

Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik  
an der Universität Tübingen  
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. K. Weise

**Mittelfristige klinisch-radiologische Ergebnisse nach  
KTP bei posttraumatischer Gonarthrose**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Medizinischen Fakultät  
der Eberhard-Karls-Universität  
zu Tübingen

vorgelegt von  
Christian Schandl  
aus Tübingen  
2009

Dekan: Professor Dr. I.B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. K. Weise

2. Berichterstatter: Professor Dr. N.Wülker

## Inhalt

1. Einleitung und Fragestellung .....	6
1.1. Das Kniegelenk.....	6
1.2. Die Arthrose des Kniegelenkes (Gonarthrose) .....	8
1.3. Die Therapie der Kniegelenksarthrose.....	11
1.3.1. konservative Therapieoptionen .....	11
1.3.2. operative Therapieoptionen.....	12
1.4. Endoprothetische Versorgung .....	14
1.4.1. Historischer Überblick .....	14
1.4.2. Systematik.....	18
1.4.3. Retropatellarersatz .....	19
1.4.4. Einflussfaktoren, Indikationen und Kontraindikationen .....	20
1.5. Prothesentypen.....	22
1.6. Operationstechnik.....	26
1.7. Fragestellung .....	33
2. Material und Methoden.....	34
2.1. Patientengut.....	34
2.2. Planung und Durchführung der klinischen Untersuchung .....	34
2.3. Patientenfragebogen.....	34
2.3.1. FFb-H-OA (2.0) .....	35
2.3.2. Oxford-Knee-Score .....	36
2.3.3. Score der American Knee Society.....	36
2.3.4. Subjektive Bewertung durch Schulnoten .....	37
2.3.5. Weitere erfasste Parameter .....	38
2.4. Durchführung der radiologischen Nachuntersuchung.....	39
3. Ergebnisse .....	42
3.1. Patientengut.....	42
3.1.1. Beobachtungszeitraum.....	44
3.1.2. Altersverteilung bei Trauma .....	45
3.1.3. Wie lange bis zum Eingriff? .....	46
3.1.4. Altersverteilung bei OP.....	48
3.1.5. Altersverteilung bei Nachuntersuchung.....	49

3.1.6. Verletzungsmuster .....	50
3.1.7. Primärversorgung.....	51
3.1.8. relevante Begleitverletzungen .....	52
3.1.9. Begleiterkrankungen und BMI .....	53
3.1.10. Voroperationen.....	57
3.2. Operation und postoperative Behandlung.....	58
3.2.1. Implantierte Prothesentypen .....	58
3.2.2. Intra- und postoperative Komplikationen, <u>        </u> Komplikationen im Wundheilungsverlauf .....	60
3.2.3. Folgeoperationen, <u>        </u> Verschleißteilwechsel und Rate an Prothesenwechseln .....	61
3.2.4. Prothesenstandzeit.....	63
3.3. Klinische Scores .....	66
3.3.1. FFb-H-OA (2.0) .....	66
3.3.2. Oxford Knee Score .....	67
3.3.3. Score der American Knee Society.....	69
3.3.4. Korrelation des Scores der American Knee Society <u>        </u> mit verschiedenen Faktoren .....	74
3.4. Subjektive Bewertung durch Noten.....	76
3.5. Radiologische Ergebnisse .....	78
3.5.1. Lockerungszeichen .....	78
3.5.2. Beinstatik.....	79
3.5.3. Osteophyten und heterotrope Ossifikationen .....	81
3.6. weitere Ergebnisse .....	81
3.6.1. Beinlängendifferenz.....	81
3.6.2. Schmerzen und Schmerzmittelgebrauch.....	81
3.6.3. Bewegungsumfang und Gangbild .....	85
3.6.4. Einfluss des Verletzungsmusters auf die Ergebnisse.....	87
3.7. Patientenausfälle .....	91
3.8. Ein Fallbeispiel.....	92
4. Diskussion .....	97
4.1. Kritische Beurteilung der erhobenen Ergebnisse.....	99

4.2. Radiologische Ergebnisse, Beinlänge und Beinstatik .....	104
4.3. Geforderte Erfolgskriterien: Schmerzfreiheit, Stabilität und Funktion...	106
4.4. Einflussfaktoren .....	107
4.5. Survival Analyse .....	108
4.6. Subjektive Bewertung durch die Patienten .....	108
4.6. Die Ergebnisse im Spiegel der allgemeinen Literatur .....	109
5. Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	114
6. Abkürzungsverzeichnis .....	117
7. Literaturverzeichnis .....	119
8. Anhang .....	132
8.1. Fragebogen .....	132
8.2. Funktionsfragebogen Hannover FFb-H-OA (2.0).....	137
8.3. Oxford-Knee-Score .....	138
8.4. Danksagung.....	140
8.5. Lebenslauf .....	141

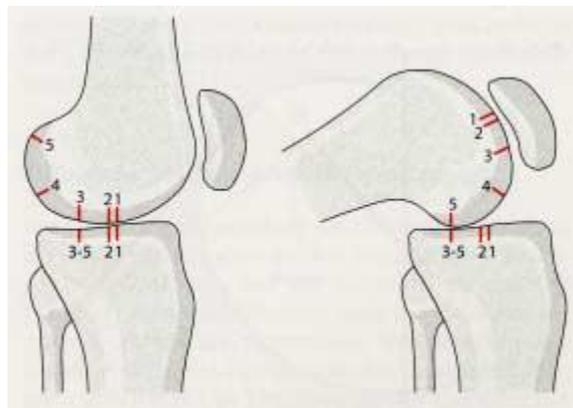
## 1. Einleitung und Fragestellung

### 1.1. Das Kniegelenk

Topographisch betrachtet ist das Kniegelenk das größte Gelenk des menschlichen Körpers, es stellt bekanntermaßen kein einfaches Scharniergelenk dar, vielmehr handelt es sich um einen aus drei Kompartimenten (mediales und laterales Femorotibialgelenk sowie Femoropatellargelenk) aufgebauten Trochoginglymus mit komplexen Bewegungsabläufen.

Diese sind wie folgt zu charakterisieren: Mit zunehmender Streckung geht die Drehbewegung des Femur auf dem Tibiaplateau immer mehr in eine Rollbewegung über [1]. In vollständiger Streckstellung erreicht das Kniegelenk dann seine maximale Stabilität.

Umgekehrt gehen die Femurkondylen bei stärkerer Beugung in ein Gleiten ohne Rollbewegung über. Zusätzlich ist in Beugstellung eine gewisse Rotation möglich. Bei 90° Beugung erreicht diese etwa 10° Innenrotation und 25° Außenrotation, auch eine gewisse Aufklappbarkeit ist in Beugstellung möglich.



**Abbildung 1:** Schematische Darstellung des anatomischen Roll-Gleit-Mechanismus des Kniegelenkes (Müller 1938)

Um eine knöcherne Blockade der genannten Bewegungen zu verhindern, sind die Gelenkflächen nicht kongruent geformt. Diese Inkongruenz der Gelenkflächen wird durch Innen- und Außenmeniskus ausgeglichen, welche eine Art Puffermechanismus darstellen und für eine gleichmäßigere

Lastverteilung sorgen. Dabei müssen die Menisci einerseits über eine ausreichende Nachgiebigkeit verfügen, um den Roll-Gleit-Mechanismus zu erlauben, andererseits fest genug verankert sein, um eine Dislokation zu verhindern. Ohne Menisci kommt es zum raschen Verlust des Knorpelüberzuges der artikulierenden Gelenkflächen, darüber hinaus entstehen Gelenkinstabilitäten [2].

Die geschilderte Gelenkmechanik vereint bestmögliche Stabilität mit maximaler Beweglichkeit und wird vor allem durch einen komplexen Bandapparat geführt, welchem aufgrund der geringen knöchernen Führung eine große Bedeutung zukommt.

Im Bewegungsablauf ergänzen sich die Bänder gegenseitig. Hierbei übernehmen die Kreuzbänder vor allem die Stabilisierung in der Sagittalebene, während den Seitenbändern die seitliche Stabilisierung zufällt. Die hohe Stabilität in Streckstellung wird durch ein Anspannen von Gelenkkapsel, Seiten- und Kreuzbändern erreicht. Hinzu kommt die umgebende Muskulatur, die das Gelenk stabilisiert. Zu nennen sind hier vor allem der Musculus quadrizeps femoris, die ischiokrurale Muskulatur und der Tractus iliotibialis.

Die Sehne des Musculus quadrizeps femoris inseriert an der Patella, welche als Sesambein die Zugrichtung des Muskels bei gebeugtem Knie umlenkt und dadurch einem hohen Anpressdruck ausgesetzt ist, welcher mit zunehmender Muskelverkürzung, mit zunehmendem Gewicht und steigender Flexion des Gelenks ansteigt. Andererseits wird der Anpressdruck durch das zurückrollen des Femur bei Flexion abgeschwächt, jedoch reicht diese Kompensation natürlich bei weitem nicht aus. Dies erklärt das Auftreten von retropatellaren Schmerzen beim Bergabgehen im vorgeschädigten Gelenk.

Mit ihrer von Knorpel überzogenen Rückfläche läuft die Patella in einer Rinne zwischen den Femurkondylen, jedoch meist nicht ganz zentral.

Dies ist durch die Abweichung der anatomischen von den mechanischen Achsverhältnissen begründet. Während die anatomischen Beinachsen middiaphysär von Femur und Tibia verlaufen, verbinden die mechanischen

Achsen die Mittelpunkte der angrenzenden Gelenke (Hüftgelenk und Sprunggelenk).

Am Femur entsteht somit ein Winkel zwischen anatomischer und mechanischer Achse von etwa  $7^\circ$ , die Patella wird leicht nach außen gezogen.

Dies erklärt auch, warum retropatellare Arthrosen häufig am lateralen Patellapol beginnen.

An der Tibia sind anatomische und mechanische Längsachse annähernd deckungsgleich [3].

Die Bewegungsumfänge werden heute allgemein nach Neutral-Null angegeben, laut allgemeiner Literatur ergeben sich folgende Bewegungsausmaße [4]:

Extension/Flexion:  $5^\circ / 0^\circ / 120\text{-}150^\circ$

Innenrotation/Außenrotation:  $10^\circ / 0^\circ / 25^\circ$  (bei  $90^\circ$  flektiertem Kniegelenk)

## **1.2. Die Arthrose des Kniegelenkes (Gonarthrose)**

Die Gonarthrose ist eine degenerative, nicht entzündliche Erkrankung des Kniegelenkes, die auf ein Kompartiment begrenzt sein kann, jedoch in fortgeschrittenen Stadien meist alle drei Kompartimente erfasst (Pangonarthrose).

Die Prävalenz ist abhängig vom Lebensalter und beträgt bei den über 65-jährigen über 90% [5], dies bedeutet etwa fünf Millionen Betroffene in Deutschland [6].

Bei steigender Inzidenz sind inzwischen mehr Menschen von einer Arthrose des Kniegelenkes betroffen, als von einer Arthrose des Hüftgelenkes.

Da die Altersentwicklung der Bevölkerung auch eine Zunahme an Gelenkerkrankungen durch Abnutzung mit sich bringt, gewinnt die Erkrankung weiter an Bedeutung. Die häufigste Form der Gonarthrose ist die Varusgonarthrose der älteren adipösen Frau [7].

Age (years)	Men		Women	
	n	%	n	%
35-44	518	1,75	674	1,44
45-54	738	2,27	855	3,56
55-64	618	4,04	649	7,24
65-74	583	8,38	613	17,97

**Tabelle 1:** Prevalence rates and relative risk ratios for osteoarthritis of the knee, by age and sex, United States Data are from the First National Health and Nutrition Examination Survey, 1971-1975, Detailed Examination.

Component; 102 persons with missing x-ray data were excluded. Percentages are weighted population estimates and therefore are not directly calculated from the sample size numbers in the table. t Prevalence rate for women/prevalence rate for men.

Zu unterscheiden ist die primäre Arthrose mit unbekannter Ätiologie von der sekundären Arthrose, deren Ursache in entzündlichen, mechanischen, metabolischen, neurologischen oder traumatischen Geschehnissen zu suchen ist.

Sehr gut etablierte Risikofaktoren für die Entwicklung einer Gonarthrose sind höheres Lebensalter, Fettleibigkeit, der postmenopausale Abfall der Sexualhormone bei Frauen, bestimmte Erkrankungen, erworbene oder (in bestimmten Untergruppen) angeborene Anomalien.

Als Beispiele zu nennen sind die rheumatoide Arthritis, das Genu varum oder valgum, sowie die Gicht [8-11]. Als Ursachen der posttraumatischen Arthrosen sind Gelenkinkongruenzen wie sie z.B. nach Tibiakopffraktur oder distaler Femurfraktur, aber nach auch extraartikulären Frakturen entstehen können zu nennen [12].

Frakturen des distalen Femur entstehen hauptsächlich bei älteren Menschen mit alters- oder krankheitsbedingt verminderter Knochendichte. Der häufigste Unfallmechanismus ist hierbei ein niedrigenergetischer Sturz auf das flektierte Kniegelenk, bei jungen Menschen aber auch hochenergetische Traumen, die dann häufig mit erheblichen Weichteilschäden einhergehen. Offene Verletzungen mit großem Weichteilschaden führen hierbei nicht selten zu einer kompletten Einsteifung des Gelenkes [13].

Wie kein anderes Gelenk des menschlichen Körpers ist das Kniegelenk auf eine intakte Bandführung angewiesen. Schäden an den komplexen Bandstrukturen führen zu einer unphysiologischen Kniegelenkskinematik, die für vielfältige Schädigungen an den anderen Strukturen des Knies

verantwortlich gemacht wird. Ein häufiger Mechanismus für Bandschäden sind Sportverletzungen.

Im Gegensatz hierzu sind die häufigsten Ursachen für Tibiakopffrakturen Stürze und Verkehrsunfälle und nur 5 bis 10 Prozent dieser Frakturen sind Sportverletzungen. Bei Frakturen des Tibiakopfes handelt sich um sehr variable, schwere Verletzungen, häufig in Kombination mit Bandverletzungen, die nicht selten ernsthafte Folgen nach sich ziehen und eine schlechte Prognose aufweisen. Das Therapieziel muss eine möglichst anatomische Wiederherstellung der Gelenkfläche, der Bandstrukturen und Achsverhältnisse sein, hierzu ist nach der primären Frakturversorgung häufig eine zweite Operation von Nöten.

Bei nicht adäquater Versorgung entstehen sonst Folgeschäden wie Achsfehlstellungen und letztendlich eine Arthrose [12,14-28].

Nach einer Untersuchung von Brown et al. aus dem Jahr 2006 [29] sind nahezu 12% der symptomatischen Arthrosen der unteren Extremitäten den posttraumatischen Arthrosen zuzurechnen, was z.B. in den USA Folgekosten von 0,15% des Gesundheitsdeputats nach sich zieht.

Nach Lefko et. al reicht bereits ein isolierter, umschriebener Knorpelschaden, ohne Beeinträchtigung der Achsverhältnisse aus, um zu einer posttraumatischen Arthrose zu führen [30]. Dies hat insofern Konsequenzen, als dass isolierte Knorpeldefekte nach Trauma auf dem konventionellen Röntgenbild häufig nicht bemerkt werden, sondern erst bei einer Kernspinuntersuchung auffallen. Ein alleiniger „bone bruise“ hat hierbei jedoch keine klinische Konsequenz [31-33]. Hieraus lässt sich ableiten, dass ein nicht unerheblicher Anteil der posttraumatischen Arthrosen nicht als solche diagnostiziert und in der Patientenakte festgehalten werden, so dass deren tatsächliche Anzahl schwierig zu beurteilen ist.

### **1.3. Die Therapie der Kniegelenksarthrose**

#### **1.3.1. konservative Therapieoptionen**

Da die Arthrose meist ein chronisch fortschreitender Prozess ist, dienen die konservativen Maßnahmen vorwiegend einer Symptomlinderung und einer Verzögerung der Progredienz sowie der Funktionsverbesserung.

Außerdem muss berücksichtigt werden, dass es sich häufig um ältere Patienten handelt, die teilweise multiple Begleiterkrankungen aufweisen und für die eine operative Versorgung mit zu hohen Risiken verbunden wäre.

Auch die primäre und sekundäre Prävention gehören zu den Domänen der konservativen Therapie.

So ist bei adipösen Patienten eine Gewichtsreduktion sinnvoll, um eine Progredienz zu verzögern [34].

Darüber hinaus muss auch der Patient aktiv in das Behandlungskonzept mit eingebunden werden. So sollte jüngeren Patienten empfohlen werden, Traumatisierungen des Kniegelenkes zu vermeiden. Konkret kann es hierzu erforderlich sein, sportliche Aktivitäten zu modifizieren oder zu reduzieren. Positive Effekte haben leichte Sportarten wie Schwimmen oder Radfahren sowie krankengymnastische Übungen zum Aufbau der kniegelenksführenden Muskulatur. Diese Behandlungsverfahren nehmen den wichtigsten Platz in der konservativen Arthrosetherapie ein, wobei eine Vielzahl verschiedener Methoden zur Verfügung steht, deren Wirksamkeit vor allem auf die Pathophysiologie und die klinische Erfahrung zurückgeführt wird.

Valide klinische Studien fehlen leider meist, es gibt aber durchaus günstige Ergebnisse [35-38].

Bei sekundären Arthrosen ist eine Therapie des Auslösers der entscheidende Ansatz, im Falle von Traumata ist primär von operativer Seite dafür zu sorgen, dass die Gelenkfläche, die Bandstrukturen und Achsverhältnisse möglichst anatomisch wiederhergestellt werden [12,15-18].

In der Akutphase einer aktivierten Arthrose bringen physikalische Maßnahmen wie Kryotherapie oder Elektrotherapie Linderung, auch eine kurzfristige Entlastung bewirkt eine Besserung.

Weiterhin ist natürlich auf eine suffiziente Analgesie zu achten.

Zu Verbesserung der Mobilität können Gehstöcke oder Unterarmgehstützen, Pufferabsätze, einseitige Schuherhöhungen zum Achsausgleich (z.B. Schuhaußenranderrhöhung bei varischer Beinachse) oder Kniebandagen zur Unterstützung der ligamentären Führungsstrukturen beitragen.

Medikamentös kommen NSAR oral (in Kombination mit einem Magenschutz wie z.B. den Protonenpumpeninhibitoren Omeprazol oder Pantoprazol), bei inoperablen Patienten oder Patienten mit stärksten Schmerzen auch Opiate zum Einsatz [39].

### **1.3.2. operative Therapieoptionen**

Von operativer Seite stehen verschiedene Therapieansätze zur Verfügung, so kann als Minimalvariante eines Eingriffes eine Spiegelung des Kniegelenks mit arthroskopischem Debridement inkl. Lavage durchgeführt werden [40-42].

Durch weitere gelenkerhaltende Operationen kann darauf abgezielt werden, besonders belastete Bereiche des Kniegelenkes, durch Korrektur- oder Umstellungsosteotomien zu entlasten und die Belastung gleichmäßiger zu verteilen, was den Patienten zumeist eine Beschwerdeverbesserung bringt. Hierzu wird an der Tibia oder am Femur entweder ein Knochenkeil entfernt oder z.B. ein Knochenspan aus dem Becken eingesetzt, es erfolgt eine (Über-)Korrektur der Achsfehlstellung. Man entlastet das geschädigte Kompartiment, beispielsweise das mediale Gelenkkompartiment bei Valgusabweichung des Unterschenkelknochens, aber nicht selten „auf Kosten“ des gesunden - oder weniger geschädigten - Kompartimentes [43-47].

Darüber hinaus existieren diverse Techniken, die darauf abzielen, den zerstörten Knorpel zu regenerieren. Erschwert wird dieser Therapieansatz jedoch dadurch, dass der Knorpelüberzug des Gelenkes nur eine geringe Regenerationstendenz zeigt. Die Regeneration erfolgt aus mesenchymalen Stammzellen und Chondrozytenprogenitorzellen. Es wird jedoch keine restitutio ad integrum erreicht, da der Regeneratknorpel (meist Faserknorpel) von minderer Qualität ist.

Die sogenannte „Pridie-Bohrung“ ist eine 1959 erstmals beschriebene Methode der Anbohrung von subchondralem Knochen mit dem Ziel der Regeneration der Oberfläche durch Faserknorpel. Dieses Verfahren wird jedoch vor allem aufgrund der durch die Hitze entstehenden Nekrosen heute nicht mehr empfohlen und die retrograde Anbohrung nach Beck bevorzugt [48,49].

Auf einem ähnlichen Prinzip beruht die von Steadman beschriebene [50,51] Mikrofrakturierung, bei der mit Hilfe eines Pfriems die subchondrale Lamelle gezielt perforiert wird.

Diese Methode wurde vielfältig weiterentwickelt, z.B. zur autologen Matrix-induzierten Chondrogenese (AMIC), bei der der mikrofrakturierte Bereich mit einer Kollagenmembran „gedeckelt“ wird, um so auch größere Defekte versorgen zu können.

Etwas größere Knorpeldefekte können mit verschiedenen Transplantationstechniken therapiert werden, wobei entweder osteochondrale Zylinder als sogenannte „Mosaikplastik“ oder autologe Chondrozyten transplantiert werden, um den Defekt zu schließen [52-54].

Eine gemeinsame Schwierigkeit dieser Verfahren besteht darin, dass nur relativ kleine Defekte versorgt werden können [55], so dass bei fortgeschrittener Arthrose meist nur die Implantation einer Kniegelenksprothese oder in seltenen Ausnahmefällen die Versteifung des Gelenkes (Arthrodese) in Frage kommt.

Eine Auswahl zwischen den verschiedenen Therapieoptionen zu treffen ist in jedem Einzelfall aufs Neue erforderlich und nicht immer ganz einfach, auch wenn diverse Entscheidungshilfen vorliegen, so auch der Grundsatz, dass vor dem Gelenkersatz immer der Gelenkerhalt stehen muss [56].

## **1.4. Endoprothetische Versorgung**

### **1.4.1. Historischer Überblick**

Gelenke mit Bewegungseinschränkung zu therapieren, Verbesserungen bei Beweglichkeit, Belastungsfähigkeit und Stabilität zu erzielen war schon vor langer Zeit das Ziel der Bemühungen vieler Ärzte, da oftmals nur die Amputation als Therapie zur Verfügung stand.

So wurde schon im 18. Jahrhundert versucht, die Beweglichkeit tuberkulöser Kniegelenke durch Resektionen zu verbessern. Da die Gelenke durch dieses durch Filkin erstmals geschilderte Verfahren jedoch recht instabil wurden ging John Rhea Barton 1826 dazu über, die Resektionen mit gelenksnahen Osteotomien zu kombinieren, sein Ziel war die Pseudarthrosenbildung. Aufgrund des Substanzverlustes gestaltete es sich jedoch auch hier schwierig, die Stabilität zu wahren, so dass man zu autoplastischen Interponaten überging. So verwendete man z.B. Fett, Muskelgewebe, Faszie (Fascia lata) oder sogar Haut als Interponat [57].

1885 stellte Themistokles Gluck der Berliner Medizinischen Gesellschaft seine Idee vor, Gelenke durch heteroplastische Materialien wie Elfenbein oder auch durch „Gelenktransplantation“ mit Gelenken frisch Verstorbener zu ersetzen.

1890 führte Gluck den ersten endoprothetischen Gelenkersatz durch.

Verwendung fand eine frühe Form des Knochenzementes, eine erhitzte Mischung aus „Colophonium mit Bimsstein oder Gyps“, das Elfenbein verwuchs teilweise sehr gut mit dem Knochen [58,59].

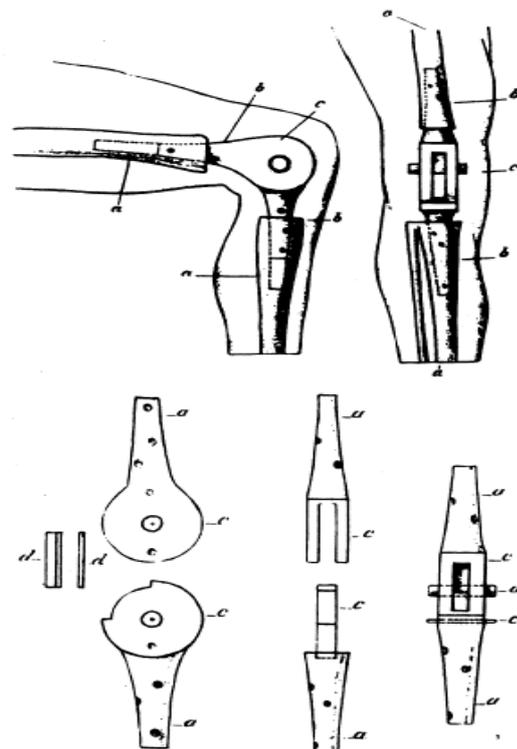
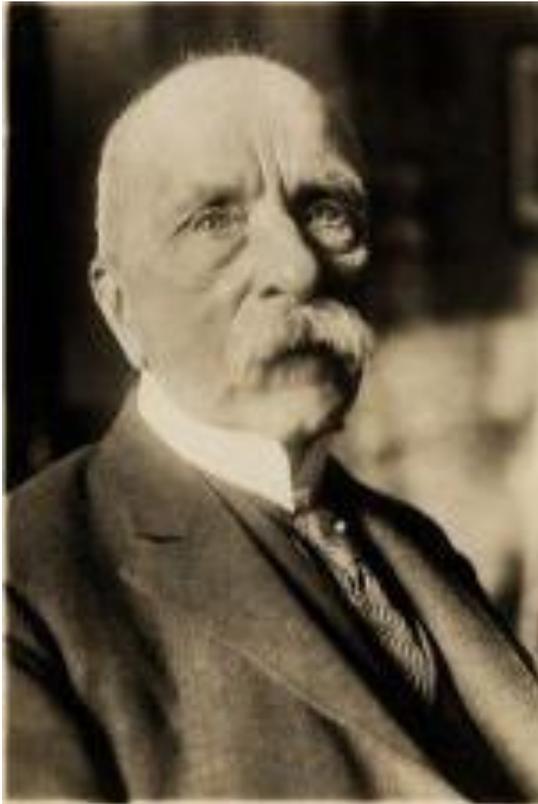


FIG 1—Ivory total knee arthroplasty, with exploded view of knee prosthesis showing slots for horizontal fixation pegs

li. **Abbildung 2:** Themistokles Gluck, ©Universitätsbibliothek der Humboldt-Universität zu Berlin  
 re. **Abbildung 3:** Schemazeichnung der von Gluck entwickelten Prothese aus  
 „Themistocles Gluck: an unrecognised genius“, N. J. Eynon-Lewis, D. Ferry, Pearse M.F. (1992)  
 BMJ, 305(6868), 1534-1536

Die Operationen scheiterten jedoch häufig an den hohen Infektionsraten, hier sei erwähnt, dass Gluck seine Prothesen überwiegend bei tuberkulöser Arthritis einbrachte - und somit in ein primär infiziertes Gelenk - was er selbst später als Kontraindikation für einen Gelenkersatz erkannte.

Außerdem entstanden Probleme im Bereich des Materials selbst, es kam relativ rasch zur Materialermüdung.

Die schlechten Resultate und die Tatsache, dass Gluck hier gegen den Willen seines Chefs gehandelt hatte führten schlussendlich dazu, dass er seine Stelle verlor. Erst in den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts wurde ihm der Titel eines „außerordentlichen Professors“ verliehen und seine Arbeit gewürdigt.

Ende der 30er Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts sorgte die Verwendung der Vitalliumlegierung (eine Legierung aus Kobalt, Chrom und Molybdän) für hochfeste und zugleich körperverschträgliche Materialien, die den Einsatz von

Hemiarthroplastiken (meist femoral) ermöglichten. Zu Beginn der 50er Jahre folgten achsgekoppelte Vollmetallscharnierendoprothesen.

Der erste Ersatz eines zerstörten Tibiaplateaus erfolgte ebenfalls in dieser Zeit [60,61], zum Einsatz kam ein Kunstplateau aus Acryl.

Die Langzeitergebnisse dieser ersten Implantate waren unterschiedlich, jedoch wurden bis zu 70% guten Ergebnissen nach acht Jahren [62] erreicht.

Das Problem der Infektion bestand jedoch weiterhin, hinzukamen Probleme durch den Metallabrieb (Metall-Metall-Gleitpaarung), Lockerungen und femoropatellare Schmerzsyndrome.

Durch die erstmalige Verwendung von Polymethylmethacrylat-Zement (PMMA) zur Verankerung der Prothesenkomponenten (1959) und das „low-friction“ Prinzip, das zunächst in der Hüftendoprothetik eingeführt und später auf die Knieendoprothesen übertragen wurde, erreichte Charnley Anfang der 70er Jahre eine deutliche Verbesserung der Langzeitergebnisse. Er setzte hierbei auf eine Metall-Polyethylen-Gleitpaarung anstatt der bisher verwendeten Metall-Metall-Gleitpaarung [63].

Über diese Verbesserungen am Material hinaus wurde auch am Design der Prothesen gearbeitet, man ging dazu über, großflächigere Kontaktflächen anstelle lasttragender Achsen zu bevorzugen.

Die erste Implantation einer unicondylären Schlittenprothese erfolgte 1968 [64], wobei das Implantat hier aus einer Kombination eines halbkreisförmigen, femoral eingebrachten Metallblockes und einer tibialen Polyethylenrinne bestand.

Die Methode, nur ein Gelenkskompartiment zu ersetzen, wird kontrovers diskutiert, schwedische Langzeitergebnisse zeigten eine nach 10 Jahren im Vergleich zum bicondylären Gelenkersatz erhöhte Revisionsrate, die Revisionsrate lag jedoch unter der der Totalendoprothesen. Außerdem ist die Rekonvaleszenzzeit aufgrund des kleineren Eingriffs kürzer, was auch für einen eventuellen Revisionseingriff gilt [65].

Der vorherrschende Prothesentyp waren jedoch weiterhin achsgekoppelte Scharnierendoprothesen, diese wurden in der Folgezeit dann von ungekoppelten „Oberflächenersatzprothesen“ abgelöst, deren Entwicklung seit

etwa Ende der 70er Jahre forciert wurde. So wird heute die überwiegende Anzahl an Patienten, bei denen aufgrund einer Gonarthrose ein endoprothetischer Gelenkersatz indiziert ist, mit bikondylären Oberflächenersatzprothesen versorgt [66].

Insall entwickelte 1979 ein „total condylar knee prothesis system“, welches sehr gute Stabilität bei großer Kongruenz der einzelnen Komponenten aufwies [67].

Heutige Neuentwicklungen lassen sich grob in drei Gebiete unterteilen:

Im *Bereich des Materials* wird versucht, die aus der Hüftendoprothetik bewährten Keramikwerkstoffe auf die Kniegelenksendoprothesen zu übertragen.

Die heutigen Prothesen besitzen zudem durch ihre Modularität die Eigenschaft, die Anpassung an die individuellen Band-, Weichteil- und Knochenverhältnisse zu ermöglichen und tragen der zunehmenden Problematik von Revisionseingriffen Rechnung, wobei die Revisionsrate mit etwa 10-15% angegeben wird [68].

Beim *Prothesendesign* gehen die Bemühungen dahin, eine größere Gelenkskonformität zu erreichen (sog. „ultrakongruente Oberflächen“) außerdem die physiologische Schlussrotation (s.o.) in gewissem Umfang nachzubilden (Mobile-Bearing-Knieendoprothesen, MBK). Es scheint, dass das Implantatmaterial hierbei weniger stark belastet wird, als bei isolierten Roll- oder Gleitbewegungen. Die zur Evaluation der Langzeitergebnisse erforderlichen Studien stehen noch aus [69], so dass sich ein endgültiges Ergebnis derzeit noch nicht abschätzen lässt.

An der *Implantationstechnik* an sich wird dahingehend gearbeitet, die Zugangswege möglichst klein und schonend für den Patienten („minimal-invasiv“) zu gestalten. Auf die computergestützt navigierte Implantation wird im Abschnitt 1.4.4. Einflussfaktoren, Indikationen und Kontraindikationen näher eingegangen.

Die Indikation für achsgekoppelte Prothesen ist bei starken Achsabweichungen, starken Deformitäten und/oder ausgeprägten Kapsel-Bandinstabilitäten unverändert gegeben [66]. Des Weiteren werden diese Endoprothesen bei Revisionseingriffen eingesetzt.

Anders als bei Hüftendoprothesen werden Kniegelenksendoprothesen auch heute noch meist zementiert implantiert, da bei zementfreier Einbringung die tibiale Komponente erhöhte Lockerungstendenzen zeigen.

Aktuelle Studien zeigen einen Trend zur Hybrindimplantation (femoral unzementiert, tibial zementiert), da hier vergleichbare mittelfristige Ergebnisse vorliegen wie bei komplett zementierter Implantationstechnik [70-73].

In Deutschland gibt es noch kein zentrales Endoprothesen-Register, in dem die Ergebnisse der jährlich etwa 60.000 Knieendoprothesen-Operationen (Tendenz steigend) dokumentiert werden, wie es in den skandinavischen Ländern schon seit langem praktiziert wird. Bisher bleibt dies in Deutschland Herstellern und behandelnden Ärzten überlassen.

#### **1.4.2. Systematik**

Eine erste Differenzierung der Knieendoprothesen erfolgte durch Blauth (1977) und Stallforth (1985) [74,75], die anhand der Freiheitsgrade (Rotation und Translation) und Art der Gelenkstabilisierung vier Gruppen bildeten: unicondyläre Schlittenprothesen, bicondyläre, ungekoppelte Prothesen, teilgekoppelte Schlittenprothesen und achsgekoppelte Scharnierprothesen.

Die heutige Einteilung anhand ISO 7207-1:2006 [76] unterscheidet:

1. unicondyläre von bicondylären Prothesen (jeweils femoral und tibial eingebracht)
2. Teil- von Totalprothesen
3. Für Totalprothesen: gekoppelte von ungekoppelten Prothesentypen

Als Anforderung an die Konzeption und Konstruktion einer Knieendoprothese haben sich folgende Punkte als erforderlich erwiesen [68]:

- Ein suffizientes Verankerungssystem welches einen dauerhaften Sitz der Prothese gewährleisten kann.
- Die Möglichkeit zur optimalen Positionierung der Implantate, was unphysiologische Krafteinwirkungen auf die Prothese und den unterstützenden Knochen minimiert.
- Eine möglichst geringe Baugröße, um die Resektionshöhe gering zu halten. Unabhängig vom Material sollte der Bandapparat möglichst gut erhalten bleiben, um Luxationen zu verhindern und damit Funktionseinbußen vorzubeugen.

### **1.4.3. Retropatellarersatz**

Nachdem in den 70er Jahren die Patella als Ursache für bestehende anteriore Kniebeschwerden erkannt wurde, erhielt die Femurkomponente eine Führungsrinne und es wurde ein Patellarrückflächenersatz entwickelt.

Dieser wird anhand der Verankerungsweise in zwei grundsätzliche Typen eingeteilt: zementfrei eingebrachte „metal-backed“-Prothesen stehen zementierten Patella-onlay oder -inlay Vollpolyethylen-Komponenten gegenüber.

In beiden Fällen sichert ein möglichst anatomisch geformter Polyethylenteil die Kongruenz in der femoralen Gleitrinne.

Indikationen für einen Retropatellarersatz ergeben sich z.B. bei ausgeprägter Retropatellararthrose, bei präoperativ bestehenden starken Schmerzen oder bei rheumatoider Arthritis. Gegen einen Retropatellarersatz sprechen schlechte Knochenqualität (hier besteht die Gefahr von Patellafrakturen und Lockerungen [77]), niedriges Patientenalter und gute präoperative Patellaverhältnisse.

Letztendlich liegt die Entscheidung, ob ein Patellarrückflächenersatz eingebracht wird oder nicht, beim Operateur [77].

Eine Alternative zur Behebung des Problems anteriorer Kniebeschwerden stellt die zirkuläre Denervierung der Patella mittels Skalpell oder Elektrokauter dar, wobei auch dieses Verfahren kontrovers diskutiert wird [78].

#### 1.4.4. Einflussfaktoren, Indikationen und Kontraindikationen

Durch die demographische Entwicklung wird die Anzahl implantierter Knieendoprothesen kontinuierlich weiter ansteigen.

Als wichtige Einflussfaktoren für das Operationsergebnis haben sich zahlreiche physische, psychische und soziale Faktoren herauskristallisiert, die allerdings nicht immer alle erfasst werden können, es liegen deshalb hierzu nur wenige valide Studien vor. Der endoprothetische Gelenksersatz wirkt sich positiv auf den Schmerzgrad und die Mobilität – und damit auf die Lebensqualität aus. Die Revisionsraten werden v.a. durch Alter, Geschlecht, Begleiterkrankungen, Verankerungsmethode (zementiert/nicht zementiert, s.o.) [70-73] und die Konstruktion der Prothese selbst beeinflusst, sind aber in den letzten Jahren deutlich rückläufig [79].

Während bei einem gesunden Kniegelenk ein alleiniges Malalignment nicht als Risikofaktor für die Entwicklung einer Arthrose gesehen wird, sondern viel eher die Zunahme das Fortschreiten der Erkrankung anzeigt [80], stellt ein Malalignment nach endoprothetischem Gelenksersatz einen Risikofaktor für vorzeitigen Verschleiß der Prothese dar. Daher können hier mittels navigationsgestützter Implantation, die das Alignment signifikant verbessert, auftretende Scherkräfte und daraus resultierende Materialbeanspruchungen minimiert werden. Darüberhinaus kann durch die Bandspannungsmessung bei navigierter Implantationstechnik den individuellen Gegebenheiten der Gelenkführung Rechnung getragen werden.

Dadurch können bessere Ergebnisse in der Patientenzufriedenheit erzielt werden. Wie sich dies auf die Langzeitergebnisse auswirkt bleibt jedoch abzuwarten [81-85].

Als häufigste Indikation für den endoprothetischen Kniegelenksersatz ist die primäre Arthrose zu nennen, außerdem die rheumatoide Arthritis und die posttraumatische Arthrose [29,85,86].

Der Hauptgrund für den Patienten, sich diesem Eingriff zu unterziehen, ist der starke, invalidisierende Schmerz, der zu deutlichen Einschränkungen der Aktivitäten des täglichen Lebens führt [84,85,87,88].

Dagegen liegt oftmals nur ein geringer Nacht- oder Ruheschmerz vor, die Beschwerden sind jedoch chronisch-progressiv.

Im Röntgenbild zeigt sich bei diesem Beschwerdebild meist eine deutliche Destruktion aller beteiligten Gelenkflächen, die sogenannte Pagonarthrose. Einen wichtigen Einfluss auf die Entscheidung zur Indikationsstellung einer ungekoppelten bzw. teilgekoppelten Oberflächenersatzprothese oder einer Scharnierprothese haben die aktiven und passiven Stabilisatoren des Kniegelenkes, die allgemeine Konstitution und die Grunderkrankungen des Patienten. Ungekoppelte Oberflächenersatzprothesen benötigen ein Malalignment von weniger als 25°, eine stabile Seitenbandführung sowie ein intaktes hinteres Kreuzband [86,87].

Bei der Planung eines Gelenkersatzes müssen desweiteren das Alter des Patienten sowie Größe und Gewicht, aber auch die Compliance, die Motivation und die Lebensgewohnheiten des Patienten mit berücksichtigt werden. Vor der Indikationsstellung zur Oberflächenersatzprothese sollten alle konservativen und operativen Behandlungsmöglichkeiten ausgeschöpft worden sein.

Eine absolute Kontraindikation zur Operation stellt z.B. eine Infektion dar, nach Ausheilung kann jedoch ein endoprothetischer Ersatz des Gelenkes vorgenommen werden.

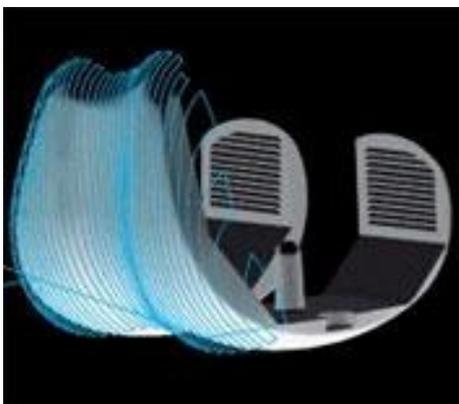
Als weitere Kontraindikationen sind nach Jerosch [88] folgende Erkrankungen zu sehen

Absolute Kontraindikationen	Relative Kontraindikationen
Akute Infektion des Kniegelenks	Schmerzfremie Arthrodese
Fehlende Quadrizepsfunktion	Bindegewebige Ankylose des Kniegelenks
Gelenknahe Paresen	<b>Trias:</b> Jugend, Adipositas und Beruf mit hoher Kniegelenksbelastung
Gelenknahe Tumoren	
Ausgedehnte Weichteilschäden	
Hochgradige Osteoporose	
Arterielle Durchblutungsstörungen	
Hämophilie	

**Tabelle 2:** Absolute und relative Kontraindikationen für einen endoprothetischen Kniegelenkersatz nach Jerosch 1999

### 1.5. Prothesentypen

Im untersuchten Patientengut kamen (mit einer Ausnahme) drei verschiedene Systeme zum Einsatz, wobei zwei (Prothese Typ Search / Typ Columbus) den bikondylären ungekoppelten Oberflächenersatzprothesen entsprechen, welche den Bewegungsumfang des Kniegelenks weitgehend unbeeinflusst lassen und ein nahezu physiologisches Rollgleitverhalten ermöglichen. Die Oberflächen beider Femurkondylen und das komplette Tibiaplateau werden durch das Implantat ersetzt, wobei die beiden Femurkondylenanteile untereinander starr verbunden sind.



**Abbildung 4:** Prothese Typ Search-Evolution®

Das Search Evolution® Knieendoprothesensystem der Firma Aesculap ist nach langjähriger Weiterentwicklung und einer großen Anzahl von Implantationen ein nachweislich langlebiges und verbreitetes Modell in der Endoprothetik des Kniegelenkes. Der Hersteller spricht von annähernd 60.000 Implantierten Prothesen und einer 4-6 Jahresüberlebensrate von 97,6%.

Die Femur- und Tibiakomponenten sind in verschiedenen Größen erhältlich und durch konstante Radien untereinander kombinierbar. Die Tibiakomponente ist zusätzlich mit etwas größerem a.p.-Durchmesser als sog. „Plusgröße“ erhältlich.

Dieser modulare Aufbau der Prothese ermöglicht eine individuelle Anpassung an die intraoperativen Gegebenheiten des jeweiligen Patienten und einen einfacheren Austausch bei erforderlichen Revisionen.

Darüberhinaus ist sowohl ein zementierter als auch ein zementfreier Einbau der Femurkomponente mit oder ohne Erhalt der hinteren Kreuzbandes möglich.

Inzwischen stehen z.B. mit dem Columbus<sup>®</sup>- und e.motion<sup>®</sup>-Knieendoprothesensystem der Fa. Aesculap Weiterentwicklungen zur navigationsgestützten Implantation zur Verfügung.



**Abbildung 5:** Prothesensystem Columbus<sup>®</sup>,  
rechts als beschichtete Allergy Solution(AS)-Prothese (s.u.)



**Abbildung 6:** Prothesensystem e.motion<sup>®</sup> und Detail des mobilen Polyäthyleninlays

Bei diesen Weiterentwicklungen wurde besonderer Wert auf das Design von Trochlea und Patellaführung gelegt, was zur Verbesserung der Stabilität sowie einer Reduktion der prothesenbedingten Retropatellarschmerzen beiträgt.

Erreicht wird dies über weitgehend konstante Radii der Trochlea und der Patellaführung. Der distale Radius liegt gleichbleibend bei 90°.

Da der Trochlearadius bei allen Femurimplantatgrößen identisch ist, können die Komponenten beliebig kombiniert werden.

Die anatomische Ausrichtung von 6° Valgus und 3° tibialen Slope unterstützt die Wiederherstellung der natürlichen Gelenkskinematik.

Durch große Kontaktflächen werden punktuelle Belastungsspitzen verhindert, der Materialabrieb sinkt und die Haltbarkeit der Prothese steigt.

Die navigierte Implantation mittels OrthoPilot<sup>®</sup>-System wurde vereinfacht und verbessert, das System erlaubt eine hochreproduzierbare intraoperative Bestimmung der mechanischen Beinachse durch röntgenfreie, rein kinematische Parameter [89].

Als aktuelle Neuentwicklung steht inzwischen eine sog. Allergy Solution(AS)-Prothese zur Verfügung. Diese wurde mit dem Ziel entwickelt, einer Unverträglichkeitsreaktion auf Implantatwerkstoffe bei den 8-15% der Bevölkerung, die auf der Haut eine überschießende Reaktion auf Nickel oder Chrom aufweisen, vorzubeugen oder zu minimieren [90,91].

Auf das herkömmliche Implantat aus einer Chrom-Kobalt-Molybdän-Legierung werden hierzu über ein spezielles Aufdampfverfahren (PVD = Physical Vapour Deposition) mit verhältnismäßig geringen Temperaturen (200-500°C) mehrere Schichten verschiedener Metalle aufgebracht:

Auf eine nur 100nm dicke Haftschrift aus Zirkon werden fünf Zwischenschichten aus abwechselnd Chrom-Nitrid und Chrom-Carbo-Nitrid und schließlich eine 2,5µm dicke Deckschicht aus Zirkon-Nitrid aufgebracht. Dieser insgesamt etwa 3,5-5µm dicke Schichtenüberzug reduziert die Nickel-Ionen Konzentration im Serum selbst gegenüber den bisher verwendeten titanbeschichteten Implantaten nochmals signifikant.

Gleichzeitig wird durch die mechanischen Eigenschaften der unterschiedlichen Schichten die Gefahr von Abspaltungen reduziert und die keramische Oberfläche des Zirkoniumnitrids sorgt für sehr gute tribologische Eigenschaften wie Abriebfestigkeit und geringe Gleitreibung.

Demgegenüber stellt die Blauthprothese (und auch das in einem Fall verwendete Endomodell der Fa. Link) eine achsgekoppelte Variante des Kniegelenkersatzes dar. Die Blauth Total-Knieendoprothese ist als Scharnierprothese konstruiert und wurde erstmals im Jahre 1972 in Tübingen implantiert. Die Prothese besteht aus einer Chrom-Kobalt-Molybdän-Legierung und wird mit Hilfe von Knochenzement (z.B. Pallacos<sup>®</sup>) mit dem Knochen verbunden.

Es sind drei verschiedenen Größen für jeweils das rechte oder linke Bein erhältlich, Femur- und Tibiaanteil sind durch einen starren transcondylären

Gelenkachsenbolzen verbunden, der 6 Grad Valguswinkel vorgibt. Zwischen diesen beiden Prothesenteilen sind zwei meniskusartige Polyäthylenkomponenten eingebracht. Je nach Modellgröße ist ein Bewegungsumfang von 5-0-128 bis 132° möglich.

Alle Teile sind bei Bedarf separat austauschbar, zusammen mit einer bewährten Operationstechnik, geringer Resektionshöhe, langjähriger klinischer Erfahrung und den sehr guten Langzeitergebnissen [92, 93] wird so gewährleistet, dass auch bei eventuell erforderlichen Revisionen Alternativen zur Arthrodeese zur Verfügung stehen.



**Abbildung 7:** Blauthprothese

Die so versorgten Patienten stellen hierbei in wesentlichen Teilbereichen ein eigenes Kollektiv dar, da Bandverhältnisse und Bewegungsumfang natürlich nicht mit den Ergebnissen ungekoppelter Prothesen verglichen werden können. Bezüglich Standzeit und Patientenzufriedenheit ist jedoch durchaus ein Vergleich möglich.

### 1.6. Operationstechnik

Der Implantationstechnik an sich hat einen sehr hohen Stellenwert, da sich Implantationsfehler und Achsfehlstellungen deutlich in den Langzeitergebnissen und Revisionsraten niederschlagen.

Eine sorgfältige Planung der Operation ist erforderlich, diese erfolgt anhand von Röntgenbildern:

- Kniegelenk in a.p.-Projektion (Knie in Streckung)
- Aufnahme von lateral (Knie in 30° Flexion)
- Tangentialaufnahme der Patella (Knie in 30° Flexion)
- Ganzbeinaufnahme im Stehen

Mittels Röntgeschablonen werden nun folgende Parameter bestimmt:

- Der Winkel zwischen anatomischer und mechanischer Femurachse
- Die Resektionshöhe der intakten Tibiagelenkfläche
- Die Größe der Implantate
- Die Lage von Osteophyten
- Ggf. die Eintrittspunkte der intramedullären Ausrichtestäbe

Im weiteren Vorgehen sei nun die navigierte Implantationstechnik mittels OrthoPilot® geschildert, die an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen heute die Standard-Technik darstellt.



**Abbildung 8:** OrthoPilot®-Navigationssystem

Beim Waschen und Abdecken ist zu beachten, dass das Hüftgelenk intraoperativ frei beweglich sein muss, außerdem sollte die Möglichkeit gegeben sein, nachträglich eine Schraubenverankerung im Beckenkamm vorzunehmen, falls die Hüftgelenksbeweglichkeit eingeschränkt sein sollte.

Der Eingriff erfolgte in der Reinraumkabine in Rückenlagerung unter perioperativer Antibiotikaphylaxe mit einem Cephalosporin der dritten Generation (Cefazolin 2g i.v.). Nach sorgfältiger dreimaliger Hautdesinfektion und sterilem Abdecken des Operationsfeldes wurde bei allen Patienten über einen medianen Hautlängsschnitt und einen medialen parapatellaren Zugang zum Knie zugegangen.

Zur Referenzierung des OrthoPilot®-Systems erfolgte die Implantation jeweils eines „Rigid-bodies“ im distalen Femur und der proximalen Tibia mittels einer 4,5mm-Kortikalis-Schraube, auf die der Infrarotsender mittels Adapter aufgesteckt wurde. Die Sender sind in aktiver (mit Kabel) oder passiver Ausführung (mit Infrarot-Reflektor-Kugeln) erhältlich, wobei zum Zeitpunkt der

Operation der Studienpatienten in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen die aktive Variante verwendet wurde.

Es ist unbedingt auf festen Sitz der Schrauben und der Sender zu achten, sonst sind die gemessenen Daten verfälscht.

In solchen Fällen - oder bei Fehlfunktionen - muss ggf. neu kalibriert werden. Ist der Fehler nicht zu beheben, kann jedoch jederzeit auf die konventionelle (=manuelle) Operations-Technik gewechselt werden.

Bei der Positionierung der Sender ist darauf zu achten, dass diese während der Operation in jeder Position des Beines sichtbar sind und natürlich auch den OP-Ablauf nicht behindern.

Im nächsten Schritt werden kinematische und anatomische Daten des Patienten registriert. So werden die exakte Position des Knie-, Sprung- und Hüftgelenkzentrums gewonnen. Anatomische Referenzmarken werden für das mediale und laterale Tibiaplateau, das Zentrum der Eminentia Intercondylaris, die dorsale Kondylenlinie und der anteriore Kortikalispunkt des Femurs (hier endet das Femurschild der Prothese), medialer und lateraler Malleolus, und das anteriore Sprunggelenk (auf der Tibiamittelachse unmittelbar über dem Sprunggelenkzentrum) benötigt.



**Abbildung 9:** Kinematische Bestimmung des Hüft- und Sprunggelenkszentrums  
(aus der OP-Anleitung des e.motion®-Knieendoprothesensystems, Fa.Aesculap/B.Braun AG)

Nun wird die mechanische Beinachse (Varus-/Valgusabweichung) vom OrthoPilot® ausgegeben und auf ihre Plausibilität überprüft, bevor die Positionierung des Tibia-Sägeblockes erfolgt (optional ist es möglich, auch zuerst die femorale Resektion durchzuführen).



**Abbildung 10:** Darstellung der mechanischen Beinachse

(aus der OP-Anleitung des e.motion®-Knieendoprothesensystems, Fa.Aesculap/B.Braun AG)

Dieser kann auf Basis der vorher ermittelten Daten exakt im rechten Winkel zur mechanischen Achse positioniert werden, was auf dem Monitor mittels „soll“- und „ist“-Werten dargestellt wird.

Nach erfolgter Tibiaresektion werden die Größe des Tibiaplateaus und die Resektion selbst nochmals überprüft, bevor Erfassung der distalen und dorsalen Femurkondylenpunkte übergegangen wird.

Hierbei kommt ein spezieller Ausrichteblock zur Anwendung, der sich in der Sagittalebene möglichst senkrecht zur mechanischen Femurachse befinden sollte und mit distaler und dorsaler Femurcondyle jeweils medial und lateral Kontakt haben muss.

Im nächsten Schritt werden Osteophyten so weit wie möglich entfernt und anschließend die Gelenkspalte in Beugung und Streckung vermessen. Mit einer Spreizzange werden medialer und lateraler Gelenkspalt nacheinander – mit möglichst identischem Kraftaufwand – auseinander gedrückt, während auf dem Bildschirm mediale und laterale Spalte sowie die mechanische Beinachse zur Kontrolle der Bandverhältnisse angezeigt werden.

Hinsichtlich der gelenksstabilisierenden Bandstrukturen werden die Kollateralbänder und das hintere Kreuzband belassen, das vordere Kreuzband ohne Stabilitätsverlust reseziert. Die Stabilisierung des Kniegelenks nach ventral erfolgt postoperativ durch das Protheseninlay.

Im nachfolgenden Planungsmodul können alle Femurschnitte, das Notching und die Rotation des Implantates Schritt für Schritt geplant und mittels

Sägeblock sowie den bei der Tibiaresektion bereits erwähnten „soll“- und „ist“-Werten exakt reseziert werden. Nach nochmaliger Überprüfung wird die Femurresektion durch weitere Sägeschnitte komplettiert.



**Abbildung 11:** Planung der Femurschnitte

(aus der OP-Anleitung des e.motion®-Knieendoprothesensystems, Fa.Aesculap/B.Braun AG)

Es schließen sich die Messung des Beuge- und Streckspaltes sowie die Größenbestimmung der Tibiakomponenten sowie ggf. die Präparation der Patella an, der Sitz der Implantate wird über Probeimplantate geprüft und der Tibiaschaft mit einem 12 oder 14mm-Bohrer (je nach Größe des Implantates) sowie einem Flügelmeißel für die endgültige Implantation der Tibiakomponente vorbereitet.

Die einzelnen Prothesenkomponenten können nun wahlweise zementiert oder zementfrei eingebracht werden.

Bei der (häufigeren) zementierten Implantation ist darauf zu achten, dass möglichst wenig Zement verwendet wird um ein Austreten des Zements in den periartikulären Spalt zu verhindern.

Hierbei wird folgende Reihenfolge der Implantation empfohlen:

- Zunächst das Tibiaplateau mit Probegleitfläche
- Dann die Femurkomponente
- Anschließend die Gleitfläche
- Zuletzt die Patella (sofern erforderlich)

Zusätzlich ist eine PS (posterior stabilisierte) Variante verfügbar, die bei insuffizienter Bandstabilisierung nach hinten für eine sichere Führung sorgt.



**Abbildung 12:** Polyäthylenfläche der PS-Variante im Vergleich zur Standardausführung, deutlich zu erkennen ist der nach posterior absichernde „Zapfen“  
(aus der OP-Anleitung des Columbus®-Knieendoprothesensystems, Fa.Aesculap/B.Braun AG)

Bei der nicht-navigierten Technik wird die Ausrichtung der Komponenten femoral intramedullär und tibial extramedullär mittels eines Ausrichtungsinstrumentes überprüft. Die Implantationstechnik unterscheidet sich ansonsten nicht wesentlich von der navigierten Implantation.



**Abbildung 13:** Extramedulläre Ausrichtungshilfe für die konventionelle Operationstechnik  
(aus der OP-Anleitung des Columbus®-Knieendoprothesensystems, Fa.Aesculap/B.Braun AG)

### 1.7. Fragestellung

Ziel dieser Untersuchung war die Analyse des Patientengutes der in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen zwischen März 1996 und Oktober 2005 implantierten Kniegelenktotalendoprothesen bei posttraumatischer Gonarthrose. Dabei sollte überprüft werden, inwiefern ein traumatisches Ereignis nicht nur eine Kniegelenks-Totalprothese (KTP) erforderlich macht, sondern auch, inwiefern das Resultat einer KTP beeinflusst wird, d.h., ob mehr Revisionseingriffe erforderlich werden als bei Endoprothesen, die aufgrund einer primären Arthrose implantiert wurden.

Hierzu wurden Art der Verletzung, Primärversorgung, Prothesenstandzeit, aber auch Anzahl und Art der Revisionseingriffe erfasst, zusätzlich der Zeitrahmen, in dem diese notwendig wurden. Als weitere mögliche Einflussfaktoren, wurden das Patientenalter zu drei definierten Zeitpunkten (Unfallereignis, Operation, Nachuntersuchung), Begleiterkrankungen, Body-Mass-Index (BMI) und Geschlecht dokumentiert.

Mit beurteilt wurden außerdem der Verlauf der Wundheilung und die Wiederherstellung der Beweglichkeit nach der Operation. Hierbei sollte ein Hauptaugenmerk darauf gerichtet sein, mögliche Risikofaktoren zu erkennen, so dass aufgetretene Komplikationen in Zukunft vermieden werden können.

Weiter wurden radiologische Parameter wie Alignment und das Vorhandensein von sogenannten „radiolucent lines“ (Lysesäumen) um die Prothesenkomponenten beurteilt, eine Unterscheidung zwischen navigationsgestützter und konventioneller Implantationstechnik erfolgte, um das Alignment hierzu in Beziehung zu setzen.

Zusätzlich zu diesen „rein technischen“ Parametern wurde das Gangbild des Patienten beurteilt, der Schmerzmittelkonsum erfasst und die Lebensqualität mittels eines standardisierten Fragebogens (der auf drei unterschiedlichen Scoringsystemen beruht) aufgenommen, sowie das Ergebnis der Operation subjektiv durch die Patienten selbst bewertet.

Dies wurde anschließend mit den objektiv erhobenen Parametern korreliert.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1. Patientengut**

Patienten, die im Zeitraum zwischen Dezember 1996 und Mitte des Jahres 2005 in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen bei posttraumatischer Gonarthrose eine KTP erhielten und ihr schriftliches Einverständnis zur Studienteilnahme erklärten, wurden in die Studie aufgenommen.

Ausschlusskriterien für die Studienteilnahme waren:

- unvollständige Patientendaten (z.B. fehlende Krankengeschichte oder Röntgendokumentation)
- Der Patient kann nicht befragt werden (kognitive Defizite, mangelndes Sprachverständnis)
- fehlende Einwilligung zur Teilnahme an der Studie
- Ein Nachuntersuchungszeitraum von weniger als 5 Monaten

Das Ende des Beobachtungszeitraums stellt entweder die Nachuntersuchung im Rahmen der Studie, die letzte dokumentierte Nachuntersuchung oder der Tod des Patienten dar.

### **2.2. Planung und Durchführung der klinischen Untersuchung**

Die Nachuntersuchung erfolgte durch den Verfasser unter Anleitung und Aufsicht eines Facharztes für Unfallchirurgie in der Ambulanz der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen.

### **2.3. Patientenfragebogen**

Standardisierbare Daten wurden anhand eines klinikeigenen Fragebogens erhoben, der sich aus dem Funktionsfragebogen Hannover (FFbH) und dem Oxford-Knee-Score zusammensetzt, er findet sich im Anhang.

### 2.3.1. FFb-H-OA (2.0)

Hierbei legt der Funktionsfragebogen Hannover seinen Schwerpunkt auf die Beschreibung komplexer Bewegungsabläufe, er besteht aus 18 Fragen, diese entsprechen Beispielen aus dem täglichen Leben des Patienten, z.B. inwiefern es dem Patienten möglich ist, Treppen hinauf oder hinunter zu steigen, in ein Auto ein- oder auszusteigen oder sich selbst die Strümpfe an- und auszuziehen.

Er ist evaluiert für polyartikuläre Erkrankungen (FFbH-P), Rückenschmerzen (FFbH-R) und Arthrose der Hüft- und Kniegelenke (FFbH-OA) [94].

Für den Patienten ergeben sich folgende drei Antwortmöglichkeiten:

- 0: Nein, dies ist mir gar nicht möglich - oder nur mit fremder Hilfe, d.h. der Patient kann die gefragte Tätigkeit gar nicht oder nur dann verrichten, wenn eine andere Person ihm dabei hilft.
- 1: Ja, aber mit Mühe, d.h. der Patient hat bei der Verrichtung der Tätigkeit Schwierigkeiten, z.B. Schwäche, Steifheit, es dauert länger als früher, oder er muss sich dabei abstützen
- 2: Ja, d.h. der Patient kann die Tätigkeit ohne Schwierigkeiten ausführen.

Es erfolgte ein expliziter Hinweis, dass hier nur der momentane Funktionszustand erfasst werden soll, d.h. dem Patienten wurde gesagt, nur die letzten 1 bis 2 Wochen in die Beantwortung der Fragen mit einzubeziehen.

Die maximal erreichbare Punktzahl pro Frage sind zwei Punkte („ja, dies ist mir möglich“), ein Punkt ergibt sich für „ja, aber mit Mühe“ und keinen Punkt für ein „nein, mir ist dies nicht oder nur mit Hilfe einer anderen Person möglich“.

Der zu errechnende Rohwert des FFb-H-OA (2.0) wird als Funktionskapazität bezeichnet und in Prozent der maximal erreichbaren Punkte angegeben. Hierbei berechnet sich die Funktionskapazität, indem die erreichte Punktzahl mit 100 multipliziert und dann durch die doppelte Anzahl der gültigen Fragen dividiert wird.

Ein Wert von 100% entspricht somit voller Funktion (keiner Einschränkung), ein Wert von 0% maximaler Einschränkung bei der Verrichtung der vorgegebenen Aufgaben.

Eine Auswertung einzelner Unterfragen oder eine Berechnung von Unterskalen ist beim Funktionsfragebogen Hannover nicht vorgesehen.

Im Anhang findet sich der FFb-H-OA (2.0) im Volltext.

### **2.3.2. Oxford-Knee-Score**

Der Oxford-Knee-Score ist ein international anerkannter Fragebogen [95] zur Erfassung der Operationsergebnisse nach Einbringung einer Knieendoprothese.

Die einzelnen Punkte des Oxford-Knee-Score wurden zusammen mit dem Patienten erörtert, vom Untersucher nachgefragt und ggf. noch einmal vom Patienten demonstriert.

Es stehen jeweils fünf Antwortmöglichkeiten zur Verfügung, wobei minimal 0 (Unmöglichkeit die erfragte Tätigkeit zu leisten, stärkste Schmerzen usw.) und maximal 4 Punkte (kein Schmerz, keine Probleme) vergeben werden können.

Die endgültige Punktzahl des Oxford-Knee-Score ergibt sich aus einer Addition der einzelnen Unterpunkte mit einem Maximalwert von 48 Punkten für ein schmerzloses, stabiles und normal belastbares Kniegelenk und einem Minimalwert von 0 Punkten für ein dauerschmerzendes, instabiles, nicht belastbares Gelenk.

Der Oxford-Knee-Score findet sich in seiner englischen Version im Anhang.

### **2.3.3. Score der American Knee Society**

Der Score der American Knee Society [96] setzt sich aus den Ergebnissen der körperlichen Untersuchung durch den Arzt und der Patienteneinschätzung zu Schmerzen und Funktionszustand zusammen.

Der Arzt erfasst im Rahmen einer fokussierten körperlichen Untersuchung die Beweglichkeit (nach Neutral-Null-Methode), und Stabilität (anterior-posterior und mediolateral) des Kniegelenkes. Darüberhinaus werden die entsprechenden Achsen (mechanische Beinachse, Achsen der Ober- und

Unterschenkelkomponenten im a.p. und seitlichen Strahlengang) anhand standardisierter Röntgenaufnahmen vermessen.

Desweiteren wird der Patient über das Vorhandensein und das Ausmaß von Schmerzen im jeweiligen Kniegelenk befragt. Einschränkungen bei Gehstrecke, Treppensteigen und die Notwendigkeit der Zuhilfenahme von Gehhilfen wurden dokumentiert.

Nach Zusammenschau all dieser Punkte ergibt sich ein Maximalwert von 100 Punkten für ein stabiles Kniegelenk ohne Schmerzen und ohne Bewegungseinschränkung.

Im Gegensatz hierzu werden im „Funktionsscore“ lediglich Angaben des Patienten verwertet. Hier ergibt sich für eine unbegrenzte Gehstrecke ohne Gehhilfen und keinerlei Einschränkungen beim Treppensteigen ebenso ein Maximalwert von 100 Punkten.

Der Gesamtscore berechnet sich durch Addition der beiden Einzel-Scores, die sich im Anhang finden.

Sowohl im Knee-Score als auch bei der Bewertung der Funktion werden die erreichten Punktzahlen allgemein folgendermaßen eingestuft:

100-90 Punkte	„Sehr gut“es Ergebnis
89-80 Punkte	„gut“es Ergebnis
79-70 Punkte	„befriedigend“es Ergebnis
<70 Punkte	„unbefriedigend“es Ergebnis

#### **2.3.4. Subjektive Bewertung durch Schulnoten**

Die Patienten wurden nach der Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis befragt und sollten dies mit einem Notensystem von 1 („äußerst zufrieden“) bis 5 („unzufrieden“) bewerten.

### 2.3.5. Weitere erfasste Parameter

Darüberhinaus wurden folgende weitere Parameter erfasst:

- Beweglichkeit im Kniegelenk nach der Neutral-0-Methode, wobei die Werte in der vorliegenden Arbeit stets als Extension/0/Flexion angegeben sind.
- Instabilitätszeichen wie mediale oder laterale Aufklappbarkeit des Gelenkes oder ein vorhandenes Schubladenphänomen
- Das Vorhandensein von Deformitäten, Achsabweichungen (varische/valgische Beinachse) oder einer eventuell vorhandenen Beinlängendifferenz
- das Gangbild wurde durch den Untersucher beurteilt, wobei zwischen flüssig/keine Beeinträchtigung, leichter und deutlicher Beeinträchtigung des Gangbildes unterschieden wurde.
- Narbenschmerz und Weichteilbefund
- Schmerzen im Bereich des Gelenkspaltes oder des Schaftes von Femur oder Tibia als Hinweis für eine mögliche Implantatlockerung
- Zeichen des Gelenkergusses
- Zeichen der Entzündung als Hinweis auf einen vorliegenden Infekt
- Beinumfangsdifferenzen
- Durchblutung, Motorik und Sensibilität des betreffenden Beines
- Komplikationen während und nach der OP, hierbei wurde unterschieden in Frühkomplikationen (Auftreten bis 3 Monate Post-OP) und Spätkomplikationen (Auftreten nach 3 Monate Post-OP) sowie des Wundheilungsverlaufes
- Komorbiditäten
- Body-Maß-Index (BMI) berechnet aus dem Körpergewicht [kg] dividiert durch das Quadrat der Körpergröße [m<sup>2</sup>]. Die Formel lautet:  $BMI = \frac{\text{Körpergewicht [kg]}}{\text{Körpergröße [m]}^2}$ , die Einheit des BMI ist demnach kg/m<sup>2</sup>
- Daten zum Trauma selbst: Art der Verletzung sowie der Primärversorgung (operativ/konservativ) soweit rekonstruierbar

- Daten zu den Voroperationen des Patienten am jeweiligen Gelenk (soweit rekonstruierbar)
- Die Einnahme von Schmerzmitteln wurde erfragt
- Sonstiges

#### **2.4. Durchführung der radiologischen Nachuntersuchung**

Um das Kniegelenk nativradiologisch valide beurteilen zu können, sollten folgende Aufnahmen angefertigt werden: Eine a.p.-Aufnahme in Streckung und eine Aufnahme von lateral in 30° Flexion („Kniegelenk in zwei Ebenen“), außerdem eine Tangentialaufnahme der Patella [97].

Zusätzlich wurde eine Ganzbeinaufnahme (im Stehen) der betroffenen Seite zur Beurteilung der Beinachse angefertigt.

Diese Aufnahmen wurden am Tag der Nachuntersuchung in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen erstellt. Anschließend erfolgt ein kurzer Abgleich mit den Bildern, die unmittelbar postoperativ erstellt worden waren und ein Vergleich mit den präoperativen Verhältnissen.

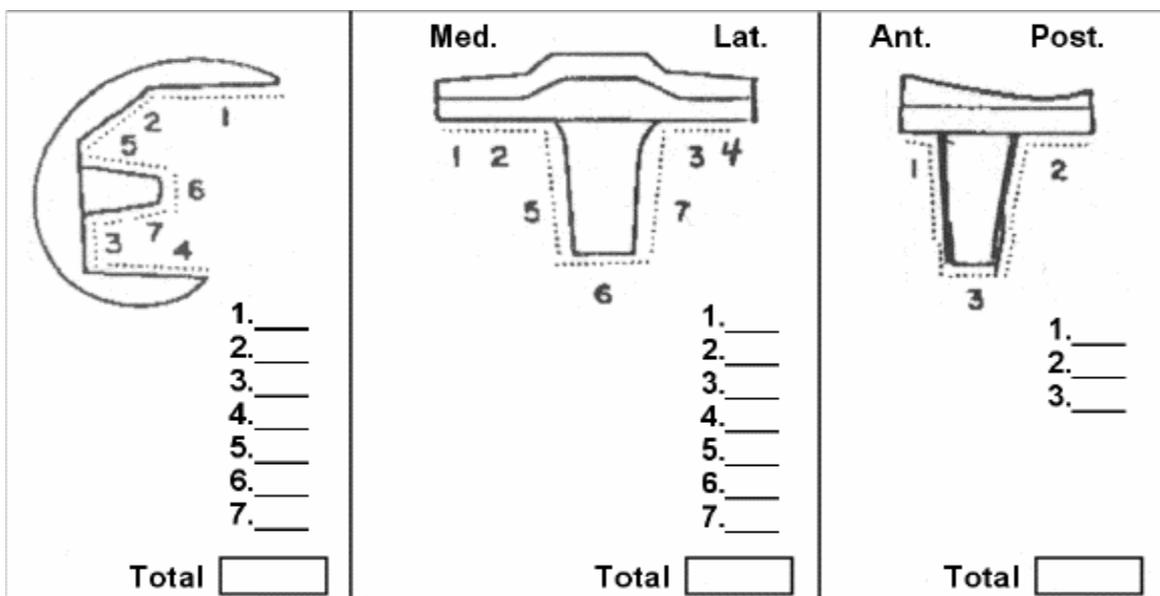
Vorliegende Röntgenaufnahmen des Kniegelenkes in zwei Ebenen durften nicht älter als sechs Monate sein, Voraussetzung für die Verwertung war ein gleichbleibendes Beschwerdebild des Patienten.

Beklagte der Patient keine Beschwerde-Progression oder -Veränderung, blieben die klinischen Untersuchungsergebnisse konstant zur letzten regelmäßigen Kontrolluntersuchung, zeigten die Aufnahmen des Kniegelenkes in zwei Ebenen keine Lockerungszeichen und waren die letzten Ganzbeinaufnahmen nicht älter als zwei Jahre, so wurde aus strahlenhygienischen Gründen auf die erneute Anfertigung einer Ganzbeinaufnahme verzichtet und die Beinachse auf der letzten postoperativen Aufnahme bestimmt. Der feste Sitz der Prothese garantiert in diesem Fall den Erhalt der achsgerechten Stellung.

Mittels eines selbst erstellten Fragebogens, der auf dem der American Knee-Society [97] (siehe Anhang) beruht, werden folgende Gesichtspunkte beleuchtet:

- Vorhandensein von Lockerungssäumen. Hierbei wurden die Bilder zunächst einem erfahrenen Arzt zur Beurteilung vorgelegt. Ein Verdacht auf Lockerung ergab sich bei Vorhandensein von Lysesäumen von 1mm, als sicheres Lockerungszeichen wurden Lysesäume ab 2mm gewertet.

Anschließend wurde nach [97] ein Score gebildet, um den Verdacht der Prothesenlockerung objektiver zu gestalten.

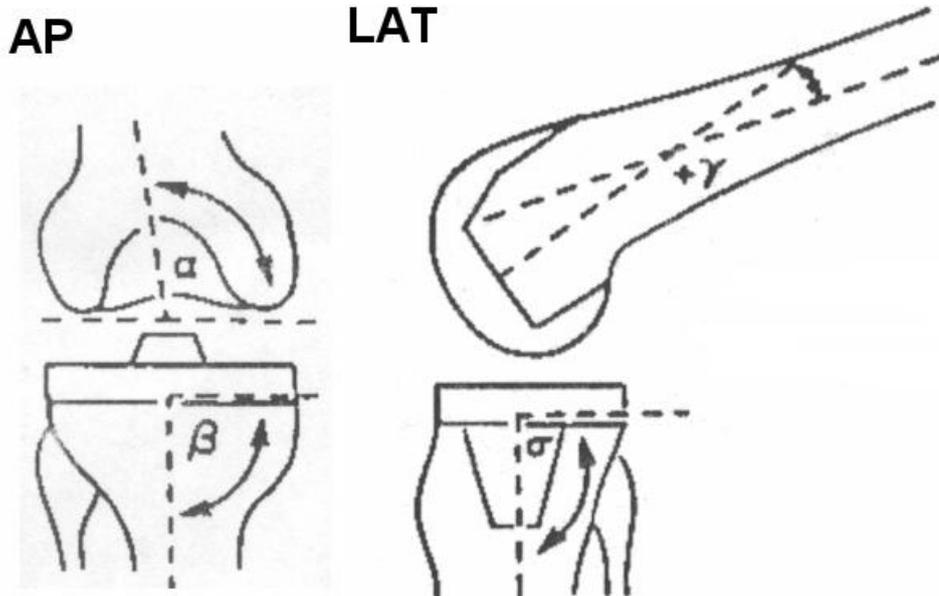


**Abbildung 14:** Lokalisation und Ausmaß von Lysesäumen

Hierzu wurden die Lysesäume in den gegebenen Zonen vermessen und aufaddiert (Abbildung 14).

Ein Wert von 4 oder weniger wurde als unauffälliger Befund gewertet, bei einem Wert von 5-9 der Patient verständigt, sein Knie engmaschig (d.h. mindestens 1x/Jahr, besser halbjährlich) untersuchen zu lassen und/oder sich bei Beschwerdeprogredienz noch einmal vorzustellen. Ein Wert von 10 oder mehr wurde als sicheres Zeichen einer Lockerung gewertet und dem Patient der Prothesenwechsel empfohlen.

- Position der Prothese (Slope und a.p.-Achse jeweils der femoralen und tibialen Komponente), die gemessenen Winkel können der folgenden Abbildung 15 entnommen werden:



**Abbildung 15:** Bestimmung der Prothesenposition

- Vorhandensein von heterotopen Ossifikationen und/oder Osteophyten
- Achsfehlstellungen im Sinne einer varischen oder valgischen Beinachse an der Ganzbeinaufnahme, wobei eine Achsabweichung der mechanischen Beinachse von  $3^\circ$  toleriert bzw. als Messungenauigkeit gewertet wurde.

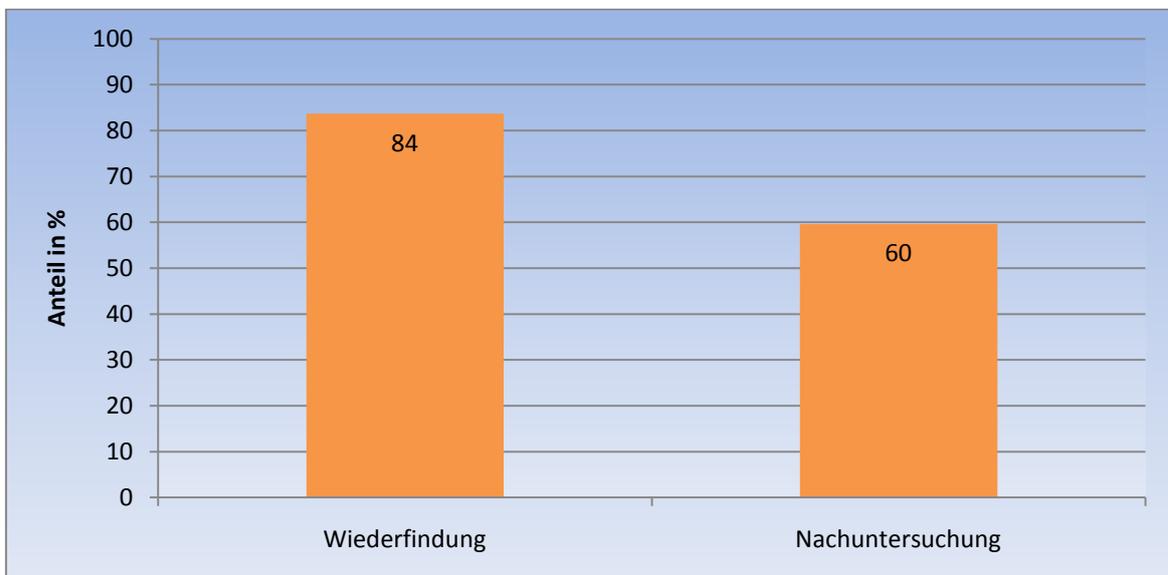
Das Ziel der radiologischen Auswertung war es, hierbei beginnende Lockerungszeichen, stattgehabte Lockerungen der Prothese sowie andere regelhaft auftretende Veränderungen zu erfassen und zusammen mit dem Beschwerdebild des Patienten kritisch zu beurteilen.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Patientengut

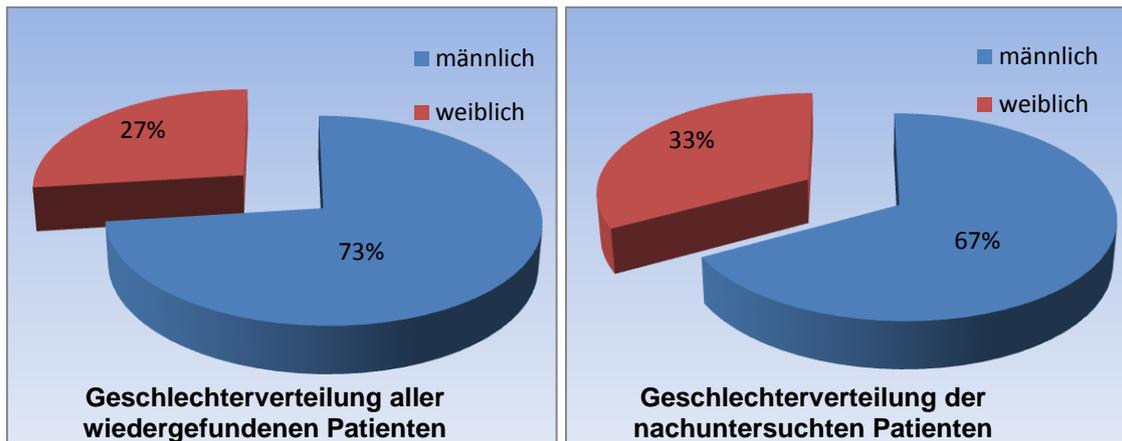
Bei im Zeitraum von März 1996 bis Oktober 2005 insgesamt 1086 eingebrachten Kniegelenksendoprothesen fanden sich 104, bei denen die Diagnose „posttraumatische Gonarthrose“ gestellt worden war, was einer Rate von 9,5% entspricht.

Von diesen 104 Gelenken konnten 62 (60%) nachuntersucht werden (entsprechend 60 Patienten, da bei zwei Patienten ein beidseitiger endoprothetischer Kniegelenkseratz erfolgte), 25 weitere Patienten konnten telefonisch über ihre Prothese befragt werden. Dies entspricht einer Wiederfindungsrate von 84% (vgl. Abb.16).



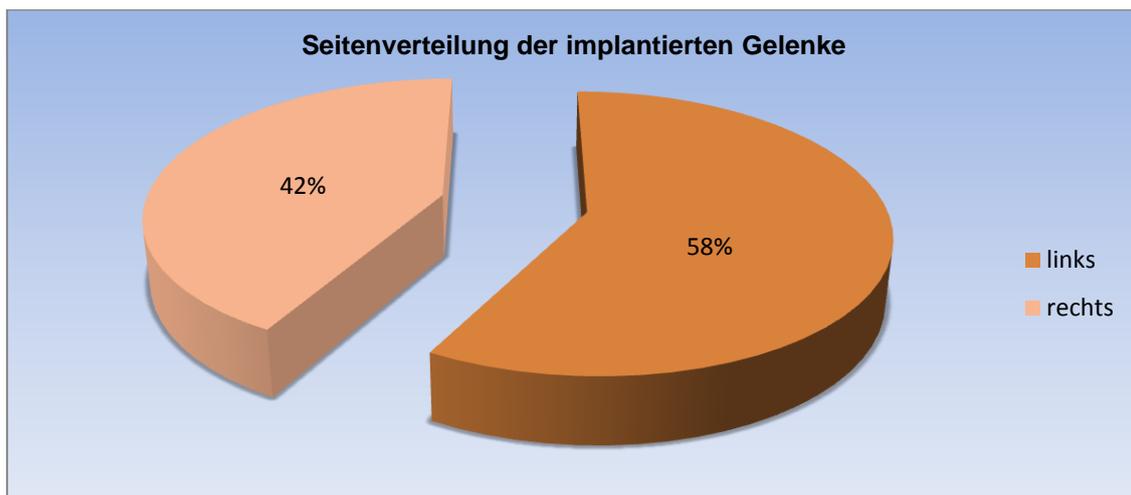
**Abbildung 16:** Diagramm zum Nachbeobachtungs-/Nachuntersuchungszeitraum. Dargestellt sind die Wiederfindungs- und die Nachuntersuchungsrate bezogen auf die Anzahl der implantierten Gelenke.

Im nachuntersuchten Kollektiv wurden 73% der Gelenke bei männlichen Patienten implantiert, im Bezug auf die noch auffindbaren Patienten waren 67% männlich (vgl. Abb.17).



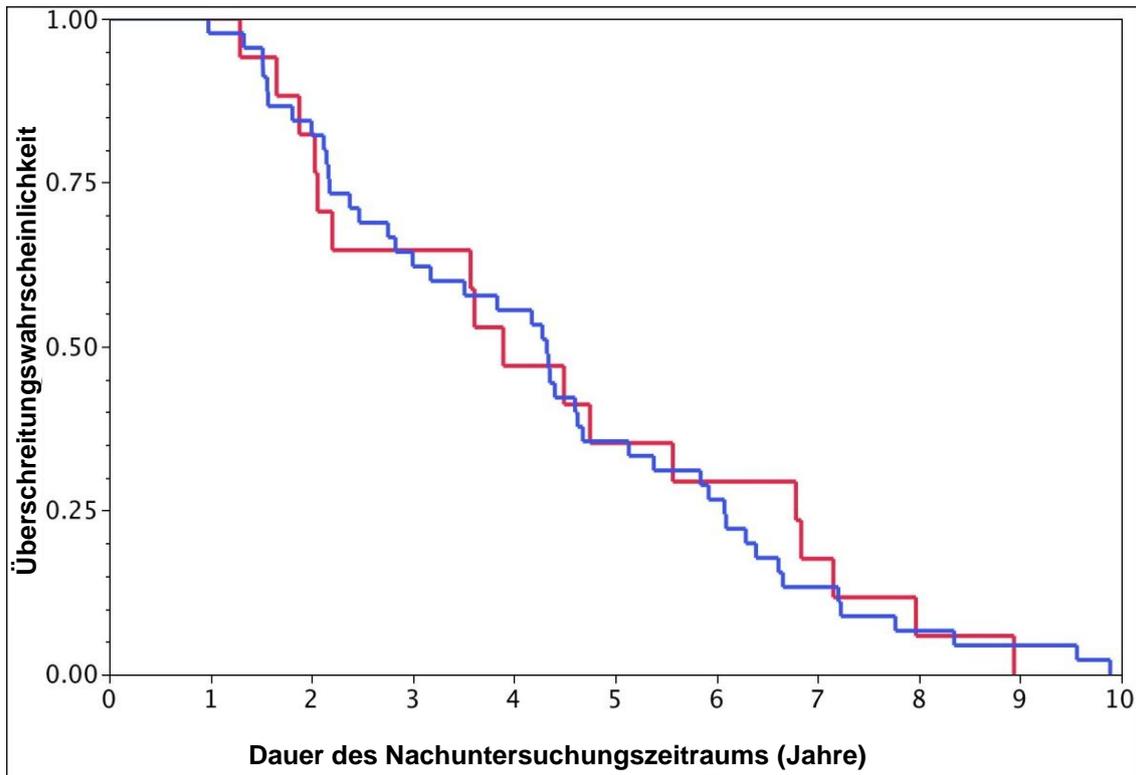
**Abbildung 17:** Diagramm zur Geschlechterverteilung, angegeben sind die Prozentsätze der männlichen/weiblichen Patienten bezogen auf alle wiedergefundenen Patienten (n=85) und im nachuntersuchten Kollektiv (n=60)

Zu 58% war bei den nachuntersuchten Patienten das linke Bein betroffen, wobei dieses auch zu 52% das Standbein des Patienten darstellt (vgl. Abb.18).



**Abbildung 18:** Diagramm zur Seitenverteilung der implantierten Gelenke, n=62

### 3.1.1. Beobachtungszeitraum



**Abbildung 19:** Diagramm der Nachuntersuchungszeiträume (differenziert nach Geschlecht, weiblich=rot, männlich=blau; n=62) in Jahren, die Zeitdauer findet sich auf der x-Achse, auf der y-Achse findet sich die Überschreitungswahrscheinlichkeit.

Der mediane Beobachtungszeitraum liegt bei 4,35 Jahren (Streubreite 5-118 Monate), bei den weiblichen Kniegelenken mit durchschnittlich 4,39 Jahren etwas höher als bei den männlichen Kniegelenken mit im Schnitt 4,33 Jahren (vgl. Abb.19), dieser Unterschied ist allerdings nicht signifikant.

### 3.1.2. Altersverteilung bei Trauma

Ein Patient konnte sich nicht mehr erinnern, in welchem Jahr der Unfall stattgefunden hatte, er war somit keiner Gruppe zuzuordnen, daher reduziert sich in diesem Fall - und für die Berechnung der Zeitdauer zwischen Unfall und endoprothetischer Versorgung - die Gesamtzahl auf  $n=61$ .

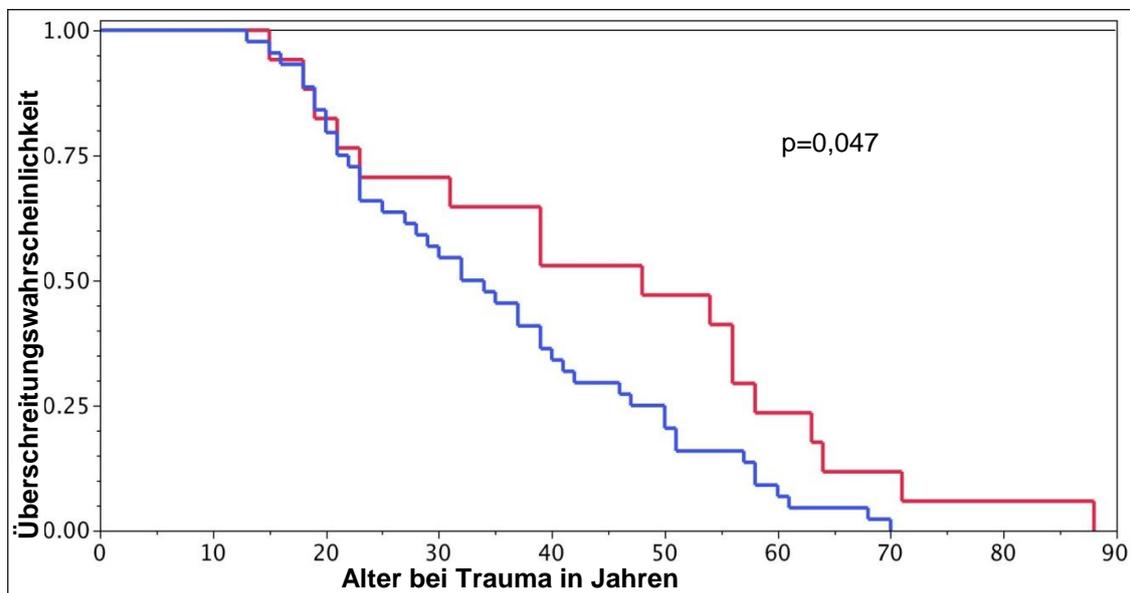
Durchschnittlich waren die nachuntersuchten Patienten zum Zeitpunkt des Unfalls, der zur Verletzung des Kniegelenkes führte 38,15 Jahre alt (13-88).

Männer waren im Schnitt etwa zehn Jahre jünger (35,6 Jahre) als Frauen (44,9 Jahre), dies sei in Tabelle 3 nochmals dargestellt.

	<b>Gesamt</b>	<b>männlich</b>	<b>weiblich</b>
<b>Medianes Alter bei Trauma in Jahren</b>	38,2	35,6	44,9
	(13-88)	(13-70)	(15-88)

**Tabelle 3:** Alter bei Trauma, die Werte in Klammer bezeichnen die Streubreite der gefundenen Werte,  $n=61$

Die Altersverteilung zum Zeitpunkt des Unfalls sei im folgenden Schaubild (Abb.20) wiedergegeben:



**Abbildung 20:** Diagramm zum Alter bei Trauma differenziert nach Geschlecht (rot=weiblich, blau=männlich), auf der x-Achse findet sich das Alter in Jahren, auf der y-Achse die Überschreitungswahrscheinlichkeit im nachuntersuchten Kollektiv ( $n=61$ , s.o.)

Es ergeben sich für die beiden Geschlechter zwei unterschiedliche Altersgipfel. Bei den Männern liegt dieser um das 30-35.Lebensjahr, bei den Frauen um das 45-50.Lebensjahr. Dieser Unterschied ist im Log-Rank-Test signifikant ( $p=0,047$ ).

### 3.1.3. Wie lange bis zum Eingriff?

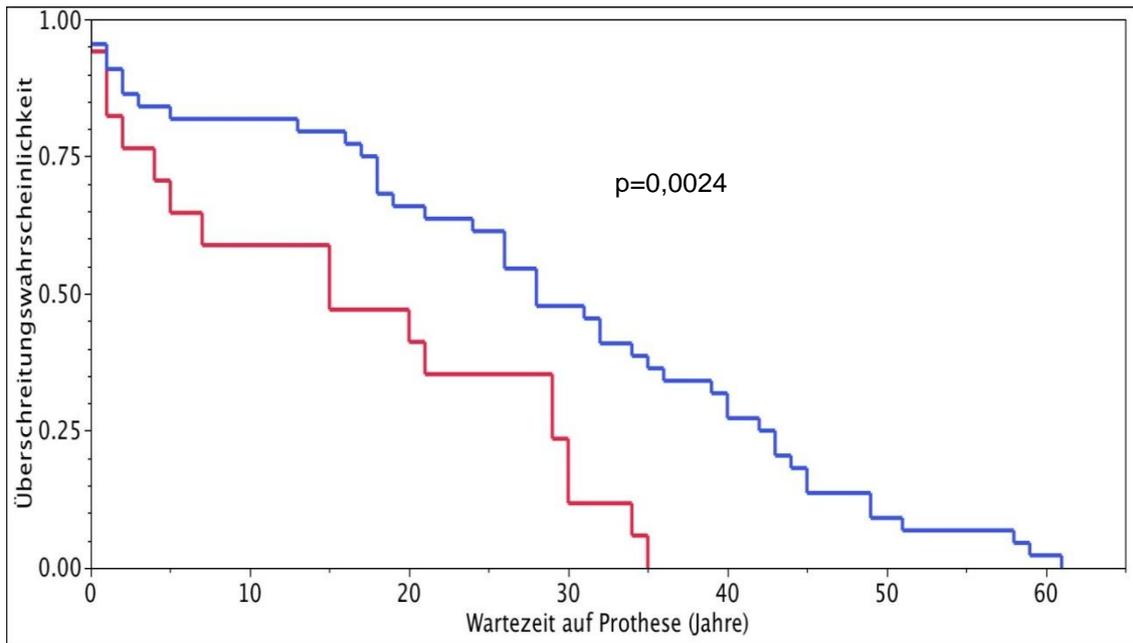
Die mediane Zeit, die bei den nachuntersuchten Patienten bis zur Implantation einer Knieendoprothese verstrich betrug rund 26 Jahre. Es fällt ein Unterschied zwischen Männern (28 Jahre) und Frauen (15 Jahre) auf, wobei die laterale Tibiakopffraktur einer Patientin wegen des hohen Alters von 88 Jahren und der vorbestehenden Gonarthrose schon primär mit einer Prothese versorgt wurde. Sie stellt gleichzeitig den Minimalwert von 0 Jahren.

Lässt man diese Patientin unberücksichtigt, so bleibt dennoch ein signifikanter Unterschied von über 10 Jahren bestehen (28 Jahre gegenüber 17,5 Jahren,  $p=0,0024$  im LogRank-Test).

Der Maximalwert findet sich bei einem männlichen Studienteilnehmer mit 61 Jahren, wobei hier kein Zweifel am vorliegen eines traumatischen Ereignisses vorliegt, da der Patient noch heute Splitter der Granate im Bein trägt (vgl. Tabelle 4).

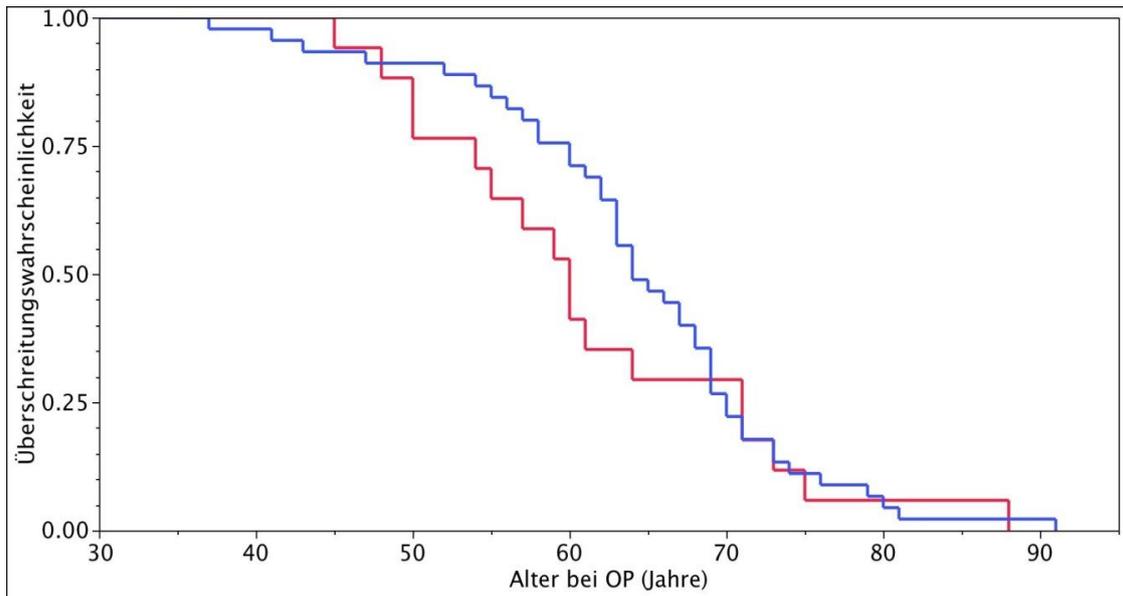
	<b>Gesamt</b>	<b>männlich</b>	<b>weiblich</b>
<b>Mediane Dauer Trauma bis</b>	26	28	15
<b>OP in Jahren</b>	(0-61,3)	(0,4-61,3)	(0-34,9)

**Tabelle 4:** Zeitdauer vom Trauma bis zur Operation in Jahren, die Werte in Klammer bezeichnen die Streubreite der gefundenen Werte,  $n=61$



**Abbildung 21:** Darstellung der Zeitdauer zwischen Trauma und Prothesenimplantation, im Schaubild als „Wartezeit auf Prothese“ bezeichnet und auf der x-Achse abgebildet, die y-Achse gibt die Überschreitungswahrscheinlichkeit wieder. Männer wurden blau und Frauen rot dargestellt, n=61

### 3.1.4. Altersverteilung bei OP



**Abbildung 22:** Diagramm zur Altersverteilung bei OP, selbige ist auf der x-Achse abgebildet, die y-Achse gibt die Überschreitungswahrscheinlichkeit wieder. Männer wurden blau und Frauen rot dargestellt, n=62

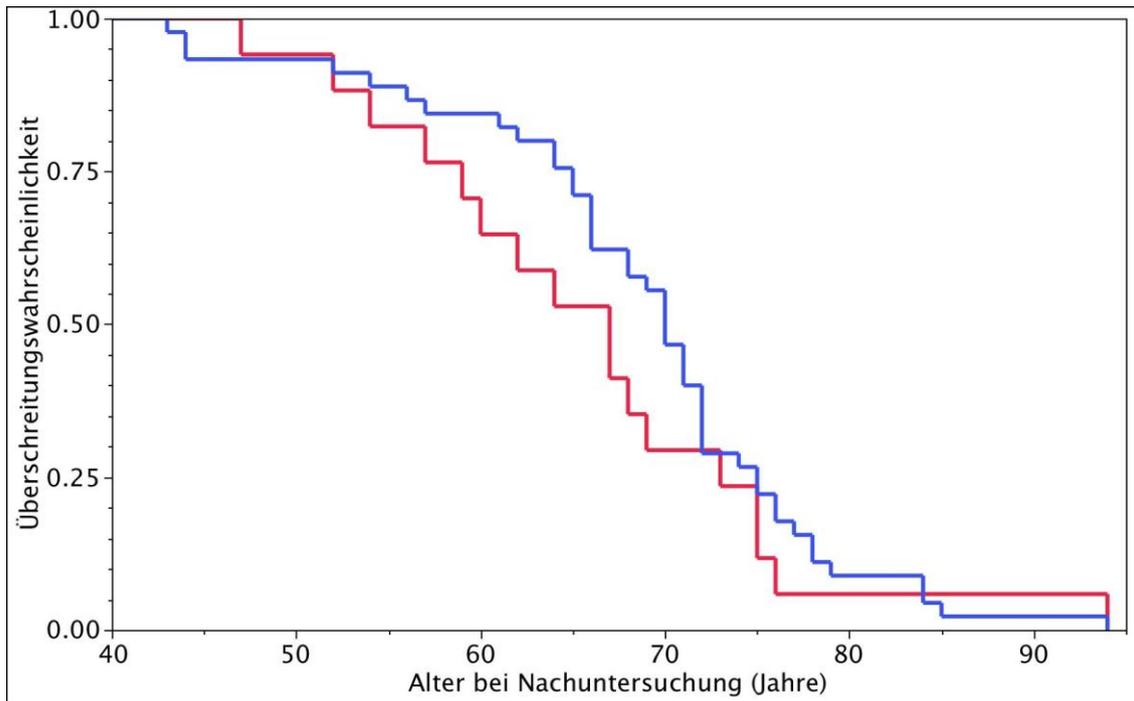
Zum Zeitpunkt der OP betrug der Altersdurchschnitt der nachuntersuchten Patienten im Median 63,5 Jahre (min. 37, max. 91 Jahre, (vgl. Abb.22)). Näherungsweise liegt eine Normalverteilung um diesen Mittelwert vor.

Das Durchschnittsalter der Kniegelenke der männlichen Studienteilnehmer lag bei 64 Jahren, das der weiblichen Studienteilnehmer bei 60 Jahren (vgl. hierzu Tabelle 5). Dieser Unterschied ist nicht mehr signifikant, was im Umkehrschluss bedeutet, dass Frauen die Prothese nach dem Trauma signifikant früher implantiert wurde, als bei Männern (vgl. 3.1.3. Wie lange bis zum Eingriff? und Abbildung 21: Darstellung der Zeitdauer zwischen Trauma und Prothesenimplantation, im Schaubild als „Wartezeit auf Prothese“ bezeichnet und auf der x-Achse abgebildet, die y-Achse gibt die Überschreitungswahrscheinlichkeit wieder. Männer wurden blau und Frauen rot dargestellt, n=61 )

	<b>Gesamt</b>	<b>männlich</b>	<b>weiblich</b>
<b>Alter bei OP</b>	63,5	64	60
<b>in Jahren (Median)</b>	(37-91)	(37-91)	(45-88)

**Tabelle 5:** Alter bei Operation, die Werte in Klammer bezeichnen die Streubreite der gefundenen Werte, n=62

### 3.1.5. Altersverteilung bei Nachuntersuchung



**Abbildung 23:** Diagramm zur Altersverteilung bei Nachuntersuchung selbige ist auf der x-Achse abgebildet, die y-Achse gibt die Überschreitungswahrscheinlichkeit wieder. Männer wurden blau und Frauen rot dargestellt, n=62

Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung betrug 69 Jahre (43-94). Der Altersdurchschnitt der männlichen (70 Jahre) differierte nur wenig von dem der weiblichen Patienten (67 Jahre).

Auch dies sei in einer kurzen Tabelle (Tabelle 6) und in Abbildung 23 noch einmal dargestellt:

	<b>Gesamt</b>	<b>männlich</b>	<b>weiblich</b>
<b>Medianes Alter bei Nachuntersuchung in Jahren</b>	69 (43-94)	70 (43-94)	67 (47-94)

**Tabelle 6:** Alter bei Nachuntersuchung, die Werte in Klammer bezeichnen die Streubreite der gefundenen Werte

### 3.1.6. Verletzungsmuster

Bei der Frage nach dem Verletzungsmuster lassen sich sechs Gruppen einteilen, so fanden sich:

Zwei isolierte Femurcondylenfrakturen mit Gelenkbeteiligung.

17 isolierte Tibiakopffrakturen mit Gelenkbeteiligung.

14 isolierte discoligamentäre Verletzungen, also nur Bandstrukturen oder Menisci betroffen, keine knöcherne Verletzung. Kombinierte Bandverletzungen wie z.B. ein Riss des vorderen Kreuzbandes und des Innenbandes fallen ebenso in diese Gruppe.

9 extraartikuläre Frakturen, davon drei Femurfrakturen ohne Beteiligung der Gelenkfläche und sechs Tibiaschaft- oder komplette Unterschenkelfrakturen ohne Beteiligung der Gelenkfläche.

12 kombinierte Verletzungen hiervon drei Frakturen des Tibiakopfes mit Band- oder Meniskusläsion, zwei Tibiakopffrakturen mit Fibulafraktur, eine Tibiakopfrümmerfraktur kombiniert mit einer Trümmerfraktur der Femurcondylen, eine Hoffa-Fraktur mit Innenbandläsion, eine Fraktur der Femurcondylen mit Patellarfraktur und eine ligamentäre Verletzung, die mit einer Fibulafraktur vergesellschaftet war.

Außerdem drei Patienten, bei denen sich mehrere Verletzungen an der unteren Extremität auf das Kniegelenk niederschlugen, so brach sich ein Patient den proximalen Unterschenkel und Jahre später den Tibiakopf, ein anderer Patient litt nach einer extraartikulären Femurfraktur an einer Osteomyelitis, erlitt später eine Ruptur des Ligamentum Patellae und erlitt noch einige Jahre später eine Patellafraktur. Eine Patientin erlitt im Rahmen eines Polytraumas eine beidseitige offene Femurcondylenfraktur, kombiniert mit beidseitiger Tibiafraktur sowie einer Fraktur der rechten Patella.

Als sonstige Verletzungen (insgesamt acht Patienten) fanden sich fünf Patellafrakturen (davon zwei offen, eine kombiniert mit einer Distorsion des Kniegelenks) und drei Fremdkörpereinsprengungen ins Kniegelenk, davon einmal eine Einsprengung von Glassplittern und zwei Granatsplitterverletzungen im zweiten Weltkrieg, wovon sich bei einem

Patienten eine Fistel vom Gelenk nach außen bildete, die unter damaligen Bedingungen nur schwer zur Abheilung gebracht werden konnte.

### 3.1.7. Primärversorgung

Die Patienten wurden befragt, wie die Primärversorgung der Verletzung am Bein erfolgte. Es ergab sich folgende Verteilung:

21 mal wurde die Verletzung primär konservativ versorgt

36 mal erfolgte eine operative Primärversorgung

4 Patienten gaben an, dass keinerlei Primärversorgung der Verletzung stattfand, auf Nachfrage, gaben sie dann die Umstände der Verletzung an: Zwei Patienten wurden im Feldlazarett versorgt, hier waren keine Mittel zur adäquaten Versorgung vorhanden. Bei einem Patienten wurde die Patellafraktur aufgrund des lebensbedrohlichen Zustandes bei Polytrauma zunächst nicht bemerkt und ein Patient erachtete das Distorsionstrauma trotz erheblicher Schwellung des Gelenkes nicht für wert, einen Arzt aufzusuchen, er tat dies erst einige Wochen später, als er „Zeit dafür“ gefunden hatte. Diese vier Patienten wurden der Gruppe der konservativen Versorgung zugeschlagen.

Bei einer Patientin wurde die laterale Tibiakopffraktur aufgrund des hohen Alters beim Unfall (88 Jahre) primär endoprothetisch mit einer Blauth-Prothese versorgt, diese wurde für den folgenden Vergleich der Scores keiner der beiden Gruppen zugerechnet.

Die Unterschiede in den vorgenannten Punkten zwischen der Gruppe der primär operativ versorgten Patienten und der Gruppe der primär konservativ versorgten Patienten seien in Form einer Tabelle (Tabelle 7) wiedergegeben.

	Alter bei Trauma	Alter bei OP	Dauer Trauma bis OP Jahren	Alter bei Nachuntersuchung
<b>operative Primärversorgung</b>	39 (13-71)	61 (37-76)	20,3 (0,4-49,3)	66 (43-79)
<b>konservative Primärversorgung</b>	30 (15-68)	68 (45-91)	33 (0,7-61,3)	72 (47-94)

**Tabelle 7:** Primärversorgung, Medianwerte - die Werte in Klammer bezeichnen die Streubreite der gefundenen Werte, n=62

Der Unterschied in der Dauer von Trauma bis zur Operation zugunsten der konservativen Primärversorgung ist statistisch signifikant (Log-Rank Test:  $p=0.0046$ ), bezüglich der Ergebnisse in den postoperativen Scoringsystemen besteht kein signifikanter Unterschied.

### 3.1.8. relevante Begleitverletzungen

Ein Patient erlitt im Rahmen seiner Tibiakopffraktur eine komplette Durchtrennung des Nervus Peroneus, so dass seither eine komplette motorische und sensible Parese besteht.

Ein weiterer Patient beklagt seit dem Unfall eine Dysästhesie im peripheren Innervationsbereich des Nervus Peroneus (distal des Narbenbereiches).

Ein Patient erlitt im Rahmen seines Polytraumas auch eine Fraktur im Bereich des oberen Sprunggelenkes und gibt an, seither Hyp- und Parästhesien auf dem Fußrücken zu haben.

Bei einem weiteren Patienten besteht seit der operativen Versorgung des Traumas (möglicherweise auch noch vom Unfall selbst) eine Fuß- und Großzehenheberschwäche sowie eine Hypästhesie im Bereich DI-DIII.

### 3.1.9. Begleiterkrankungen und BMI

Bei den Begleiterkrankungen wurde unterschieden, ob diese die Funktion des Kniegelenkes selbst bzw. die einzelnen Scores beeinflussen, oder nicht.

keine Beeinflussung der Kniegelenksfunktion oder der Scores zu erwarten	52%
Beeinflussung durch andere Erkrankungen des Bewegungsapparates	33%
Beeinflussung durch Erkrankungen des Herz-/Kreislaufsystems oder vaskuläre Erkrankungen	8%
Sonstige Erkrankungen, die einen Einfluss auf die Kniegelenksfunktion oder die Scores aufweisen	7%

**Tabelle 8:** Prozentuale Anteile der Begleiterkrankungen im untersuchten Patientengut, n=62

So ist bei 29 Patienten eine Beeinflussung von Funktion und/oder Score zu erwarten wohingegen bei 31 Patienten keine Beeinflussung durch eine Erkrankung (oder die Kombination mehrerer Erkrankungen) zu erwarten ist, was jedoch nicht heißt, dass diese keine sonstigen Erkrankungen aufweisen.

Beispiele für - hinsichtlich der Kniegelenksfunktion oder der Scores - nicht relevante Erkrankungen sind eine arterielle Hypertonie oder ein stattgehabter Herzinfarkt ohne bestehende Herzinsuffizienzzeichen, ein Glaukom oder eine medikamentös eingestellte Hyperthyreose. Aber auch in sano resezierte und bisher rezidivfreie Karzinome wie z.B. ein Mamma-Karzinom beeinflussen die Kniegelenksfunktion und die Scores nicht. Tabelle 8 stellt die Verteilung noch einmal dar.

In der Gruppe der Patienten, bei der eine Beeinträchtigung des Ergebnisses zu erwarten ist, lassen sich drei Untergruppen einteilen.

Erstens wurden Erkrankungen des Bewegungsapparates selbst erfasst, die z.B. das Gangbild oder die Gehstrecke beeinflussen, aber auch z.B. das Heben von Lasten unmöglich machen und so im Alltag zu Einschränkungen führen.

Hier fanden sich 20 Patienten, im Einzelnen:

Ein Patient mit Gicht (Probleme bestehen hauptsächlich im Großzehengrundgelenk).

Ein Patient mit rheumatoider Arthritis sowie Z.n. rechtshemisphärischem Insult bei art. Hypertonie, von dem allerdings keine Residuen zurückblieben.

Ein Patient mit rheumatoider Arthritis sowie Z.n. Fraktur des vierten Lendenwirbelkörpers und Bandscheibenprotrusion L3/4, insulinpflichtigem Diabetes Mellitus Typ II und Adipositas Grad II.

Ein Patient mit Schädigung der Rotatorenmanschette, dem Nacken- und Schürzengriff nicht möglich waren, außerdem konnte er keine Lasten heben und gab an, erheblich Schmerzen seitens der Schulter zu haben.

Außerdem ein Patient, der nach Schulterreckgelenkssprengung (Tosy-III) Schmerzen in der Schulter beklagt, er nehme hierfür regelmäßig Tilidin/Naloxon.

Aufgrund diverser weiterer Unfällen besteht außerdem ein Cauda-Syndrom.

Drei Patienten mit bestehender Problematik im Bereich der Lendenwirbelsäule, davon ein Patient mit einer deutlichen Skoliose, ein Patient mit deutlichen degenerativen Veränderungen und bestehender vertebraer Schmerzsymptomatik, bei dem zusätzlich ein Apoplex bei bestehender Hypertonie in der Vorgeschichte zu finden ist, von dem aber keine motorischen Defizite zurückblieben.

Ein Patient mit arthrotischen Veränderungen der Wirbelsäule, Coxarthrose bds., sowie beidseitiger Sprunggelenksarthrose. Zusätzlich bestehen ein Sick-Sinus-Syndrom und eine arterielle Hypertonie.

Drei Patienten mit hochgradigen arthrotischen Veränderungen des Hüftgelenkes, hiervon zwei bereits mit endoprothetischer Versorgung.

Fünf Patienten gaben an, dass das operierte Knie weit besser sei, als das andere Knie (4x steht ein endoprothetischer Ersatz der anderen Seite bevor, 1 Patient hat hier bereits einer Arthrodesen).

Drei Patienten mit Arthrodesen des Sprunggelenkes (2x OSG, 1x Triple-Arthrodesen), wovon ein Patient auch einen Herzinfarkt hinter sich hatte, aber angibt, keine Beschwerden mehr seitens des Herzens zu haben, hier findet sich auch o.g. Patient mit traumatischer Durchtrennung des Nervus Peroneus wieder.

Bei einer Patientin wurde im Rahmen einer Achskorrektur und Verlängerungsosteotomie des Femurs der Nervus Ischiadicus geschädigt, so dass am Unterschenkel eine komplette Ischiadicusparese besteht, außerdem wurde bei ihr bereits eine subtalare Arthrodesse durchgeführt.

In der Gruppe der Herz- oder Gefäßerkrankungen fanden sich 5 Patienten, bei denen eine Beeinträchtigung der Scores anzunehmen ist, im Einzelnen sind dies:

Ein Patient mit langjährigem Diabetes und koronarer Herzerkrankung, es besteht eine Herzinsuffizienz NYHA III.

Ein Patient mit persistierenden Beschwerden im linken Arm bei Z.n. zweimaligem Herzklappenersatz und zwischenzeitlich stattgehabter arterieller Embolisierung des linken Armes.

Drei Patienten mit cerebralen Ereignissen, hiervon ein Patient mit rechtsseitiger spastischer Parese bei Z.n. Mediainfarkt zwei Monate vor der Nachuntersuchung, der außerdem mehrere Male an der Halswirbelsäule operiert wurde.

Ein Patient mit Apoplex, der zwar keine relevanten neurologischen Defizite zurückbehält, aber seither nicht mehr in der Lage ist, schnell zu laufen o.Ä..

Außerdem eine Patientin mit linksseitiger Hemiplegie bei Z.n. Stammganglienblutung mit Facialispese li., außerdem Z.n. Hirnblutung. Seit einem weiteren Insult besteht eine Aphasie und Schluckprobleme, darüberhinaus eine Osteoporose.

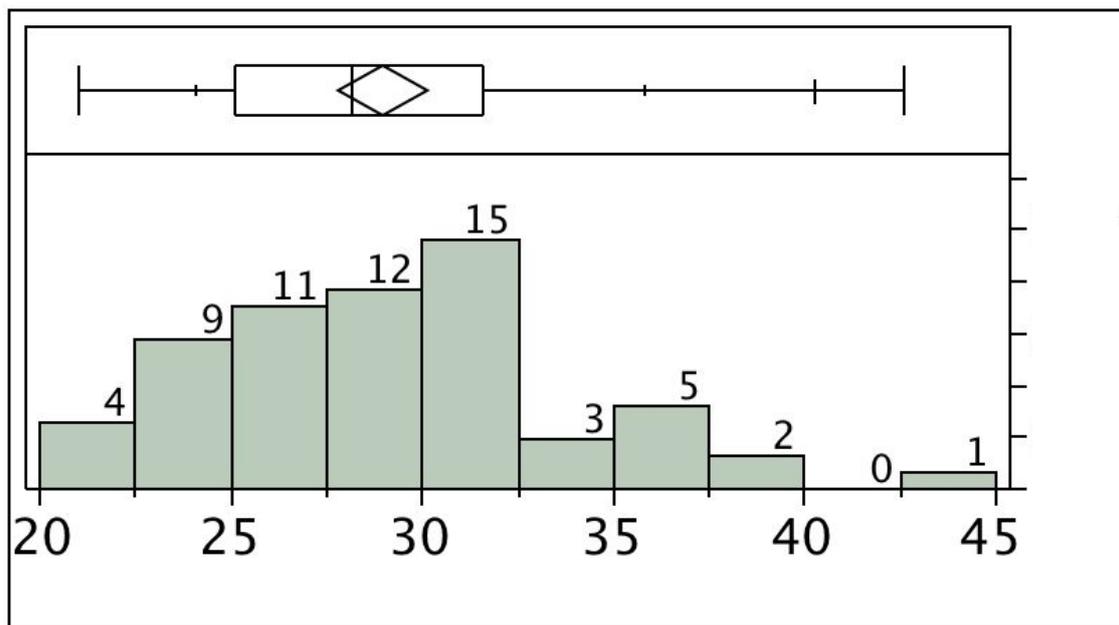
In einer weiteren Gruppe wurden sonstige oder multiple Erkrankungen zusammengefasst (4 Patienten):

Ein Patient hatte unmittelbar vor der Nachuntersuchung eine Pneumonie überstanden und war von dieser noch sichtlich geschwächt, benötigte noch einen Gehstock, hatte Probleme beim Treppensteigen und konnte nicht schnell laufen.

Zwei Patienten haben eine Poliomyelitis hinter sich, hier wurde bei einem Patienten außerdem eine percutane Achillotomie nach Maier bei Supinationsspißfuß durchgeführt.

Ein Patient nimmt aufgrund eines nicht näher bezeichneten Schmerzsyndroms Morphin ein. Er bringt außerdem eine ganze Reihe von Vorerkrankungen mit, so besteht eine Herzinsuffizienz (NYHA II-III), eine Niereninsuffizienz (mit Hyperurikämie), ein metabolisches Syndrom (BMI 42,61), eine Spinalkanalstenose in Höhe der Lendenwirbelsäule, eine (wahrscheinlich diabetische) periphere Polyneuropathie, Lymphödeme an beiden Beinen und ein Z.n. Apoplex, wobei dieser keine objektivierbaren Defizite hinterließ.

Der BMI der nachuntersuchten Patienten lag im Schnitt bei  $29\text{kg/m}^2$  ( $20,98\text{--}42,61\text{kg/m}^2$ ), bei den Frauen mit  $29,49\text{kg/m}^2$  etwas höher als bei den Männern mit  $27,68\text{kg/m}^2$ , die Spannweite des BMI stellt auch Abbildung 24 noch einmal dar.



**Abbildung 24:** Boxplot-Diagramm zur BMI- Verteilung, erkennbar ist die Verschiebung des BMIs in einen Bereich über dem Normalgewicht, der Median, die 25% bzw. 75%-Quartile sowie die Streubreite der Werte, Im unteren Teil ist auf der x-Achse ist der BMI-Wert aufgetragen, auf der y-Achse die Anzahl der implantierten Gelenke

Da bei zwei Patienten beidseits Prothesen implantiert wurden, sind die Werte 24,22 und 20,98 in dieser Darstellung doppelt vertreten.  $n=62$

Zwischen der Gruppe der primär operierten Patienten und der primär konservativ versorgten Patienten lagen die Unterschiede erst im Nachkommabereich

(beides mal 29), auch beim Vergleich der navigierten gegenüber den nicht navigierten Prothesen war der Unterschied mit 29 kg/m<sup>2</sup> gegenüber 30 kg/m<sup>2</sup> nicht groß.

Der Patient mit dem Maximalwert von 42,61 kg/m<sup>2</sup> fällt hierbei in die Gruppe der beim Unfall primär konservativ versorgten Kniegelenke, bei denen die Prothese später navigationsgestützt implantiert wurde.

### **3.1.10. Voroperationen**

Die Patienten wurden befragt, welche Operationen am Kniegelenk bis zur Implantation der Prothese (außer der Primärversorgung und ggf. erforderlichen Metallentfernung) durchgeführt wurden.

Lediglich 46,7% der Kniegelenke waren nicht voroperiert, bei 3,2% war vor der Prothesenimplantation lediglich eine Bakerzyste entfernt worden.

Die Voroperationen im Einzelnen:

Eine Korrektur der Achsabweichung mittels Umstellungsosteotomie war bei fünf der nachuntersuchten Kniegelenke durchgeführt worden.

Bei vier Kniegelenken waren Meniskus(teil-)resektionen erfolgt, hierbei war dreimal der Innenmeniskus und bei einem Gelenk beide Menisci (teil-)reseziert worden.

Drei Patienten berichteten von einer stattgehabten arthroskopischen Gelenktoilette.

Bei zwei Gelenken war eine Patellektomie durchgeführt worden.

Eine Patientin gab an, dass eine Resektion des vorderen Kreuzbandes durchgeführt worden sei.

Ein Patient hatte eine Innenbandplastik erhalten, nachdem primär bereits eine Kreuzbandersatzplastik durchgeführt worden war, das Gelenk sich nach Abschluss der konservativen Therapie aber noch immer als medial instabil erwies.

Ein Patient hatte 10 Jahre vor der KTP bei posttraumatischer Arthrose bereits eine mediale Schlittenprothese implantiert bekommen.

14 Kniegelenke waren multipel voroperiert, wovon sich bei sechs - aufgrund der Vielzahl an Operationen - nicht mehr rekonstruieren ließ, welche Maßnahmen durchgeführt wurden. Bei den noch rekonstruierbaren Fällen handelte es sich zumeist um Kniegelenke, bei denen zunächst eine arthroskopische Gelenktoilette (1) oder Meniskusoperation (2), oder beides (1) durchgeführt worden war und später eine Umstellungsosteotomie zur Korrektur der Beinachse und Entlastung des geschädigten Gelenkskompartimentes der endoprothetischen Versorgung vorgeschaltet wurde. Bei 2 Patienten wurde zusätzlich zur Gelenkstoilette und Korrektur der Beinachse eine Verlagerung der Tuberositas Tibiae durchgeführt (1x OP nach Bandi [98], 1x OP nach Elmslie).

Ein Patient hatte nach Anbohrung des medialen Femurcondylus und Abtragen eines Hinterhornabrisses des medialen Meniskus etwa 15 Jahre später eine mediale Schlittenprothese erhalten.

Bei einem anderen Patienten musste die Drahtumschlingung der Patellafraktur entfernt und neu vorgenommen werden, da das Cerclage-Material intraartikulär Beschwerden verursachte. Außerdem wurden eine Resektion des Innenmeniskus, eine Naht des medialen Seitenbandes und mehrmalige Arthroskopien zur Knorpelglättung vorgenommen.

## **3.2. Operation und postoperative Behandlung**

### **3.2.1. Implantierte Prothesentypen**

Bei den nachuntersuchten Patienten fanden sich:

36 Knieendoprothesen Typ Search<sup>®</sup>, davon wurden 23 mit computergestützter Navigation implantiert, 13 wurden konventionell implantiert. Ein Ersatz der Patella-Rückfläche wurde 13 mal vorgenommen, bei 23 Kniegelenken wurde (zunächst) darauf verzichtet.

19 Knieendoprothesen des Typs Columbus<sup>®</sup>, allesamt mit computergestützter Navigation implantiert, davon 3 mit Patellarückflächenersatz.

6 gekoppelte Blauthprothesen, hiervon 1 mit Ersatz der Patella-Rückfläche, bei einer Prothese war eine zusätzliche Schraubfixation des Patellaransatzes an der Tuberositas Tibiae erforderlich.

Eine Scharnierprothese Endomodel der Fa. Link (Hamburg) mit Patellarrückflächenersatz.

Die Unterschiede in den vorgenannten Punkten zwischen den navigationsunterstützten Prothesen und den nicht navigierten Prothesen seien in folgender Tabelle 9 dargestellt:

	<b>Alter bei Trauma</b>	<b>Alter bei OP</b>	<b>Dauer Trauma bis OP in Jahren</b>	<b>Alter bei Nachuntersuchung</b>
<b>navigierte Implantation (n=42)</b>	32 (15-70)	64 (41-91)	29 (0,7-61,3)	70 (43-94)
<b>nicht navigierte Implantation (n=20)</b>	43,5 (13-88)	61 (37-88)	19 (0-49)	67,5 (44-94)

**Tabelle 9:** Navigation vs. konventionelle Technik, Medianwerte - die Werte in Klammer bezeichnen die Streubreite der gefundenen Werte (n=62)

Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen navigierter Implantation und konventioneller Technik bezüglich Standzeit oder Scoringergebnissen fand sich nicht. Auch bezüglich der postoperativen Bandstabilität fand sich kein signifikanter Unterschied. Betrachtet man jedoch im Score der American Knee Society, den Punkt „Stabilität mediolateral“, so finden sich die tendenziell etwas besseren Werte bei den navigationsgestützt implantierten Prothesen .

### **3.2.2. Intra- und postoperative Komplikationen, Komplikationen im Wundheilungsverlauf**

Intraoperative Komplikationen wurden im vorliegenden Patientenkollektiv keine beobachtet.

Der postoperative Verlauf gestaltete sich bei 57 Fällen komplikationslos (entsprechend 91,94%).

Ein Patient wurde aufgrund einer vorbekannten Hypertonie (mit diastolischen Werten bis 130) planmäßig einen Tag auf Intensivstation überwacht, es traten jedoch keine Blutdruckkrisen auf, so dass am zweiten postoperativen Tag die Verlegung auf Normalstation erfolgte.

Bei einer Patientin wurde bei unauffälligem Wundheilungsverlauf, jedoch erheblichem Ruhe- und Bewegungsschmerz mit relevanter Bewegungseinschränkung, eine Narkosemobilisation des Knies durchgeführt.

Bei einem Patienten bildete sich ein kleines Hämatom, das nicht revidiert werden musste. Im weiteren Verlauf trat fünf Monate postoperativ ein Spätinfekt mit hohem Fieber, deutlichem Gelenkerguss und einer Erhöhung des C-reaktiven-Proteins bis auf 217mg/dl auf. Die Prothese war trotz mehrmaliger Lavage nicht zu erhalten, sie wurde ausgebaut und es wurde temporär ein Spacer eingelegt, der sieben Monate später durch eine Blauthprothese ersetzt wurde. Im Anschluss an diese Operation traten keine weiteren Komplikationen auf.

Werden diese drei Fälle als - im unmittelbar postoperativen Verlauf - komplikationslos gewertet, so ergibt sich eine Komplikationsrate von 3,23% (entsprechend 2 Patienten) im nachuntersuchten Kollektiv.

Hiervon war jedoch nur eine schwerwiegend, es handelte sich um eine reanimationspflichtige Tachyarrhythmie mit anschließender Übernahme des Patienten auf Intensivstation.

Der andere Fall gestaltete sich in Bezug auf die eingebrachte KTP eigentlich problemlos, jedoch luxierte am zweiten postoperativen Tag die bereits vorher eingebrachte (gleichseitige) Hüfttotalendoprothese des Patienten. Aufgrund der daraus resultierenden Bettruhe entwickelte sich am vierten postoperativen Tag

eine Phlebothrombose im Unterschenkel, die jedoch früh erkannt und therapiert wurde.

Auch wesentliche Komplikationen beim Wundheilungsverlauf traten im nachuntersuchten Kollektiv nicht auf.

### **3.2.3. Folgeoperationen,**

#### **Verschleißteilwechsel und Rate an Prothesenwechseln**

Auf Folgeoperationen hin befragt, ergab sich folgendes Bild:

Bei 79,03% der nachuntersuchten Gelenke war seit der Implantation der Prothese keine Folgeoperation erforderlich.

Fünf Gelenke bedurften aufgrund einer Bewegungseinschränkung auf unter 0-0-90° einer (arthroskopischen) Arthrolyse, wobei einmal dorsale Osteophyten von Femurcondylen und Tibia abgetragen wurden.

Die in 5.2.2. genannte Patientin, bei der eine Narkosemobilisation notwendig war, erhielt bei persistierenden anterioren Kniebeschwerden 1,2 Jahre postoperativ einen Patellarückflächenersatz und ist seither beschwerdefrei.

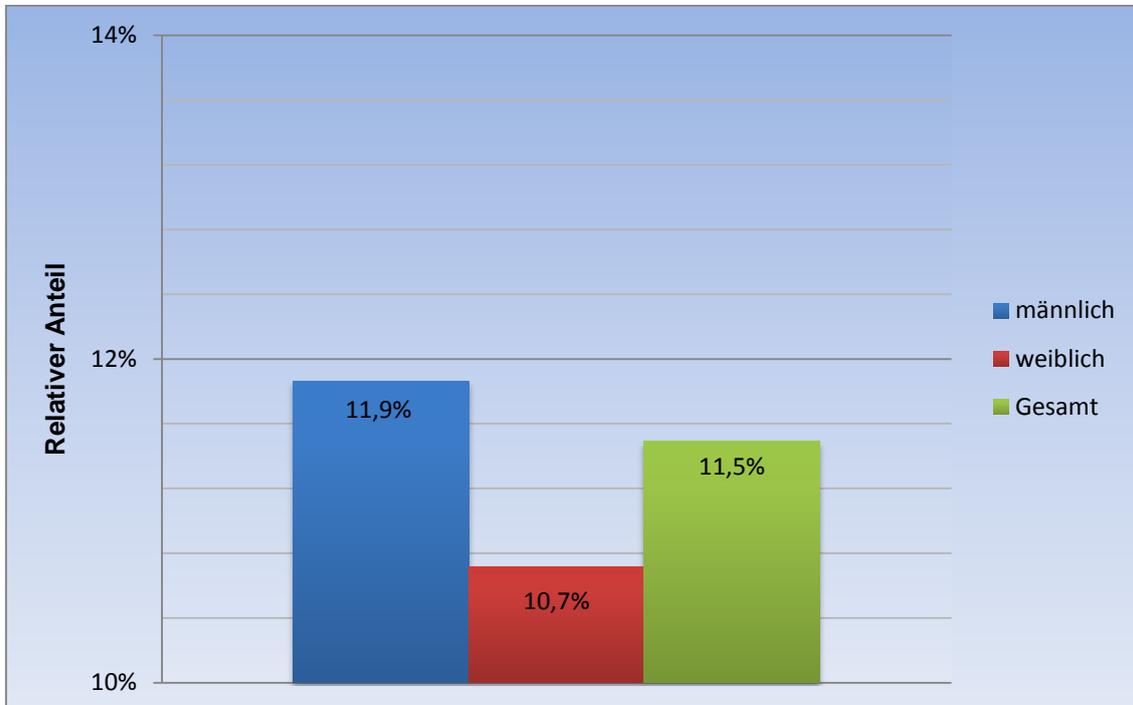
Bei einer Patientin erfolgte bei Instabilitätssymptomatik und fortschreitender Retropatellararthrose 1,75 Jahre Post-OP ein Inlaywechsel mit dorsomedialem und lateralem Release sowie die Implantation eines Patellarückflächenersatzes. Ein weiterer Inlaywechsel mit lateralem Release und Ersatz der retropatellaren Gelenkfläche war bei einem Patienten mit persistierendem Gelenkerguss, starker medialer Aufklappbarkeit, einer Beinverkürzung um etwa 1cm und leicht valgischer Beinachse erforderlich (3,4 Jahre Post-OP).

Bei einem Patienten wurde 1,6 Jahre postoperativ die Achse der Blauthprothese gewechselt, hierbei wurden die Polyäthylenkomponenten der Prothese auch nochmals erneuert.

Ein Patient erhielt fünf Monate postoperativ einen Patellarückflächenersatz, welcher 1,6 Jahre später gewechselt wurde. Im Zuge dieser OP wurden ebenso Osteophyten der Patella entfernt und die tibiale Polyäthylengleitfläche gewechselt.

Bei weiteren sieben Patienten war ein Wechsel der Prothese erforderlich (hiervon fünf aseptische Lockerungen und zwei Spätinfekte - vgl. auch 3.2.2.),

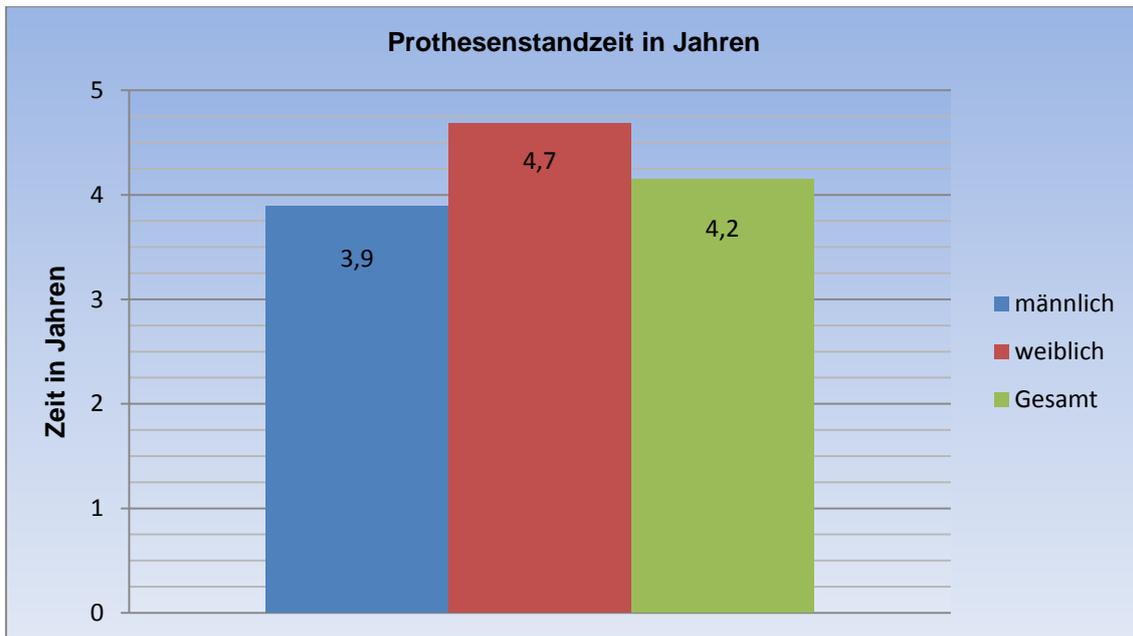
zweimal folgte eine Arthrodesese des Kniegelenkes, wovon eine aufgrund einer persistierenden Schmerzsymptomatik bei fest einliegender Prothese stattfand, die andere wurde als septische Arthrodesese bei Kniegelenksinfektion durchgeführt.



**Abbildung 25:** Relativer Anteil der gewechselten Prothesen nach Geschlecht (männlich blau, n=59; weiblich rot, n=28) und gesamt (n=87)

Sieht man von den gewechselten Verschleißteilen ab und zieht nur tatsächlich gewechselte Prothesenkomponenten sowie die Arthrodesen ins Kalkül, so ergibt sich im gesamten nachverfolgten Kollektiv (87 Kniegelenke) eine Revisionsrate von 11,5%. Sie liegt bei den Männern mit 11,9% etwas höher als bei den Frauen mit 10,7% (vgl. Abb.25).

### 3.2.4. Prothesenstandzeit



**Abbildung 26:** Diagramm zur Prothesenstandzeit (differenziert nach Geschlecht, männlich blau, n=59; weiblich rot, n=28 und gesamt n=87) in Jahren.

Die Prothesenstandzeit betrug durchschnittlich 4,2Jahre (0,4-9,8) im wiedergefundenen Gesamtkollektiv und 4,3 Jahre in der Nachuntersuchungsgruppe, Abbildung 26 stellt die Gesamtstandzeit und die Geschlechtsunterschiede nochmals dar.

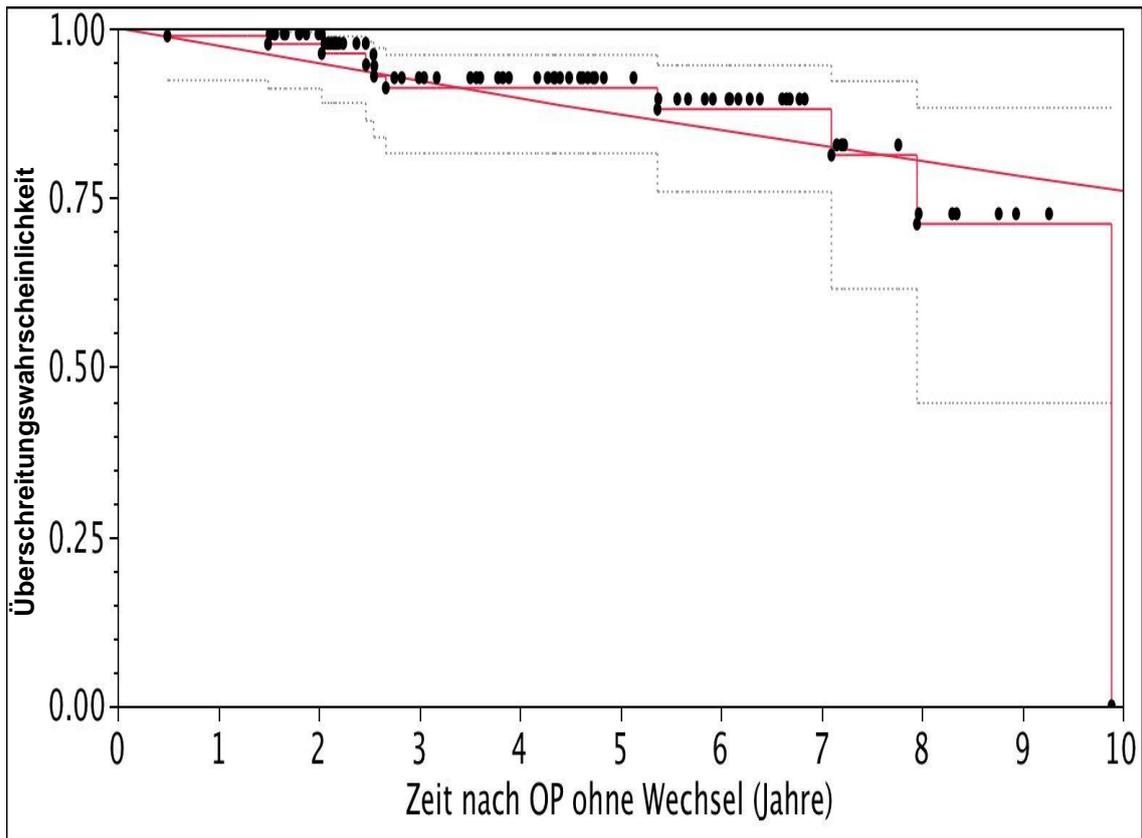
Die Standzeiten lagen bei den Frauen mit 4,7(1,3-9,3) Jahren im Schnitt etwas höher als bei den Männern mit 3,9 (0,4-9,8) Jahren. Die folgenden Überlebenstafel (Tabelle 10) stellt die Überlebensrate und die jährliche Versagensrate nochmals im Detail dar:

Jahre Post OP	Anfangszahl	Revision	verstorben	no. at risk	jährliche Versagensrate	jährliche Erfolgsrate	Überlebensrate
1.Jahr	87	1	1	85,5	0,01	0,99	0,99
2.Jahr	84	2	0	77	0,02	0,98	0,96
3.Jahr	70	3	1	60	0,04	0,96	0,92
4.Jahr	50	0	1	46	0,00	1,00	0,92
5.Jahr	42	0	1	36	0,00	1,00	0,92
6.Jahr	30	1	0	26,5	0,03	0,97	0,89
7.Jahr	23	0	0	18	0,00	1,00	0,89
8.Jahr	13	2	0	9,5	0,15	0,85	0,76
9.Jahr	6	0	0	4	0,00	1,00	0,76
10.Jahr	2	1	0	1	0,50	0,50	0,38

**Tabelle 10:** Überlebenstafel mit jährlicher Versagensrate und Berechnung der kalkulierten Überlebensrate der Prothesen Werte im 10.Jahr unter der Annahme, dass in den nächsten Monaten keine Änderung des ist-Zustandes bei lange korrekt einliegendem Implantat ohne radiologischen Anhalt für eine Lockerung eintritt.

Definiert man als Endpunkt der Überlebensanalyse den Prothesenausbau oder -wechsel, und geht davon aus, dass das Risiko für den Ausbau oder Wechsel einer Prothese einer Exponentialfunktion mit konstantem Risiko entspricht, so folgt daraus die in Abbildung 27 dargestellte Kaplan-Meier-Kurve.

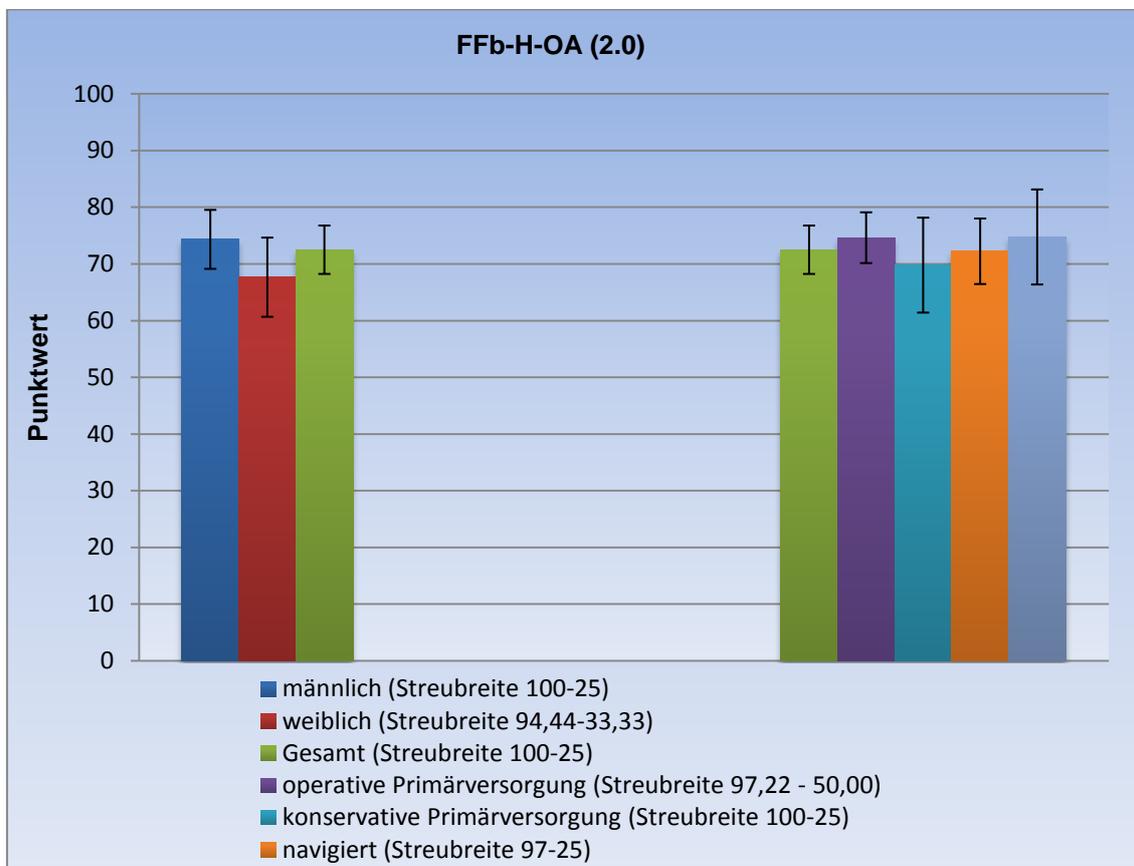
Es ergibt sich ein Median von 25 Jahren, also wäre - statistisch gesehen - nach 25 Jahren die Hälfte der Gelenke getauscht, der Median und die Konfidenzintervalle sind in der Überlebenskurve ebenfalls mit dargestellt.



**Abbildung 27:** Darstellung der Überlebenskurve, Endpunkt - d.h. Kurvensenkung - sei hier der Ausbau oder Wechsel der Prothese (oder Protheseneinzelkomponente), ein Punkt markiert einen Ausfall aufgrund des Endes der Untersuchungszeit. Auf der x-Achse sei die Zeit nach OP ohne Wechsel in Jahren dargestellt, auf der y-Achse die Überschreitungswahrscheinlichkeit. Die Konfidenzintervalle sind durch die gepunkteten Linien wiedergegeben, der Median ist durch die Gerade repräsentiert.

### 3.3. Klinische Scores

#### 3.3.1. FFb-H-OA (2.0)



**Abbildung 28:** Grafische Darstellung der Resultate des FFb-H-OA (2.0), die Höhe der Balken zeigt den Mittelwert, eingezeichnete Intervalle entsprechen dem 95% Konfidenzintervall, die Streubreite der Werte ist der Legende zu entnehmen. Diese Darstellung wurde auch bei den folgenden Diagrammen beibehalten, es gilt jeweils n=62.

Bei der Auswertung des FFb-H-OA (2.0) ergibt sich bei den nachuntersuchten Patienten ein Durchschnittswert von 72,49 (Streubreite:100-25; 95%KI:76,76-68,22), wobei hier die bestehenden Vor- und Begleiterkrankungen berücksichtigt werden müssen (vgl. Abb.28). Den schlechtesten Wert von 25 erreicht ein Patient mit zusätzlich bestehendem Sick-Sinus-Syndrom und Arthrose beider Hüft- und Sprunggelenke sowie deutlichen degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule. Das zweitschlechteste Ergebnis von 30,56 erreicht ein Patient mit bestehender Spinalkanalstenose, ferner bestehender Herzinsuffizienz (NYHA II-III) und Niereninsuffizienz sowie diabetischer Polyneuropathie bei Adipositas permagna (BMI 42,61).

Aufgrund eines nicht näher bezeichneten Schmerzsyndromes nehme er regelmäßig Morphin, ferner wurde ein apoplektischer Insult in der Vorgeschichte angegeben, von dem sich jedoch bei der Nachuntersuchung keine Residuen finden ließen.

Das durchschnittliche Ergebnis der männlichen Kniegelenke liegt dennoch mit 74,32 etwas über dem der weiblichen Kniegelenke von 67,65.

Der Vergleich der Kniegelenke, die primär operativ versorgt wurden mit den Kniegelenken, die primär konservativ versorgt wurden, ergibt einen besseren Durchschnittswert für die primär operativ versorgten (74,61 gegenüber 69,78).

### 3.3.2. Oxford Knee Score

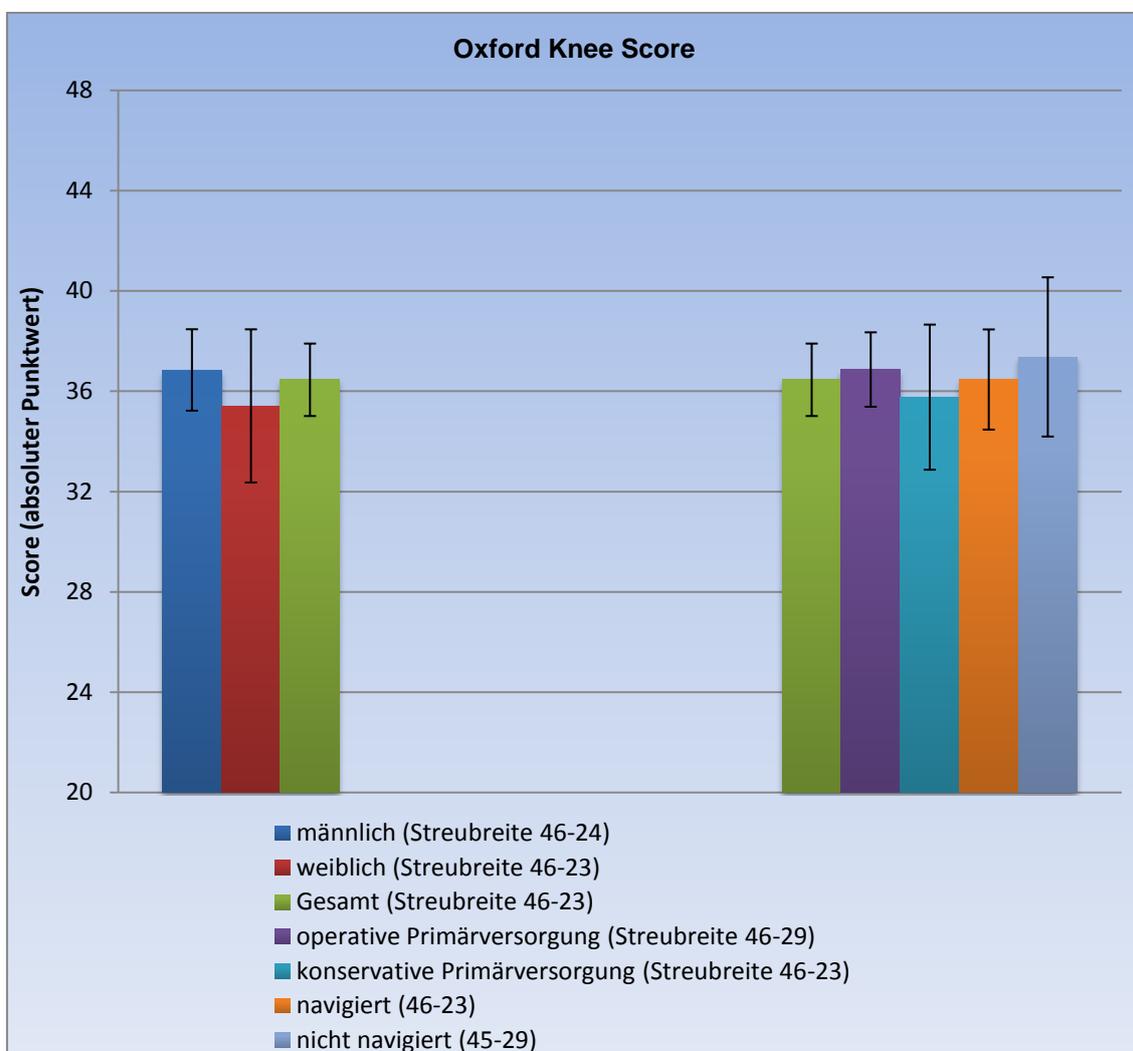


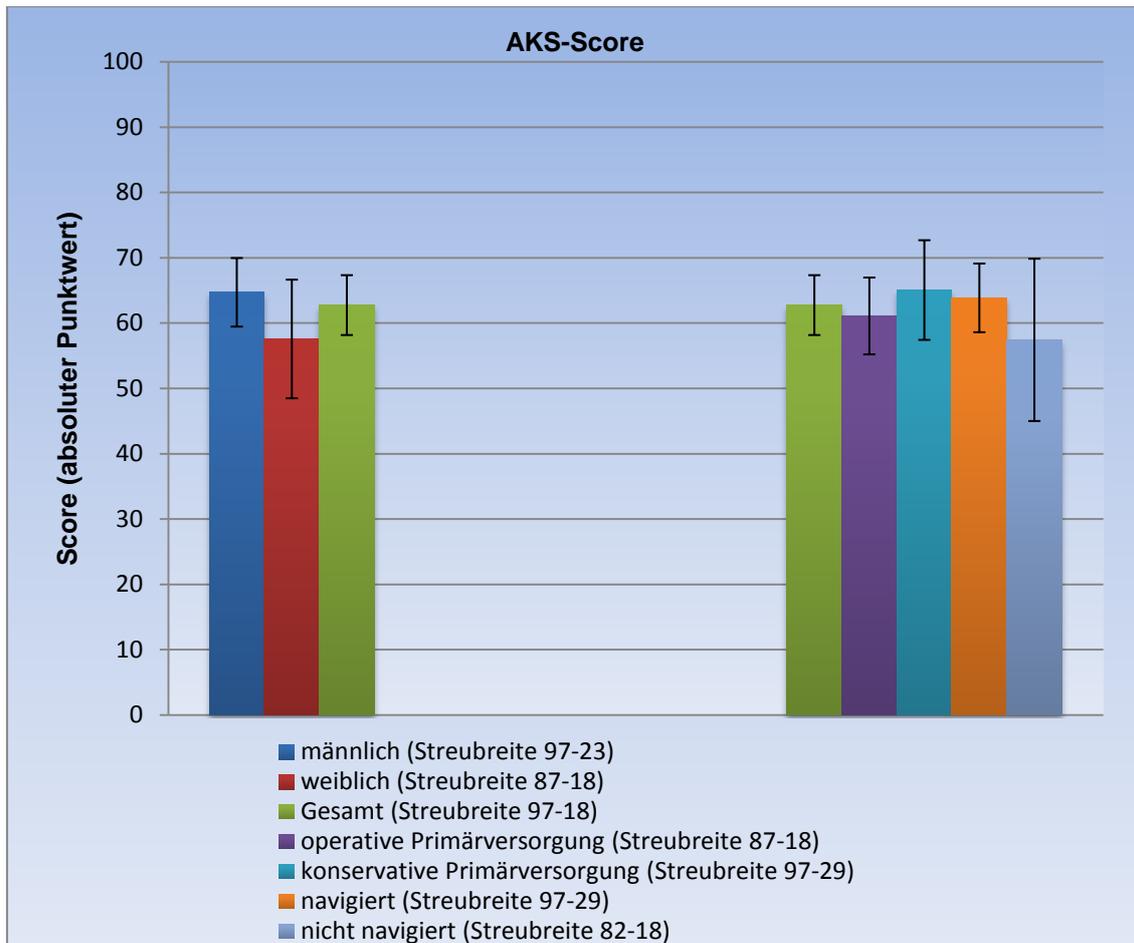
Abbildung 29: Grafische Darstellung der Resultate des Oxford Knee Scores

Für den Oxford Knee Score (vgl. Abb.29) ergibt sich bei den nachuntersuchten Patienten ein Mittelwert von 36,45 (Streubreite:46-23; 95%KI:35,01-37,90), wobei auch hier die bestehenden Vor- und Begleiterkrankungen berücksichtigt werden müssen. Es ergibt sich ebenso bei den Männern ein etwas besseres Ergebnis als bei den Frauen (36,84 gegenüber 35,41) und für die primär operativ versorgten Gelenke ein etwas besseres Ergebnis als für die primär konservativ versorgten Gelenke (36,86 vs. 35,76).

Der schlechteste Wert von 23 Punkten wurde von einer Patientin erreicht, die zusätzlich an einer beidseitige Coxarthrose leidet und bei der bereits 1,75 Jahre Post-OP bei Instabilitätssymptomatik und fortschreitender Retropatellararthrose ein Inlaywechsel mit dorsomedialem und lateralem Release sowie die Implantation eines Patellarrückflächenersatzes erfolgte.

Der zweitschlechteste Wert (und zugleich der schlechteste männliche Wert) von 24 Punkten wurde vom selben Patienten erreicht, der auch im FFbH schon den zweitschlechtesten Wert erzielt.

### 3.3.3. Score der American Knee Society



**Abbildung 30:** Grafische Darstellung der Resultate des Scores der American Knee Society

Beim Score der American Knee Society (vgl. Abb.30) ergibt sich ein Mittelwert 62,77 (Streubreite:97-18; 95%KI:58,13-67,32), abermals bei den Männern (64,73) besser als bei den Frauen (57,59). Hier sind allerdings die primär konservativ versorgten Kniegelenke mit 65,08 Punkten leicht besser als die primär operativ versorgten Kniegelenke mit 61,11 Punkten.

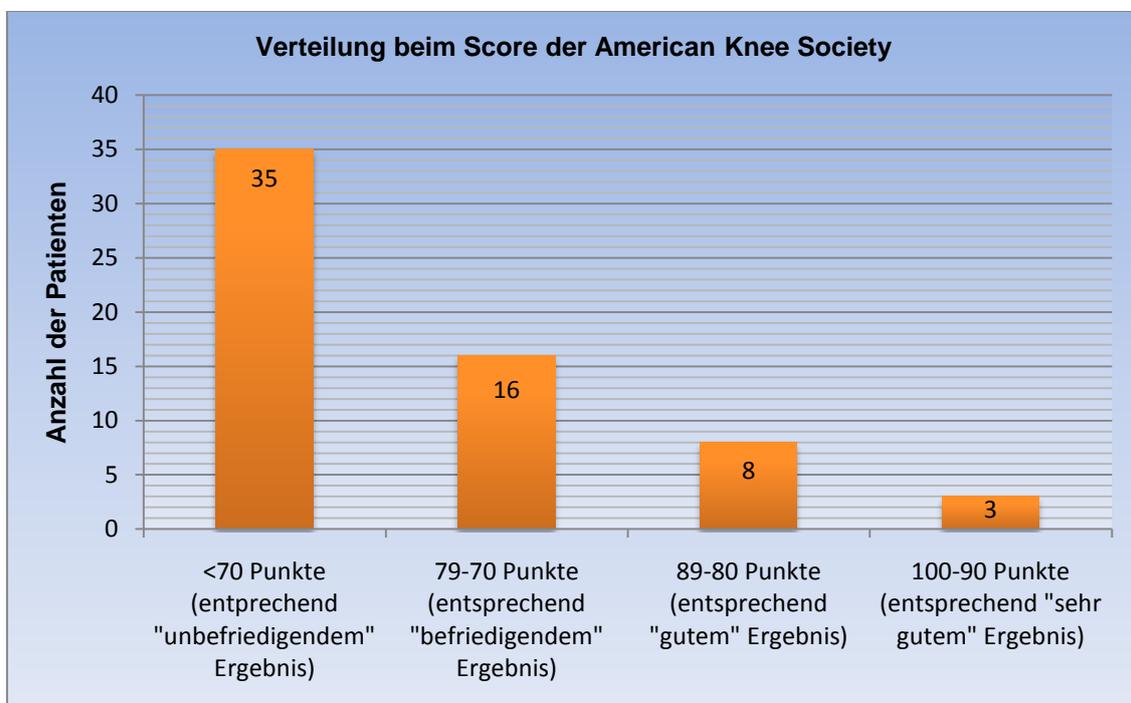
Im Vergleich zwischen Navigation und konventioneller Methode zeigt sich die Navigation mit 63,88 (95%KI: 58,62-69,48) Punkten der konventionellen Methode (57,45 Punkte, 95%KI:45,02-69,88) überlegen.

Zu beachten ist, dass in diesem Score eine Verzerrung bei den achsgekoppelten Prothesen entsteht. Konstruktionsbedingt erreichen diese kaum die volle Punktzahl beim Bewegungsausmaß, dafür jedoch bessere

Resultate bei der Stabilität des Gelenkes, da die integrierte Achse das Gelenk stabilisiert und nicht der Bandapparat.

Der mit 18 Punkten schlechteste Wert stammt von einer Patientin mit Adipositas Grad II, der es aufgrund dessen nicht mehr möglich war, die geforderten Tätigkeiten auszuführen.

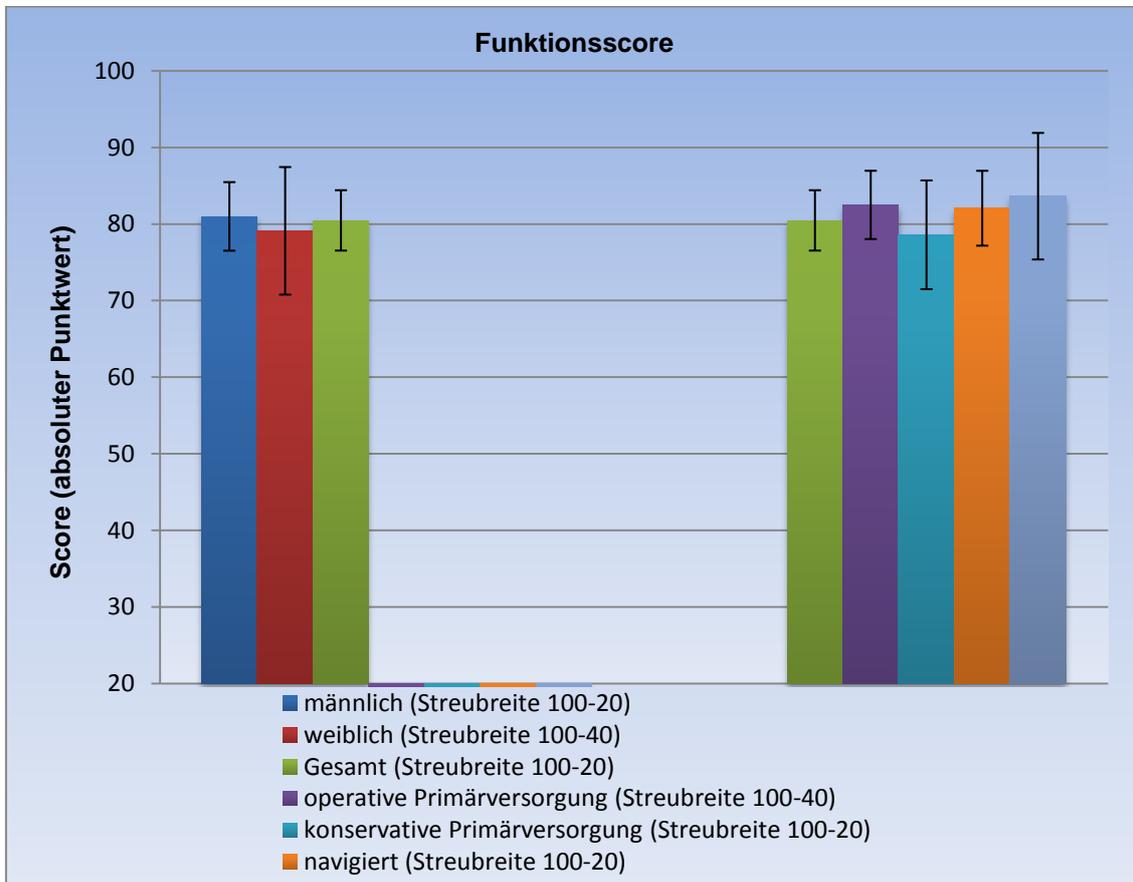
Der zweitschlechteste (und zugleich schlechteste männliche) Wert stammt von einem Patienten, dessen Prothese kurz nach der Nachuntersuchung bei radiologisch deutlichen Lockerungszeichen und entsprechenden Beschwerden gewechselt wurde.



**Abbildung 31:** Verteilung der Ergebnisse des Scores der AKS, n=62

Betrachtet man die Verteilung der Resultate (Abb.31), so finden sich bei 35 Kniegelenken ein „unbefriedigendes“ Ergebnis, ein „befriedigendes“ Resultat liegt bei 16 Knien vor, ein „gutes“ Resultat bei acht Kniegelenken und ein „sehr gutes“ Ergebnis bei drei Gelenken.

Im Funktionsscore (vgl. Abb.32) ergibt sich ein Mittelwert von 80,48 Punkten (Streuung: 100-20; 95%KI:84,42-76,54), auch hier gaben die Männer etwas bessere Ergebnisse an als die Frauen (81,00 gegenüber 79,12 Punkten).

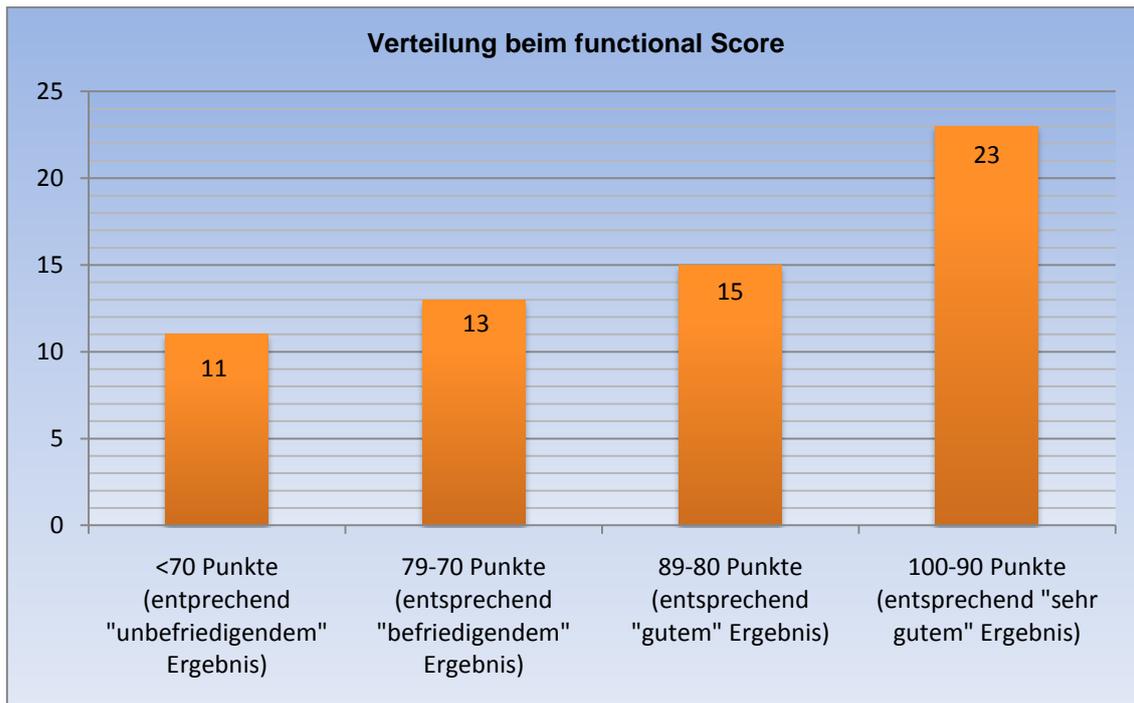


**Abbildung 32:** Funktionsscore der AKS

Die primär operativ versorgten Gelenke erreichen mit durchschnittlich 82,50 Punkten ein besseres Ergebnis als die konservativ versorgten Gelenke mit 78,60 Punkten.

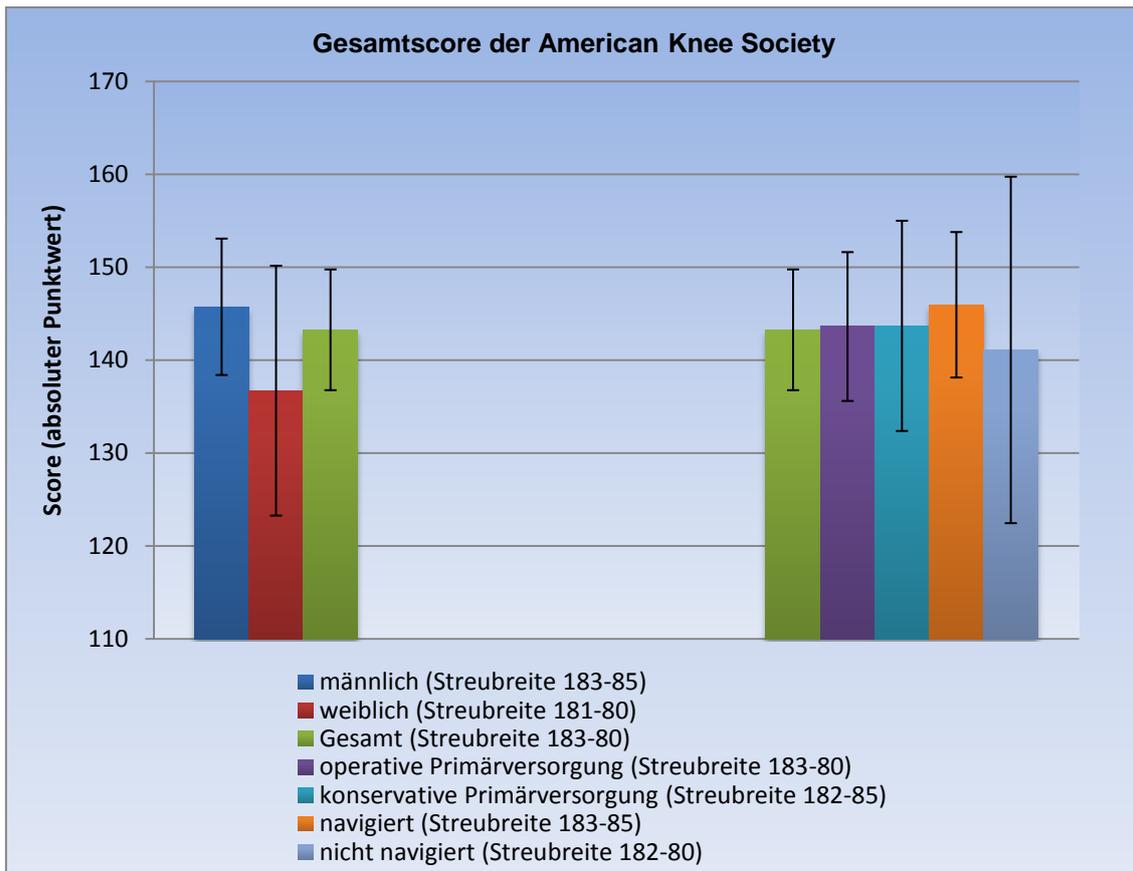
Die navigationsgestützt implantierten Prothesen erreichen einen Wert von 82,07, die nicht navigierten Prothesen einen Wert von 83,64 Punkten.

Der mit 20 Punkten schlechteste Wert wird vom bereits geschilderten Patienten mit bestehender Spinalkanalstenose, ferner bestehender Herzinsuffizienz (NYHA II-III) und Niereninsuffizienz sowie diabetischer Polyneuropathie bei Adipositas permagna (BMI 42,61) erreicht.



**Abbildung 33:** Verteilung der Ergebnisse im functional Score, n=62

Bei der Bewertung der Resultate in Hinblick auf die Funktion des operierten Gelenkes sind die Ergebnisse überwiegend „gut“ (15 Kniegelenke) oder „sehr gut“ (23 Kniegelenke) zu bewerten. Ein „befriedigendes“ Ergebnis liegt bei 13 Gelenken vor, mit „unbefriedigend“ sind die Resultate von elf Gelenken zu bewerten (vgl. Abb.33).

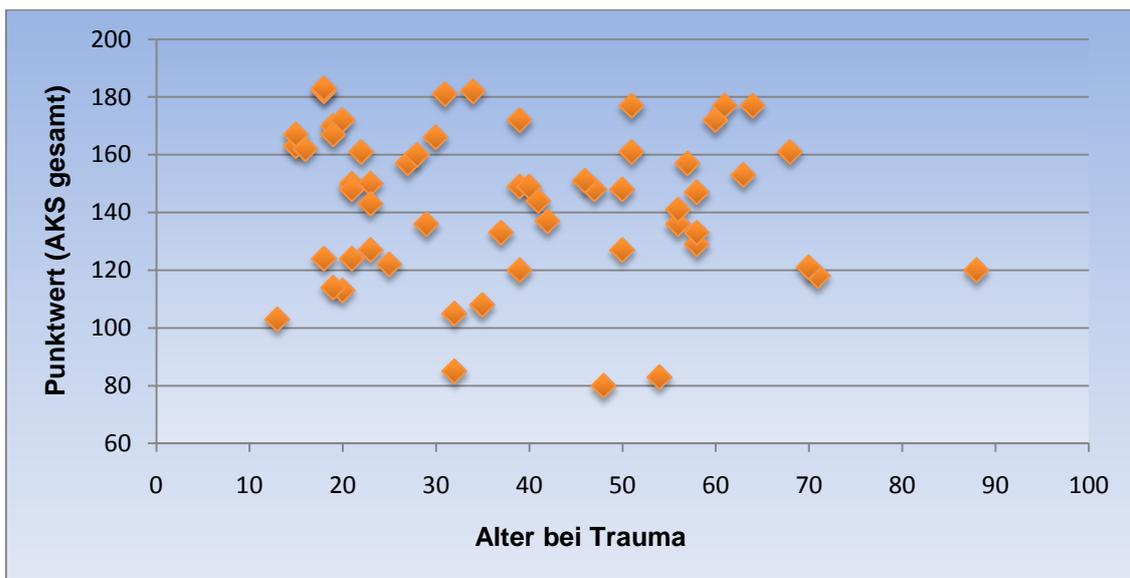


**Abbildung 34:** Resultierender Gesamtscore der AKS

In der Addition beider Scores (vgl. Abb.34) ergibt sich ein Mittelwert von 143,26 Punkten (Streubreite:183-80; 95%KI:136,76-149,76). Männliche Kniegelenke erreichen mit 145,73 bessere Werte als weibliche mit 136,71 Punkten, zwischen operativer und konservativer Primärversorgung besteht nur ein geringer Unterschied (143,61 vs.143,68 Punkte). Navigiert implantierte Prothesen (145,95 Punkte) erreichen einen etwas besseren Wert als konventionell implantierte Prothesen (141,09 Punkte).

### 3.3.4. Korrelation des Scores der American Knee Society mit verschiedenen Faktoren

Eine Korrelation des Gesamtscores der American Knee Society mit dem Alter bei Trauma ist nicht nachweisbar. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman beträgt  $-0,08$ . Die Punktwolke sei exemplarisch wiedergegeben (Abb.35).

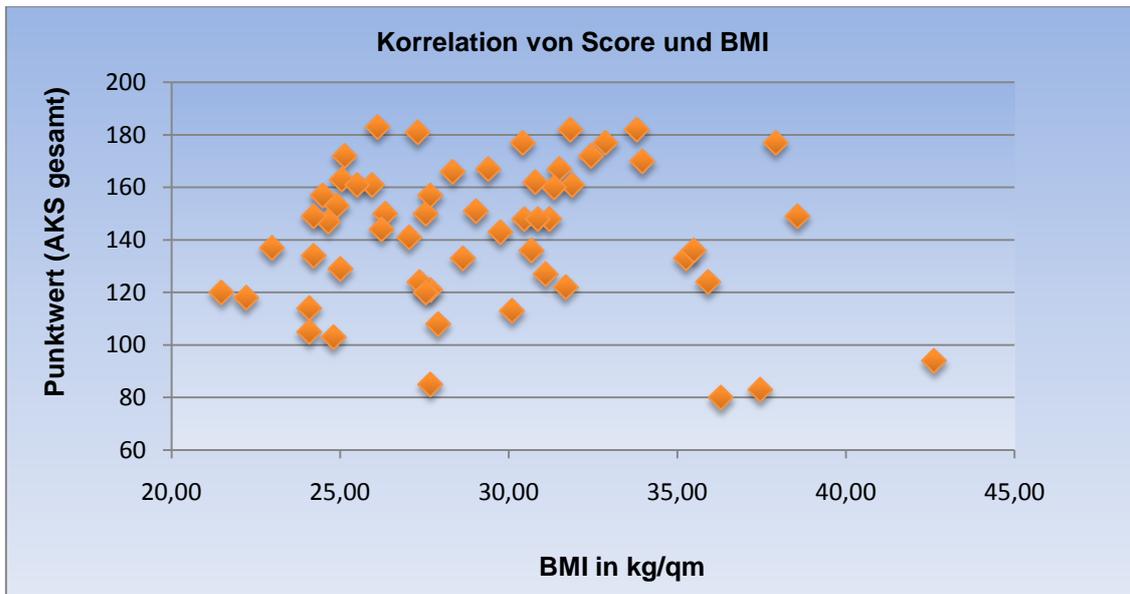


**Abbildung 35:** Punktwolke zur Korrelation zwischen Alter und Ergebnis nach AKS (Gesamtscore)  $n=62$

Auch beim Vergleich mit dem Alter bei Nachuntersuchung ergibt sich nahezu dasselbe Bild. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman beträgt  $-0,11$ , es liegt somit nur eine sehr schwache inverse Korrelation zwischen dem Alter bei Nachuntersuchung und dem Gesamtscore vor. Beim Vergleich mit dem Alter bei OP findet sich mit einem Korrelationskoeffizienten nach Spearman von  $-0,16$  nur eine sehr schwache Korrelation. Tabelle 11 liefert einen Überblick über die Korrelationskoeffizienten nach Spearman.

	Score vs. Alter bei Trauma	Score vs. Alter bei OP	Score vs. Alter bei Nachuntersuchung
<b>Korrelationskoeffizient nach Spearman</b>	$-0,08$	$-0,11$	$-0,16$

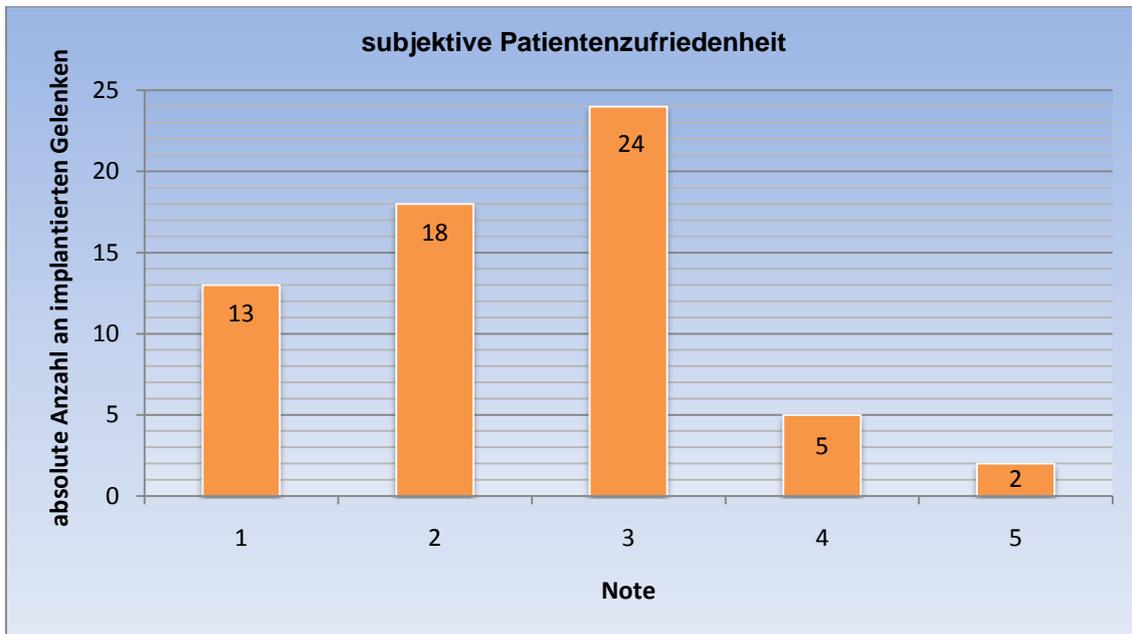
**Tabelle 11:** Korrelationskoeffizienten von Alter bei Trauma/OP/Nachuntersuchung mit dem Gesamtscore der AKS



**Abbildung 36:** Punktwolke zur Korrelation von AKS-Gesamtscore und BMI, n=62

Eine Korrelation zwischen dem BMI und dem Ergebnis des Scores der American Knee Society lässt sich nicht nachweisen (Korrelationskoeffizient nach Spearman 0,08), die Punktwolke ist in Abbildung 36 wiedergegeben.

### 3.4. Subjektive Bewertung durch Noten



**Abbildung 37:** Grafik zur Verteilung der von den Patienten vergebenen Noten zur Zufriedenheit, n=62

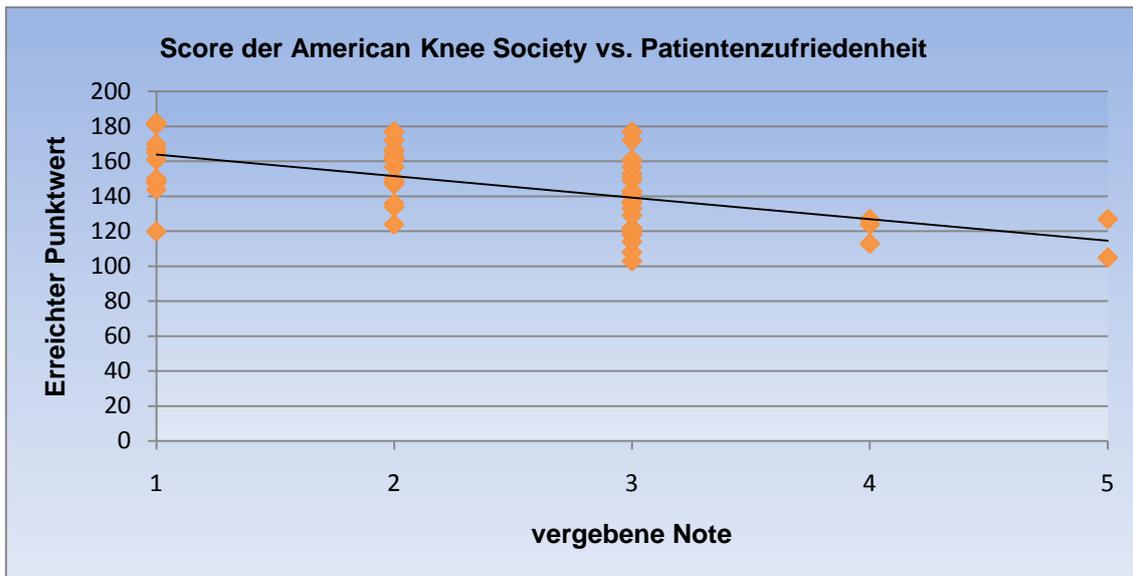
31 Patienten gaben an, mit der Prothese „äußerst zufrieden“ oder „sehr zufrieden“ zu sein,

24 Patienten vergaben die Note „zufrieden“, fünf Patienten vergaben ein „ausreichend“ (davon waren zwei Prothesen radiologisch gelockert), zwei Patienten vergaben die Note „unzufrieden“, wobei beide Patient an beiden Kniegelenken eine Prothese erhalten hatten (einer an zwei verschiedenen Kliniken) und mit der schlechteren Beweglichkeit des jeweils schlechteren Knies unzufrieden waren, ein Patient gab zudem eine Schmerzintensität von „9/10“ an (siehe Punkt 5.5.2.). Dies wird in Abbildung 37 wiedergegeben.

Hieraus folgt ein Mittelwert von 2,4, die gebildeten Untergruppen unterscheiden sich im Mittelwert nicht signifikant vom Mittelwert des Gesamtkollektivs.

Die vom Patienten vergebenen Noten korrelieren gut mit den erreichten Punktwerten in den klinischen Scores.

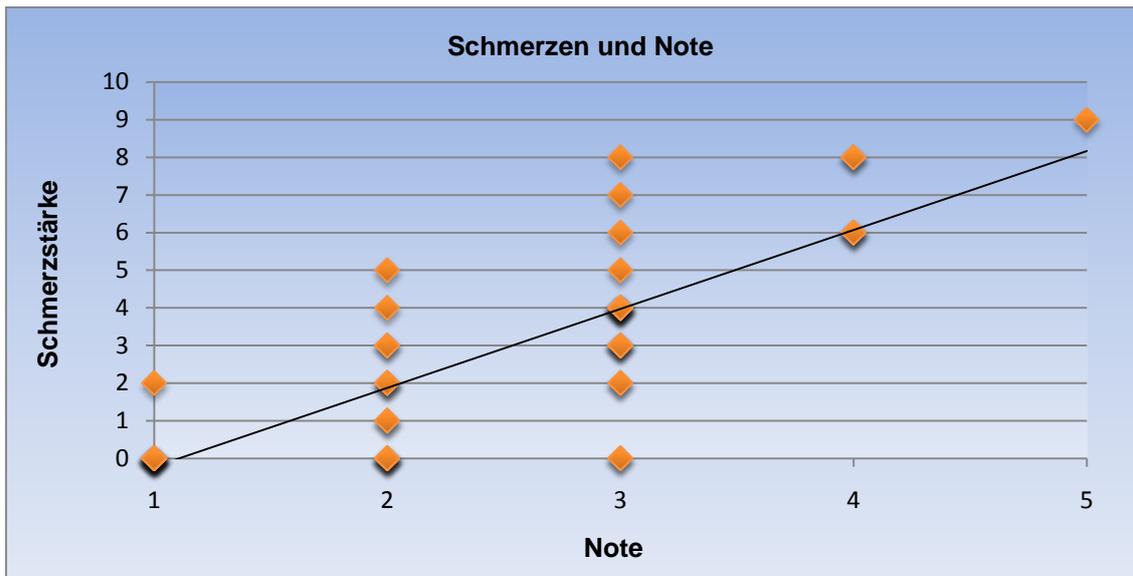
Exemplarisch sei hier die Korrelation mit dem Ergebnis des Gesamtscores der American Knee Society dargestellt, der Korrelationskoeffizient nach Spearman beträgt 0,51 ( $p < 0,0001$ ,  $n = 62$ ), Abbildung 38 dient der Veranschaulichung.



**Abbildung 38:** Korrelation von Gesamtscore der AKS und der subjektiven Patientenzufriedenheit, die Linie entspricht einer Trendgeraden aus Microsoft-Excel,  $n=62$ , fehlende Punkte sind Überlagerungsbedingt da sich gleiche Werte auf den gleichen Punkt projizieren

Aber auch mit dem Oxford Knee Score liegt eine gute Korrelation vor (Korrelationskoeffizient 0,7), mit dem FFbH ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von 0,4.

Desweiteren findet sich eine Korrelation zwischen der angegebenen Schmerzintensität und der vergebenen Note (Korrelationskoeffizient nach Spearman -0,62), je mehr Schmerzen ein Patient angibt, desto schlechter ist auch die vergebenen Note (vgl. Abb. 39).



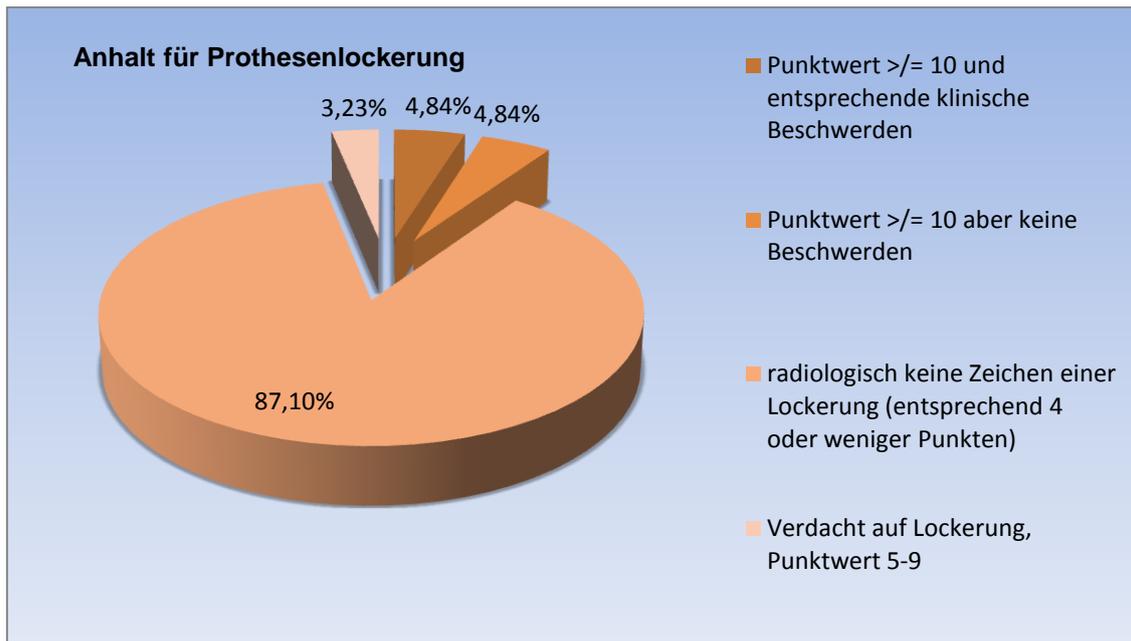
**Abbildung 39:** Korrelation von Schmerzen und Note, die Linie entspricht einer Trendgeraden aus Microsoft-Excel, n=62, fehlende Punkte sind überlagerungsbedingt, da sich gleiche Werte auf den gleichen Punkt projizieren.

### 3.5. Radiologische Ergebnisse

#### 3.5.1. Lockerungszeichen

Bei der Begutachtung durch einen erfahrenen Unfallchirurgen wurden 53 Kniegelenke als unauffällig befundet, 8 Gelenke wurden als auffällig beschrieben, bei einem Gelenk wurde das Polyäthyleninlay als defekt beschrieben.

Nach zusätzlicher Vermessung der Lysesäume ergab sich folgendes Bild:



**Abbildung 40:** Darstellung der Verteilung der radiologischen Befunde zur Fragestellung: „Sitz der Prothese - Lockerungszeichen?“, n=62

87,10% der nachuntersuchten Prothesen wiesen keinen Anhalt für eine Lockerung auf, 3,23% waren nicht eindeutig gelockert, so dass den Patienten eine engmaschige Nachkontrolle (mindestens 1x/Jahr) empfohlen wurde. 9,68% der Prothesen zeigten radiologische Lockerungssäume, wobei jedoch nur bei der Hälfte der Patienten eine dazu passende klinische Symptomatik nachzuweisen war. Alle diese Patienten jedoch lehnten einen weiteren Eingriff (vorerst) ab (vgl. Abb.40).

Die Prothese, bei der das Polyäthyleninlay radiologisch als defekt bewertet wurde, schien fest, erwies sich jedoch in der - bei seit längerer Zeit bestehenden Beschwerden des Patienten - tags darauf durchgeführten Revisionsoperation ebenfalls als gelockert und wurde durch eine Blauthprothese ersetzt.

### 3.5.2. Beinstatik

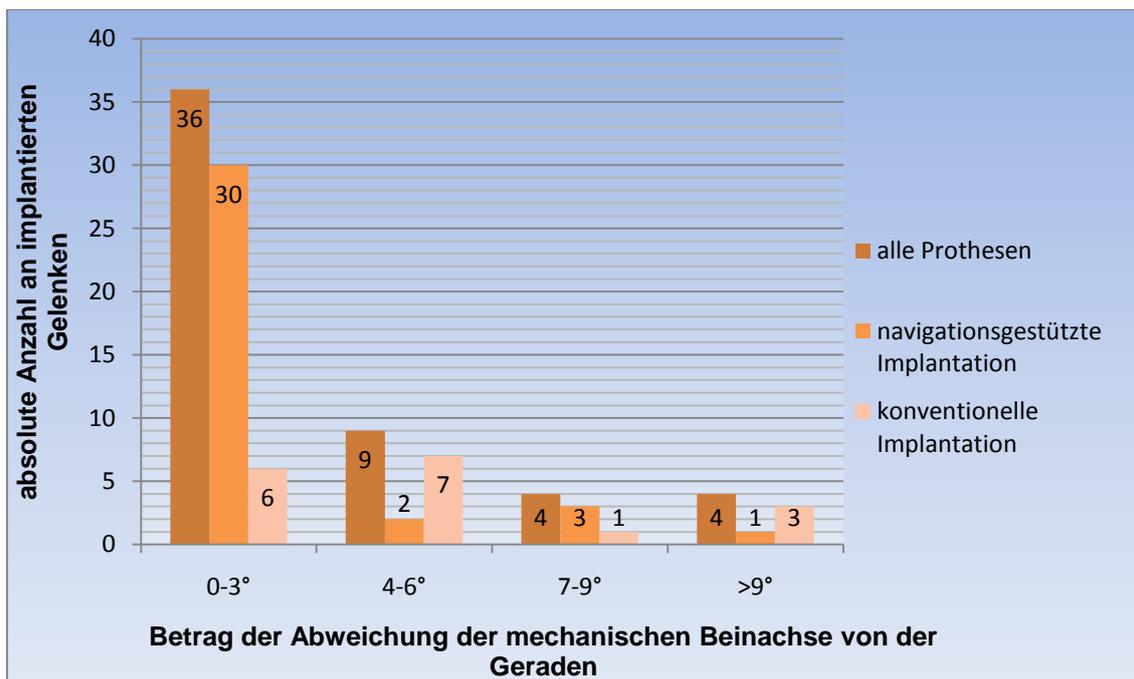
Die mechanische Beinachse wurde bei 36 Ganzbeinaufnahmen als gerade ( $\pm 3^\circ$ ) eingestuft. Hiermit lagen 30 (73,17%) der verbliebenen computergestützt navigiert implantierten Prothesen und 6 (50%) der

verbliebenen konventionell implantierten Prothesen im Zielbereich, je eine wurde getauscht, was die Verschiebungen in der Gesamtzahl erklärt.

Fehlend an der Gesamtzahl sind nunmehr noch die gekoppelten Endoprothesen: acht Blauthprothesen und eine Prothese Endomodell (Fa.Link), hier ist der Winkel durch die Prothese vorgegeben, eine Analyse desselben somit nur bedingt sinnvoll.

Bei 17 Gelenken wich die mechanische Achse mehr als 3° von der Geraden ab, hiervon waren 10 im Bereich von 4-6° Achsabweichung (wobei in zwei Fällen präoperativ eine Abweichung von rund 20° gegeben war), 4 im Bereich zwischen 7- 9° Abweichung (wobei einmal intraoperativ ein Versatz Femur-Tibia von 2cm korrigiert worden war) und 4 Prothesen mit mehr als 9° Achsabweichung zu finden.

Von den letztgenannten erwiesen sich zwei Prothesen als locker, eine wurde am Folgetag der Nachuntersuchung getauscht, auch dies sei in Form einer Grafik wiedergegeben (Abb.41).



**Abbildung 41:** Darstellung des Betrages der Abweichung der mechanischen Beinachse von der Geraden (Beträge), Gesamt und aufgeschlüsselt nach navigierter vs. konventioneller Implantation, n=53

### 3.5.3. Osteophyten und heterotrope Ossifikationen

Osteophytäre Anbauten waren bei zwei Patienten (jeweils tibial), heterotrope Ossifikationen bei fünf Patienten (davon zweimal im Ansatzbereich des Vastus Lateralis, dreimal im Bereich des medialen Seitenbandes) nachweisbar. Kein Patient gab hier jedoch spezifische Beschwerden an.

## 3.6. weitere Ergebnisse

### 3.6.1. Beinlängendifferenz

Das nicht operierte Bein wurde als Vergleichsgrundlage verwendet, es fand sich eine durchschnittliche Abweichung der beiden Beinlängen von +/-0,6cm (+2cm bis -4,5cm).

Der Extremwert von 4,5cm Verkürzung ergab sich bei einem Patienten mit Mehretagenfraktur des Femur und anschließender Osteomyelitis, der angibt, vor Einbringung der Prothese eine Beinverkürzung von etwa 8cm gehabt zu haben.

### 3.6.2. Schmerzen und Schmerzmittelgebrauch

Die Patienten wurden anhand einer Skala von 0 (kein Schmerz) bis 10 (maximal vorstellbarer Schmerz) zu den Schmerzen befragt, die sie in der letzten Woche an ihrem Kniegelenk hatten.

Es ergibt sich ein Median von 2 (0-9).

Die männlichen Studienteilnehmer gaben im Schnitt etwas weniger Schmerzen (2) an, als die weiblichen (3) und die primär konservativ behandelten Patienten etwas weniger als die operativ behandelten (1 gegenüber 2).

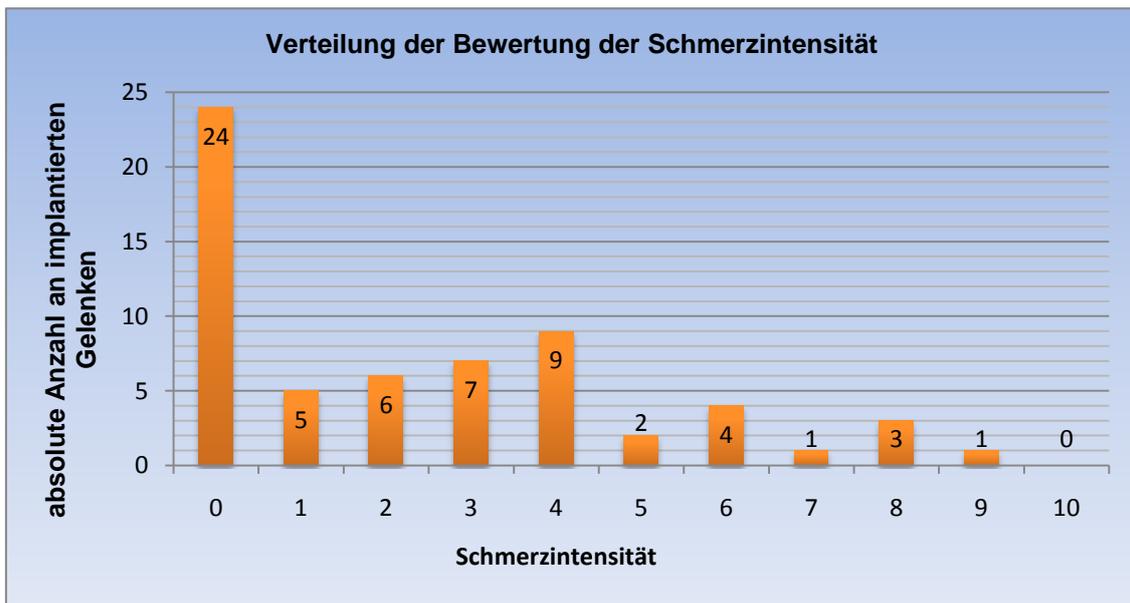
Die navigationsgestützt implantierten Prothesen erreichen mit einem Median von 1 einen besseren Wert als die nicht navigiert implantierten Prothesen mit 3. Die Unterschiede sind jedoch nicht signifikant.

Dies sei in einer kurzen Tabelle 12 nochmals zusammengefasst:

	operative Primär- versorgung	konservative Primär- versorgung	Navigation	Keine Navigation	männlich	weiblich
Schmerzen der vergangenen Woche	2 (0-8)	1 (0-9)	1 (0-9)	3 (0-8)	2 (0-9)	3 (0-8)

**Tabelle 12:** Schmerzintensität in der letzten Woche, Medianwerte - die Werte in Klammer bezeichnen die Streubreite der gefundenen Werte, n=62

Die Verteilung der Antworten illustriert das folgende Schaubild (Abb.42):

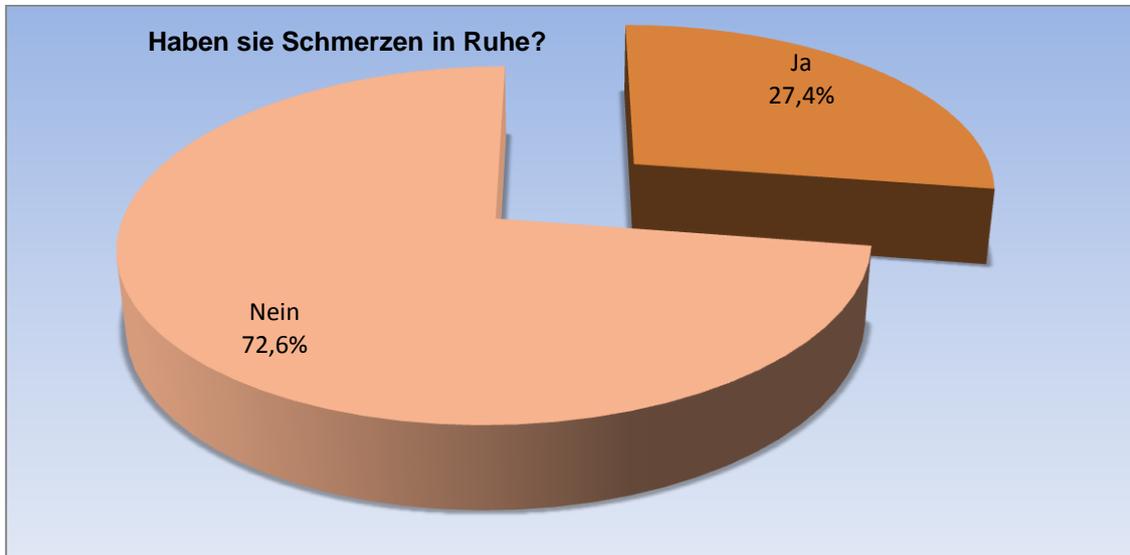


**Abbildung 42:** Diagramm zur Verteilung der Bewertung der Schmerzintensität, n=62

Der Maximalwert von „9“ eines Patienten scheint nur bedingt glaubwürdig, da er ein unauffälliges Gangbild aufwies und Schmerzmittel nur „bei Bedarf“ einnimmt.

Gleichzeitig dürfte ein Patient, der aufgrund eines Schultertraumas regelmäßig Tilidin/Naloxon einnimmt, hier etwas zu gut bewertet werden (er vergab eine 2), ebenso der Patient mit dem nicht näher bezeichneten Schmerzsyndrom, das mit Morphin therapiert wird, er vergab lediglich eine 1.

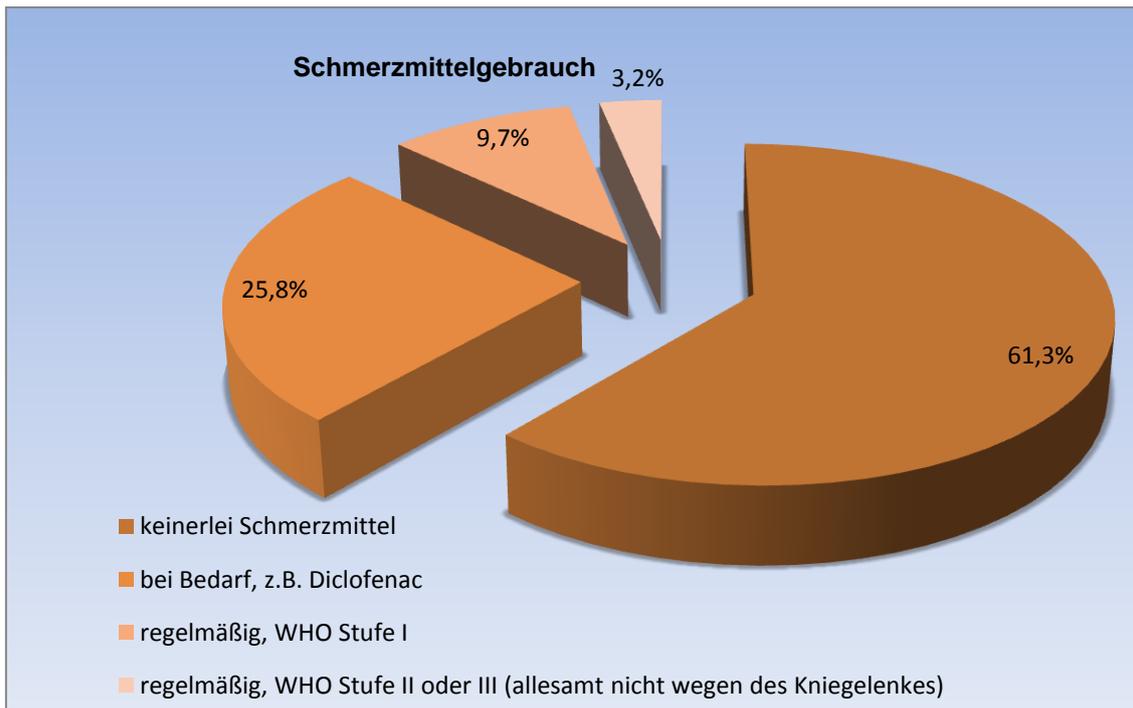
Darüber hinaus wurden die Patienten gezielt nach dem Auftreten von Schmerzen auch in Ruhe befragt, hier gaben 72,6% an, in Ruhe schmerzfrei zu sein, wohingegen 27,4% angaben, auch in Ruhe Schmerzen zu haben (vgl. Abb.43).



**Abbildung 43:** Darstellung der Antwort auf die Frage nach Ruheschmerzen, n=62

Weiter wurde nach dem Gebrauch von Schmerzmitteln gefragt, wobei zwischen „keinerlei Gebrauch“, Bedarfsmedikation (z.B. bei gelegentlich auftretenden Schmerzen nach starker Belastung) und Dauermedikation unterschieden wurde.

Sofern ein Schmerzmittelkonsum angegeben wurde, wurde nochmals nach der Art der Schmerzmedikation gefragt, wobei zwischen hauptsächlich peripher wirksamen (NSAID) und hauptsächlich zentral wirkenden Schmerzmitteln (z.B. Morphinderivate) unterschieden wurde (vgl. Abb.44).



**Abbildung 44:** Darstellung der Verteilung der Antwort auf die Frage nach dem Schmerzmittelgebrauch, n=62

61,3% der Patienten gaben an, keinerlei Schmerzmittel zu benötigen, etwa ein Viertel der Patienten (25,8%) gab an, dies „bei Bedarf“ zu tun.

Regelmäßiger Schmerzmittelkonsum ergab sich bei 12,9% der Patienten. Dies wurde noch einmal (nach WHO-Stufentherapie) aufgegliedert, wobei auffällt, dass alle Patienten, die regelmäßig Morphinderivate benötigen, angaben, dies nicht aufgrund des Kniegelenkes zu brauchen, da dieses keine oder nur wenig Schmerzen verursache.

Auch zwei Patienten, die regelmäßig NSAID benötigen, gaben an, dies nicht aufgrund des Knies, sondern vielmehr aufgrund der Begleiterkrankungen zu einzunehmen.

Besondere Narbenschmerzen wurden von keinem Patienten angegeben.

### 3.6.3. Bewegungsumfang und Gangbild

Der mittlere Bewegungsumfang beträgt  $92,58^\circ$  ( $20-125^\circ$ ), bei folgender Verteilung (Abb.45):

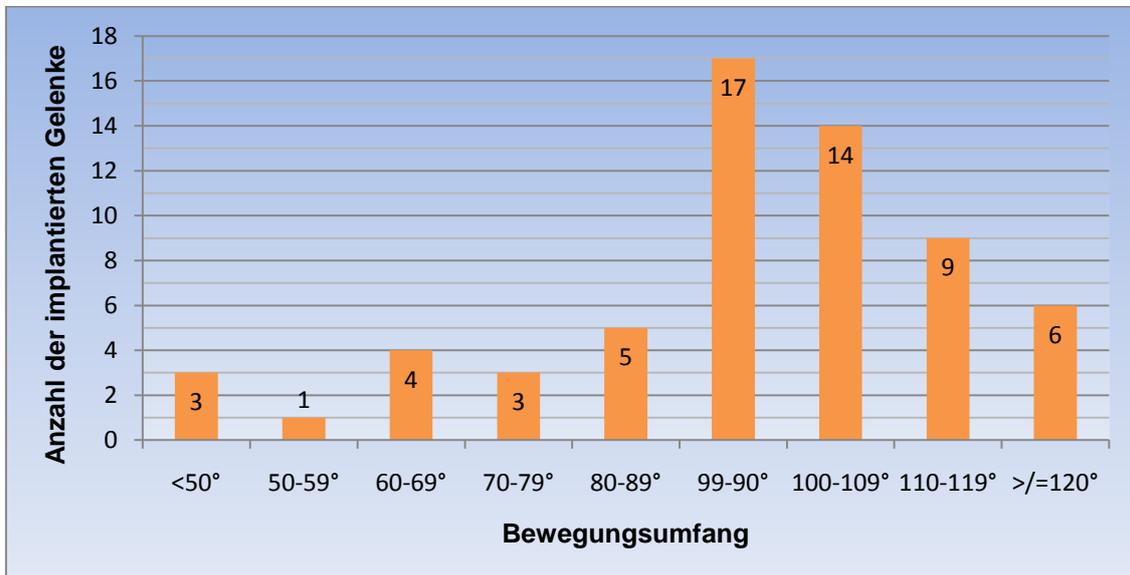


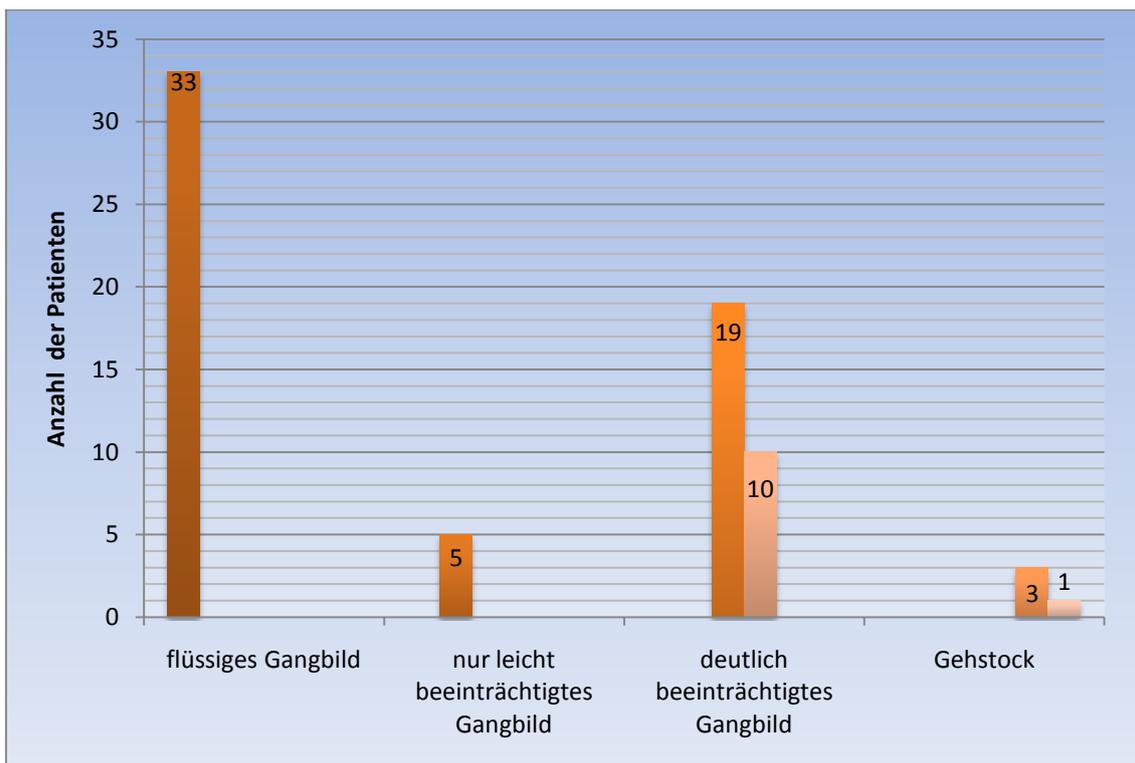
Abbildung 45: Darstellung der Verteilung des Bewegungsumfangs, n=62

Die Unterschiede zwischen den Geschlechtern sowie in Primärversorgung und ob die Prothese navigationsgestützt oder nicht navigiert implantiert wurden seien in folgender Tabelle 13 dargestellt, beim Vergleich der Medianwerte wird deutlich, dass kein signifikanter Unterschied im Bewegungsumfang nachweisbar ist. Auch bezüglich der postoperativen Bandstabilität des Gelenkes ergab sich kein signifikanter Unterschied.

<b>Bewegungsumfang Gesamt</b> 95° (20-125°)	<b>Bewegungsumfang männlich</b> 95° (20-125°)	<b>Bewegungsumfang weiblich</b> 95° (40-120°)
<b>Bewegungsumfang Gesamt</b> 95° (20-125°)	<b>Bewegungsumfang operative Primärversorgung</b> 98° (20-125°)	<b>Bewegungsumfang konservative Primärversorgung</b> 95° (50-120°)
<b>Bewegungsumfang Gesamt</b> 95° (20-125°)	<b>Bewegungsumfang Navigation</b> 95° (50-125°)	<b>Bewegungsumfang keine Navigation</b> 105° (40-110°)

**Tabelle 13:** Bewegungsumfänge, Medianwerte - die Werte in Klammer bezeichnen die Streubreite der gefundenen Werte

Bei der Beurteilung des Gangbildes ergibt sich folgendes Bild (Abb.46):



**Abbildung 46:** Darstellung der Ergebnisse bei Beurteilung des Gangbildes, der helle Balken in den Rubriken „deutlich beeinträchtigt Gangbild“ und „Gehstock“ repräsentieren die um Begleiterkrankungen bereinigten Patientenzahlen, n=60

33 Patienten wiesen keine Beeinträchtigung im Gangbild auf, fünf Patienten wiesen nur leichte Beeinträchtigungen auf. So war in dieser Gruppe ein Patient mit vorbestehendem Peroneausschaden anzutreffen und zwei Patienten mit einer relevanten Beinlängendifferenz von 2 bzw. 2,5cm.

Bei 19 Patienten war eine deutlich Beeinträchtigung des Gangbildes zu sehen. Hier findet sich die Patientin mit der kompletten Peroneus- bzw. Ischiadicusparese wieder und auch der Patient mit der Beinlängendifferenz von 4,5cm. Aber auch Patienten, deren Gangbild durch andere Ursachen (z.B. Arthrodese des anderen Beines, Sprunggelenksarthrodese etc.) beeinträchtigt ist, finden sich in dieser Gruppe. Nach Bereinigung reduziert sich die Anzahl der Patienten mit deutlicher Einschränkung des Gangbildes auf 10.

Weitere drei Patienten konnten ohne Gehhilfe nicht gehen, wobei sich hier ein Patient mit spastischer Parese und diversen Vorerkrankungen findet und sich ein zweiter Patient nach einer eben überstandenen Pneumonie nicht sicher genug fühlte, um ohne den Stock zu gehen, was ihm vor der Lungenentzündung möglich war.

#### 3.6.4. Einfluss des Verletzungsmusters auf die Ergebnisse

Die o.g. Gruppen von Verletzungsmustern wurden hinsichtlich der Ergebnisse verglichen, wobei hier eine Beschränkung auf isolierte Tibiakopffrakturen (17Knie) und isolierte diskoligamentäre Verletzungen (14 Knie) erfolgte, da die anderen Gruppen entweder zu klein oder zu heterogen zusammengesetzt sind. Ein Vergleich der Altersstrukturen sei in folgender Tabelle 14 kurz wiedergegeben:

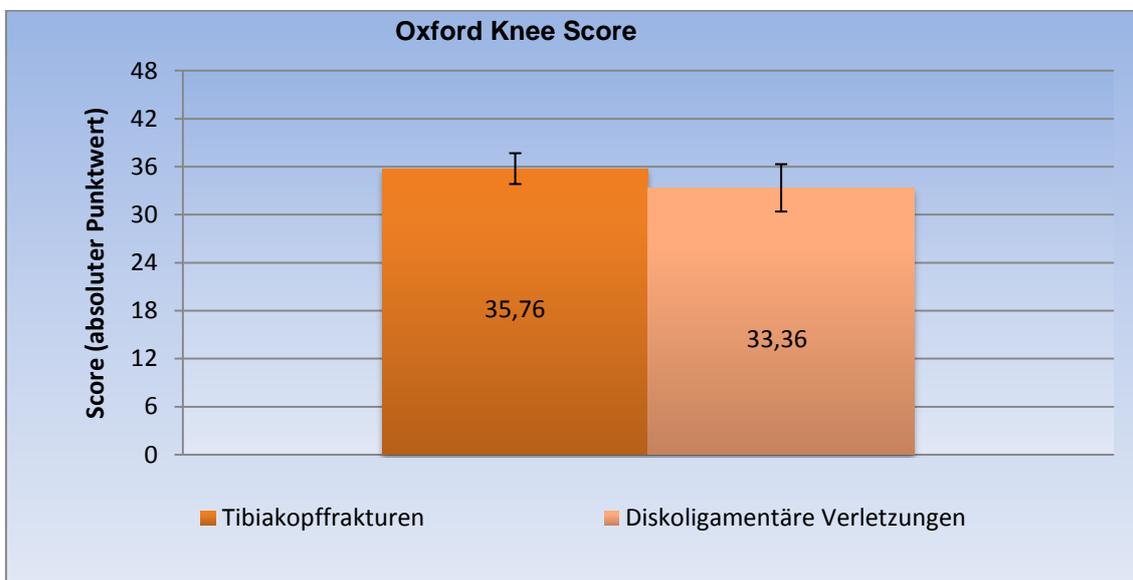
	Alter bei Trauma	Alter bei OP	Dauer Trauma bis OP in Jahren	Alter bei Nachuntersuchung
<b>Tibiakopffraktur (n=17)</b>	51,0 (21-88)	64,88 (43-88)	14 (0-41,7)	70 (44-94)
<b>diskoligamentäre Verletzung (n=14)</b>	40,5 (18-70)	65,5 (48-81)	25 (2,1-57,9)	72 (52-84)

**Tabelle 14:** Vergleich der Verletzungsmuster, Medianwerte - die Werte in Klammer bezeichnen die Streubreite der gefundenen Werte

Die Gruppe, die die Prothese aufgrund einer Tibiakopffraktur implantiert bekam, hat eine um rund 11 Jahre kürzere Dauer vom Unfall bis zur OP.

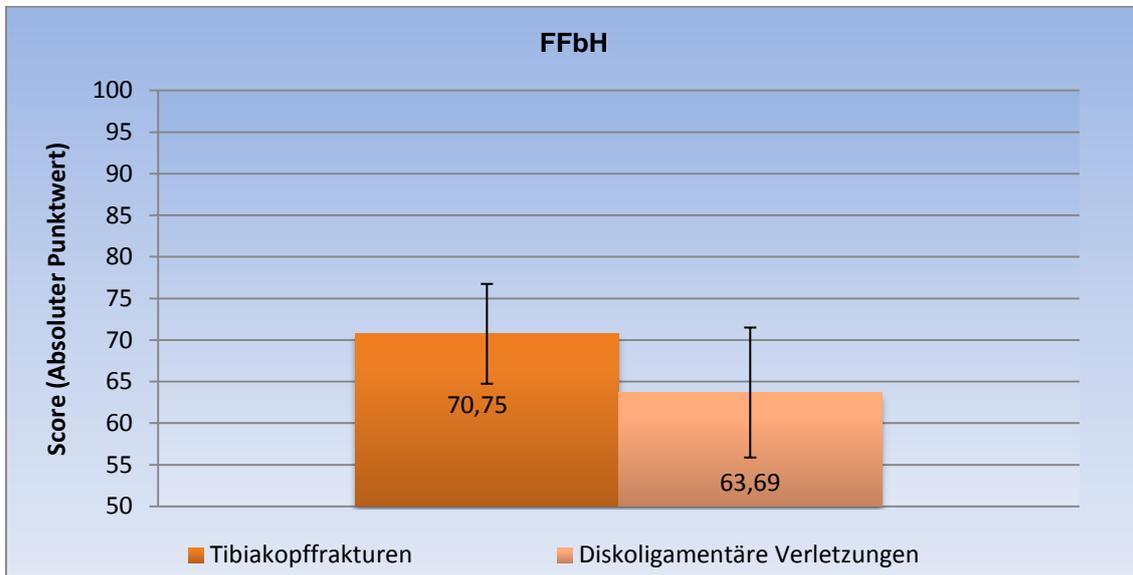
Lässt man die Patientin, die primär mit einer Prothese versorgt wurde, außen vor, so ändert sich der Median dieser Gruppe von 14 auf rund 15 Jahre, was die Differenz der beiden Gruppen um ein Jahr reduziert. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen bleibt trotz dieser Reduktion im Log-Rank Test signifikant ( $p=0,0447$ ).

Betrachtet man die Ergebnisse der verschiedenen erhobenen Scores, so ergibt sich folgendes Bild:



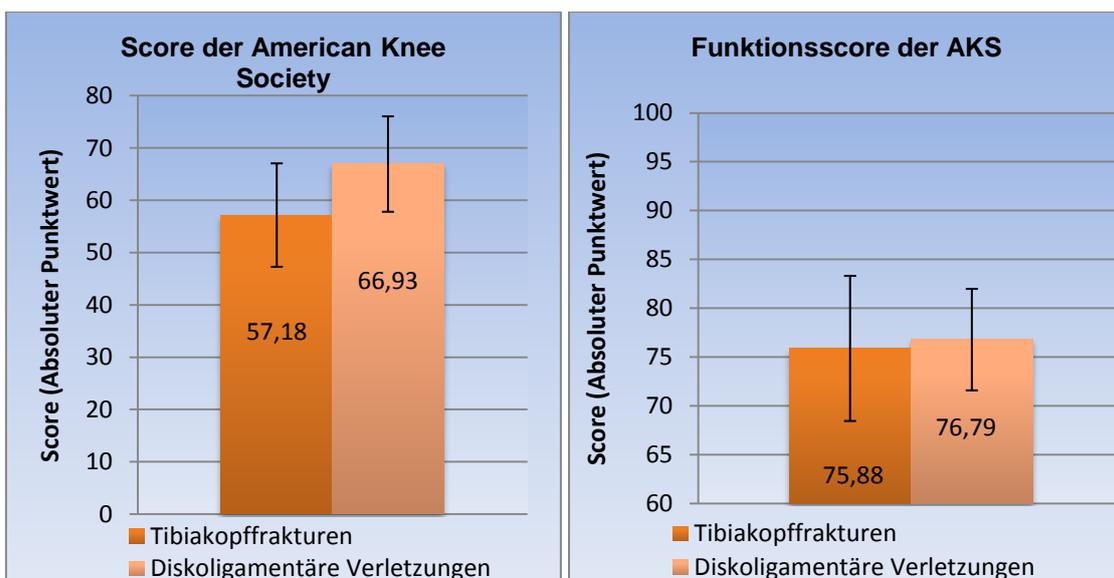
**Abbildung 47:** Vergleich der Resultate zwischen Tibiakopffraktur ( $n=17$ ) und diskoligamentären Verletzungen ( $n=14$ ) im Oxford Knee Score, die Darstellung entspricht der bekannten Darstellung aus den obigen Schaubildern, die Streubreite in der Gruppe der Tibiakopffrakturen beträgt 29-43, in der Gruppe der diskoligamentären Verletzungen 23-42

Im Oxford Knee Score erreichen die Tibiakopffrakturen einen durchschnittlich etwas besseren Wert (vgl. Abb.47).



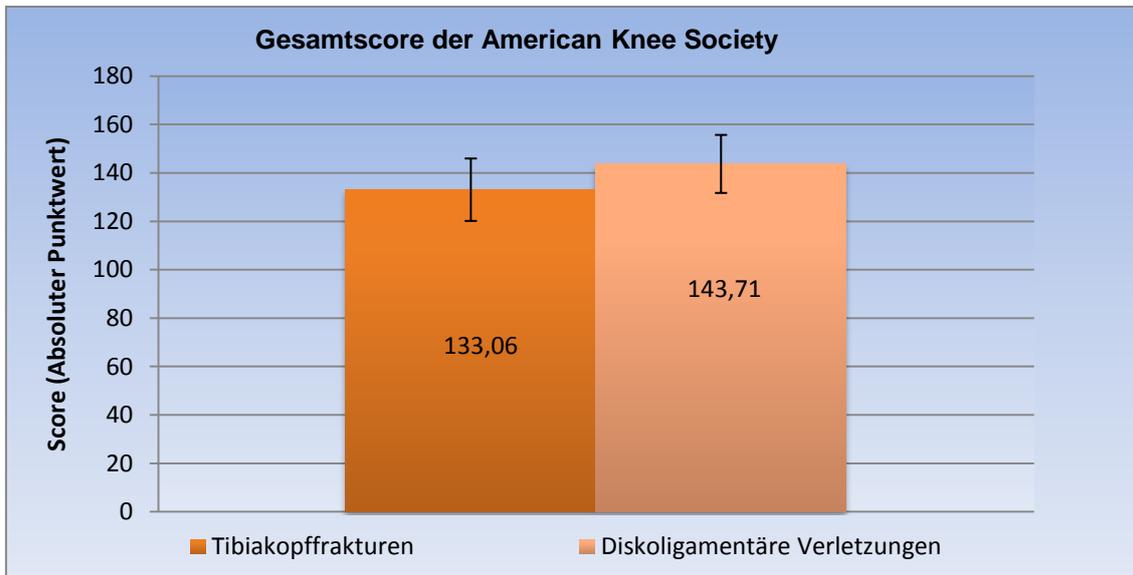
**Abbildung 48:** Vergleich der Resultate zwischen Tibiakopffraktur (n=17, Streubreite 50-94) und diskoligamentären Verletzungen (n=14, Streubreite 33-94) im FFbH,

Im FFbH (vgl. Abb.48) erreichen die Tibiakopffrakturen im Schnitt um 7Punkte besseren Wert.



**Abbildung 49:** Vergleich der Resultate zwischen Tibiakopffraktur (n=17, Streubreite 18-87 im AKS bzw. 40-100 im Funktionsscore ) und diskoligamentären Verletzungen (n=14, Streubreite 43-97 im AKS bzw. 65-100 im Funktionsscore) in den Einzelscores der AKS

In den beiden Einzelscores der American Knee Society (vgl. Abb. 49) erreichen die diskoligamentären Verletzungen bessere Werte, so dass auch im Gesamtscore die diskoligamentären Verletzungen ein besseres Ergebnis erzielen als die Tibiakopffrakturen (143,71 Punkte vs. 133,06, vgl. Abb. 50).



**Abbildung 50:** Vergleich der Resultate zwischen Tibiakopffraktur (n=17, Streubreite 80-177) und diskoligamentären Verletzungen (n=14, Streubreite 108-182) im Gesamtscore der American Knee Society

Die Patienten selbst bewerteten ihre Zufriedenheit mit der Prothese (in Schulnoten) identisch, es ergab sich je ein Mittelwert von 2,7. Bezüglich der postoperativen Bandstabilität ergab sich kein signifikanter Unterschied.

### 3.7. Patientenausfälle

Folgende Patienten fehlen zur Gesamtzahl von 104 operierten Gelenken:

Eine Patientin war zwischenzeitlich verstorben ohne dass ein Sterbedatum oder Angehörige eruierbar waren.

Zwei Patienten waren in den Melderegistern nicht mehr auffindbar, zwei weitere weder telefonisch zu erreichen, noch erfolgte eine Rückmeldung auf die zugesandten Briefe. Ein Patient erschien nicht zum vereinbarten Nachuntersuchungstermin und war danach weder telefonisch noch per Post zu erreichen.

Eine Patientin war kurz vor der Nachfrage anlässlich einer Untersuchung schon in der Klinik gewesen und erklärte, sie sei mit ihrem Knie sehr zufrieden und hätte keinerlei Schmerzen. Leider sind Akte und Röntgenbilder nicht mehr auffindbar, so dass keine Daten zu Operation und Prothesentyp gewonnen werden konnten.

Bei zwei Patienten wurden die Röntgenbilder und Berichte aufgrund der weiten Entfernung zum Wohnort nach extern verschickt.

Die Patienten befinden sich heimatnah in Betreuung, die Unterlagen waren nicht mehr wiederzubeschaffen, so dass auch hier keine Beurteilung möglich war, beide äußerten sich sehr zufrieden mit der Prothese.

Diese drei fallen somit nicht unter die Einschlusskriterien.

Drei Patientinnen sind inzwischen anderweitig in ärztlicher Betreuung und verweigerten ihr Einverständnis zu einer Nachuntersuchung zu kommen, oder an Befragungen und Röntgenuntersuchungen der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen teilzunehmen oder Fragebögen auszufüllen.

Vier Patienten konnten aus gesundheitlichen Gründen oder aufgrund des hohen Alters oder schwerer Vorerkrankungen und bestehender Bettlägerigkeit nicht in die Klinik kommen und erteilten auch kein Einverständnis zur Studienteilnahme, sie äußerten sich als mit der Prothese zufrieden.

Ein weiterer Patient erschien nicht zum vereinbarten Nachuntersuchungstermin und erklärte sich danach auch nicht mehr einverstanden, an der Studie teilzunehmen.

### 3.8. Ein Fallbeispiel

Der Patient (\*1927) zog sich im November 1978 bei einem PKW-Unfall auf dem Heimweg von der Arbeit eine Tibiakopf-Impressionsfraktur links zu, die in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen mittels lateraler Plattenosteosynthese (L-Platte aus Stahl mit 3 Spongiosa und 2 Corticalisschrauben) und zusätzlicher autologer Spongiosaplastik vom gleichseitigen Beckenkamm versorgt wurde. Der postoperative Verlauf war komplikationslos. Periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität regelrecht, intakter Bandapparat. Die Nachbehandlung erfolgte zunächst unter 20 kg Teilbelastung des operierten Beines für vier Wochen mit anschließender stufenweiser Belastungssteigerung.



**Abbildung 51:** November 1978 - Aufnahme am Unfalltag präoperativ und direkt postoperativ, jeweils a.p. & seitlich

Nach knöcherner Konsolidierung wurden die Implantate nach 15 Monaten im Februar 1980 entfernt. Die Beweglichkeit des linken Kniegelenkes zum Zeitpunkt der Metallentfernung war nur endgradig eingeschränkt (Extension/Flexion li 130-0-0°, re 145-0-0°). Der Patient gab an, bei nur gelegentlich auftretenden leichten Schmerzen unter Belastung, im Alltag gut

zurechtzukommen. Nach Behandlungsabschluss wurde im Rahmen des ersten Rentengutachtens eine Minderung der Erwerbsfähigkeit (MDE) von 10% festgestellt. Unabhängig hiervon trat der Patient 1984 in den Vorruhestand ein. Im weiteren Verlauf entwickelte sich eine Varusgonarthrose links mit progredienter Beschwerdesymptomatik und einem Streckdefizit von 10° (zwischenzeitlich Erhöhung der MDE auf 20%), so dass 1987 bei fast vollständig aufgebrauchtem lateralem Gelenkspalt und 4.-gradigem Knorpelschaden die Indikation zur Implantation einer zementierten medialen Schlittenprothese gestellt wurde.



**Abbildung 52:** Prä- und postoperativer Befund 1987 (7 Jahre nach Unfall), Implantation einer medialen Schlittenprothese

Die Implantation erfolgte Ende Juli 1987, der intra- und postoperative Verlauf gestaltete sich problemlos, die postoperative Beweglichkeit betrug für Extension/Flexion 0-0-130°.

1990 erlitt der Patient einen Apoplex, von dem jedoch keine wesentlichen Residuen verblieben.

Bis 1997 zeigte sich in den jährlichen Kontrolluntersuchungen keine wesentliche Befundänderung, dann klagte der Patient über eine progrediente Beschwerdesymptomatik mit abnehmender Gehstrecke und neu aufgetretenen Schmerzen bei Belastung sowie eine Streckhemmung von 5°. Die Röntgenkontrolle im März 1997 zeigte einen Bruch der gelockerten tibialen Komponente der Schlittenprothese mit deutlicher Varusabweichung der

Beinachse. Aufgrund dieses Befundes erfolgte im April 1997 der Prothesenwechsel auf eine zementierte bikondyläre Oberflächenersatzprothese vom Typ AESCULAP-Search. Der postoperative Verlauf gestaltete sich (mit Ausnahme eines nicht revisionsbedürftigen Hämatoms im linken Kniegelenk) problemlos, die radiologischen Kontrollen bestätigten den exakten Sitz der Prothese. Die periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität waren regelrecht. Bei Entlassung aus der stationären Behandlung betrug die Beweglichkeit im linken Kniegelenk für Extension/Flexion 0-5-110°.



**Abbildung 53:** März 1997 - Gelockerte, tibial gebrochene Schlittenprothese: Ganzbeinaufnahme mit Mikulicz-Linie und Detailvergrößerung, Postoperativer Befund nach Implantation der Search-Prothese

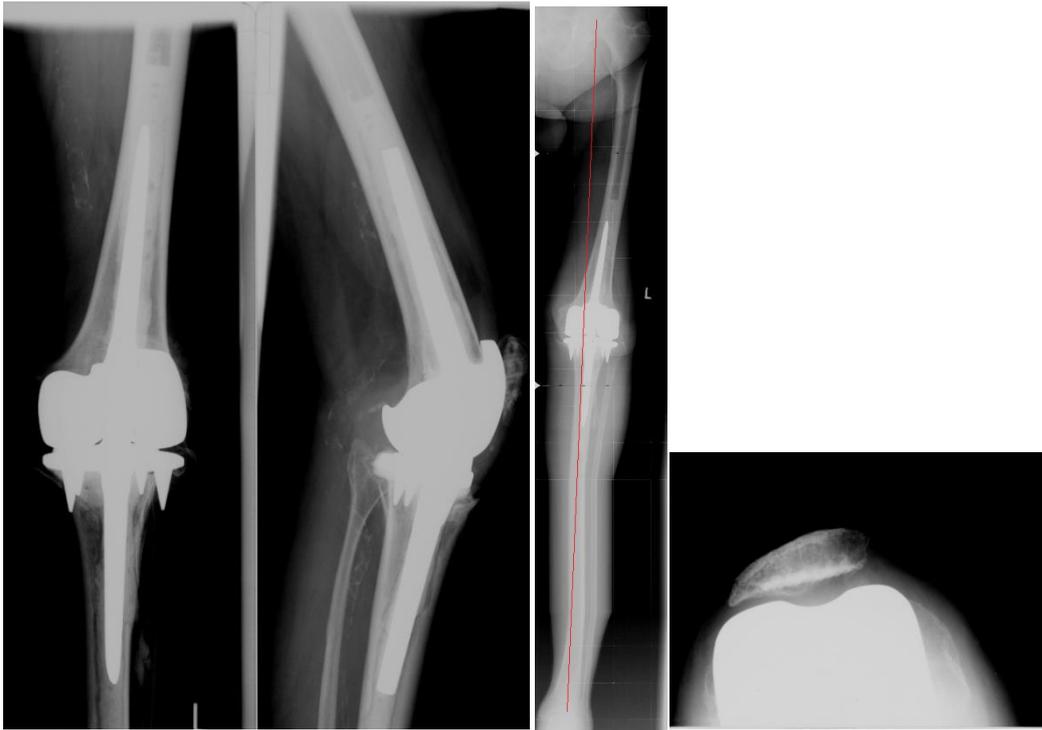
Im weiteren Verlauf waren die jährlichen Kontrolluntersuchungen unauffällig und zeigten einen unverändert korrekten Sitz der Endprothese bei guter Funktion. Im März 2005 erfolgte dann eine Zunahme der Beschwerdesymptomatik mit Ruheschmerzen. Die Untersuchung zeigte eine Lockerung der tibialen und femoralen Prothesenkomponenten, weshalb im April 2005 eine erneute Revision mit Wechsel der Prothese auf eine zementierte achsgeführte Blauth-Prothese mit Patellarrückflächenersatz erfolgte.



**Abbildung 54:** März 2005 - Gelockerte Searchprothese a.p., seitlich und Ganzbeinaufnahme mit Mikulicz-Linie

Bei der letzten Nachuntersuchung zeigt sich der 80-jährige Patient in reduziertem Allgemeinzustand mit langsamem, linkshinkendem Gangbild an einem Gehstock. Er gibt eine Schmerzstärke von 4 und eine Zufriedenheit von 3 an, erreicht einen Oxford-Knee-Score von 36/48, einen Knee Score von 86 sowie 75 Punkte im FFBH.

In der Untersuchung zeigt sich eine diskrete präpatellare Hypästhesie, bei sonst intakter Durchblutung, Motorik und Sensibilität des linken Beines.



**Abbildung 55:** Nachuntersuchung im Rahmen der Studie - Linkes Kniegelenk mit Blauthprothese, Ganzbeinaufnahme mit Mukulicz-Linie und Patella tangential

Radiologisch zeigt sich im Vergleich zu den Jahreskontrollen im Bereich der tibialen Komponente ein diskreter Lykesaum um den distalen Zementmantel bei ansonsten unverändert korrekt einliegender Endoprothese. Die jährlichen Kontrollintervalle wurden inzwischen auf zwei Jahre ausgedehnt, der Patient wurde instruiert, bei progredienter Beschwerdesymptomatik sofort vorstellig zu werden, was bisher nicht erfolgt ist.

#### 4. Diskussion

Wesentliches Ziel der Endoprothetik am Kniegelenk ist es, dem Patienten wieder ein funktionsfähiges Kniegelenk zu schaffen, mit dem er schmerzfrei gehen, stehen und an den Aktivitäten des täglichen Lebens teilhaben kann.

So wurden 1991 von Plitz folgende Erfolgskriterien für den endoprothetischen Kniegelenkersatz genannt [99]:

- Schmerzfreiheit
- Stabilität
- und eine Beugefähigkeit von mindestens 90°

Nicht selten treten aber schon früh nach Implantation einer Kniegelenksendoprothese Beschwerden auf, wobei deren Ursache häufig nicht schlüssig geklärt werden kann. Ausgeschlossen werden muss jedoch in jedem Fall eine Infektion, Materialversagen oder eine retropatellare Symptomatik, aber auch Weichteilprobleme oder Beschwerden ohne direkten Bezug zur eingebrachten Prothese sollten geklärt werden.

So wird das letztendliche Ergebnis aller orthopädisch/unfallchirurgischen Operationen durch ein Zusammenspiel von technischen Faktoren (z.B. Art der verwendeten Prothese, Operationstechnik und Fixationsmodus, Nachbehandlungsmethode etc.) und individuellen Gegebenheiten des Patienten (Knochenqualität, hohes Alter, Grunderkrankungen) bestimmt [100]. Obwohl es valide Evidenz dafür gibt, dass der endoprothetische Ersatz des Kniegelenkes sowohl die Funktion des Gelenkes verbessert, als auch den Schmerz lindert, ist doch wenig darüber bekannt, welche expliziten Patientengruppen von dieser Maßnahme profitieren.

Es gibt z.B. wenig Anhalt dafür, dass das Alter oder das Geschlecht des Patienten die Ergebnisse in relevantem Maße beeinflussen, wobei die extremen Alterswerte meist nicht mehr in Studien aufgenommen werden. Auch weitere Faktoren, die die Funktion beeinflussen könnten, wie Komorbiditäten, der Prothesentyp oder die Schmerzen am Gelenk sind nicht ausreichend untersucht.

Dass ein BMI  $\geq 30$  negative Auswirkungen bezüglich der Langlebigkeit der Prothesen aufweist, konnte erst kürzlich gezeigt werden [100,101].

Mehrere große, datenbankbasierte Studien vermitteln den Eindruck, dass die Revisionsraten von implantierten Kniegelenksprothesen im Allgemeinen eher etwas niedriger anzusetzen sind, als die von Plitz im Jahre 2000 beschriebenen 10-15% (vgl. 1.2 und [68]). So liegen diese je nach Studie zwischen 1% und 5% über 5 Jahre und 25% über 18 Jahre [102-104], wobei von Robertson et al. selbst darauf verwiesen wird, dass sich bei den in jüngerer Zeit implantierten Prothesen die Revisionsrate um 7% pro Jahr verringert. Die erzielten Fortschritte sind somit kaum von der Hand zu weisen, wenn man die aktuellen Ergebnisse mit denen der späten 70er und frühen 80er Jahre vergleicht [104].

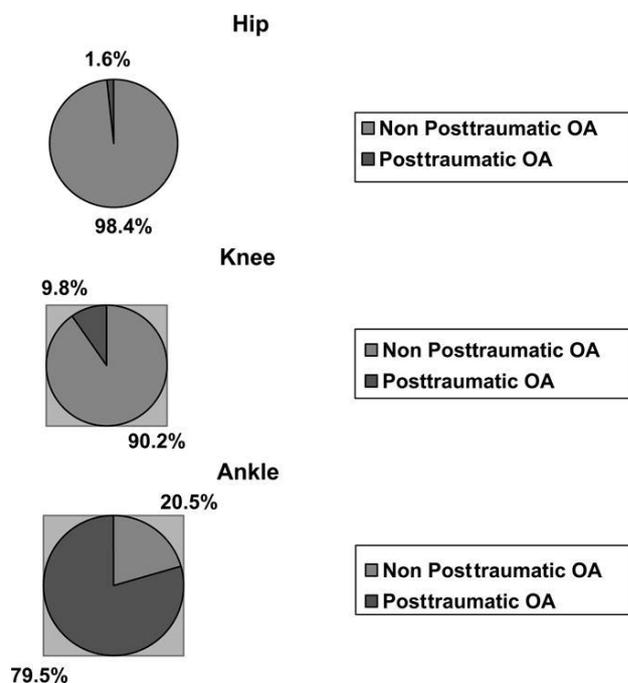
Befasst man sich näher mit den Ursachen der Gelenksdestruktion und deren Einfluss auf das Ergebnis des Eingriffes, so weisen Patienten mit rheumatoider Arthritis postoperativ eine deutlichere Verbesserung der Funktion auf, als dies bei Patienten mit primärer Arthrose nachzuweisen ist, dies mag jedoch auch an dem allgemein schlechteren Ausgangswert der Patienten mit rheumatoider Arthritis in den Scoringsystemen liegen [100]. Ein weiterer, epidemiologisch nicht zu vernachlässigender Anteil von etwa 10% [29] der Gonarthrosen ist auf Unfälle zurückzuführen. Allerdings fehlen hier bisher großangelegte Studien, aus denen sich klare Empfehlungen für die Therapie dieser Patienten ableiten lassen, es zeigt sich jedoch die klare Tendenz, dass die Ergebnisse nach Kniegelenksersatz (teils deutlich) schlechter sind, als die oben angeführten Ergebnisse [15-28].

Ziel der vorliegenden Studie war es nun, das Patientengut der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen aufzuarbeiten, Einfluss- und Risikofaktoren zu erkennen und zu beseitigen sowie die erhobenen Daten mit den bereits in der Literatur beschriebenen zu vergleichen.

#### 4.1. Kritische Beurteilung der erhobenen Ergebnisse

Unter allen implantierten Kniegelenktotalendoprothesen fanden sich in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen 9,5%, die aufgrund einer posttraumatischen Arthrose eingebracht wurden.

An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass in Deutschland bis Januar 2000 noch der ICD-9 Verwendung fand, welcher eine spezifische Codierung der Ursachen der Gonarthrose nicht explizit vorsah, hieraus könnten sich eventuell Verschiebungen ergeben haben. Dies ist jedoch als unwahrscheinlich anzusehen, da sich die gefundenen 9,5% recht gut mit den Untersuchungen von Brown et al. aus dem Jahr 2006 [29, Abb.56] decken, bei denen eine Rate von 9,8% posttraumatischer Arthrosen fand.



**Abbildung 56:** Anteile posttraumatischer Arthrosen an den Gelenken der unteren Extremität aus [29] Brown et. al

Dass Männer häufiger von einer posttraumatischen Arthrose betroffen zu sein scheinen als Frauen, ist ob der zu Grunde liegenden Verletzungsmechanismen und im Zusammenhang mit der Altersverteilung der Patienten zum Zeitpunkt des Traumas leicht erklärlich (vgl. 3.1.2.).

In der vorliegenden Studie ist der Zeitraum vom Unfall bis zur endoprothetischen Versorgung des Kniegelenkes bei Frauen wesentlich kürzer

als dies bei Männern der Fall ist. Es ergibt sich eine Differenz von nahezu zehn Jahren bei einem p-Wert von 0,004. Bei Frauen besteht somit eine signifikant kürzere Zeit zwischen dem Traumaereignis und der Implantation der Prothese. Die differierende Altersverteilung beim Unfall wird kompensiert, so dass das durchschnittliche Alter männlicher und weiblicher Patienten zum Operationszeitpunkt nahezu gleich ist.

Der meist langjährige Verlauf von im Schnitt 26 Jahren zwischen Traumaereignis und endoprothetischem Gelenkersatz mit entsprechendem Leidensdruck zeigt sich auch bei Betrachtung der Voroperationen der Patienten am betroffenen Gelenk. Nach dem Grundprinzip „Gelenkerhalt vor Gelenkersatz“ (vgl. 1.3.2.) war mehr als die Hälfte der untersuchten Gelenke vor der Prothesenimplantation schon voroperiert, knapp die Hälfte davon multipel.

Eine Beeinflussung der jetzigen Ergebnisse - also der Werte *nach* Einbringung der Prothese - durch die Voroperationen kann in der vorliegenden Arbeit letztlich nicht beurteilt werden, dürfte aber von der Art und Anzahl derselben abhängig sein, hier sind weitere Studien erforderlich.

Demgegenüber ist für die Vorerkrankungen ein Einfluss auf die Ergebnisse vor allem bei den funktionsbezogenen Scores offensichtlich. So ist es einem Patienten mit einer vorbestehenden Herzinsuffizienz NYHA III schon aufgrund dieser nicht möglich, eine Stunde am Stück spazieren zu gehen oder 100m schnell zu laufen. Patienten mit Beschwerden an der Wirbelsäule oder der Schulter können sich nicht bücken oder schwer heben. Dies führt zu schlechteren Ergebnissen in den Scores, ohne dass dies primär auf das Kniegelenk zurückzuführen wäre, was zum Teil auch von den Patienten kritisiert wurde.

Auch wenn in der vorliegenden Arbeit keine direkte Korrelation zwischen dem BMI und den Ergebnissen im Score der American Knee Society nachgewiesen werden kann, so ist jedoch auch dieser Faktor zu bedenken [101]. Es ergeben sich für übergewichtige Patienten schon bei alltäglichen Verrichtungen wie dem Anziehen von Schuhen und Strümpfen oder dem Waschen am ganzen Körper Probleme, die nicht auf die KTP zurückzuführen sind.

Ebenso sollte berücksichtigt werden, dass einige Patienten hohen Alters mit in die Scores aufgenommen wurden. Die allgemeinen körperlichen Einschränkungen des Alters, wie z.B. beim schnellen Laufen oder beim Treppensteigen gehen so zwangsläufig mit in die Scores ein, die so niedriger ausfallen.

Und auch die Einschränkungen, die bei einem zweiten von einer Arthrose betroffenen Knie (oder einem arthrotisch veränderten angrenzenden Gelenk) entstehen, werden nur unzureichend abgebildet. Da Patienten nach Hochrasanztraumen häufig Begleitverletzungen, z.B. am Hüftgelenk haben und auch die Arthrose des Kniegelenkes alleine, bzw. über die entstehenden Schmerzen und veränderte Biomechanik das Risiko für die Ausbildung einer Arthrose an der Hüfte [105,106] erhöht, muss berücksichtigt werden, dass auch eine schlechte Funktion in der Hüfte die Ergebnisse beeinflusst. Zudem werden Schmerzen im Hüftgelenk häufig ins Bein projiziert.

Im Sprunggelenk stellen die posttraumatischen Arthrosen sogar den größten Anteil aller Ursachen einer Arthrose [107], auch diese führt zu einer Funktionseinschränkung (z.B. beim Treppensteigen oder beim Gehen auf unebenem Untergrund), die von den Scores nicht differenziert genug beleuchtet wird. Hierzu sei angemerkt, dass der Score der American Knee Society, der 1989 von Insall und seinen Mitarbeitern erarbeitet wurde, in der Beurteilung der Operationsergebnisse zu  $\frac{3}{4}$  von der subjektiven Zufriedenheit des Patienten abhängt und nur zu  $\frac{1}{4}$  von den vom Untersucher erhobenen, messbaren Ergebnissen [108]. Dennoch gehört er zu den besten Scoringssystemen [109], unter anderem auch dadurch, dass klinische und funktionelle Aspekte getrennt voneinander dargestellt werden.

Die Frage, ob die Art der erlittenen Verletzung einen Einfluss auf die Ergebnisse der eingebrachten Prothesen aufweist, kann nicht abschließend beantwortet werden. Je nach Beurteilungskriterien schneidet entweder die eine, oder die andere Gruppe etwas besser ab, es entsteht der Eindruck, dass die Tibiakopffrakturen etwas schlechter abschneiden, so findet sich der größte Unterschied im untersucherbetonten Score und im Gesamtscore der AKS.

Bei der subjektiven Zufriedenheit der Patienten werden identische Noten (jeweils 2,7) erzielt.

Allerdings hat die Art der Verletzung einen Einfluss auf die Dauer zwischen Trauma und OP. So ist die Zeit zwischen Fraktur und Prothesenimplantation signifikant kürzer, als dies bei diskoligamentären Verletzungen der Fall ist ( $p=0,0447$ ).

Ist es zu einem traumatischen Ereignis gekommen, so sollte dies der aktuellen Literatur zufolge sorgfältig versorgt und möglichst physiologische Verhältnisse wiederhergestellt werden. So ist z.B. eine anatomische Wiederherstellung der Gelenkfläche nach Tibiakopffraktur unentbehrlich [12,15,24,25].

Auch am nachuntersuchten Patientengut scheint die operative Primärversorgung der Verletzung bezüglich der Funktion des Gelenkes nach endoprothetischer Versorgung bessere Ergebnisse hervorzubringen als es die konservative Versorgung tut.

Lediglich im untersucherbetonten Teil des Scores der American Knee Society ist ein Vorteil für die konservative Gruppe zu sehen, der aber im Gesamtscore praktisch nicht mehr nachzuweisen ist.

Die gefundenen Unterschiede sind statistisch nicht signifikant, allerdings finden sich die zwei absolut schlechtesten Ergebnisse beide in der Gruppe der primär operativ versorgten Patienten, davon war eines der Patient, dessen gelockerte Prothese am Folgetag gewechselt wurde, so dass der nachzuweisende Unterschied hierdurch evtl. negativ beeinflusst wird.

Betrachtet man die Zeitdauer zwischen Trauma und OP so ist ein signifikanter Unterschied zugunsten der konservativen Versorgung des Traumas nachzuweisen. Hieraus den Schluss zu ziehen, dass eine Verletzung des Kniegelenkes besser nicht operiert wird, um eine Prothese erst in höherem Alter zu benötigen ist jedoch sicher nicht zulässig. Im vorliegenden Kollektiv stellten die Kriegsverletzten die längsten Zeiträume, wobei hier zu bedenken ist, dass die Möglichkeit einer operativen Primärversorgung gar nicht gegeben war. Es entsteht eine Verzerrung alleine dadurch, dass die operativen Techniken zur adäquaten Versorgung der Verletzungen noch nicht lange genug etabliert sind bzw. die Verlängerung dieses Zeitraumes durch eine gelungene Operation erst

in Zukunft evaluiert werden kann. Unter der Annahme dass kein Unterschied zwischen operativer und konservativer Versorgung besteht (und die Zeitdauer zwischen Trauma und OP im Bereich von 25 Jahren liegt), würde beispielsweise ein junger Patient, der eine Kniegelenksverletzung in den 80er oder 90er Jahren des letzten Jahrhunderts erlitten hat erst in Zukunft operiert werden. Die (Weiter-)Entwicklung operativer Verfahren kann sich somit noch nicht wirklich in aktuellen Studien niederschlagen.

Als weiterer Faktor kommt hinzu, dass diese Patienten sich teilweise damit zufrieden gaben, überhaupt noch ein Bein zu haben oder teilweise die Überlegung, ob man dem Patienten aufgrund des hohen Alters von rund 80-90 Jahren überhaupt noch eine Prothese implantieren sollte, den Zeitraum bis zur definitiven Implantation noch verlängerte.

Bei der Prothesenimplantation schließlich wurde unterschieden, ob die Prothese navigationsassistent oder konventionell implantiert wurde, um herauszufinden, ob sich dies auf die Ergebnisse auswirkt.

Im Score der AKS schneiden die navigierten Prothesen besser ab als die konventionell eingebrachten Prothesen, in den anderen Scores ist dieser Unterschied nicht zu finden oder sogar umgekehrt, keiner der Unterschiede ist signifikant. Dabei ist zu bedenken, dass in den eher funktionsbezogenen Scores der subjektive Eindruck des Patienten stärker bewertet wird. Die Patienten, die konventionell operiert wurden, waren bei OP im Schnitt etwa sieben Jahre jünger als die Patienten, bei denen der OrthoPilot® zum Einsatz kam. Da sie gleichzeitig beim Unfallereignis älter waren, liegt der Schluss nahe, dass hier schwerwiegendere Verläufe vorliegen.

Dadurch könnten die Patienten mit der Prothese relativ gesehen zufriedener sein, da durch die Operation eine größere Verbesserung der Funktion für sie resultierte, was sich im Score und auch in der subjektiven Bewertung durch Schulnoten niederschlägt (1/10 Note besser bei konventioneller Implantation).

Die Komplikationsrate der Operation scheint mit 3,23% im nachuntersuchten Kollektiv auf den ersten Blick recht hoch, jedoch waren die Komplikationen wenig operationsspezifisch (nicht direkt auf die Knieendoprothese oder die Operation am Kniegelenk zurückzuführen) und sind nicht zuletzt aufgrund des

kleinen Patientenkollektivs relativ hoch. Dies führt zu einem Schwachpunkt der Studie, denn einen wesentlichen Einfluss auf die Studienqualität hat die Patientenzahl, so muss die geringe Fallzahl im vorliegenden Fall als Schwachpunkt angeführt werden. Die geringe Zahl kommt zum einen dadurch zustande, dass posttraumatische Kniegelenksarthrosen keine hohe Inzidenz aufweisen, zum anderen dadurch, dass viele Patienten nicht mehr auffindbar oder schlichtweg nicht willens waren, zur Nachuntersuchung zu kommen.

Es besteht so die Möglichkeit, dass Ergebnisse oder Tendenzen nicht oder verfälscht erkannt werden.

Legt man die Arbeit von König et al. aus dem Jahr 1999 [110] zugrunde, so ist damit zu rechnen, dass bei Erscheinen aller noch lebenden Patienten ein schlechteres Ergebnis erreicht worden wäre. King et al. [111] kamen 2004 allerdings zu einem anderen Schluss und stellten fest, dass die Patienten, die nicht an einem 5-Jahres-Follow-Up teilnehmen, keine signifikant schlechteren Ergebnisse aufweisen.

Um einen positiven Selektionsmechanismus auszuschließen, wurden die Patienten, die nicht nachuntersucht werden konnten, am Telefon nach ihrer Zufriedenheit befragt. Die Ergebnisse dieser Befragung sind aber natürlich nicht mit denen der Nachuntersuchung zu vergleichen, es zeigte sich eine deutliche „Tendenz zur Mitte“ - die Patienten äußerten zumeist das Gelenk hätte sich jedenfalls verbessert, sie seien also „zufrieden“ mit dem Resultat - außerdem fehlen noch immer einige Patienten, die trotz Internet nicht aufgefunden werden konnten. Das letztendliche Resultat der Gruppe der Patienten, die nicht zur Nachuntersuchung kamen, bleibt offen.

#### **4.2. Radiologische Ergebnisse, Beinlänge und Beinstatik**

Bei der radiologischen Untersuchung erwies sich zunächst, dass Prothesen, die gelockert oder nicht mehr sicher fest sind, vom erfahrenen Untersucher auch als solche erkannt wurden.

Desweiteren erwies sich bezüglich der Beinstatik die navigationsassistierte Implantationstechnik der konventionellen Technik überlegen.

Es waren mehr Prothesen im Zielbereich (mechanische Beinachse  $180^\circ \pm 3^\circ$ ), darüberhinaus war auch die Abweichung insgesamt geringer (vgl. Abbildung 41), abgesehen von der Prothese mit der größten Abweichung, diese erwies sich jedoch intraoperativ als gelockert.

Die bei den untersuchten Patienten gefundene Beinlängendifferenz von durchschnittlich 0,6cm ist nach Strecker und Keppler [3] auch in einem Normalkollektiv zu finden, kleiner als 1,4cm und damit tolerierbar.

**Tabelle 3**  
**Längen- und Torsionswinkeldifferenzen der unteren Extremitäten bei Erwachsenen [6]**

Kollektiv	<i>n</i>	Median	95. Perzentil	99. Perzentil
<b>Längendifferenzen [mm]</b>				
OS-Paare	178	3	9	12
US-Paare	171	3	8	10
Beinpaare	60	6	11	
<b>Torsionsdifferenzen [°]</b>				
OS-Paare	176	4	11	13
US-Paare	167	5	13	14
Beinpaare	48	5	14	

**Abbildung 57:** Längen und Torsionswinkeldifferenzen der unteren Extremität bei Erwachsenen nach [3]

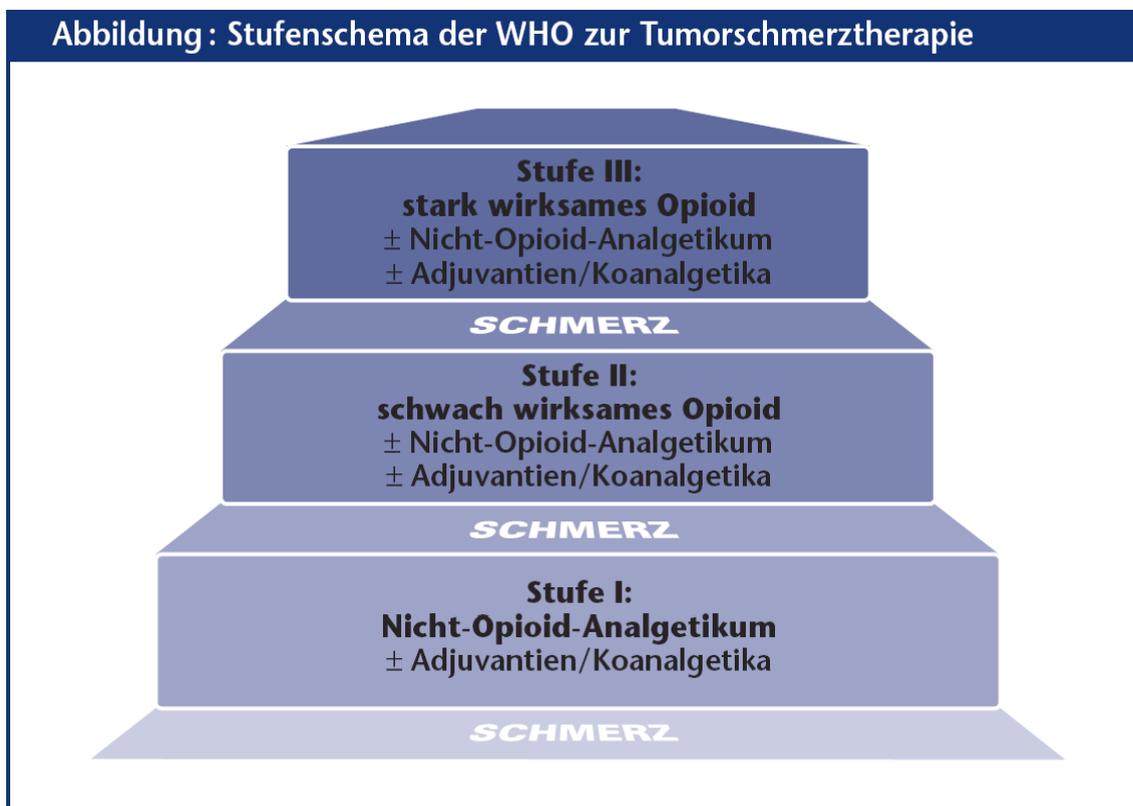
Eine Beinlängenverkürzung von 4,5cm postoperativ ist bei einem Ausgangswert von 8cm präoperativ als gutes Ergebnis zu werten, eine weitere Verlängerung allein durch die Einbringung einer Prothese ist nicht indiziert, da hierdurch Probleme der Nerven- und Gefäßversorgung provoziert werden.

Bezüglich der postoperativen Bandstabilität fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen navigationsgestützter und konventioneller Implantation.

### 4.3. Geforderte Erfolgskriterien: Schmerzfreiheit, Stabilität und Funktion

Da starke, invalidisierende Schmerzen aus Patientensicht die Hauptindikation zum Gelenkersatz darstellen („der Patient kommt zum Arzt weil er Schmerzen hat“, vgl. 1.4.4.) [84,85,87,88], erscheint der durchschnittlich angegebene postoperative Wert der Schmerzen von 2 in der letzten Woche gering.

Fast  $\frac{3}{4}$  der Patienten gaben an, keine Ruheschmerzen zu haben, 61,29% kommen gänzlich ohne Schmerzmittel aus, ein weiteres Viertel ohne regelmäßige Einnahme. Bei keinem Patienten ist die Ausschöpfung des WHO-Stufenschemas zur Schmerztherapie erforderlich (Vgl. [39] und Abbildung 58: WHO-Stufenschema zur Schmerztherapie nach [39]). Auch dies illustriert gut, dass nur wenig Schmerzen auftreten.



**Abbildung 58:** WHO-Stufenschema zur Schmerztherapie nach [39]

Bei der Frage nach der Stabilität im Kniegelenk war das subjektive Gefühl des Patienten, ob er einknickt, oder aufgrund eines Einknickens stürzt, ein Indikator, um sich einen Überblick über die Alltagsstabilität des Gelenkes zu geben. Hier antwortete lediglich eine Patientin mit „häufig“, bei dieser war nach dem Trauma

zunächst das vordere Kreuzband reseziert worden, woraufhin sie „dauernd“ wegknickte, so dass auch hier insgesamt eine Verbesserung resultierte.

Die Beweglichkeit des Kniegelenkes war bei 74,2% der Patienten im geforderten Bereich von 90° oder mehr, dennoch gab nur ein Patient an, problemlos knien und wieder aufstehen zu können, ein weiterer schilderte lediglich leichte Probleme.

Dies ist ein bereits beschriebenes Phänomen nach KTP [112], auch wenn sich die Funktion besserte, so konnte keine Methode in diesem Punkt wirklich gute Resultate erzielen.

Sicher müssen hier aber auch Alter und Vorerkrankungen des einzelnen Patienten mit berücksichtigt werden.

Beim Großteil der untersuchten Patienten wurden die von Plitz [99] geforderten Kriterien demnach erfüllt, oder zumindest spürbare Verbesserungen erzielt.

Da präoperative Scores zumeist nicht vorhanden waren und damit, da keine Vergleichsbasis existiert, keine valide Beurteilung der Verbesserung des individuellen Patienten möglich ist, war man bei den Fragen zur Verbesserung oder Verschlechterung auf die Patientenangaben angewiesen. Diese äußerten *allesamt*, dass es ihnen nun besser, oder viel besser gehe als vor Implantation des Kunstgelenkes - selbst diejenigen, die eine „5“ für die aktuelle Zufriedenheit vergaben.

Wünschenswert wäre hier allerdings eine valide Datenerfassung vor OP, da die Patienten die präoperativen Befunde meist nicht mehr genau erinnern.

#### **4.4. Einflussfaktoren**

Neben den bereits erwähnten Einflussfaktoren, der Verletzung an sich und deren Primärversorgung, sowie der Frage, ob die Prothese navigiert oder konventionell implantiert wurde, fand sich kein Faktor, der das mittelfristige Operationsergebnis signifikant beeinflusst hätte.

Weder Alter noch Gewicht korreliert signifikant mit den gefunden Ergebnissen, ein ebenfalls bereits beschriebener Effekt [100].

#### 4.5. Survival Analyse

Werden nur die Prothesenwechseloperationen berücksichtigt und der Austausch von Verschleißteilen außen vor gelassen, so beträgt die 5-Jahres-Überlebensrate der Prothesen 92%, wobei es man aus der Überlebenskurve [Abbildung 27] den Eindruck gewinnen könnte, als sei die kritische Phase erst im achten postoperativen Jahr: Hier tritt die größte relative Senkung auf.

So liegen nach 7 Jahren noch 89,3%, nach 9 Jahren jedoch noch 75,6% der Prothesen ein. Aus der statistischen Auswertung der Überlebenskurve ergibt sich ein Median von 25 Jahren, d.h. nach 25 Jahren ist zu erwarten, dass die Hälfte der Prothesen ausgetauscht wurden.

#### 4.6. Subjektive Bewertung durch die Patienten

Bei der Bewertung des Ergebnisses durch den Patienten selbst korreliert die vergebene Note offenbar mit der empfundenen Schmerzstärke. Hieraus lässt sich nach Baker et al. [113] schließen, dass zunehmende Schmerzen eine Verschlechterung anzeigen, allerdings zeigt sich auch eine „Tendenz zur Mitte“. Ebenso ist eine Korrelation auch mit dem nach objektiven Kriterien erhobenen Ergebnis nachweisbar, wobei die untersucherbetonten Scores eine etwas bessere Korrelation aufweisen, als die vorrangig auf Patientenangaben beruhenden Scores, zu beachten ist allerdings, dass im Score der American Knee Society der Parameter „Schmerz“ mit 50 von insgesamt 200 Punkten eingeht und dann selbstverständlich eine Korrelation von Schmerzen und dem erreichten Scoringwert nachweisbar ist.

Weitere Parameter, die nach Baker et al. [113] eine schlechtere subjektive Patientenzufriedenheit erwarten lassen, sind weibliches Geschlecht, die Diagnose der primären Arthrose und das Alter des Patienten.

In der vorliegenden Arbeit ist diese Geschlechts- oder Altersabhängigkeit jedoch nicht oder allenfalls als Trend nachweisbar.

Auch eine Korrelation der Zufriedenheit mit dem Bewegungsumfang war allenfalls schwach nachweisbar [114].

Ein Vergleich der Diagnosen des vorliegenden Kollektivs soll mit den Angaben in der aktuellen Literatur verglichen werden.

Bevor dieser Vergleich jedoch erfolgt, sei auf die Diskrepanz zwischen 56,5% "unbefriedigendem" Ergebnis im Score der AKS und der Durchschnittsnote in der subjektiven Patientenzufriedenheit von 2,4 hingewiesen, wobei sich 31 Patienten als mit der Prothese „äußerst zufrieden“ oder „sehr zufrieden“ äußerten.

Dies lässt auf eine vom Patienten erlebte deutliche Besserung der Kniebeschwerden durch die Prothesenimplantation schließen.

#### **4.6. Die Ergebnisse im Spiegel der allgemeinen Literatur**

Insgesamt fallen die Ergebnisse in der vorliegenden Arbeit schlechter aus, als nach der aktuellen Literatur angenommen werden sollte, dies betrifft sowohl die Revisionsraten, die - wie oben bereits genannt - in großangelegten Studien niedriger liegen [101-103], als auch die Ergebnisse in den Scores, die bei weiterer Durchsicht der Literatur i.A. besser bewertet werden. Einige der Studien seien an dieser Stelle exemplarisch wiedergegeben.

So beschreiben Dojcinovic et al. [115] 2007 beim Vergleich von Polyäthylen mit Metall-Tibiarückflächen und einem mittleren Nachverfolgungszeitraum von 66 Monaten eine 10-Jahres-Überlebensrate von etwa 94% in beiden Gruppen, IKS-Scores von 89 (+/-10,8) bzw. 88,3 (+/-11,9) und Funktionsscores von 68 (+/- 23,7) bzw. 71 (+/- 24) mit der HLS-Knieendoprothese.

2001 beschrieb Seitz [116] in Bochum an einem Kollektiv von 100 Patienten mit implantierter Natural Knee Prothese einen Mittelwert des IKS-Scores von 84,28 (48-99, Standardabw.: 10,85), Funktion 72,74 (25-100, Stabw.:16,18) resultierend ein Gesamtwert von durchschnittlich 156,68 (88-195, Standardabw.: 23,13), allerdings war der Nachuntersuchungszeitraum mit lediglich 5 Monaten wesentlich kürzer als in der hier vorliegenden Arbeit, ebenso war das Patientengut ein völlig anderes, da es sich hauptsächlich um primäre Gonarthrosen, sowie Gelenkdestruktion durch rheumatische Erkrankungen und Osteonekrosen des medialen Femurcondylus handelte, was die Vergleichbarkeit natürlich sehr einschränkt. Diduch et al beschrieben 1997 [117] ein nach HSS-Score und Knee Society Score gutes oder exzellentes Ergebnis bei allen 103 implantierten Prothesen, die sie bei jungen Patienten (das Durchschnittsalter bei OP betrug 51Jahre) implantiert hatten.

Es wurden im Zeitraum von 8 (3-18) Jahren lediglich drei Revisionen angegeben, sicher ist hierbei zu berücksichtigen, dass es sich um ein Kollektiv „junger, aktiver“ Patienten handelte.

Abbas und Gunn [118] berichteten 2006 über lediglich eine erforderliche Revision im Nachverfolgungszeitraum von 5 Jahren und 10 Monaten bei 173 Knien, die mit der Scorpio-Prothese der Fa. Stryker versorgt wurden. Der mittlere Knee Score betrug hier 92, der mittlere Funktionswert 62, was zu einer exzellenten Bewertung von 104 Gelenken führte.

In einem Kollektiv von 63 Patienten (80 Kniegelenken), die mit der „Rotaglide mobile knee“-Prothese versorgt wurden und über einen Zeitraum von 7,3 (3-12) Jahren nachbeobachtet wurden, fanden Morgan et al. [119] keine einzige Revision aufgrund einer aseptischen Lockerung oder Infektion. Es wurden Funktionswerte von 93,6 und ein Knee Score von 98 erreicht, was einem sehr guten Ergebnis entspricht.

Bei einem von Mayer 2003 durchgeführten Vergleich zwischen 35 Natural-Knee Prothesen (Nachuntersuchungszeitraum 25 Monate) und 36 Genesis-I-Prothesen (Nachuntersuchungszeitraum 28 Monate) zeigten sich Gesamt Knee Scores von 161,8 bzw. 157 Punkten. Getauscht wurde 1 Natural-Knee Prothese und 4 Genesis-I-Prothesen [120].

Diese Arbeiten spiegeln die Ergebnisse bei nicht-posttraumatischem Gelenkersatz oder unselektierten Kollektiven wieder. Es ist unschwer erkennbar, dass die Resultate besser sind als bei den Ergebnissen nach posttraumatischer Gonarthrose.

Auch die Herstellerangabe der Search<sup>®</sup>-Prothese (Überlebensrate von 97,6% über 4-6 Jahre) wird in der vorliegenden Arbeit nicht erreicht.

Da es sich jedoch bei Patienten mit posttraumatischer Arthrose um ein völlig anderes Patientenkollektiv handelt, bei dem die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Implantation einer Prothese viel schwieriger sind, ist hier sicher keine Vergleichbarkeit gegeben.

Wie sieht es nun im Vergleich zu anderen Studien bei posttraumatischer Gonarthrose aus?

Bei Sichtung der spärlichen Literatur hierzu zeigt sich, dass die Resultate nach Trauma allgemein schlechter liegen, als bei primärer Arthrose oder rheumatoider Arthritis. Diese wenigen Studien haben auch meist ein sehr kleines Patientenkollektiv. Eine bereits o.g. Auswahl sei hier näher ausgeführt: Schon 1990 berichteten Roffi et al [21] über 17 Fälle bei posttraumatischer Arthrose, von denen bei 5 eine intra- oder postoperative Komplikation auftrat. 1999 fand sich bei 31 Kniegelenken eine Komplikationsrate von 57% (Lonner et al [22]). Dabei waren 26% auf aseptisches und 10% auf septisches Implantatversagen zurückzuführen.

Gerich et al [19] schilderten 2001 bei 10 Patienten mit Tibiakopffraktur und einem Nachbeobachtungszeitraum von 30 Monaten einen AKS-Score von 153 und eine Frühkomplikationsrate von 27% sowie 36% für Spätkomplikationen.

Saleh et al [17] fanden ebenfalls im Jahre 2001 bei 15 Prothesen und einem follow-up von 6,2(5,4-11,1) Jahren einen postoperativen Hospital for Special Surgery knee score von 80, bei 4 „exzellenten“ Kniegelenken und lediglich drei unbefriedigenden oder schlechte Ergebnissen. Es fand sich eine Versagensrate von etwa 33,3% sowie eine hohe Infektionsrate (3/15). Ebenso waren häufig postoperative Maßnahmen erforderlich (3/15), außerdem trat bei 2 Patienten ein Riss der Patellarsehne auf.

Papadopoulos et al. [20] beschrieben 2002 eine Wechselrate von 5/48 (entsprechend 10,42%) Prothesen, die aufgrund einer distalen Femurfraktur eingebracht wurden, innerhalb von 6,2 (2-16) Jahren.

Weiss et al [18] untersuchten im Jahre 2003 62 Knieendoprothesen nach, die aufgrund einer vorherigen Tibiakopffraktur eingebracht worden waren.

Insbesondere diese Arbeit ist für einen Vergleich der sonstigen Parameter interessant, so betrug die Zeitdauer zwischen Trauma und Operation im Mittel 13,6 (0,5-36) Jahre. Das Durchschnittsalter bei OP betrug 63 (19-89) Jahre, es war in 53,2% das linke Knie betroffen. Das untersuchte Patientengut war also (abgesehen davon, dass es sich nur um Tibiakopffrakturen handelte) mit unserem eigenen vergleichbar. Bei einem Nachuntersuchungszeitraum von

durchschnittlich 4,7 Jahren ergaben sich signifikante Besserungen des Knee Scores bezüglich Schmerz (von 43,9 auf 82,9 Punkte gestiegen) und Funktion (von 52 auf 84 Punkte gestiegen). Es wurden 77% exzellente oder gute Resultate berichtet. Auch Weiss et al fanden keinen signifikanten Unterschied zwischen operativer und konservativer Primärversorgung. Die Schmerzen besserten sich, es fand sich aber auch eine Reoperationsrate von 21%, 6 intraoperative und 16 postoperative Komplikationen.

Wu et al [28] fanden 2005 bei 15 Patienten einen durchschnittlichen functional Score von 76 sowie einen Knee Score von 84 bei 15 bei einem follow-up von 35 Monaten und einem durchschnittlichen Patientenalter von 58 Jahren.

Hier entsprechen die Resultate der vorliegenden Arbeit also in etwa den in der Literatur beschriebenen Werten, v.a. hinsichtlich der Revisionsraten, was den deutlichen Einfluss des Traumas auf die Resultate der Prothese illustriert.

Betrachtet man dagegen die Komplikationen, die bei Einbringung der Prothese und während des anschließenden Klinikaufenthaltes auftraten, so sieht das Bild anders aus:

Die Thromboserate von 1,6% und die Tatsache, dass im vorliegenden Kollektiv keine einzige symptomatische postoperative Lungenembolie nachweisbar war, liegt unter den in der Literatur angegebenen Werten [121], wobei in der angegebenen Arbeit nach Thrombosen und embolischen Ereignissen gezielt gesucht wurde. Die Rate an symptomatischen Lungenembolien liegt laut Lotke et al. bei etwa 0,5%.

Die Rate an oberflächlichen Wundheilungsstörungen wird in o.g. Arbeit von Mayer [120] zwischen 2,8 und 8,6% (je nach Kollektiv) angegeben. In einer weiteren Arbeit, die sich im speziellen mit der Problematik der Wundheilungsstörung bei Übergewicht beschäftigte [122] traten gar zu 22% Probleme bei der Wundheilung auf. Im vorliegenden Kollektiv dagegen ergab sich keine nennenswerte Komplikation bezüglich der Abheilung der Zugangswunde am Kniegelenk.

In Bezug auf die intra- und perioperativen Komplikationen und die Rate an Wundheilungsstörungen gehen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit gut mit denen der aktuellen Literatur konform.

## 5. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Bei ausgedehnter Arthrose des Kniegelenkes stellt der endoprothetische Gelenkersatz die einzige Alternative dar, um für die Betroffenen ein Maximum an Funktion kombiniert mit einem möglichst geringen Maß an Schmerzen zu erreichen.

Die Arthrodese des Kniegelenkes reduziert zwar die Schmerzen signifikant, hat aber eine deutlich schlechtere Funktion als die Kniegelenktotalendoprothese und ist damit eher als letzte Option nach Ausschöpfung aller anderen Verfahren zu betrachten.

Welche Patientengruppen von der Implantation einer Prothese allerdings in besonderem Maße profitieren, ist bislang nicht letztlich geklärt. Studien, die sich explizit mit der posttraumatischen Kniegelenksarthrose beschäftigen, sind eher dünn gesät und beinhalten meist nur ein kleines Patientenkollektiv und das, obwohl etwa 10% der Kniegelenksarthrosen direkt oder indirekt auf ein vorangegangenes Trauma zurückzuführen sind.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollte erfasst werden, ob und wenn ja in welchem Ausmaß die Diagnose „posttraumatische Arthrose des Kniegelenkes“ (posttraumatische Gonarthrose) die mittelfristigen Ergebnisse des Gelenkersatzes beeinflusst. Zusätzlich sollte geklärt werden, ob die Art des Traumas oder das Alter des Patienten beim Unfall oder zum Zeitpunkt der Operation einen Einfluss auf diese Ergebnisse aufweist. Darüberhinaus sollten Risikofaktoren benannt werden, die ein schlechteres Resultat im Vorherein absehbar werden lassen.

Dazu wurden 60% von 104 in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik an der Universität Tübingen aufgrund dieser Diagnose implantierten Prothesen anhand bewährter Scoringsysteme wie dem Score der American Knee Society, dem Oxford Knee Score (mit maximal 48 Punkten) und dem FFbH-OA (2.0) nachuntersucht und der Verbleib von 25 weiteren geklärt (loss to follow up = 16 %).

Der mediane Nachbeobachtungszeitraum betrug 4,35 (0,4-9,8) Jahre. Zusätzlich erfolgte eine radiologische Auswertung und die Patienten selbst bewerteten ihre Zufriedenheit mittels eines Notensystems von „äußert zufrieden“ (=1) bis „unzufrieden“ (=5).

Im nachuntersuchten Patientengut fand sich im FFb-H-OA (2.0) ein Durchschnittswert von 72,49, für den Oxford Knee Score durchschnittlich 36,45 Punkte und für den Score der American Knee Society 62,77 (sehr gut oder gut bei 11 Gelenken), sowie ein Funktionswert 80,48 (sehr gut oder gut bei 38 Gelenken), der Gesamtwert nach American Knee Society Score betrug 143,26. 87,10% der nachuntersuchten Prothesen wiesen radiologisch keinen Anhalt für eine Lockerung auf. Es fand sich keine erhöhte Rate intra- oder direkt postoperativer Komplikationen. In der Überlebenszeitanalyse zeigte sich eine 5-Jahres-Überlebensrate von 92%, aus der statistischen Auswertung der Überlebenskurve ergab sich ein Median von 25 Jahren, d.h. nach 25 Jahren ist zu erwarten, dass die Hälfte der Prothesen ausgetauscht wurden

Bei der Beurteilung der Verletzungsmechanismen macht eine Fraktur des Tibiakopfes den Gelenkersatz früher erforderlich und scheint ein etwas schlechteres Ergebnis nach sich zu ziehen, als dies bei reinen Band- oder Meniskusverletzungen der Fall ist (statistisch signifikanter Unterschied in der Dauer zwischen Trauma und OP rund 11Jahre; AKS-Gesamtscore 133 vs 144). Ebenso scheint die operative Primärversorgung der konservativen Primärversorgung überlegen (AKS-Gesamtscore nahezu identisch, 75 vs. 70 Punkte im FFbH). Als weitere Risikofaktoren für ein schlechteres Ergebnis imponierte das weibliche Geschlecht (AKS gesamt männl.: 146, weiblich: 137), ebenso fiel für das weibliche Geschlecht eine signifikant geringere Zeitdauer von Trauma bis OP auf ( $p=0,004$ ). Kein Einfluss fand sich für das Alter bei Trauma oder das Alter bei der Prothesenimplantation. Einen positiven Einfluss jedoch schien die Einführung der navigationsgestützten Implantationstechnik aufzuweisen, die Ergebnisse imponierten besser als bei konventioneller Implantation (AKS-Gesamtscore 146 vs. 141), wobei dies statistisch nicht signifikant und somit nur als Trend zu werten ist, die postoperative

Bandstabilität scheint nicht durch die genannten Faktoren beeinflusst zu werden, allenfalls die navigationsgestützte Implantation der Prothese könnte einen positiven Effekt aufweisen.

Bezüglich der Funktion und des Schmerzgrades berichtete die überwiegende Mehrheit der Patienten eine deutliche Besserung, so waren auch 50% mit dem Ergebnis der Operation „äußerst zufrieden“ oder „sehr zufrieden“ und lediglich 3% „unzufrieden“.

Im Vergleich zur allgemeinen Literatur legt diese Arbeit nahe, dass sich die Diagnose „posttraumatische Arthrose des Kniegelenkes“ negativ auf die Resultate der eingebrachten Endoprothesen auswirkt, für das spezielle Patientenkollektiv liegen sie im Rahmen des Vorbeschriebenen, v.a. hinsichtlich der Revisionsraten, was den deutlichen Einfluss des Traumas auf die Resultate der Prothese illustriert (vgl. 4.6)

Obwohl es bei fortgeschrittener Gelenkdestruktion mit entsprechenden Beschwerden keine wirkliche Alternative zum endoprothetischen Gelenkersatz gibt, ist die Indikation für den alloplastischen Kniegelenkersatz bei posttraumatischer Gonarthrose dennoch eng zu stellen, es sind alle anderen Therapieoptionen auszuschöpfen und der Patient ist über die zu erwartenden Ergebnisse aufzuklären. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass die guten Langzeitergebnisse der Endoprothetik bei primärer Arthrose oder rheumatischer Destruktion des Gelenkknorpels mittelfristig nicht ohne weiteres auf die Situation nach Trauma zu übertragen sind.

Eine genauere Qualifizierung der gefundenen Resultate ist aufgrund der geringen Patientenzahl der einzelnen Untergruppen nicht möglich, so dass weitere klinische Studien erforderlich sind, die auch die präoperativen Verhältnisse und somit den Benefit des Kunstgelenkes für den Patienten objektiv abbilden.

## 6. Abkürzungsverzeichnis

Folgende Abkürzungen wurden in der Dissertation verwendet:

- Abb.           Abbildung
- AKS           American Knee Society
- a.p.           anterior posterior
- BGU           Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik  
                  an der Universität Tübingen
- etc.           et cetera
- Fa.            Firma
- FFbH          Funktionsfragebogen Hannover  
                  [verwendet in der Version FFb-H-OA (2.0)]
- HTP           Hüftgelenktotalendoprothese
- i.A.           im Allgemeinen
- inkl.          inklusive
- jährl.         Jährlich
- k. A.          keine Angabe
- KTP           Kniegelenktotalendoprothese
- Lock.         Lockerung
- LWS          Lendenwirbelsäule
- no.           number
- mittl.         mittlere/s/r
- NSAID         Non-steroidal anti-inflammatory drug

- NYHA      New York Heart Association  
Hier meist die Klassifikation der Herzinsuffizienz o.g.  
Organisation, vereinfacht sei diese hier wiedergegeben:  
Grad I - keine subjektiven Beschwerden bei alltäglicher  
Belastung  
Grad II - leichte Einschränkung der körperlichen  
Leistungsfähigkeit  
Grad III - geringe Belastung führt zur Erschöpfung  
Grad IV - Beschwerden in Ruhe
- o.Ä.      oder Ähnliche(s/n/m)
- s.o.      siehe oben
- sog.      so genannt(e)
- s.u.      siehe unten
- Tab.      Tabelle
- TEP      Totalendoprothese
- usw.      und so weiter
- v.a.      vor allem
- vgl.      vergleiche
- vs.      Versus
- WHO      World Health Organization
- z.B.      zum Beispiel

## 7. Literaturverzeichnis

- [1] Weber, W., Weber, E. (1836)  
[Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge]  
Dietrich'sche Buchhandlung, Göttingen
- [2] Honkonen, S.E. (1995)  
[Degenerative arthritis after tibial plateau fractures]  
J Orthop Trauma, 9,273-277.
- [3] Strecker, W., Keppler, P. (2002)  
[Analysis and correction of leg deformities. 1:Analysis]  
Der Unfallchirurg, 105(9), 811-829
- [4] Debrunner, H.U., Hepp W.R. (1994)  
Orthopädisches Diagnostikum S. 177ff;  
Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- [5] Cole, B.J., Harner, C.D. (1999)  
[Degenerative arthritis of the knee in active patients: evaluation and management]  
J Am Acad Orthop Surg, 7(6), 389-402
- [6] Theiler R. (2002)  
[Arthrose – Epidemiologie, Diagnose und Differentialdiagnose, Abklärung und Dokumentation]  
Schweizerische medizinische Wochenschrift, 23, 555-561
- [7] Debrunner A. (1994)  
[Das Kniegelenk]  
Orthopädie Orthopädische Chirurgie, Verlag Hans Huber, Bern, 3.Aufl., 783-848
- [8] Sowers, M. (2001)  
[Epidemiology of risk factors for osteoarthritis: systemic factors]  
Curr Opin Rheumatol ,13(5), 447-451
- [9] Felson, D.T. (2004)  
[An update on the pathogenesis and epidemiology of osteoarthritis]  
Radiologic clinics of North America, 42(1), 1-9
- [10] Zetterberg, C., Hansson, T. (1995)  
[Arthrosis of the hip and knee. Heredity, sports and overweight are usually more hazardous than work]  
Läkartidningen, 92(22), 2307-2310
- [11] Jensen, C.L., Jacobsen, S., Sonne-Holm, S.(2005)  
[Risk factors for osteoarthritis of the knee: current status]  
Ugeskrift for laeger, 167(40), 3768-3771

- [12] Dickob, M., Mommsen, U. (1992)  
[Extra-articular fractures near the knee and concomitant knee damage]  
Aktuelle Traumatol, 22(5), 183-188
- [13] Ulusal, A.E., Ulusal, B.G., Lin, Y.T., Lin, C.H. (2007)  
[The advantages of free tissue transfer in the treatment of posttraumatic stiff knee]  
Plastic and reconstructive Surgery, 119(1), 203-210
- [14] Roos, E.M. (2005)  
[Joint injury causes knee osteoarthritis in young adults]  
Curr Opin Rheumatol, 17(2), 195-200
- [15] Petersen, W., Zantop, T., Raschke, M. (2006)  
[Fracture of the tibial head]  
Der Unfallchirurg, 109(3), 219-232
- [16] Volpin, G., Dowd, G.S., Stein, H., Bentley, G. (1990)  
[Degenerative arthritis after intra-articular fractures of the knee. Long-term results]  
J Bone Joint Surg (Br.), 72, 634-638
- [17] Saleh, K.J., Sherman, P., Katkin, P., Windsor, R., Haas, S., Laskin, R., Sculco, T. (2001)  
[Total knee arthroplasty after open reduction and internal fixation of fractures of the tibial plateau: A minimum five-year follow-up study]  
J Bone Joint Surg (Am.), 83, 1144-1148
- [18] Weiss, N., Parvizi, J., Hanssen, A., Trousdale, R. & Lewallen, D.G. (2003)  
[Total knee arthroplasty in post-traumatic arthrosis of the knee]  
J Arthroplasty, 18, 23-26
- [19] Gerich, T., Bosch, U., Schmidt, E., Lobenhoffer, P., Krettek, C. (2001)  
[Knee joint prosthesis implantation after fractures of the head of the tibia: Intermediate term results of a cohort analysis]  
Der Unfallchirurg, 104, 414-419
- [20] Papadopoulos, E.C., Parvizi, J., Lai, C.H., Lewallen D.G. (2002)  
[Total knee arthroplasty following prior distal femoral fracture]  
The Knee, 9, 267-274
- [21] Roffi, R.P., Merritt, P.O. (1990)  
[Total knee replacement after fractures about the knee]  
Orthop Rev, 19, 614-620

- [22] Lonner, J.H., Pedlow, F.X., Siliski, J.M. (1999)  
[Total knee arthroplasty for post-traumatic arthrosis]  
J Arthroplasty, 14, 969-975
- [23] Papagelopoulos, P.J., Partsinevelos, A.A., Themistocleous, G.S.,  
Mavrogenis, A.F., Korres, D.S., Soucacos, P.N. (2006)  
[Complications after tibia plateau fracture surgery]  
Injury, 37(6), 475-484
- [24] Egund, N., Kolmert, L. (1982)  
[Deformities, gonarthrosis and function after distal femoral fractures]  
Acta Orthop Scand, 53(6), 963-974
- [25] Krettek, C., Schandelmaier, P., Lobenhoffer, P., Tschernke, H. (1996)  
[Complex trauma of the knee joint. Diagnosis--management--therapeutic  
principles]  
Der Unfallchirurg, 99(9), 616-627
- [26] Kettelkamp, D.B., Hillberry, B.M., Murrish, D.E., Heck, D.A. (1988)  
[Degenerative arthritis of the knee secondary to fracture malunion]  
Clin Orthop Relat Res, 234, 159-169
- [27] Delamarter, R.B., Hohl, M., Hopp, E. Jr. (1990)  
[Ligament injuries associated with tibial plateau fractures]  
Clin Orthop Relat Res, 250, 226-233
- [28] Wu L.D., Xiong Y., Yan S.G., Yang Q.S. (2005)  
[Total knee replacement for posttraumatic degenerative arthritis of the knee]  
Chin J Traumatol, 8(4), 195-199
- [29] Brown, T.D., Johnston, R.C., Saltzman, C.L., Marsh, J.L., Buckwalter, J.A.  
(2006)  
[Posttraumatic osteoarthritis: a first estimate of incidence, prevalence, and  
burden of disease.]  
J Orthop Trauma., 20(10), 739-744
- [30] Lefkoe, T.P., Trafton, P.G., Ehrlich, M.G., Walsh, W.R., Dennehy, D.T.,  
Barrach, H.J., Akelman, E. (1993)  
[An experimental model of femoral condylar defect leading to osteoarthritis]  
J Orthop Trauma., 7(5), 458-467
- [31] Mink, J.H., Deutsch, A.L. (1989)  
[Occult cartilage and bone injuries of the knee: detection, classification, and  
assessment with MR imaging]  
Radiology, 170(3 Pt 1), 823-829

- [32] Vellet, A.D., Marks, P.H., Fowler, P.J., Munro, T.G. (1991)  
[Occult posttraumatic osteochondral lesions of the knee: prevalence, classification, and short-term sequelae evaluated with MR imaging]  
Radiology, 178(1), 271-276
- [33] Boks, S.S., Vroegindeweij, D., Koes, B.W., Bernsen, R.M., Hunink, M.G., Bierma-Zeinstra, S.M. (2007)  
[Clinical consequences of posttraumatic bone bruise in the knee]  
Am J Sports Med, 35(6), 990-995
- [34] Felson, D. T., Lawrence, R. C., Dieppe, P. A., et al. (2000)  
[Osteoarthritis: New Insights. Part 1: The Disease and its Risk Factors]  
Ann Intern Med, 133, 635-646
- [35] Deyle, G. D., Henderson, N. E., Matekel, R. L., Ryder, M. G., Garber, M. B., Allison, S. C. (2000)  
[Effectiveness of Manual Physical Therapy and Exercise in Osteoarthritis of the Knee. A Randomized, Controlled Trial]  
Ann Intern Med, 132(3), 173-181
- [36] O'Reilly, S. C., Muir, K. R. und Doherty, M. (1999)  
[Effectiveness of home exercise on pain and disability from osteoarthritis of the knee: a randomised controlled trial]  
Ann Rheum Dis, 58, 15-19
- [37] Felson, D. T., Lawrence, R. C.; Dieppe, P. A., et al. (2000)  
[Osteoarthritis: New Insights. Part 2: Treatment Approaches]  
Ann Intern Med, 133, 726-737
- [38] Jordan, K. M., Arden, N. K., Doherty, M., Bannwarth, B., et al. (2000)  
[EULAR Recommendations 2003: an evidence based approach to the management of knee osteoarthritis: Report of a Task Force of the Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutic Trials (ESCISIT)]  
Ann Rheum Dis, 62(12), 1145-1155
- [39] Höffler, D., Lasek, R., Tladen, J.D. (2001 bis 2007)  
Therapieempfehlungen der Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft  
Degenerative Gelenkerkrankungen (87) und Tumorschmerzen (66)  
www.akdae.de  
nexus GmbH, Düsseldorf ISSN 0939-2017
- [40] Hunt, S. A., Jazrawi, L. M. und Sherman, O. H. (2002)  
[Arthroscopic management of osteoarthritis of the knee]  
J Am Acad Orthop Surg, 10(5), 356-363

- [41] Stuart, M. J. und Lubowitz, J. H. (2006)  
[What, if any, are the indications for arthroscopic debridement of the osteoarthritic knee?]  
Arthroscopy, 22(3), 238-239
- [42] Siparsky, P., Ryzewicz, M., Peterson, B., Bartz, R. (2007)  
[Arthroscopic treatment of osteoarthritis of the knee: are there any evidence-based indications?]  
Clin Orthop Relat Res, 455, 107-112
- [43] Baur, W., Honle, W. und Schuh, A. (2005)  
[Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee with varus deformity]  
Oper Orthop Traumatol, 17(3), 326-344
- [44] Amendola, A. und Panarella, L. (2005)  
[High tibial osteotomy for the treatment of unicompartmental arthritis of the knee]  
Orthop Clin North, 36(4), 497-504
- [45] Winker, K.H., Weller, S.(1990)  
[Extra-ligamentous valgisation additive tibial head osteotomy. Indications-technic-complications-errors. Critical analysis]  
Z Orthop Ihre Grenzgeb,128(1), 58-62
- [46] Dinkelaker, F.,Breyer, H.G., Rahmanzadeh, R. (1990)  
[Corrective osteotomy of the head of the tibia in primary and secondary gonarthrosis--a para-articular operation]  
Aktuelle Traumatol, 20(3), 124-128
- [47] Marti, R.K., Verhagen, R.A., Kerkhoffs, G.M., Moojen, T.M. (2001)  
[Proximal tibial varus osteotomy. Indications, technique, and five to twenty-one-year results.]  
J Bone Joint Surg (Am.), 83(2),164-170
- [48] Gudas, R., Simonaityte, R., Riauba, L., Pocius, G., Kalesinskas, R. (2002)  
[Treatment of joint surface pathology by Pridie drilling]  
Medicina (Kaunas), 38(7), 720-729
- [49] Muller, B. und Kohn, D. (1999)  
[Indication for and performance of articular cartilage drilling using the Pridie method]  
Der Orthopäde, 28(1), 4-10
- [50] Steadman, J. R., Rodkey, W. G., Briggs, K. K., Rodrigo, J. J. (1999)  
[The microfracture technic in the management of complete cartilage defects in the knee joint]  
Der Orthopäde. 1999, 28(1), 26-32

- [51] Steinwachs, M.R., Kreuz, P.C., Krause S.J. et al (2003)  
[Klinische Ergebnisse nach Mikrofrakturierung bei der Behandlung von Gelenkknorpeldefekten]  
Sportorthopädie – Sporttraumatologie, 19, 291-294
- [52] Hangody, L. und Fules, P. (2003)  
[Autologous osteochondral mosaicplasty for the treatment of full-thickness defects of weight-bearing joints: ten years of experimental and clinical experience]  
J Bone Joint Surg (Am.), 85-A Suppl 2, 25-32
- [53] Erggelet, C., Steinwachs, M.R., Reichelt, A. (2000)  
[The operative treatment of full thickness cartilage defects in the knee joint with autologous chondrocyte transplantation]  
Saudi Med J, 21(8), 715-721
- [54] Erggelet, C., Browne, J. E., Fu, F., Mandelbaum, B. R., Micheli, L. J., Mosely, J. B. (2000)  
[Autologous chondrocyte transplantation for treatment of cartilage defects of the knee joint. Clinical results]  
Zentralbl Chir, 125(6), 516-522
- [55] Jakob, R.P, Franz, T., Gautier, E., Mainil-Varlet P. (2002)  
[Autologous osteochondral grafting in the knee: indication, results, and reflections]  
Clin Orthop Relat Res, 401, 170-184
- [56] Niemeyer, P., Kreuz, P.C., Steinwachs, M.R., Südkamp, P. (2007)  
[Chirurgische Therapieverfahren zur Behandlung umschriebener Knorpelschäden am Kniegelenk]  
Sportverletz Sportschaden, 21(1), 41-50
- [57] Wessinghage D. (2000)  
[Historical aspects of joint prosthesis implantation. A bibliographic study]  
Der Orthopäde, 29(12), 1067-1071
- [58] Gluck, Th. (1890)  
[Autoplastik, Transplantation, Implantation]  
Berl. Klin. Wschr. 1890, 19, 32-53
- [59] Gluck, Th. (1891)  
[Referat über die durch das moderne chirurgische Experiment gewonnenen positiven Resultate, betreffend Naht und den Ersatz höherer Gewebe, sowie die Verwertung resorbierbarer und lebendiger Tampons in der Chirurgie]  
Arch. Klin. Chir., 41, 187

- [60] MacIntosh, D. L. (1958)  
[Hemiarthroplasty of the knee, using space occupying prosthesis for painful varus and valgus deformities]  
J Bone Joint Surg (Am.), 40, 1431
- [61] McKeever, D. C. (1960)  
[Tibial plateau prosthesis]  
Clin Orthop Relat Res, 18, 86-95
- [62] Scott, R. D., Joice, M. J., Ewald, F.C., Thomas, W. H. (1985)  
[McKeever metallic hemiarthroplasty of the knee in unicompartimental arthritis]  
J Bone Joint Surg (Am.), 67, 203-207
- [63] Charnley, J. (1972)  
[The long-term results of low-friction arthroplasty of the hip performed as a primary intervention]  
J Bone Joint Surg (Br.), 54(1), 61-76
- [64] Gunston, F. H. (1971)  
[Polycentric knee arthroplasty. Prosthetic simulation of normal knee movement]  
J Bone Joint Surg (Br.), 53, 272-279
- [65] Robertsson O. (2000)  
[Unicompartimental arthroplasty. Results in Sweden 1986-1995]  
Der Orthopäde, 29 Suppl. 1, 6-8
- [66] Insall, J., Ranawat, C.S., Scott, W.N., Walker, P. (1976)  
[Total condylar knee replacement: preliminary report]  
Clin Orthop Relat Res, 2001, (388), 3-6
- [67] Insall, J. und Kelly, M. (1986)  
[The Total Condylar Prosthesis]  
Clin Orthop Relat Res, 205, 43-48
- [68] W. Plitz (2000)  
[Knieendoprothetik - Werkstoffauswahl und -anforderungen]  
Der Orthopäde, 29(8), 727-731
- [69] Schunck, J., Jerosch, J. (2003)  
[Knee arthroplasty. Mobile- and fixed-bearing design]  
Der Orthopäde, 32(6), 477-483
- [70] Moran, C.G., Pinder, I.M., Lees, T.A., Midwinter, M.J. (1991)  
[Survivorship analysis of the uncemented porous-coated anatomic knee replacement]  
J Bone Joint Surg (Am.), 73, 848-857

- [71] Silverton, C., Rosenberg, A.O., Barden, R.M., Sheinkop, M.B., Galante, J.O. (1996)  
[The Prosthesis-Bone Interface Adjacent to Tibial Components Inserted without Cement. Clinical and Radiographic Follow-up at Nine to Twelve Years]  
J Bone Joint Surg (Am.), 78(3), 340-347
- [72] Berger, R.A., Lyon, J.H., Jacobs, J.J., Barden, R.M., Berkson, E.M., Sheinkop, M.B., Rosenberg, A.G., Galante, J.O. (2001)  
[Problems with cementless total knee arthroplasty at 11 years followup]  
Clin Orthop Relat Res, 392, 196-207
- [73] Rand, J.A., Trousdale, R.T., Ilstrup, D.M., Harmsen, W.S. (2003)  
[Factors affecting the durability of primary total knee prostheses]  
J Bone Joint Surg (Am.), 85(2), 259-265
- [74] Blauth, W., Bontemps, G. und Skripitz, W. (1977)  
[Zum gegenwärtigen Stand künstlicher Kniegelenke vom Typ des Scharniergelenks]  
Arch Orthop Unfallchir, 88, 259-272
- [75] Stallforth, H. (1985)  
[Technische Klassifikationen kommerziell verfügbarer Kniegelenksendoprothesen]  
In: Endoprothetik am Kniegelenk - Derzeitiger technischer und klinischer Stand  
U. Weber und M. H. Hackenbroch, Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- [76] International Organisation for Standardization (2006)  
[Implants for surgery – Femoral and tibial components for partial and total knee joint prosthesis - Part 1: Classification, definitions and designation of dimensions] [ISO 7207-1:2006 (E)], Genève, Switzerland
- [77] Schroeder-Boersch, H., Scheller, G., Synnatschke, M., Arnold, P., Jani, L. (1998)  
[Patellar resurfacing. Results of a prospective randomized study]  
Der Orthopäde, 27(9), 642-650
- [78] Riedt, S. (2005)  
[Das Femoropatellare Schmerzsyndrom nach Knie totalendoprothesen - die Möglichkeit der Beeinflussung durch retropatellare Denervation]  
Med. Diss., Tübingen: urn:nbn:de:bsz:21-opus-20156
- [79] König, A., Kirschner, S. (2003)  
[Long-term results in total knee arthroplasty]  
Der Orthopäde, 32(6), 516-526

- [80] Hunter, D.J., Niu, J., Felson, D.T., Harvey, F., Gross, K.D., McCree, P., Aliabadi, P., Sack, B., Zhang, Y. (2007)  
[Knee alignment does not predict incident osteoarthritis: the Framingham osteoarthritis study]  
Arthritis Rheum. 56(4),1212-1218
- [81] Klein, G.R., Austin, M.S., Smith, E.B., Hozack, W.J. (2006)  
[Total knee arthroplasty using computer-assisted navigation in patients with deformities of the femur and tibia]  
J Arthroplasty, 21(2), 284-288
- [82] Siston, R.A., Giori, N.J., Goodman, S.B., Delp, S.L. (2007)  
[Surgical navigation for total knee arthroplasty: a perspective]  
J Biomech, 40(4):728-735
- [83] Jenny, J.-Y. , Boeri, C. (2001)  
[Navigiert implantierte Knieendoprothesen - Eine Vergleichsstudie zum konventionellen Instrumentarium]  
Z Orthop Ihre Grenzgeb, 139, 117-119
- [84] Bochner, R. (1991)  
[Indications and alternatives to total knee replacement]  
In: Total knee replacement R. S. Laskin, Springer Verlag: London, 17-24
- [85] Barnes, C. L., Clark, A. E. und Thornhill, T. (1993)  
[Patient selection and indications for total knee replacement]  
In: Total knee arthroplasty J. A. Rand, Raven Press: New York, 85-92
- [86] Hagena, F. W. (1985)  
[Ergebnisanalyse: Schmerz und Gehvermögen]  
In: Endoprothetik am Kniegelenk – Derzeitiger technischer und klinischer Stand U. Weber und M. H. Hackenbroch, Thieme Verlag: Stuttgart, New York
- [87] Jerosch, J. und Heisel, J. (1999)  
[Knieendoprothetik: Indikationen, Operationstechnik, Nachbehandlung, Begutachtung]  
Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, New York
- [88] Jerosch, J. (1999)  
[Knee endoprosthesis. Indications--principles of surgery--follow-up treatment]  
Med Monatsschr Pharm, 22(10), 305-312
- [89] Jenny, J.Y., Boeri C., Picard, F., Leitner, F. (2004)  
[Reproducibility of intra-operative measurement of the mechanical axes of the lower limb during total knee replacement with a non-image-based navigation system]  
Comput Aided Surg, 9(4),161-165

- [90] Nielsen, N.H., Menne, T., (1993)  
[Nickel sensitization and ear piercing in an unselected Danish population. Glostrup Allergy Study]  
Contact Dermatitis, 29(1), 16-21
- [91] Merritt, K., Brown, S.A. (1996)  
[Distribution of cobalt chromium wear and corrosion products and biologic reactions]  
Clin Orthop Relat Res, 329, 233-243
- [92] Blauth, W. und Hassenpflug, J. (1991)  
[Scharnierendoprothese des Kniegelenkes]  
Der Orthopäde, 20, 86-94
- [93] Neuwirth, A. (1996)  
[Langzeitergebnisse mit der Kniegelenkstotalendoprothese nach Prof. Blauth]  
Med. Diss., Frankfurt a.M.
- [94] Kohlmann, T., Richter, T., Heinrichs, K. (1999)  
[Entwicklung und Validierung des Funktionsfragebogens Hannover für Patienten mit Arthrosen der Hüft- und Kniegelenke]  
DRV-Schriften, 12, 40-42
- [95] Liow, R.Y., Walker, K., Wajid, M.A., Bedi, G., Lennox, C.M. (2003)  
[Functional rating for knee arthroplasty: comparison of three scoring systems]  
Orthopedics, 26(2), 143-149
- [96] Insall, J.N., Dorr, L.D., Scott, R.D., Scott, W.N. (1989)  
[Rationale of the Knee Society clinical rating system]  
Clin Orthop Relat Res, 248, 13-14
- [97] Ewald, F.C. (1989)  
[The Knee Society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system]  
Clin Orthop Relat Res, 248, 9-12
- [98] Bandi, W. (1975)  
[Antepositioning of the tibial tuberosity in chondromalacia patellae and femoropatellar arthrosis]  
Hefte Unfallheilkd., 127, 175-186
- [99] Plitz, W. (1991)  
[Endoprothetik am Kniegelenk]  
Orthopäde, 20, 164-169

- [100] Kane, R.L., Saleh, K.J., Wilt, T.J., Bershady, B. (2005)  
[The functional outcomes of total knee arthroplasty]  
J Bone Joint Surg, Am 87(8), 1719-1724
- [101] Mulhall, K.J., Ghomrawi, H.M., Mihalko, W., Cui, Q., Saleh, K.J. (2007)  
[Adverse effects of increased body mass index and weight on survivorship of total knee arthroplasty and subsequent outcomes of revision TKA]  
J Knee Surg, 20(3), 199-204
- [102] Furnes, O., Espehaug, B., Lie, S.A., Vollset, S.E., Engesaeter, L.B., Havelin, L.I. (2002)  
[Early failures among 7,174 primary total knee replacements: a follow-up study from the Norwegian Arthroplasty Register 1994-2000]  
Acta Orthop Scand, 73, 117-129
- [103] Coyte, P.C., Hawker, G., Croxford, R., Wright, J.G (1999)  
[Rates of revision knee replacement in Ontario, Canada]  
J Bone Joint Surg, Am.81(6), 773-782
- [104] Robertsson, O., Knutson, K., Lewold, S., Lidgren, L. (2001)  
[The Swedish Knee Arthroplasty Register 1975-1997: an update with special emphasis on 41,223 knees operated on in 1988-1997]  
Acta Orthop Scand, 72, 503-513
- [105] Felson, D.T (1998)  
[Epidemiology of hip and knee osteoarthritis]  
Epidemiol Rev, 10, 1-28
- [106] Arden, N.K., Crozier, S., Smith, H., Anderson, F., Edwards, C., Raphael, H., Cooper, C. (2006)  
[Knee pain, knee osteoarthritis, and the risk of fracture]  
Arthritis Rheum, 55(4), 610-615
- [107] Saltzman, C.L., Salamon, M.L., Blanchard, G.M., Huff, T., Hayes, A., Buckwalter, J.A., Amendola, A. (2005)  
[Epidemiology of ankle arthritis: report of a consecutive series of 639 patients from a tertiary orthopaedic center]  
Iowa Orthop J, 25, 44-46
- [108] Krämer K.-L., Maichl F.-P.; (1993)  
[Scores, Bewertungsschemata und Klassifikationen in der Orthopädie und Traumatologie]  
Thieme Verlag, Stuttgart, New York

- [109] Kreibich, D.N., Vaz, M., Bourne, R.B., Rorabeck, C.H., Kim, P., Hardie, R., Kramer, J., Kirkley, A. (1996)  
[What is the best way of assessing outcome after total knee replacement?]  
Clin Orthop, 331, 221-225
- [110] König, A., Schreiber, B., Rader, C., Scheidler, M. (1999)  
[Comparison of knee and functional outcomes of patients lost to follow-up with patients remaining in a prospective total knee arthroplasty study]  
Z Orthop Ihre Grenzgeb, 137(1), 57-60
- [111] King, P.J., Malin, A.S., Scott, R.D., Thornhill, T.S. (2004)  
[The fate of patients not returning for follow-up five years after total knee arthroplasty]  
J Bone Joint Surg, Am. 86(5), 897-901
- [112] Hassaballa, M.A., Porteous, A.J., Learmonth, I.D. (2007)  
[Functional outcomes after different types of knee arthroplasty: kneeling ability versus descending stairs]  
Med Sci Monit, 13(2), CR77-81
- [113] Baker, P.N., van der Meulen, J.H., Lewsey, J., Gregg, P.J. (2007)  
[The role of pain and function in determining patient satisfaction after total knee replacement: Data from the national joint registry for England and Wales]  
J Bone Joint Surg, Br. 89(7), 893-900
- [114] Padua, R., Ceccarelli, E., Bondi, R., Campi, A., Padua, L. (2007)  
[Range of Motion Correlates with Patient Perception of TKA Outcome]  
Clin Orthop Relat Res, Mar 22, [Epub ahead of print]
- [115] Dojcinovic, S., Ait Si Selmi, T., Servien, E., Verdonk, P.C., Neyret, P. (2007)  
[A comparison of all-polyethylene and metal-backed tibial components in total knee arthroplasty]  
Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot., 93(4), 364-372
- [116] Seitz, S. (2001)  
[Die Patellarproblematik nach alloplastischem Kniegelenksersatz (Unter Berücksichtigung der Frühergebnisse der Prothese vom Typ Natural Knee II)]  
Med. Diss., Bochum
- [117] Diduch, D.R., Insall, J.N., Scott, W.N., Scuder, G.R., Font-Rodriguez, D. (1997)  
[Total knee replacement in young, active patients]  
J Bone Joint Surg, Am. 79(4), 575-582

- [118] Abbas, D., Gunn, R.S. (2006)  
[Medium-term results of the Scorpio total knee replacement]  
Knee, 13(4),307-311
- [119] Morgan, M., Brooks, S., Nelson, R.A. (2007)  
[Total knee arthroplasty in young active patients using a highly congruent fully mobile prosthesis]  
J Arthroplasty, 22(4), 525-530
- [120] Mayer, W. (2003)  
[Vergleich mittelfristiger klinischer und radiologischer Ergebnisse nach bicondylärem Kniegelenkersatz mit den Oberflächenersatzprothesen Natural-Knee und Genesis I]  
Med. Diss, LMU München
- [121] Lotke, P.A., Steinberg, M.E., Ecker, M.L. (1994)  
[Significance of deep venous thrombosis in the lower extremity after total joint arthroplasty]  
Clin Orthop Relat Res, 299, 25-30
- [122] Winiarsky,R., Barth, P., Lotke, P. (1998)  
[Total knee arthroplasty in morbidly obese patients]  
J Bone Joint Surg, Am. 80(12),1770-1774



Wachen Sie nachts wegen Ihrer Gelenkschmerzen (Knie) auf?

- Nein niemals
- Ja gelegentlich (1-2 mal im Monat)
- Ja öfters
- Ja fast in jeder Nacht
- Ja, ich habe jede Nacht Schmerzen

Nehmen Sie aufgrund Ihrer Schmerzen Medikamente ein?

regelmäßig  bei Bedarf  nein

Seit wann haben Sie Schmerzen?

Mind. 1 Jahr	10-12 Mon.	7-9 Mon.	4-6 Mon.	1-3 Mon.	wenige
	Wochen				
<input type="checkbox"/>					

Wie stark beeinflussen Ihre Schmerzen Ihr tägliches Leben?

gar nicht  mäßig  immer

Wie weit können Sie gehen?

mehrere	über	über	100-	nur im	gar nicht
km	1000m	500m	500m	Haus	
<input type="checkbox"/>					

Hinken Sie beim Gehen? nein  leicht  mäßig  stark

Benötigen Sie Geh-Hilfen?

(Bitte nur **eine** Antwort)

- nein
- ja, einen Gehstock für lange Strecken
- ja, fast immer einen Gehstock
- ja, eine Unterarmgehstütze (Krücke)
- ja, zwei Gehstöcke
- ja, zwei Unterarmgehstützen (Krücken)  
oder einen Rollator
- ich bin zurzeit gehunfähig

Kommt es vor, dass Ihr Kniegelenk „einknickt“ und Sie stürzen?

- |                       |     |
|-----------------------|-----|
| Nein oder sehr selten | [ ] |
| Ja, gelegentlich      | [ ] |
| Häufig                | [ ] |
| Immer                 | [ ] |

Bei den folgenden Fragen würden wir gerne erfahren, wie gut Sie die folgenden Alltagstätigkeiten ausführen können. Bitte beantworten Sie jede Frage so, wie es für Sie im Moment (im Bezug auf die letzten 7 Tage) zutrifft. Sie haben drei Antwortmöglichkeiten:

- ja** (Sie können die Tätigkeit ohne Schwierigkeiten ausführen)
- Ja, aber mit Mühe** (Sie haben dabei Schwierigkeiten, es dauert länger als früher, oder Sie müssen sich dabei setzen)
- Nein** (Sie können es gar nicht oder nur tun, wenn eine andere Person Ihnen dabei hilft)

	<b>ja</b>	<b>ja, aber mit Mühe</b>	<b>nein</b>
Können Sie 1 Stunde auf ebenen Wegen (z.B. Gehsteig) spazieren gehen?	[ ]	[ ]	[ ]
Können Sie draußen auf unebenen Wegen (z.B. Wald oder Feldwegen) 1 Stunde spazieren gehen?	[ ]	[ ]	[ ]
Können Sie 100 Meter schnell laufen (nicht gehen), etwa um einen Bus noch zu erreichen?	[ ]	[ ]	[ ]
Können Sie 30 Minuten ohne Unterbrechung stehen (z. B. in einer Warteschlange)?	[ ]	[ ]	[ ]
Können Sie eine Treppe von einem Stockwerk zum anderen <b>hinauf</b> gehen?	[ ]	[ ]	[ ]
Können Sie eine Treppe von einem Stockwerk zum anderen <b>hinunter</b> gehen?	[ ]	[ ]	[ ]

Können Sie Treppen steigen? (Bitte nur eine Antwort)

- Ja, ohne Hilfe des Geländers  
 Ja, mit Hilfe des Geländers  
 Ja, irgendwie schaffe ich es schon  
 Nein

Können Sie bequem sitzen?

- |  |   |                          |
|--|---|--------------------------|
| mind. eine Stunde auf einem beliebigen Stuhl oder Sessel | eine halbe Stunde auf einem hohen Stuhl | nein, gar nicht          |
| <input type="checkbox"/>                                 | <input type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/> |

	<b>ja</b>	<b>ja, aber mit Mühe</b>	<b>nein</b>
Können Sie in einem Auto einsteigen und aussteigen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Könn(t)en Sie öffentliche Verkehrsmittel benutzen (Bus, Bahn, usw.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie sich aus dem Stand bücken und einen leichten Gegenstand (z.B. Geldstück) vom Fußboden aufheben?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie im Sitzen einen kleinen Heruntergefallenen Gegenstand (z.B. Münze) neben Ihrem Stuhl aufheben?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie einen schweren Gegenstand (z.B. Sprudelkiste) vom Boden auf den Tisch stellen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie selbstständig einkaufen gehen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie einen schweren Gegenstand (z.B. Wassereimer oder Koffer) hochheben und 10m weit tragen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie von einem Stuhl mit normaler Sitzhöhe aufstehen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Sie sich hinknien und danach selbstständig wieder aufstehen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Können Sie in eine normale Badewanne einsteigen und aus der Badewanne wieder aussteigen?	[ ]	[ ]	[ ]
Können Sie sich von Kopf bis Fuß waschen und abtrocknen?	[ ]	[ ]	[ ]
Können Sie eine normale Toilette (übliche Sitzhöhe, ohne Haltegriffe) benutzen?	[ ]	[ ]	[ ]
Können Sie aus einem normal hohen Bett aufstehen?	[ ]	[ ]	[ ]
Können Sie Schuhe und Socken bzw. Strümpfe an- und ausziehen?	[ ]	[ ]	[ ]

## 8.2. Funktionsfragebogen Hannover FFb-H-OA (2.0)

Bei diesen Fragen geht es um Tätigkeiten aus dem täglichen Leben. Wir würden gerne erfahren, wie gut Sie die folgenden Tätigkeiten ausführen können. Bitte beantworten Sie jede Frage so, wie es für Sie **im Moment** (im Bezug auf die letzten 7 Tage) zutrifft.

Sie haben **drei** Antwortmöglichkeiten:

[1] Ja d.h. Sie können die Tätigkeit ohne Schwierigkeiten ausführen.

[2] Ja, aber d.h. Sie haben dabei Schwierigkeiten, z.B. Schwäche, Steifheit, mit Mühe es dauert länger als früher, oder Sie müssen sich dabei abstützen.

[3] Nein oder d.h. Sie können es gar nicht oder nur, wenn eine andere nur mit Person Ihnen dabei hilft.

	Ja	Ja, aber mit Mühe oder	Nein oder nur mit fremder Hilfe
Können Sie 1 Stunde auf ebenen Wegen (z.B. Gehsteig) spazieren gehen?.....	[1]	[2]	[3]
Können Sie draußen auf unebenen Wegen (z.B. im Wald oder auf Feldwegen) 1 Stunde spazieren gehen? .....	[1]	[2]	[3]
Können Sie eine Treppe von einem Stockwerk zum anderen <b>hinauf</b> gehen?.....	[1]	[2]	[3]
Können Sie eine Treppe von einem Stockwerk zum anderen <b>hinunter</b> gehen? .....	[1]	[2]	[3]
Können Sie 100 Meter schnell laufen (nicht gehen), etwa um einen Bus noch zu erreichen?.....	[1]	[2]	[3]
Können Sie 30 Minuten ohne Unterbrechung stehen (z.B. in einer Warteschlange)? .....	[1]	[2]	[3]
Können Sie in ein Auto einsteigen und aus dem Auto aussteigen? .....	[1]	[2]	[3]
Können Sie öffentliche Verkehrsmittel (Bus, Bahn usw.) benutzen? .....	[1]	[2]	[3]
Können Sie sich aus dem Stand bücken und einen leichten Gegenstand (z.B. Geldstückstück oder zerknülltes Papier) vom Fußboden aufheben?.....	[1]	[2]	[3]
Können Sie im Sitzen einen kleinen heruntergefallenen Gegenstand (z.B. eine Münze) neben Ihrem Stuhl aufheben? .....	[1]	[2]	[3]
Können Sie einen schweren Gegenstand (z.B. einen gefüllten Kasten Mineralwasser) vom Boden auf den Tisch stellen?.....	[1]	[2]	[3]
Können Sie einen schweren Gegenstand (z.B. vollen Wassereimer oder Koffer) hochheben und 10 Meter weit tragen?.....	[1]	[2]	[3]
Können Sie von einem Stuhl mit normaler Sitzhöhe aufstehen?...	[1]	[2]	[3]
Können Sie Strümpfe oder Socken an- und ausziehen? .....	[1]	[2]	[3]
Können Sie in eine normale Badewanne einsteigen und aus der Badewanne wieder aussteigen?.....	[1]	[2]	[3]
Können Sie sich von Kopf bis Fuß waschen und abtrocknen?.....	[1]	[2]	[3]
Können Sie eine normale Toilette (übliche Sitzhöhe, ohne Haltegriffe) benutzen?.....	[1]	[2]	[3]
Können Sie aus einem normal hohen Bett aufstehen?.....	[1]	[2]	[3]

### 8.3. Oxford-Knee-Score

1. Describe the pain you usually have from your knee?
  1. None
  2. Very mild
  3. Mild
  4. Moderate
  5. Severe
  
2. Have you had any trouble washing and drying yourself (all over) because of your knee?
  1. No trouble at all
  2. Very little trouble
  3. Moderate trouble
  4. Extreme difficulty
  5. Impossible to do
  
3. Have you had any trouble getting in and out of the car or using public transport because of your knee? (With or without a stick)
  1. No trouble at all
  2. Very little trouble
  3. Moderate trouble
  4. Extreme difficulty
  5. Impossible to do
  
4. For how long are you able to walk before the pain in your knee becomes severe? (With or without a stick)
  1. No pain/ >60 min
  2. 16-60 minutes
  3. 5-15 minutes
  4. Around the house only
  5. Not at all- severe on walking
  
5. After a meal (sat at a table), how painful has it been for you to stand up from a chair because of your knee?
  1. Not at all painful
  2. Slightly painful
  3. Moderately pain
  4. Very painful
  5. Unbearable
  
6. Have you been limping when walking, because of your knee?
  1. Rarely/never
  2. Sometimes or just at first
  3. Often, not just at first
  4. Most of the time
  5. All of the time

- 
7. Could you kneel down and get up again afterwards?
1. Yes, easily
  2. With little difficulty
  3. With moderate difficulty
  4. With extreme difficulty
  5. No, impossible
8. Are you troubled by pain in your knee at night in bed?
1. Not at all
  2. Only one or two nights
  3. Some nights
  4. Most nights
  5. Every night
9. How much has pain from your knee interfered with your usual work? (including housework)
1. Not at all
  2. A little bit
  3. Moderately
  4. Greatly
  5. Totally
10. Have you felt that your knee might suddenly “give away” or let you down?
1. Rarely/Never
  2. Sometimes or just at first
  3. Often, not at first
  4. Most of the time
  5. All the time
11. Could you do household shopping on your own?
1. Yes, easily
  2. With little difficulty
  3. With moderate difficulty
  4. With extreme difficulty
  5. No, impossible
12. Could you walk down a flight of stairs?
1. Yes, easily
  2. With little difficulty
  3. With moderate difficulty
  4. With extreme difficulty
  5. No, impossible.

#### 8.4. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei allen Personen bedanken, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit behilflich waren:

Dem ärztlichen Direktor der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen, Herrn Prof. Dr.med. K. Weise danke ich für die freundliche Überlassung des Themas.

Herrn Oberarzt Dr.med. U. Ochs danke ich für die intensive Betreuung während der ganzen Zeit, für die Hilfe bei der Beurteilung der radiologischen Ergebnisse, sowie für alle Unterstützung bei der Erstellung der Arbeit.

Herrn Dr.med. Helwig danke ich für die Idee zu dieser Arbeit und eine nahtlose Übergabe der Betreuung nach seinem Weggang nach Freiburg.

Herrn Dr.med. G. Ochs danke ich dafür, dass er in der Ambulanz stets ein Ansprechpartner für sich kurzfristig ergebende Fragen war.

Für die Beratung bei der statistischen Auswertung danke ich Herrn

Prof.Dr. rer.nat. K. Dietz vom Institut für Medizinische Informatik der Universität Tübingen.

Zudem möchte ich folgenden Mitarbeitern der BG Unfallklinik Tübingen für ihre Hilfe und Unterstützung danken: Den Damen und Herren in Archiv und Röntgenabteilung sowie der Oberarztsekretärin Frau Gayko.

Ich danke der Firma B. Braun Aesculap AG für die zur Überlassung der Abbildungen der Prothesentypen und der OP-Anleitung.

Außerdem danke ich Herrn PD Dr.med. K. Mörke (Abteilung für klinische Pharmakologie am Universitätsklinikum Tübingen) für die Förderung während des Studiums und den Vorschlag für das Stipendium der Studienstiftung des deutschen Volkes.

Darüberhinaus danke ich besonders meiner Mutter,

Frau Friedlinde Dorner-Schandl für die Unterstützung, die sie mir Zeit meines Lebens zukommen ließ und noch immer zukommen lässt.

## 8.5. Lebenslauf

### Christian Schandl

Geboren: 20.03.1982 in Tübingen

Familienstand: Ledig, keine Kinder

Staatsangehörigkeit: Deutsch

### Bisherige Ausbildung:

1988 bis 1992: Besuch der Grundschule im Aischbach, Tübingen

1992 bis 2001: Besuch des Wildermuth-Gymnasiums, Tübingen

Juni 2001: Abitur

Okt. 2001 bis Juli 2002: Zivildienst in der Universitäts-Hautklinik, Tübingen

WS 2002/2003: Beginn des Studiums der Humanmedizin (Vorklinik)  
an der Eberhard-Karls-Universität, Tübingen

September 2004: Physikum

29.12.2008: Erlangen der Approbation als Arzt

### Famulaturen:

Chirurgie - Kreiskrankenhaus Freilassing

Kardiologie - Kreiskrankenhaus Herrenberg

Orthopädie - Orthopädischen Universitätsklinik, Tübingen

Unfallchirurgie - Universitätsklinik für Unfallchirurgie/LKH, Graz (Österreich)

### Praktisches Jahr (PJ):

Chirurgie: Luzerner Kantonsspital, Wolhusen (Schweiz)

Innere Medizin: Luzerner Kantonsspital, Luzern (Schweiz)

Wahlfach: Orthopädie - Orthopädische Universitätsklinik, Tübingen

**Stipendium** der Studienstiftung des deutschen Volkes