

Aus der Fakultät für Medizin der Universität Regensburg

Prof. Dr. med. Bernd Füchtmeier

Unfallchirurgie

**Klinisch-funktionelles Outcome  
nach Kniegelenksrevisionsendoprothetik (Innex SC)**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Medizin

(Dr.med.)

Vorgelegt von

Stefanie Schmidt

2011



Aus der Fakultät für Medizin der Universität Regensburg

Prof. Dr. med. Bernd Füchtmeier

Unfallchirurgie

**Klinisch-funktionelles Outcome  
nach Kniegelenksrevisionsendoprothetik (Innex SC)**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Medizin

(Dr.med.)

Vorgelegt von

Stefanie Schmidt

2011

Dekan:	Prof. Dr. Bernhard Weber
1.Berichterstatter:	Prof. Dr. Bernd Füchtmeier
2.Berichterstatter:	Prof. Dr. Pompiliu Piso
Tag der mündlichen Prüfung:	03.11.2011

## **Danksagung**

Danken möchte ich Herrn Prof. Dr. med. Rainer Neugebauer für die freundliche Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Durchführung dieser Dissertation.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Bernd Füchtmeier, der mit seiner fachlichen, motivierenden und geduldigen Beratung in großem Maße zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat und mich durch seine konstruktive Kritik und Ratschläge stets motiviert hat.

Frau Dina Stiersdorfer danke ich für die mühevollen Hilfe bei der Datenerfassung und den Zugang zu den Datenbanken.

Bedanken möchte ich mich auch beim gesamten Team der chirurgischen Ambulanz im Krankenhaus der Barmherzigen Brüder, die mich bei fachlichen Fragen, Terminkoordination und Organisation des praktischen Teils dieser Arbeit sehr unterstützt haben.

Für die unermüdliche Geduld, die moralische Unterstützung und für die grammatikalische Korrektur meiner Arbeit möchte ich allen beteiligten Freunden recht herzlich danken, besonders Jan-Ove Wenger für dessen Hilfe.

Mein größter Dank gilt meiner Familie, speziell meinen Eltern, die mir das Medizinstudium und das Erstellen dieser Arbeit ermöglicht haben und mir stets in meinem Werdegang zur Seite gestanden sind. Tausend Dank!

Für meinen Opa Julius  
Für meine Familie

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Das Kniegelenk.....	1
1.1.1	Anatomie .....	1
1.1.2	Achsverhältnisse und ihre klinische Bedeutung .....	3
1.2	Gonarthrose.....	4
1.2.1	Epidemiologie .....	4
1.2.2	Ätiologie und Pathogenese.....	6
1.2.3	Klinik und Diagnostik .....	6
1.2.4	Therapie.....	7
1.2.5	Chronisch retropatellares Schmerzsyndrom .....	8
1.3	Historie der Knieendoprothetik .....	9
1.4	Einteilung von Endoprothesenmodellen .....	10
1.5	Die Kniegelenksrevisionsoperation.....	12
1.5.1	Grundlagen und Therapieoptionen .....	12
1.5.2	Operationsziele.....	13
1.5.3	Die infizierte Knieprothese .....	13
1.6	Die Innex SC Prothese .....	17
1.6.1	Allgemeines .....	17
1.6.2	Femorale Komponente .....	18
1.6.3	Tibiale Komponente.....	19
1.6.4	Tibiaeinlage, Führungsstab und Spacer .....	20
1.6.5	Indikationen und Kontraindikationen.....	21
1.6.6	OP-Verfahren .....	22
1.7	Aktueller Stand der Endoprothetik .....	27
1.8	Zielsetzung der Arbeit.....	29
<b>2</b>	<b>Material und Methoden.....</b>	<b>30</b>
2.1	Patientencharakteristika und Einschlusskriterien .....	30
2.2	Datenerfassung und Studiendesign .....	30
2.3	Anamnese .....	31
2.4	Klinische Untersuchung .....	32
2.5	Röntgenologische Untersuchung.....	33
2.5.1	Aufnahmetechniken .....	33

2.5.2	Radiologischer Nachweis einer Lockerung .....	34
2.6	Scores .....	34
2.6.1	Visuelle Analogskala .....	34
2.6.2	Knee Society Score .....	35
2.7	Statistik und Auswertung .....	37
<b>3</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>38</b>
3.1	Patienten .....	38
3.2	Primärimplantation .....	40
3.3	Revisionsoperation .....	42
3.2.1	Indikationen .....	42
3.2.2	Präoperative Daten .....	43
3.3.3	Operationsdaten .....	45
3.3.4	Septischer Wechsel .....	47
3.3.5	Postoperative Komplikationen .....	49
3.4	Knee Society Score .....	51
3.4.1	Knee-Score .....	53
3.4.2	Function-Score .....	59
<b>4.</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>64</b>
<b>5.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>79</b>
<b>6.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>81</b>
<b>7.</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>87</b>
7.1	Glossar .....	87
7.2	Abbildungsverzeichnis .....	89
7.3	Tabellenverzeichnis .....	91
7.4	Patientenfragebogen .....	92
<b>8.</b>	<b>Lebenslauf .....</b>	<b>97</b>

## 1 Einleitung

### 1.1 Das Kniegelenk

#### 1.1.1 Anatomie

Das Kniegelenk (*Articulatio genus*) stellt das größte und am komplexesten strukturierte Gelenk des menschlichen Bewegungsapparates dar. Es setzt sich aus drei Knochen zusammen: Femur, Tibia und Patella. Dabei bilden Femur und Tibia das Femorotibialgelenk (Art. femorotibialis), Femur und Patella das Femoropatellargelenk (Art. femoropatellaris). Über den femoropatellaren Gelenkanteil werden enorme Kräfte übertragen. So wurden bei Messungen ermittelt, dass die Maximallasten, denen der Streckapparat ausgesetzt ist, dem 3- bis 7-fachen des Körpergewichts entsprechen. Beide Gelenke sind von einer gemeinsamen Gelenkkapsel umschlossen und liegen in einer zusammenhängenden Gelenkhöhle [1,2]. Im Gegensatz zum Ellenbogengelenk, bei dem beide Unterarmknochen (Radius und Ulna) mit dem Humerus artikulieren, wird die Fibula am Kniegelenk nicht mit einbezogen. Jedoch bildet sie mit der Tibia ein eigenständiges, straffes Gelenk, das Tibiofibulargelenk [3].

Das Femorotibialgelenk stellt das Kniegelenk im eigentlichen Sinne dar. Es handelt sich funktionell um die Sonderform eines Drehscharniergelenks (Trochoginglymus), das zwei Freiheitsgrade besitzt und somit Beugung, Streckung und Rotation erlaubt [4]. Ein Roll-Gleitmechanismus ist die Grundlage für Flexions- und Extensionsbewegung. Die Beugung beginnt mit einem Abrollvorgang zwischen Femurkondylen und Tibiakopf (20 Grad), dem eine Gleitbewegung folgt. Durch die bikonvexe Form der Femurkondylen nimmt die Kontaktfläche ab, was zu einer Verminderung der Stabilität im Gelenk führt. Jedoch wird so die Voraussetzung für die Rotation des Unterschenkels von ca. zehn Grad nach außen geschaffen (Schlussrotation) [1]. Nach der Neutral-Null-Methode können im Femorotibialgelenk aktiv eine Flexion von 125 Grad und eine vollständige Streckung bis zur Null-Grad-Position erreicht werden. Bei passiver Bewegung kann eine Beugung bis 160 Grad und eine Überstreckung bis maximal 5-10 Grad erreicht werden [5]. Um funktionell die Kongruenz zu verbessern, besitzt das Kniegelenk zwei Menisci, einen medialen und einen lateralen. Sie umfassen beiderseits halbmond- bzw. c-förmig die Gelenkflächen, führen zu einer Vergrößerung der Artikulationsfläche und damit zu einer besseren Kraftverteilung. Sie haben einen keilförmigen Querschnitt, bestehen aus Faserknorpel und werden von ihrem äußeren Rand aus mit Blut versorgt, wo sie mit der Membrana synovialis der Gelenkkapsel verwachsen sind. Untereinander sind die Menisci durch das Lig. transversum genus verbunden. Unter Normalbedingungen fangen sie 30-35 % der Druckbelastung im Kniegelenk auf.

Der Meniscus medialis ist im Bereich der Area intercondylaris anterior und posterior befestigt und dadurch in seiner Beweglichkeit eingeschränkt. Seine Verwachsung mit dem medialen Kollateralband erklärt, weshalb häufig bei starken Drehbewegungen unter Belastung ein medialer Meniskusriss entsteht [1].

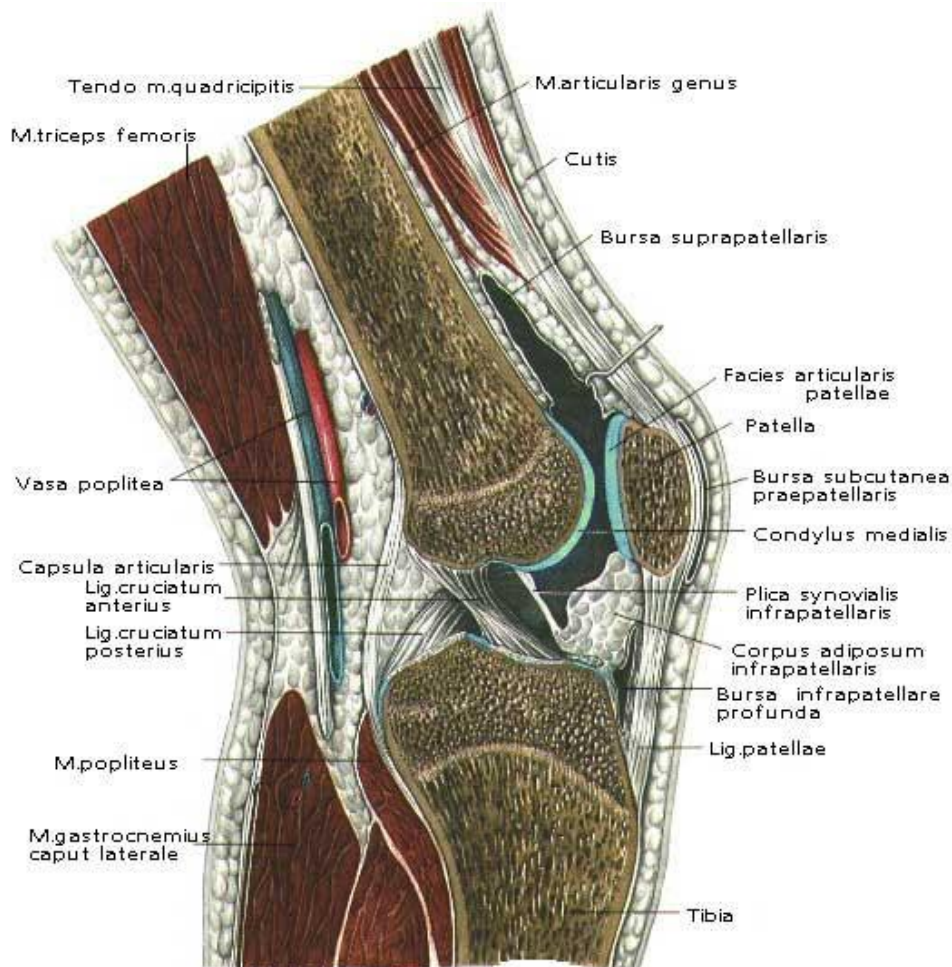


Abb. 1: Anatomie des Kniegelenks [6]

Aufgrund der geringen knöchernen Führungen sind weitere aktive und passive Stabilisatoren nötig. Hierzu gehören die das Kniegelenk umgreifende Muskulatur, die Kapsel, sowie die Bänder des Kniegelenkes. Die beiden Kollateralbänder, Lig. collaterale tibiale und fibulare, verlaufen extrakapsulär. In Extension sind beide Bänder straff gespannt, verhindern so eine Überstreckung und machen eine Rotation unmöglich.

Mit zunehmender Flexion entspannen sich die Außenbänder und ermöglichen eine in erheblichem Umfang mögliche Rotationsbewegung und zusätzlich eine geringe passive Ab- und Adduktion. Die Retinacula patellae mediale und laterale entstehen durch in das Periost der Tibia einstrahlende Muskelfaserzüge. Sie werden auch als Reservestreckapparat bezeichnet und erhöhen die Stabilität der Gelenkkapsel. Weitere wichtige passive Stabilisatoren sind das vordere und hintere Kreuzband (Lig. cruciatum anterius und posterius). Sie liegen beide intrakapsulär, dabei aber extraartikulär. Das vordere Kreuzband (etwas schwächer und kürzer als das hintere) zieht von der medialen Fläche des Condylus lateralis femoris zur Area intercondylaris anterior tibiae. Entgegengesetzt dazu verläuft das hintere Kreuzband von der lateralen Fläche des Condylus medialis femoris zur Area intercondylaris posterior tibiae. Sie dienen vor allem dem Zusammenhalt der Gelenkkörper, verhindern das Abgleiten der Femurkondylen von den flachen Gelenkpfannen des Tibiakopfes und begrenzen die Innen- und Außenrotation bei Flexion [1,7].

#### 1.1.2 Achsverhältnisse und ihre klinische Bedeutung

Für die Gelenkbelastung ist die achsengerechte Stellung des Beines von großer Bedeutung. An der unteren Extremität werden anatomische und mechanische Beinachsen unterschieden. Die mechanische Beinachse (Mikulicz-Linie) lässt sich durch eine Linie von den Zentren der Hüftgelenke zur Mitte des oberen Sprunggelenks darstellen. Physiologischerweise verläuft diese Traglinie direkt durch die Mitte des Kniegelenks. Der Begriff der Mikulicz-Linie geht zurück auf den einflussreichen Chirurgen und Begründer der Gastroskopie Johann Freiherr von Mikulicz (1850-1905).

Die anatomische Beinachse verläuft in den jeweiligen diaphysären Zentren von Femur und Tibia. Verschiebt sich die mechanische Beinachse nach medial, spricht man von einer Varusfehlstellung (O-Bein) und der Druck im medialen Kompartiment erhöht sich. Verlagert sie sich nach lateral, entsteht eine Valgusfehlstellung (X-Bein), wodurch es zu einer Druckerhöhung im lateralen Kompartiment kommt.

Bereits im 19. Jahrhundert erkannte Mikulicz die Bedeutung der mechanischen Beinachse für Fehlstellungen in der Frontalebene: „Die Druckverteilung auf die Gelenke und damit die Bewegung derselben durch die Belastung sind allein abhängig von der Stellung der mechanischen Achse und unabhängig vom Verlauf der anatomischen Achse des Knochens“. Die jeweilige Fehlstellung führt zu einer unphysiologischen Belastung und stellt infolgedessen eine präarthrotische Deformität dar.

Zur Ermittlung der mechanischen und anatomischen Achsen sind standardisierte Verfahren in der Durchführung von Röntgenaufnahmen erforderlich.

Entscheidend ist die parallele Ausrichtung der Femurkondylen in der Frontalebene, was durch ein frontales Ausrichten der Patella bei neutraler Streckung beider Kniegelenke gewährleistet wird [2].

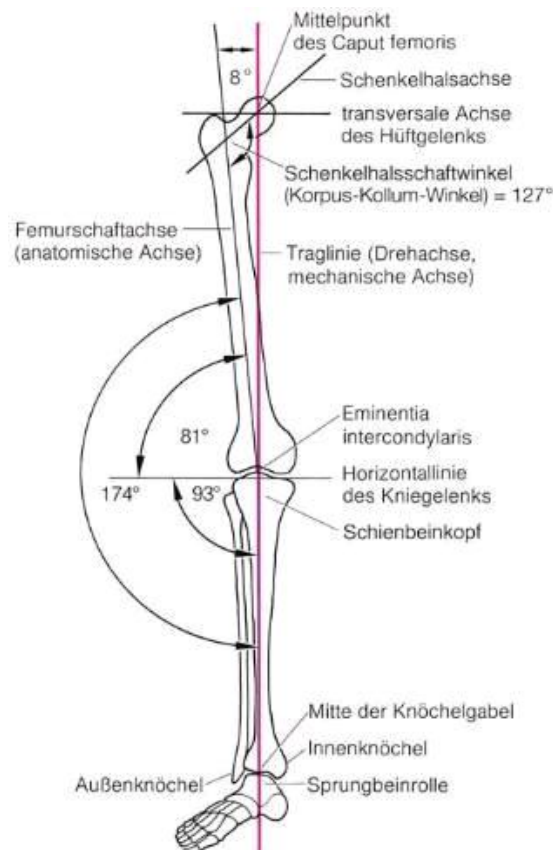


Abb. 2: Achsverhältnisse am Kniegelenk; Aus: Schiebeler, Anatomie, Springer Verlag (2005) [1]

## 1.2 Gonarthrose

### 1.2.1 Epidemiologie

Bei der Gonarthrose handelt es sich um eine degenerative Gelenkerkrankung, die durch fortschreitende Zerstörung des Gelenkknorpels mit sekundären Knochenläsionen und entzündlich bedingter Schrumpfung der Gelenkkapsel einhergeht. Im deutschen Sprachraum häufig gebrauchte Synonyme sind Arthrosis deformans, Osteoarthrose, Osteoarthritidis deformans und degenerative

Arthropathie, während im angloamerikanischen Raum eher die klinische Symptomatik im Vordergrund steht (Osteoarthritis, Osteoarthrosis).

Aufgrund ihrer Häufigkeit nimmt die Arthrose und ihre Behandlung eine zentrale Stellung in der Kniechirurgie ein. Bereits in der 3. Lebensdekade beginnt sich der Gelenkknorpel zu verändern. Röntgenmorphologische degenerative Veränderungen finden sich bei etwa der Hälfte der Bevölkerung um das 40. Lebensalter. Die Prävalenz steigt mit zunehmendem Alter und beträgt bei den über 90-jährigen um die 90 %, wobei nur ein Viertel der Betroffenen subjektive Beschwerden angibt [8].



Abb. 3: Radiologische Zeichen der Gonarthrose;  
Aus: Fetzner et al. (2008) [9]

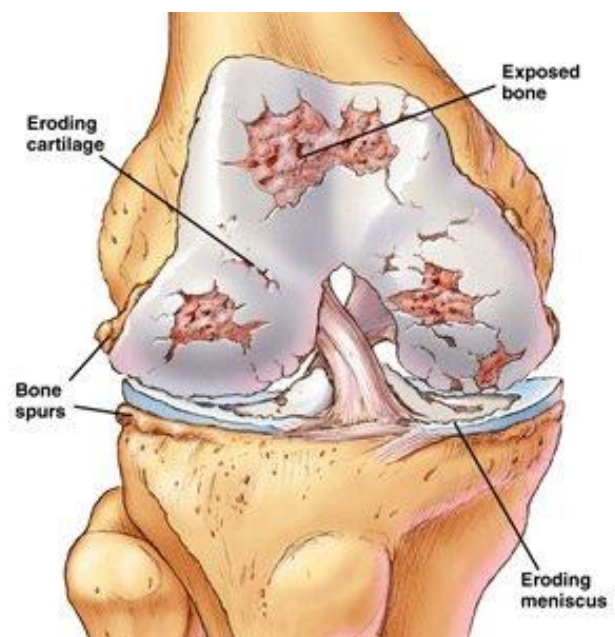


Abb. 4: Schematische Darstellung der Arthrose am Kniegelenk [10]

### 1.2.2 Ätiologie und Pathogenese

Die Osteoarthritis entwickelt sich stets aus einem Missverhältnis zwischen mechanischer Beanspruchung und Belastbarkeit des Knorpels. Die primären (idiopathischen) Arthrosen, deren Ursache nicht bekannt ist, lassen sich von der sekundären Arthritis abgrenzen. Diese entsteht häufig bei Überbelastung wie Achsfehlstellungen und Gelenkdysplasien. Weitere prädisponierende Faktoren sind Traumen mit Gelenkflächenfrakturen oder Luxationen. Zusätzlich können entzündliche, metabolische oder endokrine Erkrankungen zu einer Arthritis führen.

Am Anfang des langsam progredienten Verlaufes der Erkrankung kommt es zum Elastizitätsverlust des Gelenkknorpels. Dies lässt sich schon bald in einer röntgenmorphologischen Höhenabnahme des Knorpelgewebes und einer subchondralen Sklerosierung nachweisen. Durch die fehlende Knorpelsubstanz verstärken sich Schub- und Scherkräfte auf die Gelenkflächenränder, was zur Bildung von Osteophyten (wulstartige Knochenvorsprünge) führt. Diese Deformierung im Gelenk hat der Erkrankung, Arthritis deformans, ihren Namen gegeben.

Weiterhin bildet sich durch die Maximalbelastung der Gelenkflächen der Knochen zurück, sodass kleine oder auch größere solitäre Zysten entstehen. Diese Vorgänge können lange ohne klinische Symptomatik bleiben. Jedoch kann die Arthritis bei Beschleunigung des Verlaufes, reaktiver Veränderung der Gelenkinnenhaut (reaktive Arthritis) oder durch Einbruch von Geröllzysten klinisch relevant werden [8].

### 1.2.3 Klinik und Diagnostik

Wird die Gonarthrose symptomatisch, klagen die meisten Patienten über belastungs- und bewegungsabhängige Schmerzen. Typischerweise berichten die Betroffenen über einen meist morgendlichen Anlaufschmerz nach längerem Sitzen oder Liegen, der sich nach kurzer Wegstrecke meist zurückbildet. Weitere typische Symptome sind Gelenkentzündungen, Schwellungen, Tendopathien und Muskelverspannungen. Mit fortschreitender Progredienz der Erkrankung kommen weitere Symptome wie Ruheschmerz, Bewegungseinschränkung, Deformierung des Gelenkes mit Achsfehlstellung und Kontrakturen durch Weichteilverkürzung hinzu[9]. Wegweisend in der Diagnostik der Arthritis ist der klinische Untersuchungsbefund. Zusätzlich finden sich meist typische radiologische Veränderungen wie Verschmälerung des Gelenkspaltes, subchondrale Sklerosierungen, osteophytäre Anbauten und Geröllzysten.

Das Röntgenbild ist nur im Zusammenhang mit der klinischen Untersuchung von Bedeutung. Objektive Befunde, Einschätzung der Prognose oder Operationsindikationen sollten anhand von beiden Ergebnissen gestellt werden, da häufig die subjektiven Beschwerden nicht mit dem Ausmaß des röntgenologischen Befundes korrelieren. Labordiagnostisch finden sich bei der Arthrose keine ausschlaggebenden Veränderungen [8].

### 1.2.4 Therapie

Wie in allen Krankheitsbereichen spielt auch bei den degenerativen Gelenkerkrankungen die primäre Prävention eine bedeutende Rolle. So können Adipositas, schlechte Ernährung und Bewegungsarmut das Entstehen und Fortschreiten der Erkrankung begünstigen. Aufgrund dessen nimmt die Früherkennung von präarthrotischen Deformitäten eine wichtige Rolle bei der Therapie ein [8].

Grundsätzlich kann die Behandlung der Gonarthrose in konservative und operative Therapieformen unterteilt werden. Im Wesentlichen dient die konservative Behandlung der Schmerzlinderung und Verzögerung des weiteren Fortschreitens der Erkrankung. Physiotherapie kann helfen, den Bewegungsumfang zu erhalten und Muskelatrophien entgegen zu wirken. Weiterhin kommen knieschonende Sportarten wie Radfahren oder Schwimmen in Betracht um eine muskuläre Stabilisierung zu gewährleisten.

Physikalische Maßnahmen wie Kryotherapie, Elektrotherapie oder Ultraschallanwendungen können bei vermehrter entzündlicher Aktivität den Schmerz lindern und Schwellungen reduzieren. Durch eine Gewichtsreduktion können die auf das Kniegelenk einwirkenden Kräfte vermindert werden. Elastische Bandagen, Kniegelenksorthesen und Schuhrauherrhöhung sind einfache Maßnahmen, die oft zu einer Verbesserung der Symptomatik beitragen. Bei starken Schmerzen ist eine zusätzliche Behandlung mit nichtsteroidalen Antiphlogistika indiziert. Bei akuten Reizzuständen und Ergüssen kann eine Injektion von Kortikosteroiden eine rasche, jedoch keine dauerhafte Linderung der Beschwerden erzielen. Eine Schmerzlinderung über einen Zeitraum von bis zu zwei Jahren konnte nach Injektionsserien mit Hyaluronsäure und dem körpereigenen Botenstoff Interleukin-1-Rezeptorantagonist nachgewiesen werden [11].

Bei der operativen Therapie stellt die Arthroskopie die am wenigsten invasive Behandlungsform dar. Dabei können eine Gelenkspülung zur Entfernung von Gewebedetritus, ein arthroskopisches Debridement und die Entfernung von freien Gelenkkörpern vorgenommen werden. Darüber hinaus existieren verschiedene Formen zur Behandlung umschriebener Knorpeldefekte, wie die Therapie

mit osteochondralen Transplantaten (OCT), Periostlappentransplantationen( PLT) oder die autologe Chondrocytentransplantation (ACT). Bei Patienten unter 60 Jahren mit Achsfehlstellung kann eine Tibiakopfosteotomie das Fortschreiten der Arthrose verlangsamen [11].

Ist ein Gelenk erhaltender Eingriff nicht mehr möglich, kommt als letzte Therapieoption häufig nur der Gelenkersatz mittels einer Endoprothese in Frage. Bei isolierter unikompartmenteller Arthrose kann ein unikondylärer Ersatz (sogenannte Schlittenprothese) in Betracht gezogen werden. Ein totaler Oberflächenersatz ist indiziert bei bi- oder trikompartmenteller Arthrose, wenn eine Stabilität der Kollateralbänder ausreichend vorhanden ist. Besteht eine nicht ausgleichbare Bandinsuffizienz, ist nur noch die Implantation einer achsgeführte Prothese möglich [8].

#### 1.2.5 Chronisch retropatellares Schmerzsyndrom

Die dickste Knorpelschicht im Körper findet sich retropatellar. Sie beträgt hier vier bis fünf Millimeter. Das retropatellare Schmerzsyndrom zählt zu den häufigsten Kniegelenksbeschwerden [12]. Obwohl die Ätiologie nicht vollständig geklärt werden kann, gibt es verschiedene Thesen zur Entstehung. Dabei scheinen eine Chondromalazie, ein Malalignement der Quadrizepsmuskulatur, ein akutes Trauma, Überbeanspruchung, Immobilisation, angeborene Anomalitäten der Kniescheibe und wiederholte intraartikuläre Injektionen von Kortikosteroiden, prädisponierende Faktoren zu sein. Das Schmerzsyndrom wird charakterisiert durch retropatellare Schmerzen bei bestimmten Aktivitäten wie Hocken, Treppensteigen, Joggen und Springen. Zusätzlich können ein Schnappen der Kniescheibe, Pseudoblockaden, Krepitationen und Gelenkergüsse auftreten. Über diese typischen Beschwerden klagen zumeist jugendliche, aktive Patienten, besonders junge Frauen [13,14]. Die Therapie des retropatellaren Schmerzsyndroms sollte hauptsächlich aus einer effektiven Physiotherapie bestehen, um durch Kräftigung der muskulären Strukturen Fehlbelastungen und Fehlstellungen auszugleichen. Sportarten, die durch eine ungünstige Belastung die typischen Schmerzen auslösen, sollten vermieden werden. Weiterhin kann eine Analgesie mit NSAR die Schmerzen verringern [15].

### 1.3 Historie der Knieendoprothetik

Bereits im 16. Jahrhundert finden sich erste Aufzeichnungen von dem französischen Arzt Ambroise Paré (1510-1590), der über operative Eingriffe bei Gelenkverschleiß berichtet. Diese schriftlichen Aufzeichnungen lassen sich aus heutiger Sicht wohl als Beleg der ersten Versuche einer Resektionsarthroplastik ansehen [16]. Das 19. Jahrhundert brachte in der Chirurgie fundamentale Fortschritte hervor. Die von Joseph Lister (1827-1912) propagierte Antisepsis führte zu einer starken Abnahme der Infektionsraten und Komplikationen. Zusätzlich wurden die Operationsbedingungen ab 1846 durch die erstmalige Durchführung einer Vollnarkose von William Thomas Green Morton (1818-1868) verbessert. Eine erheblich vereinfachte Diagnostik konnte in der Orthopädie ab 1895 mit der Entdeckung der Röntgenstrahlen von Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) betrieben werden [16].

Die Geschichte der Endoprothetik findet ihren Ursprung jedoch mit dem Berliner Chirurgen Themistockles Gluck im Jahre 1890. Er entwickelte ein einfaches Scharniergelenk aus Elfenbein für den Ersatz von durch Tuberkulose zerstörte Kniegelenke. Gluck experimentierte mit verschiedenen Materialien zur Fixierung der Prothese im Knochen. Nach zahlreichen Versuchen brachten Kolophonium und Gips zufriedenstellende Ergebnisse und die gewünschte Stabilität. 1890 stellte er am 10. Internationalen Kongress der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie seine ersten Ergebnisse vor. 1891 veröffentlichte er Resultate, wobei nur fünf der von 14 implantierten Prothesen auf Dauer erfolgreich waren. Die restlichen mussten nach unterschiedlichen Erhaltungszeiten aufgrund der Gelenktuberkulose als ungünstige Indikation wieder exstirpiert werden [17]. In den folgenden Jahren wurden viele Versuche unternommen, eine geeignete Form der Prothese und Implantation zu finden. Im Folgenden sollen nur die genannt werden, die zu einer richtungsweisenden Veränderung führten. Campbell (1940), Smith Petersen (1942), McKeever (1952) und McIntosh (1958) versuchten nur ein Gelenkkompartiment zu ersetzen, was zu hohen aseptischen Lockerungsraten sowie einer hohen Destruktion des nicht versorgten Kompartiments führte [18].

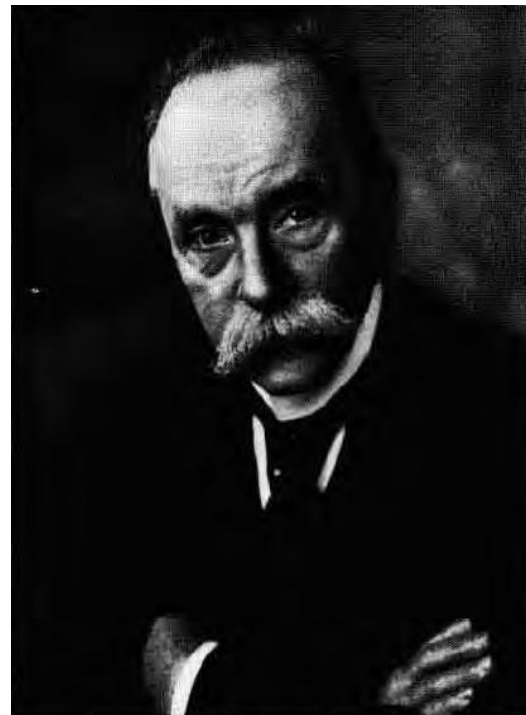


Abb. 5: Themistockles Gluck;  
Aus: Wessinghage et al. (1991) [17]

Die von Shiers (1954) und Wallidus (1957) entworfenen Modelle waren achsgekoppelte Scharnierendoprothesen. Sie entstanden noch vor Einführung des Knochenzements, sodass sie zur ausreichenden Stabilisierung mit langen Stielen im Knochen verankert wurden [19]. Auch diese Modelle waren dem Problem der aseptischen Lockerung und hohen Komplikationsraten unterworfen [18]. Auch nach Entwicklung des Knochenzements änderten sich diese Probleme nur wenig, sodass auch die von Guepar im Jahre 1968 entwickelte Prothese keine großen Erfolge erzielen konnte [19].

Durch die Einführung des „low-friction“-Prinzips gelang dem Engländer Sir J. Charnley der entscheidende Durchbruch in der Endoprothetik, wenn auch erst am Hüftgelenk. Durch die Verwendung einer Kombination aus Metall und Kunststoff wies das Implantat einen weitaus geringeren Reibungskoeffizienten und dadurch einen viel geringeren Abrieb auf [20]. Freeman und Swanson gelang 1970 ein weiterer Durchbruch mit der Entwicklung ungekoppelter (achsfreier, unconstrained) Prothesen. Die Verwendung dieses Modells erfordert eine ausreichende Stabilität des Kapsel-Band-Apparates, erlaubt jedoch auch ein an die Anatomie des Kniegelenkes angelehntes Rollgleitverhalten [21]. Durch stetige Weiterentwicklung der Modelle gelang es bald, dass physiologische Bewegungsabläufe wie Rollen, Gleiten und Rotieren möglich wurden. Weiterhin wurden verschiedene Prothesenmodelle entwickelt: gekoppelte und teilgekoppelte Modelle, Schlittenprothesen, zementierte und unzementierte Verankerungen, unterschiedliche Kunststoffe und Modelle mit und ohne Retropatellarersatz.

### 1.4 Einteilung von Endoprothesenmodellen

Allgemein werden Prothesen in unikondyläre Schlittenprothesen, Oberflächenprothesen, Achsknieprothesen und Scharnierprothesen unterteilt. Nach internationaler Norm (ISO) werden die Modelle in ungekoppelte, teilgekoppelte und vollgekoppelte Knieprothesen eingeteilt. Zusätzlich lässt sich die Art der Fixation unterscheiden: zementiert, zementfreie oder hybride Fixation.

Durch unikondyläre Schlittenprothesen wird das mediale oder laterale Gelenkkompartiment durch eine Femurkufe und einen Tibiaersatz erneuert. Auch der Ersatz beider Kompartimente ist möglich, sogar mit minimalinvasiven Implantationstechniken [22]. Diese Prothesenmodelle zeigen eine Zehn-Jahres-Überlebensrate von 80% [23].

Die Versorgung beider Kompartimente erfolgt mit einem Oberflächenersatz. Indiziert ist dieses Modell bei ausreichend stabilem Kapselbandapparat und deutlich degenerativen Veränderungen. Die Komponenten sind nicht gekoppelt und gleiten aufeinander, knöcherne Defekte können gut durch sogenannte Spacer (Platzhalter) ausgeglichen werden und das hintere Kreuzband bleibt erhalten. Der Vorteil dieses Modells liegt in einem geringen Knochensubstanzverlust bei der Implantation [24].

Achsknieprothesen besitzen wandernde Achsen oder Kompromissachsen im physiologischen Drehpunktbereich. Die axiale Kraftübertragung erfolgt hierbei über die Artikulationsflächen der Prothese. Bei extremer Bandinsuffizienz ist somit eine Stabilität auch ohne Bandführung gewährleistet, da Varus- und Valguskraften über die Kopplungskomponenten der Prothese aufgenommen werden. Mehrere Studien besagen jedoch, dass es durch dieses Kraftübertragungsprinzip zu vermehrter Lockerung der Prothesenkomponenten kommt [25].

Die Implantation einer Scharnierprothese sollte nur bei Patienten mit schwerer knöcherner Destruktion, chronisch ligamentärer Bandinstabilität und nicht redressierbaren Achsabweichungen ( $>20-25^\circ$ ) erfolgen. Sie lassen nur eine, von der physiologischen Kinematik weit entfernte, Scharnierbewegung zu. Bei früheren Modellen kam es durch die hohe Lastübertragung über die Prothesenverankerungen häufig zu Lockerungen. Neuere Modelle wurden so konzipiert, dass ein Lastübertragungssystem das über die Gelenkflächen arbeitet, dies verhindert. Zusätzlich erlauben die meisten Modelle eine femorotibiale Rotationsbewegung („Rotating-hinge“) [22,23].

Ein weiteres bedeutendes Modell ist die teilgekoppelte Prothese. Diese kann durch ein spezielles Design eine teilweise fehlende Bandinstabilität auffangen. Posterior stabilisierende Prothesen weisen einen Zapfen im Tibiateil auf, der in eine Aussparung in der Femurkomponente greift und so ein Weggleiten des Tibiakopfes, besonders in Beugestellung verhindert. Somit sorgt dieser Prothesentyp für eine posteriore Stabilität und ermöglicht trotzdem eine höhere Flexion durch einen entsprechenden Roll-Gleit-Mechanismus [22].



Abb. 6: Röntgenaufnahmen verschiedener Prothesentypen (A: Kniegelenksarthrose, B:Unikondyläre Schlittenprothese, C: Oberflächenersatz, D: Innex SC-Prothese)

## 1.5 Die Kniegelenksrevisionsoperation

### 1.5.1 Grundlagen und Therapieoptionen

Der Wechsel einer Endoprothese gestaltet sich grundsätzlich komplizierter als eine Primärimplantation. Durch die Primärimplantation kommt es häufig zu Veränderungen der anatomischen Strukturen. Knochensubstanzverluste und Instabilitäten der Bandstrukturen gilt es bei der Revision wieder herzustellen [26, 27, 28]. Über die Revisionsraten kann nur schwer eine konkrete Aussage getroffen werden, da die Angaben in der Literatur mit zwei bis dreißig Prozent stark schwanken [29, 30, 31].

Noch vor knapp 20 Jahren wurden Studien veröffentlicht, die zeigten, dass die Resultate der Revisionen nicht an die der Primärimplantationen hinreichten [32, 33, 34]. In den letzten Jahren gelang jedoch durch die Optimierung der Prothesendesigns eine stetige Besserung des Outcomes, auch nach Revisionen [22]. Knochensubstanzdefekte, die meist durch Infektionen, Osteonekrosen, iatrogen beim Ausschlagen oder durch die Implantatgröße bedingt entstehen, können durch autolog gewonnenes Material, Zement oder Spacer ausgeglichen werden [35, 36, 37, 38, 39]. Durch die Wiederherstellung eines gleichgroßen Gelenkspaltes in Extension und Flexion, kann ein bestehendes Malalignment ausgeglichen werden. Zusätzlich kann über tibiale und femorale Releasetechniken eine Bandstabilität wiederhergestellt werden [40]. Hauptindikationen für eine Revision sind seit Jahrzehnten die aseptische Lockerung, Infektion und der Polyethylenabrieb des Inlays [41, 42].

### 1.5.2 Operationsziele

Wichtigstes Ziel in der Revisionsendoprothetik sollte die Rekonstruktion der natürlichen Anatomie, das Erreichen eines korrekten Alignements und die Wiederherstellung der Gelenkstabilität sein. Durch eine so entstehende korrekte Beinachse kann eine annähernd normale Bewegungsfähigkeit und Funktion des Gelenkes bewirkt werden, was schließlich zu einer besseren Lebensqualität des Patienten führen soll [32, 38, 39].

### 1.5.3 Die infizierte Knieprothese

Die periprothetische Gelenksinfektion ist eine der teuersten und verheerendsten Komplikationen in der Knieendoprothetik [43]. Für Arzt und Patient stellt sie eine der größten Herausforderungen dar. Eine steigende Anzahl an Primärimplantationen hat auch eine erhöhte Rate an periprothetischen Infektionen zur Folge, wobei die Angaben in der Literatur mit 1-12% stark schwanken [43, 44, 45].

Friesecke und Wodtke (2008) [46] versuchten anhand eines Artikels das strukturierte Vorgehen bei einem Verdacht auf eine Protheseninfektion zu beschreiben und ein standardisiertes Therapievorgehen darzustellen. Im Folgenden sollen diese Ansätze erläutert werden, um die Thematik der periprothetischen Gelenksinfektion besser zu umreißen.

Anamnestisch lassen aufgetretene Wundheilungsstörungen oder vorangegangene Revisionseingriffe eine vorliegende Infektion vermuten. Ebenso kann ein plötzlich auftretender Schmerz im Bereich des Kniegelenks nach jahrelanger Beschwerdefreiheit auf eine Infektion hinweisen. Bei der Anamnese sollte unbedingt nach vorangegangenen Operationen, Zahnbehandlungen, entzündlichen Erkrankungen, Fieberschüben, Nachtschweiß und eventueller antibiotischer Therapie gefragt werden.

In der klinischen Untersuchung sind Rubor, Calor und Dolor klassische Zeichen einer Gelenksinfektion. Es sollte zusätzlich bei der Inspektion auf Fisteln mit Gelenkkontakt und Weichteildefekte geachtet werden. 10% der infizierten Kniegelenke zeigen jedoch völlig unauffällige Weichteilverhältnisse.

Laborchemisch ist das CRP in 84% der Fälle erhöht und kann somit als Leitparameter angesehen werden. Ebenfalls kommt es häufig zu einer BSG-Erhöhung. Eine Erhöhung beider Werte ist ein deutlicher Hinweis auf ein Infektgeschehen. Erhöhte Leukozytenwerte finden sich nur in 28% der Fälle und dienen deshalb nur der Orientierung.

Zur vollständigen Diagnostik ist eine Nativröntgenaufnahme unentbehrlich, in der eventuelle heterotope Ossifikationen Hinweis auf eine Infektion zeigen können.

Das entscheidende diagnostische Verfahren für eine erfolgreiche Therapie ist jedoch ein Keimnachweis mit Antibiotogramm. Dieses Wissen stellt die Grundlage für eine suffiziente antibiotische Therapie dar. Deshalb ist die Gelenkpunktion unter sterilen Verhältnissen die wichtigste diagnostische Maßnahme.

Für die Gelenksinfektion gibt es verschiedene Therapieoptionen. Findet sich bei der Revision eine deutlich intakte Muskelfaszie, kann von einem subkutanen Infektgeschehen ausgegangen werden und ein Prothesenerhalt erfolgen. Es sollte jedoch zusätzlich eine vorsichtige Punktion des Gelenks durchgeführt werden, um eine Infektion sicher auszuschließen.

Kommt es innerhalb der ersten zwei bis drei Wochen nach Primärimplantation zu einer Infektion, kann durch radikales Débridement, Jet-Lavage und Anlage einer Saug-Spül-Drainage für drei bis vier Tage in 50-60% der Fälle eine Infektausheilung gelingen. Zusätzlich sollte eine systemische Antibiose entsprechend des Antibiotogramms eingeleitet werden.

Ist ein Prothesenerhalt aufgrund eines intraartikulär gesicherten Infekts nicht möglich, stehen dem Operateur zwei mögliche Therapieoptionen zur Verfügung: einzeitiger oder zweizeitiger Wechsel. Bei beiden Optionen erfolgt zuerst ein gründliches Débridement der Weichteile und des Knochens. Zusätzlich erfolgt immer eine systemische und topische antibiotische Therapie.

Bei einem einzeitigen Wechsel wird innerhalb einer Operation eine Explantation der infizierten Prothese und anschließend die Implantation einer neuen Prothese durchgeführt. Er bietet Vorteile für Patient und Arzt. Es ist nur eine Operation nötig, was die Belastung der Patientenpsyche, Operationskosten und das Komplikationsrisiko gering hält. Durch das einzeitige Vorgehen entsteht weniger Weichteil- und Knochensubstanzverlust. Intraoperativ sollte vor der Implantation der Prothese eine Beimischung eines spezifischen Antibiotikums zum Knochenzement erfolgen, um lokal eine bessere antibakterielle Wirkung zu erzielen. Nach der Implantation stehen CRP- und Wundkontrollen im Vordergrund.

Beim zweizeitigen Wechsel wird nach erfolgtem Débridement, Spülung und Synovektomie die infizierte Prothese ausgebaut. Danach wird ein Refobacin-Palacos-Spacer eingebracht, der als Platzhalter dient, um Kontraktionen der Band- und Weichteilstrukturen entgegenzuwirken und knöcherne Überbauten verhindern soll [47]. Erst nach sicherer Ausheilung des Infekts erfolgt die erneute Implantation einer Kniegelenkprothese. Dieses Vorgehen ist unbedingt erforderlich bei

unklarem Keimspektrum. Es sollte auf jeden Fall erfolgen, wenn mit einer erhöhten Rate von Infektpersistenz zu rechnen ist. Dieses Vorgehen ist ebenfalls zu bevorzugen, wenn ein radikales Débridement und eine vollständige Entfernung von alten Zementresten nicht gesichert werden kann.

Die ultima ratio ist die Oberschenkelamputation. Sie sollte bei nicht beherrschbaren Infektzuständen, folgeschwer geschädigtem Weichteilmantel, zu großem Knochensubstanzverlust oder wenn eine sichere Fixation der Prothese nicht mehr möglich ist, durchgeführt werden.

In einer groß angelegten Studie versuchten Jämsen et al. (2009) [48] Risikofaktoren zu finden, die eine Infektion nach Kniegelenksimplantation begünstigen. Basierend auf den Daten des Finnischen Knieprothesenregisters konnten sie aus 43.149 Fällen 378 ausfindig machen, die aufgrund einer Infektion gewechselt werden mussten. Sie konnten verschiedene Risikofaktoren aufzeigen. Ein erhöhtes Risiko für eine Infektion nach Kniegelenksimplantation hatten Patienten mit

- männlichem Geschlecht
- seropositiver rheumatoider Arthritis
- vorangegangener periarthritischer /periprothetischer Fraktur
- constrained oder hinged-Prothesen
- Wundheilungsstörungen

Patienten, die bei Primärimplantation nur eine unikondyläre Prothese erhielten, hatten nicht signifikant weniger septische Zwischenfälle als Patienten mit Totalendoprothesenersatz.

Die Studie konnte ermitteln, dass besonders nach Revisionen die Kombination von parenteraler Antibiotikagabe mit antibiotisch-imprägniertem Zementspacer einen Vorteil bringt. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass insbesondere eine frühe Infektion nach Primärimplantation und Wundheilungsstörungen für eine tiefe Wundinfektion prädisponieren. Der implantierte Prothesentyp nach Wechseloperation hatte keine Auswirkung auf ein mögliches septisches Geschehen.



Abb.7: Kniegelenkspunktion mit infiziertem Aspirat

## 1.6 Die Innex SC Prothese

### 1.6.1 Allgemeines

Das Innex Kniesystem Typ SC bietet umfassende Anwendungsmöglichkeiten und wurde von der Firma Zimmer für höchstmögliche intraoperative Flexibilität beim Einbau des bikondylären Oberflächenersatzes entwickelt. Alle Komponenten der Innex Systemfamilie bauen aufeinander auf und sind kompatibel. So können fast beliebig alle Primärimplantate mit einer Revisionslösung kombiniert werden. Dieses System wurde für eine zementierte Implantation konzipiert. Die Bezeichnung SC steht für semi-constrained, was teilgekoppelt bedeutet. Durch die hohe Modularität innerhalb des Systems kann eine Wiederherstellung der natürlichen anatomischen Verhältnisse von Femur, Tibia und Patella sowie eine physiologische Achsausrichtung erreicht werden.



Abb. 8: Innex SC Prothese

Bildquelle: ©Zimmer Germany GmbH

### 1.6.2 Femorale Komponente

Die Femurkomponente weist einen interkondylär gelegenen Kasten und einen posterior angelegten Steg zur Aufnahme des Führungszapfens auf. Eine maximale Kontaktfläche bei geringer Oberflächenpressung wird dadurch erreicht, dass die Oberflächenradien der Tibia dem Kondylendesign des Femurs optimal angepasst sind. Durch die asymmetrische, aus Kobaltchrom konzipierte Komponente wird eine optimale Rekonstruktion der natürlichen Anatomie gesichert. Ein verbesserter Bewegungsablauf entsteht durch eine stufenförmige Resektion der anterioren Facette und einer implantatseitig tiefer gelegenen Patellagrube. Ein nach anterior versetzter Radius entlastet den Extensorenmechanismus, wodurch ein besserer Bewegungsumfang erreicht wird. Mittels eines weiteren Designmerkmals, der lateralen Schrägkante, wird die Notwendigkeit eines Release des lateralen Retinaculums minimiert. Die Innex SC Femurkomponente gibt es in fünf verschiedenen Größen und kann durch verschiedene Verankerungsschäfte (gerade Winkel und Offset (Seitversatz)) stabil verbunden werden.



Abb. 9: Tibiale Komponente der Innex SC Prothese

Bildquelle: ©Zimmer Germany GmbH



Abb. 10: Verschiedene Stems der Innex SC Prothese

Bildquelle: ©Zimmer Germany GmbH

### 1.6.3 Tibiale Komponente

Bei der Implantation der tibialen Komponente wird die Tibiabasisplatte des primären Innex Kniesystems (FIXCR/FIXUC) benutzt. Eine nahezu vollständige kortikale Abdeckung der proximalen Tibia entsteht durch die durchgehend symmetrische Form der Platte. Das für die Rotationsstabilität entscheidende Merkmal sind klein dimensionierte Zapfen und ein konisch geformter Hauptverankerungszapfen mit drei Längsrippen, der zusätzlich noch für eine optimale Verankerung im Schaft sorgt. Durch ein Millimeter tiefe Zementtaschen kann eine gleichmäßig verteilte Zementschicht zwischen Implantat und Knochen entstehen. Diese Komponente kann ebenfalls mit Verankerungsschäften kombiniert werden und ist in sieben Größen zur optimalen Abdeckung der Tibia erhältlich.



Abb. 11: Tibiale Komponente der Innex SC Prothese

Bildquelle: ©Zimmer Germany GmbH

#### 1.6.4 Tibiaeinlage, Führungsstab und Spacer

Das Inlay besteht aus gefrästem hochmolekularen Polyethylen und wurde speziell für das Innex SC-System geplant. Die anterior und posterior erhöhten Lippen sichern den Bewegungsablauf und führen zu einem erhöhten Luxationsschutz. Zusätzlich wird das Risiko für ein „fad pad impingement“ durch eine Aussparung im Bereich des Hoffa'schen Fettkörpers minimiert. Mithilfe eines Schnappmechanismus wird das Inlay stabil auf der Tibiabasisplatte angebracht.



Abb. 12: Tibiaeinlage der Innex SC Prothese

Bildquelle: ©Zimmer Germany GmbH

Hauptaufgabe des Führungzapfens ist es, die Hauptkräfte der Varus-/ Valgusstabilität und der Kreuzbänder zu übernehmen. Zusätzlich kann er auch die fehlende Stabilität der noch vorhandenen oder geschädigten Seitenbänder ersetzen. Somit dient er einem Höchstmaß an Stabilität, trotz vollem Umfang der Bewegung. Durch das spezielle Design wird ein sicherer und dosierter Stopp des Femurs in leichter Hyperextension gesichert, eine natürliche Rotation ermöglicht und die Funktion des fehlenden Kreuzbandes nachgeahmt.

Überdies sind im Innex SC-System Spacer enthalten, die es dem Operateur ermöglichen, durch einfaches Handling, Knochendefekte an Tibia und Femur optimal auszugleichen. Das Material, Polymethylmetacrylat (Sulene® PMMA), gewährleistet eine sichere Verbindung zwischen Spacer und Knochenzement, der sich gleichmäßig durch Distanzhalter verteilt.



Abb. 13: Führungszapfen der Innex SC Prothese

Bildquelle: ©Zimmer Germany GmbH

### 1.6.5 Indikation und Kontraindikationen

Durch das optimale und vielfältige Komponentenangebot der Firma Zimmer soll ein größtmögliches Indikationsspektrum abgedeckt werden. Implantiert werden kann die Prothese bei starkem Knochenverlust mit insuffizientem Seitenbandapparat oder Schädigung des Seitenbandapparates mit intaktem Kapselapparat. Zusätzliche Indikationen sind ein Genu valgum von mehr als 25-30 Grad bei überdehnten Bandstrukturen, ein Genu varum von mehr als 20-25 Grad und Beugekontrakturen von über 20 Grad. Dazu muss in jedem Falle der Flexions- und Extensionsspalt mit Knochen (homolog/autolog/Spacer) oder einer ausreichend hohen Tibiaeinlage rekonstruiert werden.

Eine Genu recurvatum von mehr als 10-15 Grad stellt eine relative Kontraindikation dar, wird jedoch zur absoluten, wenn durch den Einsatz des höchsten Probeinlays die Fehlstellung nicht korrigiert werden kann. Außerdem kann bei Verlust der Seitenbänder mit zusätzlich insuffizienter Kapselfunktion, keine ausreichende Stabilität gewährleistet werden. Bei akuten bakteriellen Infektionen im Bereich des betroffenen Kniegelenkes sollte eine Implantation erst nach sicherer Ausheilung dieser erfolgen.

#### 1.6.6 OP-Verfahren

Die Lagerung des Patienten erfolgt in Rückenlage mit Anlage einer Oberschenkelblutsperre auf 300 mmHg. Zusätzlich wird das Bein in eine mit Fußschaltern zu bedienende Kniegelenksgabel gelagert. Nach Desinfektion und Tuchabdeckung kann mit der Exzision der alten Narbe begonnen werden. Dieser Schnitt verläuft in der Regel in der Medianlinie über der Kniescheibe, beginnt etwa drei Zentimeter proximal der Patella und endet ca. zwei Zentimeter distal der Tuberositas tibiae. Nach Setzen des Hautschnittes erfolgt ein standardisierter Midvastus-Zugang.

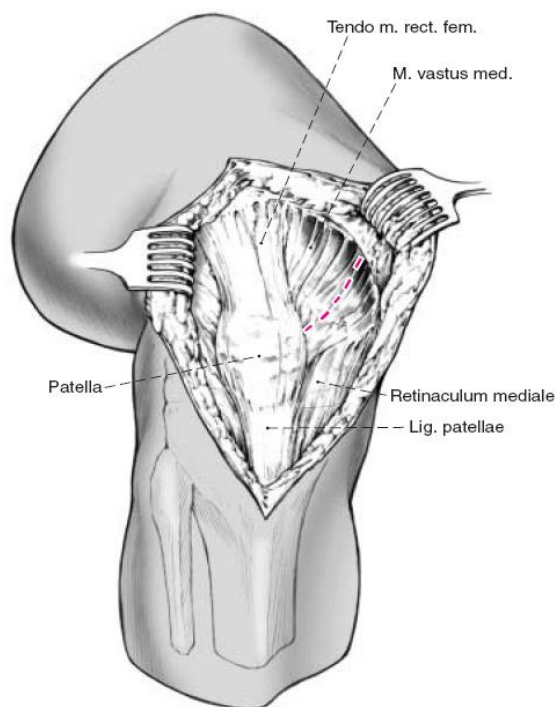


Abb. 14: Subkutane Präparation der Gleitschichten und erweiterte Darstellung der Fasern des Musculus vastus medialis nach Hube et al. (2002) [49]

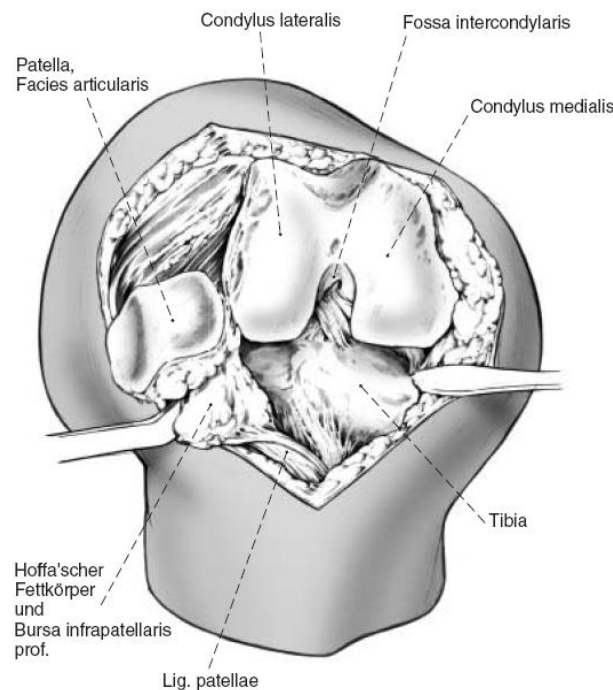


Abb.15. Anatomische Verhältnisse nach Eröffnung der Gelenkkapsel nach Hube et al (2002)

Fortgefahren wird mit der subkutanen Präparation und einer erweiterten Darstellung der Fasern des Musculus vastus medialis. Die Haut und Subkutis werden ab präpariert und zur Seite gehalten. Auf einer Länge von etwa fünf Zentimeter können nun die Spaltung der Muskelfaszie und die Durchtrennung der Quadrizepsanteile erfolgen, sodass anschließend eine Präparation der Lücke bis zur Gelenkkapsel möglich wird. Diese wird eröffnet (medio-patellare Arthrotomie).

Unter Sicht wird nun die Neosynovia exzidiert und vernarbter Hoffa-Körper reseziert. Die mediale Kapsel wird mit einem Raspatorium bis zur Mittellinie subperiostal mobilisiert. In Streckstellung kann die Patella nach außen evertiert und das Knie anschließend flektiert werden [49]. Nun werden die alten Endoprothesen-Komponenten vorsichtig mit einem Klingenmeißel aus dem Implantatlager gelöst, wobei auf eine vollständige Entfernung des Knochenzements geachtet werden muss. Die Tibia wird mit einem speziellen Hohmann-Hebel nach vorne subluxiert.

Der Markkanal wird mit Reibahlen verschiedener Durchmesser bis zur geeigneten Tiefe und den passenden Schaftdurchmesser eröffnet. Danach wird der Tibiaschnittblock über die belassene Reibahle geschoben und die Rotationsausrichtung durch das Anbringen des modularen Griffs und des extramedullären Richtstabes bestimmt. Nachdem der Block mit Pins fixiert wurde, wird mit dem Tibiataster die Resektionshöhe bestimmt. Nach Entfernen der Reibahle erfolgt die Resektion der

Tibia in der gewünschten Höhe. Es kann bis zu vier Millimeter nachreseziert werden. Falls Tibiaspacer erforderlich sind, müssen die transversalen Schnitte nun durchgeführt werden. Eine Tibiaschablone, die eine bestmögliche proximale Abdeckung gewährleistet, wird ausgewählt. Zur optimalen kortikalen Abdeckung stehen dem Operateur Offset-Führungen von 0mm/3mm/4,5mm/6mm zur Verfügung. Die Schablone wird mit zwei Pins anterior fixiert. Im Anschluss werden die Zapfenlöcher mit einem 5-mm-Bohrer aufgebohrt und die Löcher mit Magnetbolzen gesichert. Mit einem Stufenbohrer wird die zentrale Lage der Tibiaverankerung aufgebohrt und zusätzlich wird die Spongiosa durch einen Tibiaverdichter vorkomprimiert. Nun wird die genaue Position für den sagittalen Spacerschnitt markiert und dieser entsprechend durchgeführt. Die Spacer sind in den Größen 4mm, 8mm, 12mm vorhanden. Der Schaft kann danach mit dem gewünschten Offset an das Tibiaplateau montiert werden, wobei das Fixieren dieser Position erst nach dem Einsetzen in die Tibia empfohlen wird, um eventuelle Korrekturen zu ermöglichen. Daraufhin werden die Komponenten eingebracht und bei optimalem Sitz fixiert.

Beim Femur wird ebenfalls, wie bei der Tibia, mit dem Aufbohren des Markraums mit einem 8-mm-Bohrer begonnen, um anschließend durch Reibahlen diesen, unter Berücksichtigung der anatomischen Femurachse, zu eröffnen. Bei der Revisionsoperation wird durch das Aufschieben zweier 8-mm-Aufsätze auf den intramedullären Richtstab eine Kompensation des bereits resezierten Knochens erreicht. Hierüber wird nun die Femurgrößenmesslehre aufgesetzt. Es sollte auf einen guten Kontakt der beiden Füße der Femurgrößenmesslehre mit den posterioren Kondylen geachtet werden, um die richtige Größe, die an einer Skala abgelesen werden kann, zu bestimmen. Durch das Aufsetzen einer Kreuzlehre auf die Reibahle kann die Bestimmung des Offsets (0mm/3mm/ 4.5mm) ermittelt werden. Aufgrund der bereits zuvor bestimmten Femurkomponentengröße wird ein korrekt eingestellter Nutenstein auf den Schnittblock aufgebracht. Die Resektionsebenen werden durch das Aufbringen des Schnittblock auf den intramedullären Führungsstab bestimmt. Sollte der Schnittblock anterior zu hoch oder zu tief (Notching) stehen, muss die Positionierung des Nutensteins wiederholt werden. Durch das Einsetzen der Rotationsausrichtungslehre SC ergibt sich die korrekte Lage des a/p-Schnittblocks meist von selbst durch die korrekte Balance und Spannung des Bandapparates. Der Schnittblock wird fixiert und unter Zuhilfenahme einer Resektionslehre der anteriore und posteriore Femurschnitt vorgenommen. Danach wird ein Distalschnittblock zusammen mit einem Bügel über den a/p-Schnittblock geschoben. Vor dem Schnitt kann mit Hilfe einer Femurdistanzplatte eine Streckspaltmessung durchgeführt werden. Sind Streck- und Beugespalt identisch und eine mediolaterale Stabilität vorhanden, kann der distale Femurschnitt gemacht werden.

Ein letzter Schnitt, der des SC-Kastens wird durchgeführt. Alle Vorrichtungen, Pins und Sägeblöcke werden anschließend entfernt. Nun wird, wie bei der Tibia, die Femurkomponente mit dem passenden Schaft verbunden und ebenfalls nach Einsetzen die Stellung fixiert. Weiterhin werden das Probeinlay und der Probezapfen angebracht und eine Probereposition durchgeführt. Dabei sollte die ROM sowie die anterior-posteriore Stabilität und die Stabilität unter Varus- und Valgusstress in verschiedenen Flexionsstellungen ( $0^{\circ}/10^{\circ}/30^{\circ}/45^{\circ}/90^{\circ}$ ) überprüft werden. Weiterhin sollte eine Distraction des Gelenkes in Extension und Flexion durchgeführt werden.

Die Bearbeitung der Patella erfolgt optional und soll hier nicht näher dargestellt werden. Nach erfolgreicher Probereposition werden die Probekomponenten entfernt und die definitiven Komponenten in ihrer endgültigen und korrekten Lage einzementiert. Nach Einlegen von Drainagen erfolgt ein schichtweiser Wundverschluss.

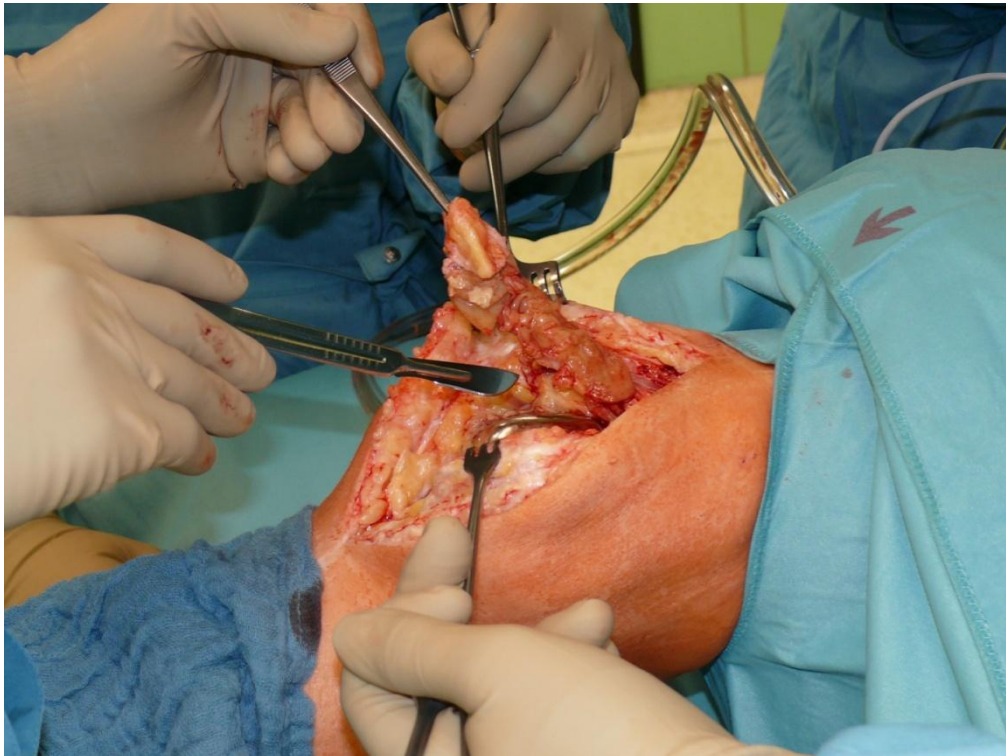


Abb.16: Eröffnung des Kniegelenks mit Débridement

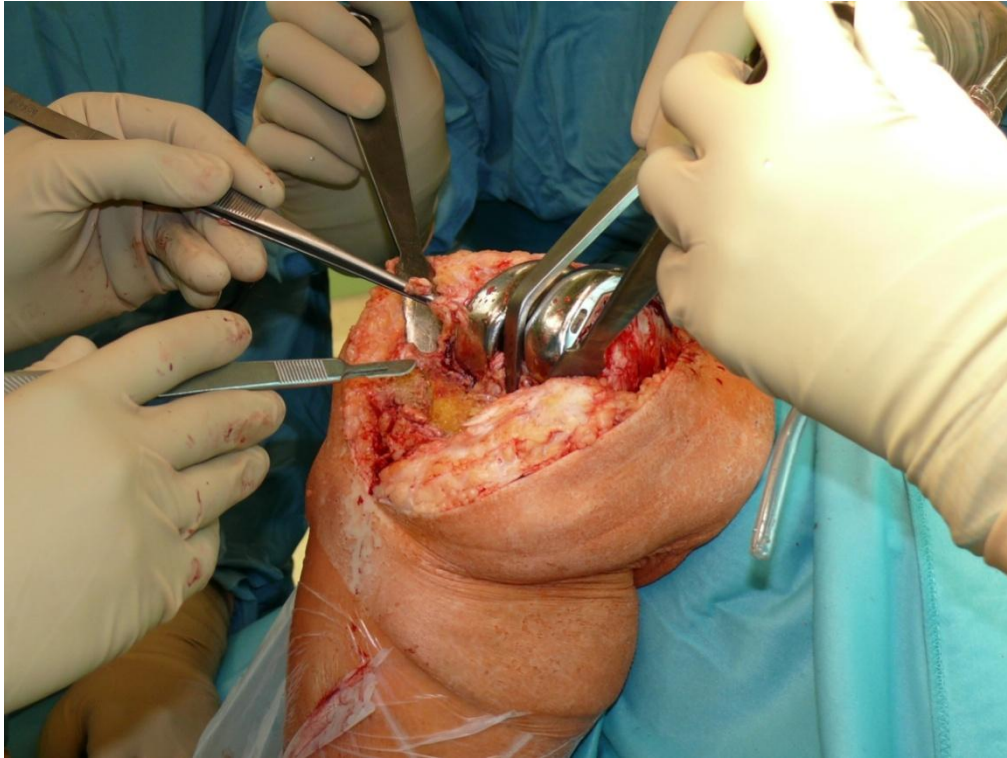


Abb. 17: Ausbau der alten Prothese

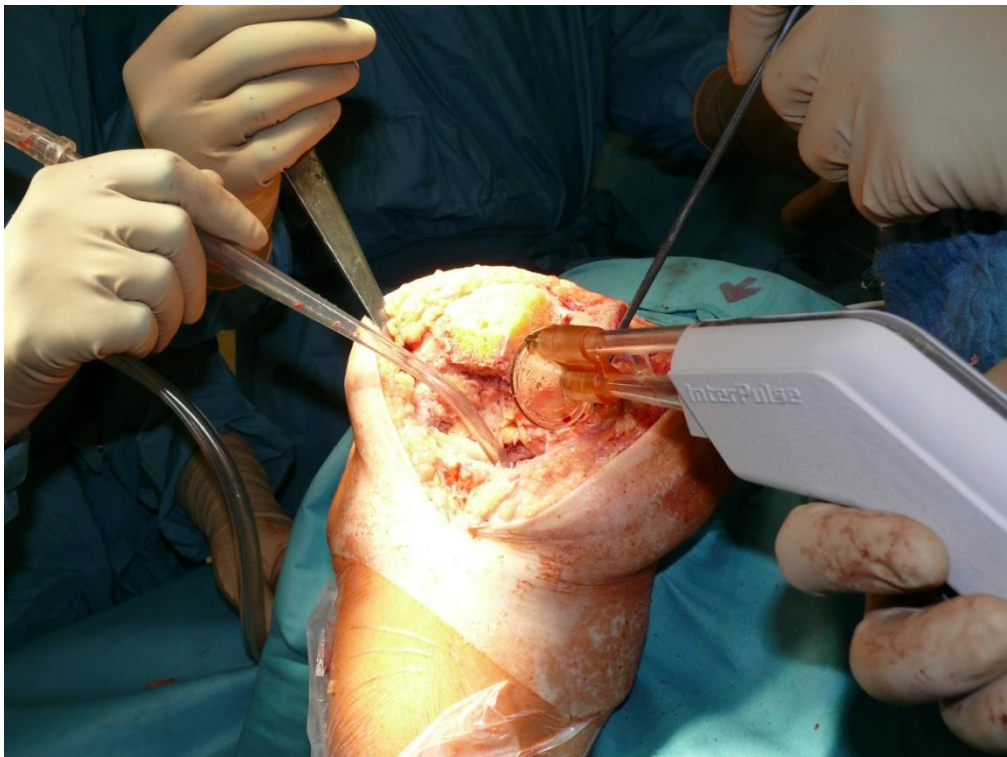


Abb.18: Jet Lavage vor Implantation

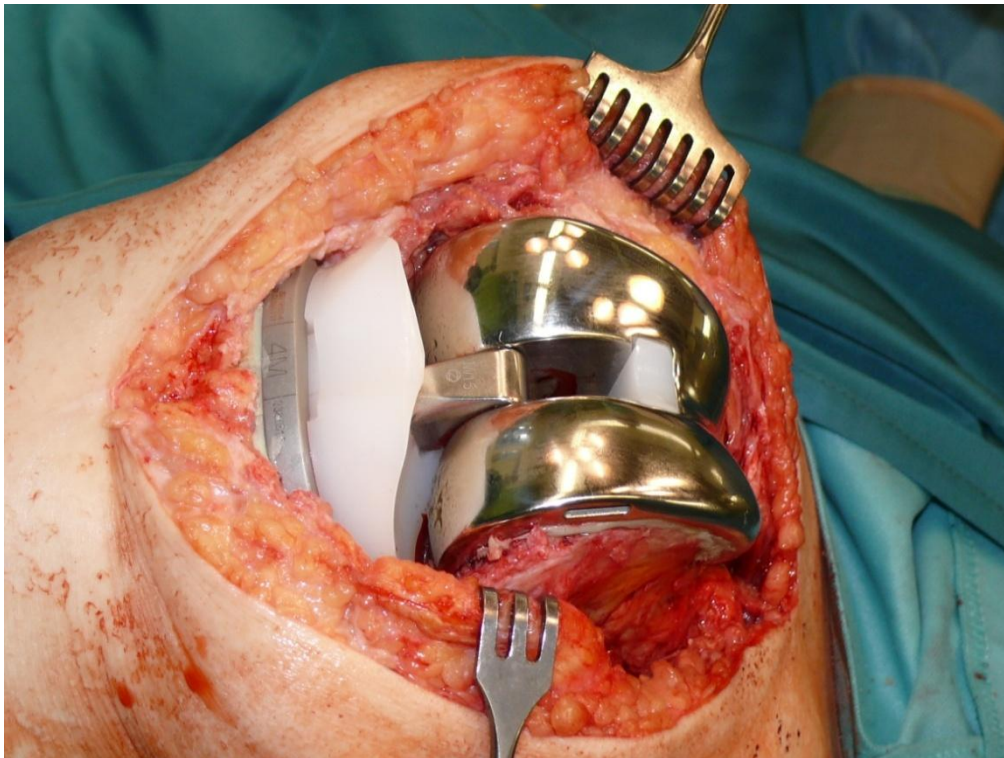


Abb.19: Implantierte Innex SC-Prothese

### 1.7 Aktueller Stand der Endoprothetik

Bereits eine 1982 von Insall et al. veröffentlicht Studie konnte zeigen, dass es in den zehn vorangegangenen Jahren zu einer rapiden Entwicklung der Technik und des Designs von Endoprothesenmodellen gekommen war. Schon zu jener Zeit stiegen die Zahlen der Primärimplantationen und infolgedessen auch die Anzahl der Revisionen an. Die Ergebnisse der Revisionen waren dabei annähernd so gut wie die der Primärimplantationen. Komplikationen wie Lockerung und Infektion waren schon damals Probleme, die es zu lösen galt [50].

Durch die stetige Weiterentwicklung modularer Prothesenmodelle, Standardisierung der Implantationstechnik, Verbesserung biomechanischer Funktionen und optimierte Formgebung des Prothesendesigns ist es in den letzten Jahren gelungen, auch bei schwierigen Revisionssituationen gute Problemlösungen zu finden. Eine individuelle Anpassung an die Anatomie und Indikation konnte erfolgen, was jedoch Fehlschläge bis heute nicht ausschließt [22, 28].

Über die Jahre konnten verschieden Studien den Zusammenhang zwischen erhöhtem BMI und einer gesteigerten Rate der Gonarthrose belegen. Zusätzliche Faktoren wie Alter, Geschlecht, Grund- und Begleiterkrankungen führten zu einer ständig ansteigenden Zahl der Primärimplantationen [48, 51, 52, 53, 54, 55].

Im Jahr 2008 wurden nach Angaben der Bundesgeschäftsstelle für Qualitätssicherung 146 318 Primärimplantationen in Deutschland durchgeführt, bereits 10.000 mehr als im Jahr 2007. Die Zahl der Knie-Endoprothesenwechsel lag 2008 bei 10.425 [56, 57].

Weltweit werden mit steigender Tendenz jährlich weit mehr als 500.000 Knieprothesen eingesetzt, wobei diese implantierten Prothesen eine 90-prozentige Chance haben bis zu 15 Jahre zu überleben [20]. Im schwedischen Knieendoprothesenregister, durch das eine nahezu vollständige und systematische Erfassung der Revisionen Schwedens erfolgt, kann eine optimale Bewertung erfolgen. Dieses Register besagt, dass etwa die Hälfte der Revisionen vier Jahre nach Primärimplantation stattfinden. 44% der Revisionen erfolgen aufgrund von aseptischer Prothesenlockerung und Polyethylenabrieb. Septische Lockerungen machen etwa 9,9% der Revisionsrate aus. Insgesamt liegt der Anteil der Revisionen bei ca. 8%, gleichwohl dieser in den letzten Jahren kontinuierlich sinkt [53, 58].

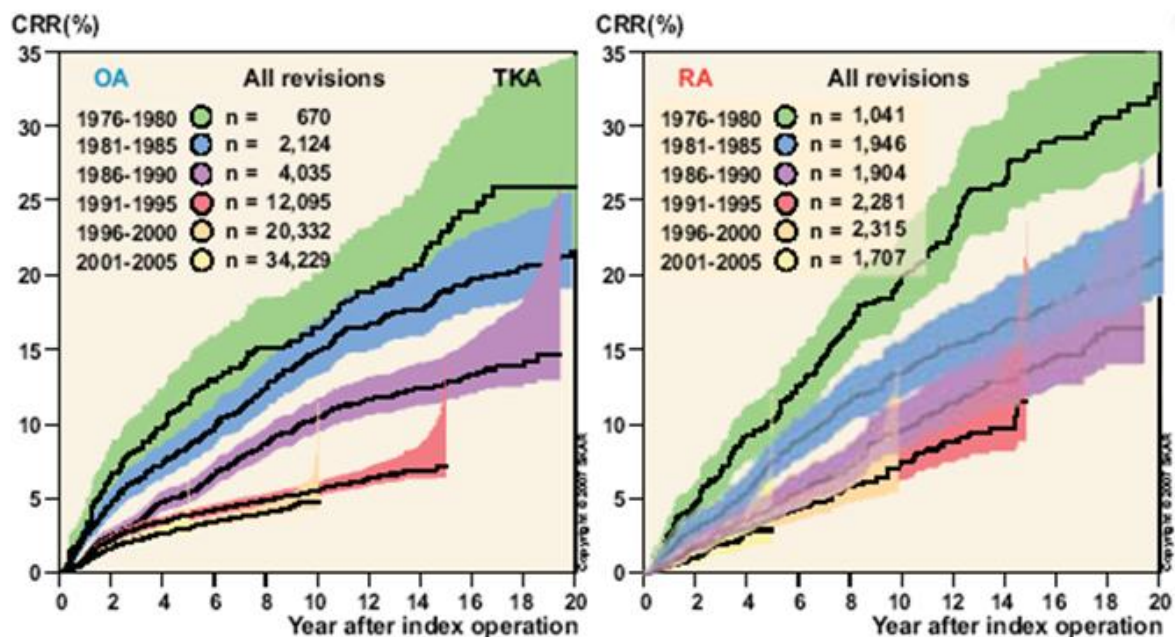


Abb. 20: Indikationen nach Grunderkrankungen im Swedish Knee Register

(OA= Osteoarthritis, RA=Rheumatoid Arthritis); Aus: Robertsson et al. (2001) [58]

### 1.8 Zielsetzung der Arbeit

Im Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Regensburg werden seit 2003 Revisionsendoprothesen vom Typ Innex SC (Firma Zimmer) implantiert. Im Rahmen dieser Arbeit wurde das klinische Outcome von 38 Patienten untersucht.

Folgende Fragestellungen standen im Fokus der Untersuchung:

- Verbessert sich die Schmerzsituation nach Implantation einer Innex SC-Prothese?
- Welche Komplikationen fanden sich im untersuchten Kollektiv?
- Gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen prä- und postoperativen Knee Society Score-Werten?
- Haben Patienten nach septischem Wechsel ein schlechteres/besseres Outcome als nach aseptischem Wechsel?
- Lässt sich die Kniegelenksfunktion und das Outcome nach Implantation einer Innex SC-Prothese verbessern?

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Patientencharakteristika und Einschlusskriterien

Im Zeitraum von 2003 bis 2009 wurden im Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Regensburg 38 erwachsene Patienten mit der oben beschriebenen Knieendoprothese Typ Innex SC operativ versorgt. Diese 38 Patienten wurden im Zeitraum von August 2008 bis April 2009 erneut klinisch-radiologisch untersucht. Von den 38 Patienten waren 15 männlichen und 23 weiblichen Geschlechts. Die Patienten hatten im Durchschnitt ein Alter von 69 (54-85) Jahren und einen BMI von 32 (23-47).

Um die Quantifizierung der Beschwerden zu erleichtern, wurden klinische Scores (Knee Society Score) und eine visuelle Analogskala zur Beurteilung der subjektiven Beschwerden verwandt. In diese Studie wurden Patienten aufgenommen, die aufgrund einer Gonarthrose mit einer primären Knieendoprothese oder Schlittenprothese versorgt wurden und durch verschiedene Komplikationen wie Infektionen oder Lockerungen bei einer Revisionsoperation mit einer Innex SC-Prothese versorgt wurden. Ausschlusskriterien waren hingegen Krebserkrankungen, metabolische Knochenerkrankungen und derzeit bestehende Infektionen, die mit einem Zementspacer versorgt wurden. Eingeschlossen wurden auch Patienten, deren Knie schon häufiger revidiert wurde. Konnten jedoch die Daten aufgrund der zu komplizierten Vorgeschichte nicht objektiv und übersichtlich genug ermittelt werden, führte dies zum Ausschluss. Außerdem sollten die Patienten in den vergangenen sechs Monaten keinen weiteren endoprothetischen Gelenkersatz bekommen haben. Niemand wurde aufgrund seines Alters, seines BMI (Body Mass Index) oder seiner Größe aus der Studie ausgeschlossen.

### 2.2 Datenerfassung und Studiendesign

Zu Beginn der Arbeit an dieser Studie stand zunächst die Sammlung aller Fälle im oben genannten Zeitraum. Durch die Bearbeitung der Patientenakten konnte eine erste Vorauswahl getroffen werden. Um schon vor der Nachuntersuchung ein richtungsweisendes Bild zu bekommen, wurde eine Exceltabelle mit den zu dokumentierenden Daten angelegt, in die bereits anhand der Patientenakten Werte eingetragen werden konnten. Mit einem Fragebogen gelang es am Tag der Untersuchung eine übersichtliche und geordnete Befragung der Patienten zu gewährleisten (s. Anhang). Es wurde versucht, alle bisher fehlenden prä- und postoperativen Daten vom Patienten zu erfragen. Ziel war es, durch eine umfassende Anamnese, eine annähernd lückenlose Datensammlung zu erhalten, um so objektiv die prä- und postoperativen Werte des Knee Society Scores vergleichend bewerten zu können.

## 2.3 Anamnese

Allgemeine Patientendaten wie Größe, Gewicht, Rauchverhalten, Medikamenteneinnahme und Benutzung einer Gehhilfe konnten mit der Anamnese erhoben werden. Hauptsächlich diente sie jedoch zur Quantifizierung eines Schmerzprofils. Berücksichtigt wurden Auftrittshäufigkeit, Schmerzlokalisation, Ausstrahlung in andere Körperregionen, Qualität und Intensität des Schmerzes. Auch die Umstände, die den Schmerz positiv oder negativ beeinflussen, wurden berücksichtigt. Ebenso konnten die Patienten bei der Befragung subjektiv ihre Gehstrecke, Stabilität und das Treppensteigen bewerten.

<b>Schmerz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Anlaufschmerz, Schmerzpause, neuer Schmerz</i></li> <li>▪ <i>Regelmäßiger Bewegungs-, Belastungsschmerz</i></li> <li>▪ <i>Dauer-, Nachtschmerz</i></li> <li>▪ <i>Bedarf an schmerzlindernden Maßnahmen(z.B. Schmerzmittel)</i></li> </ul>
<b>Funktionseinbußen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Gefühl der Steifigkeit</i></li> <li>▪ <i>Abnahme der Beweglichkeit</i></li> <li>▪ <i>Einschränkungen im Alltag, Beruf oder bei sportlichen Aktivitäten</i></li> <li>▪ <i>Orthopädischer Hilfsmittelbedarf</i></li> </ul>
<b>Sonstige Symptome</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Krepitation</i></li> <li>▪ <i>Anzeichen lokaler Entzündungen</i></li> <li>▪ <i>Erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Nässe oder Kälte</i></li> <li>▪ <i>Fortschreiten der Krankheit in Schüben</i></li> </ul>

Tab. 1: Kriterien zur Beurteilung von Schmerzanamnese und Klinik

### 2.4 Klinische Untersuchung

Im Rahmen der ambulanten Kniesprechstunde konnten alle 38 eingeschlossenen Patienten klinisch nachuntersucht werden. Eine röntgenologische Untersuchung war leider nicht bei allen Patienten möglich. Als Grundlage für die prä- und postoperative Datenerhebung dienten die Patientenakten. Bei der Inspektion wurden Beinachse (Genu varum, Genu valgum), die Muskulatur mit eventuell vorhandenen Atrophien und die Gelenkkonturen beurteilt. Überwärmung, Ergusszeichen (tanzende Patella) und Krepitationen wurden durch Palpation festgestellt. Möglicherweise bestehende retropatellare Schmerzen konnten anhand eines positiven Zohlen-Zeichens nachgewiesen werden. Der Bewegungsumfang wurde aktiv und passiv nach Neutral-Null-Methode unter Zuhilfenahme eines Winkelmessers gemessen (Range of motion = ROM). Abduktions- und Adduktionstest (Valgus- und Varusstreß) zur Prüfung der Seitenstabilität, dienten dem Nachweis einer vermehrten medialen oder lateralen Aufklappbarkeit. Zur Prüfung der sagittalen Instabilität wurde der Lachmann Test benutzt. Mit dem Steinmann-I-Zeichen konnte eine Schmerzauslösung im medialen oder lateralen Gelenkspalt nachgewiesen werden. Weiterhin wurden Extensionsdefizit, Beinlängendifferenz und Knieumfang oberhalb wie unterhalb dokumentiert. Alle Daten wurden sowohl am operierten als auch am Bein der Gegenseite erhoben und in einem standardisierten Fragebogen dokumentiert (s. Anhang).

## 2.5 Röntgenologische Untersuchung

### 2.5.1 Aufnahmetechniken

Anfänglich wurde versucht, anhand der vorhandenen Patientenakten präoperative Röntgenbilder zu finden, was in nur sehr seltenen Fällen gelang, da die Primärimplantation oder anderweitige Revisionen meist nicht im eigenen Hause stattgefunden haben. Bei einem Großteil der Patienten konnten am Tag der Untersuchung AP-Aufnahmen, Patella tangential sowie auch eine Ganzbeinaufnahme angefertigt werden. Ein wesentliches Ziel in der Endoprothetik besteht in der Rekonstruktion der mechanischen Beinachse. Hierzu war es von großer Bedeutung in einer Ganzstandbeinaufnahme eventuelle Achsabweichungen und damit Fehlbelastungen anhand der Mikulicz-Linie zu ermitteln. Im anterior-posterioren Strahlengang können eine femorotibiale Instabilität, Gelenkspaltverschmälerungen aufgrund von eventuellem Inlayabrieb, der Sitz der Prothese mit möglicher Komponentenmigration, osteolytische Prozesse durch Polyethylenabrieb, periprothetische Frakturen und Lockerungssäume (Radiolucent lines) ermittelt werden. Die tangential Patellaaufnahme diente zusätzlich der Beurteilung einer Retropatellararthrose oder der Beurteilung eines Retropatellarersatzes.

<b>Röntgenaufnahme</b>	<b>Zu überprüfende Parameter</b>
<i>Anterior-posterior- und Seitenaufnahme</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Saumbildung (Radiolucent lines)</li> <li>-femorotibiale Instabilität</li> <li>-Gelenkspaltverschmälerung</li> <li>-Sitz der Prothese</li> <li>-Inlayabrieb</li> <li>-Osteolysen</li> <li>-periprothetische Fraktur</li> </ul>
<i>Patella tangential</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Beurteilung der Patella (Dicke/Nekrosen/Fraktur/dorsale Osteophyten)</li> <li>-Saumbildung</li> </ul>
<i>Ganzbeinaufnahme im Stehen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Beinachsenbestimmung (Valgus/Varus)</li> <li>- Beinlängenvergleich (links/rechts)</li> </ul>

Tab. 2: Röntgenologische Kriterien bei der Beurteilung

### 2.5.2 Radiologischer Nachweis einer Lockerung

Saumbildungen gelten als radiologisch verlässliches Diagnostikum zur Feststellung einer Prothesenlockerung und damit zur Aufdeckung einer der häufigsten und somit gefürchteten postoperativen Komplikationen nach TKA (Total Knee Arthroplasty). Durch die Beurteilung der Implantatlage und des Osteosynthesematerials kann zusätzlich eine Lockerung diagnostiziert oder ausgeschlossen werden.

## 2.6 Scores

### 2.6.1 Visuelle Analogskala

Durch die VAS (Visuelle Analogskala) wird eine subjektive Beurteilung des Schmerzes durch den Patienten ermöglicht. Auf einer Skala von 0 bis 10, wobei 0 kein Schmerz und 10 der schlimmste vorstellbare Schmerz bedeutet, konnten die Patienten ihre Schmerzintensität angeben. Viele Patienten hatten jedoch Schwierigkeiten einen gemittelten Wert anzugeben, da ihre Schmerzen häufig zu verschiedenen Tageszeiten und Aktivitäten variierten. Diese subjektive Wertung konnte also nur einen groben Anhaltspunkt bieten, wurde jedoch in die objektiven Testergebnisse und Untersuchungsbögen nicht mit einbezogen.



Abb. 21: Visuelle Analogskala für Kinder und Erwachsene

### 2.6.2 Knee Society Score

Für die quantitative und qualitative Bewertung der Ergebnisse nach TKA hat sich der Knee Society Score in den letzten Jahren bewährt. Dieser wurde Ende der 80er Jahre von Insall et al. veröffentlicht und ist eine Weiterentwicklung des Hospital for Special Surgery (HSS) Rating Systems. Hierbei werden viele verschiedene Variablen berücksichtigt, die anhand eines Punktesystems quantifiziert werden können.

Der KSS lässt sich in einen „Knee-Score“ und einen „Function-Score“ unterteilen. Der „Knee-Score“ dient der Beurteilung des Schmerzes, des Bewegungsumfanges und der Stabilität in koronarer und sagittaler Ebene. In diesem Bereich können maximal 100 Punkte erreicht werden, wobei ein Abzug von bis zu 50 Punkten für eine Beugekontraktur, ein Streckdefizit und eine Achsabweichung vorgenommen werden kann. Durch den „Funktions-Score“ werden weitere 100 Punkte für die Gehfähigkeit auf ebenem Grund und das Treppensteigen verteilt, abzüglich Punkten für die Verwendung von Gehhilfen. Maximal können also in beiden Teilen 200 Punkte erreicht werden.

Ziel der „Knee-Society“ war es, ein einfaches Bewertungssystem zu entwickeln, das dennoch erlauben sollte, die Therapieergebnisse objektiv und genau zu beurteilen. Durch die Unterteilung in einen „Patienten-Score“ und einen „Funktions-Score“ konnte so verhindert werden, dass zunehmendes Patientenalter, Nebenerkrankungen oder ein schlechter Allgemeinzustand den „Knee-Score“ beeinflussen.

Zur genaueren Erläuterung zeigt nachfolgende Tabelle den „Knee-Society-Score“ wie er 1989 von Insall et al. veröffentlicht wurde.

<b>Objective Scoring</b> <b>Pain Points</b>	None Mild or occasional Stairs only Walking & Stairs Moderate Occasional Continual Severe	50 45 40 30 20 10 0
<b>Range of motion</b>	(5° = 1 point)	25
<b>Stability</b> <b>Anteroposterior</b>  <b>Mediolateral</b>	<5 mm 5-10 mm >10 mm <5° 6° -9° 10° -14° 15°	10 5 0 15 10 5 0
<b>Flexion contracture</b>	5° -9° 10° -15° 16° -20° >20°	-2 -5 -10 -15
<b>Extension lag</b>	<10° 10° -20° >20°	-5 -10 -15
<b>Alignment</b>	0°-4° 5° -10° 11° -15°	0 -6 -12
<b>Functional Scoring</b> <b>Walking</b>	Unlimited >10 blocks 5-10 blocks <5 blocks Housebound Unable	50 40 30 20 10 0
<b>Stairs</b>	Normal up & down Normal up, down with rail Up & down with rail Up with rail; unable down Unable	50 40 30 15 0
<b>Functional Deductions</b>	Cane Two canes Crutches or walker	-5 -10 -20

Tab. 3: Knee Society Score aus dem Jahre 1989 von Insall et al. [59]

### 2.7 Statistik und Auswertung

Die Datenerfassung und tabellarische Darstellung erfolgte mit dem Programm Microsoft Excel. Die Textverarbeitung wurde mit Microsoft Word durchgeführt. Die Umsetzung der statistischen Analyse und die graphische Aufarbeitung erfolgte mit SPSS 16.0 und Excel.

Soweit nicht anders beschrieben, werden Mittelwerte angegeben. Alle Werte wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf eine Normalverteilung hin getestet. Für gepaarte Werte wurde die Analyse mit dem nichtparametrischen Wilcoxon-Test und dem Friedman-Test durchgeführt.

Die statistische Analyse wurde mit SPSS 16.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) umgesetzt. Ein p-Wert von weniger als 0,05 wurde als statistisch signifikant angesehen.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Patienten

Insgesamt konnten 38 Patienten in die vorliegende Studie eingeschlossen werden, davon 15 Männer (39,5%) und 23 Frauen (60,5%). Allen Patienten wurde im Zeitraum von 2003 bis 2008 im Krankenhaus der Barmherzigen Brüder in Regensburg eine Innex SC-Knieprothese der Firma Zimmer implantiert. Der häufigste Revisionsgrund war in 31 Fällen (82%) die aseptische Prothesenlockerung. Sieben der Revisionen (18%) erfolgten aufgrund einer septischen Lockerung. Das Durchschnittsalter aller Patienten lag zum Untersuchungszeitpunkt bei 69 (50 – 80 Jahre). Das durchschnittliche Alter der männlichen Gruppe lag bei 67 Jahren, das der Frauen bei 70 Jahren.

Das Übergewicht wurde nach dem Body-Mass-Index (BMI) errechnet. Dabei wird das Körpergewicht in Kilogramm durch die Körperoberfläche in Metern zum Quadrat ( $\frac{kg}{m^2}$ ) geteilt. Normgewichtige haben einen Punktwert von 20-25, Übergewichtige von 26-30, ab einem Wert von 31 spricht man von Adipositas und bei Werten zwischen 41 bis 60 von schwerer Adipositas. Der BMI lag für die gesamte Studienpopulation bei 32, wobei sich der Wert der Frauen mit 33 nicht signifikant von dem Wert der Männer mit 30 unterschied. Jedoch befanden sich fünf Frauen nach Definition in der Gruppe der schwer Adipösen, hingegen kein männlicher Patient. Die Frauen wiesen bei einer durchschnittlichen Größe von 1,60m (1,45-1,75m) ein Gewicht von durchschnittlich 84kg (60-123kg) auf, während die Männer im Durchschnitt 1,73m (1,62-1,83m) groß waren und 88kg (70-115kg) wogen.

Bei 17 Patienten (45%) wurde beim Wechsel das rechte Kniegelenk behandelt, in 21 Fällen (55%) das linke Kniegelenk.

	<b>Männlich</b>	<b>Weiblich</b>	<b>Gesamt</b>
<b>Patientenanzahl</b>	15	23	38
<b>Alter</b>	69	70	69
<b>Gewicht in kg</b>	88	84	86
<b>Größe in m</b>	1,73	1,60	1,65
<b>BMI</b>	30	33	32
<b>Septische Wechsel</b>	3	4	7
<b>Operierte Seite</b>	re:6 li: 9	re:11 li: 12	re:17 li:21

Tab. 4: Allgemeine Patientendaten in der Übersicht (Mittelwerte)

	<b><i>Gesamt</i></b>	<b><i>Männlich</i></b>	<b><i>Weiblich</i></b>
<b><i>Normgewicht</i></b>	7	4	3
<b><i>Übergewicht</i></b>	9	5	4
<b><i>Adipositas</i></b>	17	6	11
<b><i>Adipositas per magna</i></b>	5	0	5

Tab. 5: Verteilung der Patienten nach BMI

Zum Zeitpunkt der Untersuchung gaben 24 Patienten (63%) an, gelegentlich oder dauerhaft Schmerzmittel einzunehmen. Bei 22 der 38 Patienten (58%) stammten die Medikamente aus der Gruppe der nicht-steroidalen Antiphlogistika (NSAR), bei zwei der 38 Patienten (5%) handelte es sich um COX2-Hemmer. Kein Patient gab an Opiate zur Schmerzreduktion einzunehmen. Weitere 14 Patienten (37%) gaben an, keine Schmerzmittel einzunehmen. Durch die Befragung ließ sich herausfinden, dass die Compliance der meisten Patienten regelmäßig Medikamente einzunehmen eher schlecht war, da viele Nebenwirkungen wie Abhängigkeit, Gastritis oder Übelkeit befürchteten.

	<b><i>Männlich</i></b>	<b><i>Weiblich</i></b>	<b><i>Gesamt</i></b>
<b><i>NSAR</i></b>	6	16	22
<b><i>COX2-Hemmer</i></b>	0	2	2
<b><i>Keine</i></b>	9	5	14

Tab. 6: Medikamenteneinnahme

### 3.2 Primärimplantation

Die häufigste Indikation für die Implantation einer primären Knie-TEP war eine idiopathische Gonarthrose (31 Patienten (81,6%)). Weitere Indikationen waren eine posttraumatische Arthrose (sechs Patienten(15,8%)) und die rheumatoide Arthritis (eine Patientin (2,6%)).

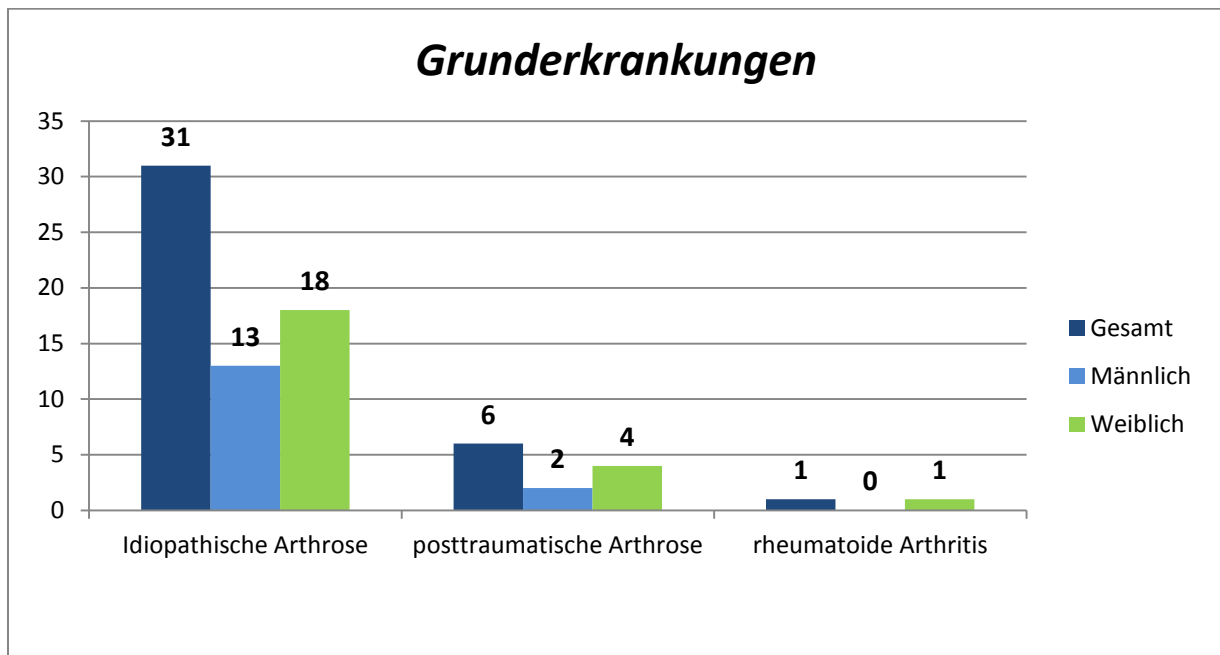


Abb. 22

Bereits vor Primärimplantation hatten sieben Patienten (18,4%) eine Valgusdeformität der Beinachse, fünf Patienten (13,1%) eine Varusfehlstellung. Eine normale Beinachse trotz Gonarthrose wiesen vier Patienten (10,4%) auf. Bei 22 Probanden konnten zu diesen Werten keine Angaben gefunden werden.

	<i><b>Gesamt</b></i>	<i><b>Männlich</b></i>	<i><b>Weiblich</b></i>
<i><b>Normale Beinachse</b></i>	4	1	3
<i><b>Varusfehlstellung</b></i>	5	4	1
<i><b>Valgusfehlstellung</b></i>	7	3	4
<i><b>Nicht bekannt</b></i>	22	7	15

Tab. 7: Verteilung der Beinachsen

Vor Primärimplantation lag bei neun Patienten (24%) eine Instabilität der medialen und lateralen Bänder vor, zusätzlich bei vier Patienten (11%) eine Insuffizienz der Kreuzbänder.

Intraoperativ wurden 36 Knieprothesen (95%) in zementierter Technik implantiert. Lediglich zwei Prothesen wurden ohne Zement eingebaut. Bereits bei Erstimplantation erhielten zehn Patienten (26%) einen Retropatellarersatz, der bei drei Patienten bei der Revision erneut gewechselt wurde.

Es wurden verschiedene postoperative Komplikationen erfasst: zu Schwellungen im Bereich des operierten Kniegelenkes kam es bei sechs Patienten (15,8%). Bei fünf Patienten (13,2%) bildete sich ein Hämatom, was bei vier Patienten auch zu einer Revision mit Hämatomausräumung und Débridement führte. Sieben Patienten (18,4%) hatten mit einer Infektion zu kämpfen, die zum zweizeitigen Prothesenwechsel führte. Thrombembolische Ereignisse traten trotz kontinuierlicher Prophylaxe mit niedermolekularem Heparin immerhin bei drei Patienten (7,9%) auf. Im Verlauf der Anschlussheilbehandlung stürzten drei Patienten (7,9%), bei einem Patienten (2,6%) führte dies zu einer Subluxation im Kniegelenk. 19 der 38 Patienten (50%) gaben einen insgesamt komplikationslosen postoperativen Verlauf an.

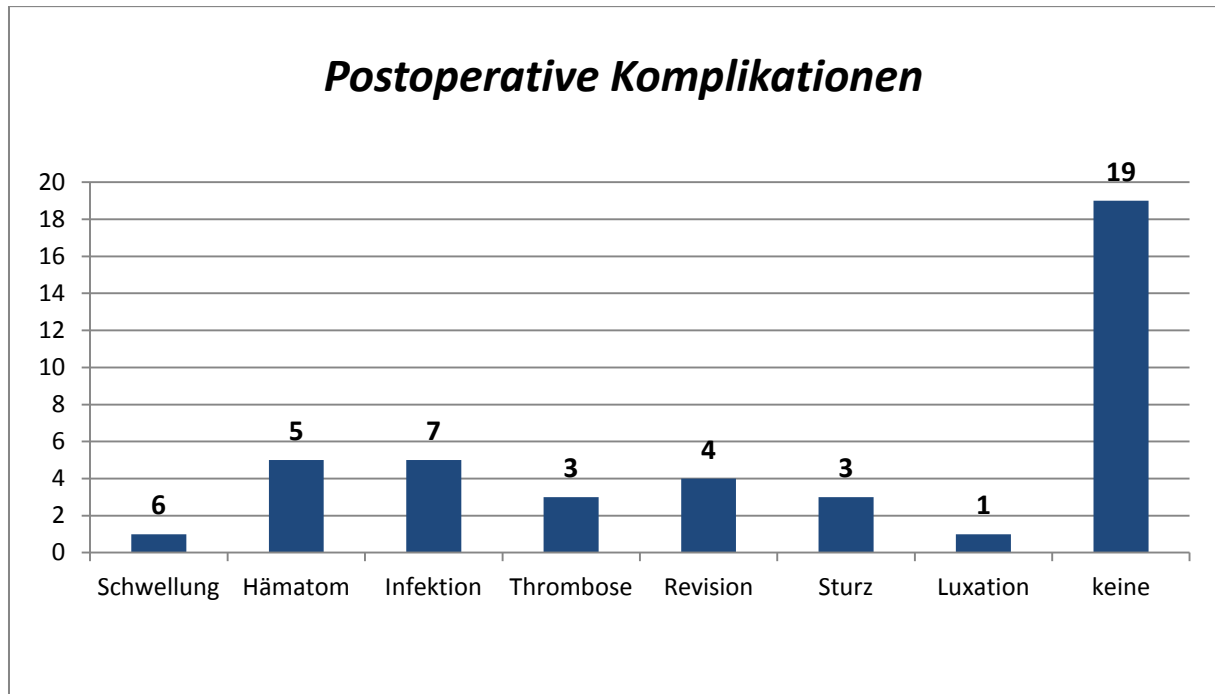


Abb. 23

Bei den Patientinnen lag die Standzeit der primären Prothese im Mittel bei 298 Wochen (5,73 Jahre), wobei die kürzeste Standzeit bei einer Wochen lag und die längste bei 1212 Wochen (23,30 Jahre). Bei den männlichen Patienten betrug die durchschnittliche Standzeit 223 Wochen (4,28 Jahre). Hier war die kürzeste Dauer 26 Wochen und die längste 481 Wochen (9,25 Jahre). Betrachtet man das gesamte Patientenkollektiv, so mussten die Patienten im Mittel nach 268 Wochen (5,15 Jahre) revidiert werden.

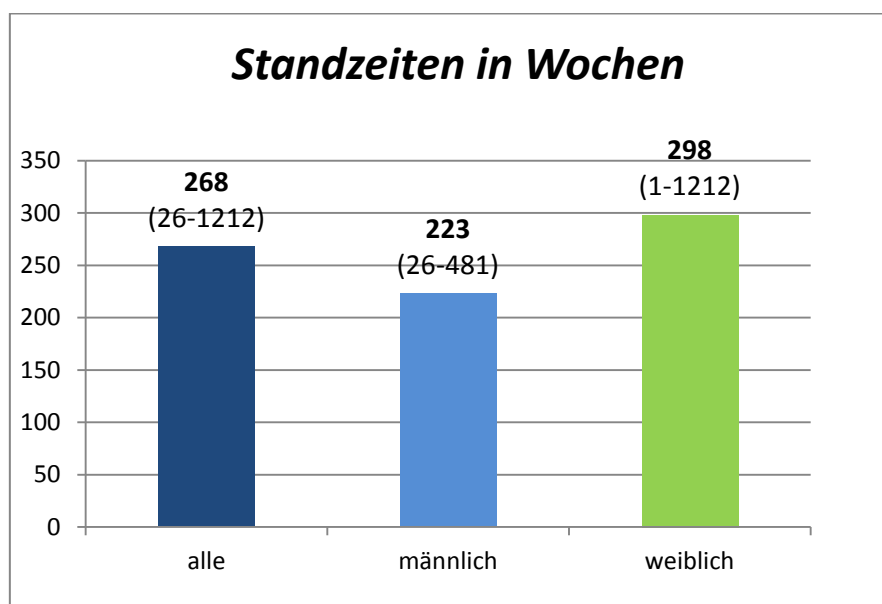


Abb. 24

### 3.3 Revisionsoperation

#### 3.3.1 Indikationen

Nach den oben genannten Zeiträumen wurde bei allen 38 Patienten in der unfallchirurgischen Klinik der Barmherzigen Brüder Regensburg eine Revision durchgeführt. Grund hierfür war bei 31 Patienten (82%) eine aseptische Lockerung, die zu Bewegungseinschränkung und vermehrten Schmerzen geführt hatte. Sieben Wechsel (18%) mussten durchgeführt werden, da es zu Zeichen der Infektion wie Schwellung, Rötung und erhöhten Entzündungszeichen gekommen war. Nur aufgrund von mechanischer Funktionseinschränkung musste kein Wechsel gemacht werden und auch zu periprothetischen Frakturen kam es im untersuchten Patientenkollektiv nicht.

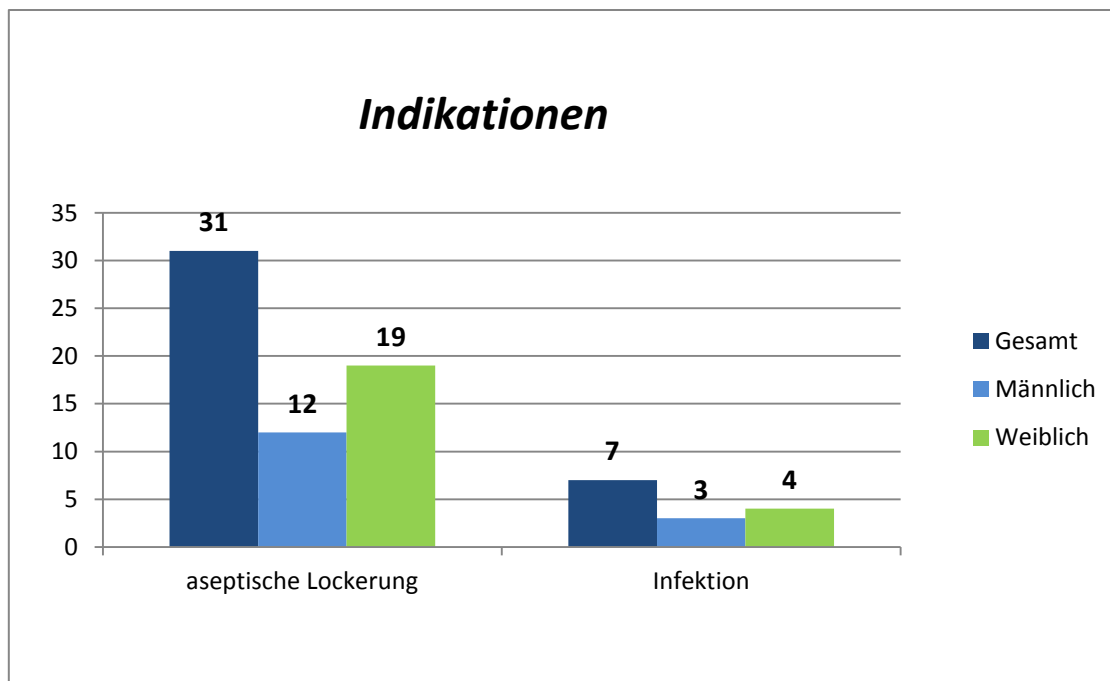


Abb. 25

### 3.3.2 Präoperative Daten

Bezüglich des körperlichen Zustandes können Patienten anästhesiologisch nach der ASA-Klassifikation (American Society of Anesthesiologists) eingeteilt werden. Im vorliegenden Patientenkollektiv wurden zwei Patienten nach ASA 1, 29 nach ASA 2 und sieben Patienten nach ASA 3 klassifiziert.

<b>ASA 1</b>	<i>Normaler, gesunder Patient</i>
<b>ASA 2</b>	<i>Patient mit leichter Allgemeinerkrankung</i>
<b>ASA 3</b>	<i>Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung</i>
<b>ASA 4</b>	<i>Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung, die eine ständige Lebensbedrohung ist</i>
<b>ASA 5</b>	<i>Moribunder Patient, der ohne Operation voraussichtlich nicht überleben wird</i>
<b>ASA 6</b>	<i>Hirntoter Patient, dessen Organe zur Organspende entnommen werden</i>

Tab. 8: ASA-Klassifikation

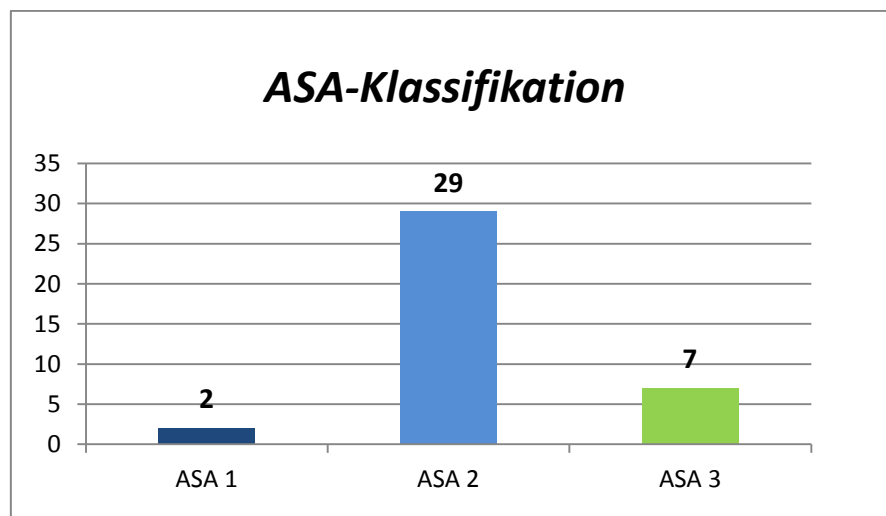


Abb. 26

Auf den präoperativen Röntgenbildern konnten radiologische Lockerungszeichen diagnostiziert werden. Hierbei kann zwischen periprothetischen Lysesäumen (Radiolucent lines) und veränderter Implantatlage unterschieden werden. Ersteres fand sich bei 29 Patienten (76,3%), eine Veränderung der Implantatlage konnte präoperativ bei sechs Patienten (15,4%) nachgewiesen werden.

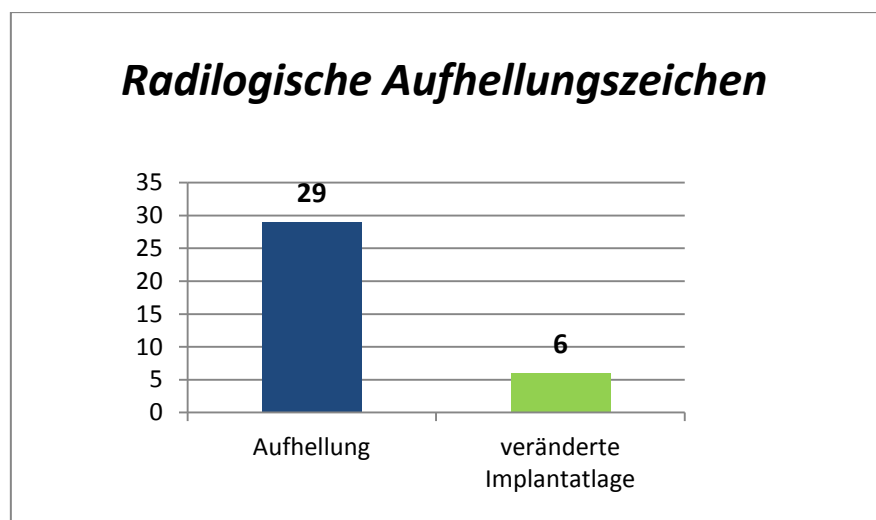


Abb. 27

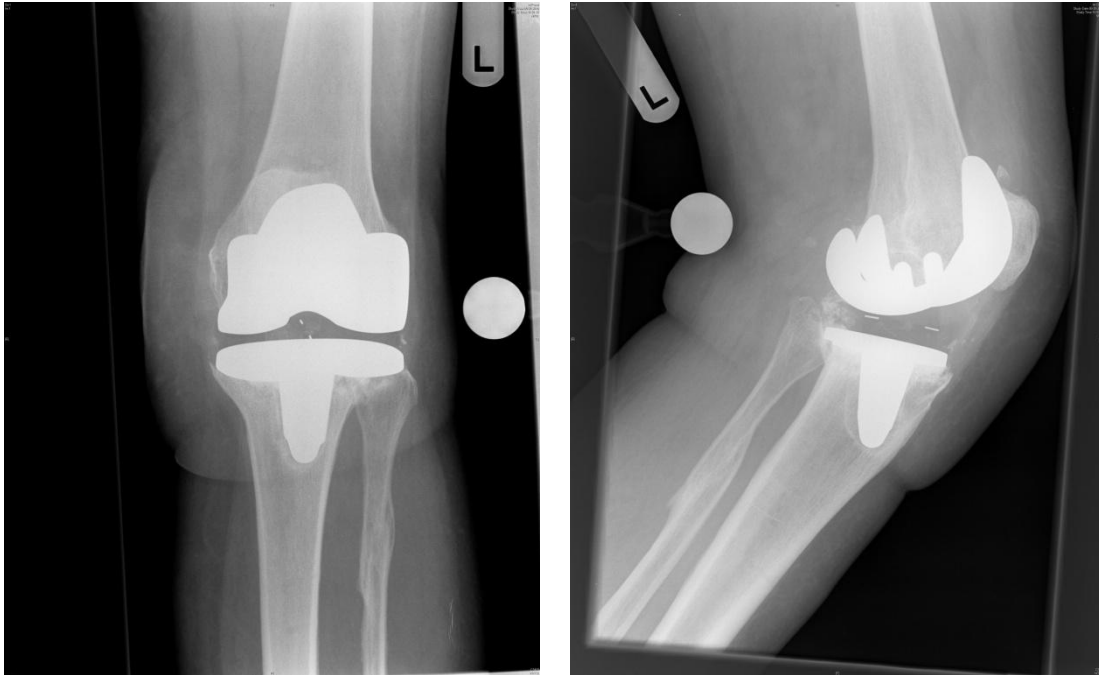


Abb.28: Lysesäume und Implantatlockerung im Röntgenbild

### 3.3.3 Operationsdaten

Als Standardzugang wurde bei allen 38 Patienten der bereits weiter oben beschriebene Midvastus-Zugang gewählt. Intraoperativ konnte bei 29 Patienten (76%) eine Implantatlockerung bestätigt werden. Während der Operation wurde bei elf Patienten ein größerer knöcherner Substanzdefekt vorgefunden, welche aufgrund dessen mit Spacern (Platzhaltern) versorgt wurden. Zusätzlich mussten weitere 13 Patienten durch intraoperative Vorgänge mit Spacern versorgt werden. Bei vier Patienten (10,5%) wurde ein Retropatellarersatz implantiert, wobei drei dieser Patienten bereits bei Primärimplantation mit einem retropatellaren Ersatz versorgt wurden. Bei 31 (82%) der 38 Patienten war ein laterales Patellarelease nicht erforderlich, da die Patella intraoperativ bei Beugung und Streckung eine zentrale Position in ihrem Gleitlager aufwies. Die Patella wies bei sieben Patienten (18%) eine Lateralisation auf, so dass hier ein Release durchgeführt wurde.

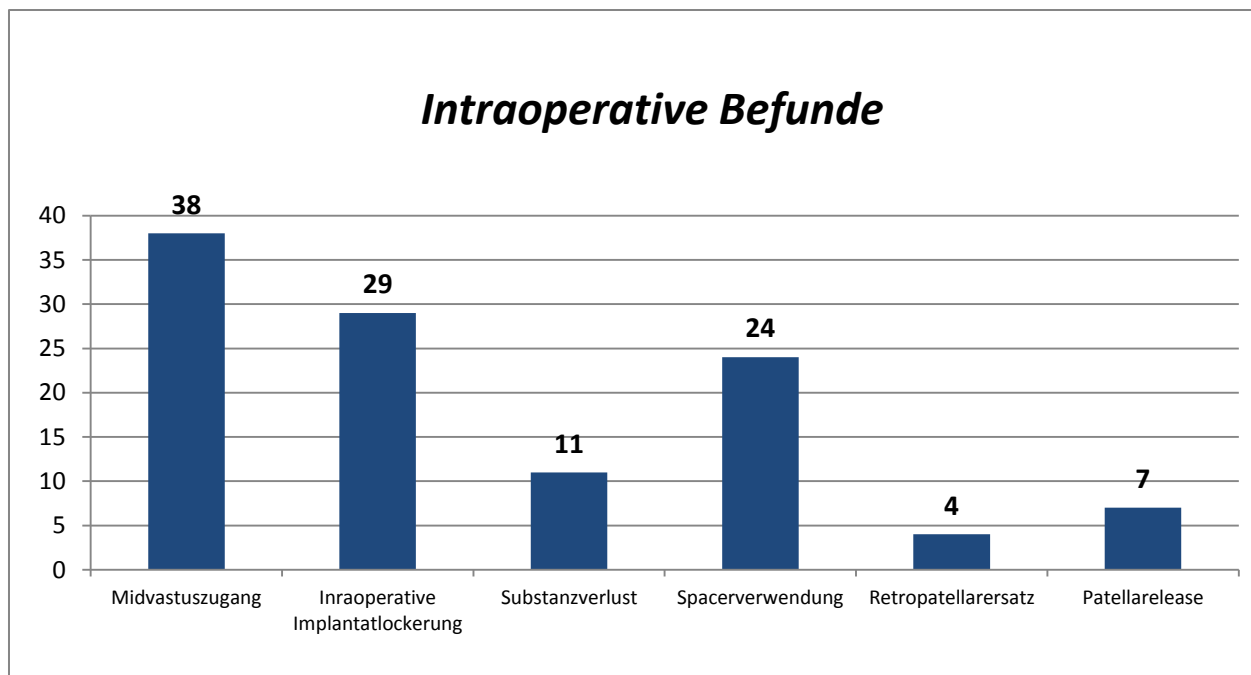


Abb. 29

Nach intraoperativem bakteriellem Abstrich erhielten alle Patienten eine prophylaktische Antibiose. 33 Patienten erhielten nach gebräuchlichem Standard Fosfomycin und Cephazolin in Kombination als Single-Shot-Antibiose. Bei allen Patienten mit vermuteter oder präoperativ nachgewiesener intraartikulärer Infektion wurde eine erregerspezifische Antibiose verwendet (ein Patient Moxifloxazin, ein Patient Cefuroxim, zwei Patienten Rifampizin).

Hinsichtlich der Operationsdauer ließ sich eine große Streuung feststellen. In den Operationsprotokollen waren Zeiten von 100 bis 260 Minuten zu finden. Im Mittel betrug die Operationszeit 182 Minuten.

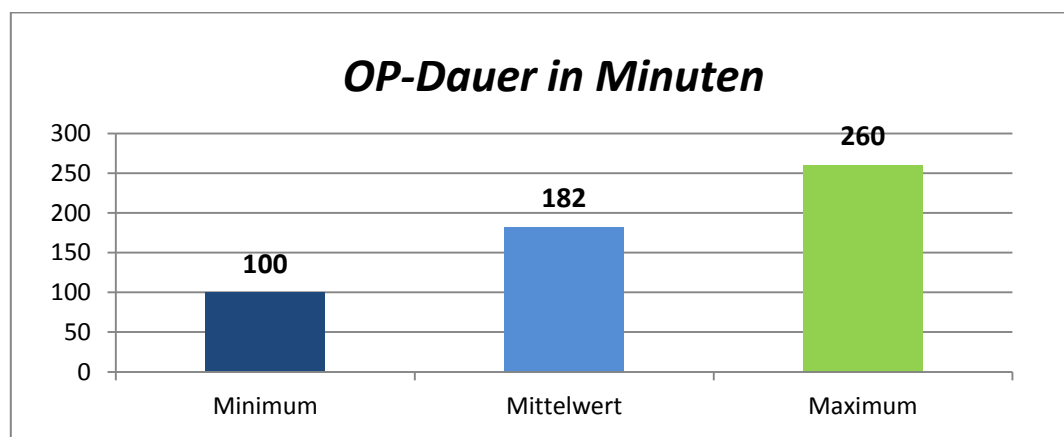


Abb.30

### 3.3.4 Septischer Wechsel

Von den 38 vorgenommenen Revisionseingriffen erfolgten sieben aufgrund einer periprotetischen Infektion (18%). Bei einem zweizeitigen Wechsel wurde hierbei die infizierte Endoprothese einschließlich aller Zementanteile vollständig entfernt und ein konsequentes Débridement durchgeführt.

Der Zeitraum bis zum erneuten Einbau einer Prothese wurde mit einer temporären Arthrothese in 20 Grad Flexion überbrückt. Nach sicherer Ausheilung der Infektion wurde die Innex SC-Prothese in einer zweiten Operation implantiert. Die Zeit der arthrodetischen Versorgung lag im Mittel bei 11,6 Wochen (6-26 Wochen).

<i><b>Zeit in Wochen</b></i>	<i><b>Patientenanzahl</b></i>
<i><b>6</b></i>	<i><b>1</b></i>
<i><b>7</b></i>	<i><b>1</b></i>
<i><b>8</b></i>	<i><b>2</b></i>
<i><b>11</b></i>	<i><b>2</b></i>
<i><b>26</b></i>	<i><b>1</b></i>

Tab. 9: Zeit der arthrodetischen Versorgung

Bei vier infizierten Kniegelenken konnte ein Erregernachweis bereits präoperativ durch eine Kniegelenkspunktion gesichert werden. Postoperativ gelang durch mikrobiologische Bebrütung mittels Abstrich bei fünf von sieben septischen Wechseln ein sicherer Erregernachweis. In vier Fällen fand sich im bakteriologischen Wachstum ein Staphylokokkus aureus, in einem Fall ein Staphylokokkus epidermidis. Bei zwei Fällen war ein Erregernachweis nicht möglich.

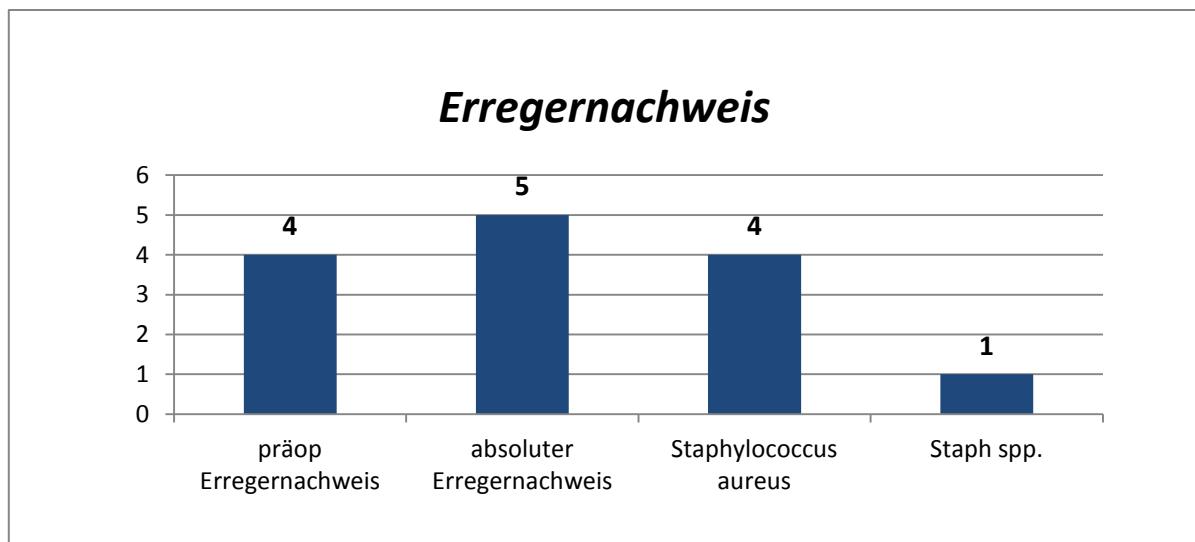


Abb. 31

Für den Erfolg der Therapie ist eine Klassifikation der verschiedenen Infektionstypen von Bedeutung. Sie kann eine sinnvolle Empfehlung geben, wann eine Prothese belassen werden kann und wann ein Wechsel definitiv nicht mehr zu verhindern ist. Diese Einteilung erfolgt abhängig vom Zeitintervall zwischen Primärimplantation und Auftreten der Infektion. Von einer Frühinfektion spricht man bei Manifestation des Infekts innerhalb der ersten zwölf Monate nach Implantation. Eine Spätinfektion entsteht erst nach den ersten zwölf Monaten. Davon abzugrenzen ist die Sofortinfektion, die sich bereits in den ersten vier Wochen manifestiert. In der untersuchten Population fanden drei Wechsel aufgrund einer Frühinfektion statt. Vier weitere Wechsel waren Spätinfektionen.

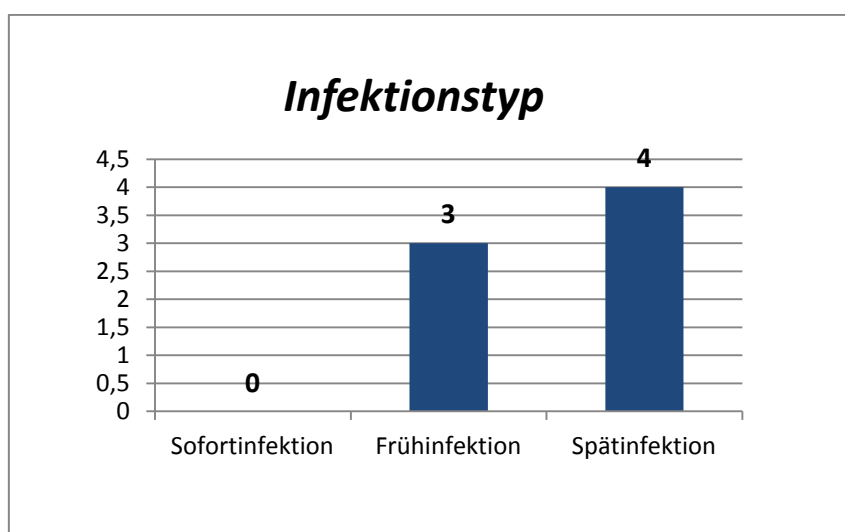


Abb. 32

In der folgenden Tabelle sollen nun die Ergebnisse unserer Studie im Vergleich zwischen septischer und aseptischer Gruppe gegenüber gestellt werden (Mittelwerte):

	<b>Septisch (7 Patienten)</b>	<b>Aseptisch (31 Patienten)</b>
<b>Alter</b>	64	70
<b>BMI</b>	33	31
<b>Grunderkrankung</b>	IA: 6    RA:1	IA: 25    RA: 6
<b>Lockerungszeichen-Aufhellung</b>	3	26
<b>Lockerungszeichen-Implantatlage</b>	2	4
<b>OP-Dauer in Minuten</b>	161	186
<b>Knochensubstanzverlust intraoperativ</b>	3	8
<b>Spacerverwendung</b>	5	19
<b>Dauer primäre Implantation bis Wechsel</b>	116	303
<b>Knee-Score präoperativ</b>	78	59
<b>Function-Score präoperativ</b>	73	60
<b>KSS gesamt präoperativ</b>	151	120
<b>Knee-Score postoperativ</b>	77	71
<b>Function-Score postoperativ</b>	74	65
<b>KSS gesamt postoperativ</b>	151	137
<b>Flexion präoperativ</b>	79	91
<b>Flexion postoperativ</b>	101	100

Tab. 10 Vergleich von septischem und aseptischem Wechsel

### 3.3.5 Postoperative Komplikationen

Auch nach Revisionsoperation wurden verschiedene postoperative Komplikationen erfasst. Bei 24 Patienten (63%) traten keine Komplikationen auf. Neun Patienten (24%) entwickelten ein Hämatom, das bei zwei Patienten eine Hämatomausräumung notwendig machte. Infektionen, die jedoch ohne erneute Operation erfolgreich therapiert werden konnten, traten bei zwei Patienten (5,3%) auf. Thrombembolische Ereignisse, neurologische Komplikationen oder Stürze gab es nach Revisionsoperationen nicht.

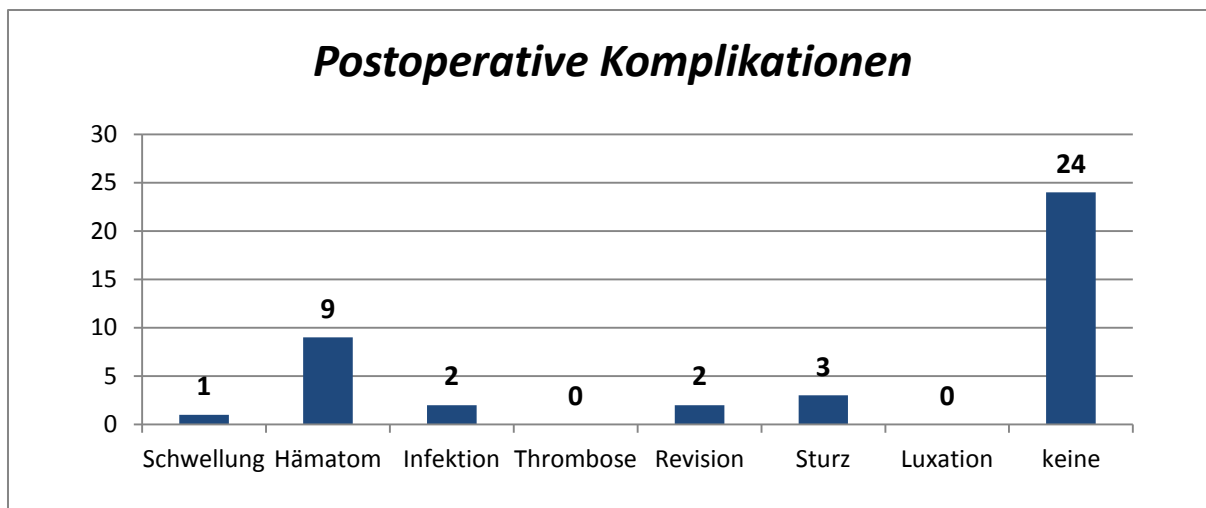


Abb. 33

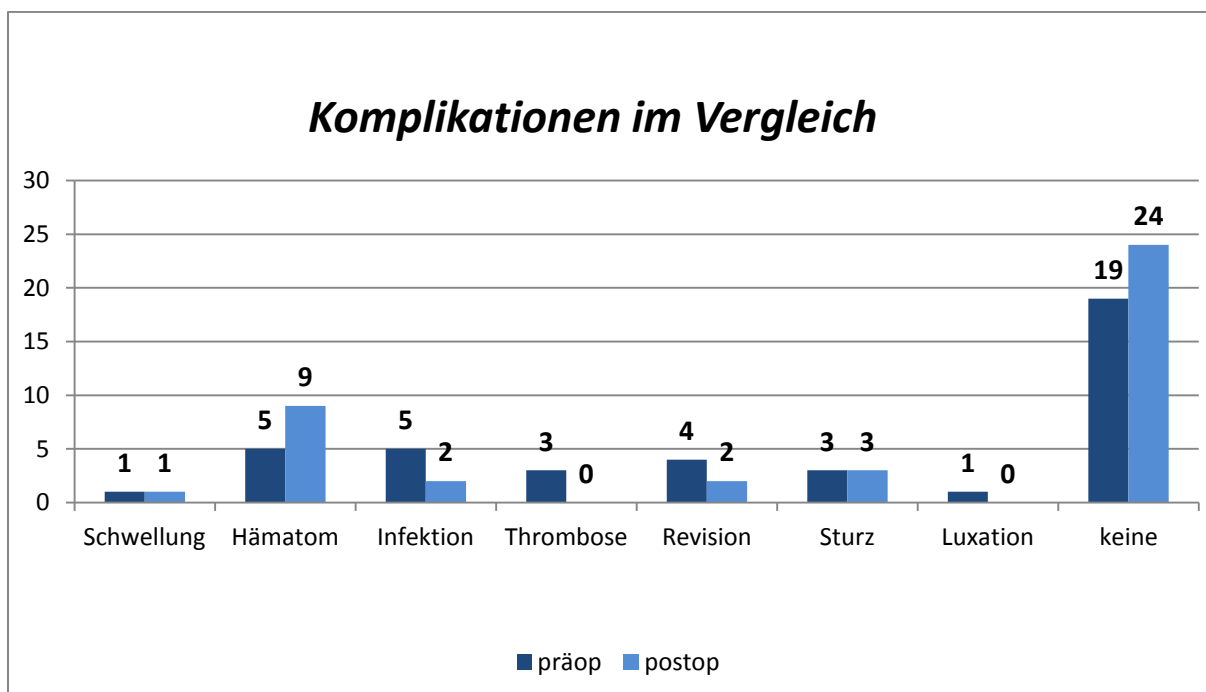


Abb. 34

Zum Zeitpunkt der Untersuchung lagen die Standzeiten der Innex SC-Prothese bei 114 Wochen (3-236 Wochen), wobei der Durchschnitt bei den Männern bei 121 Wochen und bei den Frauen bei 109 Wochen lag.

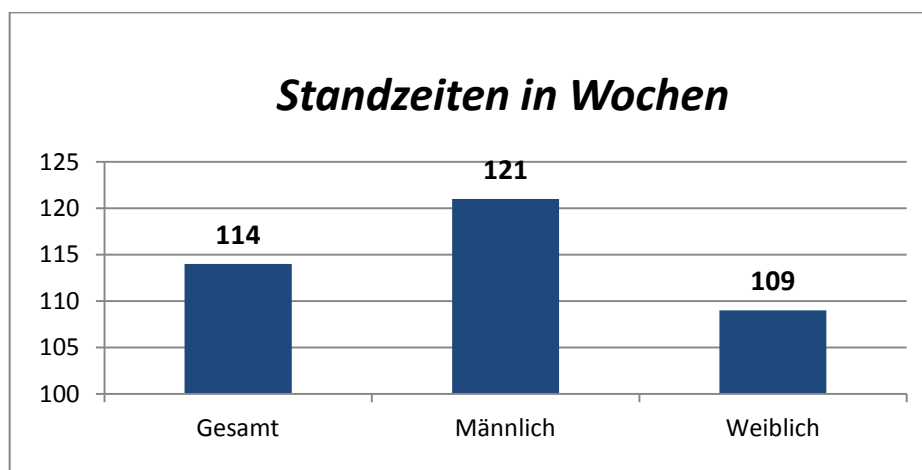


Abb. 35

#### 3.4 Knee Society Score (KSS)

Im folgenden Abschnitt sollen nun die Ergebnisse nach den Parametern des KSS einzeln dargestellt werden. Weiterhin werden in den Diagrammen vergleichend prä- und postoperative Punkte gegenübergestellt. Für beide Teile des Knee Society Scores können jeweils 100 Punkte erreicht werden, in Addition 200 Gesamtpunkte. Die Ergebnisse wurden wie unter Punkt 2.6.2 ermittelt. In der vorliegenden Untersuchung fanden sich Werte von 125 Punkten für die präoperative Situation und für die postoperative Gruppe von 139 Punkten.

Zur besseren Übersicht zeigt die folgende Tabelle alle Kriterien mit ihren Mittelwerten und möglicher Maximalpunktzahl

	<i>Präoperativ</i>	<i>Postoperativ</i>	<i>Maximalpunktzahl</i>
<b>Schmerz</b>	26	30	50
<b>ROM</b>	18	20	25
<b>Stabilität</b>			
<i>anterior-posterior</i>	9	10	10
<i>medio-lateral</i>	12	13	15
<b>Flexionskontraktur</b>	0	0	-10 bis 0
<b>Extensionsdefizit</b>	0	0	-15 bis 0
<b>Alignement</b>	0	0	-20 bis 0
<b>GESAMT Knee-Score</b>	63	72	100
<b>Gehen</b>	32	34	50
<b>Treppensteigen</b>	34	36	50
<b>Gehhilfen</b>	-9	-8	-20 bis 0
<b>GESAMT Function-Score</b>	63	66	100
<b>GESAMT</b>	125	139	200 ( <i>p</i> -Wert=0,009)

Tab. 11: Score-Werte unseres Patientenkollektivs (Mittelwerte)

### 3.4.1 Knee-Score

Die Patienten wiesen im Knee-Score im Mittel präoperativ 63 (27-97) Punkte auf, postoperativ 72 (39-100) Punkte, sodass hier mit einem  $p\text{-Wert} < 0,05$  (0,002) ein statistisch signifikanter Unterschied vorliegt. Begründet ist dies vor allem in einer postoperativ verbesserten Stabilität des Kniegelenkes und einer Verbesserung des Bewegungsumfanges.

Im Folgenden sollen nun die erreichten Punktwerte der einzelnen Kategorien gesondert dargestellt werden.

#### Schmerz

Für die verschiedenen Schmerzqualitäten werden unterschiedliche Punktzahlen vergeben (siehe Tabelle). Bei isolierter Betrachtung des Scoreparameters „Schmerz“ fällt kein signifikanter Unterschied der beiden Vergleichsgruppen auf ( $p\text{-Wert } 0,135$ ). Bei maximal 50 zu erreichenden Punkten erhielten die Patienten präoperativ im Mittel 26 Punkte (0-50 Punkte), postoperativ 30 Punkte (10-50 Punkte).

Die meisten Patienten gaben prä- wie auch postoperativ einen „mäßig, gelegentlichen“ Schmerz an. Präoperativ gaben acht Patienten an starken oder dauerhaften Schmerz zu haben, was postoperativ kein Patient angab.

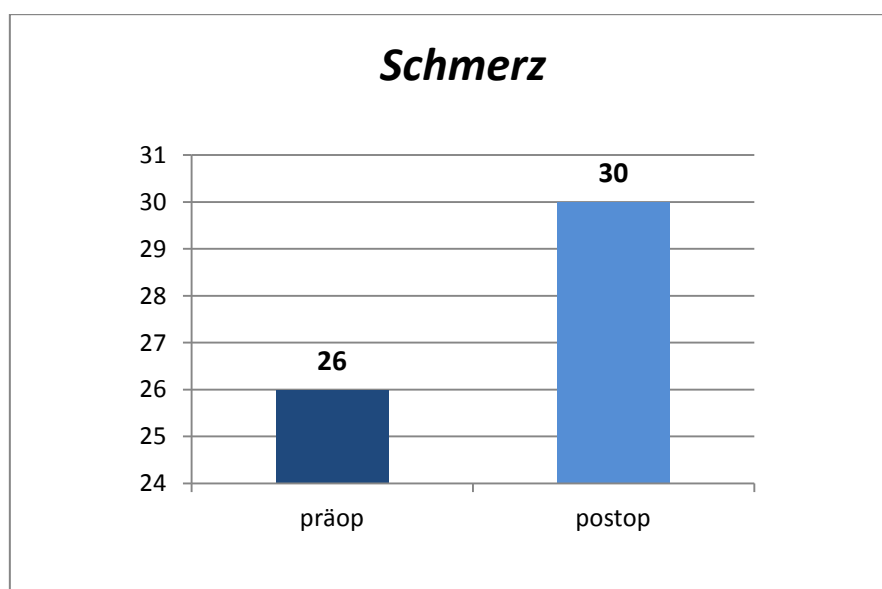


Abb. 36

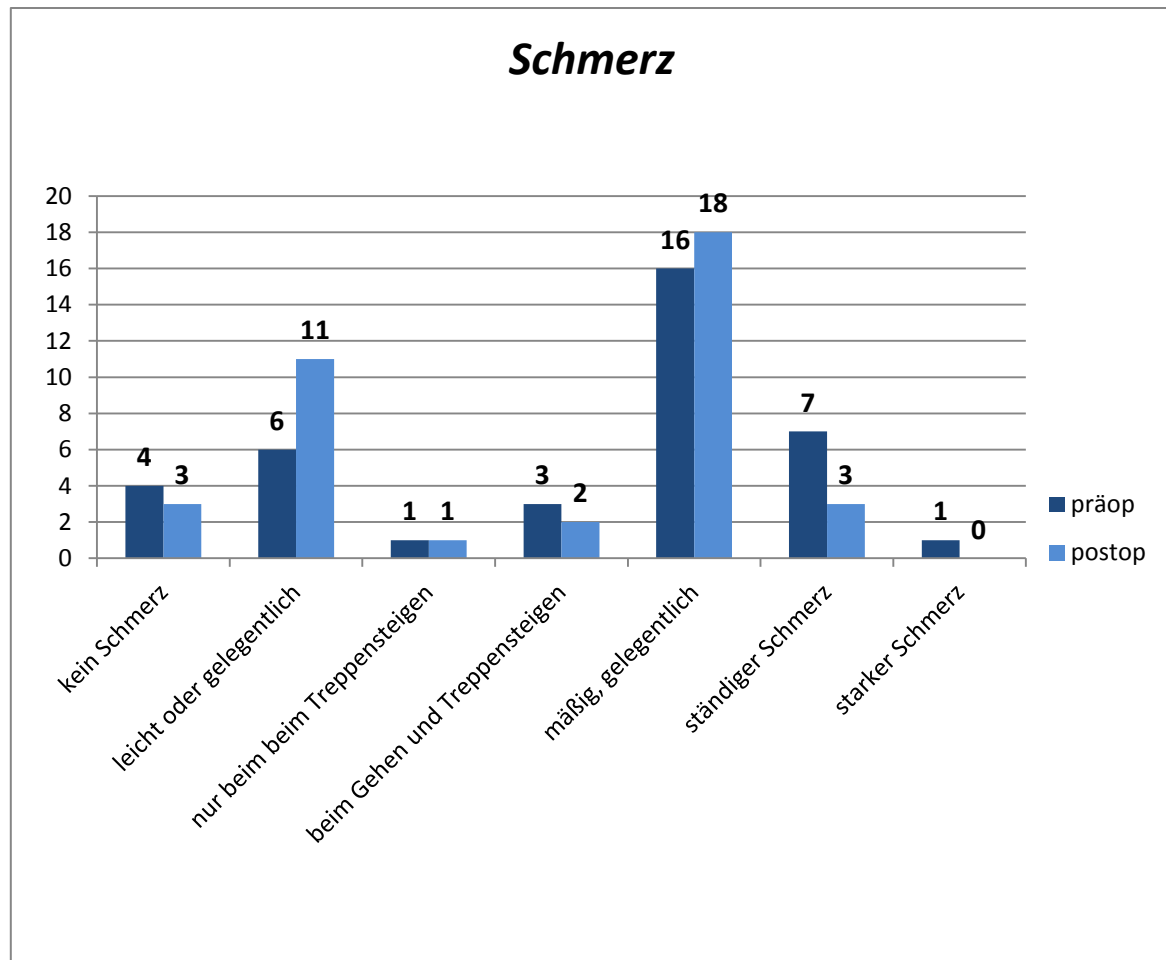


Abb. 37

### ROM

Für je 5 Grad Flexion wird im Scoreparameter „ROM“ ein Punkt vergeben, sodass für eine Flexion von 125 Grad maximal 25 Punkte erreicht werden können. Hier zeigte sich im Vergleich der beiden Gruppen bei der klinischen Nachuntersuchung mit einem p-Wert von 0,004 ein statistisch signifikanter Unterschied. Präoperativ erreichten die Patienten im Mittel 18 Punkte, was einer durchschnittlichen Flexion von 90 Grad entspricht. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung hingegen betrug die mittlere Beugefähigkeit des operierten Kniegelenkes 100 Grad, was 20 Punkten entspricht. Minimal (4 Punkte)- und Maximalpunktzahl (25 Punkte) unterscheiden sich in den beiden Gruppen nicht voneinander. So lag die geringste erreichte Flexion in beiden Gruppen bei 20 Grad, die maximale bei 125 Grad.

	<i>Männer</i>	<i>Frauen</i>	<i>Gesamt</i>
<b><i>Flexion präoperativ</i></b>	96 (30-125)	85 (20-110)	90 (20-125)
<b><i>Flexion postoperativ</i></b>	105 (80-125)	98 (20-125)	100 (20-125)

Tab. 12: Flexionsfähigkeit prä- und postoperativ im Vergleich

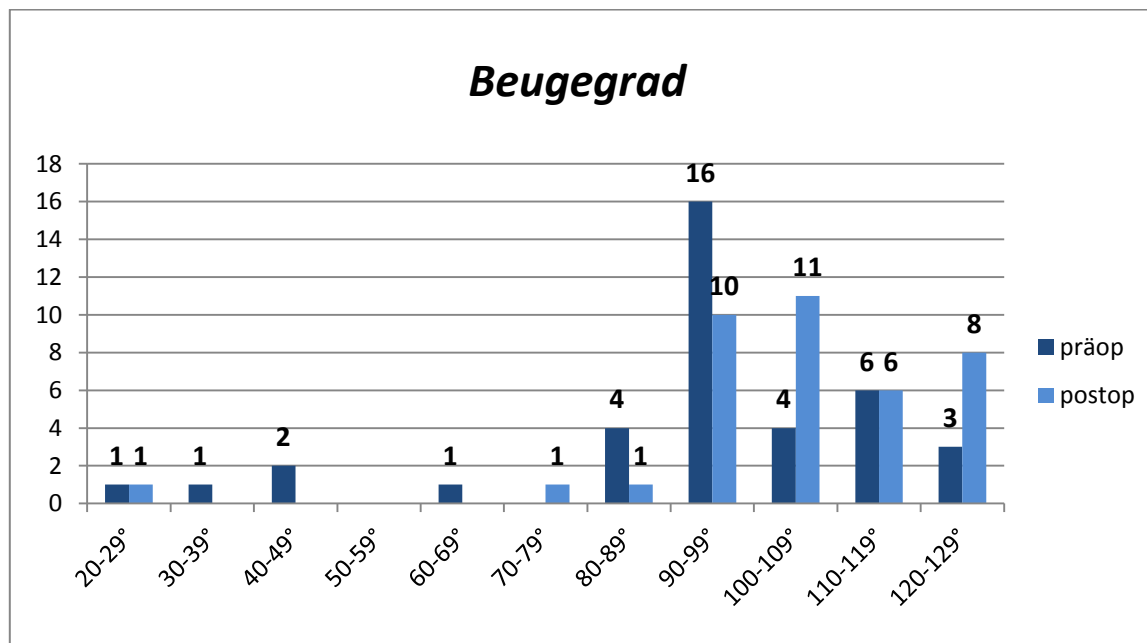


Abb. 38

### Stabilität

In der Kategorie „anterior-posteriore Stabilität“ können maximal 10 Punkte erreicht werden. Im Mittel erhielten die Patienten postoperativ jeweils mehr Punkte als präoperativ. So hatten postoperativ 37 Patienten ein anterior-posterior stabiles Kniegelenk < 5mm. Bei einem Patienten fand sich eine Instabilität von 5-10mm. Kein Patient wies postoperativ eine Instabilität von über 10mm auf. Präoperativ war immerhin ein Kniegelenk über 10mm instabil. Bei drei Patienten fand sich eine Instabilität von 5-10mm und nur 34 Patienten hatten ein anterior-posterior stabiles Kniegelenk unter 5mm. Hier konnte mit einem p-Wert < 0,05 (0,046) ein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Dies verdeutlicht, dass durch den Einbau der Innex SC-Prothese eine verbesserte Stabilität in sagittaler Ebene erreicht werden kann.

Ebenso konnte im Bereich der medio-lateralen Stabilität durch den Prothesenwechsel eine signifikante Verbesserung erreicht werden (p-Wert 0,027). So trat eine medio-laterale Instabilität von 11-15 Grad oder >15 Grad postoperativ bei keinem Patienten auf, wobei sich präoperativ hier

immerhin vier Patienten finden. Eine medio-laterale Instabilität unter 5 Grad hatten präoperativ 19, postoperativ 25 Patienten. Im Bereich der Instabilität von 11-15 Grad fanden sich präoperativ drei Patienten, postoperativ kein Patient.

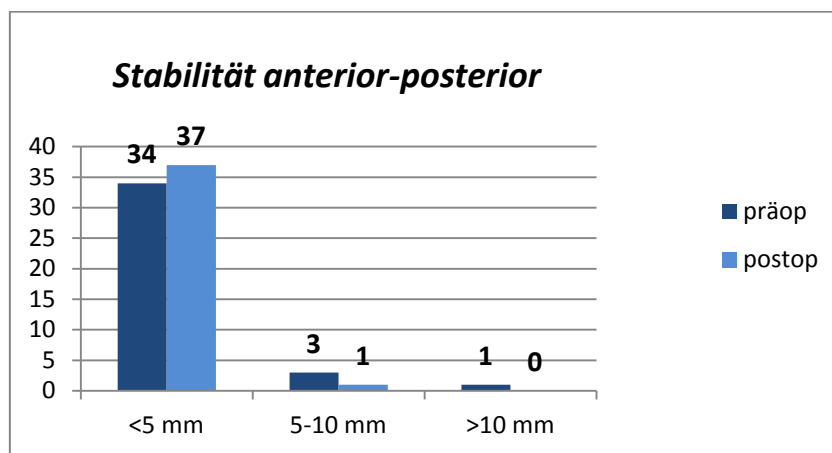


Abb.39 (p-Wert 0,046)

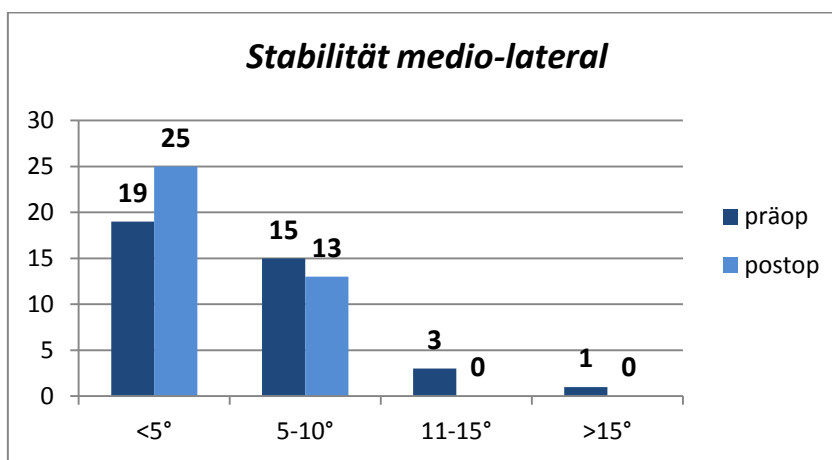


Abb. 40 (p-Wert 0,027)

### Flexionskontraktur und Extensionsdefizit

Für Flexionskontraktur und Extensionsdefizit wurden Minuspunkte vergeben (s. Tabelle). Präoperativ hatten 32 Patienten eine Flexionskontraktur von unter 5 Grad und erhielten somit keine Abzüge, vier Personen erhielten zwei Minuspunkte für eine Kontraktur von 5-10 Grad und je ein Patient erhielt fünf bzw. zehn Minuspunkte für ein Defizit von 11-15 Grad bzw. 16-20 Grad. Keine Flexionskontraktur hatten postoperativ 36 Patienten. Zwei Punkte Abzug erhielt nur ein Patient für eine Kontraktur von 5-10 Grad. Mit einem p-Wert von 0,039 konnte hier eine statistisch signifikante Verbesserung für die postoperative Situation ermittelt werden.

Ein Extensionsdefizit von über 20 Grad führte in keiner der Gruppen zu Abzügen. Kein Defizit lag präoperativ bei 32 Patienten vor, fünf wiesen ein Defizit von < 10 Grad auf (5 Minuspunkte), eine Person von 10-20 Grad (10 Minuspunkte). Postoperativ war bei 36 Patienten die Extension nicht eingeschränkt und zwei erhielten fünf Punkte Abzug für ein Defizit von 5-20 Grad.

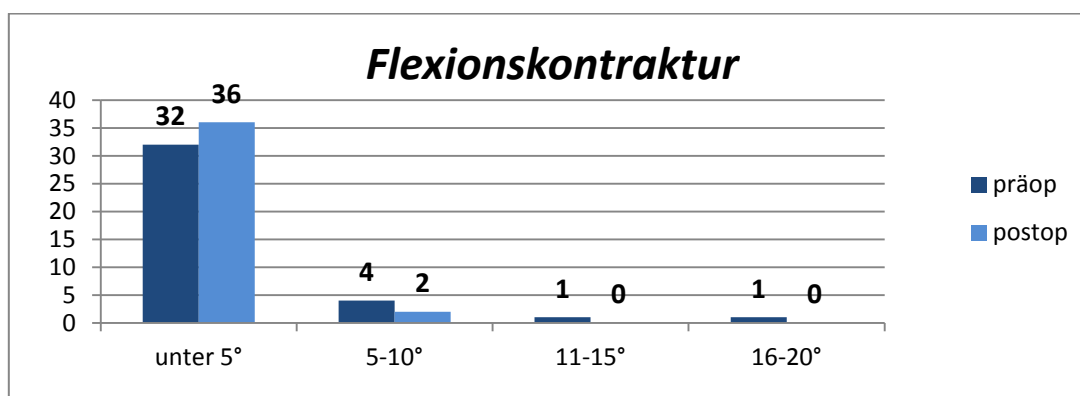


Abb. 41 (p-Wert 0,039)

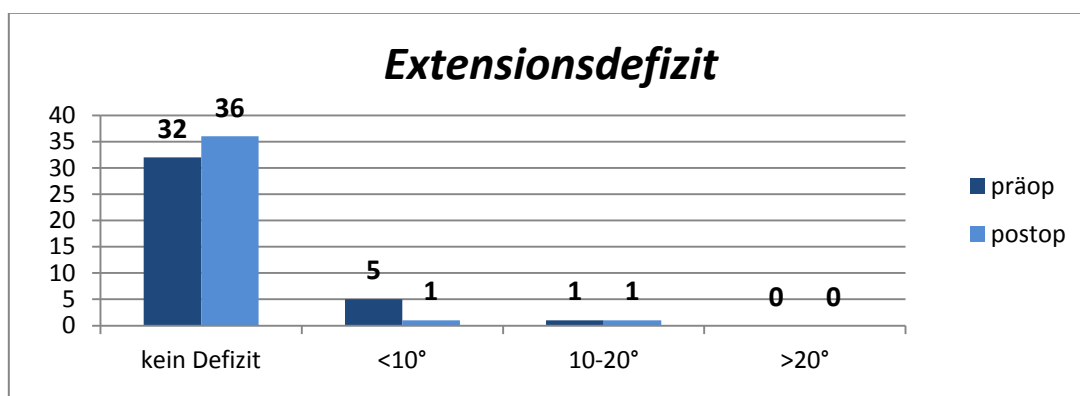


Abb. 42 (p-Wert 0,046)

**Alignement**

Eine Achsfehlstellung von über 15 Grad hatte prä- wie postoperativ kein Patient. Ein korrektes Alignement war präoperativ bei 30 Patienten vorhanden, postoperativ konnte sogar bei 34 Patienten eine physiologische Beinachse hergestellt werden. Sechs Minuspunkte für eine Abweichung von 5-10 Grad erhielten präoperativ fünf, postoperativ vier Patienten. Zu zwölf Punkten Abzug durch eine Achsabweichung von 11-15 Grad kam es postoperativ nicht, präoperativ bei drei Patienten. Die Ergebnisse zeigen hier eine einigermaßen gleiche Verteilung der Ergebnisse prä- und postoperativ.

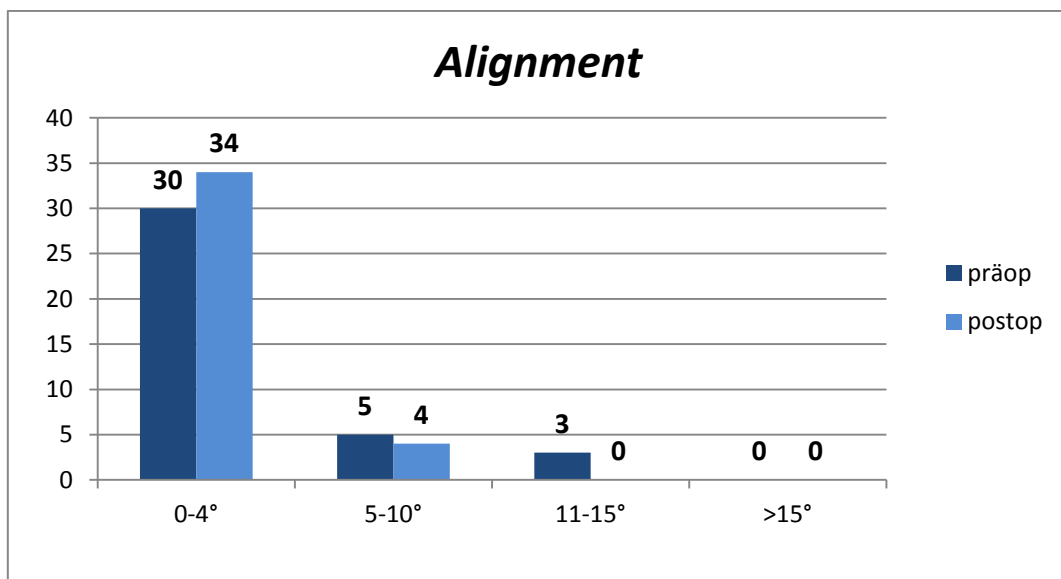


Abb. 43

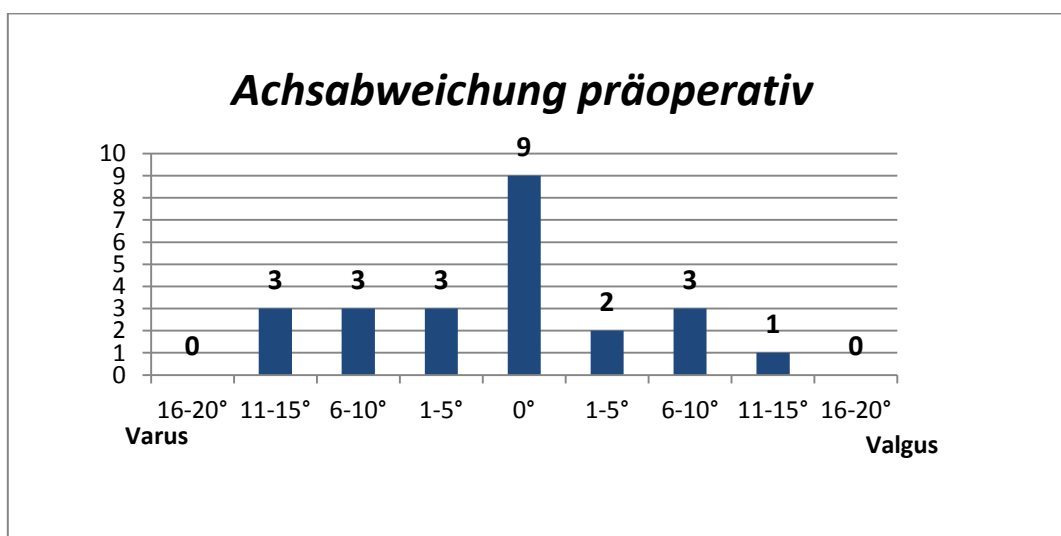


Abb. 44

### 3.4.2 Function-Score

Im Teilbereich Function-Score können ebenfalls 100 Punkte erreicht werden. Der mittlere Score verbesserte sich hier von präoperativ 63 Punkten auf postoperativ 66 Punkte. Minimal (5 Punkte)- und Maximalwert (100 Punkte) unterschieden sich nicht (p-Wert 0,313).

#### Gehen

In der Kategorie „Gehen“ können maximal 50 Punkte erreicht werden. Bei Minimum (10 Punkte) und Maximum (50 Punkte) konnte kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden. Im Mittel erhielten die Patienten präoperativ 32 Punkte, postoperativ 34 Punkte. Das Gehen war prä- wie auch postoperativ jedem Patienten möglich. Die meisten Patienten gaben eine Gehfähigkeit von 500m bis > 1km an. Sieben Patienten konnten präoperativ, acht Patienten postoperativ ohne Einschränkung an Zeit oder Strecke gehen.

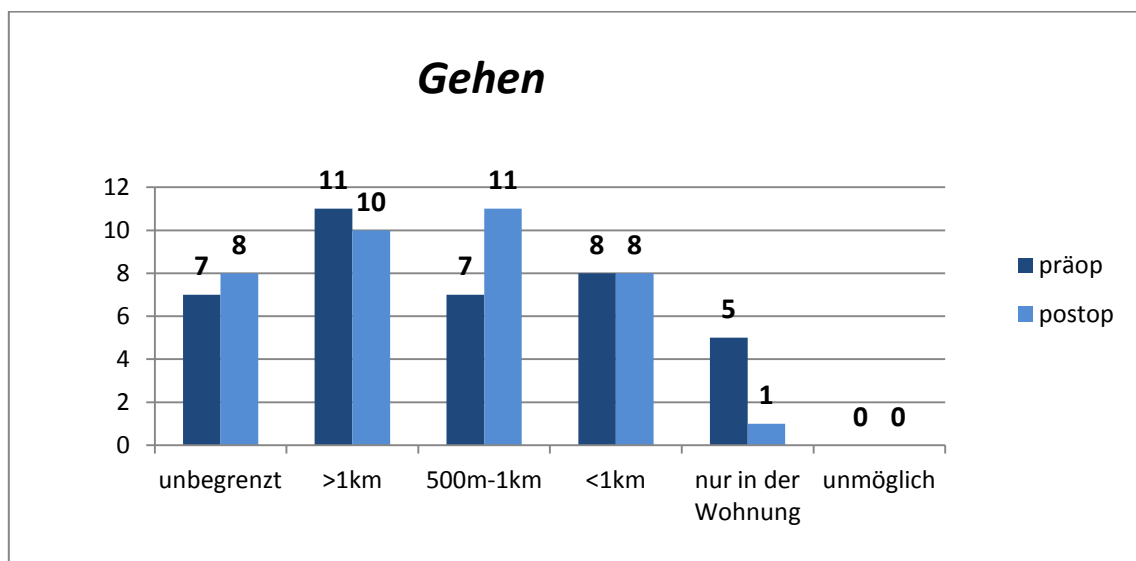


Abb. 45 (p-Wert 0.253)

### Treppensteigen

Das Treppensteigen bereitete den meisten Patienten im Alltag die häufigsten Probleme. Viele berichteten von einer großen Unsicherheit und einem Instabilitätsgefühl.

Die Fähigkeit Treppen zu steigen, war den Patienten prä- und postoperativ nahezu gleich gut möglich.

Nur ein Patient gab an, dass ihm präoperativ das Treppensteigen nicht möglich gewesen sei. In beiden Gruppen gaben die meisten Patienten an, auf die Benutzung des Geländers beim Treppenauf- und -absteigen zur Sicherheit angewiesen zu sein. Der Score verbesserte sich in dieser Kategorie durchschnittlich von 34 auf 36 Punkte.

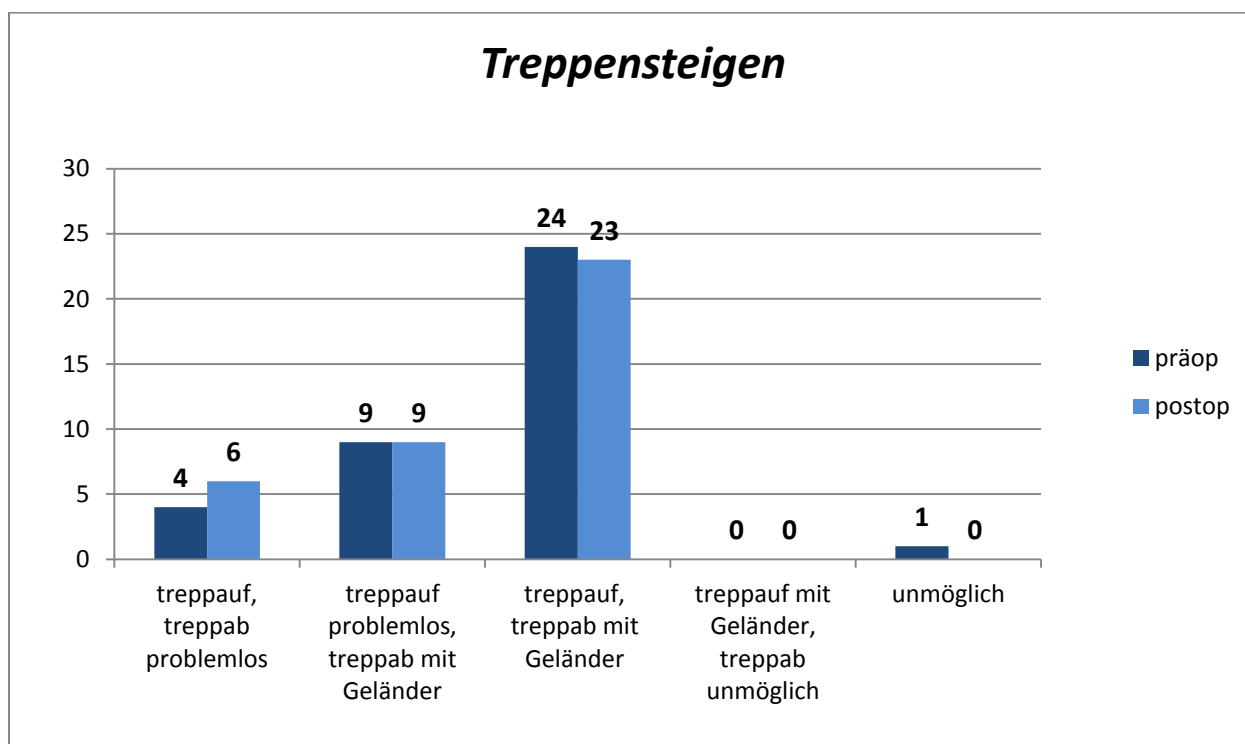


Abb. 46 (p-Wert 0,191)

### Gehilfen

In dieser Kategorie wurde unterschieden zwischen der Benutzung eines Spazierstocks, zwei Spazierstöcken und zwei Unterarmgehstützen bzw. Gehwagen. Hier wurden bis zu 20 Minuspunkte vergeben. Präoperativ nutzen 24 Patienten keine Gehhilfen, elf Patienten nutzten einen Gehstock und drei konnten mit einem Rollator mobilisiert werden. Postoperativ war es vier Patienten mehr möglich, ohne Gehilfen mobil zu sein. Nur zwei Patienten nutzten einen Rollator und sieben einen Spazierstock. Viele Patienten gaben an, die Nutzung der Gehhilfen sei abhängig von der Tagesform.

Zusätzlich klagten viele über Beschwerden im anderen Kniegelenk, was sie oft dazu zwingen würde, Gehhilfen variabel zu nutzen.

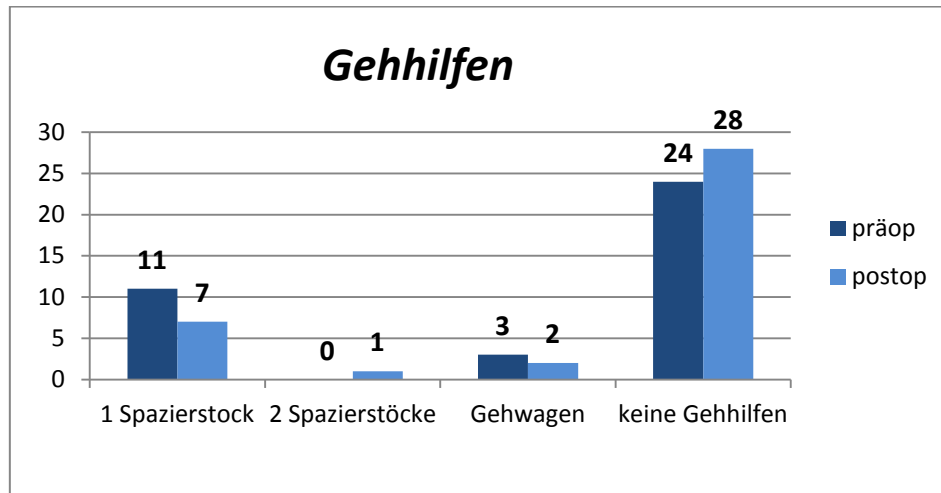


Abb. 47

### Gesamt

Von 200 möglichen Gesamtpunkten erhielten die Patienten präoperativ im Mittel 125 Punkte mit einer Minimalpunktzahl von 62 Punkten und einer Maximalpunktzahl von 197 Punkten. Postoperativ erhielten die Patienten im Durchschnitt 139 Punkte, wobei der geringste Wert bei 79 Punkten lag und ein Patient postoperativ 200 Punkte erreichte.

Betrachtet man die Gesamtheit des Scores konnte mit einem p-Wert von 0,009 eine statistisch signifikante Verbesserung für die postoperative Gruppe nachgewiesen werden.

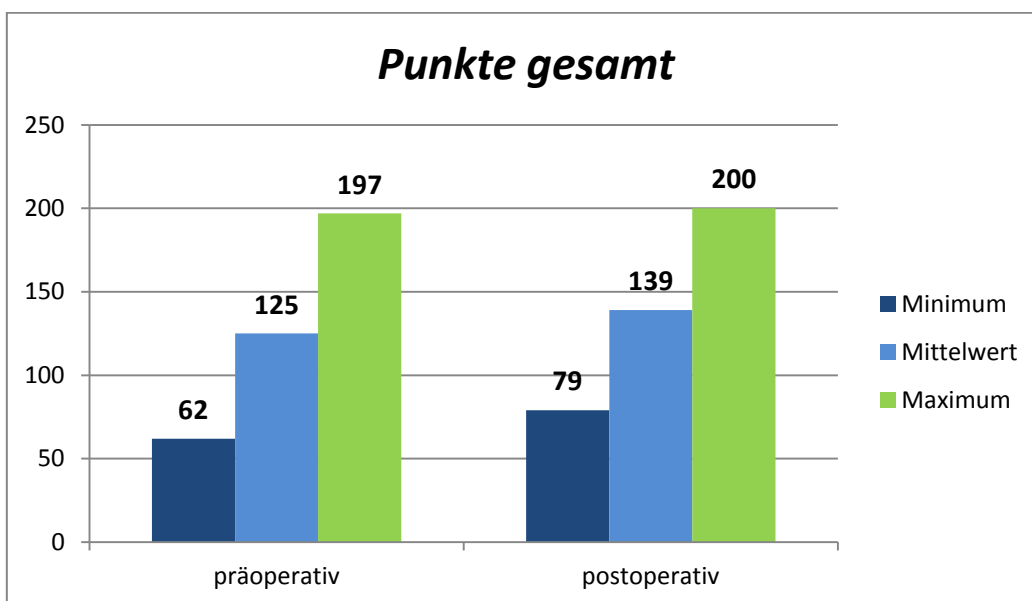


Abb.48 (p-Wert 0,009)

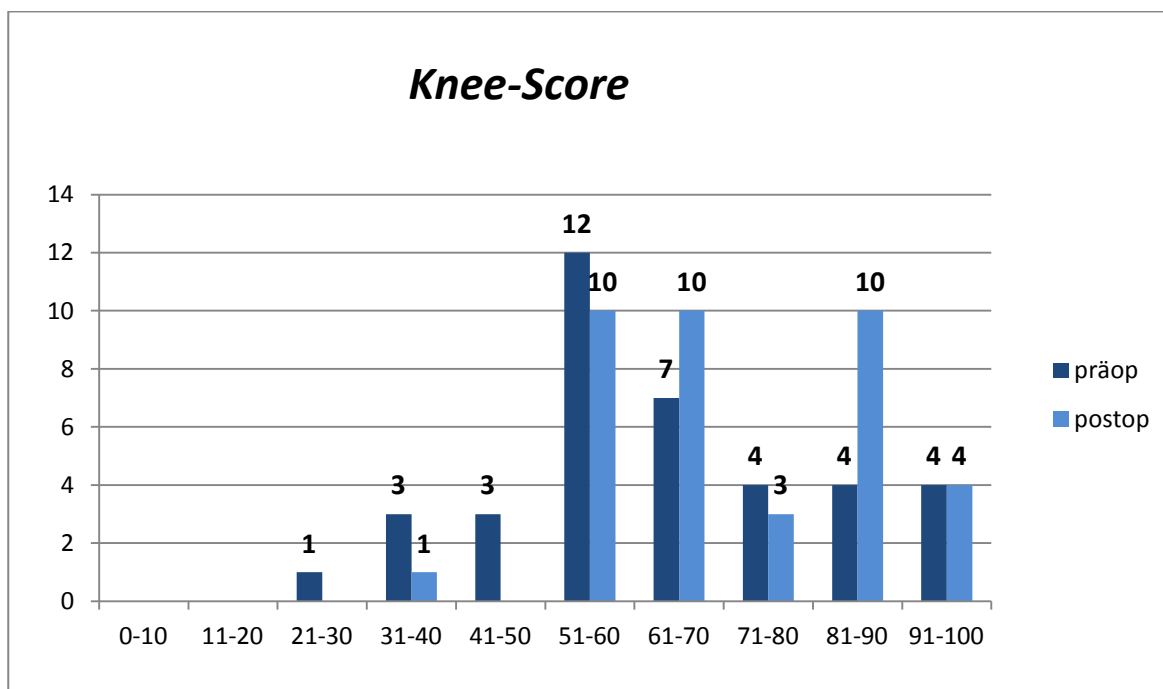


Abb. 49

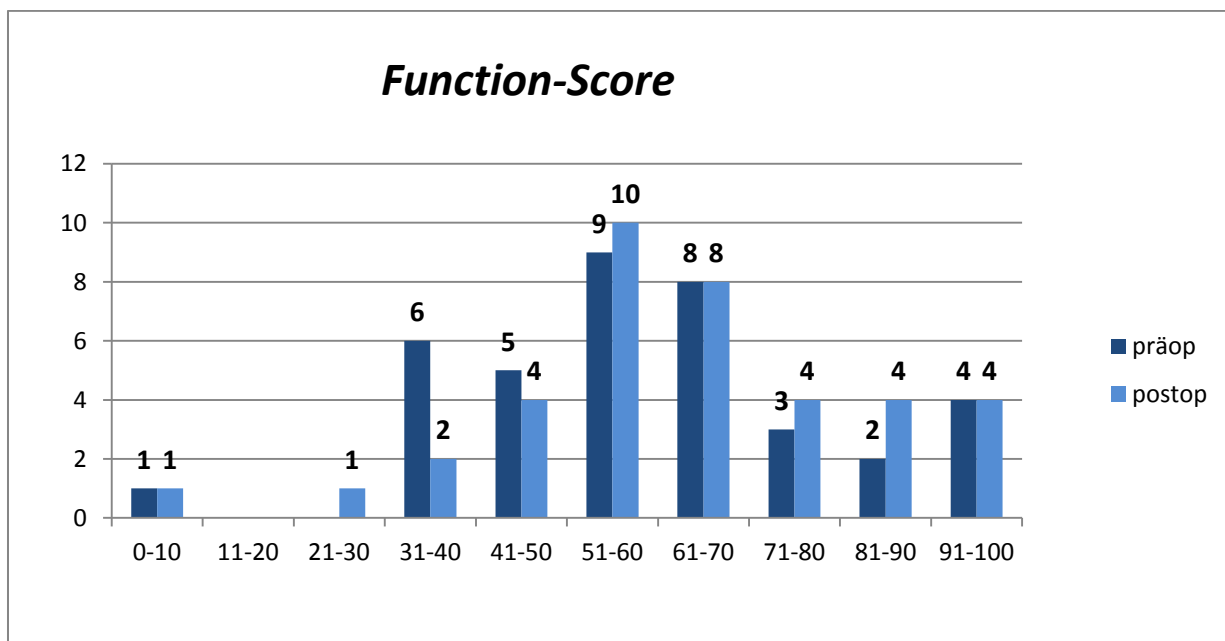


Abb. 50

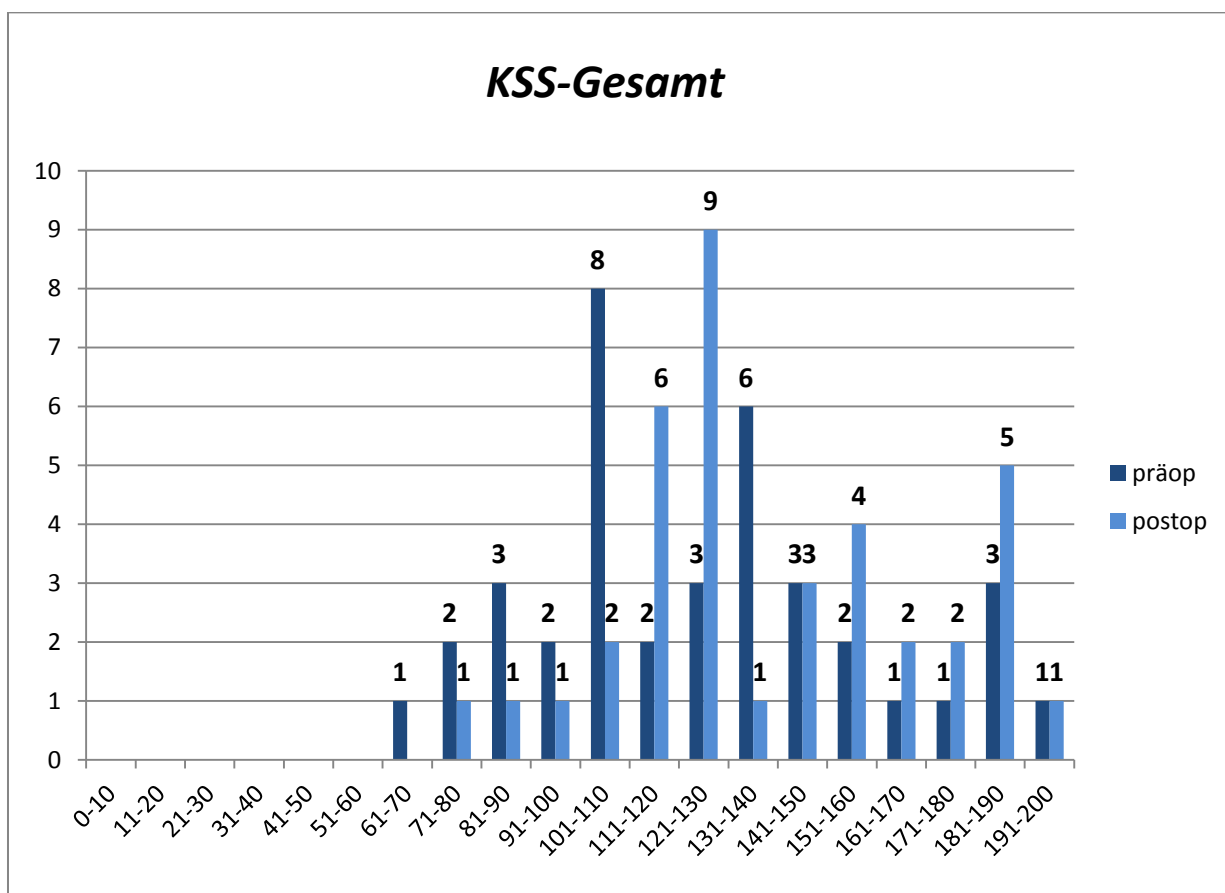


Abb. 51

## 4 Diskussion

Durch die stetig steigende Anzahl an Primärimplantationen steigt auch die Zahl der Revisionseingriffe jährlich kontinuierlich an [60]. Jedes Jahr werden weltweit mehr als 500.000 Knieendoprothesen eingesetzt, sodass mittlerweile die Zahl der Knieimplantate die der Hüftendoprothesen übersteigt [22, 28].

Bereits die primäre Implantation einer Knieendoprothese bei Gonarthrose kann die Lebensqualität des betroffenen Patienten deutlich verbessern. Die primären Ziele nach einer Erstimplantation sind eine weitestgehend schmerzfreie Gelenkbewegung, eine volle Streckfähigkeit des Kniegelenks und eine Flexion von mindestens 100 Grad, die für eine normale Alltagsbewältigung erforderlich sind. Der Wechsel einer Endoprothese ist indiziert bei aseptischer Implantatlockerung und Funktionseinschränkung, symptomatischer Instabilität, Retropatellarschmerz, Fehlrotation der Komponenten oder septischen Prozessen [22, 60, 61].

Klinisches Leitsymptom einer Lockerung sind häufig definierte, lokalisierbare Schmerzen, Bewegungseinschränkung und eine Instabilität im betroffenen Kniegelenk. Unspezifische Symptome wie diffuser Schmerz, Schwellung bzw. ein Gelenkerguss und eine passagere Bewegungseinschränkung können auf eine Lockerung, jedoch auch auf eine Infektion hindeuten. So wird die sichere Diagnose einer Lockerung (septischer oder aseptischer Genese) nur in einer gemeinsamen Begutachtung von klinischen, laborchemischen und radiologischen Parametern gestellt [62, 63].

In Abhängigkeit von der angewandten Röntgentechnik können die Anzeichen einer Implantatlockerung variieren, sodass die Befunde nicht immer eindeutig interpretierbar sind. Deswegen sollte auf die vergleichende Beurteilung von prä- und postoperativen Bildern nicht verzichtet werden. Radiologische Aufhellungszonen von mehr als zwei Millimeter und eine veränderte Implantatlage korrelieren jedoch in hohem Maße mit einer Lockerung. Letztendlich sollte bei verstärktem Verdacht einer Implantatlockerung die Diagnose intraoperativ gesichert werden [64, 65, 66].

Trotz stetiger Entwicklung und Weiterentwicklung basiert die moderne Endoprothetik auch heute noch auf der Arbeit von den beiden orthopädischen Pionieren J. Insall und M. Freemann, deren Prinzipien über die Jahre noch heute gültig sind, jedoch im Detail ständig weiterentwickelt werden [67].

Entgegen der Meinung der letzten Jahre konnten neuere Studien belegen, dass das Outcome nach Revisionsoperationen mittlerweile deutlich verbessert wurde. So werden in Wechseloperationen ähnlich gute Ergebnisse wie nach Primärimplantation erzielt und auch in schwierigen Situationen gute Problemlösungen gefunden [28, 67].

Aufgrund der steigenden Anzahl der Revisionsoperationen kommt es zu einer stetigen Verbesserung der Wechselsysteme. Trotzdem bleibt der Wechsel einer Knieendoprothese ein technisch anspruchsvollerer Eingriff als die Primärimplantation. Die Wahl des Implantats, die Technik zur Wiederherstellung einer regelrechten Weichteilbalance und Bandführung sowie das Management intra- und perioperativer Probleme wie z.B. periprothetischen Frakturen und Knochensubstanzverlusten sind Aufgaben, die an einen erfahrenen Chirurgen gestellt werden [60, 61, 68].

Insbesondere die Entwicklung modularer Prothesensysteme ermöglicht dem Orthopäden/Chirurgen eine Anpassung an die individuelle Anatomie und Indikation des Patienten und hat so die Revisionschirurgie leichter gemacht. Modularität steht hier für Individualität [22, 28, 60].

Nach Jerosch und Heisel sind die Ergebnisse in der Revisionsendoprothetik von verschiedenen Faktoren abhängig. Zu den wichtigsten Punkten gehören die Wahl des primären Implantattyps, das Ausmaß des Knochenverlustes während der Wechseloperation, die Vollständigkeit bzw. Integrität des Weichteilapparats, die Erfahrung des Operateurs, das bei der Revision verwendete Implantat und die Intensität der postoperativen Rehabilitation [69].

Trotz aller Entwicklungen und Verbesserungen kommt es immer noch zu Fehlern bei der Revision. Nach Hube und Reichel sind die häufigsten:

- Fehlrotation der Komponenten
- falsche Resektionshöhe des distalen Femurs und der proximalen Tibia, mit Anhebung oder Absenkung der Gelenklinie, die in einer veränderten Biomechanik des Kniegelenks resultiert
- valgische oder varische Resektionsschnitte, die zu einer Veränderung der Achsverhältnisse führen und zu einer frühzeitigen Lockerung durch Fehlbelastung führen können

Durch korrekte präoperative Planung, Wahl des richtigen Prothesensystems und Beachtung operativer Richtlinien lassen sich diese Probleme und Fehler in der Revisionschirurgie minimieren. Modulare Systeme bieten hier für nahezu alle Problemsituationen eine Lösung [60].

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden die Ergebnisse nach Knierevisionsendoprothetik von 2003 bis 2008 mit der Innex SC-Prothese zusammengetragen. In der folgenden Diskussion sollen unsere Ergebnisse nun mit denen in der Literatur verglichen werden.

### BMI

In einer groß angelegten Studie, der „Ulmer Osteoarthritis-Studie“ konnten Stürmer et al. (2000) eine Korrelation zwischen Adipositas ( $\text{BMI} > 35$ ), Übergewicht ( $\text{BMI} > 25$ ) und einem verstärkten Verschleiß der Gelenkflächen im Kniegelenk nachweisen [70].

Booth et al. fanden in einer 2002 veröffentlichten Studie heraus, dass nur 18% der operierten Patienten im Verlauf ihr Gewicht reduzieren konnten. Da nach deren Auffassung ein Zusammenhang zwischen Adipositas und Gonarthrose obligat ist, versuchten sie den Patienten präoperativ zur Gewichtsreduktion zu raten, um das Outcome einer Endoprothesenimplantation zu verbessern. Ebenso stellten Booth et al. fest, dass ein erhöhter Druck auf den Chirurgen entsteht, da sich ein Fehlalignment nach Operation bei adipösen Patienten schlechter auswirkt als bei Normalgewichtigen [55].

Eine Studie von Amin et al. 2006 mit 370 Patienten, welche sich ebenfalls mit dem BMI beschäftigte, untersuchte den Zusammenhang zwischen Adipositas und klinischem Outcome nach Knierevisionsendoprothetik. Hier konnte nach einem 5-Jahres-Follow up gezeigt werden, dass sich der Knee Society Score von adipösen Patienten nicht signifikant von den Nichtadipösen unterscheidet. Auch zwischen Männern und Frauen konnte keine signifikante Differenz gefunden werden. Es kam auch nicht zu vermehrten Komplikationsraten wie oberflächliche oder tiefe Wundinfektionen, tiefe Beinvenenthrombose, perioperativer Mortalität oder Revisionen in der Gruppe der Adipösen und Übergewichtigen [71].

In unserer Studie fanden wir einen mittleren BMI von 32 (Männer 30, Frauen 33). Obwohl 22 Patienten zu den Adipösen zugeordnet wurden, konnte auch in unserer Studie keine Korrelation zwischen schlechteren Knee Society Score-Werten und Adipositas nachgewiesen werden.

Übersichtstabelle zu den verwendeten Studien

<i>Friedman et al. [72]</i>	1990
<i>Hohl et al.[73]</i>	1991
<i>Bugbee et al.[74]</i>	1991
<i>Elia und Lotke [75]</i>	1991
<i>Murray et al. [76]</i>	1994
<i>Robertsson et al.[58]</i>	2001
<i>Saleh et al.[61]</i>	2002
<i>Gofton et al.[34]</i>	2002
<i>Mackay et al.[68]</i>	2003
<i>Becker et al.[77]</i>	2004
<i>Sheng et al. [78]</i>	2004
<i>Bauman et al. [79]</i>	2009

Tab. 13

Fallzahlen

In den o.g. Studien fanden sich Fallzahlen im Bereich von 28 bis 139 Patienten. Ausnahmen stellen die Studien von Robertsson (2001), Sheng (2004) und Saleh (2002) dar. Robertsson et al. (2001) beschäftigten sich mit dem Swedish Knee Register. Hier wurden alle Primärimplantationen, die im Zeitraum von 1975 bis 1997 durchgeführt wurden, dokumentiert. In diesem Register finden sich 41.223 Fälle, von denen bis zum Jahr 1997 bereits 3198 revidiert wurden [58]. Deswegen findet sich hier eine extrem hohe Fallzahl. Auch in einer Metaanalyse von Sheng et al. (2004) wurde das Outcome nach Knierevisionsendoprothetik in den Jahren 1990 bis 2002 untersucht. Insgesamt findet sich hier in 33 verschiedenen Studien eine Fallzahl von 1356 Patienten [78]. Die 2002 von Saleh et al. durchgeführte Metaanalyse untersuchte 42 Studien mit einer Anzahl von 1515 Patienten [61]. In unserer Studie findet sich nur eine Fallzahl von 38 Patienten, da die Implantationsfrequenz von semi-constrained Prothesen im Vergleich zu anderen Prothesenmodellen geringer ist.

### Alter

Bei allen Studien befand sich das Durchschnittsalter der Patienten im Bereich der siebten Lebensdekade.

Die Studien mit sehr großer Fallzahl und somit auch repräsentativeren Durchschnittsangaben, ermittelten ebenfalls ein mittleres Alter von 66 Jahren (Saleh et al.) und 67 Jahren (Sheng et al.). Andere Studien geben zum Teil ein etwas erhöhtes Durchschnittsalter an. So lag dies in den Studien von Mackay et al. (2003) und Becker et al. (2004) bei 72 Jahren. In unserem Patientenkollektiv lag das Durchschnittsalter bei 69 Jahren.

### Geschlechtsverteilung

Auch bei der Geschlechtsverteilung kann innerhalb der Studien kein bemerkenswerter Unterschied gefunden werden. Der Frauenteil überwiegt in den meisten Untersuchungen mit einem Verhältnis von 3:1. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit dem unserer Studie, an der 23 Frauen und 15 Männer teilnahmen.

### Primäre Indikation

Als Indikationen für eine Primärimplantation fanden sich hauptsächlich die Osteoarthritis und die rheumatoide Arthritis. Saleh et al. (2002) fanden heraus, dass die vorherrschende Indikation die idiopathische Arthrose war. Robertsson et al. (2001) fanden eine Häufigkeit der idiopathischen Arthrosen von 85% und der rheumatoiden Arthritis von 11%. Bei Gofton et al. (2002) wurden 9% der Primärimplantationen aufgrund einer rheumatoiden Arthritis durchgeführt und die restlichen Implantationen erfolgten aufgrund einer idiopathischen Arthrose. Friedman et al. (1990) fanden einen Anteil der rheumatoiden Arthritis von sogar 53%. Die Primärimplantationen in unserer Studie erfolgten bei 31 Patienten (81,7%) aufgrund einer idiopathischen Arthrose. Sechs Patienten (15,7 %) erhielten ein Implantat aufgrund einer posttraumatischen Arthrose und nur ein Patient (2,6%) aufgrund einer rheumatoiden Arthritis. In unserer Studie liegt der Anteil der Patienten mit rheumatoider Arthritis als Grunderkrankung deutlich unterhalb der in der Literatur gefundenen Angaben.

### Hauptindikationen für Revision

Interessant für unsere Studie sind die in der Literatur beschriebenen Revisionsgründe. Mackay et al. (2003) verglichen das Outcome von 67 Patienten nach zementierter und unzementierter femoraler Komponente. Alle diese Prothesen wurden aufgrund einer aseptischen Lockerung gewechselt. Bei 17 Patienten kam es zu einer Lockerung beider Komponenten, bei 31 Patienten war nur die tibiale und bei sieben Patienten die femorale Komponente gelockert.

Weitere Prothesenlockerungen entstanden bei neun Patienten durch einen Inlayabrieb, zu einer Fraktur der tibialen Platte kam es bei drei Patienten.

Auch die Studien von Becker et al. (2004) und Gofton et al. (2002) schlossen nur Patienten mit aseptischer Lockerung als Indikation ein. In der Studie von Gofton et al. (2002) wurde eine Revision mit Stem-Implantaten durchgeführt. Von 89 Revisionen waren 50 Prothesen (56,2%) aseptisch gelockert, 23 Prothesen (25,8%) wiesen einen Inlayabrieb auf, 10 Prothesen (11,3%) mussten aufgrund einer Instabilität gewechselt werden und 6 weitere Prothesen (6,7%) wegen unklarer Schmerzen.

Hauptindikation zum Wechsel stellt auch in allen anderen Studien die aseptische Lockerung dar.

Bei Murray et al. (1994) wurden 82% in Folge aseptischer Lockerung, 12% aufgrund einer Instabilität, 3% wegen einer periprothetischen Fraktur und 3% in Folge unklarer Schmerzen gewechselt. Ähnliche Zahlen finden sich auch in der Metaanalyse von Sheng et al. (2004) mit einer sehr großen Patientenzahl. 55% der Wechsel erfolgten aufgrund der aseptischen Lockerung, bei 11% kam es zu einem Inlayabrieb, 10% der Prothesen waren instabil, 7% wiesen eine Infektion auf und 4% mussten gewechselt werden, da es zu einer nicht näher bezeichneten Progression des Krankheitsverlaufs kam.

Auch neuere Studien, wie die von Bauman et al. (2009), kommen zu vergleichbaren Ergebnissen. Auch hier erfolgten 53% der Wechsel aufgrund einer aseptischen Lockerung, bei 8% kam es zu einer periprothetischen Fraktur, Infektionen traten bei 6% auf und bei 2% kam es zu Frakturen der tibialen oder femoralen Komponente. In den restlichen Studien (Hohl et al. (1991), Elia und Lottke (1991), Friedman et al. (1990)) wurde eine gleichartige Verteilung der Revisionsgründe gefunden.

Diese Ergebnisse hinsichtlich der Hauptindikationen decken sich insoweit mit unseren gefundenen Ergebnissen, da auch in unserer Studie der Großteil der Prothesen aufgrund einer aseptischen Lockerung gewechselt wurde. Es wurde jedoch bei der Dokumentation nicht zwischen Inlayabrieb, Komponentenlockerung oder Instabilität unterschieden. Bei 29 der 31 Patienten, die aufgrund einer aseptischen Lockerung revidiert wurden, fanden sich jedoch präoperativ Lyssesäumen auf den Röntgenbildern, die stark auf eine Lockerung hinweisen. In 29 Fällen konnte die Lockerung

intraoperativ bewiesen werden. Sieben weitere Revisionen erfolgten in unserer Studie infolge einer Infektion des Kniegelenks.

#### Standzeiten

Friedman et al. (1990) berichten über eine mittlere Standzeit des Primärimplantats von vier Jahren. Bei Elia und Lottke (1991) lag die Standzeit der gekoppelten und ungekoppelten Primärimplantate im Schnitt bei 5,3 Jahren. In der Studie von Gofton et al. (2002) wurde die Revision im Mittel nach 5,9 Jahren durchgeführt. Becker et al. (2004) fanden eine mittlere Standzeit der primären Prothese von 6,3 Jahren. Diese Angaben korrelieren mit unserer ermittelten mittleren Standzeit, die in unserem Patientenkollektiv bei 5,15 Jahren lag.

#### Komplikationen

Bei Friedman et al. (1990) mussten vier Kniegelenke aufgrund unklarer postoperativ persistierender Schmerzen revidiert werden. Vier weitere Revisionen waren nötig aufgrund einer Lockerung der tibialen Komponente. Alle Patienten hatten hier ein Malalignment von über 10 Grad. Bei drei Revisionen war der Operationsgrund eine Instabilität im operierten Kniegelenk und einmal kam es zu einer Fraktur der femoralen Komponente. Zu oberflächlichen oder tiefen Wundinfektionen kam es in der untersuchten Population nicht, ebenso nicht zu thrombembolischen Ereignissen.

Bugbee et al. (1991) hatten in ihrer Studie eine Komplikationsrate von 14%. Zwanzig der 139 Kniegelenke mussten re-revidiert werden. Fünf aufgrund einer Infektion, die in einem Fall sogar zu einer Amputation führte. Drei Mal kam es zu Osteolysen, die eine erneute Revision erforderlich machten, vier Komponenten waren locker, bei weiteren drei Fällen kam es zu einem Inlayabrieb. Eine Prothese wurde aufgrund einer Instabilität re-revidiert und einmal kam es zu einer Fraktur des Femurs. Patellaprobleme führten in drei weiteren Fällen zu einer erneuten Revision.

In den 33 von Sheng et al. (2004) analysierten Studien waren die häufigsten Komplikationen: 18% Lockerung, 16% Instabilität, 16% Infektion, 15% Patellaprobleme, 13% unklarer Schmerz, 9% Frakturen, 9% Bewegungseinschränkung.

Elia und Lottke (1991) stellten eine Komplikationsrate von 30% fest. Vier Mal kam es zu postoperativen Wundheilungsstörungen, die in zwei Fällen konservativ behandelt werden konnten und in den beiden anderen Fällen mit einem Gastrocnemius-Lappen versorgt wurden. Eine oberflächliche Wundinfektion konnte ebenfalls ohne Revision behandelt werden. Aufgrund eines Streckdefizits wurde bei einem Patienten eine offene Adhäsiolyse durchgeführt. Ein weiterer Patient stürzte und zog sich eine periprothetische Fraktur zu, die revidiert und mit Stems versorgt werden musste.

Murray et al. (1994) ermittelten in ihrer Studie eine Komplikationsrate von 7,5%. Bei einem Patient musste nach einer Infektion eine Knieamputation erfolgen. Eine oberflächliche Wundinfektion konnte mit einem geringen Débridement in den Griff bekommen werden und auch eine tiefe Wundinfektion heilte ohne Revision unter antibiotischer Behandlung aus.

In der Studie von Bauman et al. (2009) wurde das Outcome nach der Benutzung von Allografts bei Knochensubstanzverlust untersucht. Nach Implantation kam es zu Allograft-assoziierten und allgemeinen Komplikationen. In beiden Fällen kam es zu einer Bandinstabilität, Flexionskontraktur, N.saphenus-Hypersensitivität, Lungenembolie, intraoperative Fraktur, chronische Infektion/Schwellung, inadäquate Weichteildeckung.

Nach Revisionsoperation konnte in unserer Studie bei 24 Patienten (63%) ein komplikationsloser Verlauf beobachtet werden. Bei neun Patienten entwickelte sich ein Wundhämatom, das bei zwei Patienten zu einer Hämatomausräumung führte. In weiteren zwei Fällen (5,3%) konnte eine oberflächliche Wundinfektion konservativ behandelt werden. Es kam, verglichen mit der Primärimplantation, zu weniger Komplikationen (s.Abb.34).

#### Implantationsart

Totalendoprothesen können prinzipiell bei Primärimplantation zementiert, zementfrei oder in Hybridtechnik (zementfreie Femurkomponente und zementierter Tibiakomponente) implantiert werden. Da sich bei einer unzementierten Implantation jedoch höhere Lockerungsraten gezeigt haben, ist die zementierte Implantation immer noch Standard [22]. Die zementiert implantierte Prothese stellt die beste Methode dar und zeigt in Langzeitresultaten exzellente Überlebensraten [80]. So zeigen mehrere Studien eine signifikant höhere Revisionsrate aufgrund von Prothesenlockerung bei zementfreien Prothesen und beweisen ebenfalls, dass zementierte Knieendoprothesen über eine signifikant längere Überlebenszeit verfügen [81, 82].

In dieser Studie erfolgte in 95% der Fälle (36 Patienten) eine zementierte Implantation der Primärprothese. Nur bei zwei Patienten erfolgte eine zementfreie Implantation. Beim Wechsel wurden alle Endoprothesen in einer zementierten Technik implantiert. Bei den beiden Patienten mit zementfreier Implantation konnte keine signifikant verfrühte aseptische Lockerung nachgewiesen werden.

### Retropatellarersatz

Der begleitende Ersatz der Patellarrückfläche wird seit Jahren in der Literatur kontrovers diskutiert und ist sehr umstritten. Zahlreiche Studien belegen jedoch, dass Patienten, bei denen ein Retropatellarersatz durchgeführt wurde, kein signifikant besseres Outcome haben als Patienten, bei denen die Rückfläche der Patella nicht ersetzt wurde [24, 83, 84].

Aufgrund starker Retropatellararthrose erhielten zehn Patienten (26%) dieser Studie bereits bei Primärimplantation einen Ersatz der Patellarrückfläche. Dieser wurde aufgrund eines Verschleißes oder einer Fehlstellung bei drei Patienten während der Revision ebenfalls gewechselt. Es konnte kein Unterschied im Outcome von Patienten mit oder ohne Retropatellarersatz erfasst werden.

### Knee Society Score

Alle o.g. Studien verwendeten zur Untersuchung des Outcome den Knee Society Score. In drei dieser Studien wurde eine Aussage zu prä- und postoperativen KSS-Werten getroffen. Murray et al. (1994) fanden eine Verbesserung des Scores von präoperativ 84,5 Punkten zu 148,5 Punkten postoperativ. Bei Elia und Lottke (1991) verbesserte sich der Wert von 84 auf 133,6 Punkte. Hohl et al. (1991) fanden präoperativ einen KSS von 40,2 Punkten, der sich postoperativ auf 113,8 Punkte steigerte. In der Metaanalyse von Sheng et al.(2002) verbesserte sich das Outcome der 1965 Patienten im Mittel von einem präoperativen KSS von 65,8 Punkten auf postoperative Werte von 123,6 Punkten.

	Knee-Score		Function-Score		KSS gesamt	
	<i>präop</i>	<i>postop</i>	<i>präop</i>	<i>postop</i>	<i>präop</i>	<i>postop</i>
Hohl et al. (1991)	23,1	73,8	17,1	40	<b>40,2</b>	<b>113,8</b>
Elia und Lottke (1991)	41	77,6	43	56	<b>84</b>	<b>133,6</b>
Saleh et al. (2002)	35,4	66,2	30,4	57,4	<b>65,8</b>	<b>123,6</b>

Tab. 14: Ergebnisse anderer Studien

In den Studien von Becker et al. (2004), Gofton et al. (2002), Mackay et al. (2003), Friedman et al. (1990) und Sheng et al. (2004) wurden auch genauere Angaben zu Werten wie Schmerz, ROM, Alignement, Gehstrecke, Instabilität und Treppengehen getroffen.

In der Studie von Becker et al. (2004) wurden alle Primärimplantate in ungekoppelte bikondyläre Natural-Knee Prothesen gewechselt. Nach einem mittleren Follow-up von 55 Monaten konnte ein KSS von 127,2 Punkten (Knee-Score 71,1 Punkte-/Function-Score 56, 1 Punkte) ermittelt werden. Die Patienten erhielten im Durchschnitt 36 Punkte in der Kategorie Schmerz und 23,6 Punkte in der Kategorie Gehstrecke. Bei der Nachuntersuchung hatten alle Patienten eine mittlere Beugefähigkeit von 101 Grad. Für die anterior-posteriore Stabilität erhielten sie 8,7 Punkte und für die medio-laterale 12,5 Punkte. Leider wurden in dieser Studie nur postoperative Werte ermittelt, sodass ein Vergleich mit der präoperativen Situation nicht möglich war. Bei vier Patienten fand sich ein Extensionsdefizit von 5 Grad, ein Patient wies eines von 10 Grad auf. In der postoperativen Röntgenkontrolle konnte im Durchschnitt eine Achsabweichung von 5 Grad gefunden werden.

Gofton et al. (2002) untersuchten das Outcome nach Implantation eines modularen Prothesensystems mit Stems (Coordinate, DePuy). Vor Implantation fand sich ein KSS von 85,1 Punkten. Die Patienten erhielten durchschnittlich in der Kategorie Schmerz 15,3 Punkte und hatten eine mittlere Beugefähigkeit von 87,9 Grad. Beim finalen Follow-up nach vier Jahren konnte ein KSS von 132,8 Punkten ermittelt werden. Eine deutliche Steigerung im Bereich Schmerz auf 37,9 Punkte und eine verbesserte durchschnittliche Flexion auf 97, 8 Grad konnte ermittelt werden. Kein Patient hatte bei der Nachuntersuchung ein Malalignment.

In der Studie von Mackay et al. (2003) finden sich präoperativ sehr niedrige Werte mit einem Knee-Score von 30 und einem Function-Score von 27. Der Gesamt-Score liegt hier bei nur 57 Punkten, was auffällig niedrig erscheint. Mit einem postoperativen KSS von 157 Punkten finden sich hier signifikant höhere Werte. Alle Patienten hatten im Durchschnitt postoperativ eine Flexion von 98 Grad und eine Valgusfehlstellung von im Mittel sechs Grad. Zusätzlich konnten hier Angaben zur Beugefähigkeit gefunden werden, die postoperativ im Schnitt bei 98 Grad lag.

In der Studie von Murray et al. (1994) hatten präoperativ elf Patienten eine Beugekontraktur von bis zu 70 Grad, sechs Patienten war das Treppen gehen nicht möglich, 26 Patienten gaben an, nur mit Schwierigkeiten Treppen gehen zu können. Neunzehn Patienten hatten eine medio-laterale Instabilität von über 10mm und fünf weitere Patienten eine anteriore Instabilität von über 10mm. Postoperativ fanden sich nur noch zwei Patienten mit einer Beugekontraktur über 5 Grad, nur vier Patienten gaben an, keine Treppen steigen zu können, jedoch hatten immerhin 18 Patienten Schwierigkeiten damit. Eine medio-laterale Instabilität von 5-10 mm fand sich postoperativ bei nur

zwei Patienten. Die Patienten erhielten präoperativ durchschnittlich 84,5 Punkte im KSS (Knee-Score 38, Function-Score 46,6 Punkte). Postoperativ verbesserte sich der KSS auf 148,5 Punkte (Knee-Score 83,7 Punkte, Function-Score 64,8 Punkte).

Friedman et al. (1990) fanden postoperativ eine durchschnittliche Flexion von 100 Grad, präoperativ war bei 24% der Patienten eine Flexion bis 90 Grad nicht möglich. 80% der Patienten gaben präoperativ mäßigen bis starken Schmerz beim Gehen an. Postoperativ gaben 84% einen milden bis kaum vorhandenen Schmerz an. Die Fähigkeit unbegrenzt zu gehen, verbesserte sich von präoperativ 68% auf postoperativ 78%, jedoch waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch ein Drittel der Patienten auf Gehhilfen angewiesen. Vor der Revision mussten 39% der Patienten beim Treppengehen ein Geländer benutzen, postoperativ sogar 67%. Präoperativ wurde ein Malalignment von 4,5 Grad Varusfehlstellung gefunden, was sich nach Revision etwas auf 6,8 Grad Varusfehlstellung verschlechterte.

Die Metaanalyse von Sheng et al (2004) zeigte, dass die Patienten präoperativ mit einer Beugefähigkeit von 83 Grad einen KSS von 85 Punkten (Knee-Score 49 Punkte, Function-Score 36 Punkte) aufwiesen. Postoperativ verbesserte sich die durchschnittliche Flexion auf 95 Grad, woraus ein KSS von 143 Punkten (Knee-Score 84 Punkte, Function-Score 59 Punkte) resultierte.

Die oben genannten Angaben in der Literatur zum ROM und Schmerzscore korrelieren mit unseren gefundenen Werten. So fand sich in unserer Studie präoperativ eine Beugefähigkeit von 90 Grad, die sich nach Revision auf 100 Grad verbesserte. Im Durchschnitt erhielten die Patienten in unserer Studie postoperativ mit 30 Punkten vier Punkte mehr als präoperativ. Somit verbesserte sich die Schmerzsymptomatik nur etwas. Beim Gehverhalten und Treppensteigen ergab sich postoperativ auch keine signifikante Verbesserung.

Im Durchschnitt fanden sich in unserer Studie präoperativ mit 125 Punkten höhere Werte für den KSS, als die in der Literatur gefundenen Punktwerte. Begründet ist dies vor allem darin, dass die präoperativen Werte in unserer Studie, durch Patientenbefragung und die Auswertung von Patientenakten, retrospektiv erhoben wurden. Mit einem durchschnittlichen KSS von 139 Punkten postoperativ, liegt unser Ergebnis im Bereich der in der Literatur angegebenen Werte von 127 bis 150 Punkten.

### Infektion

Nach zahlreichen Studien in den letzten Jahren, kann der zweizeitige Prothesenwechsel bei periprotetischer Kniegelenksinfektion mittlerweile als GOLD-Standard angesehen werden.

Eine Studie von Buechel et al. (2004) [85] untersuchte 22 infizierte Knieendoprothesen, die alle mit einem einzeitigen Wechsel versorgt wurden. Hierbei waren nach 10,2 Jahren 90,5% des untersuchten Kollektivs frei von wiederkehrenden Infektionen. Im Mittel fand sich postoperativ im oben genannten Untersuchungszeitraum ein Knee-Score von 79,5 Punkten mit 85,7% guten Ergebnissen.

In einer von Trepte et al. (1989) [47] durchgeführte Studie wurden 20 Revisionen analysiert, von denen zwölf aseptisch und acht septisch waren. Bei vier der infizierten Kniegelenke wurde ein Wechsel durchgeführt. Drei der Wechsel wurden zweizeitig durchgeführt und zeigten eine Erfolgsrate von 100%. Ein Wechsel wurde einzeitig durchgeführt. Bei diesem kam es ein halbes Jahr nach dem Wechsel zu einem erneuten Infektrezidiv. Im Mittel hatten die Patienten nach einer Wechseloperation einen ROM von 75-85 Grad Flexion. Nach den Ergebnissen ihrer eigenen Studien und denen der Literatur kamen sie zu dem Ergebnis, dass sich der zweizeitige Wechsel vorteilhafter sei.

In einer klinischen Studie von Virolainen et al. (2002) [44] wurden 68 Hüft- und Kniegelenksrevisionen, die aufgrund einer Infektion durchgeführt wurden, untersucht. Bei allen Patienten wurde vor dem zweizeitigen Wechsel eine Gelenkspunktion zur Erregergewinnung durchgeführt. Die Zeit zwischen primärer Implantation und dem septischen Wechsel lag im Mittel bei 7,8 Monaten. Das vorherrschende klinische Symptom war in allen Fällen Schmerz im Bereich des Kniegelenks. Weitere Symptome waren Bewegungseinschränkung, Schwellung und Rötung. Weiterhin konnte laborchemisch eine CPR- oder Leukozytenerhöhung festgestellt werden. Eine Infektion konnte jedoch nicht immer anhand klinischer Symptome charakterisiert werden und keinem einzigen Test war es möglich, im Falle einer Infektion, diese immer zu beweisen. Virolainen et al. (2002) kamen zu dem Ergebnis, dass im Falle von Schmerzen, auch ohne klare radiologische Lockerungszeichen in der röntgenologischen Untersuchung eine Kniegelenkspunktion erfolgen sollte. Vor dieser sollte es zu keiner antibiotischen Behandlung gekommen sein, um einen Erregernachweis zu ermöglichen und somit eine adäquate antibiotische Therapie einzuleiten. Zusätzlich sollte perioperativ eine Weichteilentnahme für Kulturen erfolgen. Als GOLD-Standard bei Infektionen sollte ein zweizeitiger Wechsel mit antibiotisch-beschichtetem Refobacin-Palacos-Spacer gelten.

Barrack et al. (2000) [86] untersuchten 125 Implantatwechsel, wovon 26 aufgrund einer periprotetischen Kniegelenksinfektion und 99 aufgrund einer aseptischen Lockerung erfolgten. Im Vergleich zu den aseptischen Wechseln war die ROM präoperativ in der Gruppe der septischen Wechsel deutlich eingeschränkt (79° septisch vs. 92° aseptisch). Ebenfalls fand sich in der Gruppe der septischen Wechsel präoperativ ein geringerer KSS (76 vs. 92 Punkte). Bei allen infizierten Kniegelenken erfolgte ein zweizeitiger Wechsel mit vier bis sechs Wochen antibiotisch-impregniertem Spacer und einer i.v.-Antibiose. Bei der Reimplantation wurde ein Cobalt-Chrom-System verwendet. Alle Patienten wurden beim Wechsel mit Stems versorgt.

Postoperativ fand sich ein geringerer ROM in der Gruppe der septischen Wechsel (89 Grad vs. 99 Grad). Wie bereits auch präoperativ, hatten die Patienten in der Gruppe der septischen Wechsel einen geringeren KSS (115 vs. 135 Punkte). Es fand sich in beiden Gruppen postoperativ kein Unterschied im Schmerzscore, jedoch gaben die Patienten der septischen Gruppe mehr allgemeine Unzufriedenheit an und Einschränkungen in der Aktivität des täglichen Alltags.

Eine von Goldman et al. (1996) [43] durchgeführte Studie untersuchte 64 Kniegelenksinfektionen, die zweizeitig versorgt wurden. Präoperativ konnten bei 67% der Patienten Lockerungssäume an der tibialen Komponente im Röntgenbild nachgewiesen werden. Bei der Explantation der Prothese wurde versucht, den Knochenzement vollständig zu entfernen. Zusätzlich wurde ein gründliches Débridement von Knochen und Weichteilen durchgeführt. Im Mittel nach 56 Tagen mit Spacer und parenteraler antibiotischer Therapie, konnte ein Wiedereinbau erfolgen. Bei sechs der Kniegelenke kam es zu einer erneuten Infektion, wobei nur zwei Kniegelenke denselben Keim aufwiesen. Bei allen Patienten erfolgte ein erfolgreicher Erregernachweis prä- oder intraoperativ (hauptsächlich *Staphylococcus* spp.). Postoperativ fand sich ein KSS im Mittel von 78 Punkten und ein ROM von 94 Grad (30-120 Grad). 87% der Patienten waren nach der Wechseloperation zufrieden und 95% meinten die richtige Entscheidung getroffen zu haben.

In unserer Studie lag das durchschnittliche Alter in der Gruppe der septischen Wechsel mit 64 Jahren vier Jahre unter dem der aseptischen Gruppe. Der BMI unterschied sich nur minimal um zwei Punkte. Der Großteil der Patienten hatte als Grunderkrankung in beiden Gruppen eine idiopathische Arthrose. In der septischen Gruppe befand sich zusätzlich ein Patient mit einer rheumatoiden Arthritis und sechs der Patienten in der aseptischen Gruppe hatten eine posttraumatische Arthrose. Radiologische Lockerungszeichen, Aufhellungssäume wie auch eine Veränderung der Implantatlage, fanden sich in beiden Gruppen (siehe auch Tab. 10).

Im Mittel lag die Operationsdauer in der septischen Gruppe bei 161 Minuten, in der aseptischen Gruppe bei 186 Minuten, was sich durch den sofortigen Wiedereinbau einer Prothese bei

aseptischem Wechsel begründen lässt, der mehr Zeit in Anspruch nimmt. Bei 43% der Patienten der septischen Gruppe kam es intraoperativ durch den Prothesenwechsel zu erheblichem Knochensubstanzverlust. Bei 71% dieser Fälle wurden intraoperativ Spacer verwendet. In der Gruppe der aseptischen Wechsel entstand ein Knochensubstanzverlust bei nur 26%. Spacer wurden jedoch auch bei 61% verwendet. Die Dauer zwischen der Primärimplantation und der Wechseloperation war in der Gruppe der septischen Wechsel mit 161 Wochen deutlich geringer als die der aseptischen Wechsel (303 Wochen), was mit den Angaben in der Literatur korreliert.

Vergleicht man die KSS-Werte prä- und postoperativ, sieht man, dass die Werte der septischen Gruppe präoperativ besser sind, sich jedoch nach Wechseloperation nicht verändern. Anders in der Gruppe der aseptischen Wechsel, die präoperativ geringere Ausgangswerte zeigen, sich jedoch nach Revision deutlich verbessern.

Betrachtet man jedoch die Flexionsfähigkeit, fällt auf, dass die Patienten mit septischem Wechsel präoperativ mit 79 Grad eine schlechtere Ausgangsfunktion als die Patienten der aseptischen Gruppe haben (91 Grad). Nach Revision liegen beide Gruppen im gleichen Bereich (siehe Tab. 14). Dies lässt vermuten, dass Patienten durch einen zweizeitigen Wechsel aufgrund einer Infektion, im Bereich der Flexionsfähigkeit, mehr von einer Operation profitieren als Patienten mit aseptischer Lockerung.

Bei allen Patienten wurde wie oben beschrieben ein zweizeitiger Wechsel durchgeführt. Nach Explantation der Prothese und ausführlichem Débridement wurde ein Refobacin-Palacos-Spacer eingebracht, der im Mittel für elf Wochen implantiert blieb. Zusätzlich wurde eine erregerspezifische Antibiose bis zum klinischen und laborchemischen Beweis der Infektausheilung gegeben. Anschließend wurde eine Innex SC-Knieprothese implantiert.

#### Spezifischer Erregernachweis

Das in unserer Studie nachgewiesene kulturelle Bakterienspektrum stimmt mit den in der Literatur gefundenen Ergebnissen überein. Hauptsächlich finden sich Keime der Gattung Staphylokokken. Buechel et al. (2004) fanden in ihrer Studie bei 22 infizierten Kniegelenken, die mit einem einzeitigen Wechsel versorgt wurden, bei neun Patienten (41%) einen *Staphylococcus epidermidis*. Bei vier Patienten (18,5%) konnte ein *Staphylococcus aureus* nachgewiesen werden. Weitere Keime waren vereinzelt: *Pseudomonaden*, *E. coli*, *Enterobacter* und *Proteus*. Auch bei Draijer et al. (1994) und Armstrong et al. (1992) ist der am häufigsten nachgewiesene Keim ein *Staphylococcus aureus* (40 % bzw. 50 %).

Virolainen et al. (2002) untersuchten in einer Studie den Verlauf von 68 Hüft- und Kniegelenksinfektionen und fanden hier eine Häufigkeit von *Staphylococcus epidermidis* von 33%

und *Staphylococcus aureus* von 22%. Ebenso fanden Goldman et al. (1996) bei 64 infizierten Kniegelenken hauptsächlich Keime der Gattung *Staphylococcus*.

In unserer Studie fanden sieben der 38 Wechsel aufgrund einer periprothetischen Kniegelenksinfektion statt. Bei vier Patienten konnte durch eine präoperative Kniegelenkspunktion ein Erreger kulturell nachgewiesen werden. Zusätzlich gelang bei einem Patient dieser Nachweis bei einer Kulturentnahme intraoperativ. Bei zwei Patienten war ein erfolgreicher Erregernachweis nicht möglich. Es fand sich bei vier Patienten ein *Staphylococcus aureus* und in einem Fall konnte ein *Staphylococcus* anderer Spezies nachgewiesen werden.

## 5 Zusammenfassung

Da die endoprothetische Versorgung des Kniegelenks und die damit verbundenen Revisionseingriffe zu den häufigsten orthopädischen Operationen gehören, kam es in den letzten Jahrzehnten stets zur Weiterentwicklung von Endoprothesenmodellen.

Im Rahmen dieser Nachuntersuchung wurden 38 Revisionseingriffe ausgewertet, die in der Klinik der Barmherzigen Brüder in der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Sportmedizin erfolgten. Die mittlere Standzeit der Prothese lag beim Zeitpunkt der Untersuchung bei 114 Wochen.

Besonderheit dieser Studie war, dass bei allen Revisionen ein teilgekoppeltes, modulares Prothesensystem (Innex SC) verwendet wurde.

Die Hauptindikation zum Wechsel stellte in 82% (31 Patienten) der Fälle die aseptische Prothesenlockerung dar. Die übrigen 18% (7 Patienten) der Prothesen wurden aufgrund einer periprothetischen Gelenksinfektion gewechselt.

Um eine verbesserte Alltagssituation zu erhalten, ist es für den Patienten von Bedeutung, besonders die Schmerzsituation und somit das subjektive Wohlbefinden durch eine Operation zu verbessern. Diese Studie zeigt, dass dies durch die Revisionsoperation zum Teil erreicht werden konnte. So gaben im Vergleich postoperativ mehr Patienten einen „nur leichten oder gelegentlichen Schmerz“ an, wohingegen präoperativ mehr Patienten „ständigen Schmerz“ für ihr schlechtes subjektives Befinden verantwortlich machten.

Vergleicht man die prä- und postoperativen Komplikationen, wird deutlich, dass es durch die Revisionsoperation nicht zu signifikant mehr oder erschwerten Komplikationen kam. Dies zeigt, dass die Revisionsoperation kein erhöhtes Risiko für den Patienten darstellt. Prä- wie auch postoperativ waren die meisten Komplikationen Schwellungen und Hämatome.

Durch den oft hohen Knochensubstanzverlust und die erschwerte Situation, stellt die Revisionsoperation einen komplizierten Eingriff dar. Durch die Entwicklung modularer Systeme, wie das Innex SC System, kann durch Spacer ein vorhandener Knochensubstanzverlust ausgeglichen werden und durch Stems eine adäquate Verankerung der Prothese im Knochen erfolgen. Das Modell der teilgekoppelten Endoprothese führt zu einer korrekten Beinachse und dadurch zu einer besseren Biomechanik, die die Lebensdauer einer Prothese erhöht.

Betrachtet man die prä- und postoperativen Knee Society Score-Werte der aseptischen und septischen Gruppe, ist auffällig, dass die Gruppe der septischen Wechsel bereits präoperativ einen hohen KSS-Wert von 151 Punkten aufweist. Postoperativ konnte dieser Wert nicht verbessert werden. Dieser hohe präoperative Wert, der primär nicht erwartet wird, lässt sich nur dadurch erklären, dass die Werte retrospektiv durch Befragung der Patienten und durch Datensammlung in Patientenakten erhoben wurden. In der Gruppe der aseptischen Wechsel liegt der präoperative KSS-Wert bei 120 Punkten. Dieser wurde jedoch deutlich auf postoperativ 137 Punkte verbessert.

Für die quantitative und qualitative Bewertung der Ergebnisse wurde der Knee Society Score verwendet. Hier fanden sich im Durchschnitt präoperative Werte von 125 Punkten. Postoperativ fand sich mit 139 Punkten ein signifikant höherer Wert und somit eine verbesserte Situation nach Revisionsoperation. In dieser Studie konnten wir herausfinden, dass dies zum einen durch eine postoperativ verbesserte Stabilität des Kniegelenks und zum anderen durch die Verbesserung des Bewegungsumfangs (präoperativ 90 Grad, postoperativ 100 Grad) begründet ist.

Aufgrund der überwiegend guten klinischen Ergebnisse in unserem Patientenkollektiv, stellt die Innex SC Prothese eine effektive Therapieoption zur Verbesserung des Outcome bei Knierevisionsoperationen dar.

## 6 Literaturverzeichnis

- 1 Schiebler TH, Schmidt W : Anatomie. *Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 2005; 9. Auflage.*
- 2 Weigel B, Nerlich M: Praxisbuch Unfallchirurgie. *Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 2005.*
- 3 Schünke M, Schulte E, Schumacher U: Prometheus. Lernatlas der Anatomie. *Georg Thieme Verlag New York 2005.*
- 4 Schiebler TH, Schmidt W: Anatomie. *Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1999; 8.Auflage.*
- 5 Benninghoff A, Drenckhahn D: Anatomie Band 1. *Urban & Fischer Verlag 2003; 16. Auflage.*
- 6 Anatomie des Kniegelenks;  
<http://skeletonsandmore.com/cart/images/9862.jpg>. Zuletzt abgerufen am: 19.03.2009
- 7 Appell HJ, Stang-Voss C: Funktionelle Anatomie. Grundlagen sportlicher Leistung und Bewegung. *Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 2008; 4. Auflage.*
- 8 Niethard FU, Pfeil J: Orthopädie. *Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York 2003; 4. Auflage.*
- 9 Fetzner U, Blaum T, Kasch R: Chirurgie, Orthopädie, Urologie. *Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 2008; 1. Auflage.*
- 10 Schematische Darstellung der Arthrose am Kniegelenk;  
[http://4.bp.blogspot.com/\\_7o9rCA8Mqao/SeIT\\_XPOfml/AAAAAAAAAAm4/2hQ7u9oZd2Q/s400/OsteoarthritisKnee1.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_7o9rCA8Mqao/SeIT_XPOfml/AAAAAAAAAAm4/2hQ7u9oZd2Q/s400/OsteoarthritisKnee1.jpg). Zuletzt abgerufen am 26.03.2009
- 11 Duchow J, Kohn D: Treatment of knee joint arthritis in the middle-aged patient. *Der Orthopäde 2003; 32(10):920-929.*
- 12 Imhoff A, Böni T: The femoropatellar pain syndrome. Conservative and surgical therapy in a long-term comparison (10-20 years) and their therapeutic consequences. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete 1989; 127(2):139–151.*
- 13 Fulkerson JP, Kalenak A, Rosenberg TD, Cox JS: Patellofemoral pain. *Instruct Course Lect., 1992; 41:57–71.*
- 14 Fulkerson JP: Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain. *The American journal of sports medicine 2002; 30(3):447–456.*
- 15 Dixit S, DiFiori JP, Burton M, Mines B: Management of patellofemoral pain syndrome. *American family physician 2007; 75(2):194–202.*
- 16 Wessinghage D: Historische Aspekte des Gelenkersatzes. Eine bibliographische Studie. *Der Orthopäde 2000; 29:1067-1071.*

- 17 Wessinghage D: Themistocles Gluck. 100 years artificial joint replacement. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 1991; 129(5):383–388.
- 18 Jerosch J, Heisel J: Knieendoprothetik. *Springer-Verlag Berlin, Heidelberg* 1998.
- 19 Grundei H: Ossäre Integration: Geschichtliche Entwicklung der Endoprothetik und der Fixation durch Spongiosa-Metal®. *Springer-Verlag Berlin, Heidelberg* 2006.
- 20 Blauth W, Donner K: Zur Geschichte der Arthroplastik. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 1979; 117(6):997–1006.
- 21 Fuchs S, Jerosch J: Knieendoprothetik-eine Standortbestimmung. *Der Unfallchirurg* 1996; 99(12):958–963.
- 22 Agneskircher JD, Lobenhoeffer P: Endoprothetik des Kniegelenks. *Der Unfallchirurg* 2004; 107:219-231.
- 23 Gerber BE, Maenza F: Shift and tilt of the bony patella in total knee replacement. *Der Orthopäde* 1998; 27(9):629–636.
- 24 Kulkarni SK, Freeman MA, Poal-Manresa JC, Asencio JI, Rodriguez JJ: The patellofemoral joint in total knee arthroplasty: Is the design of the trochlea the critical factor? *The Journal of arthroplasty* 2000; 15(4):424–429.
- 25 Rand JA: Augmentation of a total knee arthroplasty with a modular metal wedge. A case report. *The Journal of bone and joint surgery* 1995; 77(2):266–268.
- 26 Barrack RL, Lyons TR, Ingraham RQ, Johnson JC: The use of a modular rotating hinge component in salvage revision total knee arthroplasty. *The Journal of arthroplasty* 2000; 15(7):858–866.
- 27 Bellemans J: Restoring the joint line in revision TKA: Does it matter? *The Knee* 2004; 11(1):3–5.
- 28 Dorn U, Neumann D: Knieendoprothetik-Update. *Journal für Mineralstoffwechsel* 2008; 15 (1):40-42.
- 29 Felix NA, Stuart MJ, Hanssen AD: Periprosthetic fractures of the tibia associated with total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 1997;345:113-124.
- 30 Heck DA, Melfi CA, Mamlin LA, Katz BP, Arthur DS, Dittus RS: Revision rates after knee replacement in the United States. *Medical care* 1998; 36(5):661–669.
- 31 Kuster MS, Stachowiak GW: Factors affecting polyethylene wear in total knee arthroplasty. *Orthopedics* 2002; 25(2 Suppl):235-42.
- 32 Padgett DE, Stern SH, Insall JN: Revision total knee arthroplasty for failed unicompartmental replacement. *The Journal of bone and joint surgery* 1991; 73(2):186–190.

- 
- 33 Gill T, Schemitsch EH, Brick GW, Thornhill, TS: Revision total knee arthroplasty after failed unicompartmental knee arthroplasty or high tibial osteotomy. *Clinical orthopaedics and related research* 1995; (321):10–18.
- 34 Gofton WT, Tsigaras H, Butler RA, Patterson JJ, Barrack RL: Revision total knee arthroplasty. Fixation with modular stems. *Clinical orthopaedics and related research* 2002; (404):158–168.
- 35 Drobny TK, Munzinger UK, Chomiak J: 2-stage exchange in the treatment of infected knee prosthesis. *Der Orthopäde* 1995; 24(4):360–366.
- 36 Heyligers I C, vanHaaren EH, Wuisman PI: Revision knee arthroplasty using impaction grafting and primary implants. *The Journal of arthroplasty* 2001; 16(4):533–537.
- 37 Hirakawa K, Stulber BN, Wilde AH, Bauer TW, Secic M: Results of 2-stage reimplantation for infected total knee arthroplasty. *The Journal of arthroplasty* 1998; 13(1):22–28.
- 38 Parker DA, Rorabeck CH, Bourne RB: Long-term followup of cementless versus hybrid fixation for total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research* 2001; (388):68–76.
- 39 Parks NL, Engh GA: The Ranawat Award. Histology of nine structural bone grafts used in total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research* 1997; (345):17–23.
- 40 Hoeffel DP, Rubash HE: Revision total knee arthroplasty: current rationale and techniques for femoral component revision. *Clinical orthopaedics and related research* 2000; (380):116–132.
- 41 Babis GC, Trousdale RT, Morrey BF: The effectiveness of isolated tibial insert exchange in revision total knee arthroplasty. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 2002; 84-A(1):64–68.
- 42 Blom AW, Brown J, Taylor AH, Pattison G, Whitehouse S, Bannister GC: Infection after total knee arthroplasty. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 2004; 86(5):688–691.
- 43 Goldman RT, Scuderi GR, Insall JN: 2-stage reimplantation for infected total knee replacement. *Clinical orthopaedics and related research* 1996; (331):118–124.
- 44 Virolainen P, Lähteenmäki H, Hiltunen A, Sipola E, Meurman O, Nelimarkka O: The reliability of diagnosis of infection during revision arthroplasties. *Scandinavian journal of surgery. Official organ for the Finnish Surgical Society and the Scandinavian Surgical Society* 2002; 91(2):178–181.
- 45 Friesecke C, Wodtke J: Die periprothetische Kniegelenkinfektion. Einzeitiger Wechsel. *Der Orthopäde* 2006; 35(9):937–940.
- 46 Friesecke C, Wodtke J: Management des Protheseninfektes: Management of periprosthetic infection. *Der Chirurg* 2008; 79(8):777–92.

- 
- 47 Trepte CT, Puhl W: Revisionseingriffe bei aseptisch und septisch gelockerten Knieendoprothesen. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 1989; 127(3):315–321.
- 48 Jämsen E, Huhtala H, Puolakka T, Moilanen T: Risk factors for infection after knee arthroplasty. A register-based analysis of 43,149 cases. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 2009; 91(1):38–47.
- 49 Hube R, Sotereanos NG, Reichel H: The Midvastus Approach for Total Knee Arthroplasty: Der sog. Midvastus-Zugang zur Implantation von Kniegelenkendoprothesen. *Operative Orthopädie und Traumatologie* 2002; 14(3):253–263.
- 50 Insall JN, Dethmers DA: Revision of total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research* 1982; (170):123–130.
- 51 Ayers DC, Franklin PD, Ploutz-Snyder R, Boisvert CB: Total knee replacement outcome and coexisting physical and emotional illness. *Clinical orthopaedics and related research* 2005; 440:157–161.
- 52 Franklin J, Ingvarsson T, Englund M, Lohmander LS: Sex differences in the association between body mass index and total hip or knee joint replacement due to osteoarthritis. *Annals of the rheumatic diseases* 2008.
- 53 König A, Kirschner S: Langzeitergebnisse in der Knieendoprothetik. *Der Orthopäde* 2003; 32(6):516–526.
- 54 Patel AD, Albrizio M: Relationship of body mass index to early complications in knee replacement surgery. *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 2008; 128(1):5–9.
- 55 Booth RE: Total knee arthroplasty in the obese patient: tips and quips. *The Journal of arthroplasty* 2002; 17(4 Suppl 1):69–70.
- 56 BQS Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung GmbH. BQS-Qualitätsreport 2008. Online publiziert unter <http://www.bqs-qualitaetsreport.de>.
- 57 BQS Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung GmbH. BQS-Qualitätsreport 2008. Online publiziert unter <http://www.bqs-qualitaetsreport.de>.
- 58 Robertsson O, Knutson K, Lewold S, Lidgren L: The Swedish Knee Arthroplasty Register 1975-1997: An update with special emphasis on 41,223 knees operated on in 1988-1997. *Acta orthopaedica Scandinavica* 2001; 72(5):503–513.
- 59 Insall JN, Dorr LD, Scott RD, Scott, WN: Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clinical orthopaedics and related research* 1989; (248):13–14.
- 60 Hube R, Reichel H: Modulare Revisionssysteme in der Knieendoprothetik. Möglichkeiten und Techniken. *Der Orthopäde* 2003; 32(6):506–515.

- 
- 61 Saleh KJ, Dykes DC, Tweedie RL, Mohamed K, Ravichandran A, Saleh RM: Functional outcome after total knee arthroplasty revision: a meta-analysis. *The Journal of arthroplasty* 2002; 17(8):967–977.
- 62 Röder C, Parvizi J, Eggli S, Berry DJ, Müller ME, Busato A: Demographic factors affecting long-term outcome of total hip arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research* 2003; (417):62–73.
- 63 Dennis DA : Wound complications in total knee arthroplasty. *Instructional course lectures* 1997; 46:165–169.
- 64 Robertsson O, Dunbar M, Pehrsson T, Knutson K, Lidgren L: Patient satisfaction after knee arthroplasty: A report on 27,372 knees operated on between 1981 and 1995 in Sweden. *Acta orthopaedica Scandinavica* 2000; 71(3):262–267.
- 65 Goergen TG, Dalinka MK, Alazraki N, Berquist TH, Daffner RH, DeSmet AA: Evaluation of the patient with painful hip or knee arthroplasty. *American College of Radiology. Radiology* 2000; 215 Suppl:295–298.
- 66 Bone LB: Orthopaedic Knowledge Update 6. *Journal of Trauma Injury Infection & Critical Care* 2001;50(3):574-581.
- 67 Graf R, Hofmann S: Knieendoprothetik-eine Erfolgsgeschichte mit Fortsetzung. *Der Orthopäde* 2003; 32(6):453-453.
- 68 Mackay DC, Siddique MS: The results of revision knee arthroplasty with and without retention of secure cemented femoral components. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 2003; 85(4):517–520.
- 69 Jerosch J: Knieendoprothetik. Indikationen-Operationsprinzipien-Nachbehandlung. *Medizinische Monatsschrift für Pharmazeuten* 1999; 22(10):305–312.
- 70 Stürmer T, Günther KP, Brenner H: Obesity, overweight and patterns of osteoarthritis: the Ulm Osteoarthritis Study. *Journal of clinical epidemiology* 2000; 53(3):307–313.
- 71 Amin AK, Patton JT, Cook RE, Brenkel IJ: Does obesity influence the clinical outcome at five years following total knee replacement for osteoarthritis? *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 2006; 88(3):335–340.
- 72 Friedman RJ, Hirst P, Poss R, Kelley K, Sledge CB: Results of revision total knee arthroplasty performed for aseptic loosening. *Clinical orthopaedics and related research* 1990; (255):235-241.
- 73 Hohl WM, Crawford E, Zelicof SB, Ewald FC: The Total Condylar III prosthesis in complex knee reconstruction. *Clinical orthopaedics and related research* 1991; (273):91–97.

- 
- 74 Bugbee WD, Ammeen DJ, Engh GA: Does implant selection affect outcome of revision knee arthroplasty? *The Journal of arthroplasty* 2001; 16(5):581–585.
- 75 Elia EA, Lotke PA: Results of revision total knee arthroplasty associated with significant bone loss. *Clinical orthopaedics and related research* 1991; (271):114–121.
- 76 Murray PB, Rand JA, Hanssen AD: Cemented long-stem revision total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research* 1994; (309):116–123.
- 77 Becker R, John M, Neumann WH: Clinical outcomes in the revision of unicondylar arthroplasties to bicondylar arthroplasties. A matched-pair study. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery – Including Arthroscopy and Sports Medicine* 2004; 124(10):702–707.
- 78 Sheng P, Lehto M, Kataja M, Halonen P, Moilanen T, Pajamäki J: Patient outcome following revision total knee arthroplasty: A meta- analysis. *International Orthopaedics* 2004; 28(2):78–81.
- 79 Bauman RD, Lewallen DG, Hanssen AD: Limitations of structural allograft in revision total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research* 2009; 467(3):818–824.
- 80 Font-Rodriguez DE, Scuderi GR, Insall JN : Survivorship of cemented total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research* 1997; (345):79–86.
- 81 Chockalingam S: The outcome of cemented vs. cementless fixation of a femoral component in total knee replacement (TKR) with the identification of radiological signs for the prediction of failure. *The Knee* 2000; 7(4):233–238.
- 82 Duffy GP, Berry DJ, Rand JA: Cement versus cementless fixation in total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research* 1981; (356):66–72.
- 83 Campbell DG, Duncan WW, Ashworth M, Mintz A, Stirling J, Wakefield: Patellar resurfacing in total knee replacement: A ten-year - 86 -andomized prospective trial. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 2006; 88(6):734–739.
- 84 Feller JA, Bartlett RJ, Lang DM: Patellar resurfacing versus retention in total knee arthroplasty. *The Journal of bone and joint surgery* 1996; *British volume*, 78(2):226–228.
- 85 Buechel FF: The infected total knee arthroplasty: just when you thought it was over. *The Journal of arthroplasty* 2004; 19(4 Suppl 1):51–55.
- 86 Barrack RL, Engh G, Rorabeck C, Sawhney J, Woolfrey M: Patient satisfaction and outcome after septic versus aseptic revision total knee arthroplasty . *The Journal of arthroplasty* 2000; 15(8):990–993.

## 7 Anhang

### 7.1 Glossar

Abb.	Abbildung
ACT	autologe Chondrozytentransplantation
Art.	Articulatio
a/p	anterior/posterior
ASA	American Society of Anesthesiologists
BMI	Body Mass Index
BSG	Blutkörperchen-Senkungsgeschwindigkeit
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
COX	Cyclooxygenase
CRP	C-reaktives Protein
d.h.	das heißt
E.	Escherichia
FIXCR	FIX Cruciate Retaining
FIXUC	FIX Ultra Congruent Only Rotating
HSS	Hospital for Special Surgery
kg	Kilogramm
KSS	Knee Society Score
Lig.	Ligamentum
m	Meter
M.	Musculus
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
N.	Nervus
NSAR	nichtsteroidales Antirheumatikum
OA	Osteoarthritis
OCT	osteocondrale Transplantation
o.g.	oben genannte

PLT	Periostlappentransplantation
PMMA	Polymethylmetacrylat
RA	Rheumatoid Arthritis
ROM	Range of Motion
s.	siehe
sc	semi-constraint
spp.	Species
Staph.	Stapylococcus
Tab.	Tabelle
TEP	Totalendoprothese
TKA	Total Knee Arthroplasty
VAS	visuelle Analogskala
vs.	Versus
z.B.	zum Beispiel

## 7.2 Abbildungsverzeichnis

Abb.1	Anatomie des Kniegelenks	S.2
Abb.2	Achsverhältnisse am Kniegelenk	S.4
Abb.3	Radiologische Zeichen der Gonarthrose	S.5
Abb.4	Schematische Darstellung der Arthrose am Kniegelenk	S.5
Abb.5	Themistockles Gluck	S.9
Abb.6	Röntgenaufnahmen verschiedener Prothesentypen	S.12
Abb.7	Kniegelenkspunktion mit infiziertem Aspirat	S.16
Abb.8	Innex SC Prothese	S.17
Abb.9	Tibiale Komponente	S.18
Abb.10	Verschiedene Stems	S.19
Abb.11	Tibiale Komponente	S.20
Abb.12	Tibiaeinlage	S.20
Abb.13	Führungszapfen	S.21
Abb.14	Subkutane Präparation der Gleitschichten	S.22
Abb.15	Anatomische Verhältnisse nach Eröffnung der Gelenkkapsel	S.23
Abb.16	Eröffnung des Kniegelenks	S.25
Abb.17	Ausbau der alten Prothese	S.26
Abb.18	Jet Lavage vor Implantation	S.26
Abb.19	Implantierte Innex SC Prothese	S.27
Abb.20	Indikationen nach Grunderkrankungen	S.28
Abb.21	Visuelle Analogskala	S.34
Abb.22	Grunderkrankungen	S.40
Abb.23	Postoperative Komplikationen	S.41
Abb.24	Standzeiten in Wochen	S.42
Abb.25	Indikationen	S.43
Abb.26	ASA-Klassifikation	S.44
Abb.27	Radiologische Aufhellungszeichen	S.44
Abb.28	Lyse säume und Implantatlockerung im Röntgenbild	S.45
Abb.29	Intraoperative Befunde	S.46
Abb.30	OP-Dauer	S.46
Abb.31	Erregernachweis	S.48
Abb.32	Infektionstyp	S.48
Abb.33	Postoperative Komplikationen	S.50
Abb.34	Komplikationen im Vergleich	S.50

Abb.35	Standzeiten in Wochen	S.51
Abb.36	Schmerz	S.53
Abb.37	Schmerz	S.54
Abb.38	Beugegrad	S.55
Abb.39	Stabilität anterior-posterior	S.56
Abb.40	Stabilität medio-lateral	S.56
Abb.41	Flexionskontraktur	S.57
Abb.42	Extensionsdefizit	S.57
Abb.43	Alignement	S.58
Abb.44	Achsabweichung präoperativ	S.58
Abb.45	Gehen	S.59
Abb.46	Treppensteigen	S.60
Abb.47	Gehhilfen	S.61
Abb.48	Punkte gesamt	S.62
Abb.49	Knee-Score	S.62
Abb.50	Function-Score	S.63
Abb.51	KSS gesamt	S.63

**7.3 Tabellenverzeichnis**

Tab.1	Kriterien zur Beurteilung von Schmerzanamnese und Klinik	S.31
Tab.2	Röntgenologische Kriterien	S.33
Tab.3	Knee Society Score	S.36
Tab.4	Allgemeine Patientendaten	S. 38
Tab.5	Verteilung der Patienten nach BMI	S. 39
Tab.6	Medikamenteneinnahme	S. 39
Tab.7	Verteilung der Beinachsen	S. 40
Tab.8	ASA-Klassifikation	S. 43
Tab.9	Zeit der arthrodetischen Versorgung	S. 47
Tab.10	Vergleich von septischem und aseptischem Wechsel	S. 49
Tab.11	Scorewerte	S. 52
Tab.12	Flexionsfähigkeit	S. 55
Tab.13	Übersicht zu den verwendeten Studien	S. 67
Tab.14	Ergebnisse anderer Studien	S.72

---

## 7.4 Patientenfragebogen

1. Geburtsdatum
2. Alter
3. Geschlecht ☐ männlich ☐ weiblich
4. Gewicht in kg
5. Größe in m
6. BMI
7. Raucher ☐ nein ☐ ja
8. Grunderkrankung
- ☐ Idiopathische Arthrose
  - ☐ posttraumatische Arthrose
  - ☐ Rheumatoide Arthritis
  - ☐ Andere
9. Seite ☐ rechts ☐ links ☐ beidseits
10. ASA-Qualifikation 0-IV
11. Indikation für TEP-Wechsel
- ☐ Lockerung
  - ☐ mechanische Funktionseinschränkung
  - ☐ Infektion
  - ☐ periprothetische Fraktur
  - ☐ Andere
- 

### Erstimplantation

12. Beinachse radiologisch ☐ nichts ☐ Varus ☐ Valgus ☐ nicht bekannt
13. postoperative Komplikationen
- ☐ Schwellung
  - ☐ Hämatom
  - ☐ Infektion
  - ☐ Thrombose
  - ☐ Wundheilungsstörungen
  - ☐ neurologische Komplikationen
  - ☐ Knochenbruch
  - ☐ Beinlängendifferenz
  - ☐ keine Komplikationen

---

	<input type="checkbox"/> Revision	
	<input type="checkbox"/> Sturz	
	<input type="checkbox"/> Luxation	
14.verwendetes System 1.TEP	<input type="checkbox"/> zementfrei <input type="checkbox"/> zementiert	
15.Rückflächenersatz patellar	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	
16.Bandstabilität bei Erstimplantation	anterior-posterior	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja
17.Bandstabilität bei Erstimplantation	medio-lateral	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja
18.Zementspacer	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	
19. Dauer in Wochen		

---

**TEP-Wechsel**

20.Erregernachweis präoperativ	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja
21.Beinachse radiologisch	<input type="checkbox"/> keine Veränderung <input type="checkbox"/> Varus <input type="checkbox"/> Valgus <input type="checkbox"/> nicht bekannt
22. Abweichung in Grad	
23.Lockerungszeichen radiologisch	<input type="checkbox"/> nein
	<input type="checkbox"/> Aufhellungszone > 2mm
	<input type="checkbox"/> veränderte Implantatlage
24.Zugang: Mediale Arthrotomie	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja
25.OP-Dauer	
26.Lockerungszeichen intraoperativ	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja
27.Tuberositasosteotomie	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja
28.Knöcherner Substanzverlust	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja
29.Verwendung eines Spacers	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja
30.Rückflächenersatz beim Wechsel	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja
31.Patellarelease	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja
32.Antibiotische Prophylaxe postoperativ	
	<input type="checkbox"/> Keine
	<input type="checkbox"/> Cephazolin
	<input type="checkbox"/> Fosfomycin
	<input type="checkbox"/> Moxifloxacin
	<input type="checkbox"/> Ciprofloxacin
	<input type="checkbox"/> Cefuroxim

- ☐ Rifampicin
- ☐ Vancomycin
- ☐ Gentamycin
- ☐ Sonstige
  
- 33. Wechsel ☐ aseptisch ☐ septisch
- 34.präop. gesicherter Infekt ☐ nein ☐ ja
- 35.Erregernachweis ☐ nein ☐ ja
- 36.Erregernachweis
  - ☐ Staphylococcus aureus
  - ☐ Staphylococcus saprophyticus
  - ☐ andere Staphylokokken
  - ☐ Streptokokken
  - ☐ Pseudomonas aeruginosa
  - ☐ E.coli
  - ☐ MRSA
  - ☐ Proteus mirabilis
  - ☐ Andere
- 37.Zeitpunkt der Infektion
  - ☐ Sofortinfektion (innerhalb von 4 Wochen)
  - ☐ Frühinfektion (innerhalb von 12 Monaten)
  - ☐ Spätinfektion (nach 12 Monaten)
  - ☐ unklar
- 38.postoperative Komplikationen
  - ☐ Schwellung
  - ☐ Hämatom
  - ☐ Infektion
  - ☐ Thrombose
  - ☐ Wundheilungsstörungen
  - ☐ neurologische Komplikationen
  - ☐ Knochenbruch
  - ☐ Beinlängendifferenz
  - ☐ keine Komplikationen
  - ☐ Revision

☐ Sturz

39. Thromboseprophylaxe ☐ nein ☐ ja

40. Zeitraum zwischen 1. TEP und Wechsel in Wochen

41. Zeitraum zwischen Wechsel und Nachuntersuchung in Wochen

42. aktuelle Schmerzmedikation ☐ keine  
☐ NSAR  
☐ COX II-Hemmer  
☐ Opiate

43. Beinlängendifferenz in cm

44. Knieumfang 15cm oberhalb GS gesundes Bein in cm

45. Knieumfang 15cm oberhalb GS operiertes Bein in cm

46. Knieumfang 10cm unterhalb GS gesundes Bein in cm

47. Knieumfang 10cm unterhalb GS operiertes Bein in cm

48. Krepitationen ☐ nein ☐ ja

49. VKB ☐ stabil ☐ instabil

50. HKB ☐ stabil ☐ instabil

51. Bewegungsumfang in Grad

präoperativ:

postoperativ:

## Knee-Society-Score prä-/postoperativ

<b>Objective Scoring</b>		
<b>Pain Points</b>	None Mild or occasional Stairs only Walking& Stairs Moderate Occasional Continual Severe	50 45 40 30 20 10 0
<b>Range of motion</b>	(5° = 1 point)	25
<b>Stability</b>		
<b>Anteroposterior</b>	<5 mm 5-10 mm >10 mm	10 5 0
<b>Mediolateral</b>	<5° 6° -9° 10° -14° 15°	15 10 5 0
<b>Flexion contracture</b>	5° -9° 10° -15° 16° -20° >20°	-2 -5 -10 -15
<b>Extension lag</b>	<10° 10° -20° >20°	-5 -10 -15
<b>Alignment</b>	0° -4° 5° -10° 11° -15°	0 -6 -12
<b>Functional Scoring</b>		
<b>Walking</b>	Unlimited >10 blocks 5-10 blocks <5 blocks Housebound Unable	50 40 30 20 10 0
<b>Stairs</b>	Normal up & down Normal up,down with rail Up & down with rail Up with rail; unable down Unable	50 40 30 15 0
<b>Functional Deductions</b>	Cane Two canes Crutches or walker	-5 -10 -20

**8 Curriculum vitae**

Name: Stefanie Kristina Schmidt

Geburtsdatum: 06.01.1984

Geburtsort: Heidenheim a.d. Brenz

Schulausbildung:

1990-1994 Grundschule Niederstotzingen

1994-2003 Schiller-Gymnasium, Heidenheim

Studium:

2004-2006 Vorklinisches Studium der Humanmedizin, Georg-August-Universität Göttingen

2006-2011 Klinisches Studium der Humanmedizin, Universitätsklinikum Regensburg

Praktisches Jahr:

1. Tertial: Klinik St. Hedwig, Regensburg; *Abteilung : Pädiatrie*

2. Tertial: University Hospital Attikon, Athens; *Abteilung: Chirurgie*

3. Tertial: Krankenhaus der Barmherzigen Brüder, Regensburg; *Abteilung: Innere Medizin*

Famulaturen:

Februar 2007: Krankenhaus der Barmherzigen Brüder, Regensburg; *Abteilung: Unfallchirurgie*

März 2007: Universitätsklinikum Regensburg; *Abteilung: Hämatologie/Onkologie*

August 2007: Evangelisches Krankenhaus, Regensburg; *Abteilung: Unfallchirurgie*

Februar 2008: Praxis Dr. med. S. Ruf; *Handchirurgie, Plastische Chirurgie*

Studienbegleitende Tätigkeiten:

10/2007-07/2009 vergütete Nebentätigkeit als OP-Assistent in der Unfallchirurgie im Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Regensburg

Regensburg, den

Stefanie Schmidt