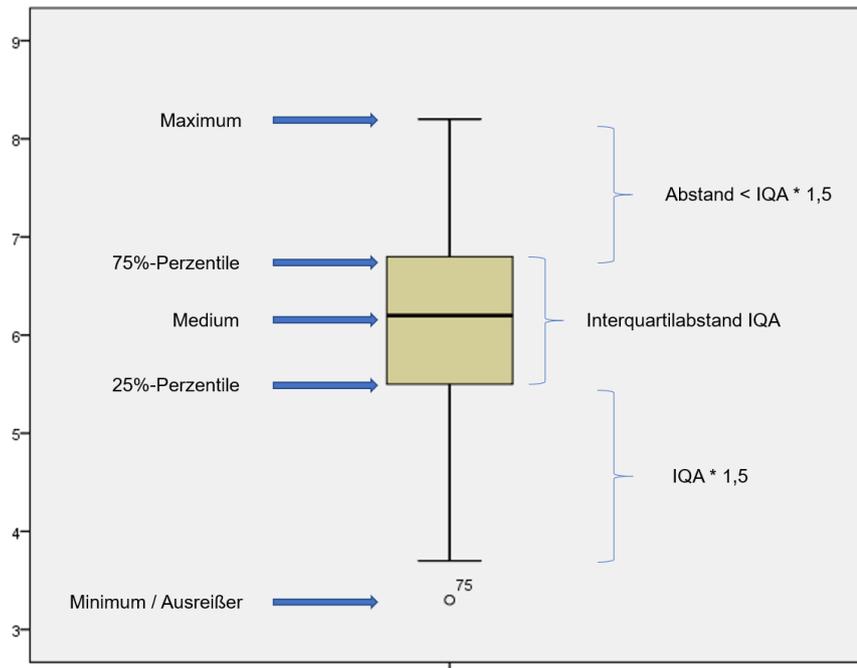


Abbildung 2-10: Box-Whisker-Plot mit Erläuterungen

Die Abbildung 2-10 zeigt, wie sich die Werte im besagten Plot zeigen. Die dargestellten Antennen, auch Whisker genannt, erreichen eine maximale Länge vom IQA multipliziert mit 1,5. Werden Minimum/Maximum bereits vorher erreicht, so zeigt sich der Whisker entsprechend kürzer. Gehen dagegen die Daten über die Antennen hinaus, so stellen sich diese als Ausreißer dar.

Bei den folgenden beschriebenen Testverfahren wurde bezüglich der statistischen Signifikanz ein Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  festgesetzt.

### 2.3.1 Kaplan Meier

Die statistische Ermittlung von Überlebensdaten wurde von Kaplan und Meier entwickelt und 1958 veröffentlicht [68]. Dabei können einerseits Überlebensraten dargestellt werden. Diese zeigen, wie viele Patienten bis zu einem bestimmten Zeitpunkt kein bestimmtes Ereignis erlitten hatten. Zudem kann die mediane Überlebenszeit eines Patientenkollektivs ermittelt werden. Die Ergebnisse können darüber hinaus mittels Kaplan Meier-Kurve visualisiert werden [143]. In

der vorliegenden Arbeit wird als „Überleben“ bezeichnet, wenn noch keine Knie-Totalendoprothese implantiert ist.

### **Log rank**

Der Log-rank-Test stellt eine Möglichkeit dar, Überlebenszeiten statistisch miteinander zu vergleichen. So kann im Rahmen dieser Studie die Überlebenszeit des mit einer Prothese versorgten Patientenkollektivs mit der Überlebenszeit der prothesenfreien Patienten verglichen werden. Dabei werden vereinfacht ausgedrückt die Kaplan-Meier-Kurven der beiden Gruppen miteinander verglichen [143].

### **2.3.2 Kruskal-Wallis-Test**

Der Kruskal-Wallis-Test stellt ein nicht-parametrisches Testverfahren für unabhängige Stichproben dar. Es wird untersucht, ob sich mehrere unabhängige Stichproben in ihrer zentralen Tendenz unterscheiden. Statt der tatsächlichen Werte nutzt der Test zur Auswertung Ränge. Wenn sich die Ränge der Stichproben angleichen, so wird als Ergebnis die Annahme der Nullhypothese angezeigt. Die Alternativhypothese geht dagegen von signifikant unterschiedlichen Rängen aus. Um herauszufinden, zwischen welchen Stichproben tatsächlich eine Signifikanz vorliegt, bedarf es paarweiser Vergleiche im Sinne eines Mann-Whitney-U-Test.

### **2.3.3 Mann-Whitney-U-Test**

Der Mann-Whitney-U-Test ist wie der Kruskal-Wallis-Test ein Testverfahren für unabhängige Stichproben. Das Verfahren stellt das nicht-parametrische Äquivalent zum t-Test für unabhängige Stichproben dar. Im Gegensatz zum Kruskal-Wallis-Test betrachtet der Mann-Whitney-U-Test jedoch die zentrale Tendenz von genau 2 unabhängigen Stichproben. Bei Durchführung des Tests stehen zur Interpretation deskriptive Statistiken, ebenso wie Ränge und eventuelle Signifikanzen zur Verfügung.

#### **2.3.4 Friedman-Test**

Der Friedman-Test stellt ebenso wie die bereits vorgestellten Testverfahren ein nicht-parametrisches Rangverfahren dar. Anders als in den vorherigen Fällen testet das Friedman-Verfahren abhängige Stichproben. In der vorliegenden Arbeit wird der Friedman-Test verwendet, wenn es darum geht, dieselbe Testvariable von ein- und derselben Person zu verschiedenen Zeitpunkten - präoperativ, NU 1 und NU 2 – auf Signifikanzen zu untersuchen.

#### **2.3.5 Wilcoxon-Test**

Als nicht-parametrisches Äquivalent des t-Test für abhängige Stichproben wird der Wilcoxon-Test verwendet, um die zentrale Tendenz zweier abhängiger Stichproben zu untersuchen. Diese Test-Idee wird in der vorliegenden Studie beispielsweise angewendet, um den klinischen Verlauf der Patienten darzustellen. So können beispielsweise die ermittelten Score-Werte eines Patienten zu den Zeitpunkten NU 1 und NU 2 mittels Wilcoxon-Tests verglichen werden.

### 3 Ergebnisse

Bei der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studie war es möglich, 69 (von 76) der in der Vorläuferstudie „Planungssicherheit bei hoher, valgusierender, öffnender, und additiver Umstellungsosteotomie mit der TomoFix™ - Platte - Klinische und radiologische Nachuntersuchung“ [48] erfassten Probanden einzuschließen. Bei den 7 nicht zu erreichenden Patienten handelt es sich um die „Lost to follow-up“ dieser Studie. Dies ergibt eine Drop-Out-Quote von 9,2 %. Die in die Studie dieser Arbeit eingeschleusten 69 Patienten, im Folgenden als Gesamtkollektiv benannt, können wiederum in 2 bzw. 3 Gruppen aufgeteilt werden. Dies zeigt Abbildung 3-1.

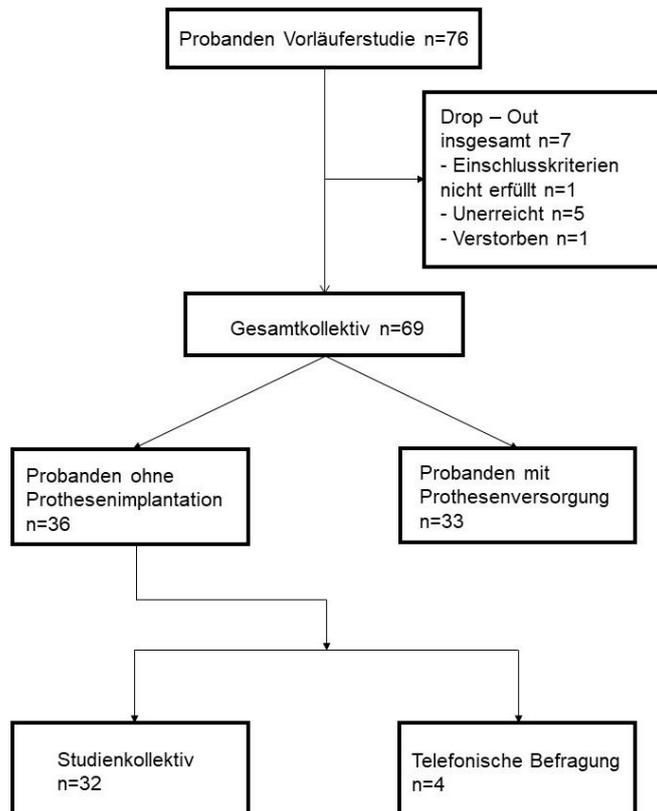


Abbildung 3-1: Flussdiagramm zur Patientenaufteilung

Gruppenaufteilung:

- I. Patienten mit Prothesenversorgung  
→ Gruppe „Prothese“ (P) mit n=33
- II. Patienten ohne Prothesenversorgung  
→ Gruppe „Prothesenfrei“ (P-frei) mit n=36
  - Teilnahme an Nachuntersuchung 2 → Studienkollektiv n=32
  - Telefonische Befragung → „Nichts“ n=4

Die durch den Autor dieser Arbeit erfolgte Nachuntersuchung 2, im Methodenteil näher beschrieben, erfolgte an der als Studienkollektiv bezeichneten Patientengruppe. Diese Gruppe umfasst n=32 Patienten, welche zum Untersuchungszeitraum keine Prothesenimplantation im umgestellten Knie vorwiesen und zu einer erneuten Nachuntersuchung in der BG Unfallklinik in Tübingen bereit waren.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der vorliegenden Studie detailliert vorgelegt. Es wird dabei in der Folge bei der Auswertung unterschieden zwischen dem Gesamtkollektiv mit n= 69 Patienten und dem Studienkollektiv mit n=32 im engeren Sinne. Um später anhand der bereits beschriebenen statistischen Werkzeuge die gewonnenen Daten einordnen und interpretieren zu können, wurde zunächst eine deskriptive Statistik erstellt.

### **3.1 Deskriptive Statistik**

Zunächst werden die erhobenen Daten, anhand derer später eine statistische Auswertung stattfinden soll, vorgelegt.

Dabei werden unter anderem die Ergebnisse der untersuchten Scores beschrieben. Hier gilt zu wissen, dass die Scores einerseits nach der Gesamtpunktzahl ausgewertet werden. Andererseits liegt, wie im Methodenteil beschrieben, eine kategoriale Zuordnung der Punktzahlen vor. Auch deren Ergebnisse werden dargestellt und auf statistische Signifikanz überprüft. Dabei werden diese Score-Parameter mit der Bezeichnung „Bewertung“ gekennzeichnet.

Im Zuge der deskriptiven Statistik werden die jeweiligen Parameter jeweils mit dem Median, Minimum und Maximum dargestellt.

Primär wurden diejenigen Daten, die bereits im Rahmen der Vorläufer-Studie zu den Zeitpunkten präoperativ und Nachuntersuchung 1 erhoben wurden, für das gegebene Gesamtkollektiv durch den Autor errechnet. Diese Ergebnisse werden in dem Kapitel 3.1.1 dargeboten. Zudem werden im selben Zug die Daten der einzelnen Parameter in die Probandengruppen „Prothese“ und „Prothesenfrei“ aufgeteilt dargestellt.

Im Kapitel 3.1.2 werden schließlich die durch den Verfasser dieser Arbeit erhobenen Daten des Studienkollektivs dargestellt.

### **3.1.1 Gesamtkollektiv**

Beim Gesamtkollektiv handelt es sich um die in die Vorläufer-Studie eingeschlossenen Patienten mit Ausnahme der 7 Drop-Out-Patienten. Die erhobenen Daten dieses Patientenstammes werden im Folgenden sowohl als Gesamtes, als auch aufgeteilt in die prothesenfreie- und versorgte Gruppe dargestellt.

#### **3.1.1.1 Geschlecht**

Die zu dem Gesamtkollektiv zählenden 69 Patienten teilten sich geschlechtlich in 36 (52,17%) weibliche und 33 (47,83%) männliche Personen auf.

#### **3.1.1.2 Altersverteilung**

Zunächst wird das Alter der operierten Patienten am Tag der Knieumstellungsosteotomie betrachtet. Das Alter des Gesamtkollektivs lag im Median bei 49 Jahren. Der jüngste Patient wurde in einem Alter von 35 Jahren operiert, während der Älteste am Tag der Operation bereits 66 Jahre alt war.

Teilt man das Gesamtkollektiv nun die beiden Gruppen „Prothese“ und „Prothesenfrei“ auf, so ergibt sich folgendes Bild:

Die mittlerweile mit einer Prothese versorgten Patienten der Gruppe „Prothese“ wurden im Median in einem Alter von 50 Jahren operiert. Der älteste Gruppenzugehörige war am Operationstag 60 Jahre, der Jüngste 40 Jahre alt.

Die zum Untersuchungszeitpunkt nicht mit einer Prothese versorgten Patienten, zur Gruppe „Prothesenfrei“ gehörig, zeigten ein im Median niedrigeres Alter von 47,5 Jahren. Das maximale Alter zum Zeitpunkt der Operation war in dieser Gruppe 66 Jahre, während das jüngste Gruppen-Mitglied am Tag der Operation ein Alter von 35 Jahren vorwies.

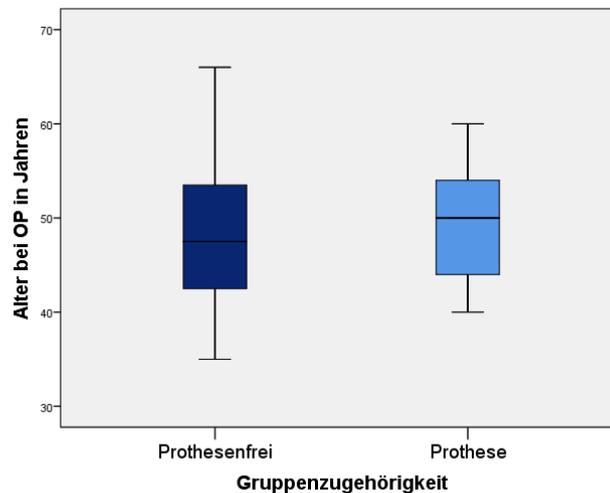


Abbildung 3-2: Altersverteilung zum Zeitpunkt OP getrennt nach Gruppenzugehörigkeit

### 3.1.1.3 Body-Mass-Index

Der Body-Mass-Index errechnet sich aus dem Quotienten aus Körpermasse und der Körpergröße im Quadrat mit der Maßeinheit  $\frac{kg}{m^2}$ .

Der Body-Mass-Index, kurz BMI, wurde zum Untersuchungszeitpunkt NU 1 erhoben und wird nun für das Gesamtkollektiv dargestellt.

Für das Gesamtkollektiv ergab sich ein BMI von im Median 28,1 kg/m<sup>2</sup>. Der niedrigste Wert lag in dieser Gruppe bei 18,9 kg/m<sup>2</sup>, das Maximum stellte ein BMI von 40,2 kg/m<sup>2</sup> dar.

Der Median in der Gruppe „Prothese“ lag bei 29,4 kg/m<sup>2</sup>, bei einer Spannweite von minimal 21,5 kg/m<sup>2</sup> bis maximal 40,2 kg/m<sup>2</sup>. Für die „prothesenfreie“ Gruppe errechnete sich ein BMI von im Median 26,1 kg/m<sup>2</sup>. Das Maximum belief sich hier auf 39,3 kg/m<sup>2</sup>, bei einem minimalen Wert von 18,9 kg/m<sup>2</sup>.

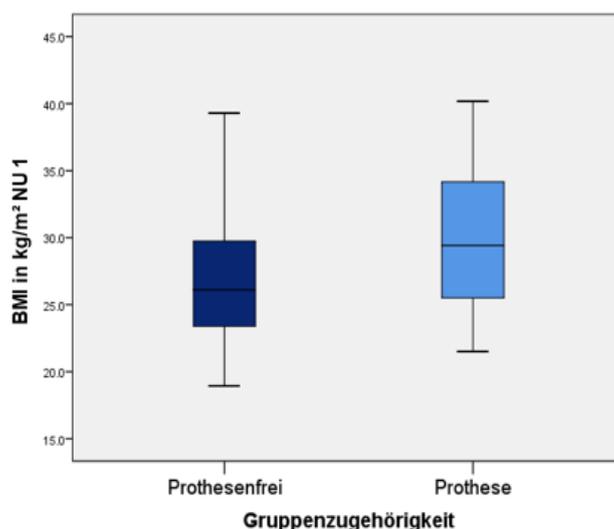


Abbildung 3-3: Body-Mass-Index (NU 1) getrennt nach Gruppenzugehörigkeit

### 3.1.1.4 Anzahl der Vor-Operationen

Im folgenden Kapitel wird die Anzahl der Vor-Operationen am betroffenen Bein behandelt. Für das Gesamtkollektiv gilt, dass die Patienten im Median 2 Operationen neben der Knie-Umstellung vorwiesen. Die Spannweite belief sich dabei im Gesamtkollektiv auf 0 bis 8 Vor-Operationen.

Aufgeteilt in die zwei zu untersuchenden Gruppen zeigt sich, dass beide Patientengruppen einen Median von 2 Vor-Operationen aufwiesen. Während in beiden Gruppen das Minimum bei 0 Vor-Operationen lag, differieren die Ergebnisse bezüglich des maximalen Wertes. So lag in der „prothesenfreien“ Gruppe das Maximum an Vor-Operationen bei einer Anzahl von 6, während in der Gruppe „Prothesen“-Patienten bis zu achtmal an dem umgestellten Bein voroperiert waren.

### 3.1.1.5 Bewegungsumfang (Range of motion)

Ein weiterer Wert, der im Rahmen der Vorläufer-Studie zum Zeitpunkt NU 1 erhoben wurde, ist der Bewegungsumfang (Range of motion).

Auf die Gruppe des Gesamtkollektivs angewandt, ergab sich im Median ein Bewegungsumfang von 125 Grad. Die Werte bewegten sich dabei zwischen 100 und 145 Grad.

Auf die „Prothesen“-Gruppe angewandt, ergab sich ein Medianwert von 120 Grad mit einer Spannweite zwischen minimal 100 Grad und maximal 145 Grad.

Der Median der „prothesenfreien“ Gruppe in Bezug auf den Range of motion lag bei 127,5 Grad. Das Minimum belief sich hier auf 100 Grad, während die Messungen einen maximalen Bewegungsumfang von 140 Grad ergaben.

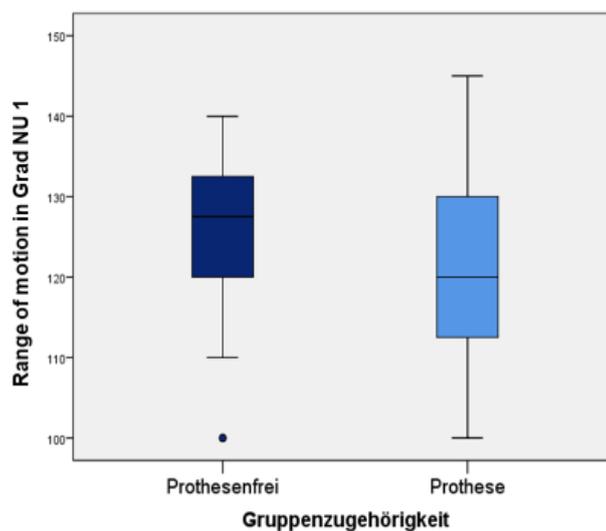


Abbildung 3-4: ROM (NU 1) getrennt nach Gruppenzugehörigkeit

### 3.1.1.6 Scores präoperativ

Im Folgenden werden die zum präoperativen Zeitpunkt erhobenen Scores für das Gesamtkollektiv angewandt und errechnet.

#### Score nach Lequesne et al.

Die Gesamtpunktzahl lag bei dem Score nach Lequesne et al. zum Zeitpunkt präoperativ für das Gesamtkollektiv im Median bei 14. Der minimale und folglich mit der bestmöglichen Klinik einhergehende Wert lag dabei bei 0,5 Punkten, das Maximum stellte ein erreichter Wert von 22 Punkten dar.

In der „prothesenfreien“ Gruppe lagen Minimum und Maximum bei den bereits oben aufgeführten Punkten. Der Median in dieser Gruppe lag bei 12,5 Punkten und damit etwas besser als im Gesamtkollektiv.

Die Spannweite in der Gruppe „Prothese“ reichte von 3 bis 22 Punkten bei einem Median von 16 Punkten.

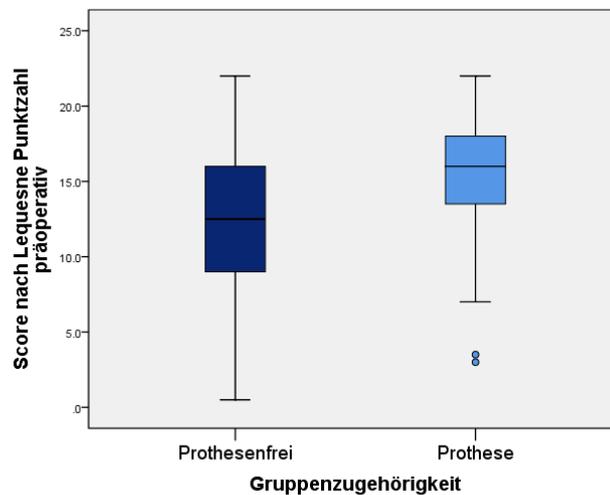


Abbildung 3-5: Score nach Lequesne et al. präoperativ getrennt nach Gruppenzugehörigkeit

Aus den aufgeführten Punktzahlen lassen sich für die einzelnen Patientengruppen Kategorien zuordnen, die im Methodenteil näher beschrieben sind. So fiel bei Bewertung des Scores nach Lequesne et al. das Gesamtkollektiv wie auch die Gruppe „Prothese“ mit den jeweiligen Medianwerten in die Kategorie „extremely severe“. Die Gruppe „Prothesenfrei“ erreichte mit dem Medianwert von 12,5 Punkten die nächstbessere Kategorie „very severe“.

Zur Veranschaulich zeigt Tabelle 3-1 die tatsächliche Verteilung der Probanden, getrennt nach Gruppenzugehörigkeit, bezüglich der kategorialen Zuordnung.

Tabelle 3-1: Bewertung Score nach Lequesne – kategoriale Zuordnung präoperativ

Zeitpunkt	Bewertung Score nach Lequesne et al.									
	1 *		2 *		3 *		4 *		5 *	
	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P
präoperativ	4	2	2	1	8	2	7	5	15	23

\*1=mild, 2=moderate, 3=severe, 4=very severe, 5=extremely severe

### Lysholm-Gillquist-Score

Die erreichte Punktzahl des Gesamtkollektivs im Lysholm-Gillquist-Score lag zum präoperativen Zeitpunkt im Median bei 43 Punkten. Das Minimum belief sich auf 12 Punkte, das Maximum wiederum auf 95 Punkte.

Einen etwas höheren Wert erreichte die „prothesenfreie“ Gruppe mit einem Median von 46 Punkten. Die Spannweite stellte sich dagegen identisch dar.

In der „Prothesen“-Gruppe belief sich der Median auf etwas niedrigere 42 Punkte. Das Minimum lag ebenso bei 12 Punkten, während der maximal erreichte Wert dieser Patientengruppe 94 Punkte darstellte.

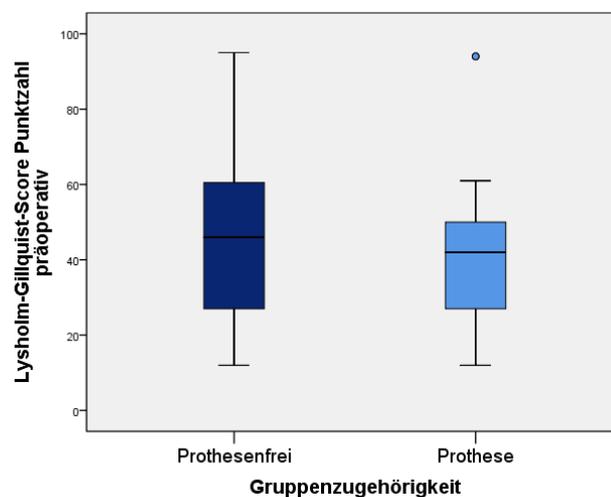


Abbildung 3-6: Lysholm-Gillquist-Score präoperativ getrennt nach Gruppenzugehörigkeit

Bezüglich der Bewertung des Lysholm-Gillquist-Scores lässt sich zum präoperativen Zeitpunkt festhalten, dass sowohl das Gesamtkollektiv als auch die zwei Untergruppen bei einem Medianwert von jeweils unter 65 Punkten in die Kategorie „schlecht“ fielen.

Die exakte kategoriale Zuordnung der Probanden hinsichtlich der Bewertung des Lysholm-Gillquist-Scores findet sich wiederum in der Tabelle 3-2.

Tabelle 3-2: Bewertung Lysholm-Gillquist-Score – kategoriale Zuordnung präoperativ

Zeitpunkt	Bewertung Lyshom-Gillquist-Score							
	1 *		2 *		3 *		4 *	
	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P
präoperativ	28	31	5	0	2	0	1	2

\*1=schlecht, 2=mäßig, 3=gut, 4=sehr gut

### Score nach Ranawat und Shine

Für das Gesamtkollektiv ergab sich bei dem Score nach Ranawat und Shine, auch HSS genannt, zum präoperativen Zeitpunkt ein Medianwert von 65 Punkten. Die Spannweite reichte von 26 bis 93 Punkten.

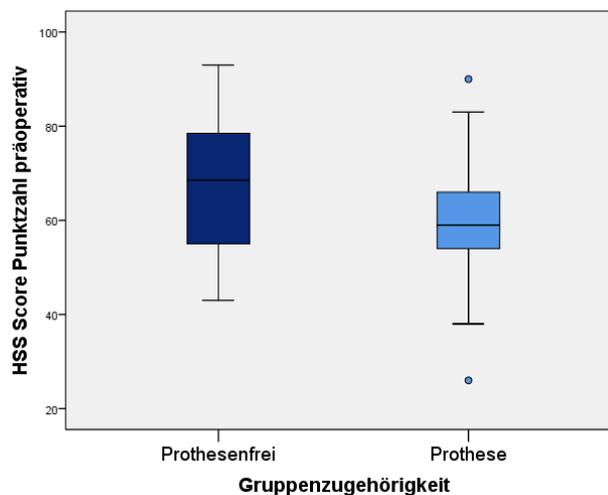


Abbildung 3-7: HSS Score präoperativ getrennt nach Gruppenzugehörigkeit

In der „prothesenfreien“ Gruppe zeigte sich ein etwas größerer Medianwert von 68,5 Punkten. Während das Maximum auch in dieser Gruppe bei 93 Punkten lag, ergab sich ein minimal gemessener Wert von 43 Punkten.

Die Spannweite der Gruppe „Prothese“ lag bei einem Minimalwert von 26 Punkten und einem Maximalwert von 90 Punkten. Der Median lag bei 59 Punkten.

Wie im Methodenteil dargestellt, kann man nun eine Zuordnung zwischen erreichter Punktzahl und zugehöriger Kategorie vornehmen.

Für das Gesamtkollektiv wie auch die Gruppe „Prothesenfrei“ ergab sich hierbei eine Zuteilung in die Kategorie „fair“. Diese wird bei einer Punktzahl von über 60 und unter 70 Punkten erreicht. Daraus kann man schlussfolgern, dass die Gruppe „Prothese“ mit einem Medianwert von 59 Punkten in die unterste Kategorie „poor“ einzuordnen war.

Tabelle 3-3: Bewertung Score nach Ranawat und Shine – kategoriale Zuordnung präoperativ

Zeitpunkt	Bewertung Score nach Ranawat und Shine (HSS)							
	1 *		2 *		3 *		4 *	
	P-frei	P	P- frei	P	P-frei	P	P-frei	P
präoperativ	11	17	8	12	11	3	6	1

\*1=poor, 2=fair, 3=good, 4=excellent

In der Tabelle 3-3 wird die zum präoperativen Zeitpunkt vorliegende Probanden-Verteilung bezüglich der HSS-Bewertungskategorien veranschaulicht.

### 3.1.1.7 Scores zum Zeitpunkt Nachuntersuchung 1

Die oben aufgeführten Scores wurden nochmalig zum Zeitpunkt NU 1 erhoben und sind im Folgenden für das Gesamtkollektiv aufgeführt.

#### Score nach Lequesne et al.

Zum Zeitpunkt NU 1 ergab sich für das Gesamtkollektiv ein Wert von 6 Punkten im Median. Das Minimum stellte der bestmögliche Wert von 0 Punkten dar. Der maximal gemessene Wert in dieser Patientengruppe lag bei 19 Punkten.

Mit 4,5 Punkten erreichte die Gruppe „Prothesenfrei“ einen etwas niedrigeren Medianwert. Die Spannweite belief sich auf 0 bis 18 Punkte.

Bei Werten zwischen einem und 19 Punkten ergab sich für die Gruppe mit Prothesenversorgung ein Wert von 9 Punkten im Median.

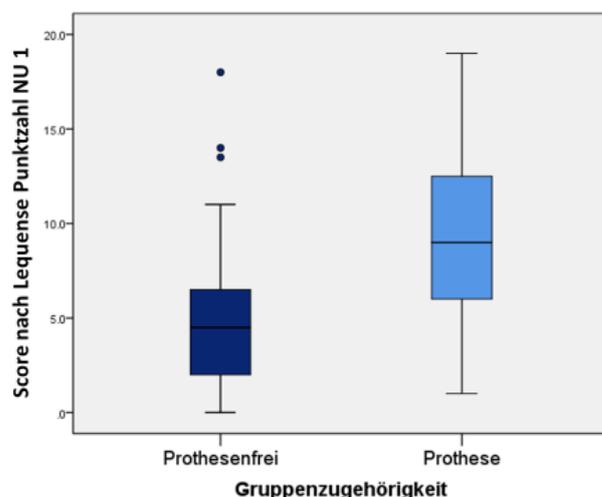


Abbildung 3-8: Score nach Lequesne et al. (NU 1) getrennt nach Gruppenzugehörigkeit

Bezüglich der Bewertung der erreichten Punktzahlen ergab sich für das Gesamtkollektiv und die „prothesenfreie“ Gruppe die Kategorie „moderate“. Die Gruppe „Prothese“ fiel dagegen mit dem erreichten Medianwert in die darunter gelegene Kategorie „severe“.

Wie für den präoperativen Zeitpunkt soll auch zum Zeitpunkt NU 1 die kategoriale Verteilung der Patientin hinsichtlich der Score-Bewertungen dargestellt werden (Tab. 3-4).

Tabelle 3-4: Bewertung Score nach Lequesne – kategoriale Zuordnung (NU 1)

Zeitpunkt	Bewertung Score nach Lequesne et al.									
	1 *		2 *		3 *		4 *		5 *	
	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P
NU 1	17	7	11	7	3	7	2	8	3	4

\*1=mild, 2=moderate, 3=severe, 4=very severe, 5=extremely severe

## Lysholm-Gillquist-Score

Die Berechnung des Lysholm-Gillquist-Scores belief sich für das Gesamtkollektiv zum Nachuntersuchungszeitpunkt 1 auf einen Wert von 74 Punkten im Median. Maximaler und minimaler Wert ergaben eine Spannweite zwischen 99 und 12 Punkten.

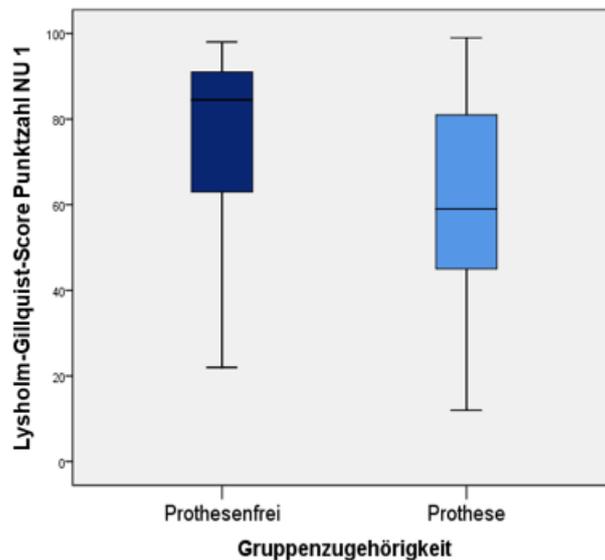


Abbildung 3-9: Lysholm-Gillquist-Score (NU 1) getrennt nach Gruppenzugehörigkeit

Für die Gruppe „Prothese“ wurden die identischen Randwerte ermittelt. Der Median lag in dieser Gruppe bei 59 Punkten.

In der Gruppe der „prothesenfreien“ Patienten wurde ein Median von 84,5 Punkten errechnet, während sich die Spannweite auf 22 bis 98 Punkte belief.

Betrachtet man nun die Bewertung der erhobenen Punktzahlen, so fällt auf, dass alle drei Gruppen in unterschiedliche Kategorien einzuordnen sind. Das Gesamtkollektiv ist mit seinen 74 Punkten im Median in die Kategorie „mäßig“ zuzuführen. Die Gruppe „Prothesenfrei“ fällt dagegen in die besser einzustufende Kategorie „gut“. Mit der Zuordnung in die Kategorie „schlecht“ fällt die „Prothesen“-Gruppe im Vergleich deutlich ab.

Tabelle 3-5 zeigt wiederum die Patientenverteilung, getrennt nach „prothesenfreier“ und „prothesenversorgter“ Gruppe, für den besagten Score zum Zeitpunkt NU 1.

Tabelle 3-5: Bewertung Lysholm-Gillquist-Score– kategoriale Zuordnung (NU 1)

Zeitpunkt	Bewertung Lyshom-Gillquist-Score							
	1 *		2 *		3 *		4 *	
	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P
NU 1	10	18	7	10	10	2	9	3

\*1=schlecht, 2=mäßig, 3=gut, 4=sehr gut

### Score nach Ranawat und Shine

Auch der Score nach Ranawat und Shine wurde für das Gesamtkollektiv zum Zeitpunkt NU 1 ausgewertet. Für das Gesamtkollektiv ergab sich dabei ein Wert von 82 Punkten im Median. Der minimale Wert waren 45 Punkte. Das Maximum stellten 100 Punkte dar.

Die Spannweite der „prothesenfreien“ Gruppe belief sich auf 45 bis 98 Punkte. Der Median lag bei 85,5 Punkten. In der Gruppe der Prothesenversorgten wurden im Median 78 Punkte erreicht, flankiert von minimal 61 und maximal 100 Punkten.

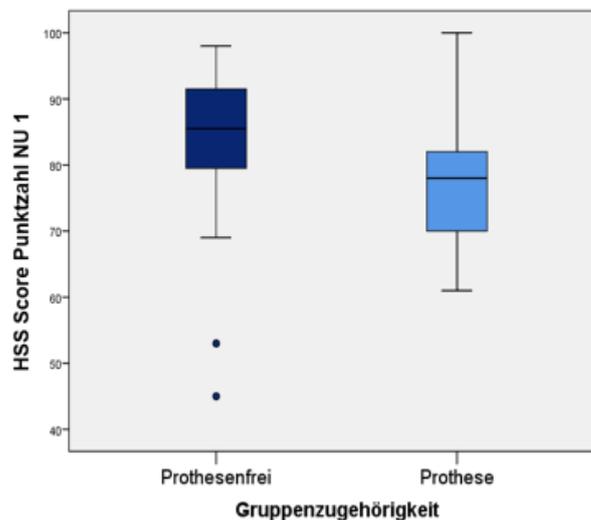


Abbildung 3-10: HSS Score (NU 1) getrennt nach Gruppenzugehörigkeit

Fügt man die erreichten Punktzahlen in die entsprechenden Kategorien ein, so wird ersichtlich, dass die „prothesenfreie“ Gruppe die bestmögliche Kategorie „excellent“ erreicht. Sowohl das Gesamtkollektiv als auch die Gruppe „Prothese“ fallen mit ihren Medianwerten in die nächstschlechtere Kategorie „good“.

Zum Zeitpunkt NU 1 ergibt sich die kategoriale Zuordnung der Patienten hinsichtlich des HSS Scores wie in Tabelle 3-6 dokumentiert.

Tabelle 3-6: Bewertung HSS Score – kategoriale Zuordnung (NU 1)

Zeitpunkt	Bewertung Score nach Ranawat und Shine (HSS)							
	1 *		2 *		3 *		4 *	
	P-frei	P	P- frei	P	P-frei	P	P-frei	P
NU 1	2	0	1	8	12	21	21	4

\*1=poor, 2=fair, 3=good, 4=excellent

### **Oxford Knie Score**

Ein weiterer Score, der im Rahmen der Vorläufer-Studie erstmals zum Zeitpunkt NU 1 erhoben wurde, ist der Oxford Knie Score. Dabei konnten die Daten von N=32 Patienten ermittelt werden, wovon 17 der „prothesenfreien“ Gruppe und 15 der Gruppe „Prothese“ zugehörig sind. Auch diese ermittelten Daten wurden für das Gesamtkollektiv errechnet und stellen sich wie folgt dar.

Der Medianwert liegt für das Gesamtkollektiv bei 39,5 Punkten. Das Minimum erwies sich bei 11 Punkten, der maximal erreichte Wert lag bei 48 Punkten.

Den höchsten Medianwert erreichte die Gruppe „Prothesenfrei“ mit 45 Punkten. Das Minimum und Maximum beliefen sich auf 19 beziehungsweise 48 Punkte.

In der Gruppe „Prothese“ zeigte die Auswertung des Oxford Knie Score einen Wert von 33 Punkten im Median. Der minimale Wert lag bei 11 Punkten. Das Maximum ergaben 46 Punkte.

### 3.1.1.8 Radiologie präoperativ

Im Folgenden werden die zum Zeitpunkt präoperativ radiologisch erhobenen und durch den Autor dieser Arbeit für das Gesamtkollektiv angewendeten Parameter tabellarisch dargestellt. Tabelle 3-7 zeigt die deskriptive Statistik.

Tabelle 3-7: Radiologische Parameter zum Zeitpunkt präoperativ

Parameter	Gesamtkollektiv		Prothesenfrei		Prothese	
	n	Median/ Minimum/ Maximum	n	Median/ Minimum/ Maximum	n	Median/ Minimum/ Maximum
mLDFA	64	90.8/84.1/96.2	32	90.2/84.9/96.2	32	91.1/84.1/94.7
mMPTA	64	87.7/81.5/95.6	32	87.4/81.5/95.6	32	88/83.1/95.6
mLDTA	64	88.6/82/103.3	32	88.4/82/103.3	32	88.7/83.6/99.4
MAD	63	30.7/0/73.8	32	27.55/2.5/73.8	31	34/0/69
TL trifft KBL	64	0.31/-0.14/43.92	32	0.33/-0.03/43.92	32	0.21/-0.14/35.87
AMA-Winkel	64	6.7/3.8/10.3	32	6.6/3.8/10.3	32	6.8/4.3/9.6
JLCA Öffnungswinkel	43	2.9/-1.6/6.1	24	3/1.8/6.1	19	2.4/-1.6/4.7
mTFA (Minus-Werte ≙ Varus)	64	-4.7/-14.9/0	32	-4.5/-14.9/-0.1	32	-4.95/-10.8/0
Tibial slope nach Amendola	64	9.2/1.7/23.2	34	9.8/4.1/23.2	30	9.1/1.7/16.1

Der Vergleich der beiden dargestellten Gruppen mittels MWU Test und eine Analyse der Daten erfolgt im Kapitel 3.3.

### 3.1.1.9 Radiologie NU 1

Dieselbe radiologische Untersuchung wurde zum Zeitpunkt NU 1, im Schnitt 34 Monate nach dem Operationszeitpunkt, durchgeführt (Tab. 3-8).

Tabelle 3-8: Radiologische Parameter zum Zeitpunkt NU 1

Parameter	Gesamtkollektiv		Prothesenfrei		Prothese	
	n	Median/ Minimum/ Maximum	n	Median/ Minimum/ Maximum	n	Median/ Minimum/ Maximum
mLDFA	66	90/84.3/96.4	35	89.5/84.3/96.4	31	90.1/86.2/93.7
mMPTA	66	91.1/82.5/99.8	35	90.1/82.5/98.3	31	92.3/85.3/99.8
mLDTA	66	88.8/81/102.2	35	88.6/82.5/93.3	31	89.7/81/102.2
MAD	66	0/-46.25/56	35	0/-34.59/50.86	31	0/-46.25/56
TL trifft KBL	66	0.53/0.09/81.6	35	0.54/0.24/72.44	31	0,51/0,09/81,60
AMA-Winkel	66	6.9/3.6/10.8	35	6.9/3.6/9.8	31	6.7/3.9/10.8
JLCA Öffnungswinkel	45	2.4/-1.3/4.4	27	2.6/0.9/4.4	18	2.2/-1.3/4
mTFA (Minus-Werte ≙ Varus)	66	0/-6.3/9.9	35	0/-6.3/5.9	31	0/-6.2/9.9
Tibial slope nach Amendola	68	10.7/0.2/28.5	36	11.7/1.4/28.5	32	10/0.2/22.8

Die dazugehörige Auswertung folgt in Kapitel 3.3 mit der Auswertung mittels MWU-Tests sowie im Diskussionsteil mit einer ausführlichen Interpretation der Daten.

### **3.1.2 Studienkollektiv**

In diesem Kapitel werden alle Daten der n=32 Patienten, die im Rahmen der letztmaligen Nachuntersuchung zum Zeitpunkt NU 2 von dem Verfasser dieser Arbeit erhoben wurden, dargestellt. Die zu diesem Untersuchungszeitpunkt untersuchten Patienten werden dem Studienkollektiv zugeordnet. Wie im Methodenteil beschrieben, wurden diese primär klinisch, bei gegebener Indikation zudem radiologisch untersucht. Die daraus gewonnenen Daten werden in diesem Kapitel dargestellt.

#### **3.1.2.1 Body-Mass-Index**

Die vom Verfasser dieser Arbeit untersuchte Patientengruppe des Studienkollektivs zeigte einen BMI von 25,75 kg/m<sup>2</sup> im Median. Maximaler Wert stellte ein BMI von 35,7 kg/m<sup>2</sup> dar, während der kleinste erhobene BMI bei 19,9 kg/m<sup>2</sup> lag.

#### **3.1.2.2 Bewegungsumfang (Range of motion)**

Der Bewegungsumfang des Studienkollektivs lag zum Zeitpunkt NU 2 bei 110 Grad im Median. Der kleinste Wert bezüglich des Range of motion des umgestellten Knies lag hier bei 70 Grad. Den maximalen Bewegungsumfang stellte in dieser Gruppe ein Wert von 135 Grad dar.

### 3.1.2.3 Scores Nachuntersuchung 2

Im Folgenden werden die Ergebnisse aller Scores, die am Studienkollektiv angewendet wurden, aufgezeigt.

#### Score nach Lequesne et al.

Bei der Auswertung des Scores nach Lequesne et al. für das Studienkollektiv ergab sich ein Medianwert von 7 Punkten. Die Spannweite belief sich zwischen einem und maximal 13 Punkten. Die erreichte Medianzahl entsprach bei der Bewertung des Score-Ergebnisses der Kategorie „moderate“.

Wie es im Median zur Zuordnung in die Kategorie „moderate“ kam, zeigt die tatsächliche Verteilung des Studienkollektivs (Tabelle 3-9).

Tabelle 3-9: Bewertung Score nach Lequesne – kategoriale Zuordnung (NU 2)

Zeitpunkt	Bewertung Score nach Lequesne et al.									
	1 *		2 *		3 *		4 *		5 *	
	P- frei	P	P- frei	P	P- frei	P	P- frei	P	P- frei	P
NU 2	8	0	11	0	9	0	4	0	0	0

\*1=mild, 2=moderate, 3=severe, 4=very severe, 5=extremely severe

#### Lysholm-Gillquist-Score

Angewendet auf das Studienkollektiv zum Zeitpunkt NU 2, lieferte der Lysholm-Gillquist-Score eine Punktzahl von 64 im Median. Das Minimum belief sich auf 35 Punkten, während ein maximaler Wert von 92 Punkten errechnet wurde.

Münzt man die erreichten Punktzahlen auf die entsprechenden Bewertungskategorien um, so lag das Studienkollektiv im Median genau zwischen den Kategorien „mäßig“ und „schlecht“.

Tabelle 3-10 zeigt die kategoriale Zuordnung der einzelnen Probanden des Studienkollektivs hinsichtlich des Score-Bewertungssystems.

Tabelle 3-10: Bewertung Lysholm-Gillquist-Score – kategoriale Zuordnung (NU 2)

Zeitpunkt	Bewertung Lysholm-Gillquist-Score							
	1 *		2 *		3 *		4 *	
	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P
NU 2	16	0	13	0	2	0	1	0

\*1=schlecht, 2=mäßig, 3=gut, 4=sehr gut

### Score nach Ranawat und Shine

Der kleinste gemessene Wert bei Auswertung des Scores nach Ranawat und Shine belief sich zum Nachuntersuchungszeitpunkt 2 auf 56 Punkte. Das Maximum befand sich bei 86 Punkten. Für die Patientengruppe ergab sich im Median eine Punktzahl von 71.

Wiederum in die dazugehörigen Kategorien einordnend, konnte das Studienkollektiv im Median der Kategorie „good“ zugeordnet werden.

Das genaue Verteilungsmuster bezüglich der Bewertungskategorien dokumentiert Tabelle 3-11.

Tabelle 3-11: Bewertung HSS Score – kategoriale Zuordnung (NU 2)

Zeitpunkt	Bewertung Score nach Ranawat und Shine (HSS)							
	1 *		2 *		3 *		4 *	
	P-frei	P	P- frei	P	P-frei	P	P-frei	P
NU 2	7	0	5	0	19	0	1	0

\*1=poor, 2=fair, 3=good, 4=excellent

### Oxford Knie Score

Auch der Oxford Knie Score wurde zum Zeitpunkt NU 2 am Studienkollektiv erhoben. Dabei betrug der Medianwert der Gesamtpunktzahl 38,5 Punkte. Minimum und Maximum lagen dabei bei 25 beziehungsweise 48 Punkten.

## **2000 IKDC**

Im Rahmen der Nachuntersuchung zum Zeitpunkt NU 2 erstmals erhoben wurde der IKDC-Score. Bei der Auswertung wurden dabei zwei Ergebnisteile unterschieden.

Einerseits wurde das IKDC-Ergebnis, wie im Methodenteil beschrieben, für das Studienkollektiv ermittelt. Hier ergab sich ein Medianwert von 64 Punkten. Die Spannweite des IKDC-Ergebnisses liegt bei einem Minimum von 34 Punkten und einem Maximum von 100 Punkten.

Andererseits wurde die subjektive Einschätzung der Funktionsfähigkeit des umgestellten Knies, entsprechend der Frage 10 des IKDC Scores, erörtert.

Für den präoperativen Funktions-Zustand des betroffenen Knies, subjektiv durch die Patienten des Studienkollektivs eingeschätzt, ergab sich im Median ein Wert von 4 Punkten. Der minimale Wert lag hier bei einem Punkt, das Maximum belief sich auf 9 Punkte.

Zum Zeitpunkt NU 2 betrug der Medianwert des Studienkollektivs bezüglich der subjektiven Funktions-Einschätzung dagegen 7 Punkte. Die Spannweite lag zu diesem Zeitpunkt zwischen 4 und 10 Punkten.

### 3.1.2.4 Radiologie NU 2

Tabelle 3-12: Radiologie des Studienkollektivs (NU 2)

Parameter	Studienkollektiv		Parameter	Studienkollektiv	
	n	Median/ Minimum/ Maximum		n	Median/ Minimum/ Maximum
mLPFA	30	90.4/ 78.77/ 101.1	mTFA (Minus-Werte ≙ Varus)	30	-1.05/ -11.3/ 3.5
mLDFA	30	90.1/ 78.7/ 101.1	Tibial slope nach Amendola	30	10.3/ 0.8/ 24.2
mMPTA	30	89.95/ 85/ 96.6	Tibial slope nach Brazier	30	7.8/ -3.4/ 24.1
mLDTA	30	87.55/ 78.4/ 91.4	Tibial slope nach Moore&Harvey	30	14.4/ 2.6/ 28.5
MAD	30	3.5/ -13/ 38	Patellahöhe nach CDI	30	0.74/ 0.46/ 1.28
TL trifft KBL	30	45.2/ 0.7/ 65.2	Patellahöhe nach BPI	30	0.73/ 0.5/ 1.23
AMA-Winkel	30	6.2/ 3.3/ 8.2	Patellahöhe nach ISI	30	1.01/ 0.71/ 1.44
JLCA Öffnungswinkel	30	3.3/ 0.2/ 6.9	Patellahöhe nach Schröter	30	0.65/ 0.51/ 0.78

Auch das Studienkollektiv wurde zum Zeitpunkt NU 2, im Schnitt 11,8 Jahre nach durchgeführter OWHTO, bei gegebener Indikation radiologisch untersucht. Die deskriptiven Daten sind in der Tabelle 3-12 einsehbar.

### **Kellgren-Lawrence-Score**

Auch der, im Methodenteil näher beschriebene, Kellgren-Lawrence-Score wurde erfasst. Der Verfasser dieser Arbeit maß dabei nicht nur die radiologischen Aufnahmen, die zum Zeitpunkt NU 2 vom Studienkollektiv entstanden sind, aus. Zusätzlich wurden durch den Autor auch die präoperativ entstandenen Röntgenbilder des betroffenen Knies des Gesamtkollektivs bezüglich des Kellgren-Lawrence-Scores ausgewertet.

Für den Zeitpunkt präoperativ ergab sich dabei im Median ein Score von 2 für das Gesamtkollektiv mit n=69 ausgewerteten Bildern. Minimum und Maximum beliefen sich dabei auf 1 beziehungsweise 3 Punkte.

Betrachtet man das Kollektiv nun aufgeteilt in die Gruppen „Prothese“ und „Prothesenfrei“, so wird deutlich, dass Median, Minimum und Maximum jeweils den Werten des Gesamtkollektivs entsprachen.

Die zum Zeitpunkt NU 2 am Studienkollektiv erhobenen Werte nach Kellgren und Lawrence zeigten eine Veränderung zur präoperativen Momentaufnahme.

Hier belief sich bei Beurteilung von n=30 Röntgenbildern der Medianwert auf 2,5 Punkte. Auch der minimale Wert zeigte sich mit 2 ansteigend, während der maximale Wert ebenso 3 betrug. Um einen Überblick über die tatsächliche Verteilung der Probanden hinsichtlich des Score-Grades zu erhalten, wurde für die 2 erhobenen Zeitpunkte folgende Tabelle 3-13 ausgearbeitet.

Tabelle 3-13: Kellgren-Lawrence-Score – kategoriale Zuordnung

Zeitpunkt	Kellgren-Lawrence-Score									
	Grad 0		Grad 1		Grad 2		Grad 3		Grad 4	
	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P
präoperativ	0	0	3	1	20	23	13	9	0	0
NU 2	0	0	0	0	10	0	21	0	0	0

## **3.2 Langzeitergebnisse**

Allen voran stellt sich die Frage, welche Überlebensdaten das Gesamtkollektiv liefert. Hierfür wurden vom Autor dieser Arbeit Endpunkte festgelegt. Primärer Endpunkt ist für die Durchführung des Kaplan-Meier-Verfahrens die Prothesenimplantation. In den beiden Gruppen, deren Probandenzugehörige bislang keine Prothesenimplantation vorwiesen, stellen die Zeitpunkte der Nachuntersuchung NU 2 bzw. der telefonischen Befragung weitere Endpunkte dar. Diese sind für die spätere Anwendung des Kruskal-Wallis-Tests vonnöten. Hierbei handelt es sich um die letztmaligen Beobachtungszeitpunkte.

In der vorliegenden Studie ist die Überlebenszeit also in die oben genannten 3 Gruppen aufgeteilt. Dabei zeigt die Überlebenszeit in der Gruppe „Prothese“ das Zeitintervall zwischen Umstellungsosteotomie-Zeitpunkt und dem Zeitpunkt der prothetischen Versorgung an. In den Gruppen Studienkollektiv und „Nichts“, deren Gruppenzugehörige zum Zeitpunkt der Befragung noch nicht mit einer Prothese im umgestellten Knie versorgt wurden, gibt die Überlebenszeit das zeitliche Intervall zwischen der Umstellungsosteotomie und der letztmaligen Befragung, je nach Gruppenzugehörigkeit im Rahmen der Nachuntersuchung bzw. mittels telefonischem Kontakt, an.

Für die vorliegende Studie stellt die Prothesen-Implantation also das entscheidende Ereignis dar. Dies wird im folgenden Kapitel relevant.

### **3.2.1 Kaplan Meier**

Wie bereits beschrieben, lassen sich mit Hilfe des Kaplan-Meier-Verfahrens Überlebensraten bestimmen. Diese zeigen auf, bei wie vielen Patienten es zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht zum Eintritt eines bestimmten Ereignisses gekommen ist. Es wird also unter anderem aufgezeigt, wer zum Zeitpunkt der Datenerhebung dieser Studie noch nicht mit einer Prothese versorgt wurde. Dies gilt für das Studienkollektiv, ebenso wie für die Gruppe „Nichts“. Hier liegt dem Autor dieser Studie die Information vor, dass zu dem Zeitpunkt der Befragung kein Prothesenimplantat im umgestellten Knie vorlag. In diesen Fällen wird von Zensierung gesprochen.

Die ermittelten Überlebenszeiten können durch eine Kaplan-Meier-Kurve dargestellt werden. Diese ist in Abbildung 3-12 mit den ermittelten Daten dieser Arbeit aufgezeigt. Während auf der x-Achse die Überlebenszeit abgetragen wird, zeigt die y-Achse das kumulative Überleben. Die Zeitpunkte einer Prothesenimplantation sind durch einen Sprung der Überlebenskurve ersichtlich. Auch die zensierten Patienten werden abgebildet und durch einen senkrechten Strich gekennzeichnet.

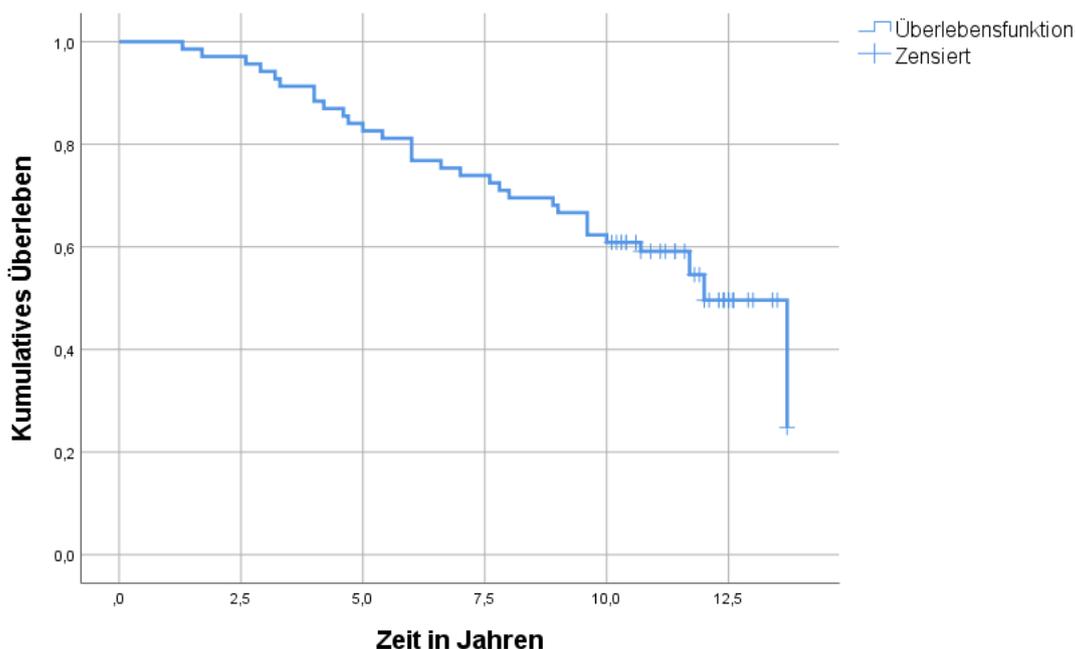


Abbildung 3-12: Kaplan-Meier-Kurve

Das Kaplan-Meier-Verfahren generiert zudem Überlebens-Tabellen. Aus diesen lassen sich wiederum Überlebensraten ermitteln. Diese geben an, bei wie vielen Patienten zu einem bestimmten Zeitpunkt noch kein Ereignis eintrat. In dieser Studie stellt sich also die Frage, wie viele Patienten des Gesamtkollektivs zu beliebigen Zeitpunkten noch keine Prothesenimplantation im betroffenen Knie vorweisen.

Zunächst wurde die 5-Jahresüberlebensrate ermittelt. Dabei wurde erfasst, dass sich n=11 Patienten des Gesamtkollektivs in den ersten 5 Jahre nach der erfolgten Knieumstellungsosteotomie einer Prothesenimplantation unterziehen mussten. Dies ergibt eine 5-Jahresüberlebensrate von 84,1%.

Weiter wurde die Überlebensrate für den Zeitpunkt 10 Jahre nach erfolgter Operation ermittelt. In diesem Zeitraum wurde bei insgesamt 26 Patienten eine Prothesenimplantation durchgeführt. Dies ergibt eine 10-Jahresüberlebensrate von 62,3%.

Eine weitere mögliche Darstellung des Kaplan-Meier-Verfahrens stellt die mediane Überlebenszeit dar. Gemeint ist der Zeitpunkt, zu dem die Hälfte des untersuchten Kollektivs ein Ereignis aufzeigt. Da im vorliegenden Beobachtungszeitraum mit  $n=33$  weniger als die Hälfte des Gesamtkollektivs eine Prothesenimplantation vorweist, war in dieser Studie die mediane Überlebenszeit nicht zu bestimmen.

Bei der Betrachtung der Überlebenszeiten ist weiter der Vergleich der 3 Gruppen von Bedeutung. Liegt ein statistisch signifikanter Unterschied im Überleben zwischen den Gruppen „Prothese“, „Nichts“ und dem Studienkollektiv vor?

Ein erster Anhalt ist durch die Anwendung des Kruskal-Wallis-Test gegeben. Hierfür stellen in diesem Fall die letzten Beobachtungszeiträume in den prothesenfreien Gruppen ebenso wie die Prothesenimplantation ein Ereignis dar. Es kann folglich für alle 3 Gruppen eine mediane Überlebenszeit angegeben werden. Wendet man den Kruskal-Wallis-Test an, so wird bei einem p-Wert von 0,002 das Signifikanzniveau von 5% deutlich unterschritten. Die Null-Hypothese  $H_0$ : „Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den 3 Gruppen bezüglich der Überlebensdaten“ kann also abgelehnt werden.

Die signifikanten Unterschiede im Überleben werden durch Abbildung der Daten in einem Box-Whisker-Plot ersichtlich (s. Abb. 3-13)

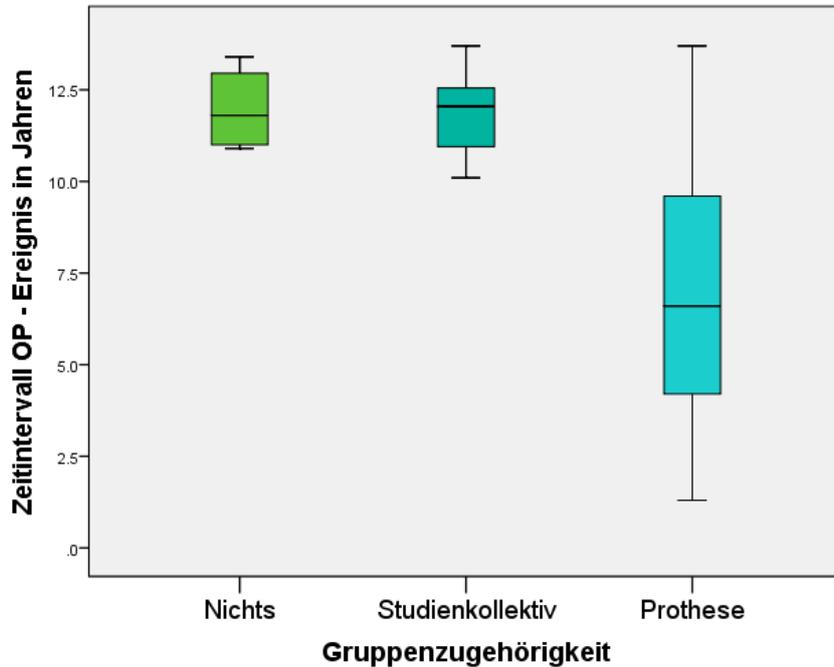


Abbildung 3-13: Zeitintervall OP bis Ereignis – getrennt nach Gruppenzugehörigkeit

Für den exakten, statistischen Vergleich von Überlebensraten zweier Gruppen wurde daraufhin der Logrank-Test durchgeführt.

### 3.2.2 Log rank

Der Logrank-Test ist ein nicht-parametrischer Hypothesentest mit dem Zweck, die Überlebensverteilung zweier Stichproben zu vergleichen. In der vorliegenden Studie ist dieser Vergleich des Überlebens zwischen den Gruppen „Prothese“ und „Nichts“ bzw. dem Studienkollektiv zu ziehen.

Zur graphischen Darstellung dienen zunächst die Kaplan-Meier-Kurven, wie in Abbildung 3-14 zu sehen.

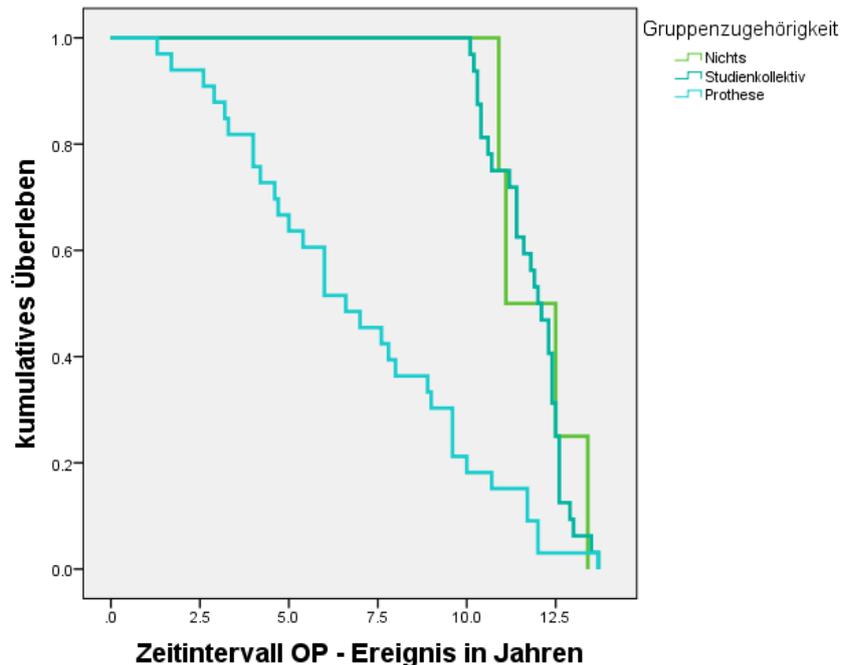


Abbildung 3-14: Kaplan-Meier-Kurven getrennt nach Gruppenzugehörigkeit

Nun wird mittels der Überlebensdaten der Probanden der Logrank-Test durchgeführt, um zu ermitteln, ob sich Überlebenszeiten in 2 Gruppen signifikant unterscheiden. Beim Vergleich der Gruppe „Prothese“ mit dem Studienkollektiv ergibt der Test einen p-Wert von  $<0,001$ . Dies macht einen deutlichen statistischen Unterschied der Gruppen deutlich. Besagte Signifikanz, wenn auch mit  $p = 0,047$  weniger stark ausgeprägt, ergibt sich auch, wenn man den Logrank-Test auf die Gruppen „Prothese“ und „Nichts“ anwendet.

Hieraus ergibt sich die Frage: Woher rührt der signifikante Unterschied zwischen den Gruppen?

Zunächst kam die Frage auf, ob ein Knie-Trauma in der Vorgeschichte die Überlebenszeiten signifikant beeinflusst. Zur Beantwortung dieser Frage wurde das Gesamtkollektiv in 2 Gruppen aufgeteilt (s. Tab. 3-14). In die „Trauma“-Gruppe (=1) fielen all die Patienten, die eine traumatische Kreuzbandruptur oder eine kniegelenksnahe Fraktur im betroffenen Bein in der Vorgeschichte vorwiesen. Dabei handelte es sich um insgesamt 22 Patienten.

Bei 41 Patienten war wiederum eindeutig zu klären, dass kein solches Trauma in der Vorgeschichte auftrat. Diese wurden der Gruppe „Ohne Trauma“ (=0) zugeordnet.

Tabelle 3-14: Zusammenfassung der Fallverarbeitung Knie-Trauma

Trauma	Gesamtzahl	Anzahl der Ereignisse	Zensiert	
			N	Prozent
0	41	23	18	43,9%
1	22	5	17	77,3%
Gesamt	63	28	35	55,6%

Für diese beiden Gruppen wurde nun das Kaplan-Meier-Verfahren, wie auch der Logrank-Test durchgeführt, wobei als Ereignis erneut die Prothesenimplantation diene.

Bereits die Kaplan-Meier-Kurven in Abbildung 3-15 zeigen Unerwartetes. Die Überlebenskurve der „Trauma“-Gruppe zeigt ein besseres kumulatives Überleben.

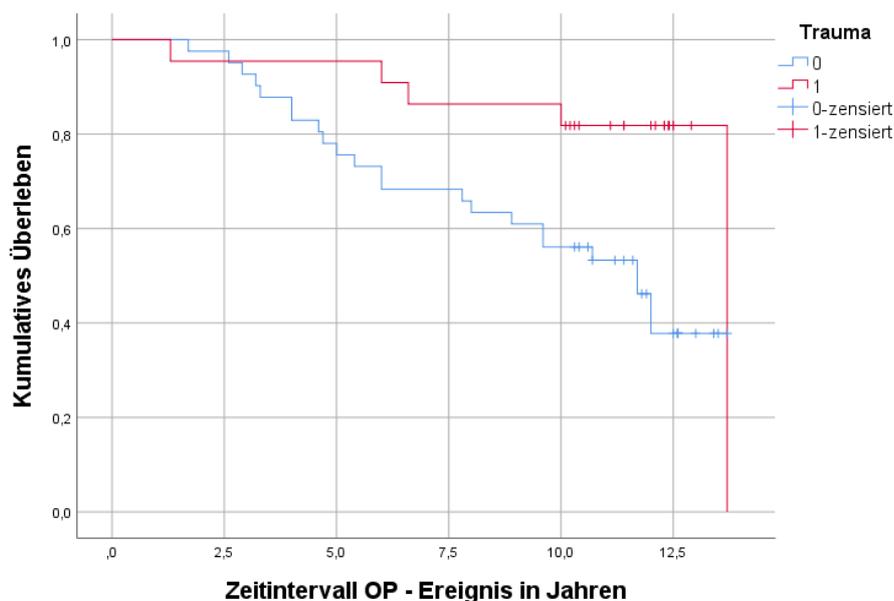


Abbildung 3-15: Kaplan-Meier-Kurven getrennt nach Trauma-Gruppenzugehörigkeit

Diese graphische Einschätzung wird durch das Ergebnis des Logrank-Tests bestätigt. Hier zeigt sich beim Vergleich der beiden Gruppen eine Signifikanz mit  $p=0,013$ , jedoch wider Erwarten zugunsten der traumatisch vorbelasteten Gruppe.

In der vorliegenden Studie können also kürzere Überlebenszeiten nicht durch Vor-Traumata im umgestellten Knie begründet werden.

Wo liegen dann die Unterschiede zwischen der prothesenversorgten -und freien Gruppe? Dieser Frage wird im nachfolgenden Kapitel auf den Grund gegangen werden.

### **3.3 Ergebnisse des Gruppenvergleichs mittels MWU**

In diesem Kapitel sollen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen „Prothese“ und „Prothesenfrei“ zu den Zeitpunkten präoperativ und NU 1 mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests ermittelt werden. Hierfür wurden die einzelnen Parameter auf das Vorliegen von Signifikanzen untersucht. Die daraus gewonnenen Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

Es wurde zunächst die Null-Hypothese gestellt:

$H_0$ : „Es sind keine Unterschiede zwischen den Gruppen „Prothese“ und „Prothesenfrei“ zu den Zeitpunkten präoperativ und NU 1 zu finden.“

Diese Null-Hypothese wurde hinsichtlich der einzelnen erhobenen Parameter überprüft:

### Alter bei OP

Zunächst wurden die beiden Gruppen in Bezug auf das Alter zum Zeitpunkt der Operation verglichen, indem der MWU-Test angewendet wurde. Als sogenannter Rangsummentest teilt er die Patientendaten in Ränge ein. Hieraus lässt sich wiederum ein mittlerer Rang (= mean rank) für die jeweilige Patientengruppe ermitteln. Diese Daten sind in der Abbildung 3-16 nebst einem Balkendiagramm ersichtlich und sind in der Folge auch bei anderen Parametern dargestellt. Bei Anwendung des MWU auf den beschriebenen Parameter ergab sich ein P-Wert von 0,266. Damit liegt der Wert deutlich über dem angesetzten Signifikanzniveau von  $< 0,05$ . Es ist in diesem Fall also die Nullhypothese zu bestätigen.

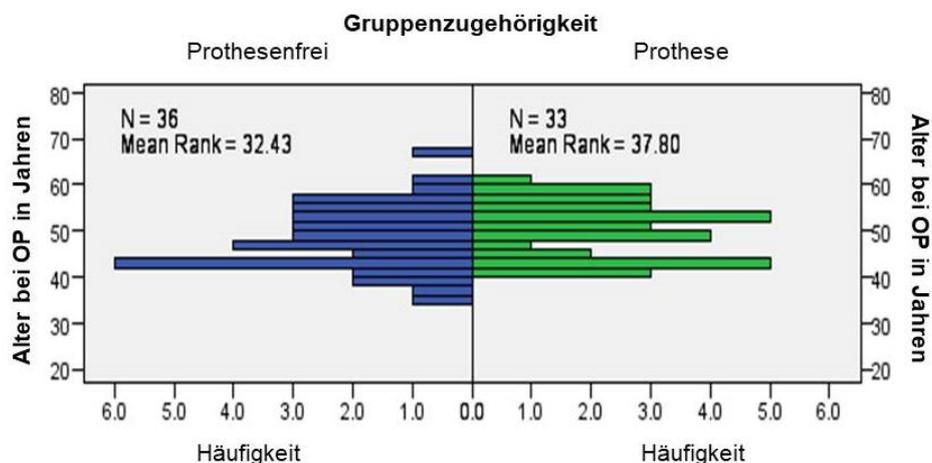


Abbildung 3-16: MWU-Vergleich - Alter bei OP

### Range of motion

Weiter wurde der Parameter Range of motion, zum Zeitpunkt NU 1 erhoben, mittels MWU-Tests untersucht. Beim statistischen Vergleich der Gruppen „Prothese“ und „Prothesenfrei“ ergab sich dabei ein P-Wert von 0,172, sodass auch hier die Nullhypothese anzunehmen ist.

## Vor-Operationen

Ebenso wurde die Anzahl der Vor-Operationen, wie in der deskriptiven Statistik dargestellt, für die 2 zu untersuchenden Gruppen ermittelt. Bei Anwendung des MWU zeigte sich kein signifikanter Unterschied bezüglich dieses Parameters. So wurde ein P-Wert von 0,887 errechnet.

## Body-Mass-Index

Der zum Zeitpunkt NU 1 erhobene BMI wurde ebenso auf die 2 Gruppen angewendet (Abb. 3-17). Der Test ergab dabei einen p-Wert von 0,013. Dies bedeutet das Vorliegen einer statistischen Signifikanz. Bezüglich dieses Parameters muss die Nullhypothese also verworfen werden. Stattdessen gilt die Alternativhypothese  $H_1$ : „Die Gruppe „Prothesenfrei“ weist einen signifikant niedrigeren BMI-Score vor als die Vergleichsgruppe „Prothese“.“

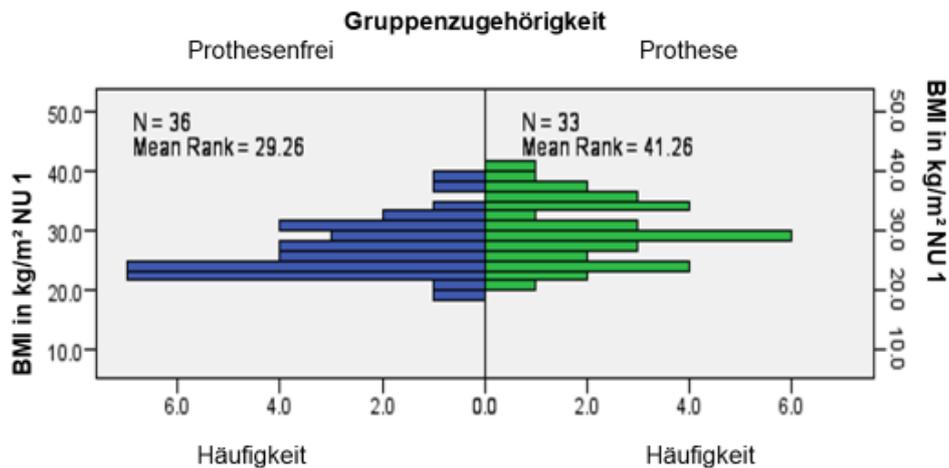


Abbildung 3-17: MWU-Vergleich - BMI (NU 1)

Im folgenden Abschnitt werden die ermittelten Ergebnisse bei Anwendung des MWU auf präoperativ erhobene Scores dargestellt:

### Score nach Lequesne et al. präoperativ

Wendete man den MWU-Test auf die Ergebnisse des präoperativ erhobenen Scores nach Lequesne et al. an, so ergab sich eine statistische Signifikanz bei einem p-Wert von 0,009 (Abb. 3-18). Der deutlich niedrigere mittlere Rang von 28,96 der prothesenfreien Gruppe zeigt dabei, dass diese Patientengruppe ein signifikant besseres klinisches Score-Ergebnis liefert.

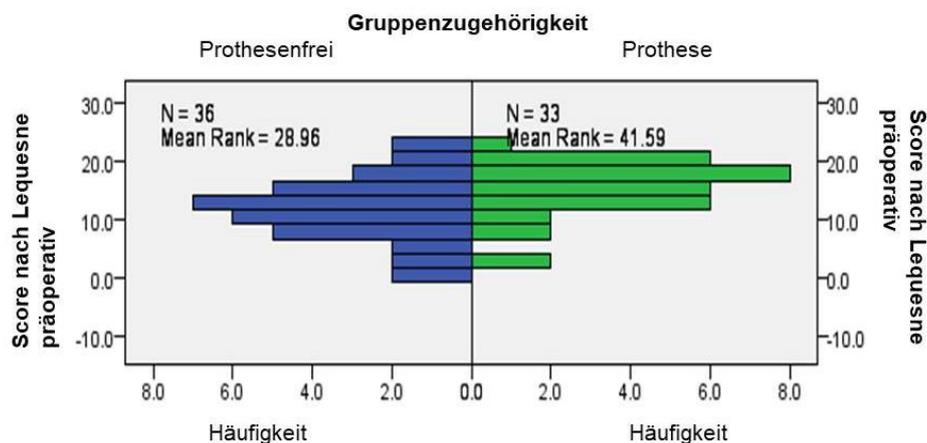


Abbildung 3-18: MWU-Vergleich - Score nach Lequesne präoperativ

Gleiches gilt, wenn man das Ergebnis des MWU, angewendet auf den Parameter Bewertung Score nach Lequesne, betrachtet. Mit einem p-Wert von 0,019 fiel also auch die Bewertung dieses Scores in der prothesenfreien Gruppe signifikant besser aus.

### Lysholm-Gillquist-Score präoperativ

Im Gegensatz zu der vorherigen Auswertung zeigte sich bei Anwendung des MWU auf den Lysholm-Gillquist-Score kein signifikantes Ergebnis (Abb.3-19). Dies zeigte ein p-Wert von 0,304. Hier ist also die Nullhypothese anzunehmen. Auch der Vergleich der Gruppen in Bezug auf die Bewertung des Lysholm-Gillquist-Scores zeigte bei einem p-Wert von 0,081 keinen signifikanten Unterschied.

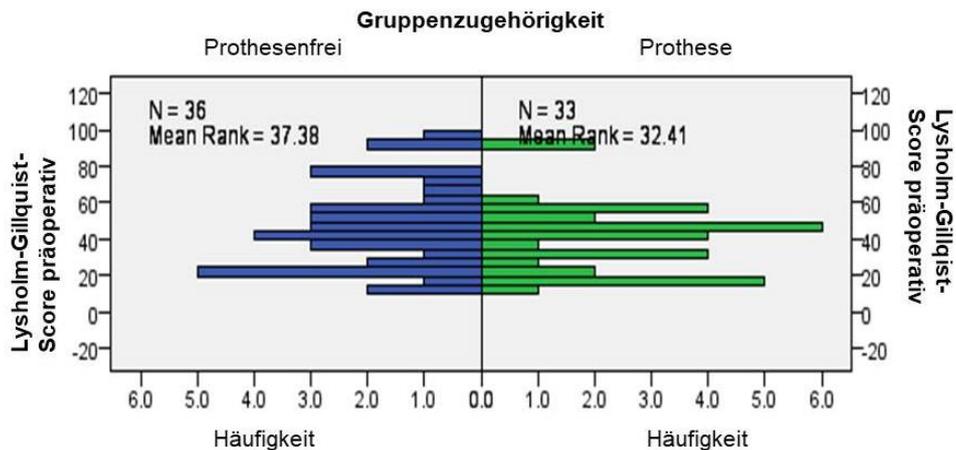


Abbildung 3-19: MWU-Vergleich - Lysholm-Gillquist-Score präoperativ

### HSS Score präoperativ

Einen signifikanten Unterschied zwischen den zu untersuchenden Gruppen ergab sich beim Vergleich des präoperativ erhobenen HSS Score. Hier zeigte der MWU-Test einen P-Wert von 0,012 und damit ein signifikantes Ergebnis zugunsten der prothesenfreien Gruppe.

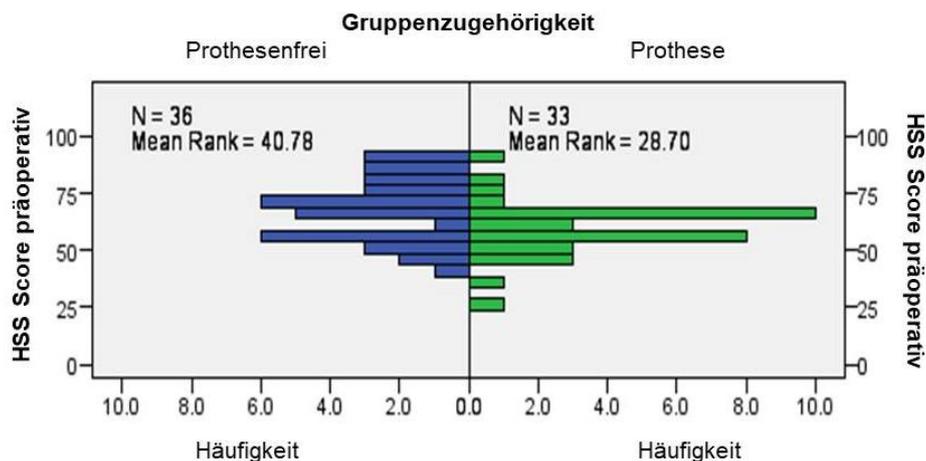


Abbildung 3-20: MWU-Vergleich - HSS Score präoperativ

Damit einhergehend konnte auch beim Vergleich der Ergebnisse hinsichtlich der Bewertung des HSS Scores mit einem P-Wert von 0,007 eine signifikante Teststatistik ermittelt werden. Die „prothesenfreie“ Gruppe ist also bezüglich der kategorialen Einordnung bei diesem Score signifikant besser eingestuft.

Der MWU-Test wurde ebenso auf die zum Zeitpunkt NU 1 erhobenen Scores angewendet. Die Ergebnisse lauten wie folgt:

### Score nach Lequesne et al. (NU 1)

Wie bereits zum präoperativen Zeitpunkt, zeigte sich auch zum Zeitpunkt NU 1 bei Anwendung des MWU auf den Score nach Lequesne et al. eine Signifikanz mit einem p-Wert von  $<0,001$ . Ein Blick auf die mittleren Ränge, abgebildet in Abbildung 3-21, zeigt, dass die Gruppe „Prothesenfrei“ wiederum deutlich besser abgeschnitten hat.

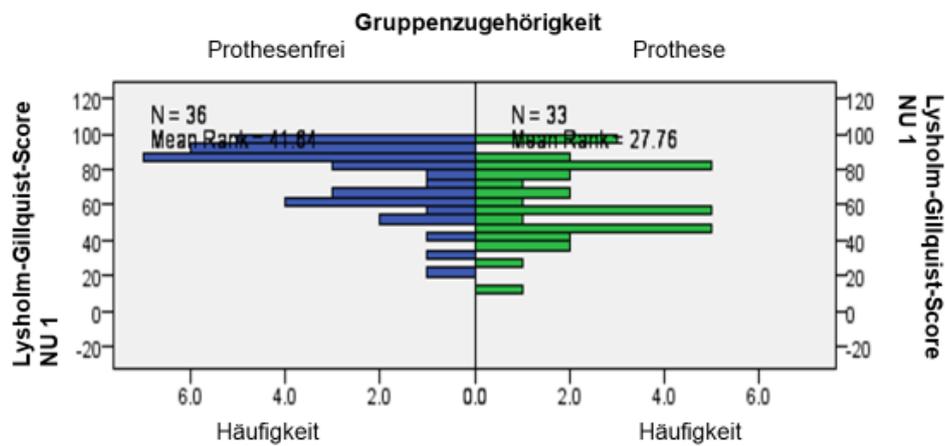


Abbildung 3-21: MWU-Vergleich - Score nach Lequesne (NU 1)

Dasselbe gilt bei Begutachtung des MWU-Testergebnisses für den Parameter Bewertung Score nach Lequesne et al. mit einem p-Wert von 0,005.

### Lysholm-Gillquist-Score (NU 1)

Im Gegensatz zum präoperativen Zeitpunkt ergab sich auch für den Vergleich der Gruppen bezüglich des Lysholm-Gillquist-Scores für den Zeitpunkt NU 1 ein signifikantes MWU-Ergebnis. Die Score-Punktzahl war also in der prothesenfreien Gruppe signifikant höher als in der Gruppe „Prothese“. Der p-Wert lag bei 0,004.

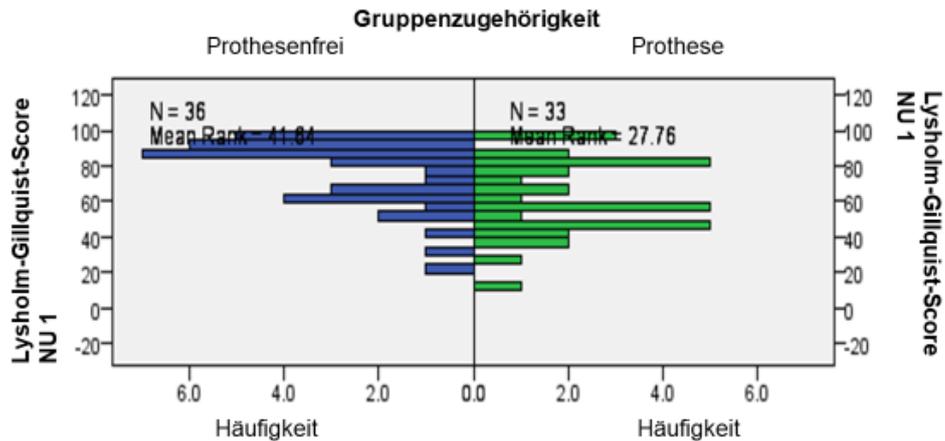


Abbildung 3-22: MWU-Vergleich - Lysholm-Gillquist-Score (NU 1)

Der identische p-Wert von 0,004 war das Ergebnis der MWU-Anwendung auf den Parameter Bewertung Lysholm-Gillquist-Score. Auch hier war die „prothesenfreie“ Gruppe also einer signifikant höheren Kategorie zuzuordnen.

### HSS Score (NU 1)

Sowohl für den Parameter HSS Score wie auch für den Parameter Bewertung HSS Score zeigte das MWU-Testergebnis klare Signifikanzen mit einem p-Wert von jeweils <0,001.

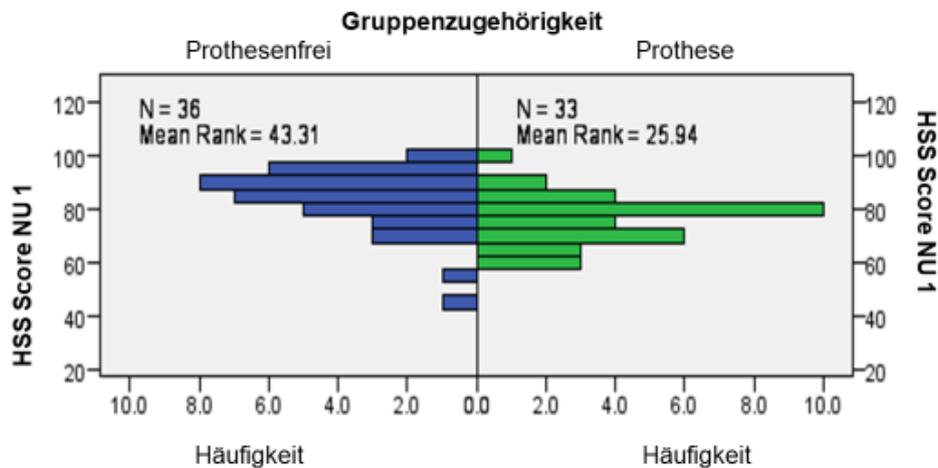


Abbildung 3-23: MWU-Vergleich - HSS Score (NU 1)

Man kann festhalten, dass zum postoperativen Zeitpunkt für alle Scores die Null-Hypothese  $H_0$  abzulehnen ist. Es gilt vielmehr die Alternativhypothese  $H_1$ : „Es sind signifikante Unterschiede jeweils zugunsten der Gruppe „Prothesenfrei“ zu finden.“

Die Ergebnisse des MWU-Tests zeigen, dass es bereits zum präoperativen Zeitpunkt deutliche Unterschiede hinsichtlich der Klinik zwischen den Gruppen gab. So zeigte der Score nach Lequesne et al. bei einem p-Wert von 0,009 ein signifikant besseres Ergebnis in der prothesenfreien Gruppe. Dies gilt ebenso für den HSS Score mit einem MWU-Ergebnis von 0,012 zugunsten der Gruppe „Prothesenfrei“. Für diese Scores gilt außerdem, dass auch die jeweiligen Bewertungssysteme bei Anwendung des MWU Signifikanzen aufwiesen. Einzig der Lysholm-Gillquist-Score zeigte zu diesem Zeitpunkt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. So ergab sich hier ein p-Wert von 0,304. Das bessere Ergebnis zeigte jedoch auch hier die Gruppe „Prothesenfrei“, die deren Median von 46 Punkten den Median der „Prothesen“-Gruppe um 5 Punkte übertraf.

Die Ergebnisse des Mann-Whitney-U stellten sich zum postoperativen Zeitpunkt nochmals verändert dar. So zeigten zu diesem Zeitpunkt nun alle 3 Scores Signifikanzen. Betrachtet man die p-Werte, wird deutlich, dass die zu vergleichenden Gruppen sich bezüglich der Scores hochsignifikant unterschieden. So lagen die p-Werte für die Score-Punktzahlen wie auch für die Bewertungssysteme bei  $<0,001$  bis 0,005. Dies unterstreicht die signifikant bessere Klinik der prothesenfreien Gruppe.

Betrachtet man die Ergebnisse, die der MWU bezüglich der 3 Scores liefert, so wird deutlich, dass sich der bereits präoperativ ersichtliche Unterschied zugunsten der Gruppe „Prothesenfrei“ nach erfolgter Umstellungsosteotomie nicht etwa anglich, sondern vielmehr weiter stark zunahm.

### **Oxford Knie Score (NU 1)**

Auch der Oxford Knie Score, erstmals zum Zeitpunkt NU 1 bestimmt, wurde dem Mann-Whitney-U-Test unterzogen. Mit einem Testergebnis von  $P=0,011$  wurde wiederum ein signifikanter Unterschied errechnet. Auch bei diesem Score fiel der Unterschied mit dem signifikant besseren Ergebnis zugunsten der Gruppe „Prothesenfrei“ aus.

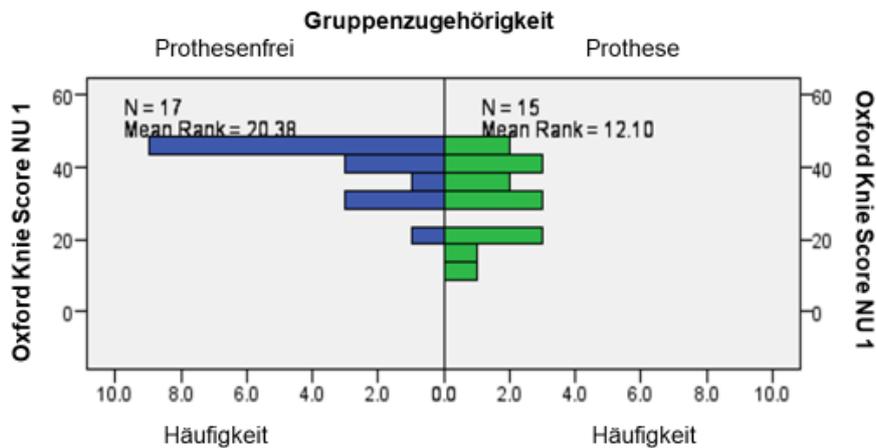


Abbildung 3-24: MWU-Vergleich - Oxford Knie Score (NU 1)

Die Alternativ-Hypothese  $H_1$  muss also lauten: „Die Gruppe „Prothesenfrei“ wies zum postoperativen Zeitpunkt eine signifikant bessere Gesamtpunktzahl des Oxford Knie Scores auf.“

### Lang- vs. Kurzzeitüberleben

Zuletzt wurde der MWU-Test nochmals angewandt, um herauszufinden, ob „Kurzzeitüberlebende“ bereits zum Zeitpunkt der präoperativen Untersuchung klinisch auffällig waren. Hierfür wurde der Patientenpool in 2 Gruppen eingeteilt. In die Gruppe der „Kurzzeitüberlebenden“ (=1) wurden alle Patienten des Gesamtkollektivs eingeschlossen, deren Überlebenszeit bei unter 5 Jahren lag. Die Überlebenszeit meint dabei, wie bereits unter dem Kapitel 3.2 zu finden, den Zeitraum von der Knieumstellungsosteotomie bis zur Prothesenimplantation im selben Knie. Diese Gruppe umfasste eine Anzahl von 11 Patienten. Die restlichen 58 Patienten wurden der Gruppe „Langzeitüberlebende“ (=0) zugeordnet. Für diese 2 Gruppen wurde schließlich nochmals der MWU-Test für die präoperativen Parameter: Score nach Lequesne et al., Lysholm-Gillquist-Score und HSS Score angewendet.

Tabelle 3-15: Statistik zum Fall Lang- vs. Kurzzeitüberleben

Scores	Gesamtkollektiv		0		1		p-Wert
	n	Median (Min/Max)	n	Median (Min/Max)	n	Median (Min/Max)	
Score nach Lequesne präoperativ	69	14,00 (0,5/22,0)	58	12,50 (0,5/22,0)	11	16,00 (3,0/22,0)	0,000
Lysholm-Gillquist-Score präoperativ	69	43,00 (12,0/95,0)	58	46,00 (12,0/95,0)	11	42,00 (12,0/94,0)	0,012
HSS Score präoperativ	69	65,00 (26,0/93,0)	58	68,50 (43,0/93,0)	11	59,00 (26,0/90,0)	0,011

Die dazugehörige deskriptive Statistik ist in Tabelle 3-15 nachzulesen. Die p-Werte für den MWU-Vergleich der beiden dargestellten Gruppen ist in der letzten Spalte dargestellt.

Es wird ersichtlich, dass die präoperativ erhobenen Parameter in der Gruppe der „Kurzzeitüberlebenden“ signifikant schlechter waren als in der Vergleichsgruppe der „Langzeitüberlebenden“. So ergaben sich beim Vergleich der beiden Gruppen mittels MWU für alle 3 Scores p-Werte unterhalb des Signifikanzniveaus zugunsten der „Langzeitüberlebenden“.

Auch auf dieses Ergebnis soll im Diskussionsteil erneut eingegangen werden.

## Radiologie präoperativ

In Tabelle 3-16 werden die Ergebnisse des MWU-Tests bei Anwendung auf die beiden Gruppen „Prothese“ und „Prothesenfrei“ hinsichtlich der präoperativen radiologischen Parameter dargestellt.

Tabelle 3-16: MWU-Test zum Vergleich der radiologischen Parameter präoperativ

<b>Parameter</b>	<b>MWU-Test → P-Wert</b>
mLDFA	0.240
mMPTA	0.190
mLDTA	0.819
MAD	0.597
TL trifft KBL	0.091
AMA-Winkel	0.687
JLCA Öffnungswinkel	0,042
mTFA (Minus-Werte ≅ Varus)	0.851
Tibial slope nach Amendola	0,505
Kellgren Lawrence Arthrosegrad	0,830

Die Nullhypothese  $H_0$ : „Es sind keine Unterschiede zwischen den Gruppen „Prothese“ und „Prothesenfrei“ zu dem Zeitpunkt „präoperativ“ zu finden.“ bestätigt sich für die präoperativen radiologischen Parameter. Einzig der Parameter JLCA zeigte mit einem p-Wert von 0,042 eine grenzwertige Signifikanz. In der vorliegenden Kohorte konnte folglich keine Identifikation eines radiologischen Prädiktors erfolgen. Dies gilt neben den untersuchten Winkeln

auch für den ermittelten Kellgren-Lawrence-Arthrosegrad. Beide Gruppen konnten zum präoperativen Zeitpunkt im Median dem Grad 2 nach Kellgren und Lawrence zugeordnet werden. Auch die Spannweite war für die Gruppen identisch. In beiden Gruppen erfolgte die Zuordnung in den Kategorien 1 bis 3. Der Arthrosegrad nach Kellgren und Lawrence stellt also in dieser Studie keinen prognostischen Faktor dar.

Eine weitere Auseinandersetzung mit den erhobenen radiologischen Daten soll im Diskussionsteil erfolgen.

### **Radiologie NU 1**

Auch für die radiologischen Parameter des Zeitpunkts NU 1 wurde der Gruppenvergleich mittels MWU durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3-17 zu sehen.

Tabelle 3-17: MWU-Test zum Vergleich der radiologischen Parameter zum Zeitpunkt NU 1

<b>Parameter</b>	<b>MWU-Test → P-Wert</b>
MLDFA	0.379
MMPTA	0.496
MLDTA	0.188
MAD	0.381
TL trifft KBL	0.152
AMA-Winkel	0.685
JLCA Öffnungswinkel	0.097
mTFA (Minus-Werte ≅ Varus)	0.376
Tibial slope nach Amendola	0,248

Es zeigt sich, dass auch hier bei ausbleibenden Signifikanzen die Nullhypothese  $H_0$  anzunehmen ist. Es sind also zu besagtem Untersuchungszeitpunkt keine radiologischen Signifikanzen zwischen den beiden untersuchten Gruppen vorzufinden.

Dies schließt demnach mit ein, dass der Korrekturwinkel in der vorliegenden Studie keinen Einfluss auf die Gruppenzugehörigkeit und folglich auf das Langzeitüberleben hat. So ergab sich bei der radiologischen Nachuntersuchung zum Untersuchungszeitraum NU 1 für die Gruppe „Prothesenfrei“ ein Varus/ - bzw. Valguswinkel (=mFTA) von im Median  $0^\circ$  mit einer Spannweite von  $-6.3^\circ$  bis  $5.9^\circ$ . Dabei sind Werte kleiner Null als varisch, Werte größer 0 als valgisch zu deuten. Für die Gruppe „Prothese“ ergab sich ein identischer Medianwert von  $0^\circ$ . Die Spannweite belief sich hier auf  $-6.2^\circ$  bis  $9.9^\circ$ . Die MWU-Teststatistik zeigte mit 0,376 entsprechend keine Signifikanz.

Im Diskussionsteil werden die radiologischen Daten näher betrachtet und eingeordnet.

### **Radiologischer Langzeitverlauf**

Nachdem hinsichtlich der radiologischen Parameter beim Vergleich der beiden Gruppen des Gesamtkollektivs „Prothese“ und „Prothesenfrei“ keine Unterschiede zu den 2 Untersuchungszeitpunkten festgestellt werden konnten, stellte sich die Frage, wie sich der weitere radiologische Verlauf darstellte.

Es wurden hierzu durch den Autor einerseits die zum Zeitpunkt NU 2 angefertigten Röntgenbilder des Studienkollektivs radiologisch ausgewertet. Die deskriptive Statistik hierzu findet sich in Kapitel 3.1.2.4. Darüber hinaus wurden durch den Verfasser dieser Arbeit diejenigen Patienten der „Prothesen“-Gruppe ermittelt, bei welchen die Prothesenimplantation in der BG Tübingen durchgeführt wurde. Hierbei konnten N=14 Patienten gefunden werden. Anhand der vor Prothesenimplantation erstellten Röntgenaufnahmen konnten durch den

Autor rückwirkend die Achsenverhältnisse mittels mediCAD für diese Gruppe bestimmt werden, wie in Tabelle 3-18 ersichtlich.

Auch für diesen Fall wurde eine Nullhypothese aufgestellt:

Nullhypothese  $H_0$ : „Es ergeben sich auch zu einem späteren Zeitpunkt keine Unterschiede bezüglich der Achsenverhältnisse beim Vergleich der „Prothesen“-Gruppe und der prothesenfreien Gruppe des Studienkollektivs.“

Tabelle 3-18: Radiologische Parameter der „Prothesen“-Gruppe zum Zeitpunkt der Prothesenimplantation

Parameter	Prothese	
	n	Median/Min/Max
mLPFA	14	94/83.2/106.1
mLDFA	14	90.95/86.5/95.8
mMPTA	14	92.4/84.7/97.2
mLDTA	14	88.3/81.4/93.7
MAD	14	7/-8/28
TL trifft KBL	14	39.9/12/59.1
AMA-Winkel	14	7.2/4.9/8.2
JLCA Öffnungswinkel	14	-3.05/-6.9/-0.2
mTFA (Minus-Werte $\hat{=}$ Varus)	14	-2.4/-9/2.3

Um diese Nullhypothese zu überprüfen, wurde wiederum der MWU angewendet. Betrachtet man die Teststatistik des MWU in Tabelle 3-19, so zeigt sich, dass für einige Parameter die Alternativhypothese anzunehmen ist.

Diese Alternativhypothese  $H_1$  lautet verallgemeinernd:

$H_1$ : „Es ergaben sich im Verlauf der Jahre radiologisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen beim Vergleich der Aufnahmen der „Prothesen“-Gruppe zum präprothetischen Zeitpunkt und des Studienkollektivs zum Zeitpunkt NU 2.“

Tabelle 3-19: MWU-Teststatistik Studienkollektiv zum Zeitpunkt NU 2 vs. „Prothesen“-Gruppe zum Zeitpunkt der Prothesenimplantation

	mLPFA in °	mLDFA in °	mMPTA in °	mLDTA in °	MAD	TL trifft KBL	AMA- Winkel	JLCA Öffnungs- winkel	mFTA
Mann-Whitney U	138.500	125.500	131.500	191.500	186.500	181.000	107.500	.000	183.000
Asymp. Signifikanz	.072	.033	.048	.641	.553	.569	.010	.000	.496

Es ergibt sich bei Anwendung des MWU auf den Parameter mFTA mit einem p-Wert von 0,496 zwar keine statistische Signifikanz, dennoch zeigen sich bei Betrachtung der Mediane deutliche Unterschiede. Zum Zeitpunkt der radiologischen Untersuchung zum Zeitpunkt NU 1 lag der Median des mFTA für beide Gruppen bei 0°. Obgleich in der Gruppe der Prothesenversorgten deutlich weniger Zeit bis zur radiologischen Kontrolluntersuchung (Zeitpunkt der Prothesenimplantation) verging, zeigt die deskriptive Statistik eine deutlich stärkere Re-Varisierung. So zeigt die im Rahmen des Eingriffs durchgeführte Ganzbeinaufnahme einen mFTA von im Median -2.4°. Der deutlich später erhobene mFTA-Median des Studienkollektivs zum Zeitpunkt NU 2 lag dagegen bei nur -1,05°. Der Winkelverlust in der „Prothesen“-Gruppe war also deutlich größer, was in der stärkeren Re-Varisierung deutlich wird.

Um die radiologischen Veränderungen weiter zu spezifizieren, werden die beiden Winkel mLDFA und mMPTA betrachtet. Für beide Parameter ergibt der MWU eine statistische Signifikanz, wie in Tabelle 3-10 nachzuvollziehen ist. Es wird

ersichtlich, dass im Studienkollektiv die Winkel zum Zeitpunkt NU 2 noch immer im Normbereich (mMPTA = 89,95°) bzw. nur grenzwertig darüber liegen (mLDFA = 90,1°). Anders verhält es sich mit den, in der Gruppe der Prothesenversorgten gemessenen Winkel zum Zeitpunkt vor der Prothesenimplantation. Hier zeigt der mLDFA seit dem Nachuntersuchungszeitpunkt 1 einen Anstieg 90,1° auf 90,95°. Der mMPTA blieb mit 92,4° in dieser Zeit annähernd stabil. Dies unterstreicht eine femoral bedingte Re-Varisierung in der Gruppe der Prothesenversorgten. Mit  $p=0,01$  zeigt der Vergleich der beiden Gruppen bezüglich des AMA-Winkels ebenso eine Signifikanz. Auch der Gruppen-Vergleich hinsichtlich des Parameters JLCA war im Vergleich zum Nachuntersuchungszeitpunkt NU 1 hochsignifikant. Die Rohwerte unterstreichen dabei die in der Gruppe der Prothesenversorgten verstärkte Re-Varisierung.

### 3.4 Friedman-Test am Studienkollektiv

Mit Hilfe des Friedman-Tests soll für das Studienkollektiv der klinische Verlauf über die Zeitpunkte präoperativ, NU 1 und NU 2 dargestellt werden.

Dafür wurden die zu allen 3 Zeitpunkten erhobenen Score-Ergebnisse für das Studienkollektiv ermittelt und folglich eine Teststatistik durchgeführt.

In den Tabelle 3-20 und 3-21 ist die für das Studienkollektiv angewandte deskriptive Statistik zu sehen.

Tabelle 3-20: Deskriptive Statistik des Friedman-Tests am Studienkollektiv – Score-Bewertungskategorien

Parameter	Untersuchungszeitpunkt					
	<i>präoperativ</i>		<i>NU 1</i>		<i>NU 2</i>	
	n	Median/ Minimum/ Maximum	n	Median/ Minimum/ Maximum	n	Median/ Minimum/ Maximum
Bewertung Score nach Lequesne	32	4/1/5	32	2//1//5	32	2//1//4
Bewertung Lysholm-Gillquist-Score	32	1/1/4	32	2/1/4	32	1.5/1/4
Bewertung HSS Score	32	2.5/1//4	32	4/1/4	32	3/1/4

Tabelle 3-21: Deskriptive Statistik des Friedman-Tests am Studienkollektiv

Parameter	Untersuchungszeitpunkt					
	<i>präoperativ</i>		NU 1		NU 2	
	n	Median/ Minimum/ Maximum	n	Median/ Minimum/ Maximum	n	Median/ Minimum/ Maximum
Score nach Lequesne	32	11.5/0.5/22	32	5/0/18	32	7/1/13
Lysholm-Gillquist-Score	32	43.5/12/95	32	82/22/98	32	64/35/92
HSS Score	32	69.9/43/93	32	86.5/45/98	32	71/56/86
Oxford Knie Score			15	45/19/48	32	38.5/25/48
2000 IKDC	32	4/1/9			32	7/4/10
Range of motion			32	130/100/140	32	110/70/135
Kellgren Lawrence Arthrosegrad	32	2/1/3			30	2.5/2/3

Ob sich die zentralen Tendenzen zu den gegebenen Zeitpunkten verändern, zeigt eine Auswertung der Friedman-Teststatistik. Dieses Testverfahren ermöglicht es, eine Testvariable von ein- und denselben Personen zu verschiedenen Zeitpunkten auf Signifikanzen zu untersuchen.

### Score nach Lequesne et al.

Für den Score nach Lequesne et al. ergab sich hierfür ein p-Wert von  $<0,001$  an. Damit wird eine signifikante Veränderung zwischen den Zeitpunkten ersichtlich. Zudem wurde der Friedman-Test für die Bewertung des Scores angewandt. Auch hier wird bei einem Wert von  $p=<0,001$  ersichtlich, dass sich die Werte zu den Beobachtungszeitpunkten signifikant unterscheiden.

Um diese zentralen Tendenzen zu veranschaulichen, zeigt Tabelle 3-22 die kategoriale Zuordnung über die 3 Zeitpunkte.

Tabelle 3-22: Bewertung Score nach Lequesne - Kategoriale Zuordnung

Zeitpunkt	Bewertung Score nach Lequesne et al.									
	1 *		2 *		3 *		4 *		5 *	
	P- frei	P	P- frei	P	P- frei	P	P- frei	P	P- frei	P
präoperativ	4	2	2	1	8	2	7	5	15	23
NU 1	17	7	11	7	3	7	2	8	3	4
NU 2	8	0	11	0	9	0	4	0	0	0

\*1=mild, 2=moderate, 3=severe, 4=very severe, 5=extremely severe

### Lysholm-Gillquist-Score

Weiter wurde der Friedman-Test am Studienkollektiv angewandt, um Veränderungen des Lysholm-Gillquist-Scores über die 3 Untersuchungszeitpunkte zu ermitteln.

Die durchgeführte Teststatistik lieferte für diesen Score ebenfalls einen p-Wert von  $<0,001$ , was eine signifikante Unterscheidung der Score-Werte zu den 3 Zeitpunkten anzeigt.

Auch für das Bewertungssystem des Lysholm-Gillquist-Scores ergab sich eine statistische Signifikanz bei einem p-Wert von  $<0,001$ .

Tabelle 3-23 ermöglicht wiederum eine Visualisierung der tatsächlichen Verteilung.

Tabelle 3-23: Bewertung Lysholm-Gillquist-Score - Kategoriale Zuordnung

Zeitpunkt	Bewertung Lyshom-Gillquist-Score							
	1 *		2 *		3 *		4 *	
	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P	P-frei	P
präoperativ	28	31	5	0	2	0	1	2
NU 1	10	18	7	10	10	2	9	3
NU 2	16	0	13	0	2	0	1	0

\*1=schlecht, 2=mäßig, 3=gut, 4=sehr gut

### HSS Score

Ebenso wie die vorherigen aufgeführten Scores zeigte auch der HSS Score signifikante Veränderungen zwischen den 3 Untersuchungszeitpunkten, was die Friedman-Teststatistik mit einem p-Wert von <0,001 zeigt.

Gleiches galt für das Testergebnis bezüglich des HSS-Bewertungssystems. Auch hier zeigte ein p-Wert von <0,001 signifikante Unterschiede zu den Untersuchungszeitpunkten.

Tabelle 3-24: Bewertung HSS Score - Kategoriale Zuordnung

Zeitpunkt	Bewertung Score nach Ranawat und Shine (HSS)							
	1 *		2 *		3 *		4 *	
	P-frei	P	P- frei	P	P-frei	P	P-frei	P
präoperativ	11	17	8	12	11	3	6	1
NU 1	2	0	1	8	12	21	21	4
NU 2	7	0	5	0	19	0	1	0

\*1=poor, 2=fair, 3=good, 4=excellent

Tabelle 3-24 dient als Visualisierung der Verteilung über die 3 untersuchten Zeitpunkte hinweg in absoluten Zahlen.

Der Friedman Test ergab also für alle 3 Scores, die zu den 3 Zeitpunkten bei der Gruppe des Studienkollektivs erhoben wurden, eine Signifikanz von <0,001. Dies gilt sowohl für die Untersuchung der Score-Punktzahlen als auch für die Bewertungssysteme der Scores. Dies zeigt, dass es bei den Patienten des

Studienkollektivs im Verlauf zu signifikanten klinischen Veränderungen kam. Die Teststatistiken machen jedoch keine Aussagen darüber, zu welchen der 3 Untersuchungszeitpunkte Signifikanzen auftraten. Um diese Beobachtung zu spezifizieren, wurde der Friedman-Test durch den Wilcoxon-Test ergänzt.

### **3.5 Wilcoxon-Test am Studienkollektiv**

Das Wilcoxon-Testverfahren hilft dabei, die Ergebnisse des Studienkollektivs zu den verschiedenen Zeitpunkten auf eine statistische Signifikanz zu untersuchen. Dabei werden anders als beim Friedman-Test 2 Untersuchungszeitpunkte miteinander verglichen. Damit besteht die Möglichkeit, eindeutige Aussagen über eventuell vorliegende Signifikanzen zu treffen.

Zunächst wurden die Score-Daten des Studienkollektivs zu den Zeitpunkten präoperativ, NU 1 und NU 2 verglichen. Ziel war hierbei, den klinischen Verlauf statistisch darstellen zu können.

Weiter wurden klinische Parameter, die zu lediglich 2 Zeitpunkten erhoben wurden, mittels Wilcoxon-Tests verglichen.

Zuletzt wurde der Test auch für den Kellgren-Lawrence-Score mit den Erhebungszeitpunkten präoperativ und NU 2 angewandt.

Tabelle 3-25 zeigt auf der Folgeseite die Testergebnisse aller angewendeter Parameter.

Tabelle 3-25: Auswertung Wilcoxon-Test am Studienkollektiv

	Z	p-Wert
Range of motion des betroffenen Beines in Grad NU 2– Range of motion des betroffenen Beines in Grad NU 1	-4.740 <sup>b</sup>	.000
BMI in kg/m <sup>2</sup> NU 2 – BMI in kg/m <sup>2</sup> NU 1	-.262 <sup>c</sup>	.793
Score nach Lequesne NU 1 – Score nach Lequesne präoperativ	-4.520 <sup>b</sup>	.000
Score nach Lequesne NU 2 – Score nach Lequesne präoperativ	-3.970 <sup>b</sup>	.000
Score nach Lequesne NU 2 - Score nach Lequesne NU 1	-3.008 <sup>c</sup>	.003
Bewertung Score nach Lequesne NU 1 – Bewertung Score nach Lequesne präoperativ	-4.144 <sup>b</sup>	.000
Bewertung Score nach Lequesne NU 2 – Bewertung Score nach Lequesne präoperativ	-3.920 <sup>b</sup>	.000
Bewertung Score nach Lequesne NU 2 – Bewertung Score nach Lequesne NU 1	-1.414 <sup>c</sup>	.157
Lysholm-Gillquist-Score NU 1 – Lysholm-Gillquist-Score präoperativ	-4.509 <sup>c</sup>	.000
Lysholm-Gillquist-Score NU 2 – Lysholm-Gillquist-Score präoperativ	-3.657 <sup>c</sup>	.000
Lysholm-Gillquist-Score NU 2 – Lysholm-Gillquist-Score NU 1	-2.813 <sup>b</sup>	.005
Bewertung Lysholm-Gillquist-Score NU 1 – Bewertung Lysholm-Gillquist-Score präoperativ	-3.736 <sup>c</sup>	.000
Bewertung Lysholm-Gillquist Score NU 2 – Bewertung Lysholm-Gillquist-Score präoperativ	-1.463 <sup>c</sup>	.143
Bewertung Lysholm-Gillquist-Score NU 2 – Bewertung Lysholm-Gillquist-Score NU 1	-2.874 <sup>b</sup>	.004
HSS Score NU 1 – HSS Score präoperativ	-4.198 <sup>c</sup>	.000
HSS Score NU 2 – HSS Score präoperativ	-.401 <sup>c</sup>	.688
HSS Score NU 2 – HSS Score NU 1	-4.190 <sup>b</sup>	.000
Bewertung HSS Score NU 1 – Bewertung HSS Score präoperativ	-3.800 <sup>c</sup>	.000
Bewertung HSS Score NU 2 – Bewertung HSS Score präoperativ	-.288 <sup>c</sup>	.773
Bewertung HSS Score NU 2 – Bewertung HSS Score NU 1	-4.104 <sup>b</sup>	.000
Oxford Knie Score NU 2 – Oxford Knie Score NU 1	-1.224 <sup>b</sup>	.221
2000 IKDC Funktionsfähigkeit des Knies NU 2 – 2000 IKDC Funktionsfähigkeit des Knies präoperativ	-3.994 <sup>c</sup>	.000
Kellgren Lawrence präoperativ – Kellgren Lawrence NU 2	-4.520 <sup>b</sup>	.000

b. Basierend auf positiven Rängen

c. Basierend auf negativen Rängen

Wie sich die anhand des Friedman-Tests nachgewiesene Dynamik im Detail darstellt, zeigt die Auswertung des Wilcoxon-Tests:

Beginnend mit dem Score nach Lequesne et al. zeigte sich zunächst eine erwartungsgemäße signifikante Verbesserung ( $p < 0,001$ ) beim Vergleich der Werte zu den Zeitpunkten präoperativ und NU 1. Lag der Median des Scores nach Lequesne et al. präoperativ noch bei 11,5 Punkten, so zeigte der zum Zeitpunkt NU 1 erhobene Median von 6 die signifikant verbesserte Klinik. Zum Zeitpunkt NU 2 wurde ein Median von 7 ermittelt. Dies zeigt, dass sich die Klinik über die Jahre etwas verschlechterte, jedoch im Vergleich zum präoperativen Zeitpunkt mit einem p-Wert von  $< 0,001$  noch immer signifikant besser darstellte. Betrachtet man das Bewertungssystem, so zeigt sich, dass das Studienkollektiv zum Zeitpunkt noch immer in die Kategorie „moderate“ und damit in dieselbe Kategorie des Untersuchungszeitpunktes NU 1 fiel.

Begutachtet man den klinischen Verlauf des Studienkollektivs anhand des Lysholm-Gillquist-Scores, so zeigt sich auch hier wie zu erwarten eine deutliche Verbesserung nach erfolgter Operation. Lag der Score präoperativ noch bei 43,5 Punkten im Median, erhöhte sich dieser zum Nachuntersuchungszeitpunkt 1 auf 82 Punkte. Der p-Wert von  $< 0,001$  macht die statistische Signifikanz deutlich. Zum Zeitpunkt NU 2 wurde wiederum ein Score-Median von 64 Punkten ermittelt. Einerseits betont dieser Wert und ein p-Wert von  $< 0,001$  die im Vergleich zum präoperativen Zeitpunkt noch immer signifikant bessere Klinik. Andererseits zeigt der Vergleich der Zeitpunkte NU 1 und NU 2, dass sich die Klinik des Studienkollektivs in den dazwischenliegenden Jahren signifikant verschlechtert hat ( $p = 0,005$ ). Diesen Verlauf verdeutlicht auch das Bewertungssystem des Lysholm-Gillquist-Scores. Wurde das Studienkollektiv präoperativ im Median der Kategorie „schlecht“ zugeordnet, erreichte die Gruppe zum Zeitpunkt NU 1 die nächsthöher gelegene Kategorie „mäßig“. Zum Zeitpunkt NU 2 lag das Studienkollektiv im Median genau zwischen diesen Kategorien.

Zudem wurden die Ergebnisse des HSS Scores, der als dritter Score über alle 3 Untersuchungszeitpunkte erhoben wurde, dargelegt. Das Studienkollektiv erreichte bei diesem Score zum präoperativen Zeitpunkt einen Median von 69,9

Punkten. Es folgte eine signifikante Verbesserung des Score-Ergebnisses ( $p < 0,001$ ) auf 86,5 Punkte im Median. Der klinische Langzeitverlauf zeigte anhand des HSS jedoch bis zum Zeitpunkt NU 2 eine signifikante Verschlechterung auf im Median 71 Punkte. Diese Verschlechterung sorgt dafür, dass statistisch keine Signifikanz zwischen dem präoperativen Zeitpunkt und dem Zeitpunkt NU 2 vorlag ( $p = 0,688$ ).

Daneben konnte nachgewiesen werden, dass es trotz Verschlechterung der Gesamtpunktzahl des Oxford Knie Scores zum Zeitpunkt NU 2 keine signifikante Veränderung zwischen den Zeitpunkten NU 1 und NU 2 vorlag.

Eine Signifikanz konnte dagegen bei Vergleich der Zeitpunkte präoperativ und NU 2 hinsichtlich des IKDC aufgezeigt werden. So lag zum Zeitpunkt NU 2 die subjektive Funktionalität des Knies (Frage 10 des Fragebogens) mit 7 von 10 Punkten signifikant höher als zum präoperativen Untersuchungszeitpunkt (4 von 10 Punkten).

## 4 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit konnte eine Langzeitüberlebensrate nach open wedge HTO nach 10 Jahren von 62,3% nachgewiesen werden. Als Endpunkt wurde die Implantation einer Knieendoprothese definiert. Als wesentliche prädiktive Faktoren für das Versagen konnten niedrige klinische Scores identifiziert werden. Daneben konnten unter anderem mit dem BMI weitere Einflussfaktoren erörtert werden, während andere Parameter, wie beispielsweise das Alter, keinen Einfluss auf das Überleben zeigten. Die Interpretation dieser und weiterer Ergebnisse sowie deren Einbettung in die Daten der Literatur soll in der Folge dargestellt werden.

Nachdem in der Literatur bis zum heutigen Tag kaum Langzeitergebnisse der owHTO mit TomoFix™ Platte bekannt sind, stellt dies ein Augenmerk dieser Arbeit dar [15, 97, 108, 126]. Eine zentrale Rolle nimmt die 2019 von Schuster et al. [115] veröffentlichte Studie ein. Diese untersuchte die Langzeitergebnisse nach erfolgter owHTO mit TomoFix-Plattenversorgung. Das letzte Follow-Up liegt mit im Mittel 12 Jahren vergleichbar zu der vorliegenden Arbeit (12,1 Jahre). Das Überleben wird mit 100% angegeben. Zur Einordnung der Daten ist ein Vergleich des Studienaufbaus wichtig. So wurde von Schuster et al. [115] lediglich eine Kohorte von 23 Probanden untersucht. Zudem erfolgte eine strenge Patientenselektion. So galt ein Alter von unter 60 Jahren sowie ein BMI von unter 30 kg/m<sup>2</sup> als Einschlusskriterium. Zudem wurden unter anderem ausgeschlossen, wer einen Zustand nach Menishektomie vorwies.

Zur weiteren Einschätzung der Studienqualität und als Grundlage für die folgenden Studienvergleiche dient ein weiterer, in der Folge beschriebener Parameter:

Die Qualität einer jeden Langzeitstudie hängt von der weiterhin verfügbaren Anzahl an Probanden ab, die eingeschlossen werden können. Bei Verlust eines oder mehrerer Probanden spricht man von „Drop-out“ oder „Lost to Follow-up“. Die Begrifflichkeit ist mitunter schwer auseinander zu halten. In der vorliegenden Arbeit ergibt eine „Lost to Follow-up“ von 7 Probanden eine Drop-Out-Quote von

9,2% bei einem Gesamtkollektiv von n=76 Probanden und einer durchschnittlichen Nachuntersuchung des Studienkollektivs von 12,1 Jahren (10,1-13,7 Jahre).

Um diese Daten einzuordnen, hilft ein Blick in die Literatur. Die Studien von Bode et al. [15], Saito et al. [108] und Takeuchi et al. [126] dokumentieren das 5-Jahres-Überleben nach erfolgter owHTO mittels TomoFix. Es fällt bei Begutachtung der Studie von Bode et al. [15] auf, dass bei ursprünglich 62 eingeschlossenen Patienten bereits nach 5 Jahren eine „Lost to follow-up“ von 11 Patienten vorlag. Dies ergibt eine im Vergleich deutlich höhere Drop-Out-Quote von 18%. Die Drop-Out-Quote liegt noch höher, wenn man sich die Studie von Saito et al. [108] betrachtet. Hier konnten nach 5 Jahren nur 80 der in die Studie eingeschlossenen 99 Patienten erfasst werden. Damit ergibt sich eine Drop-Out-Quote von 19%. Höhere Drop-Out-Quoten bedingen wiederum eine geringere interne Validität. Zudem gilt es bei der Studie von Saito et al. zu beachten, dass nur 49 der untersuchten Patienten eine Osteoarthrose als ursächliche Erkrankung vorwiesen. Die restlichen 29 Patienten wurden aufgrund einer spontanen Osteonekrose der medialen Femurkondyle umgestellt. Bei der Studie von Takeuchi et al. [126] wurden die Überlebensdaten wiederum aus einem Patientenkollektiv von lediglich 27 Patienten generiert. Die sehr kleine Kohorte bedingt eine im Vergleich zu größeren Stichproben eingeschränkte Repräsentativität der Studienergebnisse.

Die dargelegten Aspekte relativieren die im Vergleich zur vorliegenden Arbeit höheren 5-Jahresüberlebensraten der genannten Studien (96-100%). In dieser Arbeit wurden bei Ermittlung der 5-Jahresüberlebensrate 11 Patienten ermittelt, die sich in den ersten 5 Jahren nach erfolgter Umstellung einer Prothesenimplantation unterzogen. Daraus ergab sich eine 5-Jahresüberlebensrate von 84,1%.

Auf das ermittelte Langzeitüberleben wurde im Rahmen des Studienvergleichs mit Schuster et al. [115] bereits eingegangen. Die Daten sollen nun mit bereits veröffentlichten Studien verglichen werden.

In der Literatur reicht die 10-Jahres-Überlebensrate nach Umstellungsosteotomie von 51% [83] bis 100% [115]. Eine weitere Studie neben Schuster et al. [115] mit Untersuchung des 10-Jahres-Überlebens nach owHTO erfolgte durch Duivenvoorden et al. [29]. In dieser Studie kamen bei Durchführung der owHTO sowohl die Puddu- als auch die Tomofix-Platte zum Einsatz. Ein 10-Jahres-Überleben von 90% wird berichtet. Zudem erfolgte durch Duivenvoorden et al. [29] ein direkter Vergleich der Überlebensdaten mit der closed wedge HTO-Methode. Auf diese Studie wird in der Folge nochmals eingegangen.

Zunächst soll mit der Studie von Saragaglia et al. [109] eine weitere 10-Jahresüberlebensrate nach owHTO dargestellt werden. In dieser Studie wurden 124 Fälle aus initial 132 erfolgten HTO untersucht. Bei einer „Lost to follow-up“ von 8 Probanden ergibt dies eine Drop-Out-Zahl von lediglich 6,1%. Es wurde statt einer Tomofix-Platte eine Zwei-/Dreiloch AO T-Platte verwendet. Die 10-Jahresüberlebensrate wurde dabei mit 74% ermittelt bei einem Überleben von 88,8% nach 5 Jahren [109].

Auch ein Vergleich zu den 10-Jahresüberlebensraten nach closed wedge HTO ist zu ziehen. Duivenvoorden et al. [29] berichteten von einer 10-Jahresüberlebensrate von 75% bei einem Patientenkollektiv von n=354. Dabei wurde neben der TomoFix-Platte auch die Puddu-Platte und Klammern als Implantat benutzt. Die im Jahr 2017 veröffentlichte Studie verfolgte das Ziel, die OP-Verfahren closed wedge HTO und open wedge HTO zu vergleichen. Beide OP-Verfahren addiert, lag die Fallzahl bei 466 HTOs. Ein Blick auf die „Lost to follow-up“ von 134 erklärt die hohe Drop-Out-Quote von 28,8% dieser Studie. Die Überlebensdaten zeigen dabei 10 Jahre nach erfolgter HTO ein längeres Überleben zugunsten der owHTO (90% vs. 75%). Schallberger et al. [110] veröffentlichten 2011 ebenso wie Duivenvoorden Langzeitergebnisse nach erfolgter open vs. closed wedge HTO. In dieser Studie konnte bei einem 10-Jahresüberleben von 91% kein signifikanter Unterschied beim Vergleich der Überlebensdaten nach open wedge und closed wedge HTO nachgewiesen werden.

Mit einer 10-Jahresüberlebensrate von 51% liefert die Studie von Naudie et al. [94] das kürzeste 10-Jahresüberleben. Die angewandte OP-Methode stellte die

closed wedge HTO dar. Die untersuchte Kohorte betrug 106 HTOs in 85 Patienten. Diese Studie konnte einige Prädiktoren für ein kürzeres Überleben nach erfolgter HTO nachweisen. So konnte statistisch nachgewiesen werden, dass das Überleben nach 10 Jahren bei 80% lag, wenn man als Kohorte lediglich die unter 50-jährigen Patienten mit einem Bewegungsumfang von  $>120^\circ$  zugrunde legt. Auf diese Erkenntnisse der Patientenselektion wird im weiteren Verlauf näher eingegangen.

Die vorliegende Arbeit verfolgt neben der reinen Darstellung der Überlebensdaten das Ziel, eventuelle Einflussfaktoren des Überlebens aufzuzeigen. Im Folgenden werden die erhobenen Untersuchungsdaten interpretiert und mit der Literatur verknüpft.

Zunächst wurde untersucht, ob Traumata in der Vorgeschichte ein kürzeres Überleben erklären können. Wider Erwarten erwies sich die „Trauma“-Gruppe als Gruppe mit dem signifikant längeren Überleben. In der vorliegenden Studie können also kürzere Überlebenszeiten nicht durch erlittene Traumata im umgestellten Knie begründet werden. Ein Blick in die Literatur zeigt, dass insbesondere kniegelenksnahe Frakturen und post-traumatisch bedingtes Malalignment häufig Ausschlusskriterien darstellten [70, 135]. Hui et al. [61] konnten in ihrer Studie nachweisen, dass die posttraumatische Gonarthrose einen Risikofaktor bei owHTO darstellt. So zeigte sich für die posttraumatische Gonarthrose ein signifikant kürzeres Überleben im Vergleich zur idiopathischen Gonarthrose.

In der vorliegenden Arbeit fällt zudem auf, dass es in Bezug auf die Altersverteilung keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen „Prothese“ und „Prothesenfrei“ gibt. Eine Überlegung, dass die Umstellungsosteotomie in höherem Lebensalter eine schlechtere Überlebenswahrscheinlichkeit mit sich bringt, kann diese Studie also nicht belegen. Unterstützt wird dieses Ergebnis durch die Studienergebnisse von Kohn et al. [73]. Diese untersuchten das klinische Outcome nach erfolgter closed/open

wedge HTO getrennt in 2 Altersgruppen. Dabei zeigte weder der Lysholm Score noch der Tegner Score einen signifikanten Unterschied [73]. Den hohen klinischen Nutzen der HTO auch im höheren Lebensalter bekräftigt die Studie von Takeuchi et al. [126]. Hier wurde im Mittel 40 Monate nach erfolgter owHTO das klinische Outcome untersucht. Das mittlere Lebensalter der untersuchten 30 Probanden lag bei 71 Jahren. Die Nachuntersuchungsergebnisse ergaben signifikante Verbesserungen der erhobenen Scores. Bonnin et al. [16] berichten, dass der Faktor Alter hinsichtlich der Klinik erst ab einem Nachuntersuchungszeitraum von über 10 Jahren einen Einfluss darstellt. Auch Saito et al. [108] konnten nach erfolgter owHTO keine signifikanten Unterschiede bei Vergleich der Altersgruppen  $\leq$  70 Jahre hinsichtlich des klinischen Verlaufs nachweisen.

Naudie et al. [94] untersuchten ebenso Altersunterschiede nach erfolgter HTO, jedoch im Hinblick auf das Überleben. Die Studie ergab ein signifikant längeres Überleben in der jüngeren Patientenkohorte ( $<$  50 Jahre). Unterstützend wiesen Berman et al. [12] klinisch bessere Langzeitergebnisse nach erfolgter HTO bei Patienten unter 60 Jahren nach. Die Studie von Coventry et al. [26] ergab dagegen, dass das Alter nicht als prädiktiver Faktor hinsichtlich des Überlebens nach HTO zählt.

Auffälliges ergab in der vorliegenden Studie die Untersuchung des Parameters Body-Mass-Index. So konnte nachgewiesen werden, dass die „prothesenfreie“ Gruppe einen signifikant niedrigeren BMI vorwies. Daraus kann man schließen, dass die körperliche Gesundheit/Fitness ein bedeutender Faktor für Erfolg bzw. Misserfolg darstellt. Um dies zu verifizieren, müsste man in weiterführenden Studien die Alltagsaktivitäten, Hobbys und das Bewegungsausmaß der Patienten explizit erfragen. Die Studie von Akizuki et al. [3] bestätigte diese Erkenntnisse. So zeigten sich hier ein BMI von über 27,5 kg/m<sup>2</sup> sowie eine reduzierte Beweglichkeit als Risikofaktor für ein kürzeres Überleben. Auch Coventry et al. [26] veröffentlichten im Jahr 1993 eine Studie, die eine deutlich längere Überlebensrate bei Patienten ohne Übergewicht aufzeigte. Bei Bonnin et al. [16] war dieser Faktor bei Vergleich des klinischen Outcomes nur bei einem

erheblichen Übergewicht signifikant. In der Arbeit von Galla und Lobenhoffer [43] wird starke Adipositas überdies als absolute Kontraindikation gesehen.

Betrachtet man den Bewegungsumfang (Range of motion) zum postoperativen Zeitpunkt, so zeigt sich keine Signifikanz zwischen den beiden untersuchten Gruppen. Ein Vergleich der Median-Werte macht jedoch deutlich, dass in der „Prothesen“- Gruppe eine eingeschränktere Beweglichkeit vorlag (P-frei: 127,5° vs. P: 120°). Die bereits zuvor erwähnte Studie von Akizuki et al. [3] konnte diesen Parameter als Risikofaktor identifizieren. Zudem zeigt sich, dass in einigen Studien eine eingeschränkte Beweglichkeit mit einem Bewegungsumfang von <120° bereits ein Ausschlusskriterium darstellen [13, 127].

Der Vergleich der beiden Kohorten „Prothesen“ und „Prothesenfrei“ in Bezug auf die präoperativen Scores offenbart eine bessere Ausgangslage der prothesenfreien Gruppe. So zeigen die erhobenen Scores mit Ausnahme des Lysholm-Gillquist-Scores bereits zum präoperativen Zeitpunkt signifikante Unterschiede zugunsten eben jener Gruppe. Die vor erfolgter owHTO durch die Scores objektivierte Klinik legt also eine präoperativ „gesündere“ Kohorte - die Patienten ohne Prothesenversorgung - offen. Betrachtet man die Score-Ergebnisse zum Nachuntersuchungszeitpunkt 1, so wird deutlich, dass sich der bereits präoperativ ersichtliche Unterschied zugunsten der Gruppe „Prothesenfrei“ nach erfolgter Umstellungsosteotomie nicht etwa angleicht, sondern weiter stark zunimmt.

Man kann aus diesen Daten die Erkenntnis gewinnen, dass die präoperative Klinik ein entscheidendes Merkmal für den postoperativen Verlauf nach OWHTO darstellt. Dies wird dadurch unterstrichen, da beim Vergleich der Scores eine deutliche Korrelation bezüglich der Score-Ergebnisse erkennbar ist.

Um zu überprüfen, ob ein kürzeres Überleben tatsächlich bereits durch die präoperative Klinik ersichtlich ist, wurde das Gesamtkollektiv in Kurzzeitüberlebende und Langzeitüberlebende eingeteilt. Es wurde ersichtlich, dass sich die präoperativ erhobenen Parameter in der Gruppe der

Kurzzeitüberlebenden signifikant schlechter darstellten als in der Vergleichsgruppe der Langzeitüberlebenden.

Um die präoperativen Score-Daten dieser Arbeit einordnen zu können, werden im Folgenden Vergleichs-Studien aufgezeigt.

In der vorliegenden Arbeit lag der präoperative HSS Score bei im Median 65 Punkten. Betrachtet man die Gruppen getrennt voneinander, so zeigt die „Prothesen“-Gruppe eine signifikant schlechtere Ausgangslage mit einem Median von nur 59 Punkten.

Ein Vergleich zu anderen owHTO-Studien zeigt Folgendes: Der HSS Score lag präoperativ häufig über der in der vorliegenden Arbeit dargestellten Punktzahl. So lag dieser bei DeMeo et al. [27] bei 75,9 Punkten, während Schröter et al. [114] einen präoperativen Score von 72 Punkten beschrieben.

Terauchi et al. [130] wiesen in ihrer Studie dagegen einen etwas niedrigeren präoperativen HSS Score mit 60 Punkten nach.

Um die HSS-Punktzahlen weiter einordnen zu können, wurden Knie-Prothetik-Studien ermittelt, die den HSS Score ebenfalls erhoben haben. Die Studie von Berger et al. [11] zeigt einen vor erfolgter unikompartimenteller Kniearthroplastik erhobenen HSS Score von im Mittel 55 Punkten auf. Verglichen mit der „Prothesen“-Gruppe (HSS - P:59 Punkte) der vorliegenden Arbeit lag eine vergleichbare präoperative Klinik vor. Eine schlechtere klinische Ausgangslage beschrieben Vince, Insall, et al. [136] vor Implantation einer totalen Knieprothese mit einem präoperativen HSS Score von 45 Punkten.

Der präoperative Lysholm-Gillquist-Score lag in dieser Arbeit bei im Median 43 Punkten. Wenn auch nicht signifikant, lag der Median der „Prothesen“-Gruppe niedriger im Vergleich zur „prothesenfreien“ Gruppe (P:42 Punkte vs. P-frei: 46 Punkte). Die klinische Ausgangslage war in der Studie von Hoell et al. [56] mit einer Score-Punktzahl von 46 Punkten in einem vergleichbaren Bereich. In dieser Studie wurde das Outcome von 108 Patienten nach open vs. closed wedge HTO untersucht. DeMeo et al. [27] beschrieben mit einem Lysholm-Gillquist-Score von

54,2 Punkten präoperativ dagegen einen erheblich höher liegenden Wert und folglich eine bessere klinische Ausgangslage.

In der Literatur finden sich auch Prothetik-Studien mit Verwendung des Lysholm-Gillquist-Scores. Gawel et al. [46] berichteten bei 200 zementierten Kniotalendoprothesen von einem präoperativen Lysholm-Gillquist-Score von 52 Punkten. Im Rahmen der Knieteilersatz-Studie von Hallock et al. [49] war ein Lysholm-Gillquist-Score von im Mittel 41 Punkten präoperativ nachgewiesen worden. Die Indikationsstellung zur prothetischen Versorgung erfolgte in den dargestellten Studien auf einem klinischen Niveau, das in etwa auf Höhe der Werte der vorliegenden Arbeit lag.

Der Blick in die Literatur zeigt, dass die klinische Ausgangslage, objektiviert durch entsprechende Scores, allein keine klare Zuteilung bezüglich der operativen Versorgung (Prothetik vs. Umstellungsosteotomie) zulässt. Es wird jedoch ersichtlich, dass die klinische Ausgangslage eine wichtige Rolle spielt bezüglich des Outcomes der erfolgten owHTO spielt. So konnte nachgewiesen werden, dass die präoperative Klinik eine direkte Auswirkung auf das Langzeitüberleben darstellt. Betrachtet man den klinischen Verlauf, in der Folge ausführlich diskutiert, so wird diese Erkenntnis noch deutlicher. Anhand der Daten lässt sich schlussfolgern, dass der Indikationsstellung eine zentrale Rolle hinsichtlich des Erfolgs der HTO zukommt. Überzieht man die Indikation, so ist mit kürzeren Überlebensdaten zu rechnen. In klinischen Grenzfällen sollten daher die eingeschränkte Überlebensdauer sowie die Erwartungshaltung des Patienten entsprechend offen besprochen werden. Zudem gilt es, bei nachgewiesenen Risikofaktoren wie beispielsweise dem Vorliegen von Übergewicht oder eingeschränkter Beweglichkeit alternative OP-Methoden zu diskutieren.

Im Folgenden soll auf die radiologischen Ergebnisse eingegangen werden. Ein entscheidendes radiologisches Kriterium bei der Beurteilung von varusbedingter Gonarthrose stellt die physiologische Beinachse dar. Viele Autoren, darunter auch Hsu et al. [60] gehen von einem physiologischen Alignment von Femur und Tibia von 1,2° Varus aus. Als Normwert für den mFTA wird dabei eine Range von

-1° +/- 2,2° gesehen. Was bei der Begutachtung der präoperativen Aufnahmen des Gesamtkollektivs auffällt, ist folgendes:

Der Median des Parameters mFTA, der die physiologische Beinachse beschreibt, lag präoperativ bei -4.7°. Dies unterstreicht die Varusfehlstellung im betroffenen Bein der Studienteilnehmer. Eine Fehlstellung setzt zudem das Vorhandensein einer signifikanten MAD voraus [100]. Der Normwert der MAD Mikuliczlinien-Abweichung liegt bei 4 mm ± 2 mm medial. Präoperativ lag im Gesamtkollektiv ein Median von 30,7 mm medial vor. Ab einer mechanischen Achsabweichung MAD von > 15 mm nach medial spricht man von einem signifikanten Genu varum, was bei der vorliegenden Patientengruppe also deutlich zutrif [100]. Die Ursache der MAD kann mithilfe der Winkel mL DFA und mMPTA identifiziert werden. Weichen entweder der mMPTA oder der mL DFA oder beide Parameter von der Norm ab, ist dies ein Indiz dafür, dass Tibia, Femur oder beide Gelenkpartner Quelle der Fehlstellung sind.

Liegt der Wert des mMPTA unterhalb des Normbereichs, so wird die varische Abweichung als tibial bedingt angesehen. Ein mL DFA von über 90° zeigt dagegen an, dass die Varus-Deformität im Femur zu finden ist [100].

Historisch gesehen ging die Varus-Deformität dagegen automatisch mit einer hohen tibialen Umstellung einher. Die valgische Deformität wurde wiederum zu einer mittels femoraler Umstellung therapiert. Dieses Paradigma wurde auch noch im Jahr 2009 von Galla et al. [45] beschrieben. Heute gilt, dass eine Varus-Fehlstellung je nach Ursprung tibial, femoral oder auch an beiden Stellen umgestellt werden kann.

Hofmann et al. [58] konnten 2004 nachweisen, dass die Ursache der Varusgonarthrose von Patienten in 59% der Fälle femoral und in 31% der Fälle tibial bedingt war. Bei 10% lag die Deformität wiederum sowohl im Femur als auch in der Tibia.

Studien zeigten, dass die Therapie einer femoral bedingte Varus-Fehlstellung mittels HTO zu einem schlechteren Outcome führt [57, 100]. Auch die Studie von Terauchi et al. [130] im Jahr 2002 konnte nachweisen, dass das Vorliegen einer präoperativen femoralen Varusfehlstellung bei Durchführung einer HTO mit einer pathologischen Gelenklinie und konsekutiv mit einem postoperativen

Wiederauftreten einer Varusdeformität vergesellschaftet ist. In der Studie war zudem ersichtlich, dass diese rekurrende Varusdeformität mit einem schlechteren klinischen Outcome verbunden ist. Rinanopoli et al. [104] konnten dagegen keine Korrelation zwischen nachgewiesener Re-Varisierung nach erfolgter HTO und klinischer Verschlechterung aufzeigen.

Babis et al. [9] konnten in ihrer Studie aus dem Jahr 2002 gute Ergebnisse nach erfolgter Doppelosteotomie. So lag das 8-Jahres-Überleben bei 88%. Als Rationale des Erfolgs der Doppelosteotomie wird die adäquate Korrektur der Beinachse unter Verhinderung einer pathologischen Gelenklinien-Inklination gesehen. Dabei soll laut Babis et al. [9] die Inklination der Gelenklinie nicht  $>4^\circ$  sein.

Nakayama et al. [93] konnten in ihrer Studie nachweisen, dass eine Inklination der Gelenklinie von mehr als  $5^\circ$  zu vermehrten Scherkräften mit Belastung des Gelenkknorpels führen. Dies konnte in einigen Fällen nach erfolgter owHTO nachgewiesen werden. Als Option sehen auch die Autoren dieser Studie die Durchführung einer Doppelosteotomie. So konnten Schröter et al. [113] bei Patienten mit deutlicher varischer Fehlstellung und medialer Gonarthrose mittels Doppelosteotomie gute klinische Ergebnisse erzielen. Dabei konnte eine Normalisierung der Beinachse unter Vermeidung einer Gelenklinien-Inklination erreicht werden.

Auffälliges findet man, wenn man in der vorliegenden Arbeit die beiden Parameter mL DFA und mMPTA zum präoperativen Zeitpunkt betrachtet. Die erhobenen Werte zeigen, dass sich der Parameter mMPTA mit im Median  $87,7^\circ$  im Bereich des Normalwerts bewegt, der Parameter mL DFA dagegen mit einem Median von  $90,8^\circ$  über diesem liegt. Man kann also von einer vorherrschenden femoral bedingten Varusfehlstellung sprechen.

Dabei zeigt sich, dass 40 der 64 präoperativen Patientenaufnahmen einen mL DFA von  $>90^\circ$  aufweisen. In 62,5 % der Fälle ist folglich eine femoral bedingte Varus-Deformität vorzuweisen. Dagegen findet sich nur bei 8 der 64 Probanden-Aufnahmen präoperativ einen mMPTA von  $<84^\circ$ . Nur in 12 % der Fälle lag also eine tibiale Varus-Deformität vor.

Untersucht man nun diese Daten hinsichtlich des Gruppenvergleichs, so zeigt sich, dass die femoral bedingte Abweichung in 75% der Fälle die Gruppe der Prothesenversorgten betrifft. Dieses Ergebnis liefert folglich eine weitere Erklärung für das kürzere Überleben der Gruppe der Prothesenversorgten. Unter Berücksichtigung der aufgezeigten Literatur wäre in der vorliegenden Kohorte eine individuelle Entscheidung des operativen Vorgehens (HTO vs. femorale Umstellung vs. Doppelosteotomie) vonnöten gewesen.

Wie sich die in der Arbeit nachgewiesene femorale Varusfehlstellung auf die Beinachse im Verlauf auswirkte, wird zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen der Diskussion des radiologischen Langzeitverlaufs dargestellt.

Vergleicht man die beiden Gruppen „Prothese“ und „Prothesenfrei“ in Bezug auf die weiteren erhobenen radiologischen Parameter, so lassen sich zum präoperativen Zeitpunkt keine Signifikanzen nachweisen. Ein Hauptaugenmerk lag zum präoperativen Zeitpunkt auf dem Kellgren-Lawrence-Score. Beide Gruppen konnten zum präoperativen Zeitpunkt in die Kategorie 2 nach Kellgren und Lawrence zugeordnet werden. Auch die Spannweite war für die Gruppen identisch. In beiden Gruppen erfolgte die Zuordnung in die Kategorien 1 bis 3. Der Arthrosegrad nach Kellgren und Lawrence stellt also in dieser Studie keinen prognostischen Faktor dar.

In der Literatur finden sich Quellen, die den Arthrosegrad als prädiktiven Faktor werten. So kamen van Raaij et al. [133] zu dem Ergebnis, dass Patienten mit geringem Arthrosegrad ein längeres Überleben vorweisen. In der Studie wurden 100 Probanden mit erfolgter closed wedge HTO nachuntersucht. Zur Einteilung des Arthrosegrads kam die Klassifikation nach Ahlbäck zum Einsatz. Auch Gall et al. [42] gingen der Frage auf den Grund, welche Prädiktoren das Ergebnis nach Umstellungsosteotomie beeinflussen. Untersucht wurden 155 Patienten, die sich zwischen 1984 und 1996 einer HTO nach der Methodik von Coventry unterzogen. Sie beurteilten den Schweregrad der Arthrose sowohl arthroskopisch nach Outerbridge als auch radiologisch nach Kellgren. Für beide Untersuchungsparameter wurde ein signifikant kürzeres Überleben bei

vorangeschrittener Arthrose gefunden. So ergab sich bei Vorliegen eines Kellgren-Scores von  $\geq 3$  ein signifikant kürzeres Überleben.

Betrachtet man die Literatur, so zeigt sich, dass der postoperative Korrekturwinkel einen zentralen prognostischen Faktor darstellt. Die Untersuchungsergebnisse von Bonnin et al. [16] ergaben, dass der postoperative Korrekturwinkel den Hauptfaktor für den klinischen Verlauf und das Überleben darstellte. Auch die Daten von Coventry et al. [26] bestätigen diese Erkenntnisse. So konnte bei einem Valguswinkel von  $\geq 8^\circ$  auf den postoperativ aufgenommenen Röntgenbildern eine 5-Jahres-Überlebensrate von  $>90\%$  errechnen. Dagegen sank die Überlebensrate bei einem postoperativen Winkel von  $<8^\circ$  auf  $38\%$  [26]. Die Ergebnisse von Kröner et al. [74] bestätigen diese Erkenntnisse. Auch hier besaß die postoperative Korrektur einen direkten Einfluss auf das klinische Outcome. Während bei unterkorrigierten/neutralen Beinachsen lediglich 3 von 10 Patienten Zufriedenheit angaben, waren es in der Gruppe der Überkorrigierten nach 7 Jahren noch immer 10 von 10 Patienten.

Beim Vergleich der radiologischen Daten des Gesamtkollektivs dieser Studie zeigt sich jedoch, dass zum Nachuntersuchungszeitpunkt 1 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bestehen. Dies schließt demnach mit ein, dass der Korrekturwinkel in der vorliegenden Studie keinen Einfluss auf die Gruppenzugehörigkeit und folglich auf das Langzeitüberleben hat. So ergab sich bei der radiologischen Nachuntersuchung 1 für die Gruppe „Prothesenfrei“ ein Varus/ -bzw. Valguswinkel von im Median  $0^\circ$ . Für die Gruppe „Prothese“ ergab sich ein identischer Medianwert von  $0^\circ$ .

Durch die radiologische Auswertung der erhobenen Röntgenbilder des Studienkollektivs zum Zeitpunkt NU 2 sowie der „Prothesen“-Gruppe zum Zeitpunkt der Prothesenimplantation lässt sich darüber hinaus eine Aussage zum radiologischen Langzeitverlauf treffen.

Bonnin et al. [16] berichten von mehreren Studien, die einen im Verlauf zunehmenden Winkelverlust nach valgusierender HTO beobachten. So komme es laut Bonnin bei Unter-Korrektur tendenziell zu einer Re-Varisierung, während

überkorrigierte Beinachsen stabil bleiben oder valgusieren. Diese Erkenntnisse werden durch die Studie von Rudan et al. [106] gestützt. Hier ergaben sich gute klinische Ergebnisse nach owHTO bei Überkorrektur auf einen mFTA von 6°-14° Valgus. Eine Unterkorrektur war auch hier mit einem schlechteren Outcome verbunden. Studien wie die von Terauchi et al. [130] konnten nachweisen, dass eine Revarisierung nach erfolgter owHTO ein schlechteres Ergebnis bedingen. Auch Brouwer, van Tol et al. [21] identifizierten eine varische Fehlstellung der Beinachse als Risikofaktor sowohl für das Voranschreiten wie auch die Entwicklung von Osteoarthrose.

Vergleicht man nun die radiologischen Achsenverhältnisse zwischen den beiden oben genannten Gruppen so zeigen sich deutliche Unterschiede. Obgleich in der Gruppe der Prothesenversorgten weniger Zeit bis zum Zeitpunkt der Prothesenimplantation verging, zeigt die im Rahmen des Eingriffs durchgeführte Ganzbeinaufnahme eine stärkere Re-Varisierung. So lag der mFTA in dieser Kohorte bei im Median -2.4°. Der deutlich später erhobene mFTA-Median des Studienkollektivs zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 2 lag dagegen bei nur -1,05°. Der Winkelverlust in der „Prothesen“-Gruppe war also deutlich größer, was in der stärkeren Re-Varisierung deutlich wird. Dieses Ergebnis wird durch sich einstellenden signifikanten Unterschied des Kniegelenk-Konversionswinkels unterstrichen.

Um die radiologischen Veränderungen weiter zu spezifizieren, werden die beiden Winkel mL DFA und mMPTA betrachtet. Für beide Parameter ergibt der MWU eine statistische Signifikanz, wie in Tabelle 3-10 nachzuvollziehen ist. Es wird ersichtlich, dass im Studienkollektiv die Winkel zum Zeitpunkt NU 2 noch immer im Normbereich (mMPTA = 89.95°) bzw. nur grenzwertig darüber liegen (mL DFA = 90,1°). Anders verhält es sich mit den, in der Gruppe der Prothesenversorgten gemessenen Winkeln zum Zeitpunkt vor der Prothesenimplantation. Hier weist der mL DFA seit der NU 1 einen Anstieg 90,1° auf 90,95° auf. Der mMPTA blieb mit 92,4° in dieser Zeit annähernd stabil. Dies spricht für eine femoral bedingte Re-Varisierung in der Gruppe der Prothesenversorgten.

Es lässt sich daraus schließen, dass die deutlich minimaler ausfallenden Korrekturverluste in der Gruppe des Studienkollektivs das längere Überleben dieser Gruppe bedingen könnten. Damit bestätigen sich die zuvor dargestellten Ergebnisse der bisher veröffentlichten Studien.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Arbeit stellte die Untersuchung des klinischen Langzeitverlaufs dar. So konnte anhand der 3 Untersuchungszeitpunkte die Veränderung der klinischen Scores über einen Zeitraum von im Mittel 12,1 Jahren dokumentiert werden. Die Ergebnisse sollen nun durch Studienvergleiche interpretiert und diskutiert werden.

Die erhobenen Ergebnisse des Lysholm-Gillquist-Scores und des HSS Scores sollen zunächst mit den Studienergebnissen von DeMeo et al. [27] verglichen werden. Hier wurde der klinische Langzeitverlauf nach OWHTO mit Puddu-Platte untersucht. Präoperativ zeigte sich für den Lysholm-Gillquist-Score bzw. HSS Score durchschnittlich ein Wert von 54,2 bzw. 75,9 Punkten. Zum nächsten Untersuchungszeitpunkt 2 Jahre postoperativ lag der Durchschnitt bei 89,1 bzw. 92,9 Punkten. Der letzte Untersuchungszeitraum lag 8 Jahre postoperativ und ergab für den Lysholm-Gillquist-Score bzw. HSS Score 83 bzw. 86,8 Punkte [27]. Die Studie von DeMeo et al. [27] zeigt eine, im Vergleich zur vorliegenden Arbeit, ähnliche Dynamik mit der erwartbaren signifikanten Verbesserung zum postoperativen Zeitpunkt und der Score-Verschlechterung im Langzeitverlauf. So betrug der Anstieg des Lysholm-Gillquist-Scores bei DeMeo et al. [27] zur postoperativen Nachuntersuchung 28,8 Punkte und damit die Größenordnung der vorliegenden Arbeit (Anstieg präoperativ – NU 1: 31 Punkte). Ein großer Unterschied stellt jedoch die Ausgangssituation dar. So sind die präoperativen Score-Werte in der Studie von DeMeo et al. deutlich höher. Dies bringt eine deutlich bessere Ausgangslage dieser Patienten mit und erklärt in der Folge auch die besseren klinischen Ergebnisse im Untersuchungsverlauf. Dies zeigen auch andere Studien, wie beispielsweise Shim et al. [118]. So lag der Lysholm-Gillquist-Score bzw. der HSS Score in dieser Studie präoperativ mit im Mittel 89,4 bzw. 91,1 Punkten deutlich höher [118]. Dies bedingt wiederum auch die im Follow-up dargestellten höheren Score-Ergebnisse.

Einen noch stärkeren Score-Anstieg konnten Zhang et al. [141] in ihrer Studie nach erfolgter HTO nachweisen. So kam es bei einem präoperativen Lysholm-Gillquist-Score von 42,5 Punkten 5 Jahre postoperativ zu einem Anstieg von 35 Punkten.

Auch in der Studie von Terauchi et al. [130] wurde der HSS Score als klinischer Verlaufsparemeter verwendet. Präoperativ lag der Wert im Mittel bei 60 Punkten. Zum Zeitpunkt des Follow-up im Schnitt 7,4 Jahre postoperativ zeigte sich eine signifikante Besserung des Scores auf im Mittel 84 Punkte. In dieser Studie kam es trotz niedrigerem präoperativem Wert zu einem besseren postoperativen Ereignis. Der Vergleich der Maxima/Minima zeigt für die postoperativ erhobenen Score-Werte wohl bei Terauchi et al. [130] wie auch in der vorliegenden Arbeit eine große Streuung. So lagen die Werte bei Terauchi et al. postoperativ zwischen 55 und 98, während zum Zeitpunkt Nachuntersuchung 1 in der vorliegenden Arbeit zwischen 45 und 100 Punkte erreicht wurden. Diese große Streuung ermöglicht eine weiterführende Interpretation. Terauchi et al. [130] konnten zeigen, dass das Patientenkollektiv ohne Revarisierung postoperativ signifikant bessere HSS-Werte erreichte. Auch in der vorliegenden Arbeit konnte bewiesen werden, dass die „prothesenfreie“ Gruppe signifikant bessere Werte aufwies. Bei der Interpretation dieses Ergebnisses konnten bereits in einem vorherigen Abschnitt radiologische Aspekte belichtet werden. So scheinen der postoperative Korrekturwinkel wie auch die korrekte Auswahl des Osteotomie-Verfahrens das Outcome direkt zu bedingen.

Zum Vergleich der Ergebnisse des Scores nach Lequesne wird die Arbeit von Schröter et al. [114] betrachtet. Das untersuchte Kollektiv von 32 Patienten erweist mit einem präoperativen Score von 10,3 Punkten ein, zu den bisherigen Erkenntnissen der anderen Scores, kongruentes Bild. So lag der präoperative Score in der vorliegenden Arbeit bei 14 Punkten im Median. Während das Kollektiv der Arbeit von Schröter et al. zum präoperativen Zeitpunkt in die Kategorie „severe“ fiel, war das Gesamtkollektiv dieser Arbeit zum selben Zeitpunkt in der Kategorie „extremely severe“ zuzuordnen. Dies verdeutlicht die schlechtere klinische Ausgangslage des Gesamtkollektivs. Dies spiegelt sich ebenso in den Ergebnissen der Nachuntersuchung wider. Während die Kohorte

in der Studie von Schröter et al. 77 Monate postoperativ mit im Mittel 4,3 Punkten der bestmöglichen Kategorie „mild“ zuzuordnen war, erreichte das Gesamtkollektiv eine Besserung in die Kategorie „moderate“ mit 6 Punkten nach im Schnitt 34 Monaten.

Betrachtet man nun anhand des Nachuntersuchungszeitpunktes 2 den klinischen Status Quo des Studienkollektivs im Median 12 Jahre nach erfolgter owHTO, so zeigt sich folgendes: Bei allen 3 Scores (Score nach Lequesne, Lysholm-Gillquist-Score, HSS Score) kommt es über die Jahre zu einer Verschlechterung der Klinik. Das Ausmaß der Verschlechterung unterscheidet sich dabei unter den Scores. Während das Studienkollektiv bezüglich des Scores nach Lequesne zum Zeitpunkt NU 2 noch immer in die Kategorie „moderate“ und damit in dieselbe Kategorie des Untersuchungszeitpunktes NU 1 fällt, zeigt der HSS Score zum Zeitpunkt NU 2 eine signifikante Verschlechterung auf im Median 71 Punkte. Wenngleich der Wert über der präoperativ erhobenen Punktzahl von 65 liegt, zeigt sich hier statistisch kein signifikanter Unterschied mehr. Anders verhält es sich bei dem Lysholm-Gillquist-Score. Hier liegt auch zum Zeitpunkt NU 2 mit einem Median von 64 ein noch immer signifikant besseres Ergebnis vor als zum präoperativen Zeitpunkt. Nichtsdestotrotz kam es zu einer signifikanten Verschlechterung seit dem Untersuchungszeitpunkt NU 1 (Median: 74).

Aufgrund fehlender Daten können keine direkten Vergleiche mit anderen owHTO-Studien unternommen werden. Ein Vergleich der Langzeitdaten des IKDC ist möglich, wenn man die 2019 veröffentlichte Studie von Schuster et al. [115] betrachtet. Hier war eine Verbesserung des IKDC Score von präoperativ im Mittel 47 Punkten auf 70 Punkte zum Zeitpunkt des letzten Follow-up festgestellt worden. Dieser Zeitpunkt lag 12 Jahre nach erfolgter owHTO. In der vorliegenden Arbeit konnte zum Nachuntersuchungszeitpunkt NU 2, im Median 12,1 Jahre postoperativ, ein IKDC Score von 64 Punkten ermittelt werden. Dieser lag folglich etwas unter dem von Schuster et al. berichteten Niveau. Ein Vergleich des Verlaufs ist leider nicht möglich, da im Rahmen der Vorläufer-Studie [48] der IKDC Score zum präoperativen Zeitpunkt nicht erhoben wurde.

Daneben ermöglicht die Studie von Schuster et al. [115] einen Vergleich der Daten des Oxford Knie Scores. Dieser lag zum finalen Follow-up bei 40 Punkten. Die vorliegende Arbeit konnte einen vergleichbaren Score-Wert zum Zeitpunkt der letztmaligen Nachuntersuchung NU 2 ermitteln. Dieser lag bei im Median 38,5 Punkten. Im Vergleich zum Zeitpunkt NU 1 (Median: 45 Punkte) war zwar ein Rückgang zu sehen, jedoch ohne statistische Signifikanz. Zum Vergleich ergab eine Studie von Floerkemaier et al. [38] einen mittleren Oxford Knie Score von 43 Punkten nach im Schnitt 3,6 Jahren nach Tibia-Umstellungsosteotomie. Die postoperativen Oxford Knie Score-Ergebnisse unterstreichen den kurzfristig sehr hohen Nutzen der Umstellungsosteotomien.

Die Zufriedenheit des Studienkollektivs zum letztmaligen Nachuntersuchungszeitpunkt NU 2 wird mit der Auswertung der Frage 10 des IKDC Fragebogens deutlich. So wurde die subjektive Funktionsfähigkeit des umgestellten Knies zum Zeitpunkt NU 2 mit 7 von 10 Punkten signifikant höher eingestuft als zum präoperativen Zeitpunkt mit 4 von 10 Punkten.

Um die Daten weiter einzuordnen, wird die Studie von Berger et al. [11] aufgeführt. Diese untersuchte das klinische Ergebnis von 51 Patienten nach zementiertem unikompartimentellem Kniegelenksersatz. Die Autoren konnten einen Anstieg des HSS Scores von präoperativ 55 Punkten auf 92 Punkte nachweisen. Das Follow-up lag im Schnitt bei 7,5 Jahren postoperativ. Das Ergebnis liegt im Vergleich über den Daten der vorliegenden Studie. Jedoch muss festgehalten werden, dass bei kleinerer Kohorte in dem kürzeren Nachuntersuchungszeitraum eine „Lost to follow-up“ von 11 Probanden festgehalten wurde.

Der Vergleich des unikompartimentellen Kniegelenksersatz mit der HTO soll anhand zweier weiterer Studien fortgeführt werden. Weale und Newman [138] erbrachten den direkten Vergleich des klinischen Outcomes nach HTO vs. unikompartimentellem Kniegelenksersatz. Als klinischer Score wurde der Baily Score verwendet. Das Follow-up nach 12 bis 17 Jahren ergab ähnliche Ergebnisse für die beiden OP-Verfahren.

Das gleiche Studienziel verfolgten Stukenborg-Colsman et al. [123]. Hier zeigte sich, im Schnitt 7,5 Jahre nach erfolgter Operation, in 71% der Fälle nach HTO und in 65% der Fälle nach unikompartimentellem Kniegelenksersatz ein exzellentes oder gutes Ergebnis. Als Score-Parameter wurde in dieser Studie der Knee Society Score verwendet.

Es kann daraus geschlossen werden, dass bei geeigneter Auswahl des OP-Verfahrens für alle operativen Therapie-Techniken der Gonarthrose gute Ergebnisse erzielt werden können. Elementar ist eine klare Indikationsstellung und eine ausführliche Aufklärung des Patienten bezüglich Für und Wider sowie ein Eruiern der Patientenerwartung.

Im folgenden Teil soll auf die Limitierungen der Studie eingegangen werden.

Mit einer Drop-Out-Quote von 9,2% kann die Studie eine hohe interne Validität vorweisen. Wie in der Diskussion dargestellt, zeigen sich in der Literatur nicht selten deutlich höhere Quoten. Dies spricht für die vorliegende Datenqualität. Trotz allem bedingt die „Lost to follow-up“ auch in dieser Studie eine gewisse Einschränkung der Aussagekraft, da die fehlenden 7 Probanden-Daten das Ergebnis der Studie signifikant verändern könnten.

Um eine noch größere Repräsentativität der Studie zu erreichen, wäre eine größere Kohorte vonnöten. Dies stellt einen möglichen Grund dafür dar, dass bei der Auswertung der radiologischen Daten zwischen den untersuchten Gruppen keine Signifikanzen beispielsweise im Hinblick auf die Beinachse/den postoperativen Korrekturwinkel aufgedeckt werden konnten. Im Vergleich zu vielen angebrachten Studien der Literatur liegt die Fallzahl in dieser Studie nichtsdestotrotz vergleichsweise hoch [15, 115, 130].

Schlussfolgernd lässt sich festhalten, dass die vorliegende Arbeit einige Erkenntnisse der Literatur bezüglich der Risikofaktoren bei HTO bestätigen konnte. So konnte ein erhöhter BMI als negativer Einflussfaktor in Hinsicht auf das Überleben festgestellt werden. Dieser Nachweis war bereits in einigen vorherigen Studien erfolgt [3, 16, 26]. Das Alter erwies sich dagegen nicht als Einflussfaktor hinsichtlich des Überlebens nach owHTO. In der Literatur findet

man hierzu Studien, die zu unterschiedlichen Ergebnissen gelangen [26, 94]. In der Literatur finden sich einige Studien, die belegen, dass das klinische Outcome nach HTO nicht vom Alter der Patienten abhängt.

Eine zentrale Erkenntnis dieser Studie stellt die direkte Auswirkung der präoperative Klinik auf das Langzeitüberleben dar. Anhand der Daten dieser Arbeit lässt sich schlussfolgern, dass der Indikationsstellung eine zentrale Rolle hinsichtlich des Erfolgs der owHTO zukommt. Bei einer präoperativ bereits deutlich eingeschränkten Klinik ist mit einem eingeschränkten Überleben zu rechnen. Eine weitere Ursache für ein kürzeres Überleben konnte in der vorliegenden Arbeit anhand der präoperativen radiologischen Daten erörtert werden. So konnte in einigen Fällen eine femorale bedingte Varus-Fehlstellung nachgewiesen werden. Wie in der Literatur beschrieben [57, 100, 130] führt die Durchführung einer HTO hier zu einer pathologischen Gelenklinie, einem konsekutiv erhöhten Re-Varisierung und in der Folge zu einem schlechteren klinischen Outcome. Dies bestätigte sich in dieser Arbeit.

## 5 Zusammenfassung

### Fragestellung

Ziel dieser Studie ist es, das Langzeitergebnis der valgusierenden open wedge high tibial osteotomy (owHTO) mit der TomoFix™-Platte zu untersuchen. Mithilfe der Studie, die als Follow-Up-Studie angelegt ist, sollen neben den reinen Überlebensdaten zudem Aussagen über den langfristigen klinischen und radiologischen Verlauf getroffen sowie prädiktive Faktoren erörtert werden.

### Methodik

Bei der Studie handelt es sich um eine retrospektive Verlaufsstudie mit einem Evidenz-Level 3 nach der Oxford-Klassifikation. Eingeschlossen wurden die Patienten, die bereits an der Studie: `Planungssicherheit bei hoher, valgusierender, öffnender, und additiver Umstellungsosteotomie mit der TomoFix™ - Platte - Klinische und radiologische Nachuntersuchung` teilgenommen hatten. Dabei handelt es sich um einen Patientenpool von 76 Patienten. Bei der nun durchgeführten Follow-Up-Studie war es möglich, 69 Probanden neuerdings einzuschließen, was eine Drop-Out-Quote von nur 9,2 % mit sich bringt. Die in die Follow-Up-Studie eingeschleusten 69 Patienten können wiederum in 2 Gruppen aufgeteilt werden: Patienten mit zwischenzeitlicher Prothesenversorgung (n=33) und Patienten ohne Prothesenversorgung (n=36). Neben der Überlebenszeitanalyse mittels Kaplan Meier-Verfahren wurden im Rahmen der Nachuntersuchung bei medizinischer Indikation Ganzbeinaufnahmen zur radiologischen Verlaufsanalyse durchgeführt. Zudem wurde das klinische Ergebnis durch klinische Scores untersucht. Hierfür wurde der Score nach Ranawat und Shine (HSS), der Score nach Lequesne et al., der Lysholm-Gillquist-Score und der Oxford Knie Score angewandt. Für die statistische Auswertung des klinischen Verlaufes wurden der Friedman -und Wilcoxon-Test angewendet. Zudem wurde der Mann Whitney-U-Test verwendet, um eventuelle klinische Signifikanzen zwischen den prothesenversorgten und den prothesenfreien Probanden zu erörtern. Der MWU wurde auch auf die radiologischen Parameter angewandt.

## **Ergebnisse**

Ein zentraler Aspekt dieser Arbeit ist die Überlebensanalyse. Es zeigte sich eine 5-Jahres Überlebensrate von 84,1%, sowie eine 10-Jahres Überlebensrate von 62,3%. Zudem wurden prädiktive Faktoren für einen Übergang in die Knie-Totalendoprothese analysiert. Vergleicht man die 2 Gruppen mit und ohne Prothesenversorgung bezüglich der klinischen Scores, zeigt sich, dass sich bereits präoperativ sowohl im Score nach Lequesne als auch im HSS signifikante Unterschiede zugunsten der prothesenfreien Gruppe ergeben. Eine statistische Signifikanz ergab sich zudem hinsichtlich des Parameters Body-Mass-Index. Das Alter nahm dagegen keinen Einfluss auf das Überleben. In Bezug auf die erhobenen radiologischen Parameter fand sich dagegen bei Anwendung des MWU keine Signifikanz. Eine weitere Ursache für ein kürzeres Überleben ergab die Auswertung der präoperativen radiologischen Daten. So ergab sich, dass in 62,5 % der Fälle eine femoral bedingte Varus-Deformität vorlag. Dies betraf vorwiegend die „Prothesen“-Gruppe. Nach dem neuesten Erkenntnisstand wäre hier eine andere Osteotomie-Technik indiziert gewesen.

Betrachtet man den klinischen Verlauf des Studienkollektivs zu den 3 untersuchten Zeitpunkten, so zeigt sich erwartungsgemäß eine postoperativ signifikante Besserung aller klinischer Scores. Auch beim letzten Follow-up, im Median 12,1 Jahre postoperativ, erbrachte das Studienkollektiv im Median höhere Scores im Vergleich zu den präoperativ erhobenen Werten.

## **Schlussfolgerung**

Niedrige präoperative klinische Scores scheinen ein entscheidender prädiktiver Faktor für die Überlebensrate bei valgusierender open wedge HTO zu sein. Bei fortgeschrittenem Krankheitsbild einer Gonarthrose, durch klinisches Scoring zu diagnostizieren, sollte die Indikation zur open wedge HTO entsprechend diskutiert und die Erwartung zurückhaltend formuliert werden. Radiologisch konnte die Bedeutung der exakten Untersuchung der Varusfehlstellung nachgewiesen werden. Die Durchführung einer HTO bei vorwiegend femoraler Fehlstellung ging mit einem schlechteren Überleben einher. Die Auswahl der korrekten Osteotomie-Technik nimmt direkten Einfluss auf das klinische Outcome.

## 6 Literatur

1. Aglietti P, Rinonapoli E, Stringa G, Taviani A (1983) Tibial Osteotomy for the Varus Osteoarthritic Knee. *Clin Orthop Relat Res* 176:240–251
2. Agneskirchner JD, Hurschler C, Stukenborg-Colsman C, Imhoff AB, Lobenhoffer P (2004) Effect of high tibial flexion osteotomy on cartilage pressure and joint kinematics: a biomechanical study in human cadaveric knees. Winner of the AGA-DonJoy Award 2004. *Arch Orthop Trauma Surg* 124(9):575–584. doi:10.1007/s00402-004-0728-8
3. Akizuki S, Shibakawa A, Takizawa T, Yamazaki I, Horiuchi H (2008) The long-term outcome of high tibial osteotomy. A ten- to 20-year follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 90-B:592–596
4. Amendola A, Rorabeck CH, Bourne RB, Apyan PM (1989) Total knee arthroplasty following high tibial osteotomy for osteoarthritis. *J Arthroplasty* 4 Suppl:S11-7
5. Anagnostakos K, Lorbach O, Reiter S, Kohn D (2011) Comparison of five patellar height measurement methods in 90° knee flexion. *Int Orthop* 35(12):1791–1797. doi:10.1007/s00264-011-1236-4
6. Anderson AF, Irrgang JJ, Kocher MS, Mann BJ, Harrast JJ (2006) The International Knee Documentation Committee Subjective Knee Evaluation Form: normative data. *Am J Sports Med* 34(1):128–135. doi:10.1177/0363546505280214
7. Arden N, Nevitt MC (2006) Osteoarthritis: epidemiology. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 20(1):3–25. doi:10.1016/j.berh.2005.09.007
8. Aumüller G, Wurzinger LJ (2010) *Anatomie. 208 Tabellen, 2. Aufl. Duale Reihe.* Thieme, Stuttgart
9. Babis GC, An K-N, Chao EYS, Rand JA, Sim FH (2002) Double level osteotomy of the knee: a method to retain joint-line obliquity. Clinical results. *J Bone Joint Surg Am* 84(8):1380–1388. doi:10.2106/00004623-200208000-00013
10. Bellamy N, Campbell J, Robinson V, Gee T, Bourne R, Wells G (2006) Intraarticular corticosteroid for treatment of osteoarthritis of the knee.

Cochrane Database Syst Rev 19(2):CD005328.

doi:10.1002/14651858.CD005328.pub2

11. Berger RA, Nedeff DD, Barden RM, Sheinkop MM, Jacobs JJ, Rosenberg AG, Galante JO (1999) Unicompartamental knee arthroplasty. Clinical experience at 6- to 10-year followup. *Clin Orthop Relat Res* (367):50–60
12. Berman AT, Bosacco SJ, Kirshner S, Avolio A Jr. (1991) Factors influencing long-term results in high tibial osteotomy.
13. Bito H, Takeuchi R, Kumagai K, Aratake M, Saito I, Hayashi R, Sasaki Y, Aota Y, Saito T (2009) A predictive factor for acquiring an ideal lower limb realignment after opening-wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17(4):382–389. doi:10.1007/s00167-008-0706-8
14. Blackburne JS, Peel TE (1977) A new method of measuring patellar height. *J Bone Joint Surg Br* 59(2):241–242
15. Bode G, Heyden J von, Pestka J, Schmal H, Salzmann G, Südkamp N, Niemeyer P (2015) Prospective 5-year survival rate data following open-wedge valgus high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23(7):1949–1955. doi:10.1007/s00167-013-2762-y
16. Bonnin M, Chambat P (2004) Der Stellenwert der valgusierenden, zuklappenden Tibiakopfosteotomie bei der medialen Gonarthrose. *Orthopade* 33(2):135–142. doi:10.1007/s00132-003-0586-z
17. Brazier J, Migaud H, Gougeon F, Cotten A, Fontaine C, Duquenois A (1996) Evaluation des méthodes de mesure radiographique de la pente tibiale. Analyse de 83 genoux témoins. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 82(3):195–200
18. Brinkman JM, Lobenhoffer P, Agneskirchner JD, Staubli AE (2008) Osteotomies around the knee. Osteotomies around the knee. Patient selection, stability of fixation and bone healing in high tibial osteotomies. *J Bone Joint Surg Br* 90-B:1548–1557
19. Brittberg M, Lindahl A, Nilsson A, Ohlsson C, Isaksson O, Peterson L (1994) Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation. *N Engl J Med* 331(14):889–895. doi:10.1056/NEJM199410063311401

20. Brouwer RW, Raaij van TM, Bierma-Zeinstra SMA, Verhagen AP, Jakma TSC, Verhaar JAN (2007) Osteotomy for treating knee osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev* 18(3):CD004019.  
doi:10.1002/14651858.CD004019.pub3
21. Brouwer GM, van Tol AW, Bergink AP, Belo JN, Bernsen RM, Reijman M, Pols HA, Bierma-Zeinstra SM (2007) Association between valgus and varus alignment and the development and progression of radiographic osteoarthritis of the knee.
22. Caton J, Deschamps G, Chambat P, Lerat JL, Dejour H (1982) Les rotules basses. A propos de 128 observations. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 68(5):317–325
23. Cerejo R, Dunlop DD, Cahue S, Channin D, Song J, Sharma L (2002) The influence of alignment on risk of knee osteoarthritis progression according to baseline stage of disease. *Arthritis Rheum* 46(10):2632–2636.  
doi:10.1002/art.10530
24. Cobb JP (2014) Patient safety after partial and total knee replacement. *The Lancet* 384(9952):1405–1407. doi:10.1016/S0140-6736(14)60885-0
25. Coventry MB (1985) Upper tibial osteotomy for osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am* 67:1136–1140
26. Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL (1993) Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases. *J Bone Joint Surg Am* 75(2):196–201. doi:10.2106/00004623-199302000-00006
27. DeMeo PJ, Johnson EM, Chiang PP, Flamm AM, Miller MC (2010) Midterm follow-up of opening-wedge high tibial osteotomy.
28. Duffy GP, Trousdale RT, Stuart MJ (1998) Total knee arthroplasty in patients 55 years old or younger. 10- to 17-year results. *Clin Orthop Relat Res* (356):22–27. doi:10.1097/00003086-199811000-00005
29. Duivenvoorden T, van Diggele P, Reijman M, Bos PK, van Egmond J, Bierma-Zeinstra SMA, Verhaar JAN (2017) Adverse events and survival after closing- and opening-wedge high tibial osteotomy: a comparative study of 412 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 25(3):895–901.  
doi:10.1007/s00167-015-3644-2

30. Felson DT (1988) Epidemiology of hip and knee osteoarthritis. *Epidemiol Rev* 10:1–28. doi:10.1093/oxfordjournals.epirev.a036019
31. Felson DT (2004) An update on the pathogenesis and epidemiology of osteoarthritis. *Radiologic Clinics of North America* 42(1):1–9. doi:10.1016/S0033-8389(03)00161-1
32. Felson DT, Zhang Y (1998) An update on the epidemiology of knee and hip osteoarthritis with a view to prevention. *Arthritis & Rheumatism* 41(8):1343–1355. doi:10.1002/1529-0131(199808)41:8<1343::AID-ART3>3.0.CO;2-9
33. Felson DT, Lawrence RC, Dieppe PA, Hirsch R, Helmick CG, Jordan JM, Kington RS, Lane NE, Nevitt MC, Zhang Y, Sowers M, McAlindon T, Spector TD, Poole AR, Yanovski SZ, Ateshian G, Sharma L, Buckwalter JA, Brandt KD, Fries JF (2000) Osteoarthritis: new insights. Part 1: the disease and its risk factors. *Ann Intern Med* 133(8):635–646. doi:10.7326/0003-4819-133-8-200010170-00016
34. Felson DT, Anderson JJ, Naimark A, Walker AM, Meenan RF (1988) Obesity and knee osteoarthritis. The Framingham Study. *Ann Intern Med* 109(1):18–24
35. Fetzner U, Blaum T, Kasch R, Kessler O, Kraus K, Paquet K-J, Zaak D (2008) *Das Zweite kompakt: Chirurgie, Orthopädie, Urologie*. Springer-Lehrbuch. Springer, Heidelberg
36. Feucht MJ, Minzlaff P, Saier T, Cotic M, Südkamp NP, Niemeyer P, Imhoff AB, Hinterwimmer S (2014) Degree of axis correction in valgus high tibial osteotomy: proposal of an individualised approach. *Int Orthop* 38(11):2273–2280. doi:10.1007/s00264-014-2442-7
37. Ficklscherer A, Weidert S (2018) *Kurzlehrbuch Orthopädie und Unfallchirurgie*. Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG, Philadelphia
38. Floerkemeier S, Staubli AE, Schroeter S, Goldhahn S, Lobenhoffer P (2013) Outcome after high tibial open-wedge osteotomy: a retrospective evaluation of 533 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1):170–180. doi:10.1007/s00167-012-2087-2

39. Franklin J, Ingvarsson T, Englund M, Lohmander S (2010) Association between occupation and knee and hip replacement due to osteoarthritis: a case-control study. *Arthritis Res Ther* 12(3):R102. doi:10.1186/ar3033
40. Frick H, Leonhardt H, Starck D, Kühnel W, Putz R (1992) *Allgemeine Anatomie. Spezielle Anatomie 1. Extremitäten, Rumpfwand, Kopf, Hals*, 4. Aufl. Flexibles Taschenbuch Med, mit Schlüssel zum Gegenstandskatalog ; Bd. 1. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
41. Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S (1979) The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints. *Orthop Clin North Am* 10(3):585–608
42. Gall N, Fickert S, Puhl W, Günther KP, Stöve J (2005) Prädiktoren der Tibiakopfumstellung in der Therapie der Varusgonarthrose. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 143(5):551–555. doi:10.1055/s-2005-872472
43. Galla M, Lobenhoffer P (2004) Die öffnende valgusierende Umstellungsosteotomie der proximalen Tibia mit dem TomoFix?-Plattenfixateur. *Operative Orthopädie und Traumatologie* 16(4):397–417. doi:10.1007/s00064-004-1116-9
44. Galla M, Lobenhoffer P (2007) Achsenfehlstellungen - Knie. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* 2(1):21–40. doi:10.1055/s-2007-966236
45. Galla M LP (2009) Kniegelenknahe Korrektur-osteotomien von Achsenfehlstellung des Beines. *SportOrthoTrauma* 25:74–82. doi:10.1016/j.orthtr.2009.03.014
46. Gawel J, Fibiger W, Starowicz A, Szwarczyk W (2010) Early assessment of knee function and quality of life in patients after total knee replacement. *Ortop Traumatol Rehabil* 12(4):329–337
47. Greco NJ, Anderson AF, Mann BJ, Cole BJ, Farr J, Nissen CW, Irrgang JJ (2010) Responsiveness of the International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form in comparison to the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index, modified Cincinnati Knee Rating System, and Short Form 36 in patients with focal articular cartilage defects. *Am J Sports Med* 38(5):891–902. doi:10.1177/0363546509354163

48. Günzel JM (2012) Planungssicherheit bei hoher, valgusierender, öffnender, und additiver Umstellungsosteotomie mit der TomoFix™ - Platte. unv. Dissertation, Universität Tübingen
49. Hallock RH, Fell BM (2003) Unicompartmental tibial hemiarthroplasty: early results of the UniSpacer knee. *Clin Orthop Relat Res* (416):154–163. doi:10.1097/01.blo.0000093031.56370.90
50. Hannan MT, Felson DT, Pincus T (2000) Analysis of the discordance between radiographic changes and knee pain in osteoarthritis of the knee. *J Rheumatol* 27(6):1513–1517
51. Hassenpflug J, v. Haugwitz A, Hahne H-J (1998) Langfristige Ergebnisse nach Tibiakopfoosteotomie. *Z Orthop Unfall* 136:154–161
52. Hefti F, Müller W, Jakob RP, Stäubli HU (1993) Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1(3-4):226–234. doi:10.1007/bf01560215
53. Hernigou P (1996) Recul à plus de 20 ans de la gonarthrose fémoro-tibiale interne après ostéotomie tibiale de valgisation. Ostéotomie unique versus ostéotomie itérative. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 82(3):241–250
54. Hernigou P, Medevielle D, Debeyre J, Goutallier D (1987) Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity. A ten to thirteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69:332-354. *J Bone Joint Surg Am* 69:332–354
55. Hochberg MC, Altman RD, Brandt KD, Clark BM, Dieppe PA, Griffin MR, Moskowitz RW, Schnitzer TJ (1995) Guidelines for the medical management of osteoarthritis. Part II. Osteoarthritis of the knee. American College of Rheumatology. *Arthritis Rheum* 38(11):1541–1546. doi:10.1002/art.1780381104
56. Hoell S, Suttmoeller J, Stoll V, Fuchs S, Gosheger G (2005) The high tibial osteotomy, open versus closed wedge, a comparison of methods in 108 patients. *Arch Orthop Trauma Surg* 125(9):638–643. doi:10.1007/s00402-005-0004-6

57. Hofmann S, Lobenhoffer P, Staubli A, van Heerwaarden R (2009) Osteotomien am Kniegelenk bei Monokompartmentarthrose. *Orthopade* 38(8):755-69; quiz 770. doi:10.1007/s00132-009-1458-y
58. Hofmann S, Paszicneyk T, Mohajer M (2004) Ein neues Konzept für kniegelenksnahe Umstellungsosteotomien. *JATROS* 1:40–48
59. Hohmann E, Bryant A (2007) Closing or Opening Wedge High Tibial Osteotomy: Watch Out for the Slope. *Operative Techniques in Orthopaedics* 17(1):38–45. doi:10.1053/j.oto.2006.09.010
60. Hsu RWW, Himeno S, Coventry MB, Chao EYS (1990) Normal Axial Alignment of the Lower Extremity and Load-Bearing Distribution at the Knee. *Clin Orthop Relat Res* 255:216–227
61. Hui C, Salmon LJ, Kok A, Williams HA, Hockers N, van der Tempel WM, Chana R, Pinczewski LA (2011) Long-term survival of high tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis of the knee. *Am J Sports Med* 39(1):64–70. doi:10.1177/0363546510377445
62. Ihle C, Ahrend M, Grünwald L, Ateschrang A, Stöckle U, Schröter S (2017) No change in patellar height following open wedge high tibial osteotomy using a novel femur-referenced measurement method. *Knee* 24(5):1118–1128. doi:10.1016/j.knee.2017.06.006
63. Imhoff A, Linke R, Baumgartner R (2014) *Checkliste Orthopädie*, 3. Aufl. Georg Thieme Verlag KG, s.l.
64. Insall J, Salvati E (1971) Patella position in the normal knee joint. *Radiology* 101(1):101–104. doi:10.1148/101.1.101
65. Insall JN, Joseph DM, Msika C (1984) High tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 66(7):1040–1048
66. Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Kurosaka M, Neyret P, Richmond JC, Shelborne KD (2001) Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med* 29(5):600–613. doi:10.1177/03635465010290051301
67. Issa SN SL (2006) Epidemiology of Osteoarthritis: An Update. *Current Rheumatology Reports* 8:7–15

68. Kaplan EL, Meier P (1958) Nonparametric Estimation from Incomplete Observations. *Journal of the American Statistical Association* 53(282):457. doi:10.2307/2281868
69. Kellgren JH LJS (1957) Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis* 16(4):494–502. doi:10.1136/ard.16.4.494
70. Khoshbin A, Sheth U, Ogilvie-Harris D, Mahomed N, Jenkinson R, Gandhi R, Wasserstein D (2017) The effect of patient, provider and surgical factors on survivorship of high tibial osteotomy to total knee arthroplasty: a population-based study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 25(3):887–894. doi:10.1007/s00167-015-3849-4
71. Kibele EUB, Klüsener S, Scholz RD (2015) Regional Mortality Disparities in Germany: Long-Term Dynamics and Possible Determinants. *Kolner Z Soz Sozpsychol* 67(Suppl 1):241–270. doi:10.1007/s11577-015-0329-2
72. Kocher MS, Steadman JR, Briggs KK, Sterett WI, Hawkins RJ (2004) Reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm knee scale for various chondral disorders of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 86(6):1139–1145. doi:10.2106/00004623-200406000-00004
73. Kohn L, Sauerschnig M, Iskansar S, Lorenz S, Meidinger G, Imhoff AB, Hinterwimmer S (2013) Age does not influence the clinical outcome after high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1):146–151. doi:10.1007/s00167-012-2016-4
74. Kröner AH, Berger CE, Kluger R, Oberhauser G, Bock P, Engel A (2007) Influence of high tibial osteotomy on bone marrow edema in the knee. *Clin Orthop Relat Res* 454:155–162. doi:10.1097/01.blo.0000238806.87411.33
75. Lequesne MG, Mery C, Samson M, Gerard P (1987) Indexes of severity for osteoarthritis of the hip and knee. Validation--value in comparison with other assessment tests. *Scand J Rheumatol Suppl* 65:85–89. doi:10.3109/03009748709102182
76. Lequesne MG, Mery C, Samson M, Gerard P (1987) Indexes of Severity for Osteoarthritis of the Hip and Knee. *Scand J Rheumatology* 65:85–89
77. Liddle AD, Judge A, Pandit H, Murray DW (2014) Adverse outcomes after total and unicompartmental knee replacement in 101 330 matched patients:

- a study of data from the National Joint Registry for England and Wales. *The Lancet* 384(9952):1437–1445. doi:10.1016/S0140-6736(14)60419-0
78. Lobenhoffer P, Agneskirchner JD (2003) Improvements in surgical technique of valgus high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 11(3):132–138. doi:10.1007/s00167-002-0334-7
  79. Lohmander LS, Ostenberg A, Englund M, Roos H (2004) High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis Rheum* 50(10):3145–3152. doi:10.1002/art.20589
  80. Lysholm J GJ (1982) Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 10(3):150–154. doi:10.1177/036354658201000306
  81. Magliano M (2008) Obesity and arthritis. *Menopause Int* 14(4):149–154. doi:10.1258/mi.2008.008018
  82. Maletius W MK (1996) The effect of partial meniscectomy on the long-term prognosis of knees with localized, severe chondral damage. A twelve- to fifteen-year followup. *Am J Sports Med* 24(3):258–262. doi:10.1177/036354659602400302
  83. Maquet P (1976) Valgus Osteotomy for Osteoarthritis of the Knee. *Clin Orthop Relat Res* 120:143–148
  84. Messner K MW (1996) The long-term prognosis for severe damage to weight-bearing cartilage in the knee: a 14-year clinical and radiographic follow-up in 28 young athletes. *Acta Orthop Scand* 67(2):165–168
  85. Michael JWP, Schlüter-Brust KU, Eysel P (2010) The epidemiology, etiology, diagnosis, and treatment of osteoarthritis of the knee. *Dtsch Arztebl Int* 107(9):152–162. doi:10.3238/arztebl.2010.0152
  86. Mikulicz J (1878) Ueber individuelle Formdifferenzen am Femur und an der Tibia des Menschen. *Archiv f A u Ph, Anat Abthlg* 1:351–404
  87. Minas T, Nehrer S (1997) Current concepts in the treatment of articular cartilage defects. *Orthopedics* 20(6):525–538
  88. Miniaci A, Ballmer FT, Ballmer PM, Jakob RP (1989) Proximal tibial osteotomy. A new fixation device. *Clin Orthop Relat Res* 246:250–259

89. Moore TM, Harvey JP (1974) Roentgenographic measurement of tibial-plateau depression due to fracture. *J Bone Joint Surg Am* 56(1):155–160
90. Moseley JB, O'Malley K, Petersen NJ, Menke TJ, Brody BA, Kuykendall DH, Hollingsworth JC, Ashton CM, Wray NP (2002) A controlled trial of arthroscopic surgery for osteoarthritis of the knee. *N Engl J Med* 347(2):81–88. doi:10.1056/NEJMoa013259
91. Murray DW, Fitzpatrick R, Rogers K, Pandit H, Beard DJ, Carr AJ, Dawson J (2007) The use of the Oxford hip and knee scores. *J Bone Joint Surg Br* 89(8):1010–1014. doi:10.1302/0301-620X.89B8.19424
92. Naal FD, Impellizzeri FM, Sieverding M, Loibl M, von Koch F, Mannion AF, Leunig M, Munzinger U (2009) The 12-item Oxford Knee Score: cross-cultural adaptation into German and assessment of its psychometric properties in patients with osteoarthritic of the knee. *Osteoarthritis and Cartilage* 17:49–52
93. Nakayama H, Schröter S, Yamamoto C, Iseki T, Kanto R, Kurosaka K, Kambara S, Yoshiya S, Higa M (2018) Large correction in opening wedge high tibial osteotomy with resultant joint-line obliquity induces excessive shear stress on the articular cartilage. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 26(6):1873–1878. doi:10.1007/s00167-017-4680-x
94. Naudie D, Bourne RB, Rorabeck CH, Bourne TJ (1999) The Install Award. Survivorship of the high tibial valgus osteotomy. A 10- to -22-year followup study. *Clin Orthop Relat Res* (367):18–27
95. Neogi T (2013) The epidemiology and impact of pain in osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage* 21(9):1145–1153. doi:10.1016/j.joca.2013.03.018
96. Netter FH, Böttcher T (Hrsg) (2001) *Netters Orthopädie*. Thieme, Stuttgart
97. Niemeyer P, Schmal H, Hauschild O, Heyden J von, Südkamp NP, Köstler W (2010) Open-wedge osteotomy using an internal plate fixator in patients with medial-compartment gonarthrosis and varus malalignment: 3-year results with regard to preoperative arthroscopic and radiographic findings. *Arthroscopy* 26(12):1607–1616. doi:10.1016/j.arthro.2010.05.006

98. Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P (2009) Orthopädie und Unfallchirurgie. 78 Tabellen ; [inklusive Video-CD-ROM, 6. Aufl. Duale Reihe. Thieme, Stuttgart
99. Nowossadeck E, Lippe E von der, Lampert T (2019) Entwicklung der Lebenserwartung in Deutschland – aktuelle Trends. *Journal of Health Monitoring* 4(1):41–48. doi:10.25646/5869
100. Paley D PJ (2000) Prinzipien der kniegelenknahen Deformitätenkorrektur. *Orthopäde* 29(18-38)
101. Pape D (2006) Präoperative radiologische Planung von kniegelenknahen Tibiaosteotomien. In: P.A. Lobenhoffer J, Galla M (Hrsg) *Kniegelenksnahe Osteotomien*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, S 29–37
102. Pollard H, Ward G, Hoskins W, Hardy K (2008) The effect of a manual therapy knee protocol on osteoarthritic knee pain: a randomised controlled trial. *J Can Chiropr Assoc* 52(4):229–242
103. Ranawat CS, Insall J, Shine J (1976) Duo -Condylar Knee Arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 120:76–82
104. Rinonapoli E, Mancini GB, Corvaglia A, Musiello S (1998) Tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A 10- to 21-year followup study. *Clin Orthop Relat Res* (353):185–193
105. Roos H, Laurén M, Adalberth T, Roos EM, Jonsson K, Lohmander LS (1998) Knee osteoarthritis after meniscectomy: Prevalence of radiographic changes after twenty-one years, compared with matched controls. *Arthritis Rheum* 41(4):687–693
106. Rudan J, Harrison M, Simurda MA (1999) Optimizing femorotibial alignment in high tibial osteotomy. *Can J Surg* 42:366–370
107. Saccomanni B (2010) Unicompartmental knee arthroplasty: a review of literature. *Clin Rheumatol* 29(4):339–346. doi:10.1007/s10067-009-1354-1
108. Saito T, Kumagai K, Akamatsu Y, Kobayashi H, Kusayama Y (2014) Five- to ten-year outcome following medial opening-wedge high tibial osteotomy with rigid plate fixation in combination with an artificial bone substitute. *Bone Joint J* 96-B(3):339–344. doi:10.1302/0301-620X.96B3.32525

109. Saragaglia D, Blaysat M, Inman D, Mercier N (2011) Outcome of opening wedge high tibial osteotomy augmented with a Biosorb® wedge and fixed with a plate and screws in 124 patients with a mean of ten years follow-up. *Int Orthop* 35(8):1151–1156. doi:10.1007/s00264-010-1102-9
110. Schallberger A, Jacobi M, Wahl P, Maestretti G, Jakob RP (2011) High tibial valgus osteotomy in unicompartmental medial osteoarthritis of the knee: a retrospective follow-up study over 13-21 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19(1):122–127. doi:10.1007/s00167-010-1256-4
111. Schiphof D, Boers M, Bierma-Zeinstra SMA (2008) Differences in descriptions of Kellgren and Lawrence grades of knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 67(7):1034–1036. doi:10.1136/ard.2007.079020
112. Schröter S, Elson DW, Ateschrang A, Ihle C, Stöckle U, Dickschas J, Harrer J (2017) Lower Limb Deformity Analysis and the Planning of an Osteotomy. *J Knee Surg* 30(5):393–408. doi:10.1055/s-0037-1603503
113. Schröter S, Nakayama H, Yoshiya S, Stöckle U, Ateschrang A, Gruhn J (2019) Development of the double level osteotomy in severe varus osteoarthritis showed good outcome by preventing oblique joint line. *Arch Orthop Trauma Surg* 139(4):519–527. doi:10.1007/s00402-018-3068-9
114. Schröter S, Mueller J, van Heerwaarden R, Lobenhoffer P, Stöckle U, Albrecht D (2013) Return to work and clinical outcome after open wedge HTO. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1):213–219. doi:10.1007/s00167-012-2129-9
115. Schuster P, Schlumberger M, Mayer P, Eichinger M, Geßlein M, Schulz-Jahrsdörfer M, Richter J (2019) Excellent long-term results in combined high tibial osteotomy, anterior cruciate ligament reconstruction and chondral resurfacing in patients with severe osteoarthritis and varus alignment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. doi:10.1007/s00167-019-05671-4
116. Scott CEH, Oliver WM, MacDonald D, Wade FA, Moran M, Breusch SJ (2016) Predicting dissatisfaction following total knee arthroplasty in patients under 55 years of age. *Bone Joint J* 98-B(12):1625–1634. doi:10.1302/0301-620X.98B12.BJJ-2016-0375.R1

117. Sharma L, Song J, Dunlop D, Felson D, Lewis CE, Segal N, Torner J, Cooke TD, Hietpas J, Lynch J, Nevitt M (2010) Varus and valgus alignment and incident and progressive knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 69(11):1940–1945
118. Shim JS, Lee SH, Jung HJ, Lee HI (2013) High tibial open wedge osteotomy below the tibial tubercle: clinical and radiographic results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1):57–63. doi:10.1007/s00167-011-1453-9
119. Simon D, Mascarenhas R, Saltzman BM, Rollins M, Bach BR, MacDonald P (2015) The Relationship between Anterior Cruciate Ligament Injury and Osteoarthritis of the Knee. *Adv Orthop* 2015:928301. doi:10.1155/2015/928301
120. Söder S, Aigner T (2011) Arthrose. Ätiologie, Typisierung, Stadieneinteilung und histologische Graduierung. *Pathologe* 32(3):183–192. doi:10.1007/s00292-011-1419-1
121. Staubli AE, Simoni C de, Babst R, Lobenhoffer P (2003) TomoFix: a new LCP-concept for open wedge osteotomy of the medial proximal tibia--early results in 92 cases. *Injury* 34 Suppl 2:B55-62. doi:10.1016/j.injury.2003.09.025
122. Strecker W KP (2002) Analyse und Korrektur von Beindeformitäten. *Unfallchirurg* 105(9):811–829. doi:10.1007/s00113-002-0491-7
123. Stukenborg-Colsman C, Wirth CJ, Lazovic D, Wefer A (2001) High tibial osteotomy versus unicompartmental joint replacement in unicompartmental knee joint osteoarthritis. *Knee* 8(3):187–194. doi:10.1016/S0968-0160(01)00097-7
124. Sun Y, Stürmer T, Günther KP, Brenner H (1997) Inzidenz und Prävalenz der Cox- und Gonarthrose in der Allgemeinbevölkerung. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 135(3):184–192. doi:10.1055/s-2008-1039578
125. Swienckowski JJ, Pennington DW (2004) Unicompartmental knee arthroplasty in patients sixty years of age or younger. *J Bone Joint Surg Am* 86-A Suppl 1(Pt 2):131–142. doi:10.2106/00004623-200409001-00004

126. Takeuchi R, Aratake M, Bito H, Saito I, Kumagai K, Hayashi R, Sasaki Y, Akamatsu Y, Ishikawa H, Amakado E, Aot Y, Saito T (2009) Clinical results and radiographical evaluation of opening wedge high tibial osteotomy for spontaneous osteonecrosis of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17(4):361–368. doi:10.1007/s00167-008-0698-4
127. Takeuchi R, Ishikawa H, Aratake M, Bito H, Saito I, Kumagai K, Akamatsu Y, Saito T (2009) Medial opening wedge high tibial osteotomy with early full weight bearing. *Arthroscopy* 25(1):46–53. doi:10.1016/j.arthro.2008.08.015
128. Tanamas S, Hanna FS, Cicuttini FM, Wluka AE, Berry P, Urquhart DM (2009) Does knee malalignment increase the risk of development and progression of knee osteoarthritis? A systematic review. *Arthritis & Rheumatism* 61(4):459–467. doi:10.1002/art.24336
129. Tegner Y, Lysholm J (1985) Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* (198):43–49
130. Terauchi M, Shirakura K, Katayama M, Higuchi H, Takagishi K, Kimura M (2002) Varus inclination of the distal femur and high tibial osteotomy. *J Bone Joint Surg Br* 84(2):223–226. doi:10.1302/0301-620x.84b2.12136
131. Tetsworth K PD (1994) Malalignment and degenerative arthropathy. *Orthopedic Clinics of North America* 25(3):367–377
132. Tilbury C, Haanstra TM, Leichtenberg CS, Verdegaal SHM, Ostelo RW, Vet HCW de, Nelissen RGHH, Vliet Vlieland TPM (2016) Unfulfilled Expectations After Total Hip and Knee Arthroplasty Surgery: There Is a Need for Better Preoperative Patient Information and Education. *J Arthroplasty* 31(10):2139–2145. doi:10.1016/j.arth.2016.02.061
133. van Raaij T, Reijman M, Brouwer RW, Jakma TS, Verhaar JN (2008) Survival of closing-wedge high tibial osteotomy: good outcome in men with low-grade osteoarthritis after 10-16 years. *Acta Orthop* 79(2):230–234. doi:10.1080/17453670710015021
134. van Saase JL, van Romunde LK, Cats A, Vandenbroucke JP, Valkenburg HA (1989) Epidemiology of osteoarthritis: Zoetermeer survey. Comparison of radiological osteoarthritis in a Dutch population with that in

- 10 other populations. *Ann Rheum Dis* 48(4):271–280.  
doi:10.1136/ard.48.4.271
135. van Wulfften Palthe AFY, Clement ND, Temmerman OPP, Burger BJ (2018) Survival and functional outcome of high tibial osteotomy for medial knee osteoarthritis: a 10-20-year cohort study. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 28(7):1381–1389. doi:10.1007/s00590-018-2199-6
136. Vince KG, Insall JN, Kelly MA (1989) The total condylar prosthesis. 10- to 12-year results of a cemented knee replacement. *J Bone Joint Surg Br* 71(5):793–797
137. Watson MC, Brookes ST, Kirwan JR, Faulkner A (2000) Non-aspirin, non-steroidal anti-inflammatory drugs for osteoarthritis of the knee. *Cochrane Database Syst Rev* (2):CD000142.  
doi:10.1002/14651858.CD000142
138. Weale AE, Newman JH (1994) Unicompartmental arthroplasty and high tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. A comparative study with a 12- to 17-year follow-up period. *Clin Orthop Relat Res* (302):134–137
139. Wright RW (2014) Osteoarthritis Classification Scales: Interobserver Reliability and Arthroscopic Correlation. *J Bone Joint Surg Am* 96(14):1145–1151. doi:10.2106/JBJS.M.00929
140. Wülker N (Hrsg) (2015) Taschenlehrbuch Orthopädie und Unfallchirurgie, 3. Aufl. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York
141. Zhang H-n, Zhang J, Lv C-y, Leng P, Wang Y-z, Wang X-d, Wang C-y (2009) Modified biplanar open-wedge high tibial osteotomy with rigid locking plate to treat varus knee. *J Zhejiang Univ Sci B* 10(9):689–695.  
doi:10.1631/jzus.B0920095
142. Zhang Y, Jordan JM (2010) Epidemiology of osteoarthritis. *Clin Geriatr Med* 26(3):355–369. doi:10.1016/j.cger.2010.03.001
143. Zwiener I, Blettner M, Hommel G (2011) Survival Analysis—part 15 of a series on evaluation of scientific publications. *Dtsch Arztebl Int* 108(10):163–169. doi:10.3238/arztebl.2011.0163

# 7 Anhang

## 7.1 Fragebögen

### 7.1.1 Patientenfragebogen

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

wir bitten Sie um Beantwortung der Fragen auf den nächsten Seiten zu Ihrem allgemeinen Gesundheitszustand. Anschließend werden Ihnen noch weitere Fragen durch den Untersucher gestellt und gemeinsam beantwortet.

Personenbezogene Daten		
Weiblich <input type="checkbox"/>	Männlich <input type="checkbox"/>	
Geburtsdatum		
Körpergröße in cm		
Körpergewicht in kg		
Beruf vor OP		
Risikofaktoren		
Nehmen Sie Medikamente ein? Wenn ja, welche?	Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Rauchen Sie? Wenn ja, wie viel?	Ja <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> < 1 Päckchen <input type="checkbox"/> > 1 Päckchen	Nein <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Früher starker Raucher (> 1 Päckchen pro Tag)
Diabetes mellitus	Ja <input type="checkbox"/> Seit wann?	Nein <input type="checkbox"/>
Vorerkrankungen		
Niere		
Magen, Darm		
Schilddrüse		
Leber/ Bauchspeicheldrüse		
Entzündliche Gelenkerkrankung		
Tumoren		
Herz- und Kreislauf (Herzinfarkt)		
Osteoporose		
Operationen am betroffenen Bein		

## 7.1.2 Lysholm-Gillquist-Score

		original	modifiziert
<b>Hinken</b>	kein Hinken	5	2
	gelegentlich oder leicht	3	1
	schwer und ständig	0	0
<b>Gehhilfen</b>	keine	5	2
	Stock oder Stütze	2	1
	keine Belastung möglich	0	0
<b>OS- Atrophie</b>	keine	5	
	1-2 cm	3	
	mehr als 2 cm	0	
<b>Instabilität</b>	keine	30	5
	selten (beim Sport oder bei schwerer	25	4
	häufig beim Sport o. bei schwerer	20	3
	gelegentlich bei alltäglicher Belastung	10	2
	häufig bei alltäglicher Belastung	5	1
	bei jedem Schritt	0	0
<b>Schmerzen</b>	keine	30	5
	gelegentlich und leicht bei schwerer	25	4
	stark bei Subluxation	20	
	stark bei schwerer Anstrengung	15	3
	stark nach 2 km Gehen	10	2
	stark nach weniger als 2 km gehen	5	1
	ständig	0	0
<b>Schwelluna</b>	keine	10	
	bei Subluxation	7	
	bei schwerer Anstrengung	5	
	bei normaler Anstrengung	2	
	ständig	0	
<b>Treppensteigen</b>	problemlos	10	3
	leicht behindert	6	2
	nur einzelne Stufen	2	1
	unmöglich	0	0
<b>Hocken</b>	problemlos	5	3
	leicht behindert	4	2
	nicht über 90 Grad	2	1
	unmöglich	0	0
<b>Blockierung</b>	Keine Blockierung erinnerlich		4
	Einklemmung aber keine Blockierung		3
	Gelegentlich Blockierungen		2
	Häufige Blockierungen		1
	Ich habe gerade ein blockiertes Knie		0
<b>Summe</b>			
<b>Bewertung der Gesamtpunktzahl</b>	< 65 Punkte		
	65 – 83 Punkte:		
	84 – 90 Punkte:		
	91 – 100 Punkte:		

### 7.1.3 Score nach Lequesne et al.

<b>Pain or discomfort</b>	<b>A. During nocturnal bedrest:</b>	
	-Only on movement or in certain positions	1
	-Without movement	2
	<b>B. Duration of morning stiffness or pain after getting up:</b>	
	- Less than 15 min	1
	- 15 min. or more	2
	<b>C. Remaining standing for 30 min increases pain</b>	1
	<b>D. Remaining on walking:</b>	
	- Only after walking some distance	1
	- Early after starting	2
<b>E. When getting up from sitting position without the help of arms</b>	1	
<b>Maximum distance walked</b>	More than 1 km, but limited	1
	About 1 km (about 15 min)	2
	From 500 to 900 m (about 8-15 min.)	3
	From 300 to 500 m	4
	From 100 to 300 m	5
	Less than 100 m	6
	With one walking stick or crutch	+ 1
	With two walking sticks or crutch	+ 2
<b>Activities of daily living</b>	Can you go up a standard flight of stairs?	0 – 2
	Can you go down a standard flight of stairs	0 – 2
	Can you squat	0 – 2
	Can you walk on uneven ground	0 – 2
<b>Point score</b>	Easily	0
	With difficulty	1 (0,5;1,5)
	Impossible	2
<b>Result</b>	> 14 points	Extremely severe
	11 – 13 points	Very severe
	8 – 10 points	Severe
	5 – 7 points	Moderate
	1 – 4 points	mild

#### 7.1.4 Score nach Ranawat und Shine (HSS)

Assessment criterion		Aktuell
<b>Pain (30 points)</b>	No pain at any time	30
	No pain on walking	15
	Mild pain on walking	10
	Moderate pain on walking	5
	Severe pain on walking	0
	No pain at rest	15
	Mild pain at rest	10
	Severe pain at rest	0
<b>Function (22 points)</b>	Walking and standing unlimited	12
	Walking distance of 5-10 blocks and standing ability intermitted (< ½ hour)	10
	Walking 1-5 blocks and standing ability up to ½ hour	8
	Walking less than 1 block	4
	Cannot walk	0
	Climbing stairs	5
	Climbing stairs with support	2
	Transfer activity	5
	Transfer activity with support	2
	<b>Range of motion (18 points)</b>	1 point for each 8° of arc of motion to a maximum of 18 points
<b>Muscel strength (10 points)</b>	Good: can't break the quadriceps power	10
	Good: Can break the quadriceps power	8
	Fair: move through the arc of motion	4
	Poor: can't move through the arc of motion	0
<b>Flexion deformity (10 points)</b>	No deformity	10
	Few degrees	8
	5-10°	5
	11° or more	0
<b>Instability (10 points)</b>	None	10
	Mild: 0-5°	8
	Moderate: 6-15°	5
	Severe: 16° or more	0
<b>Substruction</b>	One cane	1
	One crutch	2
	Tow crutches	3
	Extension lag of 5°	2
	Extension lag of 10°	3
	Extension lag of 15°	5
	Each 5° of varus	1
	Each 5° of valgus	1
<b>Result</b>	85 – 100	<b>Excellent</b>
	70 – 84	<b>Good</b>
	60 – 69	<b>Fair</b>
	< 60	<b>poor</b>

### 7.1.5 Oxford Knie Score

Bitte beantworten Sie die folgenden 12 Fragen, indem Sie für jede Antwort den zutreffenden Zahlenwert ankreuzen. Wählen Sie nur eine Antwort pro Frage.

ALLE FRAGEN BEZIEHEN SICH AUF DEN ZEITRAUM DER LETZTEN 4 WOCHEN!

<b>1. Wie würden Sie die Schmerzen beschreiben, die Sie üblicherweise in Ihrem Knie hatten?</b>				
Keine Schmerzen	Sehr geringe Schmerzen	Geringe Schmerzen	Mäßige Schmerzen	Starke Schmerzen
5	4	3	2	1
<b>2. Hatten Sie wegen Ihrem Knie Schwierigkeiten sich selbst zu waschen bzw. sich abzutrocknen?</b>				
Keine Schwierigkeiten	Sehr geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Extreme Schwierigkeiten	Unmöglich zu tun
5	4	3	2	1
<b>3. Hatten Sie wegen Ihrem Knie Schwierigkeiten beim Ein- bzw. Aussteigen aus einem Auto oder bei der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel?</b>				
Keine Schwierigkeiten	Sehr geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Extreme Schwierigkeiten	Unmöglich zu tun
5	4	3	2	1
<b>4. Wie lange konnten Sie (mit oder ohne Stock) gehen, bevor Sie starke Schmerzen in Ihrem Knie bekamen?</b>				
Über 30 Minuten	16 bis 30 Minuten	5 bis 15 Minuten	Nur zu Hause	Gar nicht
5	4	3	2	1
<b>5. Wie schmerzhaft war es für Sie nach einer Mahlzeit wieder vom Tisch aufzustehen?</b>				
Gar nicht schmerzhaft	Ein wenig schmerzhaft	Mäßig schmerzhaft	Sehr schmerzhaft	Unerträglich
5	4	3	2	1
<b>6. Mussten Sie wegen der Kniebeschwerden hinken?</b>				
Nie / selten	Manchmal / nur die ersten Meter	Oft / nicht nur bei den ersten Metern	Die meiste Zeit	Immer
5	4	3	2	1

7. Konnten Sie sich hinknien und danach wieder aufstehen?				
Ja, ohne Probleme	Mit geringen Schwierigkeiten	Mit mäßigen Schwierigkeiten	Mit extremen Schwierigkeiten	Nein, unmöglich
5	4	3	2	1
8. Wurden Sie durch die Schmerzen im Knie in Ihrer Nachtruhe gestört?				
Nein, nie	In ein oder zwei Nächten	Einige Male	In den meisten Nächten	Jede Nacht
5	4	3	2	1
9. Wie sehr haben Sie die Schmerzen im Knie bei Ihrer alltäglichen Arbeit beeinträchtigt?				
Gar nicht	Ein wenig	Mäßig	Erheblich	Vollständig
5	4	3	2	1
10. Hatten Sie das Gefühl, dass Ihr Knie plötzlich „nachgeben“ hat oder Sie nicht mehr tragen kann?				
Selten / Nie	Manchmal / nur in den ersten Metern	Oft / nicht nur in den ersten Metern	Die meiste Zeit	Immer
5	4	3	2	1
11. Konnten Sie die Haushaltseinkäufe selbst erledigen?				
Ja, ohne Probleme	Mit geringen Schwierigkeiten	Mit mäßigen Schwierigkeiten	Mit extremen Schwierigkeiten	Nein, unmöglich
5	4	3	2	1
12. Konnten Sie einen Treppenabsatz hinunter gehen?				
Ja, ohne Probleme	Mit geringen Schwierigkeiten	Mit mäßigen Schwierigkeiten	Mit extremen Schwierigkeiten	Nein, unmöglich
5	4	3	2	1

Gesamtpunktzahl = (Summe (1 bis 12) - 12):

## 7.1.6 2000 IKDC Subjektiver Knie - Untersuchungsbogen

<p><b>1. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche Schmerzen im Knie ausüben können?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)</p> <p><input type="checkbox"/> Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis</p> <p><input type="checkbox"/> Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen</p> <p><input type="checkbox"/> Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit</p> <p><input type="checkbox"/> Ich kann aufgrund meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.</p>										
<p><b>2. Wie oft hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung Schmerzen?</b></p> <p>Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (Nie) und geht mit zunehmender Häufigkeit der Schmerzen bis zu 10 (ständig Schmerzen).</p> <p>Nie      0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10    ständig Schmerzen</p> <p>          <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>										
<p><b>3. Wie stark sind Ihre Schmerzen?</b></p> <p>Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (keine Schmerzen) und geht mit zunehmender Stärke der Schmerzen bis zu 10 (unerträgliche Schmerzen).</p> <p>Keine Schmerzen      0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10    unerträgliche Schmerzen</p> <p>                              <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>										
<p><b>4. Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie während der vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung?</b></p> <p><input type="checkbox"/> überhaupt nicht</p> <p><input type="checkbox"/> etwas</p> <p><input type="checkbox"/> ziemlich</p> <p><input type="checkbox"/> sehr</p> <p><input type="checkbox"/> extrem</p>										
<p><b>5. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliches Anschwellen des Knies ausüben können?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)</p> <p><input type="checkbox"/> Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis</p> <p><input type="checkbox"/> Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen</p> <p><input type="checkbox"/> Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit</p> <p><input type="checkbox"/> Ich kann aufgrund eines geschwollenen Knies keine der oben genannten Aktivitäten ausführen</p>										
<p><b>6. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung ein blockiertes Knie oder ist Ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>										
<p><b>7. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche durch Knieschwäche verursachte Gangunsicherheit einhalten können?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)</p> <p><input type="checkbox"/> Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis</p> <p><input type="checkbox"/> Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen</p> <p><input type="checkbox"/> Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit</p> <p><input type="checkbox"/> Ich kann aufgrund der Knieschwäche keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.</p>										

**8. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, an der Sie regelmäßig teilnehmen können?**

- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
- Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
- Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
- Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
- Ich kann aufgrund meines Knies keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

**9. Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie?**

	Überhaupt nicht schwierig	Minimal schwierig	Ziemlich schwierig	Extrem schwierig	unmöglich
a. Treppensteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Treppe hinuntergehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Hinknien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Hockstellung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Normal sitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Vom Stuhl aufstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Geradeaus laufen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. Beim Gehen (bzw. Laufen, wenn Sie Sportler/in sind) schnell anhalten und starten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**10. Wie würden Sie die Funktionsfähigkeit Ihres Knies auf einer Skala von 0 bis 10 beurteilen, wobei 10 eine normale und ausgezeichnete Funktionsfähigkeit bezeichnet und 0 die Unfähigkeit, irgendeine Ihrer normalen täglichen Aktivitäten, darunter möglicherweise auch Sport, auszuführen?**

**FUNKTIONSFÄHIGKEIT VOR DER KnieVERLETZUNG**

Kann keine tägliche Aktivität ausführen      0   1   2   3   4   5   6   7   8   9   10      Keine Einschränkung der täglichen Aktivität

**DERZEITIGE FUNKTIONSFÄHIGKEIT IHRES KNIES**

Kann keine tägliche Aktivität ausführen      0   1   2   3   4   5   6   7   8   9   10      Keine Einschränkung der täglichen Aktivität

## 8 Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der BG Unfallklinik in Tübingen unter Betreuung von Prof. Dr. Steffen Schröter durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte durch / in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Steffen Schröter.

Die Daten, die im Rahmen der Vorläuferstudie „Planungssicherheit bei hoher, valgusierender, öffnender, und additiver Umstellungsosteotomie mit der TomoFix™ - Platte - Klinische und radiologische Nachuntersuchung“ durch Dr. med. Johannes Günzel erhoben wurden, wurden als solche gekennzeichnet. Die eigenständig erhobenen Daten wurden ebenso als solche gekennzeichnet. Die Auswertung aller Daten wurde durch den Autor dieser Arbeit durchgeführt, mit Hilfe von Prof. Dr. Boyko Gueorguiev-Rüegg bei der statistischen Auswertung.

Ich versichere, das Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Für die eingepflegten Abbildungen wurde eine Lizenz eingeholt. Bei den dargestellten Röntgenbildern handelt es sich um Röntgenbilder aus der BG Unfallklinik in Tübingen, welche durch mich anonymisiert wurden.

Stuttgart, den 20.11.2020

---

Julian Nico Klink

## 9 Lebenslauf

### Persönliche Angaben

---

Vor- und Nachname	Julian Nico Klink
Geburtsdatum	25.12.1992
Geburtsort	Calw
Staatsangehörigkeit	deutsch

### Bildungsweg

---

04/2013 bis 05/2019	<b>Medizinstudium an der Eberhard Karls Universität Tübingen</b> 20./21.05.2019 - 3. Abschnitt der ärztlichen Prüfung 04/2018 - 2. Abschnitt der ärztlichen Prüfung 03/2015 - 1. Abschnitt der ärztlichen Prüfung
09/2003 bis 06/2012	<b>Hermann Hesse-Gymnasium Calw</b> Allgemeine Hochschulreife
1999 bis 06/2003	<b>Grundschule Altburg</b>

### Promotion

---

Titel	Langzeitergebnisse nach valgiserender open wedge HTO
Institut	BG Klinik Tübingen
Doktorvater	Prof. Dr. med. Steffen Schröter
Beginn	10/2017
Abgabe	2020

## Klinische und praktische Tätigkeiten

---

Seit 11/2019	<b>Assistenzarztstelle im Zentrum für Innere Medizin</b> im Katharinenhospital – Klinikum Stuttgart
05/2018 bis 06/2019	<b>Praktisches Jahr</b> 1. Tertial: Allgemeinmedizin – Dr. med. Martin Dinkel in Reutlingen 2. Tertial: Chirurgie im Katharinenhospital - Klinikum Stuttgart 3. Tertial: Innere Medizin im Katharinenhospital – Klinikum Stuttgart
05/2016 bis 12/2017	Studentische Hilfskraft in der BG Klinik Tübingen
08/2017 bis 09/2017	<b>Famulaturen</b> Innere Medizin im Klinikverbund Südwest, Nagold
03/2017 bis 04/2017	Interdisziplinäre Notfallambulanz Kliniken Calw
08/2016 bis 09/2016	Unfallchirurgie im KCMC in Moshi, Tanzania
03/2016 bis 04/2016	Orthopädische Gemeinschaftspraxis Dr. med. Buchgraber/Dr. med. Hiller in Calmbach
08/2015 bis 09/2015	Allgemeinärztliche Gemeinschaftspraxis Dr. med. Pfeilsticker/Ginader in Calw

Stuttgart, den 20.11.2020

## **10 Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mich bei der Durchführung und dem Verfassen dieser Arbeit unterstützt haben.

Zunächst gilt ein großer Dank Herr Prof. Dr. Steffen Schröter, der mir als Betreuer stets zur Seite stand. Für das Ermöglichen dieser Arbeit und die gute Zusammenarbeit bin ich besonders dankbar.

Weiter möchte ich mich bei Herr Prof. Dr. Boyko Gueorguiev-Rüegg vom AO Research Institute in Davos für die großartige Hilfe bei der Durchführung der statistischen Auswertung bedanken.

Außerdem bedanke ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der BG Unfallklinik in Tübingen für die gute Kooperation.

Zuletzt gilt mein Dank meiner Familie für die besondere Unterstützung während des Studiums und der Promotionsarbeit.