

AUS DEM LEHRSTUHL  
FÜR ORTHOPÄDIE ASKLEPIOS KLINIKUM BAD ABBACH  
PROF. DR. MED. J. GRIFKA  
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

Korrelieren die klinischen, radiologischen und intraoperativen Befunde  
der Gonarthrose?

Eine klinische Untersuchung an 103 Patienten

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Dr. Grades  
der Medizin

der  
Medizinischen Fakultät  
der Universität Regensburg

vorgelegt von

Tobias Rupprecht

2008



AUS DEM LEHRSTUHL  
FÜR ORTHOPÄDIE ASKLEPIOS KLINIKUM BAD ABBACH  
PROF. DR. MED. J. GRIFKA  
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

Korrelieren die klinischen, radiologischen und intraoperativen Befunde  
der Gonarthrose?

Eine klinische Untersuchung an 103 Patienten

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Dr. Grades  
der Medizin

der  
Medizinischen Fakultät  
der Universität Regensburg

vorgelegt von

Tobias Rupprecht

2008

Dekan: Prof. Dr. Bernhard Weber

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Joachim Grifka

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Martin Fleck

Tag der mündlichen Prüfung: Montag, den 06.07.09

Gewidmet  
meiner Familie

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	8
1.1. Vorstellung der Gonarthrose .....	8
1.1.1. Definition und Epidemiologie der Gonarthrose .....	8
1.1.2. Ätiologie und Pathogenese.....	9
1.1.3. Lokale und systemische Risikofaktoren.....	11
1.1.4. Klinik der Patienten mit Gonarthrose .....	12
1.1.5. Diagnostik.....	13
1.1.5.1. Anamnese und Untersuchung.....	13
1.1.5.2. Radiologischer Befunde der Gonarthrose.....	14
1.1.5.3. weitere diagnostische Maßnahmen .....	18
1.1.6. Konservative Therapiestrategien .....	19
1.1.6.1. nicht – medikamentöse Strategien.....	19
1.1.6.2. medikamentöse Strategien .....	19
1.1.7. OP – Indikation .....	21
1.1.8. operative Therapiemöglichkeiten der Gonarthrose.....	21
1.1.8.1. Arthroskopisches Gelenkdebridement .....	21
1.1.8.2. Umstellungsosteotomien.....	22
1.1.8.3. Unikondylärer Gelenkersatz.....	22
1.1.8.4. Gekoppelte und ungekoppelte Totalendoprothesen .....	23
1.2. Klinische Messverfahren und Skalen .....	25
1.2.1. Radiologische Beurteilung nach Kellgren und Lawrence.....	25
1.2.2. Chondromalaziestadien nach Outerbridge .....	26
1.3. Anatomie des Kniegelenks.....	27
1.3.1. Der Bandapparat .....	27
1.3.2. Achsen und Fehlstellungen .....	29
1.4. Erkenntnisstand zu Ergebnissen der Knieendoprothetik.....	30
1.5. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit.....	32
2. Material und Methode .....	34
2.1. Patientenkollektiv .....	34
2.1.1. Aufnahmekriterien .....	34
2.1.2. Demographische Angaben .....	35
2.2. Womac Score .....	36

2.3. Knee Society Score.....	37
2.4. Klinische Untersuchung .....	38
2.5. Visuelle Analog Scala .....	39
2.6. Radiologische Befunde .....	39
2.7. Intraoperative Bewertung der Arthroseprogression.....	42
2.8. Statistische Auswertung.....	43
3. Ergebnisse.....	45
3.1. Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index.....	45
3.1.1. Womac A.....	46
3.1.2. Womac B.....	46
3.1.3. Womac C.....	47
3.1.4. Womac Gesamtscore .....	48
3.2. Schmerzmitteleinnahme.....	48
3.3. Knee Society Score.....	49
3.3.1. Knee Subscore .....	50
3.3.2. Function Subscore.....	51
3.3.3. Total Knee Score .....	52
3.4. BewegungsausmaÙe und weitere Untersuchungsbefunde .....	52
3.5. Visuelle Analog Scala .....	54
3.6. Radiologische Befunde .....	55
3.6.1. Gelenkspaltverschmälerung .....	55
3.6.2. Beinachsenbestimmung .....	56
3.6.3. SklerosierungsausmaÙ.....	57
3.6.4. Grad und Lokalisation der Osteophytenbildung.....	58
3.6.5. Zystenbildung und Subluxationsstellung .....	60
3.6.6. Kellgren Score.....	60
3.7. Intraoperative Befunde.....	61
3.7.1. Chondromalaziestadien.....	61
3.7.2. Grad der Osteophytenbildung, Synovitis und Gelenkerguss .....	62
3.8. Korrelation der verschiedenen Variablen .....	63
3.8.1. Korrelationen patientenspezifischer Parameter.....	63
3.8.2. Korrelationen des Womac Scores .....	64
3.8.3. Korrelationen des Knee Society Scores .....	67
3.8.4. Korrelationen der Untersuchungsbefunde .....	71

3.8.5. Korrelationen der radiologischen Befunde.....	73
3.8.6. Korrelationen der intraoperativen Befunde .....	76
4. Diskussion .....	78
4.1. Patientenkollektiv .....	80
4.2. Ergebnisse der Evaluationsbögen und der klinischen Untersuchung .....	81
4.3. Radiologische und intraoperative Befunde.....	85
4.3.1. Diskussion der Summenscores .....	85
4.3.2. Ergebnisse der radiologischen und intraoperativen Untersuchung.....	86
4.4. Diskussion der Korrelationsanalysen .....	90
4.4.1. Korrelation patientenspezifischer Daten mit den übrigen Befunden .....	90
4.4.2. Korrelation der subjektiven Beschwerden mit den radiologischen Zeichen der Gonarthrose .....	93
4.4.3. Korrelation der klinischen Untersuchungsbefunde mit den radiologischen Zeichen der Gonarthrose.....	96
4.4.4. Korrelation der subjektiven Beschwerden mit den Stadien der Chondromalazie .....	99
4.4.5. Korrelation radiologischer Zeichen der Gonarthrose mit den Stadien der Chondromalazie .....	102
5. Zusammenfassung .....	106
6. Anhang .....	109
6.1. Womac Score – Fragebogen .....	109
6.2. Knee Society Score, Untersuchungsbogen.....	113
6.3. Bogen für Radiologisch Befund.....	116
6.4. Bogen für die intraoperative Befundung.....	118
7. Literaturverzeichnis.....	119
8. Tabellenverzeichnis .....	134
9. Diagrammverzeichnis .....	134
10. Abbildungsverzeichnis .....	135
11. Abkürzungsverzeichnis.....	136
12. Danksagung .....	137
13. Lebenslauf .....	138

# 1. Einleitung

## 1.1. *Vorstellung der Gonarthrose*

Die Arthrose des Kniegelenks ist eine der häufigsten degenerativen orthopädischen Erkrankungen. Obwohl die Gonarthrose eine weit verbreitete und seit langem intensiv beforschte Erkrankung ist, sind die Kenntnisse über die Ätiologie, den Zusammenhang und der Bedeutung unterschiedlicher Risikofaktoren und der Wertigkeit unterschiedlicher Befallsmuster noch sehr unvollständig.

### 1.1.1. **Definition und Epidemiologie der Gonarthrose**

Die Gonarthrose ist definiert als eine degenerative, progrediente Erkrankung des gesamten Kniegelenks – entweder des medialen oder lateralen femoro-tibialen oder auch des femoro-patellaren Gelenkanteils allein oder in Kombination - mit irreversibel fortschreitender Gelenkknorpeldestruktion unter Mitbeteiligung der anderen Gelenkstrukturen, wie Knochen, Synovia, Gelenkkapsel und gelenkumgebender Muskulatur.

Sie ist eine in der gesamten Welt weit verbreitete degenerative Erkrankung und zählt zu den häufigsten Gelenkerkrankungen überhaupt [57]. Oliveria et al. beziffern die Lebenszeitinzidenz auf 240/100.000 Lebensjahren und damit deutlich höher als die Lebenszeitinzidenz für Handgelenk – oder Hüftarthrosen [125]. Ihre Prävalenz nimmt mit steigendem Alter der Patienten zu, wobei Frauen ein gegenüber Männern deutlich erhöhtes Risiko haben eine Kniegelenksarthrose zu entwickeln [63,125]. So beträgt die Prävalenz der klinisch manifesten Gonarthrose in den USA laut Marian T. Hannan et al. evaluiert nach Röntgenkriterien bei 41 bis 50 Jährigen 2,0% im Gegensatz zu 9,2% in der Altersgruppe von 51 bis 74 Jahren [68]. Sun Y. et al beziffern die Prävalenz der Gonarthrose jenseits des 60. Lebensjahres sogar mit etwa 30% [167]. Allerdings zeigen lediglich 47% der Probanden mit radiologischen Zeichen einer Kniearthrose auch die entsprechende klinische Symptomatik [68]. In der „Ulmer Arthrose-Studie“ von 2002 konnte gezeigt werden, dass lediglich 27,2% aller Patienten mit Gonarthrose männlichen Geschlechts sind, also Frauen nahezu viermal häufiger unter Gonarthrose leiden als Männer.

Aufgrund der zunehmenden Bewegungsarmut, der prozentualen Zunahme der Übergewichtigen sowie der relativen Alterung der Bevölkerung vor allem in Europa und anderen Ländern der westlichen Welt, wird eine deutliche Zunahme der Arthrose- und insbesondere der Gonarthrosezahlen erwartet [54,171].

So prognostizieren Scheuringer et al. für den Zeitraum von 1994 bis 2010 einen Zuwachs der jährlich diagnostizierten Arthropathien von 507000 auf 752000, was einem Zuwachs von etwa 48 Prozent entspricht. Für die Altersgruppe der über 64 – Jährigen sollen die jährlichen Fallzahlen in diesem Zeitraum sogar um 146 Prozent steigen [148].

Bereits heute jedoch ist diese Erkrankung aufgrund ihrer hohen Prävalenz mehr als jede andere Erkrankung der unteren Extremität für Erwerbsunfähigkeit verantwortlich [61], und ist unter diesem Gesichtspunkt auch von großer sozioökonomischer Bedeutung.

### 1.1.2. Ätiologie und Pathogenese

Die Entstehung der Arthrose im Knie ist ein komplexer, multifaktorieller Vorgang, bei dem die Bedeutung und Wertigkeit vieler Faktoren noch unzureichend geklärt ist.

Zu unterscheiden sind die primäre und sekundäre Arthrose des Kniegelenkes. Unter der primären Gonarthrose werden diejenigen subsumiert, die ohne erkennbare äußere oder innere Einwirkung, also im Sinne eines rein degenerativen Verschleißes, entstehen. Unter sekundären Arthrosen versteht man diejenigen Arthroseformen, welche sich auf der Basis lokaler (z.B. Traumata) oder systemischer (z.B. rheumatoider Arthritis) Vorerkrankungen entwickeln.

Die Degeneration von hyalinem Knorpel ist sicherlich ein Kernelement der Arthroseentstehung [57]:

Die extrazelluläre Matrix hyalinen Knorpels besteht neben Kollagen II vor allem aus dem Proteoglykan Aggrecan. Die stark negativen Ladungen von Aggrecan werden im gesunden Knorpel durch Kollagenfasern nahe aneinander gedrängt und bewirken so durch ihre elektrostatische Abstoßung die hohe Druckbelastbarkeit des Knorpels. Kommt es durch Schädigung des Knorpels zur Demaskierung der hyalinen Fasern, bewirken die negativen Ladungen des Aggrecans eine vermehrte Einlagerung von Wasser in den Knorpel. Das wiederum hat ein Quellen des Knorpels zur Folge,

beschrieben als Chondromalaziestadium I der Arthrose nach Outerbridge [57,127]. In Folge dessen kommt es zum Verlust der biomechanischen Eigenschaften des Knorpels, welcher durch weitere Überlastungen und schädliche Beanspruchung weiter abnützt bis hin zum vollständigen Verlust des hyalinen Knorpels – entsprechend den Chondromalaziestadien III bis IV nach Outerbridge [127].

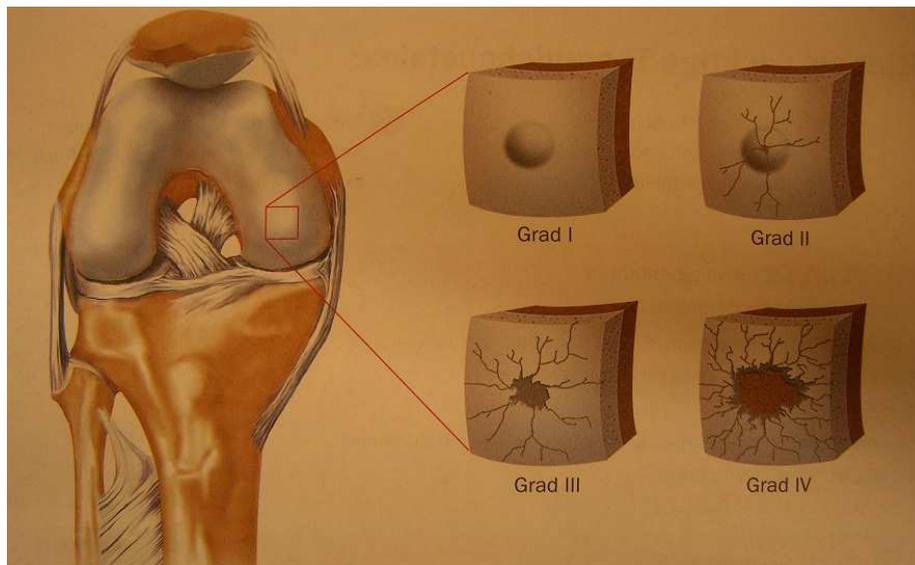


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Chondromalaziestadien

Der subchondrale Knochen versucht den veränderten Druckverhältnissen und erhöhten Belastungen durch vermehrte Mineralisierung und Obliteration der intertrabeculären Räume zu begegnen. Es kommt zur subchondralen Sklerosierung. Einige Autoren sind der Ansicht, dass die erhöhte Dichte des subchondralen Knochens negative Auswirkungen auf die Stoßdämpfungseigenschaften des Knochens hat und somit die Schädigung des darüber liegenden Knorpels weiter beschleunigt [136].

Im Bereich des Übergangs von Periost zu Gelenkknorpel kommt es in den Hauptbelastungszonen zur Ausbildung von Knochenausziehungen, zu so genannten ‚Osteophyten‘. Diese werden als (frustranter) Versuch des Organismus angesehen, durch eine vergrößerte Auflagefläche die intraartikulären Druckverhältnisse zu verbessern und das Gelenk zu stabilisieren [57,186]. Allerdings werden im klinischen Alltag die Osteophyten auch oft für Schmerzzustände und eingeschränkte Beweglichkeit arthrotisch veränderter Gelenke verantwortlich gemacht. Altman et al. konnten zeigen, dass Osteophyten das zuverlässigste radiologische Kriterium einer

Gonarthrose sind [10]. Er konnte eine Sensitivität von 83% und eine Spezifität von 93% für die Korrelation von Osteophyten und Knieschmerz im Sinne einer Arthrose ermitteln. Letztlich aber ist die Rolle der osteophytären Reaktion bei der Arthrose noch nicht in allen Facetten verstanden [186].

In vielen arthrotisch veränderten Gelenken kommt es zudem zu einer Hypertrophie und Fibrosierung der Synovia. Die Beteiligung der Gelenkschleimhaut an den pathologischen Prozessen kann nach Überlegungen von David T. Felson [57] folgende Auswirkungen haben: Erstens könne die Synovialis durch vermehrte Zytokinproduktion wie Interleukin-  $\alpha$  die Matrixsynthese der Chondrozyten hemmen. Zweitens sei die Synovialis durch ihre Nozirezeptoren mitverantwortlich für die Schmerzen der Patienten. Und drittens führe sie durch vermehrte Produktion von Gelenkflüssigkeit zur Bandlockerung und somit zu vermehrter Gelenkinstabilität.

### 1.1.3. Lokale und systemische Risikofaktoren

Nach heutigem Erkenntnisstand handelt es sich bei der Gonarthrose um eine multifaktorielle Erkrankung [63]. Diskutiert werden neben lokalen und systemischen Risikofaktoren auch genetische Komponenten der Erkrankung. Allerdings schreiben Spector TD et al. der genetischen Komponente der Gonarthrose im Vergleich zu Arthrosen im Bereich der Hände und der Hüfte nur eine untergeordnete Rolle zu [155].

Während bei Coxarthrosen Gelenkdeformitäten, wie die Hüftdysplasie, Epiphysiolysis capitis femoris oder femoroazetabuläres Impingement, im Vordergrund stehen [85,97], spielen Verletzungen wie Rupturen des vorderen Kreuzbandes und Meniskusrupturen [141] und gelenknahe Frakturen bei der Gonarthroseentstehung die größere Rolle. So konnten K.P. Günther et al. 2002 zeigen, dass bei 41,7% der untersuchten Coxarthrosen gelenkspezifische Risikofaktoren nachgewiesen werden, während 33,4% der Gonarthrosen mit einer traumatischen Vorerkrankung assoziiert waren [63]. Als weiterer wichtiger Risikofaktor für die Arthroseentwicklung des Kniegelenks konnten Achsenfehlstellungen im Sinne einer Varus – bzw. Valgusstellung im Kniegelenk identifiziert werden. Hierbei ist eine Varusfehlstellung mit einem hohen Risiko für die Entwicklung einer Arthrose im medialen Gelenkkompartiment, eine Valgusstellung hingegen mit einer Arthrose im lateralen

Gelenkkompartiment assoziiert [153].

Zu den systemischen Risikofaktoren zählt neben Bewegungsmangel vor allem Adipositas [57,63]. Dies erklärt sich vermutlich durch die erhöhte mechanische Beanspruchung des Kniegelenks bei Übergewicht [57]. Eine signifikante Häufung der Gonarthrose tritt bei Frauen über 50 auf. Als Erklärung hierfür wird die hormonale Umstellung der Frau nach der Menopause angeführt [57]. Als weitere systemische Risikofaktoren werden Hypercholesterinämie [164], Hyperurikämie [166] und Diabetes mellitus [162] diskutiert.

#### **1.1.4. Klinik der Patienten mit Gonarthrose**

Die Symptome der Gonarthrose sind vielfältig und variabel in ihrer Ausprägung, da die Beschwerden von der Gelenkschleimhaut, Gelenkkapsel, Sehnen- oder Bandansätzen, Muskulatur und Knochen ausgehen können [42].

Die Gelenkveränderungen und klinischen Beschwerden zeigen zumeist einen phasenhaften Verlauf [126]. Je nach Aktivierungsgrad wird zwischen klinisch stummen (latenten), manifesten und aktivierten Stadien unterschieden [126,186]. Bei der ‚stummen‘ oder ‚latenten‘ Arthrose liegen radiologische bzw. morphologische Zeichen einer degenerativen Gelenkerkrankung vor, es bestehen jedoch keine klinisch bedeutsamen Beschwerden, insbesondere keine Schmerzen. ‚Manifest‘ wird eine Arthrose bezeichnet zum Zeitpunkt der klinischen Beurteilung deutliche Schmerzen und messbare Funktionseinschränkungen vorliegen. Im ‚aktivierten Stadium‘ findet sich zusätzlich ein zunehmender synovialer Entzündungsprozess, verursacht durch Abriebpartikel und Metaboliten des Knorpelabbaus. Oftmals geht ein Gelenkerguss einher [186].

Schmerz, als das Leitsymptom der Gonarthrose, tritt zunächst nur bei Belastungen auf. Häufig geht initial die Schmerzsymptomatik während der körperlichen Tätigkeit zurück. Man spricht daher von Arthrose-typischem ‚Anlaufschmerz‘. Beim weiteren Voranschreiten der Arthrose nimmt meist auch die Schmerzsymptomatik zu. Immer häufiger kommt es zu Ermüdungsschmerzen unter Belastung und schließlich bestehen die Beschwerden auch in Ruhe oder sogar nachts [186].

Die Bewegungseinschränkung des Kniegelenks ist zunächst schmerzbedingt. Die Patienten versuchen häufig, das Gelenk zu schonen und besonders schmerzhafte

Bewegungen zu vermeiden. Dies führt zu reflexhaften Muskelverspannungen, die ihrerseits weitere Schmerzen verursachen. Länger andauernde Muskelverspannungen verursachen letztlich das Auftreten von Beugekontrakturen durch Verkürzungen der ischiokruralen Muskulatur [42].

Auch Osteophyten können durch mechanische Blockaden sowohl die maximale Flexion als auch Extension des Kniegelenks herabsetzen [186]. Man spricht in diesem Zusammenhang von Beuge – bzw. Streckdefiziten.

In vielen Fällen kommt es im Sinne einer Varus-, seltener aber auch einer Valgusgonarthrose zu Achsenabweichungen [42]. Häufig berichten Patienten von einem Gefühl der Gelenkinstabilität. Dies lässt sich in der Untersuchung des Kniegelenks durch Überprüfung der Bandverhältnisse verifizieren [185]. Ferner stellt man bei der klinischen Untersuchung bei fortgeschrittenen Arthrosen auch häufig Krepitationen sowohl retropatellar als auch im femoro-tibialen Kompartiment fest [186].

### **1.1.5. Diagnostik**

#### **1.1.5.1. Anamnese und Untersuchung**

Die Anamnese ist zusammen mit der klinischen Untersuchung des Patienten bei der Diagnosefindung der Gonarthrose von essentieller Bedeutung. Vom praktischen differentialdiagnostischen Vorgehen her, sollten zunächst traumatische Ereignisse wie Frakturen, Bänder- und Meniskusrisse ausgeschlossen werden. Gleiches Augenmerk ist auf zwei weitere wichtige Differentialdiagnosen der Gonarthrose zu richten: maligne Erkrankungen und Infektionen [185].

Besondere Bedeutung kommt der anamnestischen Abklärung der Schmerzen zu: typisch ist ein peripatellarer Schmerz, der zu Beginn als Anlauf- und Ermüdungsschmerz, später auch als Ruhe- und Nachtschmerz auftritt. Schmerzen beim Treppensteigen weisen auf eine Beteiligung des femoro-patellaren Kompartments hin [42]. Begleitend finden sich zunehmende Gelenksteifigkeit und Funktionseinschränkungen [42,178]. Wie bereits oben erwähnt berichten Patienten häufig über Gelenkinstabilitäten und Schwellneigungen des Knies. Die Erfragung der Gehstrecke gibt dem Arzt einen weiteren Anhaltspunkt über den

Leidensdruck des Patienten und ist wichtig für die Abklärung einer OP – Indikation.

Traumatische Vorerkrankungen des Knies, wie Meniskusläsionen oder eine Kreuzbandruptur, sowie vorbestehende Achsenfehlstellungen erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer Gonarthrose [57,153].

Bei der sich anschließenden Untersuchung des Kniegelenks ist auf die in Schema 1 aufgeführten arthrosetypischen Zeichen zu achten [186].

Nach Meinung des „American College of Rheumatology“ lässt sich bei Gelenkschmerz in Verbindung mit Krepitationen und einer Vergrößerung der knöchernen Konturen bei entsprechendem Alter, fehlender Überwärmung und nur kurzzeitiger Morgensteifigkeit klinisch selbst ohne Röntgenaufnahmen mit hoher Sensitivität die Diagnose einer Arthrose stellen [10].

Schema 1
<b><u>Klinische Zeichen der Arthrose</u></b>
Druckschmerz
Bewegungsschmerz
Bewegungseinschränkungen
Krepitationen
tastbare Osteophyten
Schwellung und Erguss
Achsenabweichungen
mediolaterale Instabilität
anterio-posteriore Instabilität

#### 1.1.5.2. Radiologischer Befunde der Gonarthrose

Zur Sicherung der Diagnose einer Arthrose und zum Ausschluss anderer mit vergleichbaren Symptomen einhergehender Erkrankungen werden Röntgenaufnahmen des betroffenen Kniegelenks angefertigt [186].

Dem Untersucher steht eine Vielzahl standardisierter Röntgenaufnahme zu Verfügung. Generell sollte versucht werden durch tangentielle Aufnahmen des Tibiaplateaus in 2 Ebenen unter Belastung den Gelenkspalt darzustellen. Je nach Gelenkstellung kann der Arzt hierbei unterschiedliche Areale einsehen und beurteilen. So ist bei der Standaufnahme in Streckstellung eher der vordere Gelenkanteil zu beurteilen [30], während der so genannte ‚Tunnelblick‘ Aussagen über den dorsalen Anteil des Tibiaplateaus und der Femurkondylen zulässt [116,143]. Zur Beurteilung des femoro-patellaren Gleitlagers wird meist die Patella-defilée-Aufnahme herangezogen. Dabei wird das Femoropatellargelenk in Beugung bei 30, 60 und 90 Grad tangential dargestellt [23]. ‚Ganzbein-Standaufnahmen‘

erlauben zuverlässige Aussagen über Achsenstellungen des Beins und sind von großer Bedeutung bei der präoperativen Planung der Achsenkorrektur. Bei dieser Aufnahme wird das gesamte Bein von Femurkopf bis inklusive Talus abgebildet [65].

In Schema 2 sind die radiologischen Zeichen der Arthrose zusammengefasst.

Das Arthrosezeichen, *Verschmälerung des*

*Gelenkspaltes*, gilt als indirektes Zeichen eines bereits makroskopisch auffälligen Verlusts der Knorpeldicke [138]. Buckland-Wright et al. [31] definieren eine Gelenkspaltweite bis 3 mm als ‚milde‘, zwischen 1,5 und 3 mm als ‚moderat‘ und eine Weite unter 1,5 mm als ‚gravierend‘. Um darüber hinaus ebenfalls röntgenologisch Aussagen über das femoro-patellare Kompartment treffen zu können, untersuchten Boegard et al. [23] 1998 den minimalen Abstand der subchondralen Patellacortex zum Femur in Patella-defilée-Aufnahmen bei 40 bis 60 Grad Beugung und verglichen diese mit MRT Befunden. Sie kamen zu dem Schluss, dass Gelenkspalthöhen in Patella-defilée-Aufnahmen kleiner 5 mm mit großer Spezifität auf Knorpelschäden in diesem Bereich hinwiesen.

Laut Lequesne et al [102] kommt es bei Patienten mit Cox – oder Gonarthrose jährlich zu einer Verminderung des Gelenkspalts um 0,25 mm. Allerdings wird eine enge Korrelation der Gelenkspaltverschmälerung mit dem tatsächlichen Knorpelverlust immer wieder bestritten. So konnte Fife et al [60] zeigen, dass von 76 Patienten mit einer über 25 % Gelenkspaltminderung im medialen oder lateralen Kompartiment, 33% einen arthroskopisch unauffälligen Knorpel hatten.

Der Nachweis von *Osteophyten* unterstützt die Diagnose einer Arthrose. Altman et al [10] konnte in einer Studie belegen, dass das Vorhandensein von Osteophyten mit gleichzeitigen Knieschmerzen mit einer Sensitivität von 83% und einer Spezifität von 93% die Diagnosestellung einer Arthrose zuließ. Osteophyten waren damit der spezifischste Marker einer Gonarthrose. Über die Korrelation von Osteophyten und Gelenkspaltverschmälerung wurde viel diskutiert: Boegard et al. [23] sowie Ahlback et al. [9] zeigten dass die Osteophytengröße mit der Gelenksdestruktion korreliert. Herborg und Nilsson [73] jedoch konnten in einer Verlaufskontrollstudie belegen, dass von 176 Patienten mit initial vorhandenen Osteophyten nach wenigstens 10

Schema 2

***Radiologische Zeichen der Gonarthrose***

Gelenkspaltverschmälerung

Osteophyten

Subchondrale Sklerosierung

Subchondrale Zysten

Achsenfehlstellungen

Entrundung der Femurkondylen

Jahren 52 Patienten, also fast 30%, keine Anzeichen einer Gelenkdestruktion aufwiesen.

*Subchondrale Sklerosierung* ist ein weiteres radiologisches Arthrosezeichen. Man nimmt an, dass es zur Sklerosierung aufgrund veränderter Belastungsverhältnisse bedingt durch Knorpelverlust kommt [65]. Somit wird eine enge Korrelation zwischen der Sklerosierung und dem Grad der Chondromalazie auch dann nahe gelegt wenn der Gelenkspalt nicht verschmälert erscheint [65]. Zur Sklerosierung kommt es in Hauptbelastungszonen aufgrund vermehrter Knochenmineralisierung bei Mikrofrakturierungen von Trabekeln mit Kallusbildung, was zur Obliteration der intertrabekulären Räume führt.

In schwer geschädigten sklerosierten Knochenarealen bilden sich *subchondrale Zysten*. Diese Zysten treten zumeist multipel auf und können myxoide Flüssigkeit oder Fettgewebe, gelegentlich aber auch Knorpel enthalten [117]. Theorien über die Pathogenese dieser Zysten vermuten Mikrokontusionen, die zu Nekrosearealen führen, einen erhöhten intraartikulären Druck, welcher Synovialflüssigkeit durch kleine Poren in den sklerosierten Knochen drücken [65] oder aber eine vermehrte Proliferation von myxomatösen Gewebe innerhalb des sklerosierten Knochens [117]. *Achsenfehlstellungen* treten bei Gonarthrosepatienten häufig auf [65]. Sharma et al. [153] konnte zeigen dass O - Beine das Risiko von Arthrosen im medialen Kompartiment erhöhen, X – Beine vermehrt zu Valgusgonarthrosen führen.



Abbildung 2: Radiologische Zeichen der Gonarthrose

### 1.1.5.3. weitere diagnostische Maßnahmen

Im klinischen Alltag ist der klinische Befund in Kombination von Standardröntgenaufnahmen des Kniegelenks in den meisten Fälle zur sicheren Diagnose der Gonarthrose ausreichend. Dies wurde durch das ‚American College of Rheumatology‘, kurz ACR, belegt (Schema 3) [10].

Standardlaborparameter (CRP, Leukozytenzahl, Blutsenkungsgeschwindigkeit) und Gelenkpunktat weisen bei arthrotischen Veränderungen keine Auffälligkeiten auf. Trotz intensiver Forschung gibt es derzeit keinen klinisch aussagekräftigen, arthrosespezifischen Laborparameter. Mithilfe der Kernspintomographie lassen sich zwar strukturelle intra – und periartikuläre Veränderungen darstellen, jedoch ist das MRT, unter anderem aus Kostengründen, für die klinische Routine nicht angebracht.

Schema 3 <b><u>ACR – Klassifikationskriterien der Kniegelenkarthrose</u></b>	
Klinische Befunde	Klinische & Röntgenbefunde
Knieschmerzen mit mindestens 3 der folgenden 6 Parameter (Sensitivität 95%, Spezifität 69%)	Knieschmerz, Nachweise von <b>Osteophyten</b> und mindestens einer der folgenden 3 Parameter (Sensitivität 91%, Spezifität 86%)
Knieschmerzen und mindestens 4 der folgenden 6 Parameter (Sensitivität 84%, Spezifität 89%)	
1. Alter > 50 Jahre	1. Alter > 50 Jahre
2. Steifigkeit < 30 min	2. Steifigkeit < 30 min
3. Krepitationen	3. Krepitationen
4. Druckschmerz am Knochen	
5. Vergrößerung der Konturen	
6. Keine tastbare Überwärmung	

## 1.1.6. **Konservative Therapiestrategien**

### 1.1.6.1. nicht – medikamentöse Strategien

Konservative Therapieverfahren sind nicht in der Lage, die Progredienz der Erkrankung aufzuhalten. Somit muss ihr Hauptaugenmerk der Schmerzlinderung und der Vermeidung von Komplikationen wie Beugekontrakturen und sekundären Funktionseinbußen gelten [42].

Die Indikation zur Verordnung physiotherapeutischer Maßnahmen umfasst ein breites Spektrum: Sie besteht generell bei Schmerzen, sei es unter Belastung oder auch in Ruhe, Bewegungseinschränkungen sowie bei Muskeldysbalancen, -insuffizienzen und –verkürzungen. Maßnahmen zur Schmerzreduktion sind die lokale Thermotherapie, bei subakuten und chronischen Beschwerden in Form feuchter Wärme, bei der aktivierten Arthrose hingegen als Kryotherapie. Darüber hinaus wird auch der Elektrotherapie eine gewisse schmerzlindernde Wirkung zugesprochen [134]. Steht die Verbesserung des Gelenkspiels, Kontrakturprophylaxe sowie die Kräftigung der Muskulatur im Vordergrund, dann kommen Krankengymnastik und manuelle Therapie zum Tragen [71]. Durch ihre Wirkung auf das neuromuskuläre System wird der Muskeltonus gesenkt und zugleich durch Steigerung der Muskelkraft und Verbesserung der Koordination eine Entlastung und Stabilisierung des betroffenen Gelenks erzielt.

Kniebandagen, Gehhilfen wie Gehstöcke oder Krücken, adäquates Schuhwerk und Gewichtsreduktion können sich positiv auf die Beschwerden auswirken [84]. Eine Schuhaußenranderhöhung entlastet bei einer Varus-, eine Innenranderhöhung bei einer Valgusgonarthrose [178].

Es muss allerdings noch einmal betont werden, dass die Physiotherapie nur einen Baustein in einem umfassenderen im Gesamttherapiekonzept darstellen kann [3,84,134].

### 1.1.6.2. medikamentöse Strategien

Nicht-steroidale Antirheumatika (NSARD) bilden laut Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie und des Berufsverbandes der Ärzte für Orthopädie (DGOOC) die Grundlage der

Pharmakotherapie degenerativer Gelenkerkrankungen, insbesondere auch der Gonarthrose [82]. Ihre Wirkung beruht auf der Hemmung der Prostaglandin – Biosynthese durch Hemmung der Cyclooxygenasen. Neben ihrer analgetischen Wirkung weisen die nicht-steroidalen Antirheumatika auch eine antiphlogistische Wirkung auf, aufgrund derer sie die entzündlichen Begleitsymptome der Erkrankung supprimieren [87]. Es stehen Präparate für sowohl topische, parenterale als auch orale Applikation zur Verfügung. Für akute Schmerzzustände sollten Wirkstoffe mit kurzer Halbwertszeit wie Diclofenac oder Ibuprofen eingenommen werden, während für Dauerschmerzen langwirksame Stoffe wie Piroxicam oder Diclofenac retard empfohlen werden [134]. Allerdings weisen NSARDs gerade unter Langzeittherapie erhebliche unerwünschte Nebenwirkungen auf. Dazu zählen vor allem Gastro – und Duodenalulzerationen sowie Nierenschädigungen. Aus diesem Grund propagiert die European League of Arthritis and Rheumatism (EULAR) in ihren Therapieempfehlungen zur Gonarthrose die Verwendung des nicht sauren, also nicht entzündungshemmenden, antipyretischen Analgetikums Paracetamol als Schmerzmedikamente erster Wahl [84]. Obwohl dieser Wirkstoff keinen Einfluss auf das Entzündungsgeschehen nimmt belegen etliche Studien ihren analgetischen Nutzen bei deutlich weniger Nebenwirkungen [25,176]. Eine weitere Möglichkeit die Nebenwirkungen der klassischen NSARDs zu verringern besteht in der Verwendung von selektiven Cyclooxygenase 2 Antagonisten [134]. Allerdings zeigen Beobachtungen, dass bei lang andauernder Einnahme von Coxiben signifikant häufiger kardiovaskuläre Ereignisse (Myokard – und Hirninfarkte) auftreten [12]. Falls die Schmerzen gegenüber Paracetamol oder NSARDs refraktär sind oder Kontraindikationen gegen diese Substanzen bestehen, empfiehlt die EULAR den Einsatz von Opiaten zur analgetischen Therapie [84].

Die intraartikuläre Injektion von Glukokortikoiden ist heute ein probates und unverzichtbares Mittel zur Behandlung von Arthrosen, da sie eine ausgezeichnete entzündungshemmende Wirkung aufweisen [134]. Sie kommen daher insbesondere bei aktivierten Arthrosen zum Einsatz [84]. Die intraartikuläre Injektion sollte dabei nur in größeren zeitlichen Abständen erfolgen. Aus diesem Grund wird die Verwendung von langwirksamen Kristallsuspensionen empfohlen [118]. Die Hauptgefahr der intraartikulären Injektion ist die Infektion des Gelenks, die aufgrund der hohen Glukokortikoidkonzentration auch symptomarm verlaufen kann.

In den letzten Jahren wurde viel über den Sinn und die Wirksamkeit von so

genannten „slow acting drugs in osteoarthritis“ (SADOA) diskutiert. Dazu zählt man vor allem D-Glucoasaminsulfat und Hyaluronsäure. Studien belegen eine Besserung der Beschwerdesymptomatik und Gelenkfunktion nach intraartikulärer Applikation von SADOAs [50,107,135]. Im Vergleich zu Glukokortikoiden zeigen SADOAs eine, mit bis zu einem halben Jahr, deutlich längere Wirksamkeit [134]. Der Wirkungseintritt erfolgt deutlich später und die Notwendigkeit von 3-5 Injektionen wöchentlich, relativieren die Bedeutung von SADOAs für eine Dauertherapie [3,134].

### **1.1.7.OP – Indikation**

Obwohl seit über 30 Jahren positive Erfahrungen mit Total Knie Endoprothesen und anderen operativen Eingriffen bei Gonarthrose gemacht werden gibt es bis heute keine standardisierten OP Indikationen [11]. Übereinstimmend geben EULAR (European League Against Rheumatism) und das amerikanische NIH (National Institute of Health) an, dass bei Dauerschmerzen, die gegenüber medikamentöser Therapie resistent sind, oder auch bei erheblichen Funktions- Einbußen zusammen mit entsprechenden radiologischen Zeichen einer Arthrose ausreichende OP – Indikation gegeben ist [1-3]. Das genaue Beschwerdeniveau für eine OP Indikation wird jedoch nicht spezifiziert.

### **1.1.8. operative Therapiemöglichkeiten der Gonarthrose**

#### **1.1.8.1.Arthroskopisches Gelenkdebridement**

Beim Gelenkdebridement handelt es sich um einen arthroskopischen Eingriff, der im Wesentlichen der Wiederherstellung glatter Gelenkoberflächen dient, wobei man sich je nach Befund unterschiedlicher Vorgehensweisen bedient.

Durch ausgiebige Gelenksspülung soll die Elimination verschiedener Schwebstoffe, Zelldetritus und Entzündungsmediatoren erreicht werden und somit eine Reduktion der entzündlichen Prozesse im Knie. Im Laufe des Eingriffes können Knorpelunebenheiten geglättet, Osteophyten abgetragen werden und bei Meniskusschäden Teil- oder Totalresektionen vorgenommen werden. Darüber hinaus

besteht die Möglichkeit der Synovektomie, Entfernung freier Gelenkkörper und die Induktion von Ersatzknorpel an Stellen besonders tief reichender Knorpelfissuren [160].

Arthroskopische Eingriffe zum Debridement bei Gonarthrose sind heutzutage Routine. Dennoch sind sowohl die Indikationsstellung als auch der zu erwartenden Benefit für den Patienten Gegenstand zahlreicher Diskussionen und Studien [4,43].

#### 1.1.8.2. Umstellungsosteotomien

Kniegelenknahe Umstellungsosteotomien zur Achsenkorrektur stellen gelenkerhaltende Operationen dar. Hierbei kann die Achsenkorrektur je nach anatomischen Verhältnissen durch Tibiakopf – bzw. Femurosteotomie mittels Closed- bzw. Open - Wedge Technik vorgenommen werden. Die Keilentnahme am Tibiakopf stellt mit 63% aller Umstellungsosteotomien die meist praktizierte OP – Technik dar [15]. In Langzeitstudien werden zufrieden stellende Ergebnisse in bis zu 80% der Fälle nach 10 Jahren berichtet [39]. Danach nimmt die subjektive Zufriedenheit der Patienten kontinuierlich und sinkt auf unter 50% nach 20 Jahren [74]. Voraussetzungen für die Indikationsstellung einer Umstellungsosteotomie sind eine streng unikompartimentelle Arthrose, stabile Bandverhältnisse, weniger als 15 Grad Achsenabweichung und keine Adipositas [81].

In den letzten Jahren haben die Umstellungsosteotomien jedoch gegenüber Knieendoprothesen an Bedeutung verloren und werden in nur noch 12% der Fälle durchgeführt [15].

#### 1.1.8.3. Unikondylärer Gelenkersatz

Ebenso wie die Tibiakopfosteotomie ist auch der unikondyläre Gelenkersatz nur bei streng einseitiger Arthrose, intaktem Bandapparat mit erhaltenen Kreuzbändern und weitgehend physiologischen Achsenverhältnissen indiziert. Bei dieser Operation wird das femoro-patellare Gleitlager nicht ersetzt und darf dementsprechend ebenfalls nicht degenerativ verändert sein [8]. Bei der unikondylären Schlittenversorgung

besteht die Möglichkeit einer minimal invasiven Implantationstechnik durch eine parapatellare Miniarthrotomie, die auf eine Eversion der Patella verzichten kann. Dies resultiert in geringeren postoperativen Schmerzen und kürzeren Krankenhausaufenthalten. Durch Verbesserungen der Implantate konnten auch optimierte Langzeitergebnisse, mit 10 – Jahres- Überlebenszeiten von 84 bis 98%, erzielt werden [8,44].

Wie auch bei den Umstellungsosteotomien konnten H. Bächli et al. einen deutlichen Rückgang der implantierten unikondylären Schlitten von 25% aller Knieendoprothesen auf 7% seit 1995 feststellen [15]. Diese Zahl scheint jedoch der strengen Indikationsstellung besser gerecht zu werden [159].

#### 1.1.8.4. Gekoppelte und ungekoppelte Totalendoprothesen

Die Indikation zur Implantation einer Totalendprothese ist bei bi- oder trikompartimentaler Gelenkdestruktion gegeben, wenn konservative Maßnahmen und gelenkerhaltende Operationen nicht sinnvoll erscheinen.

Bei den Totalendoprothesen sind zunächst gekoppelte von ungekoppelten Modellen zu unterscheiden.

Bei den ersten gekoppelten Modellen handelte es sich um reine Scharniergelenke mit lasttragender Achse. Daraus resultierte eine von der physiologischen Kinematik weit entfernte Scharnierbewegung und dementsprechend hohe Lockerungsraten [93]. Heute verfügbare Modelle übertragen die Hauptlast über die Gelenkfläche und erlauben zudem meist eine gewisse femoro-tibiale Rotationsbewegung. Dadurch konnten die Lockerungsraten deutlich gesenkt und somit die Standzeiten von gekoppelten TEP – Modellen verlängert werden [24]. Langstielige zementierte Verankerungen in der Femur – und Tibiamarkhöhle, sind erforderlich um die Grenzflächenbelastung auf ein genügend großes Knochenlager zu übertragen [8].

Die Indikation für gekoppelte Totalendoprothesen besteht bei schweren ligamentären Instabilitäten und Achsenabweichungen von 20 – 25 Grad varus bzw. valgus sowie bei Beugekontrakturen von über 20 Grad [93].

Die notwendige invasive Operationstechnik verbunden mit dem intramedullären Knochensubstanzverlust erschwert den intraoperativen Rückzug sowie Revisionsoperationen. Aus diesem Grund ist die Indikation, vor allem bei jüngeren

Patienten, äußerst zurückhaltend zu stellen. Nur bei etwa einem Sechstel aller implantierten Totalendoprothesen handelt es sich um gekoppelte Modelle [24].

Ungekoppelte Modelle ersetzen nur die Gelenkoberflächen. Ein noch weitgehend erhaltener Bandapparat in Zusammenspiel mit der Prothesengeometrie gewährleistet die Führung des Gelenks. Teilgekoppelte Modelle ersetzen auch Teile des Kapselbandapparats, zumeist das hintere Kreuzband.

Insall et al entwickelten 1976 den ersten bikondylären Oberflächenersatz. Von da an wurden die verfügbaren Modelle kontinuierlich weiterentwickelt. Ziel ist die optimale Annäherung an die physiologische Kinematik und Funktion, sowie eine Minimierung des Gelenkverschleißes und der Lockerungsrate der Endoprothesen durch auftretende Scherkräfte [93].

Bei der Implantation wird die gesamte femorale und tibiale Gelenkfläche inklusive dem femoro-patellaren Gleitlager reseziert und durch eine künstliche Gelenkfläche ersetzt. Dazwischen wird als Gleitlager ein PE – Inlay eingebracht. Für die femorale Komponente kommt überwiegend eine Chrom – Kobalt – Molybdän – Legierung, für die tibiale Komponente meist eine Titanlegierung zum Einsatz. Für das Inlay wird meist ultrahochmolekulares Niederdruckpolyethylen verwendet [8].

Entscheidend für Beweglichkeit, Stabilität und Standzeit des künstlichen Gelenks sind die Oberflächengeometrie und der Grad der Kongruenz der einzelnen Komponenten zueinander:

Je höher die Kongruenz der Gelenkpartner, also je höher deren Kontaktfläche, desto größer ist die interne Gelenkführung und damit die Stabilität. Zudem verringert sich die Druckspannung auf das Polyethyleninlay und damit dessen Abrieb.

Allerdings resultieren auch funktionelle Einschränkungen. So ist die maximal erreichbare Beugung limitiert. Auch bewirkt eine gute interne Gelenkführung größere Scherkräfte zwischen Implantat und Knochen.

Mit Verringerung der Kongruenz der Gelenkpartner kehren sich Vor – und Nachteil um [93].

Durch die Verwendung von „Mobile-bearings“, auf der Tibiakomponente bewegliche PE – Inlays, wird versucht hohe Gelenkkongruenz zwischen Femur und Inlay mit gleichzeitig größtmöglicher physiologischer Gelenkkinematik zu verbinden. Studien hierzu zeigten verbesserte Ergebnisse sowohl in punkto Beweglichkeit als auch beim Inlay – Verschleiß [8,93].

Kontrovers wird immer noch die Bedeutung des hinteren Kreuzbandes für die

Totalendoprothetik des Knies diskutiert. Während das vordere Kreuzband bei allen Modellen reseziert werden muss, versucht man das Hintere zu erhalten. Durch den Erhalt des Bandes soll eine annähernd natürliche Gelenkbewegung erreicht werden. Allerdings stellt dies besondere Anforderungen an den Operateur: Es ist darauf zu achten, dass sich die Lage des hinteren Kreuzbandes zur Bewegungsachse nicht verändert. Nähern sich Ursprung und Ansatz des Bandes an, erschlafft das Band. Vergrößert sich jedoch der Abstand zwischen Ansatz und Ursprung, so gerät das hintere Kreuzband unter vermehrte Spannung und schränkt die Kinematik ein [93].

Ist kein funktionstüchtiges hinteres Kreuzband mehr vorhanden oder bestehen anderweitig anteroposteriore Instabilitäten kann dies durch so genannte teilgekoppelte Prothesen aufgefangen werden. Diese weisen eine erhöhte Kongruenz zwischen dem Inlay und der Femurkomponente auf. In das Inlay ist ein Zapfen integriert, der in eine interkondyläre Aussparung der Femurkomponente greift. Dadurch wird eine Luxation der Tibia in Beugstellung verhindert. Liegt eine Insuffizienz der Seitenbänder vor, kann diesem Problem durch die Verwendung eines Inlays mit größerer Ausziehung und einer Femurkomponente mit entsprechend vertiefter Aussparung Rechnung getragen werden. So können zusätzlich varus bzw. valgus Belastungen aufgefangen werden [93].

Die Knieendoprothetik hat in den letzten Jahren immens an Bedeutung gewonnen und ist aus der orthopädischen Chirurgie nicht mehr wegzudenken. Sie weist die größten Wachstumszahlen aller orthopädischen Operationstechniken auf. So hat in den USA allein für den Zeitraum von 1990 bis 2002 die Zahl der implantierten künstlichen Kniegelenke verdreifacht [96]. Allein in den Jahren 2003 bis 2005 stieg die Zahl der totalendoprothetisch versorgten Kniegelenke in Deutschland registriert durch die Bundesgeschäftsstelle für Qualitätssicherung von 70.850 auf 118.922, was einem Zuwachs von ca. 68% entspricht [32].

## 1.2. ***Klinische Messverfahren und Skalen***

### 1.2.1. **Radiologische Beurteilung nach Kellgren und Lawrence**

Zur radiologischen Erfassung und Beurteilung von Gelenkarthrosen wurden verschiedene Beurteilungsskalen entwickelt. Ihre Aufgabe ist es eine authentische,

vergleichbare und reproduzierbare Aussage über den Gelenkzustand machen zu können. Kellgren J. und Lawrence J. entwickelten schon Mitte des letzten Jahrhunderts ein solches Gradierungssystem.

Der Score erfasst die Arthrose – typischen Merkmale: Gelenkspaltverschmälerung, subchondrale Sklerosierung, Osteophyten, subchondrale Zysten sowie Entrundung der Femurkondylen. Es wurden fünf Schweregrade festgelegt: 0 (keine arthrotischen Veränderungen), 1 (zweifelhafte arthrotische Veränderungen), 2 (leichte Arthrose), 3 (moderate arthrotische Veränderungen) und 4 (schwere Arthrose). Ab Schweregrad ‚2‘ wird die Diagnose ‚Arthrose‘ gestellt [89].

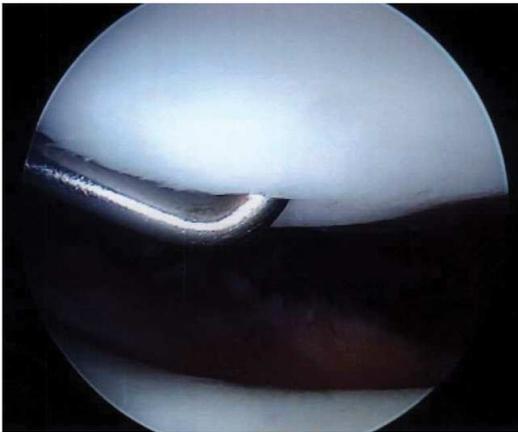
In verschiedenen Studien erwies sich der Kellgren und Lawrence Score als zuverlässiges Beurteilungsinstrument für die Gonarthrose. So konnten Nagaosa Y. et al. zeigen, dass die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse bei verschiedenen Untersuchern für den Kellgren and Lawrence Scores bei Gonarthrose einen mit einem Wert von 0,83 korrelierte [122]. K.W. Drossaers-Bakker et al. kamen in einer Vergleichsstudie verschiedener radiologischer Scores zu dem Schluss, dass der Kellgren und Lawrence Score das sinnvollste Instrument zur Arthroseprogredivenz – Bestimmung sei [51].

Wir bedienen uns in unserer Studie des Kellgren und Lawrence Scores zur radiologischen Beurteilung, da dieser Score in der Literatur akzeptiert ist.

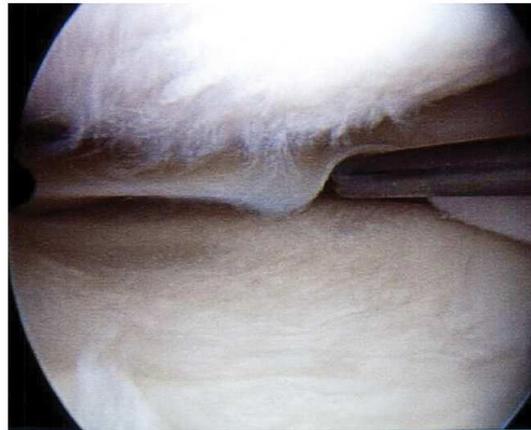
### **1.2.2. Chondromalaziestadien nach Outerbridge**

R. E. Outerbridge befasste sich mit der degenerativen Destruktion des Gelenkknorpels der Patella und teilte die makroskopisch sichtbaren Veränderungen in vier verschiedene Stadien ein: Grad I zeigt weißlich-gelben gequollenen und weichen Knorpel. Bei Grad II finden sich Knorpelfissuren und Abschilferungen auf einem Areal kleiner einem Zentimeter. Grad III entspricht Grad II, nur ist der Defekt größer als ein Zentimeter. Bei Grad IV wurde der Knorpel gänzlich abgetragen und es liegt blanker Knochen vor [127].

Diese Einteilung der Gelenkknorpeldestruktion wurde auch auf andere Gelenkflächen übertragen und findet heute zur Beschreibung und Klassifizierung von Knorpelschäden in vielen Studien Verwendung. Auch wir übernahmen die Chondromalaziestadien nach Outerbridge für die intraoperative Beurteilung.



Chondromalazie Grad I



Chondromalazie Grad II



Chondromalazie Grad III



Chondromalazie Grad IV

Abbildung 3: Chondromalaziestadien nach Outerbridge

### 1.3. **Anatomie des Kniegelenks**

#### 1.3.1. **Der Bandapparat**

Das Kniegelenk, *Articulatio genus*, ist das größte Gelenk des menschlichen Körpers. Es setzt sich zusammen aus dem Femorotibialgelenk (*Art. femorotibialis*) und dem Femoropatellargelenk (*Art. femoropatellaris*). Beide Gelenke werden von einer gemeinsamen Gelenkkapsel umschlossen. Aufgrund des bikondylären Aufbaus wird

im Femorotibialgelenk ein mediales und laterales Kompartiment unterschieden.

Es besteht eine ausgeprägte Inkongruenz zwischen den spiralförmigen Femurkondylen und dem planem Tibiaplateau. Zwei C – förmige Faserknorpelscheiben, der Meniscus medialis und lateralis, sorgen für eine erhöhte Kontaktfläche und führen so, als verformbare Ergänzung der Gelenkpfanne, zu verminderten intraartikulären Druckbelastungen. Da die beiden Minisci nicht starr mit der Kapsel verwachsen sind, folgen sie bei Flexion und Rotationsbewegungen den Femurkondylen.

Die beiden Längsbänder, das Ligamentum (Lig.) collaterale tibiale und das Lig. collaterale fibulare, verbinden den Epicondylus femoris medialis bzw. lateralis mit der dorsomedialen Fläche des Tibiakopfes bzw. mit dem Fibulaköpfchen.

In Streckstellung sind die Seitenbänder gespannt. In dieser Position ist der Krümmungsradius der Femurkondylen am größten und somit Abstand von Ansatz und Ursprung der Seitenbänder am größten. In Beugstellung entspannt sich der Bandapparat und erlaubt eine zusätzliche Rotationsbewegung sowie in geringem Maße auch Ab – und Adduktionsbewegungen im Kniegelenk.

Neben den Seitenbändern sind für die Bandführung auch die Kreuzbänder von großer Bedeutung. Da sie in der Entwicklung von dorsal in das Gelenk eintreten sind sie nur von der Membrana fibrosa, nicht jedoch von der Membrana synovialis umgeben. Das Lig. cruciatum anterior verläuft von der Innenseite des lateralen Femurkondylus zur Area intercondylaris anterior der Tibia. Das Lig. cruciatum posterior verläuft von der Innenseite des medialen Femurkondylus zur Area intercondylaris posterior der Tibia. In nahezu allen Stellungen befinden sich Anteile der Kreuzbänder unter Spannung und gewährleisten somit eine wesentliche Gelenksstabilisierung. Die zahlreichen Mechanorezeptoren der Kreuzbänder helfen die Gelenkbewegungen zu steuern und werden für die Auslösung zahlreicher Schutzreflexe verantwortlich gemacht [19].

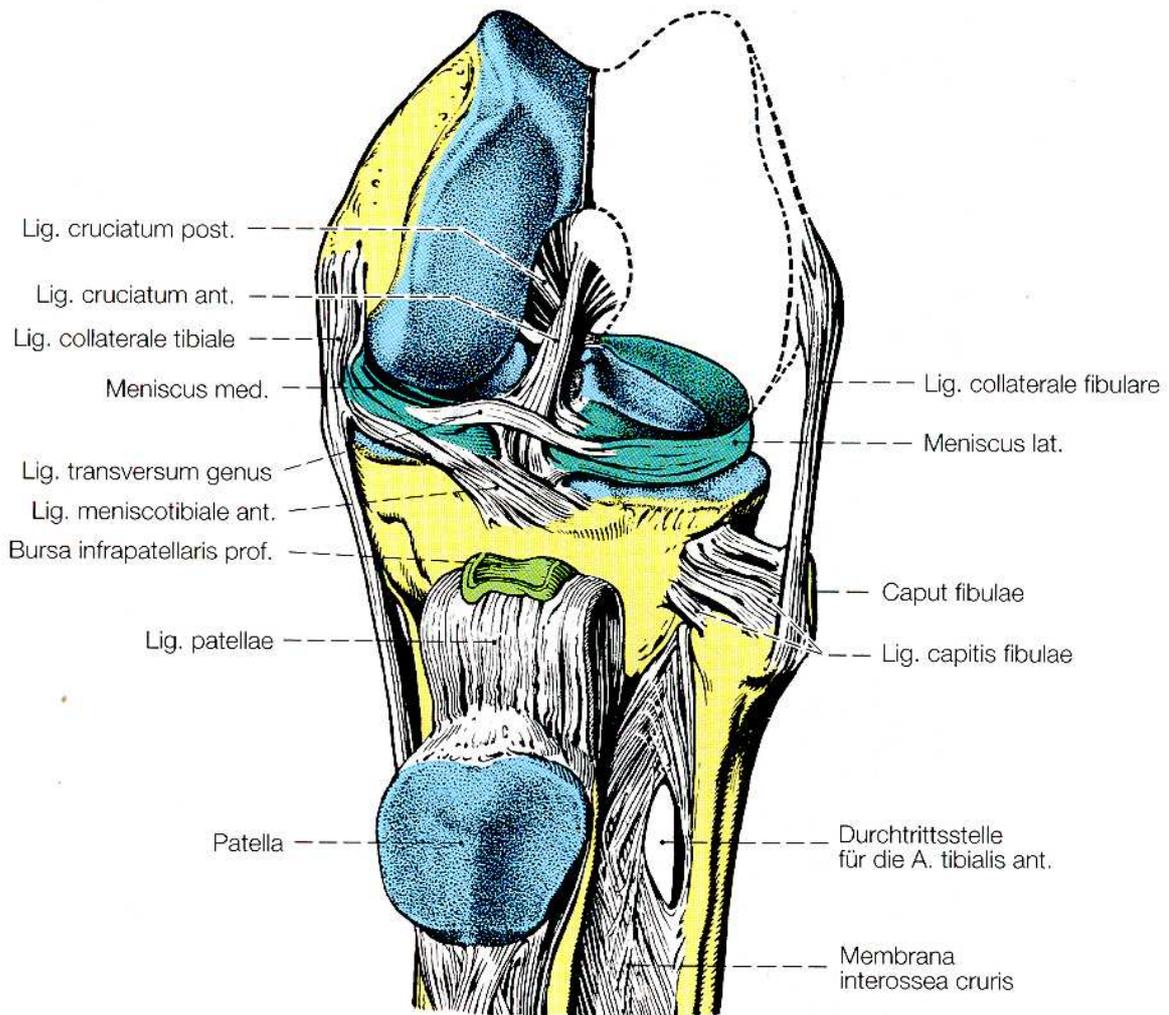


Abbildung 4: Bandapparat des Kniegelenks [19]

### 1.3.2. Achsen und Fehlstellungen

Die Knochenschäfte von Femur und Tibia bilden keine gerade Linie, sondern einen nach lateral offenen Abduktionswinkel von durchschnittlich 174 Grad. Dieser setzt sich zusammen aus dem Winkel von ca. 81 Grad, den Femurschaft und Horizontale des Kniegelenks bilden, sowie einem durchschnittlichen Winkel von 93 Grad, der zwischen Tibiaschaft und Horizontale besteht.

Die Belastungsachse des Beins, die so genannte Mikulicz – Linie, verläuft von der Mitte des Hüftkopfes zur Mitte des Talus. Unter physiologischen Bedingungen zieht sie dabei durch die Mitte des Kniegelenks. Weicht nun das Kniegelenk nach lateral ab, kommt es zu einer O – Bein Stellung; man spricht von einem Genu varum.

Befindet sich das Gelenk medial der Mikulicz – Linie kommt es zur X – Bein Stellung, einem Genu valgum. Bei Muskelschwächen finden sich häufiger ‚Valgus‘ Stellungen, während eine ausgeprägte Muskulatur vermehrt zu einem Genu varum führt. Durch die Achsenabweichungen entstehen unphysiologische Belastungsverhältnisse und stellen präarthrotische Deformitäten dar [19].

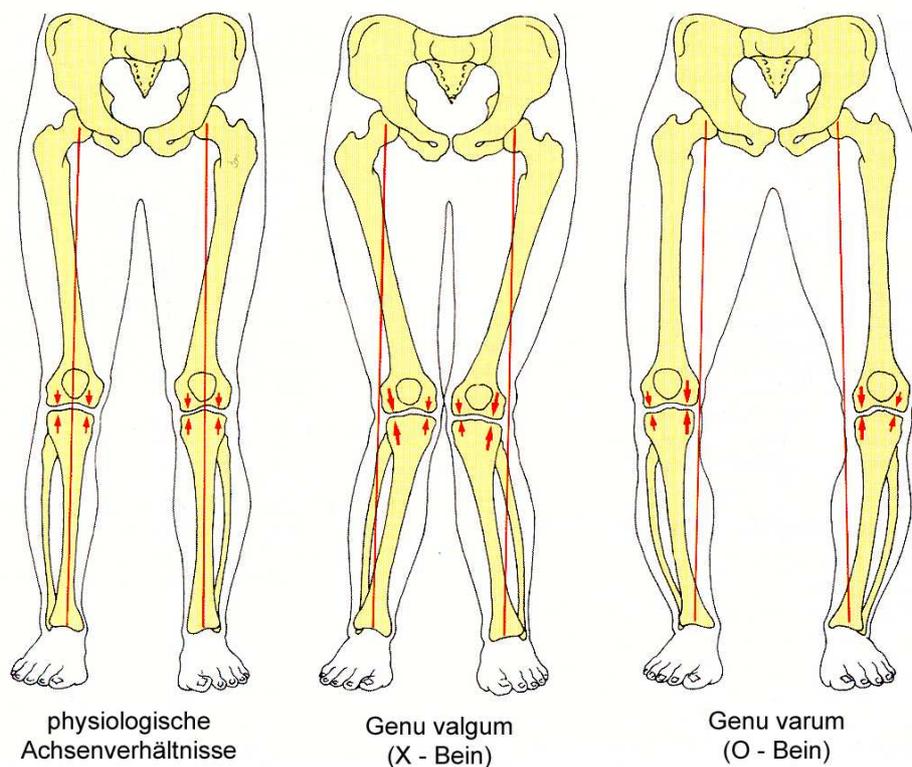


Abbildung 5: physiologische Achsenverhältnisse und Fehlstellungen [19]

#### 1.4. **Erkenntnisstand zu Ergebnissen der Knieendoprothetik**

Zunächst muss darauf verwiesen werden, dass sich in den letzten Jahren sowohl die Implantationsmodelle als auch -techniken kontinuierlich verbessert haben. Aus diesem Grund ist die Aussagekraft von Langzeitstudien der Knieendoprothetik, welche Implantate mit Standzeiten von zehn Jahren und mehr beurteilen, eingeschränkt und spiegelt nicht den derzeitigen Stand in der Totalendoprothetik wieder [140].

In der Literatur wird das Versagen einer Endoprothese übereinstimmend mit der

Indikationsstellung zur Revisionsoperation definiert [8,44,140]. 50% aller Revisionen werden innerhalb der ersten vier Jahre nach der Implantation durchgeführt.

Nach heutigen Erkenntnissen werden in zehn Jahresverläufen von trikompartimentellen Knieendoprothesen Überlebensraten von 90 – 96% festgestellt [108,140,147]. Die Ergebnisse für unikondyläre Schlittenprothesen lagen lange Zeit deutlich hinter denen von Totalendprothesen zurück. So berichteten Studien bis Mitte der 90er von zehn Jahres – Überlebensraten deutlich unter 90% [44]. Erst durch Verbesserungen im Prothesendesign konnten deutlich bessere Ergebnisse erzielt werden. In neueren Studien von Murray et al. sowie Berger et al. wird die 10 – Jahres – Überlebenszeit mit 98% angegeben [44,119].

Hauptindikation zur Revision ist die aseptische Prothesenlockerung und der Polyethylenabrieb, die zu 44% der Revisionen führen. Weitere wichtige Revisionsgründe sind die septische Lockerung (9,9% der Revisionen), Patellaprobleme (6,6%), Instabilitäten (5,7%) und Frakturen (< 1%) [94,140].

Die Ergebnisse der Knieendoprothetik unterliegen zahlreichen Einflussfaktoren. Neben den schon oben diskutierten Unterschieden aufgrund des Prothesendesigns, beeinflussen die Primärindikation, das Alter, Geschlecht, Begleiterkrankungen, Aktivität des Patienten sowie der Fixationsmodus (zementiert, nicht zementiert) das Langzeitergebnis wesentlich. Auch wurde ein Einfluss von ethnischer Abstammung und Einkommen auf die Ergebnisse nach Knieendoprothesen nachgewiesen [72]. Bei Arthrosepatienten zeigt sich gegenüber Rheumatikern ein auf 1,3 leicht erhöhtes Revisionsrisiko. Für die aseptische Lockerung ist das relative Risiko bei Arthrose sogar auf 1,7 erhöht. Auch ist die Revisionsrate bei jüngeren Patienten größer als bei Älteren. Dies wird überwiegend auf das höhere Aktivitätsniveau jüngere Menschen zurückgeführt [140].

Für die Patienten hat die Knieendoprothetik zahlreiche positive Auswirkungen im Bereich der Schmerz- und Funktionsverbesserung und bringt zumeist einen deutlichen Gewinn an Lebensqualität: Bei etwa 90 % der Patienten besteht nahezu Schmerzfreiheit [174]. Im langfristigen Verlauf können bei etwa 50% Schmerzfreiheit und bei weiteren 35 – 40% leicht bis mäßige Schmerzen erwartet werden [129]. Als häufigste Ursachen für Schmerzen werden Implantatlockerungen, latente Infektionen und Patellaprobleme aufgeführt. Murray schlägt daher die postoperative Schmerzhaftigkeit als sensiblen Marker zur Erfolgsbeurteilung von Knieendoprothesen vor [119].

Eine Studie aus Dänemark wies nach, dass die Mortalität fünf Jahre nach Knieendoprothesenimplantation mit 11% geringer ist als in einer entsprechenden nicht operierten Vergleichspopulation mit 19% [149].

### **1.5. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit**

Bereits heute zählt die Gonarthrose zu den häufigsten Gelenkerkrankungen weltweit. So berichtet die Framingham Studie, dass über ein Drittel aller Menschen über 60 Jahre radiologische Zeichen einer Gonarthrose aufweist [59].

Aufgrund steigender Lebenserwartung, Zunahme der übergewichtigen Bevölkerung und wachsender Bewegungsarmut wird jedoch allgemein mit einer deutlichen Zunahme der Inzidenz und Prävalenz der Erkrankung gerechnet [15,59,63,158].

Die klinisch manifeste Erkrankung der Gonarthrose geht mit einer massiven Beschwerdesymptomatik einher. Neben starken Schmerzen kommt es zu erheblichen Funktionseinschränkungen des betroffenen Gelenks, wie Beuge – und Streckdefiziten [186] und infolge dessen zu einem beträchtlichen Verlust an Lebensqualität. So konnten Johanna M. van der Wall et al. zeigen, dass Gonarthrosepatienten aufgrund ihrer Erkrankung einen vergleichbaren, in mancher Hinsicht sogar größeren Verlust an Lebensqualität angeben wie Patienten mit kardiovaskulären oder malignen Erkrankungen [157,173].

Obwohl Röntgenaufnahmen des Kniegelenks eine große Bedeutung bei der Diagnostik haben, wird in der Literatur immer wieder darauf hingewiesen, dass eine deutliche Diskrepanz zwischen den radiologisch erkennbaren Veränderungen und den klinischen Beschwerden der Patienten besteht [57,60,68,183]. So geben überhaupt nur etwa die Hälfte aller Patienten mit deutlichen radiologischen Befunden eine Gonarthrose (Kellgren 2-4) Kniebeschwerden an. Andererseits geben viele Patienten Kniebeschwerden an, bei denen keine oder erst im weiteren Verlauf radiologische Veränderungen festgestellt werden können [68].

Auch gibt es Hinweise darauf, dass radiologische Zeichen nicht zwangsläufig mit ihrem morphologischen Korrelat übereinstimmen. Fife et al. [60] belegten, dass etwa ein Drittel der Patienten mit radiologischen Zeichen einer Gelenkspaltminderung einen arthroskopisch unauffälligen Knorpel hat. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Brandt et al., und Rick W. Wright et al. [26,183].

Es besteht offensichtlich ein deutlicher Bedarf zur Klärung der Aussagekraft klinischer und radiologischer Parameter.

Bei der Durchsicht der gängigen Literatur fanden sich keine Arbeiten die sämtliche diagnostischen Standardparameter erfassten und auf ihre Aussagekraft überprüften. Dabei hat der Zusammenhang der diagnostischen Befunde auch und gerade für den klinischen Alltag Relevanz. So gibt es bis heute, trotz 118.922 Knie – TEP – Implantationen im Jahr 2005 allein in Deutschland [32], keine standardisierten Kriterien zu OP – Indikation [11]. Die Indikationsstellung beruht allein auf den Erfahrungen des behandelnden Orthopäden. Aus Untersuchungen ist jedoch bekannt, dass ‚harte Diagnoseparameter‘ wie radiologischen Befunde gegenüber anderen klinischen Zeichen vermehrt gewichtet werden [47,134,142]. Dadurch besteht bei fehlender Korrelation der verschiedenen Diagnosekriterien die Gefahr der Fehlgewichtung des Behandlungskonzeptes, wie zum Beispiel die vorzeitige oder aber auch zu späte Indikationsstellung zur Prothesenimplantation.

Aufgrund der unzureichenden Datenlage für diese Thematik war es Gegenstand der von uns durchgeführten Untersuchung folgende Thesen zu verifizieren:

1. Die Intensität der Beschwerden korreliert mit den radiologischen Zeichen der Gonarthrose.
2. Die Intensität der Beschwerden korreliert mit intraoperativ feststellbaren degenerativen und entzündlichen Veränderungen der Gonarthrose.
3. Die Befunde der klinischen Untersuchung korrelieren mit den radiologischen Zeichen und intraoperativen Befunden der Gonarthrose.
4. Die radiologischen Zeichen der Gonarthrose korrelieren mit intraoperativ feststellbaren degenerativen Veränderungen.

## **2. Material und Methode**

### **2.1. *Patientenkollektiv***

#### **2.1.1. *Aufnahmekriterien***

Es wurden insgesamt 103 Patienten, die in dem Zeitraum von Juni bis Oktober des Jahres 2006 in der Orthopädischen Klinik für die Universität Regensburg im Asklepios Klinikum Bad Abbach zur endoprothetische Versorgung einer fortgeschrittenen Gonarthrose stationär aufgenommen wurden, in die Studie eingeschlossen. Die Versorgung erfolgte mit einem bikondylären Oberflächenersatz des Typs PFC der Firma Depuy®, Warsaw, Indiana, USA.

Vorraussetzung für die Eingliederung in die Studie war eine primäre Gonarthrose. Somit wurden Patienten, bei denen eine rheumatoide Arthritis oder andere Erkrankungen aus dem rheumatischen Formenkreis diagnostiziert waren, von der Teilnahme ausgeschlossen. Patienten bei denen es infolge einer Osteochondrosis dissecans oder einer aseptischen Knochennekrose, im Sinne eines Morbus Ahlbäck, zur Arthrose gekommen war, wurden ebenfalls nicht in die Studie aufgenommen. Zudem beschränkten wir uns auf Patienten bei denen auf die Implantation einer achsengeführten Totalendoprothese verzichtet werden konnte. Diese Kriterien wurden gestellt, um das Patientenkollektiv zu vereinheitlichen und somit besser interindividuell vergleichen zu können.

Am Tag vor der Operation wurden die Patienten sowohl mündlich als auch schriftlich über Ziel und Ablauf der Studie aufgeklärt und ihre Einwilligung zur Studienteilnahme schriftlich festgehalten. Ihnen wurde daraufhin der WOMAC Fragebogen (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index) [17] ausgehändigt, den sie selbständig ausfüllten. Im Anschluss erfolgte die klinische Untersuchung des zu operierenden Gelenks von einem unabhängigen Untersucher.

## 2.1.2. Demographische Angaben

### Patientenalter

Das durchschnittliche Alter der Patienten betrug 68,0 Jahre (SD: 8,45 Jahre). Die Spannweite betrug 35 Jahre, wobei der jüngste Patient 48 Jahre und der älteste 83 Jahre war.

### Geschlechtsverteilung

68 Prozent der Probanden waren Frauen, 32 Prozent waren Männer.

### Körpergewicht

Das durchschnittliche Körpergewicht der Frauen lag bei 79,3 Kilogramm (SD 12,92), das der Männer bei 89,24 Kilogramm (SD: 16,69). Der Gesamtdurchschnitt lag bei 82,48 Kilogramm (SD: 14,09). Die Spannweite betrug 86 Kilogramm, wobei der leichteste Patient 54 Kilogramm, der schwerste 140 Kilogramm wog.

### Körpergröße

Die durchschnittliche Körpergröße lag bei 1,66 Metern (SD: 9,0 Zentimeter), wobei der kleinste Patient 1,5 Meter, der größte Patient 1,87 Meter maß (Spannweite: 37 Zentimeter).

### BMI

Der durchschnittliche Body Mass Index lag bei 29,9 kg/m<sup>2</sup> (SD: 4,44). Die Spannweite betrug 22,68, wobei der niedrigste Wert 20,24 kg/m<sup>2</sup>, der höchste Wert 42,96 kg/m<sup>2</sup> betrug.

### Beschwerdedauer bis zur Operation

Die durchschnittliche Angabe der Patienten zur Dauer ihrer Kniebeschwerden betrug 6 Jahre und 2 Monate. Der kleinste Zeitraum betrug 4 Monate, der größte angegebene Zeitraum betrug 30 Jahre (Spannweite 29 Jahre 8 Monate).

### Voroperationen am betroffenen Kniegelenk

49 Patienten (entspricht 47,6 Prozent) waren zum Zeitpunkt der Aufnahme bereits

mindestens einmal am erkrankten Kniegelenk operiert worden. 89,8% der durchgeführten Operationen waren arthroskopische Spiegelungen mit Gelenkdebridement bzw. Meniskusresektionen. Bei 2 Patienten, entsprechend 4,1% der Operationen, war bereits eine Umstellungsosteotomie durchgeführt worden. Ferner Exzision einer Bakerzyste und eine Patellastabilisierung mittels Tuberositas tibiae Translokation.

## 2.2. **Womac Score**

Der WOMAC (Western Ontario und McMaster Universities) Arthroseindex zählt, neben dem AIMS2-SF (Arthritis Impact Measurement Scale) und dem Lequesne Index, zu dem gängigsten und in der Literatur am weitest verbreiteten Messinstrumenten zur Erfassung der Arthrose – spezifischen Krankheitsauswirkungen aus der Sicht der Patienten [161,168]. Studien belegen eine zufriedenstellende Test – Retestzuverlässigkeit (Intraklassen – Korrelationskoeffizient 0,55 – 0,74) sowie eine hohe interne Konsistenz des WOMAC Scores (Cronbach – Koeffizient Alpha 0,80 – 0,96) [161]. Die WHO und die American Association for Orthopaedic Surgery empfehlen den WOMAC Scores für klinische Studien über Gelenksarthrosen [45,168].

Mit insgesamt 24 Fragen werden in drei Skalen die für Arthrosen typischen Schmerz – und Steifigkeitssymptomatik als auch die Einschränkung der physischen Funktionsfähigkeit erfasst. Davon beziehen sich fünf Fragen auf die Schmerzsymptomatik (WOMAC A), zwei Fragen auch die Beweglichkeit (WOMAC B) und 17 Fragen auf die Funktionalität des betroffenen Gelenks (WOMAC C) [17].

Für den WOMAC Score sind drei verschiedene Skalen gebräuchlich. Bellamy et al. verwendeten in der Originalversion eine Visuelle Analog Skala (VAS) von 100 Millimeter Länge mit den Extremwerten ‚keine‘ und ‚extrem‘, entlang derer der Patient seine Antwort mit einem Kreuz markiert [17]. G. Stucki et al. benützte bei der Übersetzung des WOMAC Scores ins Deutsche eine numerische Gradierungsskala mit einem Wertebereich von 0 – 10 [161]. Diese erlaubt ebenso wie die VAS eine numerische Gradierungsskala. Wir griffen für unsere Studie jedoch auf eine Likert Skala mit den Werten 0, 1, 2, 3, 4 zurück, wobei 0 für „keine“ und 4 für „extrem starke“ Beschwerden steht. Eine Likert Skala hat nur Ordinalskala Niveau, dennoch

waren wir der Ansicht, dass den Patienten mit einer fünf stufigen Skala das Beantworten des Fragebogens leichter fallen würde.

Zur Berechnung des Globalindex wird ein ungewichteter Mittelwert nach Standardisierung jeder Skala durch Division mit der jeweiligen Anzahl Fragen (5, 2, 17) gebildet. Daraus ergibt sich, dass der Mittelwert Werte zwischen 0 und 4 einnehmen kann. Je größer der erhaltene Wert desto gravierender ist die Beschwerdesymptomatik des Gelenks einzuschätzen.

Die Fragen bezogen sich dabei immer auf die Beschwerdesymptomatik des zu operierenden Gelenks.

### 2.3. **Knee Society Score**

Der Knee Society Score wurde 1989 von John N. Insall et al. entwickelt, um ein einheitliches und allgemein etabliertes Messinstrument bei der klinischen Beurteilung der Gonarthrose zu Verfügung zu haben [80]. Er ist der einzige in der Literatur weit verbreitete Beurteilungsbogen, der sowohl subjektive Beschwerdesymptomatiken der Patienten als auch objektivierbare Untersuchungsbefunde, wie Bandstabilitäten und Bewegungsradien, erfasst.

Der Knee Society Score untergliedert sich in zwei Subscores: Den Knee Subscore und den Function Subscore, mit jeweils einer maximalen Punktezahl von 100.

Der Function Subscore bewertet lediglich die maximale Gehstrecke (max. 50 Punkte) und die Fähigkeit des Treppensteigens (max. 50 Punkte). Für die Verwendung von Hilfsmitteln wie Gehstöcken oder Krücken, werden Abzüge vorgenommen.

Der Knee Subscore gewichtet mit 50% die Schmerzen des Patienten, wobei Schmerzfreiheit 50 Punkten entspricht. Die verbleibenden 50 Prozent dienen der Erfassung der Beweglichkeit (max. 25 Punkte) und den Bandstabilitäten (max. 25 Punkte). Bewegungsumfängen von 125 Grad und mehr entsprechen 25 Punkten. Bei den Bandstabilitäten wird noch mal zwischen antero-posteriorer sowie medio-lateraler Stabilität unterschieden. Abzüge erfolgen bei Beugekontrakturen und Streckdefiziten sowie bei Achsenfehlstellungen.

Aufgrund mangelnder Korrelation der einzelnen Parameter untereinander ist der Knee Society Score in den letzten Jahren vermehrt in die Kritik gekommen [95,106]. Elizabeth A. Lingard et al. konnten in einer Multicenter Studie zeigen, dass der

Function Subscore nur unbefriedigend sensibel Veränderungen im Krankheitsverlauf widerspiegelt [106]. Dieselbe Studie kam zu dem Schluss, dass der Knee Subscore im Vergleich zum WOMAC Score oder SF-36 ein sensibleres Messinstrument zur Erfassung der Beschwerden sei.

Die gleichzeitige Erfassung von subjektiven Beschwerden und objektivierbaren Untersuchungsbefunden war für uns in Anbetracht der Zielsetzung unserer Studie ausschlaggebend den Knee Society Score an unseren Patienten zu erheben.

#### 2.4. **Klinische Untersuchung**

Dem Ausfüllen des WOMAC Scores und der anamnestischen Befragung zur Erhebung des Knee Society Scores schloss sich die klinische Untersuchung des zu operierenden Knies und der Gegenseite an. Es wurden Bewegungs- und Druckschmerzhaftigkeit, retropatellare Schmerzen anhand des Zohlen – Zeichen, Kniegelenkerguss anhand des Zeichens der „tanzenden Patella“, der Lauf der Patella, Muskelkraft und Bandstabilitäten bestimmt und dokumentiert. Die Überprüfung der medio–lateralen Stabilität erfolgte in Streckung und leichter Beugung. Zur Bestimmung der antero-posterioren Stabilität führten wir den passiven vorderen Schubladentest sowie den passiven Lachman – Test durch. Die Beweglichkeit wurde anhand der Neutral Null Methode (aktiv und passiv) bestimmt, wobei wir die Messwerte in Schritten von 5 Grad angaben, da laut verschiedenen Autoren eine genauere Messwertangabe unrealistisch erscheint [185].



Abbildung 6: Klinische Untersuchung

## 2.5. Visuelle Analog Skala

Nach Abschluss der Untersuchung wurden die Patienten gebeten ihre Beschwerden aufgrund des zu operierenden Kniegelenks in den vergangenen vier Wochen eigenständig auf einer Visuellen Analog Skala [133] der Firma Ortoton anzugeben. Auf der Rückseite der VAS normierte eine Skalierung die Angabe auf Werte zwischen 0 und 10, wobei 0 Beschwerdefreiheit und 10 schlimmsten Schmerzen entspricht.

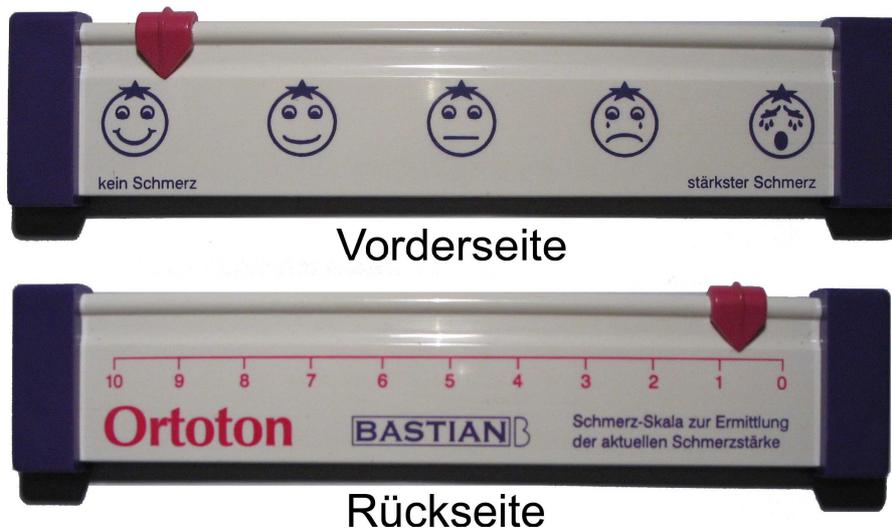


Abbildung 7: Visuelle Analog Skala

## 2.6. Radiologische Befunde

Präoperativ werden in der Orthopädischen Klinik für die Universität Regensburg im Asklepios Klinikum Bad Abbach von allen Patienten, die sich zur Implantation einer Knie totalendoprothese vorstellen, standardisierte Röntgenaufnahmen angefertigt. Zur validen Beurteilung der Arthrose und zu Bestimmung der Gelenkspaltweite wird eine *belastete Aufnahme im Stehen bei maximaler Streckung mit anterior-posteriorem Strahlengang* angefertigt. Der Zentralstrahl ist dabei auf die Gelenkspaltmitte ausgerichtet, der Fokus – Film – Abstand beträgt 100 cm und das Aufnahmeformat 18 x 24cm.

Eine weitere Aufnahme in zweiter Ebene erfolgt *im Liegen, mit seitlichem Strahlengang und ca. 30 Grad flektiertem Kniegelenk*. Der Zentralstrahl ist dabei senkrecht auf den Gelenkspalt gerichtet, der Fokus – Film – Abstand beträgt 100 cm und das Aufnahmeformat 18 x 24cm.

Zur Beurteilung des femoro-patellaren Gleitlagers wird standardmäßig eine *Patella Tangentialaufnahme* vorgenommen. Dabei wird das Femoropatellargelenk in Rückenlage bei Beugungen zwischen 30 - 90 Grad tangential dargestellt. Der Fokus – Film – Abstand beträgt 100 cm und das Aufnahmeformat 13 x 18 cm.

Um eine einheitliche Auswertung der Röntgenbilder zu gewährleisten erstellten wir für unsere Studie einen Evaluationsbogen. Erfasst wurden das Ausmaß der maximalen Gelenkspaltverschmälerung gemäß den Vorgaben von Buckland-Wright [31], Grad der Sklerosierung in den medialen und lateralen Gelenkkompartments sowie der Patella gemäß den Kriterien des Kellgren Scores [89]. Der Grad der Sklerosierung wurde dabei in vier Untergruppen „keine“, „leicht“, „mäßig“ und „ausgeprägt“ untergliedert. Das Ausmaß der Osteophytenbildung wurde in den einzelnen Gelenkanteilen in den Stufen „keine“, „ansatzweise“ und „ausgeprägt“ festgehalten. Zudem wurden subchondrale Zysten und, soweit vorhanden, eine Subluxationsstellung dokumentiert.

Zur Bestimmung der präoperativen Beinachse wurde eine Ganzbeinstandaufnahme mit anterior – posteriorem Strahlengang vorgenommen in der sowohl Hüftkopf als auch das Sprunggelenk zu Abbildung kommen. Nach der Definierung des Hüftkopfbereichs und der Talusmitte wurde die Mikulicz Linie eingezeichnet. Die mechanische Beinachse definiert sich durch den Winkel den Hüftkopfbereich, Mitte des Tibiaplateaus und Talusmitte einschließen. Ist der Innenwinkel kleiner bzw. größer 180 Grad liegt eine Varus – bzw. Valgus – Fehlstellung vor. Wir hielten hierbei die Differenz des Innenwinkels zu 180 Grad als Achsenabweichung fest. Die Achsenbestimmung erfolgte auf einem extra breiten Bildbetrachter, der die Ansicht der gesamten Aufnahme erlaubt.



anterior – posteriorer Strahlengang



seitlicher Strahlengang 30 Grad Flexion



Patella Tangentialaufnahme



Ganzbeinstandaufnahme

Abbildung 8: Röntgenaufnahme mit anterior-posteriorem Strahlengang

Abbildung 9: Röntgenaufnahme mit seitlichem Strahlengang bei 30 Grad Flexion

Abbildung 10: Patella Tangentialaufnahme bei Beugung zwischen 30 - 90 Grad

Abbildung 11: Ganzbeinstandaufnahme mit mechanischer Beinachse

## **2.7. Intraoperative Bewertung der Arthroseprogression**

Die intraoperative Bewertung der arthrotischen Gelenkveränderungen fand während der Implantation der PFC- Sigma- Prothese statt. Der Eingriff erfolgte, wie in unserer Abteilung üblich, in Blutleere. Bei allen Patienten in dieser Studie wurde der paramediale Gelenkzugang mit anschließender Eversion der Patella gewählt. Dies ermöglicht eine gute Gelenkübersicht inklusive der Patellarrückseite und dem femoro-patellarem Gleitlager.

Die Bewertung des Gelenkzustandes erfolgte jeweils durch einen erfahrenen Facharzt der Orthopädie und wurde von diesem unmittelbar nach der Operation in einem einheitlichen Evaluationsbogen festgehalten.

Beurteilt wurden der Knorpel der medialen und lateralen Femurkondylen und des medialen und lateralen Tibiaplateaus. Ferner die Facies articularis patellae und das femoro-patellare Geleitlager. Der Knorpelschaden wurde hierbei gemäß der Chondromalaziestadien nach Outerbridge in 0 bis IV eingeteilt [127]. Um eine einheitliche Beurteilung zu gewährleisten, wurden den Operateuren folgende Definitionen der Chondromalaziestadien vorgegeben:

Grad 0 : gesunder unveränderter Knorpel

Grad I : Knorpel gelblich – weiß, gequollen, weich

Grad II : Knorpelfissuren und Knorpelabschilferungen

Grad III: großflächige (>1 cm) Knorpelfissuren und Knorpelabschilferungen

Grad IV: blanker Knochen mit teilweise Knochendestruktion

Ferner wurde die Ausprägung der Osteophytenbildung und deren Lokalisation sowie das Ausmaß an Synovitis und Gelenkergussbildung in einer dreistufigen Skala festgehalten.

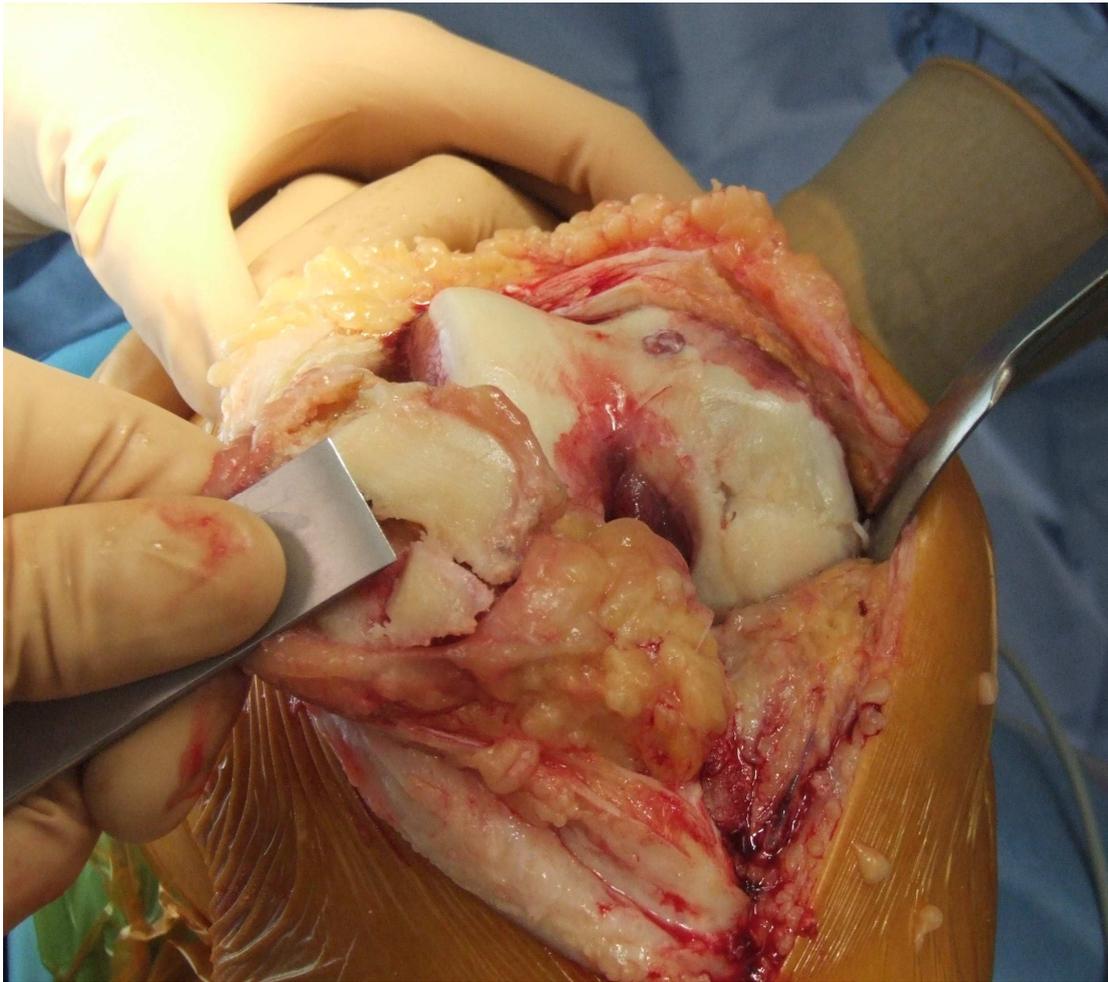


Abbildung 12: OP – Situs: eröffnetes Kniegelenk

## 2.8. **Statistische Auswertung**

Wir führten Korrelationsanalysen patientenspezifischer Daten, der Ergebnisse des Womac Scores, des Knee Society Scores, der VAS, der Beweglichkeit und Gelenkstabilität, den radiologischen Befunden sowie den intraoperativen Befunden, insbesondere der Chondromalaziestadien nach Outerbridge durch.

Die statistische Analyse erfolgte aufgrund des Ordinal – Skalen – Niveaus der Fragebögen durch den Spearman Korrelationskoeffizienten (SpK) [62]. Für diese Korrelationsanalysen werden den einzelnen Werten einer Variablen Rangplätze zugeordnet und diese anschließend mit den Rängen anderer Variablen verglichen. Die Vorteile des Spearman Rangkorrelationskoeffizienten sind, dass er Korrelationen auch dann erlaubt, wenn keine Normalverteilung vorliegt und er robust gegenüber

Ausreißern ist. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass der Spearman Korrelationskoeffizient gegenüber dem Pearson Korrelationskoeffizienten eine niedrigere Aussagekraft besitzt, da die Transformation der Daten in Ränge einen Informationsverlust bedingt [62].

Korrelationskoeffizienten deren Betrag größer als 0,2 war, wurden hierbei als signifikant angesehen. Gemäß allgemein üblichen Standards, werteten wir Korrelationskoeffizienten von 0,2 bis 0,5 als *gering*, bis 0,7 als *mittelmäßig*, bis 0,9 als *hoch* und über 0,9 als *sehr hoch* korrelierend [5]. Neben dem Spearman Korrelationskoeffizienten wurde zusätzlich immer die Irrtumswahrscheinlichkeit ‚p‘ angegeben. Korrelationen, die mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,05$  behaftet sind, nennt man *signifikant*. Korrelationen, die mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,01$  behaftet sind, nennt man *sehr signifikant* [5].

Zum Vergleich des WOMAC Scores, der Knee Society Scores, der klinischen, radiologischen und intraoperativen Befunde wurden zusätzlich auch Streudiagramme verwendet.

Um eine bessere Übersichtlichkeit zu gewährleisten wurden die Ergebnisse der einzelnen Messparameter, in Gruppen eingeteilt, zusätzlich in Balkendiagramme dargestellt. Die jeweiligen Gruppeneinteilungen erfolgte aufgrund subjektiver Überlegungen der Anschaulichkeit und fließt in die Ergebnisanalyse nicht mit ein.

Die Aufarbeitung der Daten erfolgte mit Hilfe der Programme SPSS (Version 12.0, SPSS Inc., Chicago, USA) und Excel (Microsoft, USA).

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. *Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index*

Der Womac Score besteht aus drei Subscores in welchen die Schmerzen (Womac A), die Steifigkeit (Womac B) und die Funktionalität des Gelenkes (Womac C) erfasst werden. Die einzelnen Subscores werden jeweils durch die Anzahl ihrer Fragen dividiert. Dadurch erhält man Werte zwischen 0 und 4, wobei 0 ‚keinen‘ und 4 ‚sehr starken‘ Beschwerden entspricht. Der Gesamtscore entspricht dem Mittelwert der drei Subscores.

	Womac - Schmerz	Womac - Steifheit	Womac- Funktionalität	Womac- gesamt
Patientenzahl	103	103	103	103
Mittelwert	2,40	2,34	2,42	2,39
Standardabweichung	0,66	0,91	0,65	0,63
Spannweite	3,40	4,00	3,41	3,19
Minimum	0,60	0,00	0,59	0,51
Maximum	4,00	4,00	4,00	3,70

Tabelle 1: Tabelle der Ergebnisse des Womac Scores

### 3.1.1. Womac A

Für den Subscore A ergab die Evaluation einen Mittelwert von 2,39 (SD: 0,66). Der minimale Wert betrug 0,6, der maximale Wert 4,0 (Spannweite: 3,4). Nach Aufteilung in Gruppen mit Schritten von 0,5 ergab sich folgende Verteilung:

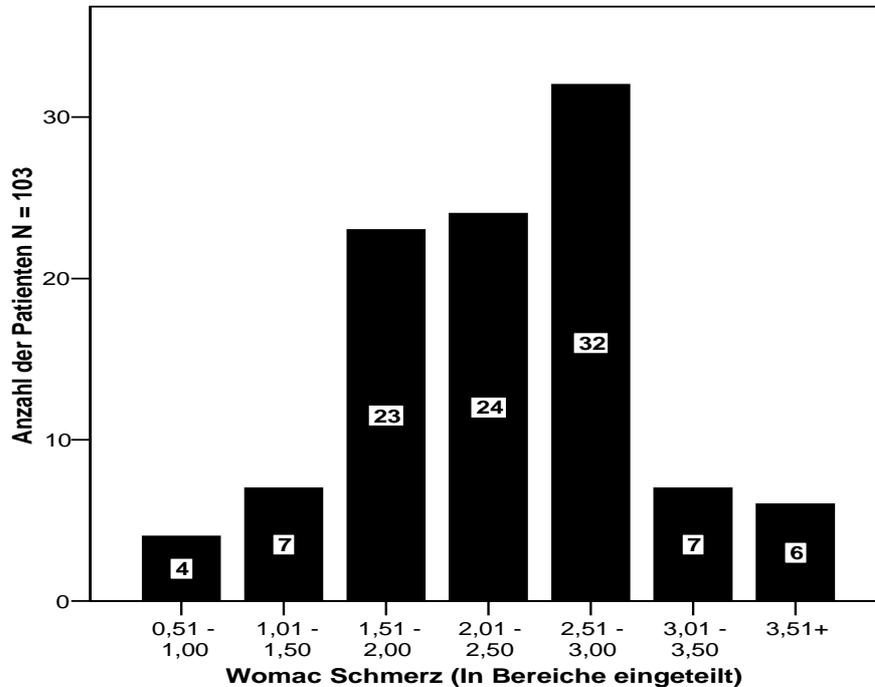


Diagramm 1: Balkendiagramm der Verteilung des Womac A (in Gruppen)

### 3.1.2. Womac B

Für den Subscore B ergab die Evaluation einen Mittelwert von 2,34 (SD: 0,91). Der minimale Wert betrug 0,0, der maximale Wert 4,0 (Spannweite: 4,0). Nach Aufteilung in Gruppen mit Schritten von 0,5 ergab sich folgende Verteilung:

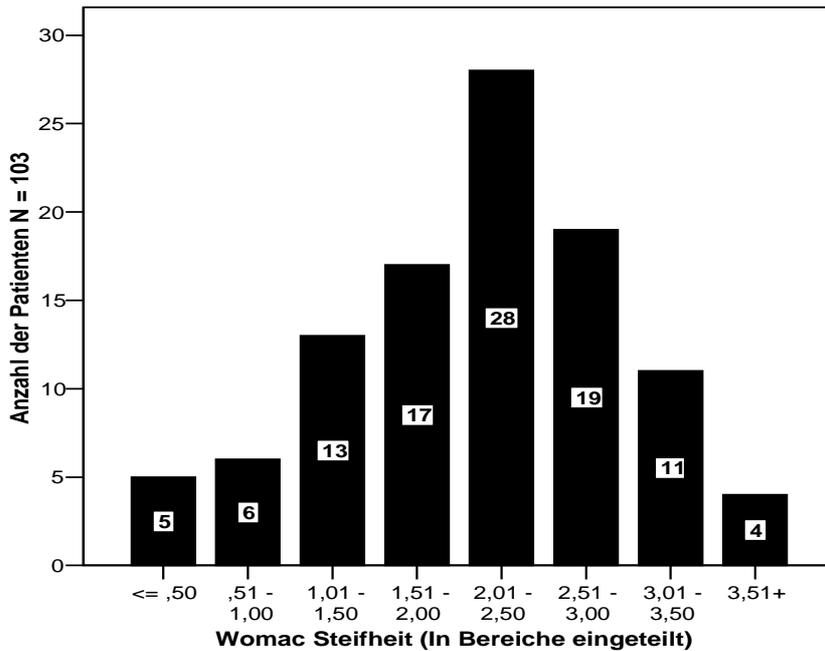


Diagramm 2: Balkendiagramm der Verteilung des Womac B (in Gruppen)

### 3.1.3. Womac C

Für den Subscore C ergab die Evaluation einen Mittelwert von 2,42 (SD: 0,65). Der minimale Wert betrug 0,59, der maximale Wert 4,0 (Spannweite: 3,41). Nach Aufteilung in Gruppen mit Schritten von 0,5 ergab sich folgende Verteilung:

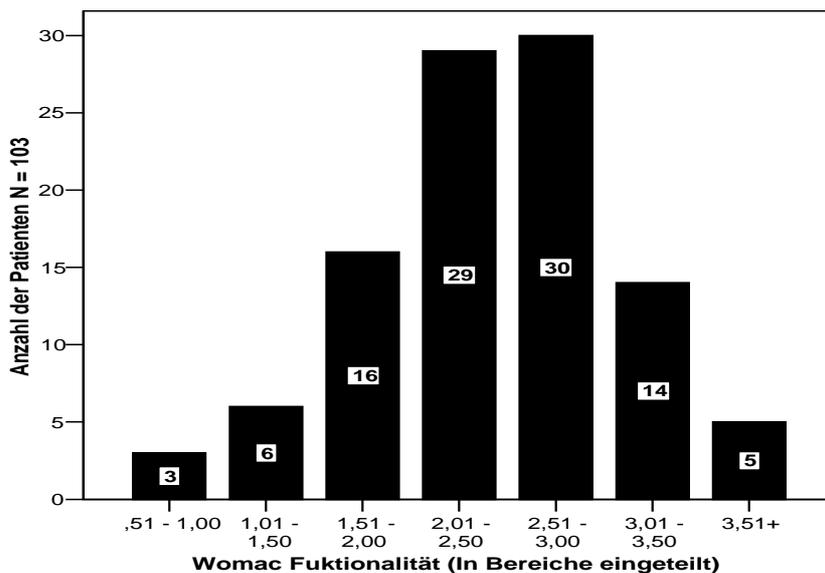


Diagramm 3: Balkendiagramm der Verteilung des Womac C (in Gruppen)

### 3.1.4. Womac Gesamtscore

Für den Gesamtscore ergab die Evaluation einen Mittelwert von 2,39 (SD: 0,63). Der minimale Wert betrug 0,51, der maximale Wert 3,70 (Spannweite: 3,419). Nach Aufteilung in Gruppen mit Schritten von 0,5 ergab sich folgende Verteilung:

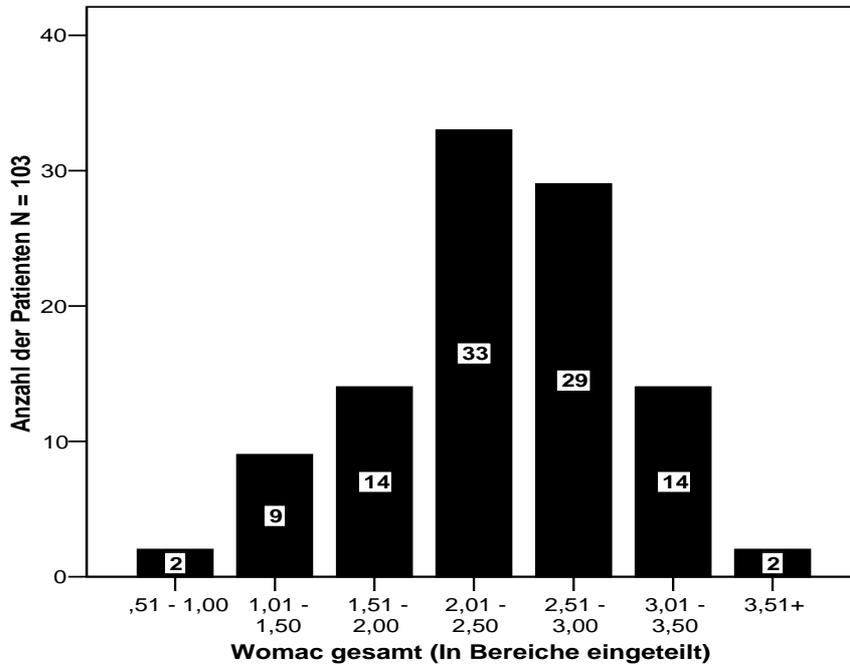


Diagramm 4: Balkendiagramm der Verteilung des Womac Scores (in Gruppen)

### 3.2. Schmerzmitteleinnahme

Auf die Frage wie oft sie in den vergangenen vier Wochen aufgrund des erkrankten Kniegelenks Schmerzmittel eingenommen hatten, erhielten wir folgende Ergebnisse:

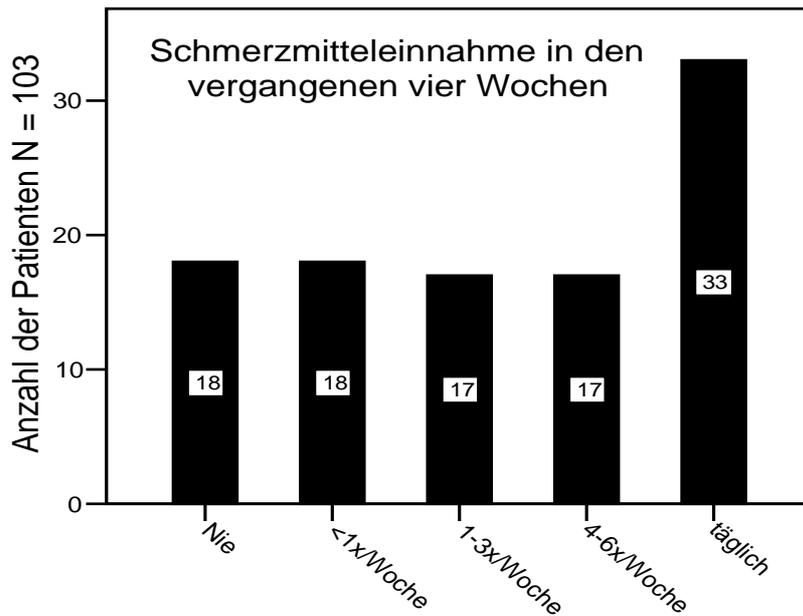


Diagramm 5: Balkendiagramm der Schmerzmitteleinnahme

### 3.3. **Knee Society Score**

Wie bereits erwähnt untergliedert sich der Knee Society Score in zwei Subscores, den Knee Subscore und den Function Subscore, mit einer maximalen Punktzahl von je 100 Punkten. Der Total Knee Score ergibt sich aus der Addition der beiden Subscores. Dabei steht eine hohe Punktzahl, anders als beim Womac Score, für einen guten Gelenkszustand.

	KSS - Knee Score	KSS - Function Score	KSS - Total Score
Patientenzahl	103	103	103
Mittelwert	33,09	49,27	82,36
Standardabweichung	17,77	21,13	32,40
Spannweite	81	110	157
Minimum	-12	-10	-3
Maximum	69	100	154

Tabelle 2: Tabelle der Ergebnisse des Knee Society Scores

### 3.3.1. Knee Subscore

Der Mittelwert des Knee Subscore lag bei 33,09 Punkten (SD: 17,77). Der minimale Wert betrug -12 Punkten, der maximale Wert 69 Punkte (Spannweite: 81 Punkte). Zur besseren Übersicht teilten wir die Ergebnisse wieder in Subgruppen mit jeweils 10 Punkten Spannweite auf. Daraus ergab sich folgende Verteilung:

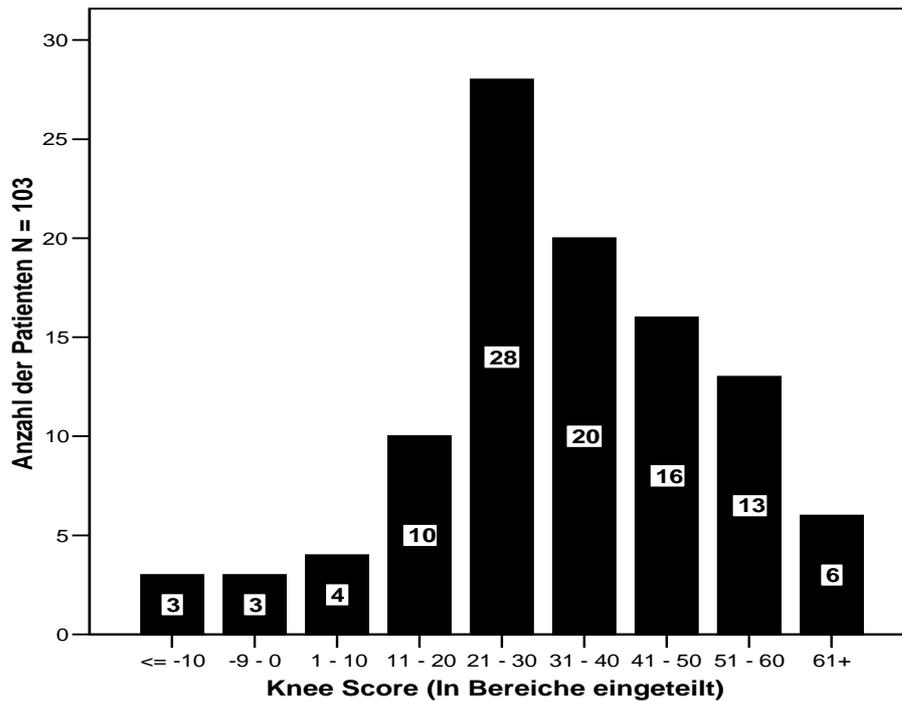


Diagramm 6: Balkendiagramm der Verteilung des Knee Scores (in Gruppen)

### 3.3.2. Function Subscore

Der Mittelwert des Function Subscores betrug 49,27 Punkte (SD: 21,23). Der minimale Wert lag bei -10 Punkten, der maximale Wert betrug 100 Punkte (Spannweite: 110 Punkte). Wieder unterteilt in Subgruppen mit jeweils 10 Punkten Spannweite ergab sich folgende Verteilung:

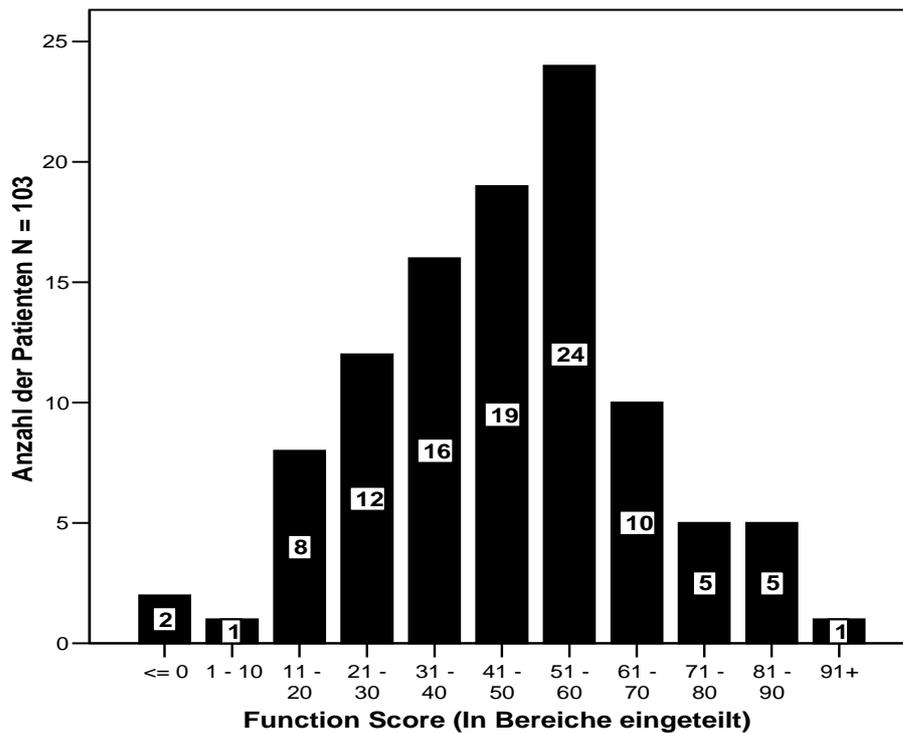


Diagramm 7: Balkendiagramm der Verteilung des Function Scores (in Gruppen)

### 3.3.3. Total Knee Score

Für den Mittelwert des Total Knee Scores errechneten wir 82,36 (SD: 32,4). Der minimale Wert lag bei -3 Punkten, der maximale Wert betrug Punkte 154 (Spannweite: 157 Punkte). Diesmal bildeten wir Subgruppen mit Spannweiten von 20 Punkten und erhielten folgende Verteilung:

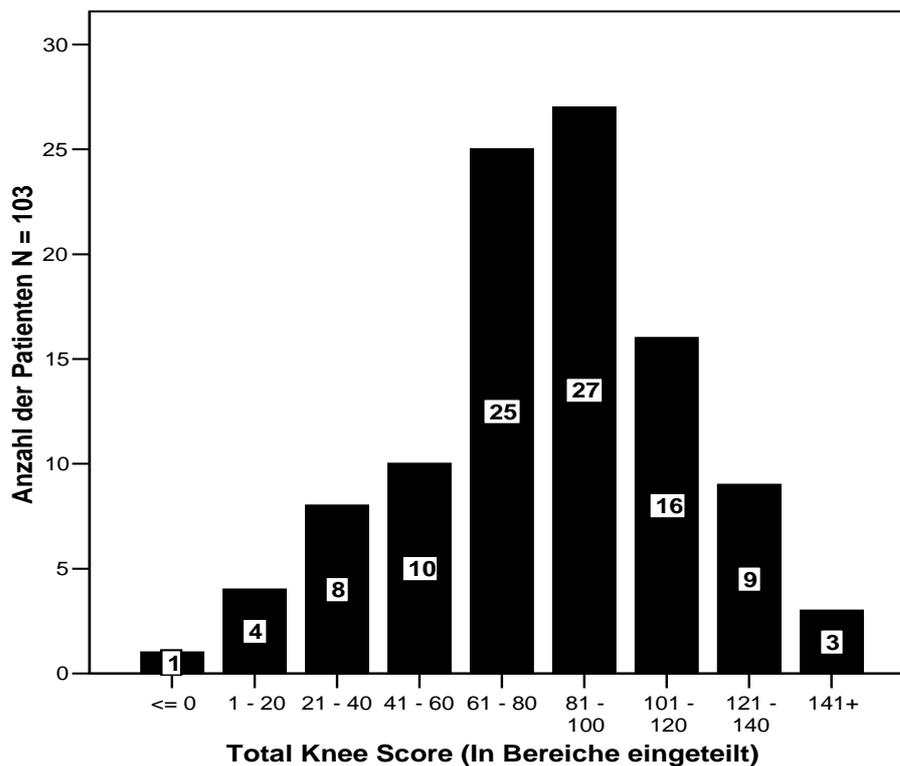


Diagramm 8: Balkendiagramm der Verteilung des Total Knee Scores in Gruppen

### 3.4. ***Bewegungsausmaße und weitere Untersuchungsbefunde***

#### Bewegungsausmaße:

Die präoperative Beweglichkeit des Kniegelenks wurde mit einem Winkelmesser der Firma Bauerfeind bestimmt. Hierbei wurde die maximale Extensions- und Flexionsstellungen gemäß der Neutral – Null – Methode in 5 Grad Schritten festgehalten und daraus der Bewegungsumfang errechnet. Bei den Werten der Extension entsprechen positive Werte Streckdefiziten, negative Werte wurden für maximale Extensionsstellungen jenseits der Nullstellungen vergeben.

	Extension	Flexion	Bewegungsumfang
Patientenzahl	103	103	103
Mittelwert	6,70	111,75	105,05
Standardabweichung	7,46	16,74	21,67
Spannweite	35	80	105
Minimum	-10	60	45
Maximum	25	140	150

Tabelle 3: Tabelle der Befunde zu den Bewegungsausmaßen

### Bandstabilität:

Die **seitliche Bandstabilität** des Kniegelenks wurde gemäß des Knee Society Scores in vier Schweregrade 0, 1, 2, 3 aufgeteilt, wobei 0 für keine und 3 für eine große seitliche Aufklappbarkeit steht. Die Werte für die mediale und laterale Instabilität wurden anschließend zu einem Summenscore addiert.

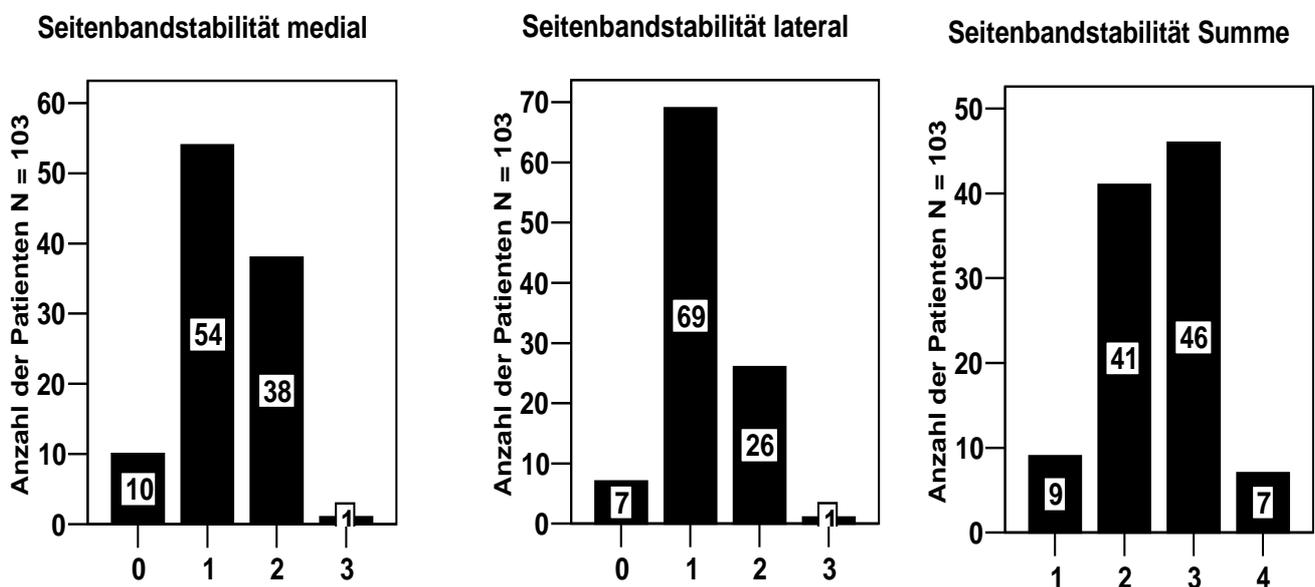


Diagramme 9, 10, 11: Balkendiagramme der Befunde zur Seitebandstabilität

Die **anterio-posteriore Stabilität** (a.- p. Stabilität) wurde anhand des vorderen Schubladentest und den passiven Lachmann Test überprüft. Die Beurteilung der Translationsbewegung erfolgte, wieder gemäß den Vorgaben des Knee Society

Scores, in drei Untergruppen: I: < 5mm, II: 5 – 10mm und III: >10mm

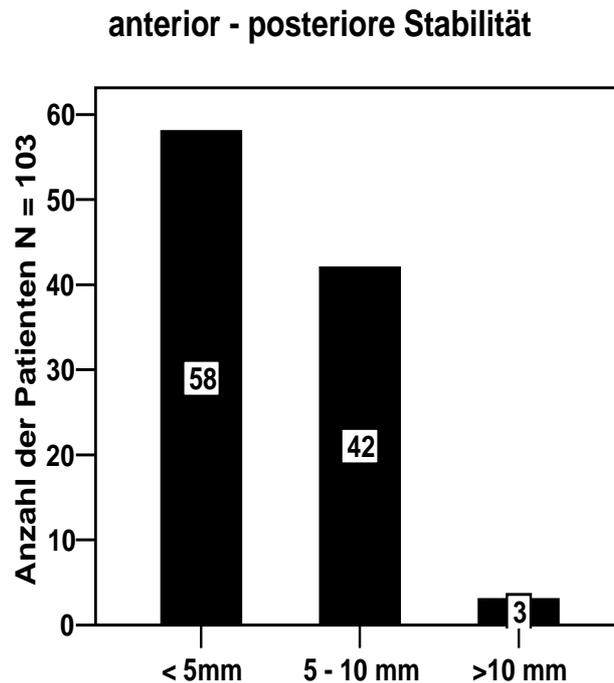


Diagramm 12: Balkendiagramm der Befunde zur antero-posterioren Stabilität

#### Zohlen – Zeichen:

Die Durchführung des Zohlen – Zeichens ergab bei 66 Probanden einen positiven Befund, bei den verbleibenden 37 Patienten fiel der Test negativ aus.

### 3.5. **Visuelle Analog Scala**

Nach Abschluss der Untersuchung baten wir die Patienten die Kniebeschwerden der vergangenen vier Wochen auf einer stufenlosen Visuellen Analog Skala von 0 bis 10 anzugeben, wobei 0 keinen und 10 schlimmsten Schmerzen entspricht. Wir erhielten einen durchschnittlichen Wert von 6,6 Punkten (SD: 1,7). Der niedrigste Schmerzangabe entsprach einem Punktwert von 2,7, die maximale Schmerzangabe entsprach einem Punktwert von 9,9 (Spannweite: 7,2).

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse unterteilten wir die Visuelle Analog Skala in zehn Subgruppen:

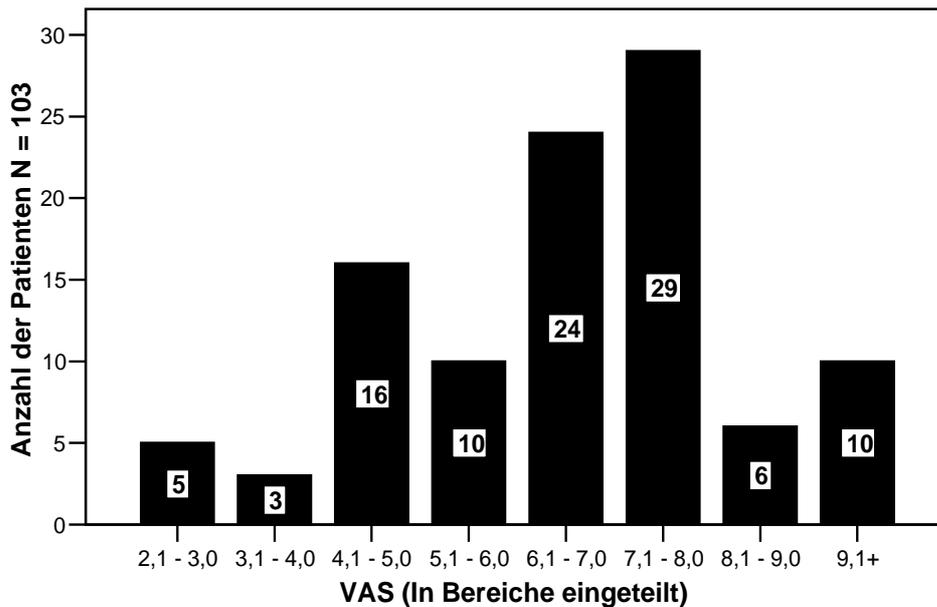


Diagramm 13: Balkendiagramm der Ergebnisse der VAS (in Gruppen)

### 3.6. *Radiologische Befunde*

#### 3.6.1. Gelenkspaltverschmälerung

In der radiologischen Untersuchung der Gelenkspaltweite wiesen lediglich fünf Patient (4,9%) einen normalen Gelenkspalt auf. Zwölf Patienten (11,7%) zeigten eine mäßige und 31 Patienten (30,1%) eine häftige Gelenkspaltverschmälerung auf. Bei 55 Patienten (53,3%) lag eine ausgeprägte bzw. völlige Aufhebung des Gelenkspaltes vor.

#### Gelenkspaltverschmälerung

	Häufigkeit	Prozent
normal	5	4,9
mäßig	12	11,7
häftig	31	30,1
ausgeprägt/ aufgehoben	55	53,4
Gesamt	103	100,0

Tabelle 4: Tabelle der Befunde zur Gelenkspaltverschmälerung

### 3.6.2. Beinachsenbestimmung

Wir untergliederten die Achsenabweichungen in vier Gruppen. Fünfundzwanzig Patienten (24,3%) wiesen kaum Achsenabweichungen auf und wurden der Gruppe I, 0° bis 4° Achsenabweichung, zugewiesen. Bei fünfzig Patienten (48,5%) lag eine Achsenabweichung zwischen 5° und 10°, Gruppe II, vor. Gruppe III, mit Achsenabweichungen zwischen 11° bis 15°, konnten achtzehn Patienten (17,5%) zugeordnet werden. Bei zehn Patienten (9,7%) lag eine sehr ausgeprägte Achsenabweichung größer 15 Grad, Gruppe IV, vor. Vierundachtzig Patienten wiesen eine Varus, bei siebzehn eine Valgus Fehlstellung auf. Bei zwei Patienten betrug der Innenwinkel zwischen Hüftkopfbereich, Mitte des Tibiaplateaus und Talusmitte genau 180°. Tabellen fünf und sechs zeigen die Häufigkeiten der Achsenfehlstellungen in ihrer Ausprägung unterteilt in Varus und Valgus Fehlstellungen.

Varus Fehlstellung			Valgus Fehlstellung		
	Häufigkeit	Prozent		Häufigkeit	Prozent
0° - 4°	18	21,4	0° - 4°	5	29,4
5° - 10°	41	48,8	5° - 10°	9	52,9
11° - 15°	16	19,0	11° - 15°	2	11,8
> 15°	9	10,7	> 15°	1	5,9
Gesamt	84	100,0	Gesamt	17	100,0

Tabelle 5, 6: Tabellen der Befunden zu Varus und Valgus Fehlstellungen

### 3.6.3. Sklerosierungsausmaß

Wir bestimmten das Ausmaß der Sklerosierung in den medialen und lateralen Gelenkkompartments sowie an der Patella. Der Grad der Sklerosierung wurde dabei in vier Stadien ‚keine‘, ‚leicht‘, ‚mäßig‘ und ‚ausgeprägt‘ untergliedert und ihm jeweils ein Zahlenwert von 0 (‚keine‘) bis 3 (‚ausgeprägt‘) zugewiesen. Daraus errechneten wir das durchschnittliche Sklerosierungsausmaß der einzelnen Gelenkflächen aller Patienten und ein Gesamtmaß für die subchondrale Sklerosierung der Gelenkflächen des arthrotische veränderten Knies, den *Sklerosierungssummenscore*. Für die einzelnen Gelenkflächen ergab die radiologische Auswertung der präoperativen Röntgenbilder folgende Häufigkeiten und Mittelwerte:

Sklerosierung

	Femur medial	Femur lateral	Tibia medial	Tibia lateral	Retropatellar
Keine	7	23	0	2	4
Leicht	18	37	16	60	37
Mäßig	28	22	34	25	42
ausgeprägt	50	21	53	16	20
Gesamt	103	103	103	103	103
Mittelwert	2,2	1,4	2,4	1,5	1,8

Tabelle 7: Tabelle der Befunde zur Sklerosierung

Für das Gesamtmaß der subchondrale Sklerosierung erhielten wir einen Mittelwert von 9,22 (Maximalwert 15) mit einer Standardabweichung von 3,02. Der minimale Wert der Gesamt – Sklerosierung betrug 3, der maximale Wert betrug 15 (Spannweite 12).

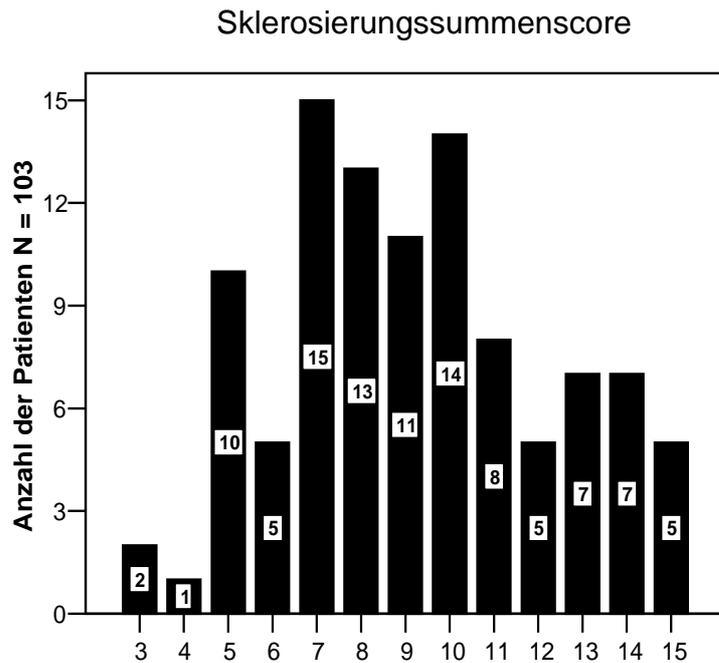


Diagramm 14: Balkendiagramm der Ergebnisse des Sklerosierungssummescores

### 3.6.4. Grad und Lokalisation der Osteophytenbildung

Ebenso wie die subchondrale Sklerosierung bestimmten wir die Osteophytenbildung in den medialen und lateralen Gelenkkompartments sowie an der Patella. Der Grad der Osteophytenbildung wurde dabei in drei Stadien ‚keine‘, ‚ansatzweise‘ und ‚ausgeprägt‘ untergliedert und ihm jeweils ein Zahlenwert von 0 (‚keine‘) bis 2 (‚ausgeprägt‘) zugewiesen. Daraus errechneten wir die durchschnittliche Osteophytenbildung der einzelnen Gelenksflächen aller Patienten und ein Gesamtmaß für die Osteophytenbildung des arthrotische veränderten Knies, den *Osteophytensummenscore*. Für die einzelnen Gelenkkompartments ergab die radiologische Auswertung der präoperativen Röntgenbilder folgende Häufigkeiten und Mittelwerte:

## Osteophytenbildung

	Femur medial	Femur lateral	Tibia medial	Tibia lateral	Patella
keine	12	31	10	19	8
ansatzweise	30	39	40	41	39
ausgeprägt	61	33	53	43	56
Gesamt	103	103	103	103	103
Mittelwert	1,48	1,02	1,42	1,23	1,47

Tabelle 8: Tabelle der Befunde der Osteophytenbildung

Für das Gesamtmaß der Osteophytenbildung erhielten wir einen Mittelwert von 6,61 (Maximalwert 10) mit einer Standardabweichung von 2,40. Der minimale Wert der Gesamt – Sklerosierung betrug 1, der maximale Wert betrug 10 (Spannweite 1).

## Osteophytensummenscore

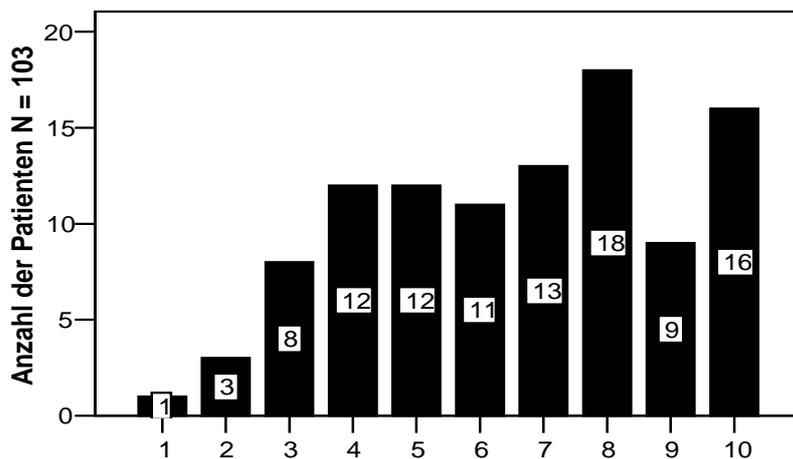


Diagramm 15: Balkendiagramm der Ergebnisse des Osteophytensummenscores

### 3.6.5. Zystenbildung und Subluxationsstellung

Vierundfünfzig Patienten (52,4%) wiesen zystische Veränderungen auf. Bei sechsunddreißig Patienten (35%) lag eine Subluxationsstellung des Kniegelenkes vor.

### 3.6.6. Kellgren Score

Zum Abschluss der radiologischen Befundung erfolgte die Zuweisung des entsprechenden Kellgren Scores. Dabei fließen die Arthrose – typischen Merkmale, Gelenkspaltverschmälerung, subchondrale Sklerosierung, Osteophyten, subchondrale Zysten sowie Entrundung der Femurkondylen mit in die Bewertung mit ein. Es gibt dabei fünf Schweregrade: 0 (keine arthrotischen Veränderungen), 1 (zweifelhafte arthrotische Veränderungen), 2 (leichte Arthrose), 3 (moderate arthrotische Veränderungen) und 4 (schwere Arthrose). In der Untersuchung unseres Patientenkollektives kamen wir zu folgenden Ergebnissen:

Dreizehn Patienten (12,6%) konnte ein Kellgren Score von 2 zugeordnet werden, bei siebenundzwanzig Patienten (26,2%) lag ein Kellgren Score von 3 vor und bei dreiundsechzig Patienten (61,2%) wurde der schwerste Ausprägungsgrad 4 festgestellt.

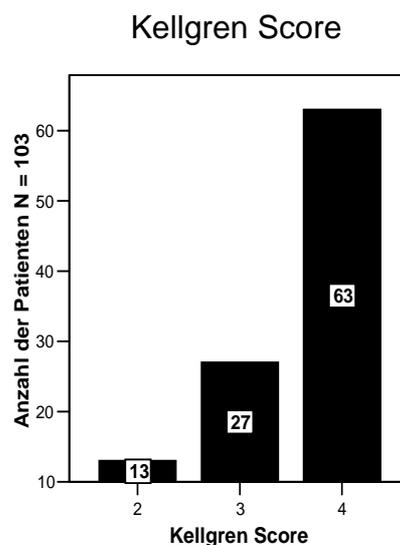


Diagramm 16: Balkendiagramm der Ergebnisse des Kellgren Scores

### 3.7. *Intraoperative Befunde*

#### 3.7.1. Chondromalaziestadien

Intraoperativ wurden die Chondromalaziestadien nach Outerbridge [127] der medialen und lateralen Femurkondylen, das medial und lateral Tibiaplateau, die retropatellare Gelenkfläche sowie das patellare Gleitlager beurteilt. Wie bereits bei den Ergebnissen zur subchondralen Sklerosierung und zur Osteophytenbildung, teilten wir den einzelnen Chondromalaziestadien Zahlenwerte, entsprechend der Ausprägung, von 0 bis 4 zu. Daraus errechneten wir das durchschnittliche Chondromalaziestadium der einzelnen Gelenkflächen aller Patienten und ein Gesamtmaß für die Chondromalazie des arthrotische veränderten Knies, den *Chondromalaziesummenscore*.

Für die einzelnen Gelenkflächen ergab die intraoperative Befundung der Chondromalazie folgende Häufigkeiten und Mittelwerte:

Chondromalaziestadien Häufigkeiten

	Femur medial	Femur lateral	Tibia medial	Tibia lateral	Patella	Patellares Gleitlager
Grad 0	1	0	1	0	0	0
Grad I	1	5	1	8	10	7
Grad II	4	35	11	36	23	36
Grad III	27	32	40	41	34	39
Grad IV	70	31	50	18	36	21
Gesamt	103	103	103	103	103	103
Mittelwert	3,59	2,86	3,33	2,67	2,93	2,72

Tabelle 9: Tabelle der Befunde zur Chondromalazie

Für das Gesamtmaß der Chondromalazie erhielten wir einen Mittelwert von 18,11 (Maximalwert 24) mit einer Standardabweichung von 3,30. Der minimale Wert des Chondromalaziesummenscores betrug 10, der maximale Wert 24 (Spannweite 14).

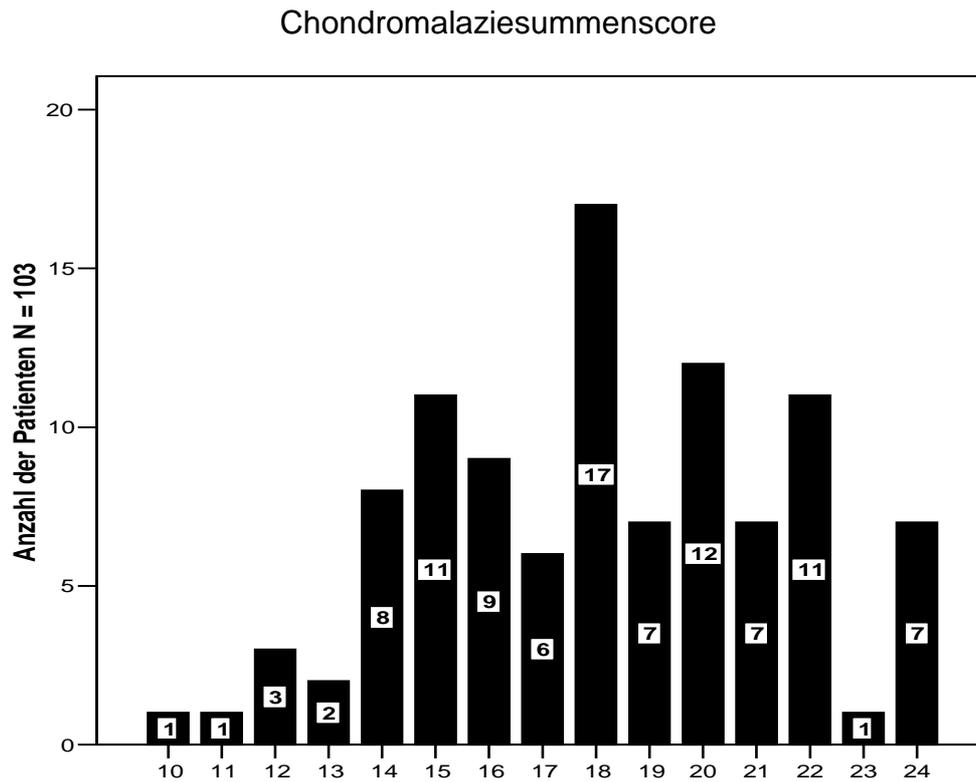


Diagramm 17: Balkendiagramm der Ergebnisse des Chondromalaziesummscores

### 3.7.2. Grad der Osteophytenbildung, Synovitis und Gelenkerguss

Neben den Chondromalaziestadien wurden intraoperativ zusätzlich das Ausmaß der Osteophytenbildung, der Synovitis und des Gelenkergusses beurteilt. Hierbei wurde der jeweilige Ausprägungsgrad jeweils auf einer dreistufigen Skala, mit den Stufen ‚keine‘, ‚leicht‘ und ‚schwer‘, festgehalten.

Osteophyten-, Synovitis-, Ergussausprägung

	Osteophyten	Synovitis	Erguss
kein	7	13	16
leicht	54	69	73
schwer	42	21	14
Gesamt	103	103	103

Tabelle 10: Tabelle der Osteophyten-, Synovitis-, Ergussbildung

### 3.8. Korrelation der verschiedenen Variablen

#### 3.8.1. Korrelationen patientenspezifischer Parameter

Wir korrelierten jeweils das Alter der Patienten, ihren Body Mass Index (BMI) sowie die Dauer ihrer Beschwerden bis zur Operation mit dem Womac Score, dem Knee Score des Knee Society Score und den Untersuchungsbefunden zur Bandstabilität und Beweglichkeit. Ferner mit der anatomischen Beinachse, mit den radiologischen Befunden zur Gelenkspaltverschmälerung, dem Ausmaß der Sklerosierung und Osteophytenbildung, dem daraus resultierenden Kellgren Score sowie mit den intraoperativen Befunden zur Chondromalazie.

Die Tabellen zeigen die durch zweiseitige bivariate Korrelationstests gefundenen Rangkorrelationskoeffizienten, sowie die Irrtumswahrscheinlichkeit ‚p‘. Signifikante Korrelationen wurden hervorgehoben:

Korrelationen der Patientenspezifischen Parameter

		Womac	Knee Subscore	Seitenband Stabilität	a.-p. Stabilität	Bewegungs- Umfang	Beinachse
<b>Alter</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,05</b>	<b>-0,05</b>	<b>0,21(*)</b>	<b>0,03</b>	<b>-0,02</b>	<b>0,26(**)</b>
	p (2-seitig)	0,60	0,60	0,03	0,80	0,88	0,01
<b>BMI</b>	<b>SpK</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,14</b>	<b>-0,05</b>	<b>-0,13</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,10</b>
	p (2-seitig)	0,25	0,17	0,61	0,18	0,06	0,34
<b>Beschwerdedauer</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,06</b>	<b>-0,23(*)</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,13</b>	<b>0,13</b>
	p (2-seitig)	0,56	0,02	0,32	0,28	0,20	0,18

		Kellgren				
		Gelenkspalt	Sklerosierung	Osteophyten	Score	Chondromalazie
<b>Alter</b>	<b>SpK</b>	<b>0,17</b>	<b>0,07</b>	<b>0,20(*)</b>	<b>0,23(*)</b>	<b>0,36(**)</b>
	p (2-seitig)	0,09	0,50	0,05	0,02	< 0,01
<b>BMI</b>	<b>SpK</b>	<b>0,01</b>	<b>,041</b>	<b>,152</b>	<b>,069</b>	<b>,007</b>
	p (2-seitig)	0,94	0,68	0,13	0,49	0,94
<b>Beschwerdedauer</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,02</b>	<b>0,13</b>	<b>0,25(*)</b>	<b>0,01</b>	<b>-0,05</b>
	p (2-seitig)	0,88	0,21	0,01	0,93	0,61

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

\* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

p (2-seitig): Irrtumswahrscheinlichkeit

Tabelle 11: Tabelle der Korrelationen der Patientenspezifischen Parameter

Wie aus der Tabelle ersichtlich, korreliert die Dauer der Beschwerden neben dem Ausmaß der Osteophytenbildung zusätzlich mit dem Knee Subscore des Knee Society Scores. Partielle Korrelationsanalysen ergeben jedoch, dass es sich hierbei um eine Scheinkorrelation handelt. Überprüft man nämlich das Signifikanzniveau unter Elimination des Faktors ‚Bewegungsumfang‘, so zeigt sich, dass der Betrag des Spearman Korrelationskoeffizient mit einem Wert von 0,04 deutlich unter den von uns geforderten Wert für Signifikanz von 0,2 fällt.

### 3.8.2. Korrelationen des Womac Scores

Die Korrelationsanalyse der einzelnen Subscores des Womac untereinander und mit Gesamtscore ergab die in der Tabelle aufgeführten Korrelationen, sowie die Irrtumswahrscheinlichkeiten ‚p‘. Signifikante Korrelationen wurden hervorgehoben:

Korrelationen der Womac Subscores

		Womac A	Womac B	Womac C	Womac gesamt
<b>Womac A</b>	<b>SpK</b>	<b>1,00</b>	<b>0,51(**)</b>	<b>0,66(**)</b>	<b>0,84(**)</b>
	p (2-seitig)	.	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<b>Womac B</b>	<b>SpK</b>	<b>0,51(**)</b>	<b>1,00</b>	<b>0,52(**)</b>	<b>0,83(**)</b>
	p (2-seitig)	< 0,01	.	< 0,01	< 0,01
<b>Womac gesamt</b>	<b>SpK</b>	<b>0,66(**)</b>	<b>0,52(**)</b>	<b>1,00</b>	<b>0,83(**)</b>
	p (2-seitig)	< 0,01	< 0,01	.	< 0,01
<b>Womac gesamt</b>	<b>SpK</b>	<b>0,84(**)</b>	<b>0,83(**)</b>	<b>0,83(**)</b>	<b>1,000</b>
	p (2-seitig)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	.

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).  
p (2-seitig): Irrtumswahrscheinlichkeit

Tabelle 12: Tabelle der Korrelationen der Womac Subscores

Neben den bereits oben aufgeführten Analysen korrelierten wir den Gesamtscore den Womac mit dem Knee Score des Knee Society Score, den Schmerzangaben der Patienten auf der Visuellen Analog Scala und den Untersuchungsbefunden zur Bandstabilität und Beweglichkeit. Ferner mit der anatomischen Beinachse, mit den radiologischen Befunden zur Gelenkspaltverschmälerung, dem Ausmaß der

Sklerosierung und Osteophytenbildung, dem daraus resultierenden Kellgren Score sowie mit den intraoperativen Befunden zur Chondromalazie.

Die Tabellen zeigen die durch beidseitige bivariate Korrelationstests gefundenen Rangkorrelationskoeffizienten, sowie die jeweilige Irrtumswahrscheinlichkeit ‚p‘. Signifikante Korrelationen wurden hervorgehoben:

### Korrelationen des Womac Scores

		Knee Score	VAS	a. – p. Stabilität	Seitenband Stabilität	Bewegungs- umfang	Bein- achse
<b>Womac</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,40(**)</b>	<b>0,54(**)</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>-0,29(**)</b>	<b>-0,15</b>
	p (2-seitig)	< 0,01	< 0,01	0,54	0,47	< 0,01	0,14

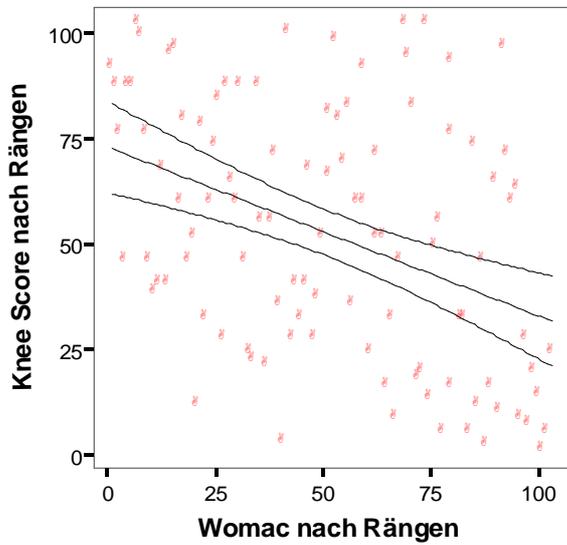
		Gelenkspalt	Sklerosierung	Osteophyten	Kellgren Score	Chondromalazie
<b>Womac</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,15</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,10</b>	<b>-0,04</b>	<b>0,09</b>
	p (2-seitig)	0,12	0,06	0,33	0,71	0,37

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).  
p (2-seitig): Irrtumswahrscheinlichkeit

Tabelle 13: Tabelle der Korrelationen des Womac Scores

Zur Verdeutlichung der Ergebnisse sind wesentliche Korrelationen des Womac Scores mit anderen Parametern im Folgenden in Streudiagrammen dargestellt. Um eine Ausgleichsgerade, deren Steigung dem Spearman Korrelationskoeffizient entspricht einzeichnen, sowie 95%ige Vorhersageintervalle für Mittelwerte festlegen zu können teilen wir den einzelnen Werten einer Variablen erneut Rangplätze zu und verglichen diese mit den entsprechenden Rängen anderer Variablen.

**Korrelation des Womac Scores mit dem Knee Score**



**N = 103**

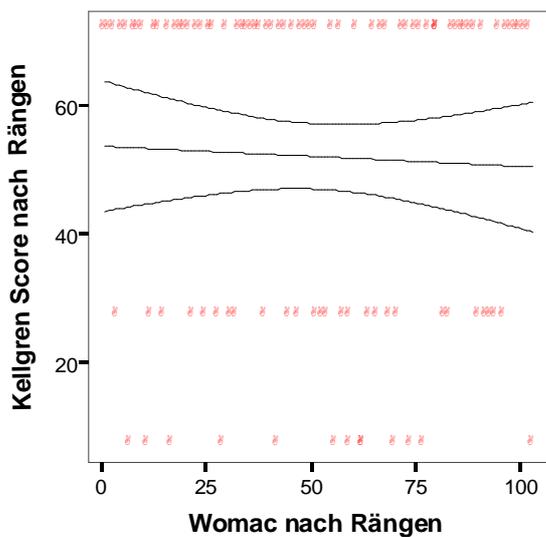
Spearman Korrelationskoeffizienten = **0,40**

Lineare Regression mit  
95,00% Vorhersageintervall für Mittelwert

Diagramm 18: Streudiagramm der Korrelation Womac Scores Knee Score

Das Streudiagramm zeigt eine deutliche Korrelation zwischen dem Womac Score und dem Knee Score des Knee Society Scores mit einem Rangkorrelationskoeffizienten von 0,40.

**Korrelation des Womac Scores mit dem Kellgren Score**



**N = 103**

Spearman Korrelationskoeffizient = 0,04

Lineare Regression mit  
95,00% Vorhersageintervall für Mittelwert

Diagramm 19: Streudiagramm der Korrelation Womac Scores Kellgren Score

Wie aus diesem Streudiagramm ersichtlich besteht keine signifikante Korrelation (SpK: 0,04) zwischen dem Womac Score und dem Kellgren Score.

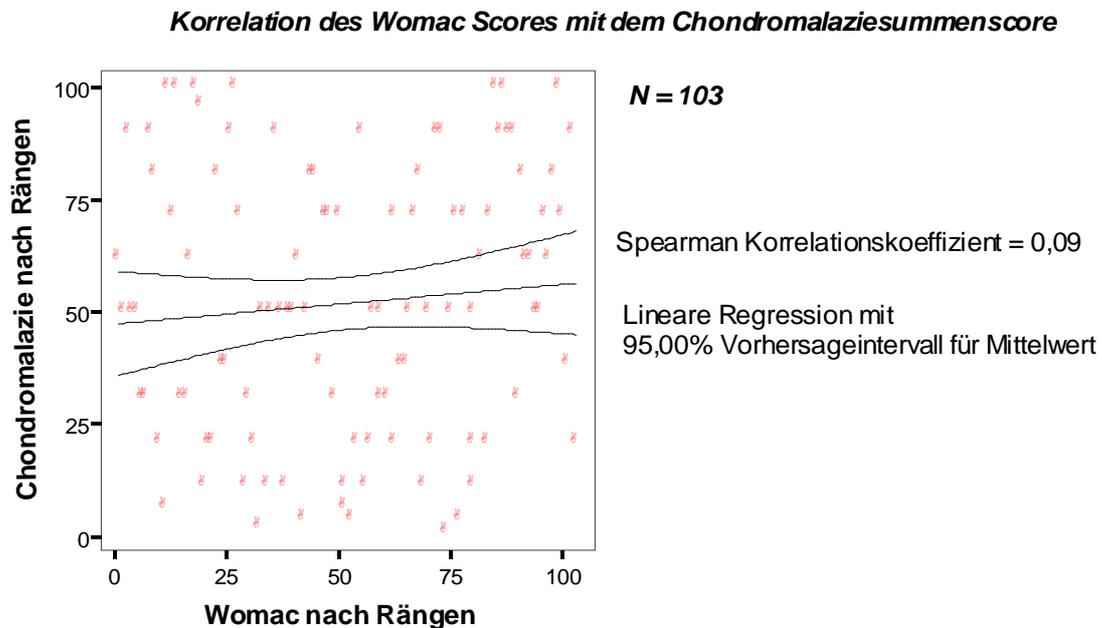


Diagramm 20: Streudiagramm der Korrelation Womac Scores Chondromalaziescore

Auch dieses Diagramm zeigt keine signifikante Korrelation zwischen dem Womac Score und der Ausprägung des Knorpelschadens (SpK: 0,09).

### 3.8.3. Korrelationen des Knee Society Scores

Ebenso wie beim Womac Score korrelierten wir zunächst den Knee Score und den Function Score und anschließend beide Subscores gegen den sich aus diesen zusammensetzenden Knee Society Score. Die Tabelle führt die gefundenen Rangkorrelationskoeffizienten auf, sowie die jeweilige Irrtumswahrscheinlichkeit ,p'. Signifikante Korrelationen wurden hervorgehoben:

## Korrelationen der Knee Society Subscores

		Knee Subscore	Function Subscore	Total Knee Score
<b>Knee Score</b>	<b>SpK</b>	<b>1,00</b>	<b>0,35(**)</b>	<b>0,78(**)</b>
	p (2-seitig)	.	< 0,01	< 0,01
<b>Function Subscore</b>	<b>SpK</b>	<b>0,35(**)</b>	<b>1,00</b>	<b>0,84(**)</b>
	p (2-seitig)	< 0,01	.	< 0,01
<b>Total Knee Score</b>	<b>SpK</b>	<b>0,78(**)</b>	<b>0,84(**)</b>	<b>1,00</b>
	p (2-seitig)	< 0,01	< 0,01	.

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).  
p (2-seitig): Irrtumswahrscheinlichkeit

Tabelle 14: Tabelle der Korrelationen der Knee Society Subscores

Für unsere Korrelationsanalysen verwendeten wir lediglich den in der Literatur weniger umstrittenen Knee Score des Knee Society Scores [106].

Neben den bereits aufgeführten Test führten wir Korrelationsanalysen des Knee Scores mit den Schmerzangaben der Patienten auf der Visuellen Analog Scala und den Untersuchungsbefunden zur Bandstabilität und Beweglichkeit durch. Darüber hinaus korrelierten wir den Knee Score mit der anatomischen Beinachse, mit den radiologischen Befunden zur Gelenkspaltverschmälerung, dem Ausmaß der Sklerosierung und Osteophytenbildung, dem daraus resultierenden Kellgren Score sowie mit den intraoperativen Befunden zur Chondromalazie.

Die Tabelle zeigt die durch beidseitige bivariate Korrelationstests gefundenen Rangkorrelationskoeffizienten, sowie die jeweilige Irrtumswahrscheinlichkeit ‚p‘. Signifikante Korrelationen wurden hervorgehoben:

## Korrelationen des Knee Subscores

		Womac	VAS	a. -p. Stabilität	Seitenband- Stabilität	Bewegungsumfang	Beinachse
<b>Knee</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,40(**)</b>	<b>-0,38(**)</b>	<b>-0,36(**)</b>	<b>-0,30(**)</b>	<b>0,67(**)</b>	<b>-0,28(**)</b>
	p (2-seitig)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01

		Gelenkspalt	Sklerosierung	Osteophyten	Kellgren Score	Chondromalazie
<b>Knee</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,27(**)</b>	<b>-0,09</b>	<b>-0,34(**)</b>	<b>-0,39(**)</b>	<b>-0,33(**)</b>
	p (2-seitig)	0,01	0,37	< 0,01	< 0,01	< 0,01

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

p (2-seitig): Irrtumswahrscheinlichkeit

Tabelle 15: Tabelle der Korrelationen des Knee Scores

Zur Verdeutlichung der Ergebnisse sind wieder einige Korrelationen des Knee Scores in Streudiagrammen dargestellt. Dabei beschränkten wir uns auf die graphische Darstellung der Korrelation des Knee Scores mit dem Kellgren Score und dem Chondromalaziesummenscores. Um eine Ausgleichsgerade, deren Steigung dem Spearman Korrelationskoeffizient entspricht einzeichnen, sowie 95%ige Vorhersageintervalle für Mittelwerte festlegen zu können teilten wir den einzelnen Werten einer Variablen erneut Rangplätze zu und verglichen diese mit den entsprechenden Rängen anderer Variablen.

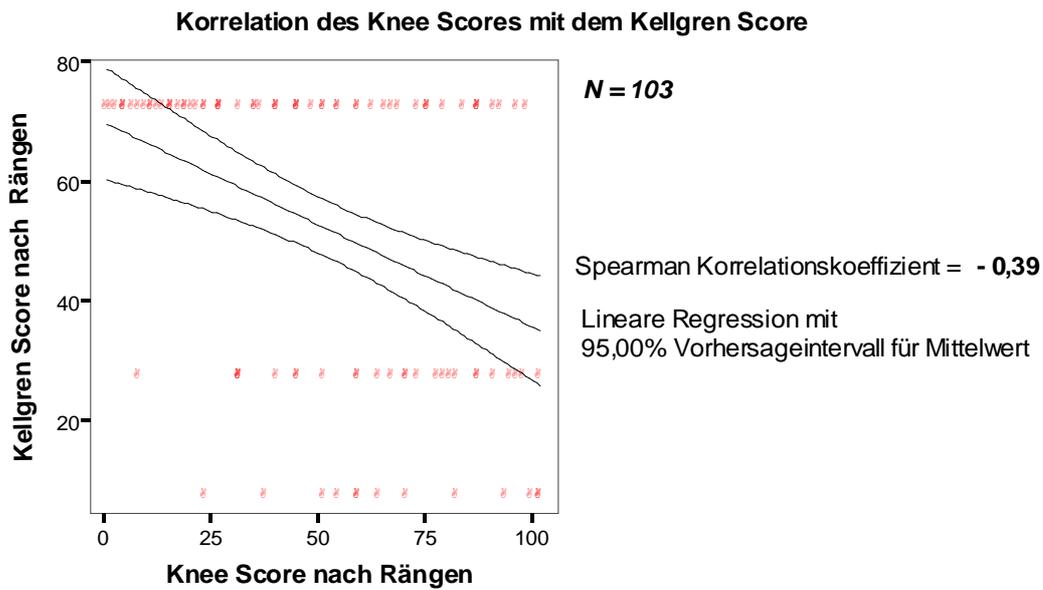


Diagramm 21: Streudiagramm der Korrelation Knee Scores Kellgren Score

Das Streudiagramm zeigt eine signifikante Korrelation zwischen dem Knee Score und dem Kellgren Score. Der Spearman Korrelationskoeffizient beträgt -0,39. Die negative Korrelation erklärt sich aus der Tatsache, dass im Kellgren Score ein großer Wert, im Knee Score jedoch ein kleiner Wert für einen ausgeprägten Befund steht.

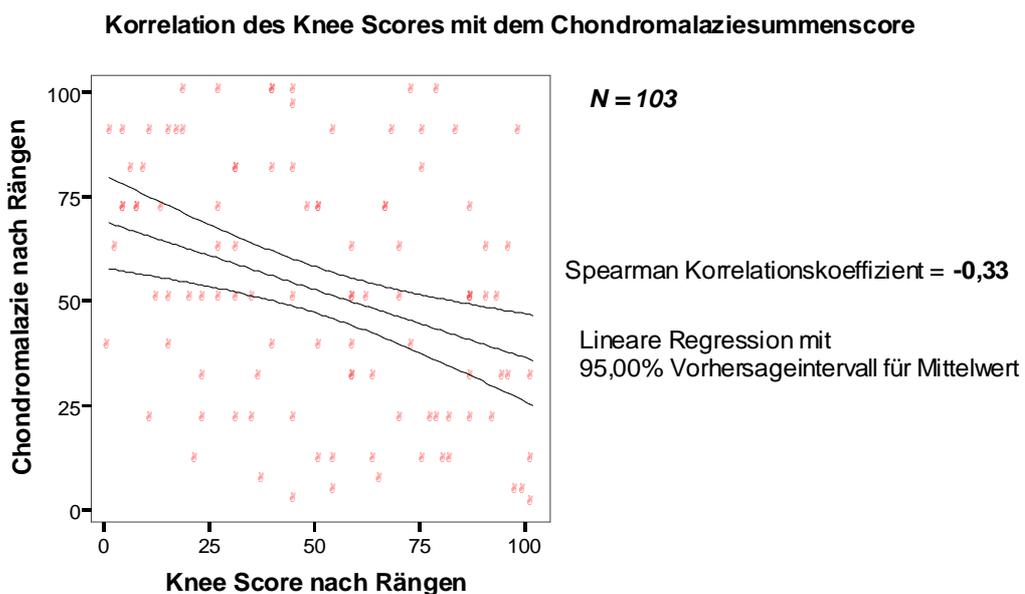


Diagramm 22: Streudiagramm der Korrelation Knee Scores Chondromalaziescore

Der Knee Score korreliert zudem mit dem von uns definierten Chondromalaziesummenscore (SpK: - 0,33). Die negative Korrelation erklärt sich hierbei erneut aus der Tatsache, dass im Chondromalaziesummenscore ein großer Wert, im Knee Score jedoch ein kleiner Wert für einen ausgeprägten Befund steht.

#### **3.8.4. Korrelationen der Untersuchungsbefunde**

Von den Befunden der klinischen Untersuchung des Kniegelenks griffen wir die gut reproduzierbaren Parameter Beweglichkeit, Seitenband- und antero-posteriore Stabilität heraus. Neben den bereits aufgeführten Korrelationen bildeten wir zusätzlich den Rangkorrelationskoeffizienten dieser drei Befunde und den Schmerzangaben der Patienten auf der Visuellen Analog Scala, der Beinachse, den radiologischen Befunden und den intraoperativen Befunden zur Knorpeldegeneration. Die Tabelle zeigt die durch beidseitige bivariate Korrelationstests gefundenen Korrelationskoeffizienten, sowie die jeweilige Irrtumswahrscheinlichkeit ‚p‘. Signifikante Korrelationen wurden hervorgehoben:

## Korrelationen der klinischen Untersuchungsbefunde

		Womac	Knee Subscore	VAS	Beinachse
<b>Bewegungsumfang</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,29(**)</b>	<b>0,67(**)</b>	<b>-0,22(*)</b>	<b>0,05</b>
	p (2-seitig)	< 0,01	< 0,01	0,03	0,63
<b>a. – p. Stabilität</b>	<b>SpK</b>	<b>0,06</b>	<b>-0,36(**)</b>	<b>0,10</b>	<b>0,03</b>
	p (2-seitig)	0,54	< 0,01	0,33	0,76
<b>Seitenbandstabilität</b>	<b>SpK</b>	<b>0,07</b>	<b>-0,30(**)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,32(**)</b>
	p (2-seitig)	0,47	< 0,01	0,99	< 0,01

		Gelenkspalt	Sklerosierung	Osteophyten	Kellgren Score	Chondro- malazie
<b>Bewegungsumfang</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,23(*)</b>	<b>-0,06</b>	<b>-0,30(**)</b>	<b>-0,28(**)</b>	<b>-0,21(*)</b>
	p (2-seitig)	0,02	0,55	< 0,01	< 0,01	0,03
<b>a. – p. Stabilität</b>	<b>SpK</b>	<b>0,03</b>	<b>0,15</b>	<b>0,04</b>	<b>0,09</b>	<b>0,06</b>
	p (2-seitig)	0,75	0,14	0,71	0,37	0,57
<b>Seitenbandstabilität</b>	<b>SpK</b>	<b>0,23(*)</b>	<b>0,06</b>	<b>0,10</b>	<b>0,27(**)</b>	<b>0,10</b>
	p (2-seitig)	0,02	0,55	0,30	0,01	0,33

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

\* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

p (2-seitig): Irrtumswahrscheinlichkeit

Tabelle 16: Tabelle der Korrelation der klinischen Untersuchungsbefunde

Aus den oben aufgeführten Tabelle ist ersichtlich, dass der Knee Score mit dem Osteophytensummenscore korreliert (SpK: -0,34).

Bei näherer Betrachtung der Ergebnisse zeigt sich, dass beide Variablen mit dem Bewegungsumfang korrelieren (SpK (Knee Score – Bewegungsumfang): 0,67; SpK (Osteophytensummenscore – Bewegungsumfang): -0,30). Um eine Scheinkorrelation auszuschließen, führten wir eine partielle Korrelationsanalyse durch, in welcher wir die Einflussgröße der Kniebeweglichkeit eliminierten. Es zeigte sich, dass infolge dessen der Korrelationskoeffizient mit einem Wert -0,21 zwar nicht unter den definierten Betrag des Signifikanzniveaus von 0,20 sinkt, jedoch das Ausmaß der Korrelation deutlich abnimmt.

### 3.8.5. Korrelationen der radiologischen Befunde

Die Analyse der radiologisch nachweisbaren degenerativen Veränderungen der Kniegelenke unserer Studienteilnehmer ergab, dass die einzelnen Merkmale untereinander folgende Korrelationen aufweisen. Zusätzlich wurde wieder die jeweilige Irrtumswahrscheinlichkeit ‚p‘ aufgeführt.

Korrelationen der radiologischen Befunde untereinander

		<b>Beinachse</b>	<b>Gelenkspalt</b>	<b>Sklerosierung</b>	<b>Osteophyten</b>	<b>Kellgren Score</b>
<b>Beinachse</b>	<b>SpK</b>	<b>1,00</b>	<b>0,39(**)</b>	<b>0,22(*)</b>	<b>0,29(**)</b>	<b>0,37(**)</b>
	p (2-seitig)	.	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,01
<b>Gelenkspalt</b>	<b>SpK</b>	<b>0,39(**)</b>	<b>1,00</b>	<b>0,47(**)</b>	<b>0,46(**)</b>	<b>0,82(**)</b>
	p (2-seitig)	< 0,01	.	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<b>Sklerosierung</b>	<b>SpK</b>	<b>0,22(*)</b>	<b>0,47(**)</b>	<b>1,00</b>	<b>0,54(**)</b>	<b>0,47(**)</b>
	p (2-seitig)	0,03	< 0,01	.	< 0,01	< 0,01
<b>Osteophyten</b>	<b>SpK</b>	<b>0,29(**)</b>	<b>0,46(**)</b>	<b>0,54(**)</b>	<b>1,00</b>	<b>0,58(**)</b>
	p (2-seitig)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	.	< 0,01
<b>Kellgren Score</b>	<b>SpK</b>	<b>0,37(**)</b>	<b>0,82(**)</b>	<b>0,47(**)</b>	<b>0,58(**)</b>	<b>1,00</b>
	p (2-seitig)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	.

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

\* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

p (2-seitig): Irrtumswahrscheinlichkeit

Tabelle 17: Tabelle der Korrelationen der radiologischen Befunde untereinander

Die Ergebnisse Korrelationsanalysen der radiologischen Befunde mit den übrigen, in unserer Studie erfassten, Parameter sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten ‚p‘ wurden aufgeführt, signifikante Korrelationen hervorgehoben:

### Korrelationen der radiologischen Befunde

		Womac	Knee Subscore	VAS
<b>Beinachse</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,15</b>	<b>-0,28(**)</b>	<b>-0,05</b>
	p (2-seitig)	0,14	0,01	0,65
<b>Gelenkspalt</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,15</b>	<b>-0,27(**)</b>	<b>0,00</b>
	p (2-seitig)	0,12	0,01	0,98
<b>Sklerosierung</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,09</b>	<b>-0,06</b>
	p (2-seitig)	0,05	0,37	0,53
<b>Osteophyten</b>	<b>SpK</b>	<b>0,10</b>	<b>-0,34(**)</b>	<b>0,19</b>
	p (2-seitig)	0,33	< 0,01	0,06
<b>Kellgren Score</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,04</b>	<b>-0,39(**)</b>	<b>0,08</b>
	p (2-seitig)	0,71	< 0,01	0,43

		a. – p. Stabilität	Seitenband- Stabilität	Bewegungsumfang	Chondromalazie
<b>Beinachse</b>	<b>SpK</b>	<b>0,03</b>	<b>0,32(**)</b>	<b>0,05</b>	<b>0,23(*)</b>
	p (2-seitig)	0,76	< 0,01	0,63	0,02
<b>Gelenkspalt</b>	<b>SpK</b>	<b>0,03</b>	<b>0,23(*)</b>	<b>-0,23(*)</b>	<b>0,33(**)</b>
	p (2-seitig)	0,75	0,02	0,02	< 0,01
<b>Sklerosierung</b>	<b>SpK</b>	<b>0,15</b>	<b>0,06</b>	<b>-0,06</b>	<b>0,12</b>
	p (2-seitig)	0,14	0,55	0,55	0,22
<b>Osteophyten</b>	<b>SpK</b>	<b>0,04</b>	<b>0,10</b>	<b>-0,30(**)</b>	<b>0,43(**)</b>
	p (2-seitig)	0,71	0,30	< 0,01	< 0,01
<b>Kellgren Score</b>	<b>SpK</b>	<b>0,09</b>	<b>0,27(**)</b>	<b>-0,28(**)</b>	<b>0,43(**)</b>
	p (2-seitig)	0,37	0,01	< 0,01	< 0,01

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

\* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

p (2-seitig): Irrtumswahrscheinlichkeit

Tabelle 18: Tabelle der Korrelationen der radiologischen Befunde

Der Score nach Kellgren zur radiologischen Beurteilung der Arthrose ist renommiert und in der Literatur weit verbreitet. Zur Verdeutlichung der Ergebnisse unserer Studie zur Korrelation dieses Scores zum Knorpelschaden, stellten wir diese in einem Streudiagramm dar. Um eine Ausgleichsgerade, deren Steigung dem Spearman Korrelationskoeffizient entspricht einzeichnen, sowie 95%ige Vorhersageintervalle für Mittelwerte festlegen zu können teilten wir den einzelnen Werten der einen Variablen erneut Rangplätze zu und verglichen diese mit den entsprechenden Rängen der anderen Variablen.

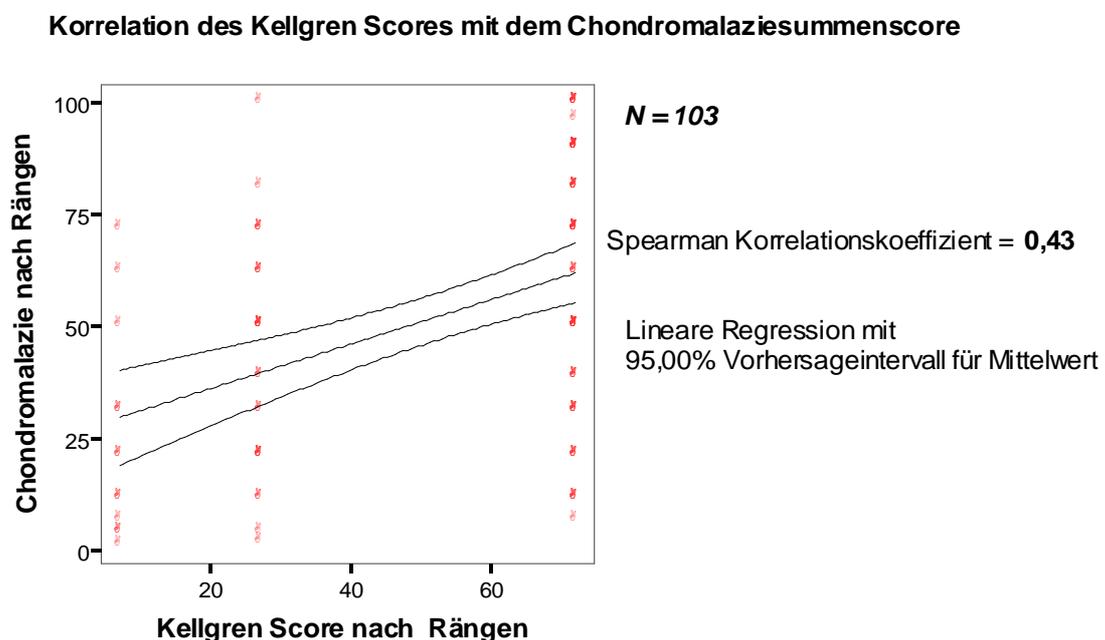


Diagramm 23: Streudiagramm der Korrelation Kellgren Scores Chondromalaziescore

Es besteht eine Korrelation zwischen dem Kellgren Score und dem von uns definierten Chondromalaziesummscore mit einem Rangkorrelationskoeffizienten von 0,43.

### 3.8.6. Korrelationen der intraoperativen Befunde

In den bisher aufgeführten Ergebnissen wurden bereits sämtliche Korrelationen der verschiedenen Variablen mit dem Ausmaß der intraoperativ erfassten Gelenks- und Knorpeldestruktion aufgeführt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die einzelnen Korrelationen jedoch im Folgenden noch einmal zusammengestellt. Signifikante Korrelationen wurden hervorgehoben, die jeweiligen Irrtumswahrscheinlichkeit ‚p‘ aufgeführt.

#### Korrelationen der Chondromalazie

		<b>Chondromalazie</b>
<b>Womac</b>	<b>SpK</b>	<b>0,09</b>
	p (2-seitig)	0,37
<b>Knee Subscore</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,33(**)</b>
	p (2-seitig)	< 0,01
<b>VAS</b>	<b>SpK</b>	<b>0,12</b>
	p (2-seitig)	0,23
<b>Bewegungsumfang</b>	<b>SpK</b>	<b>-0,21(*)</b>
	p (2-seitig)	0,03
<b>a. p. Stabilität</b>	<b>SpK</b>	<b>0,06</b>
	p (2-seitig)	0,57
<b>Seitenbandstabilität</b>	<b>SpK</b>	<b>0,10</b>
	p (2-seitig)	0,33
<b>Beinachse</b>	<b>SpK</b>	<b>0,23(*)</b>
	p (2-seitig)	0,02
<b>Gelenkspalt</b>	<b>SpK</b>	<b>0,33(**)</b>
	p (2-seitig)	< 0,01
<b>Sklerosierung</b>	<b>SpK</b>	<b>0,12</b>
	p (2-seitig)	0,22
<b>Osteophyten</b>	<b>SpK</b>	<b>0,43(**)</b>
	p (2-seitig)	< 0,01
<b>Kellgren Score</b>	<b>SpK</b>	<b>0,43(**)</b>
	p (2-seitig)	< 0,01

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

\* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).  
p (2-seitig): Irrtumswahrscheinlichkeit

Tabelle 19: Tabelle der Korrelationen der Chondromalazie

Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass der Bewegungsumfang mit dem Chondromalaziesummenscore korreliert (SpK: -0,21).

Bei näherer Betrachtung der Ergebnisse zeigt sich, dass beide Variablen mit dem Osteophytensummenscore korrelieren (SpK (Bewegungsumfang – Osteophytensummenscore): -0,30; SpK (Chondromalazie – Osteophytensummenscore): 0,43). Um eine Scheinkorrelation auszuschließen, führten wir eine partielle Korrelationsanalyse durch, in welcher wir die Einflussgröße des Osteophytensummenscores eliminierten. Es zeigte sich, dass infolgedessen der Korrelationskoeffizient mit einem Wert -0,14 unter den definierten Betrag des Signifikanzniveaus von 0,20 sank.

Eine deutliche Korrelation besteht zwischen dem Chondromalaziesummenscore und dem Osteophytensummenscore mit einem Rangkorrelationskoeffizienten von 0,43. Dieser Zusammenhang ist im Folgenden durch ein Streudiagramm veranschaulicht.

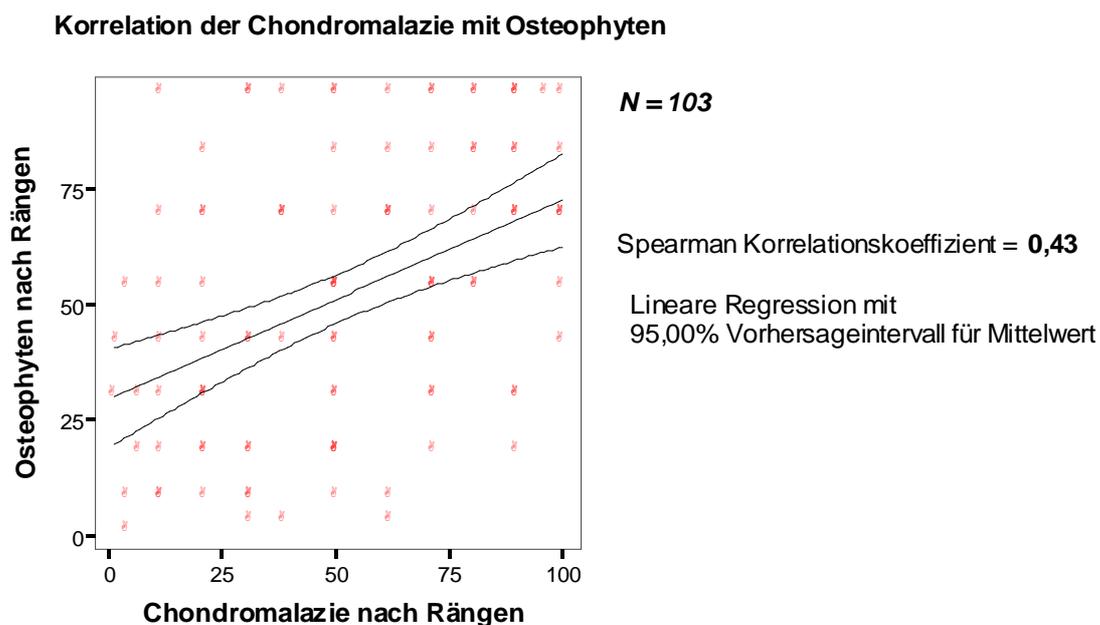


Diagramm 24: Streudiagramm der Korrelation Chondromalazie Osteophyten

Aus diesem Diagramm wird ersichtlich, dass der Grad der Osteophytenbildung, den wir mit unserem Osteophytensummenscore erfassten, mit einem Rangkorrelationskoeffizienten von 0,43 mit dem Chondromalaziesummenscore korreliert.

## 4. Diskussion

Die Gonarthrose ist die häufigste degenerative Gelenkerkrankung weltweit [57].

Allgemein wird damit gerechnet, dass aufgrund zunehmender Bewegungsarmut, des demographischen Alterungsprozesses der Bevölkerung in den westlichen Industrieländern und der prozentualen Zunahme der übergewichtigen Bevölkerung die Inzidenz und Prävalenz dieser Erkrankung weiter steigen wird [57,140,171]. Verschiedene Studien stellen übereinstimmend fest, dass die Prävalenz der Gonarthrose bereits heute bei über 60 Jährigen 30 bis 33 Prozent beträgt [59,167]. Die Kosten des Gesundheitssystems zur Behandlung arthrotischer Gelenkveränderungen beliefen sich laut Bericht des statistischen Bundesamtes vom Jahr 2004 jährlich auf rund 6,7 Milliarden Euro [86].

Die wachsende Inzidenz der Gonarthrose und somit ihre sozioökonomisch Bedeutung spiegelt sich auch in deutlich steigenden Zahlen von Kniegelenkimplantationen wider. Hierbei stellt die Gonarthrose mit 85% der Indikationen, im Vergleich zur rheumatoiden Arthritis mit lediglich 11%, die Hauptindikation zum künstlichen Gelenkersatz [140]. Allein in den Jahren 2003 bis 2005 stieg die Zahl der totalendoprothetisch versorgten Kniegelenke in Deutschland registriert durch die Bundesgeschäftsstelle für Qualitätsicherung von 70.850 auf 118.922, was einem Zuwachs von ca. 68% entspricht [32]. Scheuringer et al. prognostizieren einen rapiden Anstieg der klinisch relevanten Arthropathien bis zum Zeitraum 2010 [148].

Trotz der Bedeutung der Gonarthrose gibt es bis heute keine allgemein gültigen und standardisierten Indikationskriterien zur Implantation einer Totalendoprothese. In der Literatur wird übereinstimmend ein therapieresistenter Schmerz, Funktionseinschränkungen einhergehend mit radiologischen Zeichen der Gonarthrose als OP – Indikation angegeben. Über den optimalen Zeitpunkt einer Operation jedoch finden sich keine definitiven Aussagen [1-3,11,34,69,186]. Die EULAR fordert vielmehr ein für jeden Patienten individuell angepasstes Therapiekonzept in welches subjektive Beschwerden und Funktionsverluste aber auch das Ausmaß der Gelenkschädigung und Risikofaktoren für ein rasches Fortschreiten mit einfließen sollten [3]. Dies verdeutlicht den Bedarf nach eine profunden Verständnis über die Zusammenhänge der verschiedenen klinischen, radiologischen und morphologischen Aspekte bei Gonarthrose.

Der Bedarf zu der Kombination klinischer Beschwerden und radiologischer Zeichen der Arthrose zur Indikationsstellung wird deutlich in Anbetracht der Tatsache, dass sich in der Literatur immer wieder Hinweise auf deutliche Diskrepanzen zwischen den subjektiven Beschwerden der Patienten und den radiologischen sichtbaren Veränderungen des Kniegelenks finden [18,57,58,60,68,99,186]. So geben überhaupt nur etwa die Hälfte aller Patienten mit deutlichen radiologischen Befunden eine Gonarthrose (Kellgren 2-4) Kniebeschwerden an [68]. Andererseits geben viele Patienten Schmerzen im Kniegelenk an, bei denen keine oder erst im weiteren Verlauf radiologische Zeichen der Gonarthrose festgestellt werden können [68].

Auch wird in der Literatur wiederholt über fehlende Korrelationen der radiologischen Zeichen mit ihrem morphologischen Korrelat diskutiert [26,60,65,123,183]. So konnten Brandt et al. zeigen, dass radiologisch unauffällige Gelenkspaltweiten nicht zwangsläufig auf einen gesunden Gelenkknorpel hinweisen [26]. Im Gegensatz dazu konnten Fife et al. belegen, dass bei deutlichen Gelenkspaltverschmälerungen über fünfundzwanzig Prozent bei ca. 33% der Patienten normaler Gelenkknorpel vorliegt [60].

Es sind diese unklaren Zusammenhänge, die in der Praxis immer wieder zu kontroversen Entscheidungen führen. Die Fachgruppe für Orthopädie und Unfallchirurgie des Bundesinstituts für Qualitätssicherung (BQS) beklagt beispielsweise, dass aufgrund der nicht standardisierten OP – Indikation bei über sechzehn Prozent der im Jahr 2005 durchgeführten Kniegelenksimplantationen keine ausreichende OP – Indikation gegeben war [32]. Als ausreichende OP – Indikation wurde hierbei das Vorliegen sowohl deutlicher klinischer Beschwerden als auch radiologische Zeichen, erfasst durch den Kellgren Score, angesehen. Hauptgrund für eine unzureichende OP – Indikation sei die fehlende Kombination klinischer und radiologischer Indikationskriterien [32].

Gegenstand der vorliegenden Arbeit war es daher, die verschiedenen diagnostischen Parameter, Klinik, Untersuchungsergebnisse, radiologische und intraoperative Befunde, von 103 Gonarthrosepatienten präoperativ zu erfassen und die jeweiligen Ausprägungsgrade untereinander zu vergleichen. Wir hoffen, die Bedeutung der einzelnen Befunde herausarbeiten zu können und somit einen Beitrag zur besseren praxisorientierten und wie von der EULAR geforderten individuellen Einschätzung des Krankheitsstadiums leisten zu können.

#### 4.1. **Patientenkollektiv**

Wir evaluierten präoperativ die klinischen Daten von 103 Patienten, die sich zur endoprothetischen Versorgung einer fortgeschrittenen Gonarthrose in die Orthopädische Klinik für die Universität Regensburg im Asklepios Klinikum Bad Abbach vorstellten.

Die Anzahl der Studienteilnehmer ist mit den Fallzahlen vieler anderer klinischer Studien zur Gonarthrose vergleichbar [4,43,51,103,123,142,161,168].

Zur Vereinheitlichung des Patientenkollektivs wurden lediglich Patienten mit primärer Gonarthrose, bei denen auf die Implantation einer achsengeführten Prothese verzichtet werden konnte, in die Studie aufgenommen. Diese Maßnahme erhöht die prädiktive Aussagekraft der gefundenen Ergebnisse.

Die Limitierung auf Patienten, bei denen am nächsten Tag eine Knieprothesenimplantation vorgesehen war, erlaubt insofern eine Vereinheitlichung des Patientenguts, als dass der Zeitpunkt der Knieprothesenimplantation in der Literatur immer wieder als hartes Outcome Kriterium für das Scheitern konservativer Therapiestrategien herangezogen wird [11,49] und somit alle Patienten therapeutisch die gleiche Ausgangslage hatten. Auch andere Studien, wie beispielsweise die Ulmer Osteoarthrose Studie legten das Erfordernis einer Knieendoprothese als Aufnahmekriterium fest [63]. Allerdings bedingt dieses Einschlusskriterium auch, dass nur die Korrelationen der klinischen Parameter von vergleichsweise schwer arthrotisch veränderten Kniegelenken mit therapieresistenten Schmerzen berücksichtigt wurden. Es wurden also lediglich Arthrosen in manifesten und aktivierten Stadien untersucht. Den entscheidenden Vorteil unseres Studienkonzeptes sahen wir aber neben dem einheitlichen Patientengut in der Tatsache, dass während der Knieprothesenimplantation eine gute und, aufgrund des operativen Zugangs, auch standardisierte Gelenkeinsicht und somit eine in vivo Beurteilung des Knorpelschadens möglich war.

Siebzig der insgesamt 103 Studienteilnehmer waren Frauen, was einem Anteil von 68 Prozent entspricht. Dieser Wert entspricht genau dem Ergebnis des ‚Swedish Knee Arthroplasty Registers‘, welches die epidemiologischen und demographischen Daten von insgesamt 34.877 Patienten, die mit einer Knieendoprothesen versorgt wurden, evaluiert hat [140]. Damit stellt das ‚Swedish Knee Arthroplasty Register‘ die größte und somit aussagekräftigste Datenbank der Knieendoprothetik dar. Auch die

Ulmer Osteoarthrose Studie kommt mit einem Anteil der weiblichen Patientinnen von 62,8 Prozent zu einem vergleichbaren Ergebnis [63]. Das Durchschnittsalter unserer Patienten ist mit 68 Jahren mit den Ergebnissen anderer Studien vergleichbar [63,140,150]. Der durchschnittliche Body Mass Index (BMI) betrug bei unseren Patienten 29,9 kg/m<sup>2</sup>, ein Befund der mit den Erkenntnissen der Ulmer Arthrosestudie [163] und dem Bericht der EULAR von 2003 [84], wonach Übergewichtigkeit durch erhöhte mechanische Beanspruchung des Kniegelenks einen generellen Risikofaktor für das Auftreten einer Gonarthrose darstellt, in Einklang steht. Die mittlere Beschwerdedauer in unserem Kollektiv betrug 6 Jahre und 2 Monate, allerdings ist die Spannweite zwischen der minimal und maximal angegebenen Beschwerdedauer mit 29 Jahren und 8 Monaten beträchtlich. Diese Tatsache könnte auf die multifaktorielle Ursache der Gonarthrose, mit nach wie vor vielen offenen Fragen, zurückzuführen sein [57,63].

#### ***4.2. Ergebnisse der Evaluationsbögen und der klinischen Untersuchung***

Zur Erfassung der Arthrose – spezifischen Krankheitsauswirkungen für Patienten wurden für den klinischen Alltag und insbesondere für klinische Studien verschiedene klinische Evaluationsbögen entwickelt. Zu den in der Literatur am gängigsten Scores zählen neben dem Lequesne – Index [101], der Medical Outcome Study Form (SF – 36) [114] und der Arthritis Impact Measurement Scale (AIMS2 – SF) [115] der Western Ontario and McMaster Universities Arthroseindex (WOMAC) [17,161] sowie das Knee Society Clinical Rating System (KSS) [80].

Bei dem WOMAC Arthroseindex handelt es sich um ein gültiges und erprobtes Instrument zur Erfassung von klinisch relevanter Schmerz- und Steifigkeitssymptomatik sowie Einschränkungen der Funktionalität des betroffenen Gelenks. Er ist innerhalb von wenigen Minuten vom Patienten selbstständig auszufüllen, womit einer Einflussnahme des Studienleiters auf das Ergebnis vorgebeugt wird [161]. Studien belegen eine zufriedenstellende Test – Retestzuverlässigkeit (Intraklassen – Korrelationskoeffizient 0,55 – 0,74) sowie eine hohe interne Konsistenz des WOMAC Scores (Cronbach – Koeffizient Alpha 0,80

0,96) [161]. Die WHO und die American Association for Orthopaedic Surgery empfehlen den WOMAC Scores für klinische Studien über Gelenkarthrosen [45,168]. Da es unter anderem Gegenstand unserer Studie war, die Korrelation der subjektiven Beschwerden mit weiteren relevanten diagnostischen Parametern zu überprüfen, beschlossen wir diesen renommierten und in der Praxis weit verbreiteten Score bei unseren Probanden zu erheben und seine Aussagekraft über die Arthroseprogredienz zu evaluieren.

Wir zogen bei der Erhebung des Scores eine fünfstufige Likert Skala einer numerischen Gradierungsskala vor, da diese unserer Einschätzung zufolge aufgrund der klareren Zuordnung der Schweregrade für die Patienten leichter nachzuvollziehen ist. Damit folgten wir dem Beispiel von Bellamy N. der 1995 eine WOMAC Version mit Verwendung einer Likert Skala publizierte [16]. Hierbei entspricht 0 ‚keinen‘ und 4 ‚sehr großen‘ Beschwerden. Die Evaluation der insgesamt 103 Fragebögen ergab für den Womac A einen Mittelwert von 2,40 (SD 0,66), für Womac B 2,34 (SD 0,91), für Womac C 2,42 (SD 0,65). Für den Gesamtscore errechnete sich daraus ein Mittelwert 2,39 (SD 0,63). S. Sathappan et al. kamen bei der präoperativen Erhebung des Womac Scores, ebenfalls unter Verwendung einer Likert Skala von null bis vier, bei insgesamt 114 Patienten zu vergleichbaren Ergebnissen. Das Ergebnis für den Subscore A betrug bei S. Sathappan et al. 3,1, für den Subscore B erhielten sie einen Mittelwert von 2,9 und für den Subscore C betrug der Mittelwert 3,2. Hieraus errechnet sich der Mittelwert des präoperativ erhobenen Gesamtscores in dieser Studie zu 3,1 [146]. Die leicht höheren Werte könnten auf die im Durchschnitt um zwei Jahre längere Beschwerdedauer der Patienten dieser Studie (mittlere Beschwerdedauer: 8,3 Jahre) zurückzuführen sein. Auch N. Wollmerstedt et al., sowie Robert G. Marx et al. kamen zu ähnlichen Ergebnissen bei der präoperativen Evaluierung des Womac Scores [111,182].

Als weiteres Instrument zur Erfassung der klinischen Beschwerden der Patienten nahmen wir das bereits oben erwähnte Knee Society Clinical Rating System (KSS) in unser Studiendesign auf. Der Knee Society Score wurde 1989 von John N. Insall et al. entwickelt, um ein einheitliches und allgemein etabliertes Messinstrument bei der klinischen Beurteilung der Gonarthrose zu Verfügung zu haben [80]. Aufgrund mangelnder Korrelation der einzelnen, in diesem Score erfassten Parameter ist der Knee Society Score in den letzten Jahren vermehrt in die Kritik geraten [95,106,144]. Auch wir konnten bei der Auswertung unserer Daten eine, insbesondere im Vergleich

zum Womac Score, nur schwach ausgeprägte Korrelation der beiden Subscores, des Knee Subscores und des Function Subscores, (SpK: 0,35) zueinander nachweisen. Elizabeth A. Lingard kommt in einer Vergleichsstudie des Knee Society Clinical Rating System mit dem SF-36 und dem Womac Score zu dem Schluss, dass der Function Subscore des KSS die geringere Aussagekraft und Messgenauigkeit besitzt und rät daher von der Verwendung dieses Scores in künftigen Studien zur Gonarthrosebeurteilung ab. Dem Knee Subscore hingegen bescheinigt sie einen guten, inhaltlich stimmigen Aufbau, der sensibel genug Veränderungen in der Arthroseprogredienz erfasst [106].

Unserer Kenntnis nach ist der Knee Society Score der einzige in der Literatur weit verbreitete Evaluationsbogen, der sowohl subjektive Beschwerdesymptomaten der Patienten als auch objektivierbare Untersuchungsbefunde, wie Bandstabilitäten und Bewegungsradien, erfasst. Diese Tatsache war für uns ausschlaggebend den Knee Society Score in unser Studiendesign zu integrieren. Aufgrund der oben diskutierten Kritik am Knee Society Clinical Rating System verwendeten wir für die Analyse und Korrelation unserer Daten lediglich den in der Literatur weniger umstrittenen Knee Subscore.

Der maximal erreichbare Punktwert beim Knee Score beträgt einhundert Punkte. Hierbei werden die Schmerzen des Patienten mit 50% gewichtet, wobei Schmerzfreiheit 50 Punkten entspricht. Die verbleibenden 50 Prozent dienen der Erfassung der Beweglichkeit (max. 25 Punkte) und den Bandstabilitäten (max. 25 Punkte). Bewegungsumfängen von 125 Grad und mehr entsprechen 25 Punkten. Bei den Bandstabilitäten wird noch mal zwischen antero-posteriorer sowie medio-lateraler Stabilität unterschieden. Abzüge erfolgen bei Beugekontrakturen und Streckdefiziten sowie bei Achsenfehlstellungen.

Die klinische Untersuchung unserer Patienten ergab, dass zum Zeitpunkt der Operation die durchschnittliche Beweglichkeit des Kniegelenks ca. 105 Grad betrug. Vergleicht man dieses Ergebnis mit Werten anderer Studien, die die präoperative Kniegelenksbeweglichkeit erfasst haben, so fällt auf, dass erhebliche Differenzen bezüglich der gefundenen Werte bestehen. So betrug die mittlere präoperative Kniegelenkbeweglichkeit in einer Studie von S. Sathappan et al. 92 Grad [146], bei M. Shi et al. sogar nur etwa 84 Grad [154]. Hingegen bei Young – Hoo Kim et al. ergab die präoperative Untersuchung von rund 288 Kniegelenken eine durchschnittliche Beweglichkeit von ca. 122 Grad [92]. Auch die von uns gefundene

hohe Standardabweichung der Kniegelenkbeweglichkeit von fast 22 Grad deutet auf eine hohe Schwankungsbreite der präoperativen Beweglichkeit hin. Ähnliche Standardabweichungen und studieninterne Unterschiede finden sich auch bei den oben aufgeführten Arbeiten [92,146,154]. Dieser Befund belegt ein weiteres Mal die multifaktorielle Genese der Gonarthrose und verdeutlicht die uneinheitlichen Standards zur Indikationsstellung eines Oberflächengelenkersatzes.

Um den Knee Subscore erheben zu können muss zusätzlich der Bandapparat untersucht und bestehende Instabilitäten festgehalten werden. Gemäß den Vorgaben der Knee Society erfassten wir die antero-posteriore Stabilität auf einer dreistufigen, die seitliche Aufklappbarkeit auf einer vierstufigen Skala [80]. Unsere Befunde stehen hierbei in Einklang mit den gängigen Theorien zur Pathogenese der Gonarthrose, wonach es aufgrund degenerativer Prozesse und vermehrter Schwellneigung und Ergussbildung des Gelenkes zu Instabilitäten und zur Lockerung und dem Verschleiß des Bandapparates in arthrotisch veränderten Gelenken kommt [57,63].

Aus den Befunden der klinischen Untersuchung und den Angaben der Patienten bezüglich ihrer Knieschmerzen errechneten wir den Knee Subscore. Hierbei erhielten wir einen Mittelwert von 33 bei einer maximal möglichen Punktzahl von 100. Ähnliche präoperative Werte finden sich auch in zahlreichen weiteren klinischen Studien [7,33,55,56,139,146,150]. A. König et al. fassten in einer Arbeit die Ergebnisse von insgesamt neun Studien, die den KSS präoperativ erhoben, zusammen [94]. Es zeigte sich, dass sich nahezu alle Mittelwerte des Knee Subscores mit einer Standardabweichung von 5,1 um den Wert 35 anordneten (30, 37, 42, 40, 33, 27, 28, 33). Lediglich bei einer Studie fiel das präoperative Ergebnis des Knee Scores mit einem mittleren Punktwert von 19 deutlich schlechter aus. Hieraus eine OP Indikation ab einem Knee Score von etwa 35 abzuleiten ist sicherlich, insbesondere in Anbetracht der von uns gefundenen Standardabweichung von fast 18 Punkten, abzulehnen. Dennoch sollte, aufgrund der vergleichsweise einheitlichen präoperativen Mittelwerte des Knee Subscores in von einander unabhängigen Studien die klinische Bedeutung des Knee Subscores des Knee Society Clinical Rating Systems überdacht werden.

Neben diesen beiden etablierten Evaluationssystemen, dem Womac Score und den Knee Subscore, baten wir die Patienten ihre Kniebeschwerden der vergangenen vier Wochen auf einer Visuellen Analog Skala von null bis zehn anzugeben, wobei der Wert zehn schlimmsten vorstellbaren Schmerzen entspricht [133]. Hierbei erhielten

wir einen Mittelwert von 6,6. Bemerkenswert ist die große Spannweite der Ergebnisse von 7,2, mit einem minimalen Wert von 2,7 und einem maximalen Wert von 9,9. Diese große Schwankungsbreite in der Angabe der Schmerzen verdeutlicht das grundlegende Problem klinischer Studien bei der Erfassung und Objektivierung subjektiver Beschwerden. Schmerzen werden subjektiv wahrgenommen und selbst bei gleicher Schmerzintensität aufgrund interindividuell unterschiedlicher Sensibilität bzw. Indolenz gänzlich unterschiedlich bewertet. Zwar ist die Visuelle Analog Skala ein erprobtes und sowohl in vielen Studien als auch im klinischen Alltag häufig zum Einsatz gebrachtes Instrument zur Visualisierung der Patientenbeschwerden [70], dennoch muss man sich der Grenzen dieser Methode bewusst sein und mit den Ergebnisse sehr differenziert umgehen. Myles PS et al. konnten zeigen, dass die VAS für leichte bis mittlere Schmerzen eine gewisse Linearität besitzt. Diese Linearität verliert sich jedoch bei starken bis sehr starke Schmerzen [120]. Eine objektive Erfassung von Schmerzen ist daher nicht oder nur bedingt möglich sein.

### 4.3. ***Radiologische und intraoperative Befunde***

#### 4.3.1. **Diskussion der Summenscores**

Wir bildeten zur Auswertung unserer radiologischen und intraoperativen Befunde verschiedene ‚Summenscores‘. Die Berechnung und Zusammensetzung der einzelnen Summenscores wurde bereits im Ergebnisteil erörtert.

Bei diesen Summenscores handelt es sich nicht um etablierte und allgemein anerkannte Instrumentarien zur Bestimmung des Ausprägungsgrades des jeweils beschriebenen Befundes. Unsere Intention war es mit diesen Scores eine Möglichkeit zur selektiven Bestimmung des Ausmaßes der subchondralen Sklerosierung, der Osteophytenbildung sowie dem Grad der Chondromalazie zur Hand zu haben und somit die Schweregrade der einzelnen erfassten Parameter miteinander vergleichen und korrelieren zu können. Bei der Durchsicht der Literatur fanden sich keine geeigneten Vorgehensweisen, die einen derartigen Vergleich ermöglicht hätten. Auch Bela Szebenyi et al. weisen in einer vergleichbaren Studie zur Evaluation der Zusammenhänge von klinischen Beschwerden und radiologischen Veränderungen auf den Bedarf nach einem Evaluationsverfahren hin, der es dem

Untersucher ermöglicht die einzelnen radiologischen Veränderungen separat erfassen zu können [169]. Nagaosa et al. kritisieren, dass der Kellgren Score als gängigstes radiologisches Grading System der Gonarthrose nur sehr eingeschränkte Differenzierungsmöglichkeiten der einzelnen radiologischen Befunde bietet [122]. Dem entsprechend fordern Paul A. Dieppe et al. bei entsprechenden Fragestellungen eine separate Erfassung der einzelnen radiologischen Zeichen [47]. Bei den von uns gebildeten Summescores ist jedoch darauf zu achten, dass es sich jeweils um globale Scores handelt. Das bedeutet, dass jeweils der Ausprägungsgrad des beschriebenen Merkmals für das gesamte Gelenk erfasst wird. Das hat zur Konsequenz, dass beispielsweise bei einem ausgeprägten rein medialen Knorpeldefekt mit Chondromalazie Grad vier der Chondromalaziesummescore einen ähnlichen Werte ergibt wie bei einem, das gesamte Kniegelenk betreffenden, Knorpeldefekt ersten Grades nach Outerbridge. Dieses Defizit nahm auch die Arbeitsgruppe um R. Aaron in Kauf, der in einer Studie über das arthroskopische Gelenkdebridement den Knorpelschaden der einzelnen Kompartments ebenfalls zu einem globalen Score addierte [4]. M. Schwitalle et al. verwendeten in einer Arbeit von 2001 einen globalen Summescore, der die radiologischen Lysesäume nach Implantation eines PFC – Kniegelenksystems in insgesamt sieben Zonen des Kniegelenks erfasst [150].

Trotz dieses erheblichen Kritikpunktes hielten wir an der Verwendung der Summescores bei der Auswertung unserer Ergebnisse fest. Einerseits wird in der Literatur kein probates Mittel für unsere Fragestellung der Korrelation der einzelnen Befunde beschrieben. Andererseits hielten wir die Summescores für unkomplizierte und anschauliche Instrumentarien zur Evaluation unserer Hypothesen.

#### **4.3.2. Ergebnisse der radiologischen und intraoperativen Untersuchung**

Altmann et al. definierten die Arthrose als ‚eine heterogene Erkrankung, die neben Gelenkbeschwerden zu radiologisch Zeichen führt, die mit Destruktion von hyalinem Gelenkknorpel, sowie mit Veränderungen des darunter liegenden Knochens und der Gelenkränder assoziiert sind‘ [10].

Kellgren und Lawrence entwickelten die erste standardisierte Methode zur Beurteilung der Arthroseprogredienz auf Röntgenbildern, den Kellgren Score [89].

Der Score erfasst, die in der Definition von Altmann et al. angedeuteten, Arthrose – typischen Merkmale: Gelenkspaltverschmälerung, subchondrale Sklerosierung, Osteophyten, subchondrale Zysten sowie Entrundung der Femurkondylen. Kellgren und Lawrence legten fünf Schweregrade fest: 0 (keine arthrotischen Veränderungen), 1 (zweifelhafte arthrotische Veränderungen), 2 (leichte Arthrose), 3 (moderate arthrotische Veränderungen) und 4 (schwere Arthrose). Ab Schweregrad ‚2‘ wird die Diagnose ‚Arthrose‘ gestellt [89].

Trotz vereinzelter Kritik an der Gewichtung der einzelnen radiologischen Zeichen [26], erwies sich der Kellgren Score als das sinnvollste und gängigste Instrument zur Beurteilung arthrotisch veränderter Gelenke. So kamen Drossaers-Bakker et al in einer Vergleichstudie verschiedener radiologischer Scores zu dem Ergebnis, dass der Kellgren und Lawrence Score das sinnvollste Instrumentarium zur Beurteilung arthrotisch veränderter Gelenke sei [51].

Wir bedienten uns in unserer Studie des Kellgren und Lawrence Scores zur radiologischen Beurteilung, da dieser Score in der Literatur akzeptiert ist [65].

Die Befundung der präoperativ angefertigten Röntgenbildern von insgesamt 103 Patienten ergab, dass bei 63 Patienten ein Kellgren Score Grad vier diagnostiziert wurde, 27 Patienten wiesen einen Score Grad drei auf und lediglich dreizehn Patienten einen Score Grad zwei. Wie schon unter dem Gliederungspunkt Patientengut diskutiert ergibt sich diese einseitige Verteilung der Werte zu höheren Kellgren Scores aus der Tatsache, dass es sich um unmittelbar präoperative Aufnahmen handelt. Mit diesen Befunden kommt die Orthopädische Klinik für die Universität Regensburg im Asklepios Klinikum Bad Abbach der Forderung der Bundesgeschäftsstelle für Qualitätssicherung nach, neben entsprechender Beschwerdesymptomatik auch in ausreichendem Maße vorhandene radiologisch nachweisbaren Veränderungen für die Indikationsstellung zur Implantation einer Totalendoprothese zu fordern [32]. Bei der Erfassung der jeweiligen radiologischen Zeichen, der Gelenkspaltminderung, der Osteophytenbildung und der subchondralen Sklerosierung hielten wir uns jeweils an die durch den Kellgren Score vorgeschriebene Unterteilung in Schweregrade [89].

Neben dem Kellgren Score bestimmten wir für jeden Patienten zusätzlich separat die Höhe des Gelenkspaltes, die Beinachse sowie die im vorherigen Punkt diskutierten Summenscores für die subchondrale Sklerosierung und die Osteophytenbildung.

Über die exakte und sinnvollste Vorgehensweise zur Bestimmung der

Gelenkspaltminderung wurde in den vergangenen Jahren viel diskutiert [29,60,112,137,138]. Wir richteten uns nach den von Buckland – Wright et al. beschriebenen Vorgaben [31]. Dabei orientierten wir uns wie auch vergleichbare Studien [28] jeweils am Punctum Minimum bezüglich der Gelenkspalthöhe.

Die Befundung der Röntgenaufnahmen der 103 Studienteilnehmer ergab bei lediglich fünf Patienten einen normalen Gelenkspalt. Zwölf Patienten zeigten mäßige und 31 Patienten eine häftige Gelenkspaltverschmälerung. Über die Hälfte aller Patienten wies eine ausgeprägte Minderung der Gelenkspalthöhe auf, bzw. es lag eine völlige Aufhebung des Gelenkspaltes vor. Da wir in unserer Studie lediglich unmittelbar präoperative Röntgenaufnahmen und somit ein selektives Patientengut mit vergleichsweise ausgeprägten Arthroseformen untersuchten, entsprechen unsere Befunde weitgehend Einschätzungen von Ravaud P. et al, dass die Gelenkspaltminderung ein wichtiges Maß zur Beurteilung des Schweregrades der Gonarthrose und ihrer Progredienz darstellt [138]. Allerdings wird in der Literatur immer wieder auf eine mangelnde Korrelation der Gelenkspaltminderung mit dessen morphologischen Korrelat, der Gelenkknorpeldegeneration, verwiesen. So konnten Brandt et al. zeigen, dass ein unauffälliger radiologischer Befund nicht zwangsläufig den intraoperativen Befund eines gesunden Knorpels zur Folge hatte. Andererseits konnte auch nicht aufgrund einer radiologisch gesicherten Gelenkspaltverschmälerung auf einen defekten Knorpel geschlossen werden [26]. Unsere Ergebnisse zu diesem Punkt werden im weiteren Verlauf der Arbeit noch diskutiert.

Die mechanischen Beinachse ist wichtig bei der Evaluierung der arthrotisch bedingten Deformität und von großer Bedeutung für die operative Planung [65]. Die Bestimmung der Beinachsen unserer Patienten auf einem extra breiten Bildbetrachter ergab bei 84 Patienten eine Abweichung der anatomischen Beinachse von der Mikulicz Linie im Sinne einer Varus Fehlstellung, bei siebzehn Patienten im Sinne einer Valgus Fehlstellung. Nur bei zwei Patienten konnten keine relevanten Achsenabweichungen nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit in der Literatur beschriebenen Erfahrungswerten, wonach Achsenfehlstellung als Risikofaktor die Entstehung einer Gonarthrose durch erhöhte lokale Druckbelastungen fördern [153]. Zusätzlich ist bekannt, dass das mediale Kompartment aufgrund von Achsenfehlstellungen häufiger arthrotisch verändert ist als das laterale Kompartiment [65].

Die Sklerosierung des subchondralen Knochens gilt als ein typisches radiologisches Zeichen der Gonarthrose [57,58,65]. Wir erhoben den Grad der subchondralen Sklerosierung für fünf artikulierende Gelenkflächen auf einer vierstufigen Skala und bildeten daraus, wie bereits diskutiert, einen Gesamtwert für die subchondrale Sklerosierung des Kniegelenks. Der ermittelte durchschnittliche Summenwert lag bei 9,22, bei einer maximal möglichen Punktzahl von fünfzehn.

Verschiedenen Studien zufolge ist der Grad der Osteophytenbildung das aussagekräftigste und reproduzierbarste radiologische Zeichen der Gonarthrose [10,23,38]. Ebenso wie den Grad der Sklerosierung erfassten wir separat das Ausmaß der Osteophytenbildung in einem Summenscore, um daraus Aussagen über die Bedeutung und Korrelation der Osteophytenbildung mit weiteren klinischen Parametern treffen zu können. Wir erhielten einen Mittelwert von 6,61 auf einer Skala mit maximal zehn Punkten.

Es ist allgemein anerkannt, dass die Degeneration des hyalinen Knorpels einen elementaren Prozess bei der Arthroseentstehung darstellt [57]. Aufgrund unseres Studiendesigns hatten wir die Möglichkeit das tatsächliche Ausmaß des Knorpeldefekts zu erfassen. Dabei bedienten wir uns der allgemein anerkannten Einteilung des Knorpelschadens nach Outerbridge [127]. Wir beurteilten intraoperativ den Knorpeldefekt aller artikulierenden Gelenkflächen. Unser Summenscore für das Ausmaß der Chondromalazie ergab einen Mittelwert von 18,11 bei einem maximal möglichen Wert von 24 Punkten.

Mit der Bildung der Summenscores folgten wir der Forderung von Dieppe PA et al. bei entsprechenden Fragestellungen eine getrennte Graduierung der Merkmale vorzunehmen [47]. Da es sich bei diesen Summenscores nicht um in der Literatur etablierte Instrumentarien handelt, ist ein Vergleich unserer Ergebnisse mit anderen Studien nicht möglich. Inwieweit die einzelnen Summenscores mit den übrigen von uns erfassten Parametern korrelieren wird im Folgenden dargelegt und diese Korrelationen mit in der Literatur beschriebenen Zusammenhängen diskutiert.

#### 4.4. **Diskussion der Korrelationsanalysen**

Wir korrelierten die patientenspezifischen Daten, den Womac Score, den Knee Society Score, die Beweglichkeit und Gelenkstabilität, den radiologischen sowie den intraoperativen Befund, insbesondere der Chondromalaziestadien nach Outerbridge, und verglichen unsere Ergebnisse mit den Erkenntnissen der Literatur.

Aufgrund des Ordinal – Skalen – Niveaus unserer Daten verwendeten wir den Spearman Korrelationskoeffizienten [62]. Wie bereits diskutiert liegt der Vorteil des SpK in seiner Robustheit gegenüber Ausreißern. Allerdings besitzt er gegenüber dem Pearson Korrelationskoeffizienten eine geringere Aussagekraft, da die Datentransformation zwangsläufig einen Informationsverlust mit sich bringt [62]. Korrelationskoeffizienten deren Betrag größer als 0,2 war, wurden hierbei als signifikant angesehen. Gemäß allgemein üblichen Standards werteten wir Korrelationskoeffizienten von 0,2 bis 0,5 als *gering*, bis 0,7 als *mittelmäßig*, bis 0,9 als *hoch* und über 0,9 als *sehr hoch* korrelierend [5].

##### 4.4.1. **Korrelation patientenspezifischer Daten mit den übrigen Befunden**

Das Alter unserer Patienten hatte keine nachweisbare Auswirkungen auf die subjektiven Beschwerden, erfasst durch den Womac Score, den Knee Score und die VAS (SpK: -0,05, 0,05, -0,01 respektive). Die Bedeutung des Alters für die Schmerzwahrnehmung wurde in zahlreichen klinischen und experimentellen Studien untersucht und ist nach wie vor umstritten. Etliche Ergebnisse legen die Vermutung nahe, dass eine Abschwächung der Schmerzrezeption im Alter durch peripher – und zentralnervöse Degenerationsprozesse sowie psychologische Veränderungen bedingt sein könnten. Allerdings existieren auch Studien die keine Veränderungen des Schmerzempfindens oder sogar eine vermehrte Nozirezeption im Alter belegen [131]. In der klinischen Untersuchung konnten wir eine gewisse Bedeutung des Alters für die Stabilität des seitlichen Bandapparates sowie auf die Beinachse nachweisen (SpK: 0,21, 0,26 respektive). Dies lässt sich einleuchtend mit dem Tatbestand erklären, dass Gelenke, insbesondere das durch den aufrechten Gang des Menschen besonders beanspruchte Kniegelenk [79], zeitlebens strapaziert

werden und es somit zu einer Lockerung des Bandapparates und konsequenterweise zur Achsenfehlstellungen kommt. Zu dieser mechanischen Beanspruchung kommt eine verminderte regenerative Fähigkeit des Körpers im Alter. So konnten McAlindon et al. zeigen, dass vergleichbare mechanische Belastungen bei älteren Menschen häufiger arthrotische Veränderungen zur Folge haben als bei jüngeren [113]. Auch zeigte sich eine leichte Korrelation des Patientenalters mit der Osteophytenbildung (SpK: 0,20). Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnisse von Hernborg und Nilsson [73], die ebenfalls auf einen Zusammenhang zwischen Alter und Osteophytenbildung verweisen. Allerdings legen sie die Vermutung nahe, dass es sich bei Osteophyten nicht zwangsläufig um ein frühes radiologisches Zeichen der Gonarthrose handelt. In einer Verlaufsstudie konnten sie zeigen, dass von 176 Patienten mit radiologisch nachweisbaren Osteophyten mindestens 52 Patienten nach zehn Jahren keine weiteren degenerativen Veränderungen des Kniegelenks zeigten. Osteophyten stellen ein wesentliches Evaluationskriterium bei der Bestimmung des Kellgren Scores dar [26,89]. Aus diesem Grund ist es nicht weiter verwunderlich, dass neben dem Osteophytensummenscore auch der Kellgren Score einen positiven, signifikanten Spearman Korrelationskoeffizienten mit dem Patientenalter aufweist (SpK: 0,23). Auch tritt in unserer Studie tendenziell eine vermehrte Gelenkspaltminderung im Alter auf, doch erreicht diese mit einem Korrelationswert von 0,17 noch nicht das von uns geforderte Signifikanzniveau. Neben der teilweisen Korrelation der radiologischen Zeichen der Gonarthrose mit dem Alter, konnten wir auch einen Zusammenhang zwischen dem Alter der Patienten und dem Grad der Knorpeldegeneration gemäß den Kriterien von Outerbridge, erfasst durch unseren Chondromalaziesummenscore, belegen. Dieser Befund steht in Einklang mit den Erkenntnissen von Bank R. A. et al. wonach die Stimulierbarkeit menschlichen Knorpels durch Wachstumsfaktoren zur Produktion kollagener Matrix mit zunehmendem Alter abnimmt [13]. Hinzu kommt, dass wichtige Schutzfaktoren des Gelenks, wie Muskelkraft und Schutzreflexe, im Alter abnehmen, was eine raschere Degeneration des hyalinen Knorpels zur Folge hat [57].

Übergewicht stellt einen wesentlichen Risikofaktor für die Entwicklung einer Gonarthrose dar [57,58,63,64,84]. Wie vergleichbare Studien zeigen [52,66,142], lag der durchschnittliche BMI unserer Patienten bei ca. 30 kg/m<sup>2</sup> (29,9 kg/m<sup>2</sup>). Bei unseren Korrelationsanalysen konnten wir jedoch keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem BMI und den übrigen, von uns erhobenen Werten

nachweisen. Dem entsprechend nahm der BMI, in einer Studie von R. Duncan et al. über den Zusammenhang von klinischen Symptomen und radiologischen Zeichen der Gonarthrose, keinen relevanten Einfluss auf die gefundenen Ergebnisse [52]. Ebenso wie in unserer Studie untersuchten R. Duncan et al. lediglich Patienten mit deutlichen Zeichen einer Arthrose. Dies legt die Vermutung nahe, dass das Gewicht der Patienten zwar bei der Entstehung der Gonarthrose einen entscheidenden Einflussfaktor darstellt, im weiteren Progress der Erkrankung jedoch an Bedeutung verliert. Auch Whiteside fand keine signifikanten Assoziationen zwischen dem BMI und den Beschwerden eines Patienten [175].

Als weiteren patientenspezifischen Parameter untersuchten wir die Auswirkungen der Beschwerdedauer auf das klinische Bild. Auf die subjektiven Beschwerden, erneut evaluiert an den Ergebnissen des Womac Scores, Knee Scores und der VAS, hat das Ausmaß der zeitlichen Beschwerdedauer keinen signifikanten Einfluss. Bei Korrelation der Beschwerdedauer mit dem Knee Score ergibt sich zwar zunächst ein signifikanter Wert von -0,23. Wie im Ergebnisteil jedoch unter dem Punkt Korrelation patientenspezifischer Parameter bereits erörtert handelt, es sich hierbei lediglich um eine Scheinkorrelation: Unter Elimination des Faktors ‚Bewegungsumfang‘, sinkt der Betrag des Spearman Korrelationskoeffizient auf einen Wert von 0,04. Die Beweglichkeit des Kniegelenks, die in den Wert des Knee Scores mit einfließt, nahm zwar tendenziell mit zunehmender Beschwerdedauer ab (SpK: -0,13), erreicht allerdings ebenfalls nicht das von uns geforderte Signifikanzniveau. Weitere Studien, welche die Korrelation der Symptomatik mit objektivierbaren Parametern erfasst haben erwähnen ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Intensität und Dauer der Beschwerden [52,169].

Die Auswertung unserer Daten ergab jedoch eine wenn auch gering ausgeprägte signifikante Assoziation der Dauer der Beschwerden mit dem radiologisch nachweisbaren Ausmaß der Osteophytenbildung. Auch R. Duncan et al. verweisen in einer Studie von 2006 darauf, dass mit zunehmender Beschwerdedauer auch das Ausmaß der radiologischen Arthrosezeichen zunimmt [52]. Osteophyten entstehen im Rahmen von Umstrukturierungs- und Reparationsvorgängen aufgrund veränderter Belastungszustände bei Arthrose [121] und dieser aufbauende Prozess benötigt offensichtlich Zeit.

#### **4.4.2. Korrelation der subjektiven Beschwerden mit den radiologischen Zeichen der Gonarthrose**

Die schlechte Korrelation zwischen radiologischen Befunden der Gonarthrose und den entsprechenden klinischen Beschwerden ist seit langem erkannt worden [36] und wurde in zahlreichen Studien untersucht [35,46,52,68,121,169]. Einige Studien kommen dennoch zu dem Schluss, dass Patienten mit schwereren radiologischen Befunden tendenziell häufiger unter Kniebeschwerden leiden, als Patienten mit vergleichsweise gering ausgeprägten Veränderungen [41,59,88,98,99,104]. Dieses Ergebnis legt eine gewisse Assoziation zwischen dem Beschwerdebild und ihrem morphologischen Korrelat nahe. Allerdings wird in der Literatur wiederholt darauf hingewiesen, dass sich dieser Zusammenhang unter Berücksichtigung weitere biomechanischer, psychologischer und sozialer Faktoren deutlich abschwächt [83,113,124].

Bevor man jedoch die Relevanz der pathologischen Veränderungen für die Beschwerden der Patienten negiert und stattdessen psychische und soziale Faktoren ursächliche Bedeutung für bestehende Beschwerden beimisst, ist es wichtig, bestehende Studien zur Schmerzkorrelation zu hinterfragen. Einige frühe Studien könnten beispielsweise die Bedeutung degenerativer Prozesse für die Beschwerdesymptomatik unterschätzt haben, da sie nicht das gesamte Gelenk, sondern beispielsweise nur das patellofemorale Kompartiment mit berücksichtigten [41,83]. Schmerz, funktionelle Beeinträchtigungen oder radiologische Zeichen wurden in epidemiologischen Studien häufig nur in Form dichotomer Variablen (z.B. Knieschmerz: ja, nein; Sklerosierung: ja, nein) erfasst [68,169], was keine Aussage über die Korrelation verschiedener Ausprägungsgrade zulässt. Manche Studien weisen nur kleine Fallzahlen oder inkomplette radiologische Bildgebung auf und haben daher nur eine geringe statistische Aussagekraft [40,145,165,172].

Hinzu kommt, dass manche Studien einseitig den Grad der radiologischen Veränderungen als Aufnahmekriterium nahmen und daraufhin die klinischen Beschwerden des betroffenen Patienten erfassten [151,169], obwohl sich der Patient im klinischen Alltag doch aufgrund klinischer Symptome beim Orthopäden vorstellt.

Zur Erfassung der Beschwerden und Schmerzen der Patienten verwendeten wir den in der Literatur weit verbreiteten Womac und Knee Subscore. Zusätzlich baten wir die Patienten, ihre Schmerzen im betroffenen Kniegelenk der vergangenen vier Wochen

auf einer stufenlosen VAS anzugeben. Diese drei Messparameter zeigten untereinander gute Korrelationen (SpK (Womac – KS: -0,40); SpK (Womac – VAS: 0,54); SpK (KSS – VAS): -0,38). Um dennoch die unterschiedlichen Ergebnisse der Korrelationsanalysen verstehen zu können muss man sich die Tatsache vor Augen führen, dass der Womac Score unabhängig vom Untersucher vom Patienten selbstständig ausgefüllt wird, während fünfzig Prozent des Punktwertes des Knee Subscores durch die Befunde der klinischen Untersuchung des Arztes bestimmt werden.

Etliche Studien untersuchten die Aussagekraft des Womac Scores auf die radiologisch nachweisbaren Veränderungen [14,28,40,52,169]. Keine dieser Studien konnte signifikant höhere Ergebnisse des Womac Scores bei schlechteren radiologischen Befunden nachweisen. R. Duncan et al. fanden zwar Tendenzen zu höheren Womac Scores bei radiologisch schwereren Arthrosebefunden, doch erreichten diese Ergebnisse kein signifikantes Niveau. Lediglich bei Patienten mit schweren Dauerschmerzen im Vergleich zu Patienten mit leichten, kurzzeitigen Beschwerden konnten R. Duncan et al. signifikant schlechtere radiologische Befunde erheben [52]. Szebenyi et al. legten in ihrer Studie dar, dass die Beschwerden der Patienten mit der Zahl der betroffenen Kompartimente zunehmen. Allerdings erzielten sie nur signifikant unterschiedliche Womac Scores zwischen Patienten ohne definitiven radiologischen Nachweis einer Gonarthrose und Patienten, bei denen sowohl das mediale und laterale Kompartiment betroffen war [169]. Auch in unserer Studie konnten wir keine signifikante Korrelation des Womac Scores mit dem Kellgren Score nachweisen (SpK: -0,04). Hinzu kommt, dass wir aufgrund unseres Studiendesigns lediglich Patienten mit, im Vergleich zu den beiden anderen erwähnten Studien, schweren Gonarthrosen integrierten und somit nicht die Beschwerden von Patienten mit radiologisch leichten (Kellgren 1) und schweren Befunden (Kellgren 3 oder 4) miteinander vergleichen konnten.

Für die VAS ergaben unsere Ergebnisse keine signifikante Assoziation mit dem radiologischen Befund. Hier betrug der Spearman Korrelationskoeffizient mit dem Kellgren Score 0,08. Lediglich bei ausgeprägter Osteophytenbildung fanden wir eine markante Tendenz hin zu mehr Beschwerden. So korrelierte die Schmerzangabe der Patienten auf der VAS mit dem Osteophytensummenscore mit einem Wert von 0,19 und lag somit knapp unter dem geforderten Signifikanzniveau. Dieser Trend findet sich auch für den Womac Score, ist hier allerdings nicht so ausgeprägt (SpK: 0,10).

Dieser Tatbestand wurde auch schon in anderen Arbeiten beobachtet. Flavia M. Cicuttini et al konnten zeigen, dass Osteophyten der sensibelste Prädiktor für Dauerschmerzen war und am besten mit anhaltenden Beschwerden im vergangenen Jahr korrelierte [35]. Auch Boegard et al. kamen zu ähnlichen Ergebnissen [23].

Nicht bestätigen können wir die Ergebnisse einer Studie von Bela Szebenyi et al. [169] wonach subchondrale Sklerosierung das am stärksten mit Schmerzen assoziierte radiologische Zeichen der Gonarthrose ist. Hier ergaben unsere Analysen einen Spearman Korrelationskoeffizienten mit der VAS von -0,06. Als Kritikpunkt der Studie von Szebenyi et al. muss jedoch erwähnt werden, dass sie die Sklerosierung als eine rein dichotome Variable erhoben und somit nicht verschiedene Ausprägungsgrade erfassten. Hinzu kommt, dass unserer Kenntnis nach diese Studie als einzige auf einen derartigen Zusammenhang verweist.

Interessanterweise fanden wir für nahezu alle radiologisch erfassten Werte Korrelationen mit dem Knee Subscore des Knee Society Scores. Die inversen Korrelationen erklären sich, wie bereits im Ergebnisteil erwähnt, aufgrund der Tatsache, dass eine hohe Punktzahl, anders als beim Womac Score einen guten Gelenkzustand beschreibt. Am deutlichsten korrelierten hierbei die Werte des Knee Scores mit dem etablierten Kellgren Score (SpK: - 0,39). Aber auch andere, von uns erfasste radiologische Kriterien korrelierten mit dem Knee Score (SpK (KS – Beinachse): -0,28, SpK (KS – Gelenkspalt): -0,27, SpK (KS – Osteophyten): -0,34). Lediglich für den Grad der Sklerosierung konnten wir keine signifikante Assoziation mit dem Knee Subscore feststellen (SpK (KS – Sklerosierung): -0.06).

Offensichtlich tragen die im Knee Subscore, im Gegensatz zum Womac Score, zusätzlich erfassten Befunde der klinischen Untersuchung entscheidend zu diesen Korrelationen bei. Daher gehen wir im folgenden Gliederungspunkt ‚Korrelation der klinischen Untersuchungsbefunde mit den radiologischen Zeichen der Gonarthrose‘ genauer auf die Ergebnisse der Korrelationsanalysen des Knee Scores ein.

#### **4.4.3. Korrelation der klinischen Untersuchungsbefunde mit den radiologischen Zeichen der Gonarthrose**

Die Befunde der klinischen Untersuchung stehen mit den radiologischen Zeichen der Gonarthrose in einem engen Wechselspiel. Zahlreiche Studien belegen, dass die Gelenkstabilität, die damit einhergehende Kniebeweglichkeit und Achsenfehlstellungen sowohl ursächlich für die Entstehung der Gonarthrose sein können, als auch daraus resultieren können.

Sharma et al. konnten einerseits zeigen, dass eine Achsenfehlstellung, im Sinne einer Varus – bzw. Valgusfehlstellung, einen sehr potenten Risikofaktor zur der Entwicklung einer Gonarthrose darstellt [153]. Hierbei bedingt eine Varusfehlstellung vermehrt mediale, eine valgus Fehlstellung vermehrt laterale Gonarthrosen [153]. Andererseits konnten Cooke et al. zeigen, dass Knorpeldefekte einen bestimmenden Faktor bei der Entwicklung von Achsenfehlstellungen darstellen [37]. Y. Nagaosa et al. hoben in diesem Zusammenhang die Rolle von Osteophyten hervor [121].

Auch besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Stabilität bzw. der Instabilität des Gelenks und dem Entstehen von Gonarthrosen, insbesondere von Knorpeldefekten [152]. Durch einen laxen Bandapparat kommt es vermehrt zu Auftreten von Scherkräften [109]. Zugleich wird durch die Relativbewegung der beiden Gelenkpartner die Kongruenz der artikulierenden Flächen herabgesetzt, wodurch erhöhte Druckbelastungen entstehen [109]. Im Gegenzug fördern die arthrotischen Veränderungen des Kniegelenkes, beispielsweise durch entzündliche Reaktionen der Gelenkkapsel und vermehrter Produktion von Synovia, die Instabilität des betroffenen Bandapparates [57].

Verschiedene Studien belegen, dass ein instabiler Bandapparat als biomechanischer Reiz die Bildung von Osteophyten fördert [110,177]. Hierbei werden Osteophyten als ein Versuch des betroffenen Gelenkes angesehen, das Gelenk zu stabilisieren und extreme Bewegungsausschläge zu reduzieren [110,121,177]. Pottenger et al. konnten diese Vermutung mit der Beobachtung stützen, dass die Entfernung von Osteophyten bei Implantation einer Knieendprothese zwar die post - operative Beweglichkeit erhöhte, die Stabilität des Gelenkes herabsetzte [132].

Auch wir können in unserer Studie die Datenlage in der Literatur bezüglich des engen Zusammenhanges zwischen den klinischen Zeichen und den radiologisch nachweisbaren Veränderungen der Gonarthrose bestätigen und ähnliche

Assoziationen beschreiben.

Die wichtige Rolle von Achsenfehlstellungen für die Gonarthrose spiegelt sich auch in unseren Daten wider. Der Grad der Achsenfehlstellung korreliert mit sämtlichen von uns erfassten radiologischen Kriterien: SpK (Beinachse – Sklerosierung): 0,22, SpK (Beinachse – Osteophyten): 0,29, SpK (Beinachse – Gelenkspalt): 0,39, SpK (Beinachse – Kellgren Score): 0,37. Bei Vorliegen physiologischer Achsenverhältnisse wird das mediale Kompartiment mit 60 – 70% der Krafteinwirkung auf das Kniegelenk belastet [78]. Diese physiologische Verteilung der Belastungen wird bei Achsenabweichungen massiv verändert, was eine stark beschleunigte Degeneration des hyalinen Knorpels zur Folge hat [153]. Dies wiederum resultiert in einer Verminderung des Gelenkspaltes, vermehrte subchondrale Sklerosierung und dem Versuch durch eine Vergrößerung der Auflagefläche durch Osteophyten die Druckbelastungen zu reduzieren [121].

Sharma et al. weisen darauf hin, dass Achsenfehlstellungen durch kontinuierliche Belastungen des Bandapparates die Gelenkinstabilität fördern können [153]. Dem entsprechend korrelierte die seitliche Bandinstabilität unserer Patienten positiv mit dem Grad der Achsenabweichung (SpK: 0,32). Gemäß der Theorie von Markolf et al., dass Instabilitäten des Bandapparates durch vermehrte Scherkräfte den Knorpelabrieb fördern [109], fanden wir eine positive Korrelation zwischen dem radiologischen Korrelat der Knorpeldegeneration, der Abnahme des Gelenkspaltes, und der seitlichen Aufklappbarkeit des Kniegelenkes. Dieser Zusammenhang spiegelt sich auch in der, von uns nachgewiesenen signifikanten Korrelation der seitlichen Aufklappbarkeit mit dem Kellgren Score wieder (SpK 0,27). Zu einem vergleichbaren Ergebnis kamen auch Ferda Ozdemir et al. [128].

Unsere Untersuchungen ergaben, dass die Beweglichkeit des Kniegelenks mit fortschreitender Arthrose signifikant abnahm. Es fand sich eine negative Korrelation zwischen dem Bewegungsumfang und dem Kellgren Score (SpK: -0,28). Dies lässt sich unter anderem durch das Ausmaß der Osteophytenbildung erklären. So fanden wir ebenfalls eine inverse Korrelation zwischen dem Osteophytensummenscore und dem Bewegungsumfang (SpK: -0,30). Die Arbeitsgruppen um F. Ozdemir, P.A. Dieppe sowie T.D. Spector kamen zu ähnlichen Korrelationen [48,128,156]. Es ist zu vermuten, dass die Abnahme der Beweglichkeit in diesem Zusammenhang auf eine mechanische Blockade des Gelenkspiels durch die Osteophyten zurückzuführen ist. Ebenso wie in unserer Arbeit konnte in den erwähnten Studien eine inverse

Korrelation zwischen dem Ausmaß der Gelenkspaltminderung und der freien Beweglichkeit nachgewiesen werden [48,128,156]. Hierfür könnte die herabgesetzte Kongruenz der artikulierenden Gelenksflächen verantwortlich sein.

Wie bereits im vorangehenden Gliederungspunkt erwähnt, korrelierte der Knee Subscore, im Gegensatz zu Womac Score, mit nahezu allen in unserer Studie erfassten radiologischen Zeichen der Gonarthrose. Durch seinen dualen Aufbau trägt der Knee Subscore sowohl den Schmerzangaben des Patienten, als auch den Befunden der klinischen Untersuchung zu gleichen Teilen Rechnung. So fließen die vergleichbar gut objektivierbaren und reproduzierbaren Befunde zur Beinachse, Bewegungsumfang des Kniegelenks sowie Beugekontrakturen und Streckdefizite in den Punktwert des Scores mit ein [80]. Offensichtlich sind es diese zusätzlichen Kriterien, die für die gefundenen Korrelationen des Knee Subscores verantwortlich sind.

In den vergangenen Jahren ist der Knee Society Score jedoch wiederholt in die Kritik geraten [95,106,144]. Achim König et al. weisen darauf hin, dass der Function Subscore des Knee Society Clinical Rating Systems wesentlich durch das Alter, den BMI und weitere individuell spezifische Faktoren des Patienten beeinflusst wird, wohingegen sich der Knee Subscore gegenüber solchen Einflüssen stabil verhält. Daher rät die Arbeitsgruppe um A. König von der Verwendung des Knee Society Clinical Rating Systems in klinischen Studien ab [95]. Unserer Kenntnis nach ist der Knee Subscore des Knee Society Clinical Rating Systems jedoch der einzige evaluierte Score zur simultanen Erfassung von subjektiven Beschwerden und objektivierbaren Untersuchungsbefunden. Hinzu kommt, dass sich die von Elizabeth A. Lingard et al. sowie von A. König et al. geäußerte Kritik explizit gegen den Function Subscore und der Verwendung des aus beiden Subscores bestehenden Summenscores richtet [95,106]. In Anbetracht unserer Ergebnisse bezüglich der Korrelation des Knee Subscores mit den radiologischen Zeichen der Gonarthrose, halten wir jedoch den Knee Subscore des Knee Society Clinical Rating Systems für ein sinnvolles und wichtiges Messinstrument zur Erfassung der Arthroseprogredienz. Zwar ist seine Erhebung verglichen mit der des Womac Scores arbeitsintensiver und zeitaufwendiger [106], dennoch sollten unserer Auffassung nach, sämtliche in diesem Score erfassten Parameter zur klinischen Beurteilung des Kniegelenks grundsätzlich erfasst werden.

#### **4.4.4. Korrelation der subjektiven Beschwerden mit den Stadien der Chondromalazie**

In den vergangenen Jahren haben sich zahlreiche Studien mit der Korrelation der klinischen Symptomatik der Gonarthrose und ihren radiologisch nachweisbaren Veränderungen befasst [35,46,52,68,121,169]. Hingegen gibt es nur eine begrenzte Anzahl klinischer Studien, die sich mit der Assoziation klinischer Beschwerden mit dem tatsächlich vorhandenen Ausmaß des Knorpeldefekts und anderer Gewebedefekte auseinandersetzen. Daher basiert ein Großteil der heutigen Kenntnisse über die Korrelation klinischer Beschwerden mit der Progression der Gonarthrose auf der Evaluation radiologischer Befunde [170]. Trotz evaluierter und standardisierter Verfahren stellen Röntgenaufnahmen jedoch nur ein suboptimales Verfahren zur Erfassung des Zusammenhanges zwischen dem Ausprägungsgrad der Arthrose und den Beschwerden der Patienten dar, da lediglich knöcherne Gelenkstrukturen, die nicht durch Nozirezeptoren innerviert werden, erfasst werden [57]. Es finden sich jedoch in der Literatur immer wieder Hinweise darauf, dass zusätzliche Gelenkstrukturen, wie die sensibel innervierten Gelenkschleimhäute, aber auch Band- und Meniskusläsionen sowie Knochenmarksdefekte und -ödeme für die Schmerzsymptomatik mitverantwortlich sind [20,75,170,181]. Dies könnte eine mögliche Erklärung für die in der Literatur beschriebene [145,165], fehlende bzw. mangelnde Korrelation der radiologischen Befunde mit der klinischen Symptomatik der Gonarthrose sein.

Verschiedene neuere Studien verwendeten daher die Kernspintomographie um dem Ausmaß des Knorpeldefektes als auch anderen Weichteilstrukturen besser Rechnung tragen zu können [130,170,180,187]. Die Erfassung von hyalinem Gelenkknorpel mittels MRT hat sich in verschiedenen Studien als valide und zuverlässig herausgestellt [53,130]. Als Kritikpunkt gegenüber dieser Vorgehensweise muss jedoch erwähnt werden, dass oben genannte Studien zur Erfassung von Knorpeldefekten immer das Volumen des hyalinen Knorpels im gesamten Gelenk bzw. innerhalb eines Kompartments bestimmten. Diese Methode erlaubt jedoch nur bedingt Aussagen über fokal begrenzte oder oberflächliche Knorpelläsionen. Hinzu kommt, dass die Kernspintomographie als ein Schnittbildverfahren dem Untersucher keinen direkten Blick in das arthrotisch veränderte Gelenk wie beispielsweise die Arthroskopie ermöglicht.

Dementsprechend zeigt sich in einer Studie von Broderick et al. die Kernspintomographie gegenüber der Arthroskopie als weniger sensitiv im Nachweis vor allem oberflächlicher Knorpelläsionen [27].

Da wir in unsere Studie lediglich Patienten integrierten, die sich zur Implantation einer Totalendoprothese des Kniegelenks vorstellten, hatten wir die Möglichkeit intraoperativ den Grad der Chondromalazie nach Outerbridge für das gesamte Kniegelenk direkt zu bestimmen. Unserer Kenntnis nach ist dies bisher die einzige Studie, die mit einer derartigen Vorgehensweise den Knorpeldefekt des gesamten Gelenks erfasste. I. Han et al. bestimmten ebenfalls in einer Studie von 2005 intraoperativ den Grad der Chondromalazie nach Outerbridge, beschränkten sich hierbei jedoch auf die Facies articularis patellae [67].

Torres et al. untersuchten 2006 in einer MRT gestützten Studie unter anderem die Assoziation zwischen dem Ausmaß des Knorpeldefekts und der damit einhergehenden Schmerzintensität. Sie kamen zu dem Schluss, dass es eine signifikante Assoziation zwischen dem Grad der Chondromalazie und der klinischen Symptomatik besteht. Das Ausmaß der gefundenen Signifikanz war nur sehr gering und damit grenzwertig [170]. Auch G. Zhai et al. kamen in einer Kohortenstudie ebenfalls von 2006 zu ähnlichen, niedrig signifikanten Ergebnissen [187].

Wir konnten hingegen bei der Auswertung unserer Befunde keine signifikanten Korrelationen zwischen dem Grad der Chondromalazie nach Outerbridge und den subjektiven Beschwerden der Patienten, erfasst durch den Womac Score und die VAS, nachweisen (SpK (Chondromalazie – Womac): 0,09; SpK (Chondromalazie – VAS): 0,12). Auch Kompartiment – spezifische Korrelationsanalysen ergaben keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Beschwerden und dem Ausmaß des Knorpeldefektes. Bei näherer Betrachtung der Studiendesigns wird jedoch deutlich, dass man die Ergebnisse von Torres et al, sowie von G. Zhai et al. nicht ohne weiteres mit unseren vergleichen darf. Unser Patientenkollektiv wies im Durchschnitt eine deutlich größere Beschwerdesymptomatik auf und auch die radiologischen Befunde waren deutlich ausgeprägter. So lag die mittlere Beschwerdeangabe der Patienten in der Studie von Torres et al. auf der VAS bei 20 mm [170], wohingegen der von unseren Patienten angegebene Mittelwert 65 mm betrug. Auch wiesen lediglich rund 55 Prozent der Patienten von Torres et al. einen Kellgren Score von drei und vier auf [170]. In unserer Studie ergab der radiologische Befund dagegen bei 87 Prozent einen Kellgren Score von drei und vier. Die Studie von G. Zhai et al.

schloss 500 per Zufallgenerator ausgewählte Probanden zwischen fünfzig und neunundsiebzig Jahren aus der Normalbevölkerung ein. Somit wiesen auch deren Kollektiv konsequenterweise durchschnittlich deutlich geringere arthrotische Veränderungen auf [187].

Kidd B.L. et al. weisen in einer Arbeit über die Bedeutung von Entzündungsmediatoren für Nozirezeptoren bei Gelenkschmerzen darauf hin, dass nozirezeptive Bahnen bei Patienten mit chronischen Gelenkerkrankungen durch inflammatorische Peptide eine diffuse und andauernde Veränderung ihrer Leiteigenschaften zeigen [90]. Initial basieren diese Veränderungen auf post – Transkriptionsmodifikationen von Rezeptoren und Ionenkanälen. Im weiteren Verlauf kommt es zu dauerhaften transkriptionsbedingten Veränderungen, welche unter anderem zu einer Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Neurons führen. Diese Veränderungen in Rezeptor – und Enzymaktivität des Neurons führen, laut Kidd B.L. et al., zu einer permanent gesteigerten Nozirezeption, die in ihrer Intensität unabhängig von dem Ausmaß und der Aktivität der entzündlichen bzw. degenerativen Veränderungen ist [90].

Die von Kidd B.L. und Mitarbeitern gefundenen Veränderungen in der Nozirezeption bei chronisch persistierenden Gelenkerkrankungen stehen in Einklang mit der in unserer Studie gefundene geringe Bedeutung der Chondromalazie für die Beschwerdesymptomatik der Patienten bei ausgeprägter Gonarthrose. Knorpelläsionen nehmen zwar eine Schlüsselstellung in der Pathogenese der Gonarthrose ein. Es muss jedoch bedacht werden, dass hyaliner Knorpel nicht von Nozirezeptoren innerviert wird [76]. Vielmehr handelt es sich bei der Schmerzentstehung bei Gonarthrose um ein multifaktorielles Geschehen, bei der, wie bereits erwähnt, zahlreiche Gelenkstrukturen beteiligt sind.

Im Gegensatz zu den vergleichsweise schwachen Korrelationen mit morphologischen Veränderungen konnten zahlreiche Studien deutlich stärker ausgeprägte Zusammenhänge der Beschwerden mit psychosozialen Faktoren wie subjektivem Wohlbefinden [41], Depressionen [77], Angstzuständen [165] und Hypochondrie [105] nachweisen. Dies deutet auf die Vielschichtigkeit der Genese von Schmerzen bei Gonarthrose hin und relativiert zugleich die Bedeutung der morphologischen Korrelate der Gonarthrose.

Für den Knee Subscore des Knee Society Clinical Rating Systems ergaben unsere Korrelationsanalysen, anders als für den Womac Score und die VAS, wie auch schon

bei den radiologischen Kriterien eine signifikante Korrelation mit dem Ausprägungsgrad der Chondromalazie (SpK (Chondromalazie – Knee Subscore): -0,33). Wieder liegt die Vermutung nahe, dass die zusätzlich erfassten Befunde der klinischen Untersuchung entscheidend zu dieser Assoziation beitragen: Wie bereits im Gliederungspunkt 4.4.3 diskutiert, ergaben unsere Korrelationsanalysen eine signifikante Assoziation des im Knee Subscore erfassten Bewegungsumfanges mit dem Ausmaß der Osteophytenbildung (SpK: -0,30). Es besteht aber auch eine deutlich signifikante Korrelation zwischen dem Osteophytensummscore und dem Chondromalaziesummscore (SpK: 0,43). Dieser Zusammenhang spiegelt sich auch in der Scheinkorrelation zwischen dem Bewegungsumfang und der Chondromalaziesummscore wider (SpK: -0,22). Dieser indirekte Zusammenhang trägt folglich zur signifikanten Korrelation zwischen dem Ausmaß der Chondromalazie und dem Knee Score bei. Allerdings ist die Korrelation des Knee Subscores mit dem Ausmaß der Chondromalazie mit einem SpK von -0,33 nur gering ausgeprägt. Nichts desto trotz unterstreicht unserer Auffassung nach auch dieser Befund die Bedeutung des Knee Subscores des Knee Society Clinical Rating Systems als ein sinnvolles und wichtiges Evaluationsinstrument zur Erfassung der Arthroseprogredienz, dem in künftigen Studien zur Gonarthrose mehr Bedeutung beigemessen werden sollte.

#### **4.4.5. Korrelation radiologischer Zeichen der Gonarthrose mit den Stadien der Chondromalazie**

Im klinischen Alltag [21,186] und in zahlreichen Studien [100,121,128,169] dienen indirekte radiologische Zeichen auf Röntgenaufnahmen, wie Gelenkspaltverschmälerung, nach wie vor zur Erfassung der Arthroseprogredienz. In der Literatur finden sich jedoch immer wieder Hinweise auf deutliche Diskrepanzen zwischen den radiologischen Zeichen und den von ihnen erfassten morphologischen Korrelaten. So konnte die Arbeitsgruppe um R. S. Fife zeigen, dass eine Verschmälerung des medialen Gelenkspaltes auf Röntgenaufnahmen weder eine hohe Sensitivität noch Spezifität für das tatsächliche Vorliegen eines Knorpelschadens in diesem Kompartiment aufweist [60]. Boegard et al. weisen darauf

hin, dass kernspintomographisch nachweisbare Knorpelschäden lediglich mit einer Sensitivität von fünfzig Prozent auf konventionellen Röntgenbildern erkannt werden, wenn die gemessene Gelenkspaltverschmälerungen weniger als 3 mm beträgt [22]. Die konventionelle Bildgebung ist zudem sehr empfindlich gegenüber Messfehlern und bedarf einer streng standardisierten Vorgehensweise um korrekte und reproduzierbare Ergebnisse zu erzeugen [60,137]. Dennoch wird das konventionelle Röntgen aus Kostengründen und Gründen der praktischen Durchführbarkeit in absehbarer Zukunft weiterhin im klinischen Alltag das bildgebende Verfahren der Wahl zur Arthrosebeurteilung bleiben [21].

Hieraus wird ersichtlich, dass ein deutlicher Bedarf nach weiteren Studien zur Klärung offener Fragen über die Aussagekraft der radiologischen Zeichen der Gonarthrose besteht. Wir korrelierten im Rahmen unserer Studie die radiologischen Befunde mit dem intraoperativ nachweisbaren Knorpelschaden und verglichen unsere Ergebnisse mit Daten aus der Literatur.

Bei der Analyse unserer Befunde konnten wir zeigen, dass der Kellgren und Lawrence Score mit einem Spearman Korrelationskoeffizienten von 0,43 signifikant mit dem Grad der Chondromalazie assoziiert ist. Mit diesem Ergebnis können wir die in der Literatur wiederholt beschriebene Bedeutung des Kellgren und Lawrence Scores als zuverlässiges Beurteilungsinstrument der Gonarthrose unterstreichen [51,122]. Der Vergleich der Ergebnisse des Osteophytensummenscores mit denen des Chondromalaziesummenscores ergab ebenfalls einen Korrelationskoeffizienten von 0,43. Kompartiment – spezifische Korrelationsanalysen ergaben durchweg signifikante Assoziationen des Ausprägungsgrades der Chondromalazie mit der in diesem Kompartiment vorliegenden Osteophytenbildung. Diese Korrelationen sprechen für die hohe Qualität und innere Kontinuität der von uns erhobenen Daten. Hernborg und Nilsson konnten zeigen, dass das Ausmaß der Osteophytenbildung positiv mit dem Ausmaß des Knorpelschadens korreliert [73]. In einer Studie von T. Boegard et al. erwiesen sich Osteophyten als der zuverlässigste Prädiktor für Knorpeldefekte [23]. Eine neuere Studie aus dem Jahr 2006 bestätigt dieses Ergebnis [91].

In unserer Arbeit zeigte sich eine positive Korrelation zwischen dem Ausmaß der Gelenkspaltminderung und dem Grad der Chondromalazie. Diese Korrelation fiel mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,33 deutlich schwächer aus als die Korrelation zwischen Osteophyten und Chondromalazie. Dies ist insofern überraschend, als

dass der Knorpeldefekt nach gängiger Lehrmeinung das morphologische Korrelat zur Verschmälerung des Gelenkspaltes darstellt [65]. Allerdings decken sich unsere Ergebnisse mit denen von Kenneth D. Brandt et al., die besagen, dass häufig eine Minderung des tibiofemorale Gelenkspaltes trotz unauffälligen hyalinen Gelenkknorpels vorliegt [26]. Auch zeigte in dieser Studie der Kellgren Score eine bessere Korrelation mit dem Ausmaß des Knorpeldefektes, als die Gelenkspalthöhe [26]. Eine mögliche Erklärung für die geringe Korrelation zwischen dem Gelenkspalt und dem Vorliegen von Knorpeldefekten liefern J.G. Adams et al. sowie T. Boegard et al., die übereinstimmend darauf hinweisen, dass sich in Kniegelenken mit vermindertem Gelenkspalt häufig Veränderungen anderer intraartikulärer Strukturen, wie degenerativ veränderte Meniski, finden, was ebenfalls eine Minderung des Gelenkspaltes bedingen kann [6,22]. Zudem können auch gravierende, aber lokal begrenzte Knorpeldefekte außerhalb der Belastungszone liegen und somit bei belasteten Standaufnahmen einer adäquaten Darstellung im Sinne einer Minderung der Gelenkspalthöhe entgehen.

Die subchondrale Sklerosierung zeigte keine signifikante Assoziation mit dem Schweregrad des Knorpeldefektes (SpK: 0,12). Dementsprechend konnten R. Kijowski et al. in einer Studie über die Korrelation radiologischer Zeichen mit arthroskopischen Befunden bei Gonarthrose zeigen, dass die subchondrale Sklerosierung einen unsensitiven Parameter zur Vorhersage von Knorpeldefekten darstellt [91]. Für das mediale Kompartiment lag die Sensitivität der prognostizierten Knorpeldefekte bei 16 Prozent, für das laterale Kompartiment bei lediglich sechs Prozent. Allerdings zeigte die Studie eine hohe Spezifität der subchondralen Sklerosierung für das Vorliegen eines Knorpelschadens. Bis heute sind viele Fragen über die Ursachen – Wirkungsverhältnis des subchondralen Sklerosierung nach wie vor unklar [57]. Die Arbeitsgruppe um K. Yamada legt die Vermutung nahe, dass die subchondrale Sklerosierung zwar im Rahmen arthrotischer Veränderungen entstehen, das Ausmaß jedoch mehr mit dem Alter des Patienten als mit der Schwere des Knorpelverlustes assoziiert ist [184]. Yamada et al. fanden eine signifikante inverse Korrelation der subchondralen Sklerosierung und dem Alter der Patienten.

Aufgrund unserer Ergebnisse und entsprechender Erkenntnisse der Literatur müssen das Vorliegen von Osteophyten und ihre Größe als das wichtigste radiologische Kriterium zur Beurteilung eines arthrotisch veränderten Kniegelenkes angesehen

werden. Auch der Kellgren Score erwies sich in unserer Studie, aufgrund seiner guten Korrelation mit dem Grad der Chondromalazie, zuverlässiges Messinstrument zur Beurteilung einer Gonarthrose. Der vereinzelt in der Literatur geäußerten Kritik, der Score von Kellgren und Lawrence gewichte Osteophyten im Vergleich zur Höhe des Gelenkspaltes zu stark [122], können wir uns allerdings in Zusammenschau der von uns gewonnen Daten und den Erkenntnissen der Literatur nicht anschließen.

## 5. Zusammenfassung

Die Gonarthrose ist die häufigste degenerative Gelenkerkrankung weltweit [57]. Es wird mit einer steigenden Inzidenz und Prävalenz der Erkrankung gerechnet [57,140,171]. Bereits für das Jahr 2004 betragen die Kosten zur Behandlung der Gonarthrose für Deutschland rund 6,7 Milliarden Euro [86]. Allein in den Jahren 2003 bis 2005 stieg die Zahl der jährlich totalendoprothetisch versorgten Kniegelenke in Deutschland erfasst durch die Bundesgeschäftsstelle für Qualitätssicherung von 70.850 auf 118.922 [32].

Trotz der offensichtlich eminenten Bedeutung des Erkrankungsbildes sind weiterhin viele Fragen über Pathogenese und Aussagekraft diagnostischer Befunde offen [57,179]. In der Literatur finden sich zahlreiche Hinweise auf mangelnde Korrelationen klinischer, radiologischer und intraoperativer Befunde [18,26,57,58,60,65,68,99,123,183,186]. Die fehlende Assoziation klinischer Befunde und daraus resultierende Fehlinterpretationen, führen im klinischen Alltag immer wieder zu kontroversen Entscheidungen. So bestand 2004 bei über sechzehn Prozent der durchgeführten Kniegelenkimplantationen keine den Vorgaben der BQS entsprechend ausreichende OP – Indikation [32].

Die EULAR fordert ein für jeden Patienten individuell angepasstes Therapiekonzept in welches subjektive Beschwerden und Funktionsverluste aber auch das Ausmaß der Gelenkschädigung und Risikofaktoren für ein rasches Fortschreiten mit einfließen sollten [3]. Dies verdeutlicht den Bedarf nach eine profunden Verständnis über die Zusammenhänge der verschiedenen klinischen, radiologischen und morphologischen Aspekte bei Gonarthrose.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit war es, die diagnostischen Parameter der Gonarthrose von 103 Patienten präoperativ zu erfassen und zu vergleichen, um einen Beitrag zur besseren praxisorientierten Einschätzung des Krankheitsstadiums zu leisten. Vor Beginn der Studie wurden vier Arbeitshypothesen über die einzelnen Assoziationen der Parameter aufgestellt und auf ihre Korrektheit überprüft:

1. Hypothese: *Die Intensität der Beschwerden korreliert mit den radiologischen Zeichen der Gonarthrose.*

Die Analyse unserer Daten ergab keine signifikante Assoziation der subjektiven Beschwerden der Patienten, erfasst durch den Womac Score und eine VAS, mit den

radiologischen Zeichen der Gonarthrose. Lediglich für das Ausmaß der Osteophytenbildung zeigten sich Tendenzen zu schlechteren Ergebnissen bei vermehrter Osteophytenbildung, doch erreichten diese kein signifikantes Niveau. Die Hypothese ist als unzutreffend abzulehnen.

2 Hypothese: *Die Intensität der Beschwerden korreliert mit intraoperativ feststellbaren degenerativen und entzündlichen Veränderungen der Gonarthrose.*

Wir konnten keine signifikante Korrelation des Womac Scores und der VAS mit dem intraoperativ erhobenen Ausmaß der Knorpeldegeneration feststellen. Dies steht im Einklang mit Erkenntnissen, wonach bei chronischen Gelenkerkrankungen die Nozirezeption aufgrund Veränderungen der Leitungseigenschaften afferenter Neurone unabhängig vom Ausmaß der entzündlichen bzw. degenerativen Veränderungen ist [90]. Die Hypothese ist als nicht zutreffend abzulehnen.

3 Hypothese: *Die Befunde der klinischen Untersuchung korrelieren mit den radiologischen Zeichen und intraoperativen Befunden der Gonarthrose.*

Der Knee Subscore des KSS korrelierte signifikant mit nahezu allen von uns erfassten radiologischen Zeichen der Gonarthrose, insbesondere dem Kellgren Score, sowie mit dem Grad der Chondromalazie. Wir führen diese Korrelationen auf die im KS zusätzlich erfassten Befunde der klinischen Untersuchung zurück. Die Befunde der klinischen Untersuchung zeigen deutliche Assoziationen mit radiologischen Befunden der Gonarthrose und dem Ausmaß der Knorpeldegeneration. Beispielsweise besteht eine signifikante inverse Korrelation der Beweglichkeit des erkrankten Kniegelenkes mit dem Ausmaß der Osteophytenbildung, die vermutlich auf eine mechanische Blockade des Gelenkspiels durch die Osteophyten zurückzuführen ist. Die Hypothese konnte somit verifiziert werden.

4 Hypothese: *Die radiologischen Zeichen der Gonarthrose korrelieren mit intraoperativ feststellbaren degenerativen Veränderungen.*

Bis auf das Ausmaß der Sklerosierung korrelierten alle von uns erfassten radiologischen Zeichen mit dem Ausmaß der Chondromalazie. Hierbei zeigten die Osteophyten im Vergleich zur Gelenkspaltminderung eine stärkere Assoziation mit dem Ausmaß des Knorpeldefekts. Diese Beobachtung wurde bereits in der Literatur

beschrieben [23,73,91] und kann somit von uns bestätigt werden. Auch der Kellgren Score zeigte eine deutlich signifikante Korrelation mit dem Grad der Chondromalazie auf. Daher können wir die Hypothese weitgehend bestätigen.

Es sei jedoch erneut darauf verwiesen, dass aufgrund unseres Studiendesigns lediglich Patienten mit klinisch manifesten oder aktivierten Arthrosen eingeschlossen wurden, weshalb sich unsere Ergebnisse nicht auf die Zusammenhänge von Klinik, radiologischen Befunden und vorhandenen Knorpeldefekten bei ‚stummen Arthrosen‘ übertragen lassen.

Zudem muss erwähnt werden, dass nahezu alle gefundenen Korrelationen ein niedriges Korrelationsniveau ( $SpK < 0,5$ ) aufweisen, was für Komplexität des Krankheitsbildes mit ihrer multifaktoriellen Genese spricht.

Aufgrund unserer Ergebnisse kommen wir zu dem Schluss, dass zur klinischen Beurteilung der Gonarthrose neben den subjektiven Beschwerden des Patienten ein besonderes Augenmerk auf die klinische Untersuchung gelegt werden muss. Da beides zu gleichen Teilen in den Knee Subscore einfließt, sehen wir in ihm ein probates Mittel zur Erfassung der Arthroseprogredienz dem in künftigen Studien mehr Gewicht beigemessen werden sollte. Der Womac Score bietet sich vor allem bei der Beurteilung des subjektiven Schmerzbildes an. In der Literatur finden sich Beschreibungen, wonach eine deutlich stärkere Assoziation der Beschwerden mit psychosozialen Faktoren als mit morphologischen Veränderungen besteht [41,77,105,165].

Aus Kostengründen und Gründen der Praktikabilität wird das konventionelle Röntgen auf absehbare Zeit das bildgebende Verfahren der Wahl zur Darstellung arthrotischer Veränderungen bleiben. Wir können die Bedeutung der Osteophyten als das wichtigste radiologische Kriterium zur Beurteilung eines arthrotisch veränderten Kniegelenks bestätigen. Der Kellgren Score erwies sich in unserer Studie, aufgrund seiner guten Korrelation mit dem Grad der Chondromalazie, als ein zuverlässiges Messinstrument zur Beurteilung der Gonarthrose.

## 6. Anhang

### 6.1. *Womac Score – Fragebogen*

#### *Fragebogen zur Studie der Schmerzkorrelation*

WOMAC-BEFRAGUNG

Wir möchten mit dem folgenden Fragebogen herausfinden, inwieweit Sie durch Ihr erkranktes Knie in Ihrer Lebensführung beeinträchtigt werden. Aus diesem Grund bitten wir Sie, die alle Fragen zu beantworten, auch wenn sie sich nicht direkt auf Ihr Knie beziehen.

#### *Allgemeine Daten:*

Name und Vorname: .....

Geburtsdatum: .....

Körpergröße: ..... Körpergewicht: .....

erkranktes Knie: rechts  links

Dauer der Beschwerden am betroffenen Knie: Seit ca. .... Monaten/Jahren

Voroperationen am betroffenen Knie: ja  nein

wenn „ja“, wann: Vor ca. .... Monaten/Jahren

Anleitung:

Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen indem Sie das Kästchen ankreuzen, das für Sie am ehesten zutrifft.

A. Fragen zu Beschwerden und Schmerzen des betroffenen Knies

1.) Wie viel Schmerzen spüren Sie beim Gehen auf einer ebenen Fläche?

	Keine	Geringe	Mäßige	Starke	Sehr starke
Betroffenes Knie					

2.) Wie viel Schmerzen bereitet es Ihnen, Treppen hinunter zu gehen?

	Keine	Geringe	Mäßige	Starke	Sehr starke
Betroffenes Knie					

3.) Wie viel Schmerzen spüren Sie nachts im Bett?

	Keine	Geringe	Mäßige	Starke	Sehr starke
Betroffenes Knie					

4.) Wie viel Schmerzen spüren Sie beim Sitzen oder Liegen?

	Keine	Geringe	Mäßige	Starke	Sehr starke
Betroffenes Knie					

5.) Wie viel Schmerzen spüren Sie beim aufrechten Stehen?

	Keine	Geringe	Mäßige	Starke	Sehr starke
Betroffenes Knie					

**6.) Wie oft haben Sie während der vergangenen vier Wochen Schmerzmedikamente für Ihre erkranktes Knie einnehmen müssen?**

	Nie	<1x/ Woche	1-3x/Woche	4-6x / Woche	täglich
Betroffenes Knie					

***B. Fragen zum Steifheitsgrad des betroffenen Knies***

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den **Steifheitsgrad** (nicht Schmerzen), den Sie in Ihrem zu operierendem Knie während der vergangenen vier Wochen empfunden haben. (Steifheit wird als Bewegungseinschränkung und Bewegungsverlangsamung des Gelenks definiert.)

**Wie schwerwiegend ist Ihre Steifheit nach:**

**6.) dem ersten Aufwachen am Morgen?**

Keine	Gering	Mäßig	Steif	Sehr Steif

**7.) dem Sitzen, Liegen oder Ruhen später am Tag?**

Keine	Gering	Mäßig	Steif	Sehr Steif

*C. Fragen zur Funktionalität des betroffenen Knies:*

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre **körperliche Funktionsfähigkeit** (Ihre Fähigkeit, umher zu gehen und sich selbst zu versorgen). Geben Sie bitte für jede Aktivität die Schwierigkeiten an, die Sie **wegen Ihres zu operierendem Knies** während der vergangenen vier Wochen empfunden haben.

Welche <b>Schwierigkeiten</b> haben Sie:	Keine	Geringe	Mäßige	Schwer	Sehr schwer
beim Treppen hinunter gehen					
beim Treppensteigen					
beim Aufstehen vom Sitzen					
beim Stehen					
beim Bücken zum Fußboden					
beim Gehen auf einer ebenen Fläche					
beim Ein- und Aussteigen aus dem Auto					
beim Einkaufen					
beim Socken Anziehen					
beim Aufstehen aus dem Bett					
beim Socken Ausziehen					
beim Liegen im Bett					
beim Ein- und Aussteigen in die und aus der Badewanne					
beim Sitzen					
beim Aufstehen von der Toilette					
bei schwerer Hausarbeit					
bei leichter Hausarbeit					

## 6.2. Knee Society Score, Untersuchungsbogen

### Klinische Untersuchung und der Knee Society Score

Patientenname und Geburtsdatum: .....

#### A: Knee Score

<b>Pain</b>	None		50
	Mild or occasional		45
	Stairs only		40
	Walking and stairs		30
	Moderate: occasional		20
	Continual		10
	Severe		0
<b>Range of motion</b>	(5° = 1 point) -> max. 25 points for 125°		25
<b>Stability (max. movement in any position)</b>	Anteroposterior	< 5 mm	10
		5-10 mm	5
		> 10 mm	0
	Mediolateral	< 5°	15
		6-9°	10
		10-14°	5
		> 15°	0
<b>subtotal</b>	max. 100 points		
<b>Deductions (minus)</b>	Flexion contracture:  140° - max. Beugung	5° - 10°	- 2
		10° - 15°	- 5
		16° - 20°	- 10
		>20°	- 15
	Extension lag:	<10°	- 5
		10° - 20°	- 10
		>20°	- 15
	Alignment:  Physiologische Beinsachse	0° - 4°	0
		5° - 10°	- 6
		11° - 15°	- 13
>15°		- 20	
<b>Total deductions</b>			
<b>Total: knee score</b>			

B. Function Score

<b>Walking</b>	unbegrenzt		50
	> 1000 Meter		40
	500 – 1000 Meter		30
	<500 Meter		20
	Nur im Haus		10
	Überhaupt nicht		0
<b>Stairs</b>	Normal rauf und runter		50
	Normal rauf, runter mit Geländer		40
	Rauf und runter mit Geländer		30
	Rauf mit Geländer, runter nicht möglich		15
	Überhaupt nicht		0
<b>subtotal</b>	max. 100 points		
<b>Deductions (minus)</b>	1 Gehstock		- 5
	2 Gehstöcke		- 10
	Krücken oder Gehgestell		- 20
Total deductions			
Total: knee score			

Visuelle Analog Scala:

# UNTERSUCHUNG VOR KNIETPROTHESENIMPLANTATION

Klinischer Befundbogen (für Untersuchungstag)

- 1.) Seite des zu operierenden Knies:  rechts  links
- 2.) Erguss  Kein  leicht  deutlich
- 3.) Kniefunktion: **passiv:** **aktiv:**  
re.: Ext/ Flex: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ re.: Ext/ Flex: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_  
li. : Ext/ Flex: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ li. : Ext/ Flex: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_
- 4.) Muskelkraft:  5 = normale Kraft  
 4 = Bewegung gegen Widerstand  
 3 = Bewegung gegen Schwerkraft  
 2 = Bewegung unter Aufhebung der Schwerkraft  
 1 = Muskelzuckungen ohne Eigenbewegung  
 0 = Parese
- 5.) Druckschmerz:  medial  lateral  Patella  
 keinen
- 6.) Bewegungsschmerz:  medial  lateral  Patella  
 bei Hyperflexion  bei Hyperextension  
 keinen
- 7.) Seitliche Aufklappbarkeit: med.:  0  1+  2+  3+  
lat. :  0  1+  2+  3+
- 8.) Patellalauf.:  gleichmäßig  subluxierend  Krepitation retropatellar
- 9.) Zohlen Zeichen:  negativ  positiv

### 6.3. *Bogen für Radiologisch Befund*

## **Radiologischer Befund:**

Patientenname und Geburtsdatum: .....

### Gelenkspalt:

Normal     verschmälert     hälftig

ausgeprägte Verschmälerung/ Aufhebung des Gelenkspaltes

Gelenkspalt: medial = lateral     medial > lateral     medial < lateral

### Abweichungen von der Physiologische Beinachse:

0° - 4°     5° - 10°     11° - 15°     >15°

Valgus     Varus

### Subchondrale Sklerosierung:

Grad der Sklerosierung	keine	leicht	mäßig	ausgeprägt
Femur medial				
Femur lateral				
Tibia medial				
Tibia lateral				
Patella				

### Osteophyten:

Osteophyten	keine	ansatzweise	ausgeprägt
Femur medial			
Femur lateral			
Tibia medial			
Tibia lateral			
Patella			

Zystische Veränderungen: ja  nein

wenn ja wo: .....

Subluxationsstellung: ja  nein

Kellgren Score Rating: 0  1  2  3  4

## 6.4. **Bogen für die intraoperative Befundung**

### Studie zur Schmerzkorrelation

#### Intraoperative Befunde

Patientenname

und

Geburtsdatum:

.....

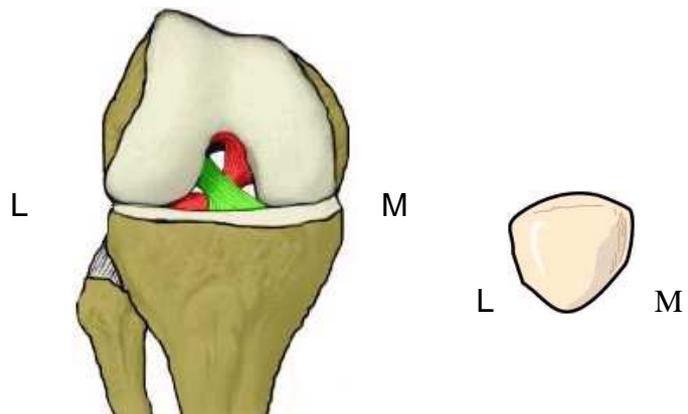
Eingebautes TEP Model: PFCKNIETEP  PFCPSKTEP  LCSKNIETEP

Grad der Chondromalazie	0	I	II	III	IV
Femur medial					
Femur lateral					
Tibia medial					
Tibia lateral					
Retropatellar					
Patellares Gleitlager					

Osteophyten: keine  leicht  viel

Lokalisation der Osteophyten:

Bitte einzeichnen →



Synovitis: keine  leicht  schwer

Kniegelenkserguss: kein  leicht  viel

**Chondromalaziestadien:** Grad I : Knorpel gelblich-weiß, gequollen, weich  
 Grad II : Knorpelfissuren und Knorpelabschilferungen  
 Grad III: großflächige (> 1cm) Knorpelfissuren und Knorpelabschilferungen  
 Grad IV: blanker Knochen mit teilweise Knochendestruktionen

## 7. Literaturverzeichnis

- [1] NIH consensus conference: Total hip replacement. NIH Consensus Development Panel on Total Hip Replacement. JAMA 1995; 273(24): 1950-6.
- [2] NIH Consensus Statement on total knee replacement December 8-10, 2003. J Bone Joint Surg Am 2004; 86-A(6): 1328-35.
- [3] [Recommendations of EULAR on treatment of gonarthrosis. Report of a committee of the "Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutic Trials (ESCIST)". Z Rheumatol 2002; 61(3): 229-43.
- [4] Aaron RK, Skolnick AH, Reinert SE, Ciombor DM. Arthroscopic debridement for osteoarthritis of the knee. J Bone Joint Surg Am 2006; 88(5): 936-43.
- [5] Achim Bühl PZ. SPSS 12 Einführung in die moderne Welt der Datenanalyse unter Windows. Pearson Studium 9. Auflage[München, Deutschland]. 2005.
- [6] Adams JG, McAlindon T, Dimasi M, Carey J, Eustace S. Contribution of meniscal extrusion and cartilage loss to joint space narrowing in osteoarthritis. Clin Radiol 1999; 54(8): 502-6.
- [7] Aglietti P, Buzzi R, De FR, Giron F. The Insall-Burstein total knee replacement in osteoarthritis: a 10-year minimum follow-up. J Arthroplasty 1999; 14(5): 560-5.
- [8] Agneskirchner JD, Lobenhoffer P. [Knee joint prosthesis]. Chirurg 2003; 74(2): M56.
- [9] Ahlback S. Osteoarthrosis of the knee. A radiographic investigation. Acta Radiol Diagn (Stockh) 1968; Suppl-72.
- [10] Altman R, Asch E, Bloch D, Bole G, Borenstein D, Brandt K et al. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis. Classification of osteoarthritis of the knee. Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee of the American Rheumatism Association. Arthritis Rheum 1986; 29(8): 1039-49.
- [11] Altman RD, Abadie E, Avouac B, Bouvenot G, Branco J, Bruyere O et al. Total joint replacement of hip or knee as an outcome measure for structure modifying trials in osteoarthritis. Osteoarthritis Cartilage 2005; 13(1): 13-9.
- [12] B.Lemmer KB. Pharmakotherapie. Klinische Pharmakologie. Springer Verlag 13. Auflage. 2006. Würzburg.

- [13] Bank RA, Bayliss MT, Lafeber FP, Maroudas A, Tekoppele JM. Ageing and zonal variation in post-translational modification of collagen in normal human articular cartilage. The age-related increase in non-enzymatic glycation affects biomechanical properties of cartilage. *Biochem J* 1998; 330 ( Pt 1): 345-51.
- [14] Barker K, Lamb SE, Toye F, Jackson S, Barrington S. Association between radiographic joint space narrowing, function, pain and muscle power in severe osteoarthritis of the knee. *Clin Rehabil* 2004; 18(7): 793-800.
- [15] Bathis H, Tingart M, Perlick L, Luring C, Anders S, Grifka J. [Total knee arthroplasty and high tibial osteotomy in osteoarthritis--results of a survey in traumatic surgery and orthopedic clinics]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2005; 143(1): 19-24.
- [16] Bellamy N. WOMAC Osteoarthritis Index. A user's guide. 1995. University of Western Ontario, London, Ontario Canada.
- [17] Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, Campbell J, Stitt LW. Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *J Rheumatol* 1988; 15(12): 1833-40.
- [18] Bellamy N, Wells G, Campbell J. Relationship between severity and clinical importance of symptoms in osteoarthritis. *Clin Rheumatol* 1991; 10(2): 138-43.
- [19] Benninghoff. Anatomie. Makroskopische Anatomie, Embryologie und Histologie des Menschen. 16, 357-370. 2003. Oldenburg, Urban & Schwarzenberg.
- [20] Bhattacharyya T, Gale D, Dewire P, Totterman S, Gale ME, McLaughlin S et al. The clinical importance of meniscal tears demonstrated by magnetic resonance imaging in osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-A(1): 4-9.
- [21] Boegard T, Rudling O, Petersson IF, Jonsson K. Correlation between radiographically diagnosed osteophytes and magnetic resonance detected cartilage defects in the tibiofemoral joint. *Ann Rheum Dis* 1998; 57(7): 401-7.
- [22] Boegard T, Rudling O, Petersson IF, Sanfridsson J, Saxne T, Svensson B, Jonsson K. Postero-anterior radiogram of the knee in weight-bearing and semiflexion. Comparison with MR imaging. *Acta Radiol* 1997; 38(6): 1063-70.
- [23] Boegard T, Rudling O, Petersson IF, Sanfridsson J, Saxne T, Svensson B, Jonsson K. Joint-space width in the axial view of the patello-femoral joint. Definitions and comparison with MR imaging. *Acta Radiol* 1998; 39(1): 24-31.
- [24] Bohm P, Holy T. Is there a future for hinged prostheses in primary total knee arthroplasty? A 20-year survivorship analysis of the Blauth prosthesis. *J Bone Joint Surg Br* 1998; 80(2): 302-9.

- [25] Bradley JD, Brandt KD, Katz BP, Kalasinski LA, Ryan SI. Treatment of knee osteoarthritis: relationship of clinical features of joint inflammation to the response to a nonsteroidal antiinflammatory drug or pure analgesic. *J Rheumatol* 1992; 19(12): 1950-4.
- [26] Brandt KD, Fife RS, Braunstein EM, Katz B. Radiographic grading of the severity of knee osteoarthritis: relation of the Kellgren and Lawrence grade to a grade based on joint space narrowing, and correlation with arthroscopic evidence of articular cartilage degeneration. *Arthritis Rheum* 1991; 34(11): 1381-6.
- [27] Broderick LS, Turner DA, Renfrew DL, Schnitzer TJ, Huff JP, Harris C. Severity of articular cartilage abnormality in patients with osteoarthritis: evaluation with fast spin-echo MR vs arthroscopy. *AJR Am J Roentgenol* 1994; 162(1): 99-103.
- [28] Bruyere O, Honore A, Rovati LC, Giacobelli G, Henrotin YE, Seidel L, Reginster JY. Radiologic features poorly predict clinical outcomes in knee osteoarthritis. *Scand J Rheumatol* 2002; 31(1): 13-6.
- [29] Buckland-Wright JC. Quantitative radiography of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1994; 53(4): 268-75.
- [30] Buckland-Wright JC, Lynch JA, Macfarlane DG. Fractal signature analysis measures cancellous bone organisation in macroradiographs of patients with knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1996; 55(10): 749-55.
- [31] Buckland-Wright JC, Macfarlane DG, Jasani MK, Lynch JA. Quantitative microfocal radiographic assessment of osteoarthritis of the knee from weight bearing tunnel and semiflexed standing views. *J Rheumatol* 1994; 21(9): 1734-41.
- [32] Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung gGmbH. BQS Qualitätsreport 2005. 109-122. 2005. Düsseldorf.
- [33] Callaghan JJ, Squire MW, Goetz DD, Sullivan PM, Johnston RC. Cemented rotating-platform total knee replacement. A nine to twelve-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 2000; 82(5): 705-11.
- [34] Chang RW, Pellisier JM, Hazen GB. A cost-effectiveness analysis of total hip arthroplasty for osteoarthritis of the hip. *JAMA* 1996; 275(11): 858-65.
- [35] Cicuttini FM, Baker J, Hart DJ, Spector TD. Association of pain with radiological changes in different compartments and views of the knee joint. *Osteoarthritis Cartilage* 1996; 4(2): 143-7.
- [36] COBB S, MERCHANT WR, RUBIN T. The relation of symptoms to osteoarthritis. *J Chronic Dis* 1957; 5(2): 197-204.
- [37] Cooke TD, Scudamore A, Greer W. Varus knee osteoarthritis: whence the varus? *J Rheumatol* 2003; 30(12): 2521-3.

- [38] Cooper C, Cushnaghan J, Kirwan JR, Dieppe PA, Rogers J, McAlindon T, McCrae F. Radiographic assessment of the knee joint in osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1992; 51(1): 80-2.
- [39] Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL. Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases. *J Bone Joint Surg Am* 1993; 75(2): 196-201.
- [40] Creamer P, Lethbridge-Cejku M, Hochberg MC. Determinants of pain severity in knee osteoarthritis: effect of demographic and psychosocial variables using 3 pain measures. *J Rheumatol* 1999; 26(8): 1785-92.
- [41] Davis MA, Ettinger WH, Neuhaus JM, Barclay JD, Segal MR. Correlates of knee pain among US adults with and without radiographic knee osteoarthritis. *J Rheumatol* 1992; 19(12): 1943-9.
- [42] Debrunner Alfred M. Orthopädie, Orthopädische Chirurgie. Patientenorientierte Diagnostik und Therapie des Bewegungsapparates. 4. Auflage, 1068-1085. 2002. Bern, Hans Huber Verlag.
- [43] Dervin GF, Stiell IG, Rody K, Grabowski J. Effect of arthroscopic debridement for osteoarthritis of the knee on health-related quality of life. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-A(1): 10-9.
- [44] Deshmukh RV, Scott RD. Unicompartamental knee arthroplasty: long-term results. *Clin Orthop Relat Res* 2001;(392): 272-8.
- [45] Dieppe PA. Recommended methodology for assessing the progression of osteoarthritis of the hip and knee joints. *Osteoarthritis Cartilage* 1995; 3(2): 73-7.
- [46] Dieppe PA. Relationship between symptoms and structural change in osteoarthritis. what are the important targets for osteoarthritis therapy? *J Rheumatol Suppl* 2004; 70: 50-3.
- [47] Dieppe PA, Altman RD, Buckwalter JA, Felson DT, Hascall V, Lohmander LS *et al*. Standardization of methods used to assess the progression of osteoarthritis of the hip and knee joint. American Academy of Orthopaedic Surgeons Rosemont . 1995.
- [48] Dieppe PA, Cushnaghan J, Shepstone L. The Bristol 'OA500' study: progression of osteoarthritis (OA) over 3 years and the relationship between clinical and radiographic changes at the knee joint. *Osteoarthritis Cartilage* 1997; 5(2): 87-97.
- [49] Dougados M, Nguyen M, Berdah L, Mazieres B, Vignon E, Lequesne M. Evaluation of the structure-modifying effects of diacerein in hip osteoarthritis: ECHODIAH, a three-year, placebo-controlled trial. Evaluation of the Chondromodulating Effect of Diacerein in OA of the Hip. *Arthritis Rheum* 2001; 44(11): 2539-47.

- [50] Dougados M, Nguyen M, Lustrat V, Amor B. High molecular weight sodium hyaluronate (hyalectin) in osteoarthritis of the knee: a 1 year placebo-controlled trial. *Osteoarthritis Cartilage* 1993; 1(2): 97-103.
- [51] Drossaers-Bakker KW, Amesz E, Zwinderman AH, Breedveld FC, Hazes JM. A comparison of three radiologic scoring systems for the long-term assessment of rheumatoid arthritis: findings of an ongoing prospective inception cohort study of 132 women followed up for a median of twelve years. *Arthritis Rheum* 2000; 43(7): 1465-72.
- [52] Duncan R, Peat G, Thomas E, Hay E, McCall I, Croft P. Symptoms and radiographic osteoarthritis: not as discordant as they are made out to be? *Ann Rheum Dis* 2007; 66(1): 86-91.
- [53] Eckstein F, Westhoff J, Sittek H, Maag KP, Haubner M, Faber S et al. In vivo reproducibility of three-dimensional cartilage volume and thickness measurements with MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 1998; 170(3): 593-7.
- [54] Ehrlich GE. The rise of osteoarthritis. *Bull World Health Organ* 2003; 81(9): 630.
- [55] Emerson RH, Jr., Higgins LL, Head WC. The AGC total knee prosthesis at average 11 years. *J Arthroplasty* 2000; 15(4): 418-23.
- [56] Ewald FC, Wright RJ, Poss R, Thomas WH, Mason MD, Sledge CB. Kinematic total knee arthroplasty: a 10- to 14-year prospective follow-up review. *J Arthroplasty* 1999; 14(4): 473-80.
- [57] Felson DT. An update on the pathogenesis and epidemiology of osteoarthritis. *Radiol Clin North Am* 2004; 42(1): 1-9, v.
- [58] Felson DT, Lawrence RC, Dieppe PA, Hirsch R, Helmick CG, Jordan JM et al. Osteoarthritis: new insights. Part 1: the disease and its risk factors. *Ann Intern Med* 2000; 133(8): 635-46.
- [59] Felson DT, Naimark A, Anderson J, Kazis L, Castelli W, Meenan RF. The prevalence of knee osteoarthritis in the elderly. The Framingham Osteoarthritis Study. *Arthritis Rheum* 1987; 30(8): 914-8.
- [60] Fife RS, Brandt KD, Braunstein EM, Katz BP, Shelbourne KD, Kalasinski LA, Ryan S. Relationship between arthroscopic evidence of cartilage damage and radiographic evidence of joint space narrowing in early osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum* 1991; 34(4): 377-82.
- [61] Guccione AA, Felson DT, Anderson JJ, Anthony JM, Zhang Y, Wilson PW et al. The effects of specific medical conditions on the functional limitations of elders in the Framingham Study. *Am J Public Health* 1994; 84(3): 351-8.
- [62] Günther Kundt HK. *Medizinische Biometrie. Eine kurzgefasste übersichtliche Einführung.* Shaker Verlag 1. Auflage. 2003. Aachen.

- [63] Gunther KP, Puhl W, Brenner H, Sturmer T. [Clinical epidemiology of hip and knee joint arthroses: an overview of the results of the "Ulm Osteoarthritis Study"]. *Z Rheumatol* 2002; 61(3): 244-9.
- [64] Gunther KP, Sturmer T, Sauerland S, Zeissig I, Sun Y, Kessler S et al. Prevalence of generalised osteoarthritis in patients with advanced hip and knee osteoarthritis: the Ulm Osteoarthritis Study. *Ann Rheum Dis* 1998; 57(12): 717-23.
- [65] Gupta KB, Duryea J, Weissman BN. Radiographic evaluation of osteoarthritis. *Radiol Clin North Am* 2004; 42(1): 11-41, v.
- [66] Hamoui N, Kantor S, Vince K, Crookes PF. Long-term outcome of total knee replacement: does obesity matter? *Obes Surg* 2006; 16(1): 35-8.
- [67] Han I, Chang CB, Lee S, Lee MC, Seong SC, Kim TK. Correlation of the condition of the patellar articular cartilage and patellofemoral symptoms and function in osteoarthritic patients undergoing total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 2005; 87(8): 1081-4.
- [68] Hannan MT, Felson DT, Pincus T. Analysis of the discordance between radiographic changes and knee pain in osteoarthritis of the knee. *J Rheumatol* 2000; 27(6): 1513-7.
- [69] Harris WH, Sledge CB. Total hip and total knee replacement (2). *N Engl J Med* 1990; 323(12): 801-7.
- [70] Hartrick CT, Kovan JP, Shapiro S. The numeric rating scale for clinical pain measurement: a ratio measure? *Pain Pract* 2003; 3(4): 310-6.
- [71] Hauselmann HJ, Muff L, Stucki G. [Gonarthrosis--assessment and conservative therapy]. *Ther Umsch* 1996; 53(10): 732-7.
- [72] Heck DA, Robinson RL, Partridge CM, Lubitz RM, Freund DA. Patient outcomes after knee replacement. *Clin Orthop Relat Res* 1998;(356): 93-110.
- [73] Hernborg J, Nilsson BE. The relationship between osteophytes in the knee joint, osteoarthritis and aging. *Acta Orthop Scand* 1973; 44(1): 69-74.
- [74] Hernigou P, Medevielle D, Debeyre J, Goutallier D. Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity. A ten to thirteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 1987; 69(3): 332-54.
- [75] Hill CL, Gale DG, Chaisson CE, Skinner K, Kazis L, Gale ME, Felson DT. Knee effusions, popliteal cysts, and synovial thickening: association with knee pain in osteoarthritis. *J Rheumatol* 2001; 28(6): 1330-7.
- [76] Hirasawa Y, Okajima S, Ohta M, Tokioka T. Nerve distribution to the human knee joint: anatomical and immunohistochemical study. *Int Orthop* 2000; 24(1): 1-4.

- [77] Hochberg MC, Lawrence RC, Everett DF, Cornoni-Huntley J. Epidemiologic associations of pain in osteoarthritis of the knee: data from the National Health and Nutrition Examination Survey and the National Health and Nutrition Examination-I Epidemiologic Follow-up Survey. *Semin Arthritis Rheum* 1989; 18(4 Suppl 2): 4-9.
- [78] Hunter DJ, Zhang Y, Niu J, Tu X, Amin S, Goggins J et al. Structural factors associated with malalignment in knee osteoarthritis: the Boston osteoarthritis knee study. *J Rheumatol* 2005; 32(11): 2192-9.
- [79] Hutton CW. Generalised osteoarthritis: an evolutionary problem? *Lancet* 1987; 1(8548): 1463-5.
- [80] Insall JN, Dorr LD, Scott RD, Scott WN. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res* 1989;(248): 13-4.
- [81] Insall JN, Joseph DM, Msika C. High tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 1984; 66(7): 1040-8.
- [82] J.Grifka KKL. Leitlinien der Orthopädie. Dt.Ges.f.Orthopädie und orthopäd.Chirurgie + BV d.Ärzte f.Orthopädie (Hrsg.) .Dt.Ärzte-Verlag 2. Auflage. 2002. Köln.
- [83] Jordan JM, Luta G, Renner JB, Linder GF, Dragomir A, Hochberg MC, Fryer JG. Self-reported functional status in osteoarthritis of the knee in a rural southern community: the role of sociodemographic factors, obesity, and knee pain. *Arthritis Care Res* 1996; 9(4): 273-8.
- [84] Jordan KM, Arden NK, Doherty M, Bannwarth B, Bijlsma JW, Dieppe P et al. EULAR Recommendations 2003: an evidence based approach to the management of knee osteoarthritis: Report of a Task Force of the Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutic Trials (ESCISIT). *Ann Rheum Dis* 2003; 62(12): 1145-55.
- [85] K.-P.Günther JZ. Hüftgelenk - Arthrose und Arthritis. Orthpädie und Unfallchirurgie up2date 1, 57-76. 2006.
- [86] Karin Böhm. Gesundheit; Ausgaben, Krankheitskosten und Personal 2004. Statistisches Bundesamt . 2006. Wiesbaden.
- [87] Katzung B.G., Trevor A.J., Masters S.B. Pharmacology: Examination and Broad Review. Verlag: Lange Medical Books by The McGraw - Hill Companies 7th Edition. 2005.
- [88] KELLGREN JH, LAWRENCE JS. Rheumatism in miners. II. X-ray study. *Br J Ind Med* 1952; 9(3): 197-207.
- [89] KELLGREN JH, LAWRENCE JS. Radiological assessment of osteoarthrosis. *Ann Rheum Dis* 1957; 16(4): 494-502.

- [90] Kidd BL, Photiou A, Inglis JJ. The role of inflammatory mediators on nociception and pain in arthritis. *Novartis Found Symp* 2004; 260: 122-33.
- [91] Kijowski R, Blankenbaker DG, Stanton PT, Fine JP, De Smet AA. Radiographic findings of osteoarthritis versus arthroscopic findings of articular cartilage degeneration in the tibiofemoral joint. *Radiology* 2006; 239(3): 818-24.
- [92] Kim YH, Sohn KS, Kim JS. Short-term results of primary total knee arthroplasties performed with a mini-incision or a standard incision. *J Arthroplasty* 2006; 21(5): 712-8.
- [93] Kohn D, Rupp S. [Allo-arthroplasty of the knee joint]. *Orthopade* 1999; 28(11): 975-95.
- [94] Konig A, Kirschner S. [Long-term results in total knee arthroplasty]. *Orthopade* 2003; 32(6): 516-26.
- [95] Konig A, Scheidler M, Rader C, Eulert J. The need for a dual rating system in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1997;(345): 161-7.
- [96] Kurtz S, Mowat F, Ong K, Chan N, Lau E, Halpern M. Prevalence of primary and revision total hip and knee arthroplasty in the United States from 1990 through 2002. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87(7): 1487-97.
- [97] Lane NE, Lin P, Christiansen L, Gore LR, Williams EN, Hochberg MC, Nevitt MC. Association of mild acetabular dysplasia with an increased risk of incident hip osteoarthritis in elderly white women: the study of osteoporotic fractures. *Arthritis Rheum* 2000; 43(2): 400-4.
- [98] Lanyon P, O'Reilly S, Jones A, Doherty M. Radiographic assessment of symptomatic knee osteoarthritis in the community: definitions and normal joint space. *Ann Rheum Dis* 1998; 57(10): 595-601.
- [99] LAWRENCE JS, Bremner JM, Bier F. Osteo-arthrosis. Prevalence in the population and relationship between symptoms and x-ray changes. *Ann Rheum Dis* 1966; 25(1): 1-24.
- [100] Ledingham J, Regan M, Jones A, Doherty M. Factors affecting radiographic progression of knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1995; 54(1): 53-8.
- [101] Lequesne M. Indices of severity and disease activity for osteoarthritis. *Semin Arthritis Rheum* 1991; 20(6 Suppl 2): 48-54.
- [102] Lequesne M, Brandt K, Bellamy N, Moskowitz R, Menkes CJ, Pelletier JP, Altman R. Guidelines for testing slow acting drugs in osteoarthritis. *J Rheumatol Suppl* 1994; 41: 65-71.
- [103] Lequesne MG, Mery C, Samson M, Gerard P. Indexes of severity for osteoarthritis of the hip and knee. Validation--value in comparison with other assessment tests. *Scand J Rheumatol Suppl* 1987; 65: 85-9.

- [104] Lethbridge-Cejku M, Scott WW, Jr., Reichle R, Ettinger WH, Zonderman A, Costa P et al. Association of radiographic features of osteoarthritis of the knee with knee pain: data from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Arthritis Care Res* 1995; 8(3): 182-8.
- [105] Lichtenberg PA, Skehan MW, Swensen CH. The role of personality, recent life stress and arthritic severity in predicting pain. *J Psychosom Res* 1984; 28(3): 231-6.
- [106] Lingard EA, Katz JN, Wright RJ, Wright EA, Sledge CB. Validity and responsiveness of the Knee Society Clinical Rating System in comparison with the SF-36 and WOMAC. *J Bone Joint Surg Am* 2001; 83-A(12): 1856-64.
- [107] Lohmander LS, Dalen N, Englund G, Hamalainen M, Jensen EM, Karlsson K et al. Intra-articular hyaluronan injections in the treatment of osteoarthritis of the knee: a randomised, double blind, placebo controlled multicentre trial. Hyaluronan Multicentre Trial Group. *Ann Rheum Dis* 1996; 55(7): 424-31.
- [108] Malkani AL, Rand JA, Bryan RS, Wallrichs SL. Total knee arthroplasty with the kinematic condylar prosthesis. A ten-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 1995; 77(3): 423-31.
- [109] Markolf KL, Bargar WL, Shoemaker SC, Amstutz HC. The role of joint load in knee stability. *J Bone Joint Surg Am* 1981; 63(4): 570-85.
- [110] Marshall JL, Olsson SE. Instability of the knee. A long-term experimental study in dogs. *J Bone Joint Surg Am* 1971; 53(8): 1561-70.
- [111] Marx RG, Jones EC, Atwan NC, Closkey RF, Salvati EA, Sculco TP. Measuring improvement following total hip and knee arthroplasty using patient-based measures of outcome. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87(9): 1999-2005.
- [112] Mazzuca SA, Brandt KD, Dieppe PA, Doherty M, Katz BP, Lane KA. Effect of alignment of the medial tibial plateau and x-ray beam on apparent progression of osteoarthritis in the standing anteroposterior knee radiograph. *Arthritis Rheum* 2001; 44(8): 1786-94.
- [113] McAlindon TE, Wilson PW, Aliabadi P, Weissman B, Felson DT. Level of physical activity and the risk of radiographic and symptomatic knee osteoarthritis in the elderly: the Framingham study. *Am J Med* 1999; 106(2): 151-7.
- [114] McHorney CA, Ware JE, Jr., Rogers W, Raczek AE, Lu JF. The validity and relative precision of MOS short- and long-form health status scales and Dartmouth COOP charts. Results from the Medical Outcomes Study. *Med Care* 1992; 30(5 Suppl): MS253-MS265.
- [115] Meenan RF, Gertman PM, Mason JH. Measuring health status in arthritis. The arthritis impact measurement scales. *Arthritis Rheum* 1980; 23(2): 146-52.

- [116] Messieh SS, Fowler PJ, Munro T. Anteroposterior radiographs of the osteoarthritic knee. *J Bone Joint Surg Br* 1990; 72(4): 639-40.
- [117] Milgram JW. Morphologic alterations of the subchondral bone in advanced degenerative arthritis. *Clin Orthop Relat Res* 1983;(173): 293-312.
- [118] Möllmann HW. Vergleichende Untersuchung zur Pharmakokinetik und Wirkdauer intraartikulär applizierter Glukokortikoid-Kristallsuspensionen. *Akt Rheumatol* 11, 55-60. 1996.
- [119] Murray DW, Frost SJ. Pain in the assessment of total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br* 1998; 80(3): 426-31.
- [120] Myles PS, Troedel S, Boquest M, Reeves M. The pain visual analog scale: is it linear or nonlinear? *Anesth Analg* 1999; 89(6): 1517-20.
- [121] Nagaosa Y, Lanyon P, Doherty M. Characterisation of size and direction of osteophyte in knee osteoarthritis: a radiographic study. *Ann Rheum Dis* 2002; 61(4): 319-24.
- [122] Nagaosa Y, Mateus M, Hassan B, Lanyon P, Doherty M. Development of a logically devised line drawing atlas for grading of knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 2000; 59(8): 587-95.
- [123] Niskanen RO, Paavilainen PJ, Jaakkola M, Korkala OL. Poor correlation of clinical signs with patellar cartilaginous changes. *Arthroscopy* 2001; 17(3): 307-10.
- [124] O'Reilly SC, Jones A, Muir KR, Doherty M. Quadriceps weakness in knee osteoarthritis: the effect on pain and disability. *Ann Rheum Dis* 1998; 57(10): 588-94.
- [125] Oliveria SA, Felson DT, Reed JI, Cirillo PA, Walker AM. Incidence of symptomatic hand, hip, and knee osteoarthritis among patients in a health maintenance organization. *Arthritis Rheum* 1995; 38(8): 1134-41.
- [126] Otte P. [Etiologic and pathogenetic conceptions of arthrosis]. *Z Rheumatol* 1983; 42(4): 242-8.
- [127] OUTERBRIDGE RE. The etiology of chondromalacia patellae. 1961. *Clin Orthop Relat Res* 2001;(389): 5-8.
- [128] Ozdemir F, Tukenmez O, Kokino S, Turan FN. How do marginal osteophytes, joint space narrowing and range of motion affect each other in patients with knee osteoarthritis. *Rheumatol Int* 2006; 26(6): 516-22.
- [129] Pavone V, Boettner F, Fickert S, Sculco TP. Total condylar knee arthroplasty: a long-term followup. *Clin Orthop Relat Res* 2001;(388): 18-25.
- [130] Peterfy CG, van Dijke CF, Janzen DL, Gluer CC, Namba R, Majumdar S et al. Quantification of articular cartilage in the knee with pulsed saturation transfer subtraction and fat-suppressed MR imaging: optimization and validation. *Radiology* 1994; 192(2): 485-91.

- [131] Pickering G, Jourdan D, Eschaliere A, Dubray C. [Impact of age on pain perception and analgesic pharmacology]. *Presse Med* 2001; 30(15): 754-8.
- [132] Pottenger LA, Phillips FM, Draganich LF. The effect of marginal osteophytes on reduction of varus-valgus instability in osteoarthritic knees. *Arthritis Rheum* 1990; 33(6): 853-8.
- [133] Price DD, McGrath PA, Rafii A, Buckingham B. The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain. *Pain* 1983; 17(1): 45-56.
- [134] Puhl W, Bernau A, Bohle E, Brune K, Gerhardt P, Greitemann B et al. [Ambulatory diagnosis and therapy of gonarthrosis]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2000; 138(1): 85-92.
- [135] Puhl W, Bernau A, Greiling H, Kopcke W, Pforringer W, Steck KJ et al. Intra-articular sodium hyaluronate in osteoarthritis of the knee: a multicenter, double-blind study. *Osteoarthritis Cartilage* 1993; 1(4): 233-41.
- [136] Radin EL, Rose RM. Role of subchondral bone in the initiation and progression of cartilage damage. *Clin Orthop Relat Res* 1986;(213): 34-40.
- [137] Ravaut P, Auleley GR, Chastang C, Rousselin B, Paolozzi L, Amor B, Dougados M. Knee joint space width measurement: an experimental study of the influence of radiographic procedure and joint positioning. *Br J Rheumatol* 1996; 35(8): 761-6.
- [138] Ravaut P, Giraudeau B, Auleley GR, Drape JL, Rousselin B, Paolozzi L et al. Variability in knee radiographing: implication for definition of radiological progression in medial knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1998; 57(10): 624-9.
- [139] Ritter MA, Worland R, Saliski J, Helphenstine JV, Edmondson KL, Keating EM et al. Flat-on-flat, nonconstrained, compression molded polyethylene total knee replacement. *Clin Orthop Relat Res* 1995;(321): 79-85.
- [140] 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 Orthop Scand* 2001; 72(5): 503-13.
- [141] Roos H, Adalberth T, Dahlberg L, Lohmander LS. Osteoarthritis of the knee after injury to the anterior cruciate ligament or meniscus: the influence of time and age. *Osteoarthritis Cartilage* 1995; 3(4): 261-7.
- [142] Rosemann TT, Joos SS, Koerner TT, Szecsenyi JJ, Laux GG. Comparison of AIMS2-SF, WOMAC, x-ray and a global physician assessment in order to approach quality of life in patients suffering from osteoarthritis. *BMC Musculoskelet Disord* 2006; 7(1): 6.
- [143] Rosenberg TD, Paulos LE, Parker RD, Coward DB, Scott SM. The forty-five-degree posteroanterior flexion weight-bearing radiograph of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 1988; 70(10): 1479-83.

- [144] Ryd L, Karrholm J, Ahlvin P. Knee scoring systems in gonarthrosis. Evaluation of interobserver variability and the envelope of bias. Score Assessment Group. *Acta Orthop Scand* 1997; 68(1): 41-5.
- [145] Salaffi F, Cavalieri F, Nolli M, Ferraccioli G. Analysis of disability in knee osteoarthritis. Relationship with age and psychological variables but not with radiographic score. *J Rheumatol* 1991; 18(10): 1581-6.
- [146] Sathappan SS, Wasserman B, Jaffe WL, Bong M, Walsh M, Di Cesare PE. Midterm results of primary total knee arthroplasty using a dished polyethylene insert with a recessed or resected posterior cruciate ligament. *J Arthroplasty* 2006; 21(7): 1012-6.
- [147] Schai PA, Thornhill TS, Scott RD. Total knee arthroplasty with the PFC system. Results at a minimum of ten years and survivorship analysis. *J Bone Joint Surg Br* 1998; 80(5): 850-8.
- [148] Scheuringer M, Wildner M, Gotte S, Dreinhofer KE. [Inpatient health care utilization for musculoskeletal disorders and injuries: a forecast study for Germany up to 2010]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2005; 143(5): 509-19.
- [149] Schroder HM, Berthelsen A, Hassani G, Hansen EB, Solgaard S. Cementless porous-coated total knee arthroplasty: 10-year results in a consecutive series. *J Arthroplasty* 2001; 16(5): 559-67.
- [150] Schwitalle M, Salzmann G, Eckardt A, Heine J. [Late outcome after implantation of the PFC modular knee system]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2001; 139(2): 102-8.
- [151] Sharif M, Kirwan JR, Elson CJ, Granell R, Clarke S. Suggestion of nonlinear or phasic progression of knee osteoarthritis based on measurements of serum cartilage oligomeric matrix protein levels over five years. *Arthritis Rheum* 2004; 50(8): 2479-88.
- [152] Sharma L, Dunlop DD, Cahue S, Song J, Hayes KW. Quadriceps strength and osteoarthritis progression in malaligned and lax knees. *Ann Intern Med* 2003; 138(8): 613-9.
- [153] Sharma L, Song J, Felson DT, Cahue S, Shamiyeh E, Dunlop DD. The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *JAMA* 2001; 286(2): 188-95.
- [154] Shi MG, Lu HS, Guan ZP. [Influence of preoperative range of motion on the early clinical outcome of total knee arthroplasty]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi* 2006; 44(16): 1101-5.
- [155] Spector TD, Cicuttini F, Baker J, Loughlin J, Hart D. Genetic influences on osteoarthritis in women: a twin study. *BMJ* 1996; 312(7036): 940-3.
- [156] Spector TD, Dacre JE, Harris PA, Huskisson EC. Radiological progression of osteoarthritis: an 11 year follow up study of the knee. *Ann Rheum Dis* 1992; 51(10): 1107-10.

- [157] Sprangers MA, de Regt EB, Andries F, van Agt HM, Bijl RV, de Boer JB et al. Which chronic conditions are associated with better or poorer quality of life? *J Clin Epidemiol* 2000; 53(9): 895-907.
- [158] Statistisches Bundesamt (Hrsg). *Gesundheitsbericht für Deutschland*. Verlag Metzler-Peter, Stuttgart . 1998.
- [159] Stern SH, Becker MW, Insall JN. Unicondylar knee arthroplasty. An evaluation of selection criteria. *Clin Orthop Relat Res* 1993;(286): 143-8.
- [160] Strobl M EJSW. *Athroskopie des Kniegelenks. Grundprinzipien Diagnostischer Arthroskopie, Arthroskopische Chirurgie*. Deutscher Ärzte - Verlag 3. Auflage. 1998. Köln.
- [161] Stucki G, Meier D, Stucki S, Michel BA, Tyndall AG, Dick W, Theiler R. [Evaluation of a German version of WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) Arthrosis Index]. *Z Rheumatol* 1996; 55(1): 40-9.
- [162] Sturmer T, Brenner H, Brenner RE, Gunther KP. Non-insulin dependent diabetes mellitus (NIDDM) and patterns of osteoarthritis. The Ulm osteoarthritis study. *Scand J Rheumatol* 2001; 30(3): 169-71.
- [163] Sturmer T, Gunther KP, Brenner H. Obesity, overweight and patterns of osteoarthritis: the Ulm Osteoarthritis Study. *J Clin Epidemiol* 2000; 53(3): 307-13.
- [164] Sturmer T, Sun Y, Sauerland S, Zeissig I, Gunther KP, Puhl W, Brenner H. Serum cholesterol and osteoarthritis. The baseline examination of the Ulm Osteoarthritis Study. *J Rheumatol* 1998; 25(9): 1827-32.
- [165] Summers MN, Haley WE, Reveille JD, Alarcon GS. Radiographic assessment and psychologic variables as predictors of pain and functional impairment in osteoarthritis of the knee or hip. *Arthritis Rheum* 1988; 31(2): 204-9.
- [166] Sun Y, Brenner H, Sauerland S, Gunther KP, Puhl W, Sturmer T. Serum uric acid and patterns of radiographic osteoarthritis--the Ulm Osteoarthritis Study. *Scand J Rheumatol* 2000; 29(6): 380-6.
- [167] Sun Y, Sturmer T, Gunther KP, Brenner H. [Incidence and prevalence of cox- and gonarthrosis in the general population]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1997; 135(3): 184-92.
- [168] Sun Y, Sturmer T, Gunther KP, Brenner H. Reliability and validity of clinical outcome measurements of osteoarthritis of the hip and knee--a review of the literature. *Clin Rheumatol* 1997; 16(2): 185-98.
- [169] Szebenyi B, Hollander AP, Dieppe P, Quilty B, Duddy J, Clarke S, Kirwan JR. Associations between pain, function, and radiographic features in osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum* 2006; 54(1): 230-5.
- [170] Torres L, Dunlop DD, Peterfy C, Guermazi A, Prasad P, Hayes KW et al. The relationship between specific tissue lesions and pain severity in persons

- with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 2006; 14(10): 1033-40.
- [171] US Department of Health and Human Services. Prevalence and impact of arthritis among woman. *Morb Mortal Wkly Rep* 44, 329-334. 29-10-2006.
- [172] van Baar ME, Dekker J, Lemmens JA, Oostendorp RA, Bijlsma JW. Pain and disability in patients with osteoarthritis of hip or knee: the relationship with articular, kinesiological, and psychological characteristics. *J Rheumatol* 1998; 25(1): 125-33.
- [173] van der Waal JM, Terwee CB, van der Windt DA, Bouter LM, Dekker J. The impact of non-traumatic hip and knee disorders on health-related quality of life as measured with the SF-36 or SF-12. A systematic review. *Qual Life Res* 2005; 14(4): 1141-55.
- [174] van Loon CJ, Wisse MA, Waal Malefijt MC, Jansen RH, Veth RP. The kinematic total knee arthroplasty. A 10- to 15-year follow-up and survival analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 2000; 120(1-2): 48-52.
- [175] Whiteside LA. The effect of patient age, gender, and tibial component fixation on pain relief after cementless total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1991;(271): 21-7.
- [176] Williams HJ, Ward JR, Egger MJ, Neuner R, Brooks RH, Clegg DO et al. Comparison of naproxen and acetaminophen in a two-year study of treatment of osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum* 1993; 36(9): 1196-206.
- [177] Williams JM, Brandt KD. Exercise increases osteophyte formation and diminishes fibrillation following chemically induced articular cartilage injury. *J Anat* 1984; 139 ( Pt 4): 599-611.
- [178] Wirth Carl Joachim. *Praxis der Orthopädie*. Bischoff Hans-Peter, editor. *Konservative Orthopädie*. 3. Auflage. 2001. Stuttgart, Georg Thieme Verlag.
- [179] Wluka AE. Remember the Titanic: what we know of knee osteoarthritis is but the tip of the iceberg. *J Rheumatol* 2006; 33(11): 2110-2.
- [180] Wluka AE, Wolfe R, Stuckey S, Cicuttini FM. How does tibial cartilage volume relate to symptoms in subjects with knee osteoarthritis? *Ann Rheum Dis* 2004; 63(3): 264-8.
- [181] Wojtys EM, Beaman DN, Glover RA, Janda D. Innervation of the human knee joint by substance-P fibers. *Arthroscopy* 1990; 6(4): 254-63.
- [182] Wollmerstedt N, Glatzel M, Kirschner S, Schneider J, Faller H, König A. [Comparative analysis of patient-centered outcome of total hip and knee arthroplasty]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2006; 144(5): 464-71.
- [183] Wright RW, Boyce RH, Michener T, Shyr Y, McCarty EC, Spindler KP. Radiographs are not useful in detecting arthroscopically confirmed mild chondral damage. *Clin Orthop Relat Res* 2006; 442: 245-51.

- [184] Yamada K, Healey R, Amiel D, Lotz M, Coutts R. Subchondral bone of the human knee joint in aging and osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 2002; 10(5): 360-9.
- [185] Zacher J. Klinische Untersuchung des Kniegelenks. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* , 33-56. 2006.  
Ref Type: Generic
- [186] Zacher J, Gursche A. [Diagnosis of arthrosis]. *Orthopäde* 2001; 30(11): 841-7.
- [187] Zhai G, Blizzard L, Srikanth V, Ding C, Cooley H, Cicuttini F, Jones G. Correlates of knee pain in older adults: Tasmanian Older Adult Cohort Study. *Arthritis Rheum* 2006; 55(2): 264-71.

## 8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Tabelle der Ergebnisse des Womac Scores .....	45
Tabelle 2: Tabelle der Ergebnisse des Knee Society Scores .....	49
Tabelle 3: Tabelle der Befunde zu den Bewegungsausmaßen .....	53
Tabelle 4: Tabelle der Befunde zur Gelenkspaltverschmälerung .....	55
Tabelle 5, 6: Tabellen der Befunden zu Varus und Valgus Fehlstellungen .....	56
Tabelle 7: Tabelle der Befunde zur Sklerosierung.....	57
Tabelle 8: Tabelle der Befunde der Osteophytenbildung.....	59
Tabelle 9: Tabelle der Befunde zur Chondromalazie.....	61
Tabelle 10: Tabelle der Osteophyten-, Synovitis-, Ergussbildung .....	62
Tabelle 11: Tabelle der Korrelationen der Patientenspezifischen Parameter .....	63
Tabelle 12: Tabelle der Korrelationen der Womac Subscores.....	64
Tabelle 13: Tabelle der Korrelationen des Womac Scores.....	65
Tabelle 14: Tabelle der Korrelationen der Knee Society Subscores.....	68
Tabelle 15: Tabelle der Korrelationen des Knee Scores .....	69
Tabelle 16: Tabelle der Korrelation der klinischen Untersuchungsbefunde .....	72
Tabelle 17: Tabelle der Korrelationen der radiologischen Befunde untereinander ...	73
Tabelle 18: Tabelle der Korrelationen der radiologischen Befunde .....	74
Tabelle 19: Tabelle der Korrelationen der Chondromalazie.....	76

## 9. Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Balkendiagramm der Verteilung des Womac A (in Gruppen).....	46
Diagramm 2: Balkendiagramm der Verteilung des Womac B (in Gruppen).....	47
Diagramm 3: Balkendiagramm der Verteilung des Womac C (in Gruppen).....	47
Diagramm 4: Balkendiagramm der Verteilung des Womac Scores (in Gruppen)....	48
Diagramm 5: Balkendiagramm der Schmerzmitteleinnahme.....	49
Diagramm 6: Balkendiagramm der Verteilung des Knee Scores (in Gruppen).....	50
Diagramm 7: Balkendiagramm der Verteilung des Knee Scores (in Gruppen).....	51
Diagramm 8: Balkendiagramm der Verteilung des Total Knee Scores in Gruppen ..	52
Diagramme 9, 10, 11: Balkendiagramme der Befunde zur Seitenbandstabilität.....	53
Diagramm 12: Balkendiagramm der Befunde zur anterior–posterioren Stabilität .....	54

Diagramm 13: Balkendiagramm der Ergebnisse der VAS (in Gruppen) .....	55
Diagramm 14: Balkendiagramm der Ergebnisse des Sklerosierungssummscores	58
Diagramm 15: Balkendiagramm der Ergebnisse des Osteophytensummscores ..	59
Diagramm 16: Balkendiagramm der Ergebnisse des Kellgren Scores .....	60
Diagramm 17: Balkendiagramm der Ergebnisse des Chondromalaziesummscores .....	62
Diagramm 18: Streudiagramm der Korrelation Womac Scores Knee Score .....	66
Diagramm 19: Streudiagramm der Korrelation Womac Scores Kellgren Score.....	66
Diagramm 20: Streudiagramm der Korrelation Womac Scores Chondromalaziescore .....	67
Diagramm 21: Streudiagramm der Korrelation Knee Scores Kellgren Score .....	70
Diagramm 22: Streudiagramm der Korrelation Knee Scores Chondromalaziescore	70
Diagramm 23: Streudiagramm der Korrelation Kellgren Scores Chondromalaziescore .....	75
Diagramm 24: Streudiagramm der Korrelation Chondromalazie Osteophyten.....	77

## 10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Chondromalaziestadien .....	10
Abbildung 2: Radiologische Zeichen der Gonarthrose.....	17
Abbildung 3: Chondromalaziestadien nach Outerbridge.....	27
Abbildung 4: Bandapparat des Kniegelenks .....	29
Abbildung 5: physiologische Achsenverhältnisse und Fehlstellungen.....	30
Abbildung 6: Klinische Untersuchung.....	38
Abbildung 7: Visuelle Analog Skala .....	39
Abbildung 8: Röntgenaufnahme mit anterior-posteriorem Strahlengang .....	41
Abbildung 9: Röntgenaufnahme mit seitlichem Strahlengang bei 30 Grad Flexion ...	41
Abbildung 10: Patella Tangentialaufnahme bei Beugung zwischen 30 - 90 Grad.....	41
Abbildung 11: Ganzbeinstandaufnahme mit mechanischer Beinachse .....	41
Abbildung 12: OP – Situs: eröffnetes Kniegelenk .....	43

## 11. Abkürzungsverzeichnis

ACR	American College of Rheumatology
AIMS2-SF	Arthritis Impact Measurement Scale
BMI	Body Mass Index
BQS	Bundesinstitut für Qualitätsicherung
CRP	C – reaktives Protein
DGOOC	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie
EULAR	European League against Rheumatism
KF	Knee Function Subscore
KS	Knee Subscore
KSS	Knee Society Score
Lig.	Ligamentum
NIH	National Institute of Health
NSARD	Nichtsteroidales Antirheumatikum
SADOA	Slow acting drug in Osteoarthritis
SD	Standardabweichung
SF – 36	Medical Outcome Study Form
SpK	Spearman Korrelationskoeffizient
TEP	Totalendoprothese
VAS	Visuelle Analog Skala
WHO	World Health Organisation
WOMAC	Western Ontario und McMaster Universities Arthroseindex

## 12. Danksagung

Mein Dank gehört Herrn Prof. Dr. med. J Grifka, der mir die Möglichkeit eröffnete diese Studie an seiner Klinik durchzuführen und mich somit in meiner Promotion unterstützte. Er stand mir jederzeit mit anregender Kritik und Unterstützung beiseite.

Vielen Dank an Dr. med. Florian Oczipka, der mir als Betreuer zu Seite stand und mich sowohl in der praktischen Durchführung als auch bei theoretischen Fragestellungen jederzeit unterstützte.

Mein herzlicher Dank geht an PD Dr. med. Christian Lüring, der mir dieses interessante Thema überlassen hat, mir jederzeit mit seinem Wissen bei der Lösung offener Fragen half und mir insbesondere bei der schriftlichen Ausarbeitung der Dr. Arbeit mit Rat und Tat zur Seite stand.

Herrn Dr. med. W. Söndgen, Chefarzt der Abteilung für Radiologie des Asklepios Klinikum Bad Abbach danke ich herzlich für die unkomplizierte Bereitstellung der Röntgenaufnahmen.

## 13. Lebenslauf

### Persönliche Daten:

*Name:* Tobias Nikolaus Rupprecht  
*Geburtsdatum* :31 August 1982  
*Geburtsort:* München, Deutschland  
*Eltern:* Dr. Elisabeth Hien-Rupprecht geb. 1950  
Dr. Reinhard Rupprecht geb. 1949  
*Geschwister:* Dr. Maria Rupprecht geb. 1980  
Korbinian Rupprecht geb. 1984  
*Nationalität:* Deutsch  
*Adresse:* Rotteneckstraße 31  
93503 Regensburg  
Deutschland  
Telefonnummer: 0941/2007544; Mobil: 0176/22280573  
Email: tobias.rupprecht@stud.uni-regensburg.de

### Berufliche Tätigkeit

*Seit 01.01.2009:* Assistenzarzt in der Abteilung für Unfall-, Wiederherstellungs- und Handchirurgie im Klinikum Traunstein unter der Leitung von Prof. Dr. R. Ketterl

### Medizinische Ausbildung:

*Seit Oktober 2002:* Immatrikuliert als Student der Humanmedizin an der Universität Regensburg  
*Wintersemester 2003:* Tutor im Institut der makroskopischen Anatomie der Universität Regensburg  
*Physikum im Sommer 2004; Endnote: 2,0*  
*Oktober 2004 – Juli 2007:* Klinischer Ausbildungsabschnitt am Universitätsklinikum Regensburg  
*Wintersemester 2005:* Wahlfach Anästhesiologie  
*Staatsexamen im Herbst 2008; Endnote: 2,0*

Praktisches Jahr:

1. Terial:

27.08.2007 – 21.10.2007: Gastroenterologie und Intensivmedizin am Royal Melbourne Hospital in Melbourne / Australien

22.10.2007 – 16.12.2007: Kardiologie und Nephrologie am Royal Northshore Hospital in Sydney / Australien

2. Terial:

17.12.2007 – 06.04.2008: Chirurgie am Victoria Hospital, Lehrkrankenhaus der Universität Kapstadt / Südafrika

3. Terial:

07.04.2008 – 06.07.2008: Orthopädie an der Schulthess Klinik in Zürich / Schweiz

Schulausbildung:

1988 – 2001: Besuch der Grundschule Winhöring und des König Karlmann Gymnasiums Altötting

1998/99: Auslandsjahr in Dallas, USA mit der Austauschorganisation AFS (American Field Service)

Schulabschluss mit Ablegen des Abiturs im Sommer 2001; Endnote: 1,3

Regensburg, den 13.11.2008

Tobias Rupprecht

*Erklärung nach §6 der Promotionsordnung der Medizinischen  
Fakultät der Universität Regensburg*

Diese Dissertation wurde angeregt und in Ihrer Ausarbeitung überwacht von Prof. Dr. med. J. Grifka, PD Dr. med. C. Lüring und Dr. med. F. Oczipka aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie, orthopädische Klinik für die Universität Regensburg.

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Insbesondere habe ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeit erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation steht.

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Regensburg, den 13. November 2008

