

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie  
(Direktor: Univ.- Prof. Dr. med. H.R. Merk)  
der Medizinischen Fakultät der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

**Mittelfristige Untersuchungen zur Klinik und Propriozeption von  
Patienten nach Knieoperationen mit unterschiedlichen Indikationen**

Eine followup Studie

Inaugural - Dissertation  
zur

Erlangung des akademischen  
Grades

Doktor der Medizin  
(Dr. med.)

der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Ernst-Moritz-Arndt-Universität  
Greifswald  
2006

vorgelegt von  
Jan Sperling  
geb. am 09.04.1977  
in Schwerin

Dekan: Prof. Dr. rer. nat. Kroemer

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Merk

2. Gutachter: Prof. Dr. med. Grifka

Ort, Raum: Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie,  
Sauerbruchstrasse, Besprechungsraum

Tag der Disputation: Mittwoch, 14.02.2007

**Für meinen Großvater und Lehrmeister**

## Inhaltsverzeichnis

	<b>Seite</b>
<b>I. Einleitung und Fragestellung</b>	
1. Anatomie des Kniegelenkes	4
2. Propriozeption	7
3. Pathologie des Kniegelenkes	
3.1 Häufige Erkrankungen	10
3.2 Operative Therapieoptionen	
3.2.1 Arthroskopie	12
3.2.2 Kniegelenkendoprothese	13
4. Einflüsse auf die Propriozeption	15
5. Ergebnisse der prä- und postoperativen Untersuchungen	16
6. Fragestellung	18
<b>II. Material und Methoden</b>	
1. Patientengut	
1.1 Gruppe 1 – gesunde Kontrollgruppe	19
1.2 Gruppe 2 – Endoprothesengruppe	21
1.3 Gruppe 3 – Arthroskopiegruppe	23
2. Methodik	
2.1 Befragung	25
2.2 Klinische Untersuchung	25
2.3 Verwendete Scores	26
2.4 Messverfahren	27
2.5 Statistische Auswertung	28
<b>III. Ergebnisse</b>	
1. Experimentelle Ergebnisse	30
2. Klinische und propriozeptive Ergebnisse	
2.1 Endoprothesengruppe	34
2.2 Arthroskopiegruppe	41
<b>IV. Diskussion</b>	
1. Wahl des Messverfahrens	46
2. Reliabilität des gewählten Messverfahrens	49
3. Erwartungshaltung als Einflussfaktor der Propriozeption	50
4. Klinische Ergebnisse	50
5. Propriozeptive Ergebnisse	53
6. Unterschiede zwischen den Patientengruppen	55
<b>V. Zusammenfassung</b>	57
<b>VI. Literatur</b>	59
<b>VII. Anhang</b>	66
<b>Eidesstattliche Erklärung</b>	68
<b>Lebenslauf</b>	69
<b>Danksagung</b>	70

## I. Einleitung und Fragestellung

Degenerativ und traumatisch bedingte Kniegelenkserkrankungen nehmen aufgrund ihrer permanenten Entwicklung mit höherem Lebensalter und einem steigendem Interesse für kniebelastende Sportarten (Fußball, Skifahren) einen großen Stellenwert in der Krankenbehandlung ein. Angesichts der Häufigkeit, der erheblichen Beeinträchtigung der individuellen Lebensqualität der Betroffenen und der hohen krankheitsbedingten Kosten kommt ihnen eine wachsend sozialmedizinische Bedeutung zu.

In Deutschland begaben sich im Jahr 2003 rund 175.000 Patienten mit Gonarthrose, 160.000 Patienten mit Binnenschäden des Kniegelenkes und ungefähr 70.000 Patienten mit Luxationen, Verstauchungen und Zerrungen von Bändern des Kniegelenkes in eine stationäre Behandlung [32]. Therapeutisch wurden im gleichen Jahr 108.000 Endoprothesen am Kniegelenk implantiert und 100.000 Arthroskopien (alle Gelenke) durchgeführt [33]. An der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie der Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald erfolgten im selben Zeitraum die Implantation von 244 Kniegelenkendoprothesen und 601 Gelenkspiegelungen (alle Gelenken) [34].

Bei der Beurteilung der Gelenkfunktion bei verschiedenen Kniegelenkserkrankungen kommt der Untersuchung von Propriozeptionsveränderungen eine wachsende Bedeutung zu. Die propriozeptive Leistung, welche differenziert aus Stellungssinn, Bewegungssinn und Kraftsinn besteht [46], war in der Vergangenheit häufig Bestandteil von Untersuchungen, in denen es meist um den Vergleich der Propriozeption zwischen Patienten mit Läsion des vorderen Kreuzbandes [35], Gonarthrose [19] oder nach Implantation einer Knie totalendoprothese [23] und denen einer Kontrollgruppe aus gesunden Probanden ging. Propriozeptive und klinische Langzeitergebnisse nach der Operation wurden jedoch kaum evaluiert.

Häufig wurden diese Analysen als Messung der Veränderung im Gelenkstellungssinn [18,37,38] durchgeführt. Methodenkritische Anmerkungen zu dieser Art der Propriozeptionsmessung [36] führten dazu, dass

auch Messungen zur Veränderung des Bewegungssinnes [19,22] durchgeführt wurden.

Für die vorliegende Arbeit wurden Patienten, bei denen bereits in engen zeitlichen Abschnitten prä- und postoperative Untersuchungen erfolgten, rund 20 Monate nach Implantation einer Knie totalendoprothese oder Kniegelenksarthroskopie, hinsichtlich ihrer propriozeptiven Leistung und klinischer Ergebnisse analysiert.

In dieser Arbeit soll geklärt werden, ob die Ergebnisse zur Messung des Bewegungssinnes gut reproduzierbar sind und damit das benutzte Messverfahren eine hohe Reliabilität aufweist. Dazu wurde eine Gruppe von Kniegesunden innerhalb eines Jahres zweimal auf ihre propriozeptiven Fähigkeiten hin überprüft. Außerdem soll kontrolliert werden, ob zwischen der Detektionsschwelle und der vorgeschalteten Pausenzeit vor Messbeginn, als Maß für die Erwartungshaltung der Patienten, ein Zusammenhang besteht.

## I.1. Anatomie des Kniegelenkes

Im Kniegelenk, *Articulatio genus*, kommunizieren die beiden Femurkondylen mit den Gelenkflächen des Tibiakopfes. Weiterhin besteht eine Gelenkverbindung zwischen distalem Femur und der Patella.

Abgesehen von der *Eminentia intercondylaris* gibt es infolge der Inkongruenz keine knöchernende Führung. Diese Inkongruenz wird zum Teil durch die beiden Menisci ausgeglichen, welche die druckübertragende Kontaktfläche vergrößern. Der mediale Meniskus ist mit der Gelenkkapsel und dem medialen Seitenband verwachsen, der laterale Meniskus nur mit der Kapsel. Die Stabilisierung im Gelenk erfolgt vornehmlich durch die Muskulatur, den Kapsel-Band Apparat und die Menisci. Dabei ist in Streckstellung die Seitbewegung durch die dorsale Kapsel blockiert, während sie in Beugstellung geringgradig möglich ist [39]. Die beiden Kollateralbänder stabilisieren bei gestrecktem Bein das Gelenk, bei gebeugtem Knie begrenzen sie die Außenrotation. Die *Ligg. cruciata ant. et post.* verhindern das Abgleiten der Femurkondylen von den flachen Gelenkflächen des Tibiakopfes. Sie wickeln sich bei Außenrotation voneinander ab, bei Innenrotation wickeln sie sich umeinander und begrenzen damit die Bewegungsmöglichkeit im Kniegelenk [40]. Die knöchernerne Konfiguration der tibialen und femoralen Gelenkpartner erlaubt die Translation auf drei Ebenen und die Rotation um drei Achsen. Die Bänder und Menisci haben deshalb nicht nur die Aufgabe der Gelenkstabilisierung, sondern auch die der normalen Gelenkführung [41].

Der Bewegungsumfang in Extension/Flexion beträgt 5-10 / 0 / 120-150, die Innenrotation / Außenrotation bei 90° Flexion 10 / 0 / 25 (Neutral-0-Methode) [42]. Die Bewegung zwischen den beiden Partnern entspricht einem Rollgleitprinzip. Dabei konnte gezeigt werden, dass bei einer Flexion von 0-30° ein vermehrtes Rollen auftritt, während bei einer Beugung zwischen 40-90° praktisch nur noch ein Gleiten an den Gelenkflächen besteht [43].

Die arterielle Versorgung erfolgt über die A. poplitea als Fortsetzung der A. femoralis, die mehrere Äste abgibt, welche auf der Vorderseite des Kniegelenkes das Rete articulare genus bilden. Ober- oder unterhalb vom Arcus tendineus m. solei teilt sich die A. poplitea in die beiden Endäste, A. tibialis ant. et post. [44]. In unmittelbarer Nachbarschaft verläuft die V. poplitea und der N. ischiadicus, der seinen Ursprung im Plexus sacralis findet und sich im Übergang vom mittleren zum distalen Drittel des Oberschenkels in den N. tibialis und N. peroneus communis aufteilt [40].

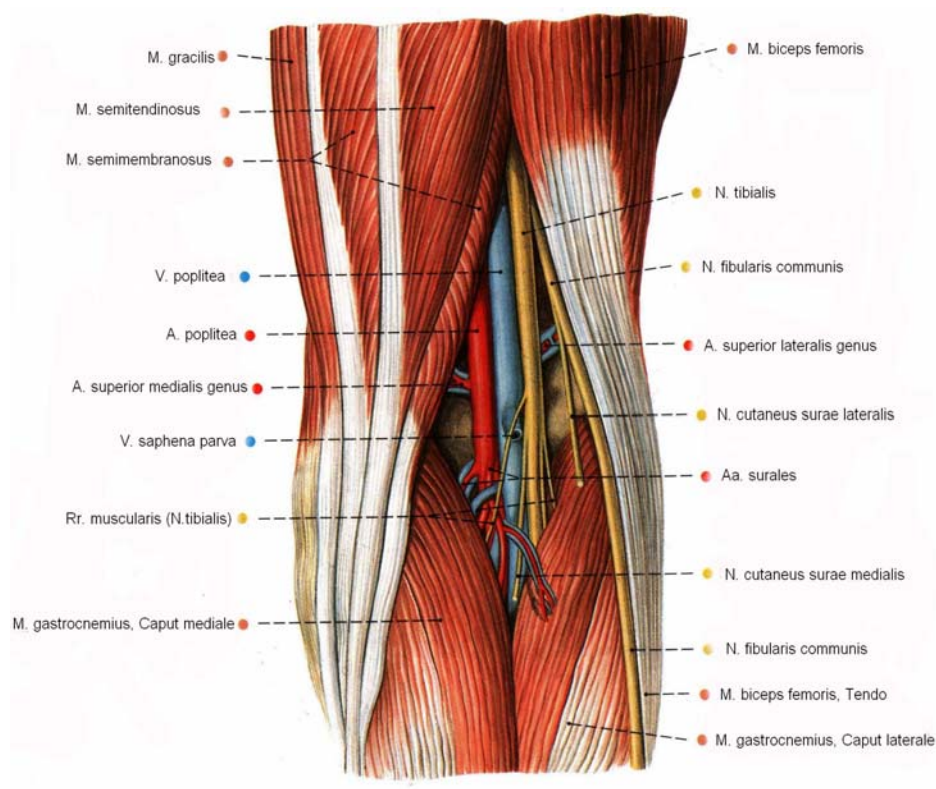


Abb. 1: Regio poplitea mit Muskeln und Gefäß – Nerven – Strasse [45]



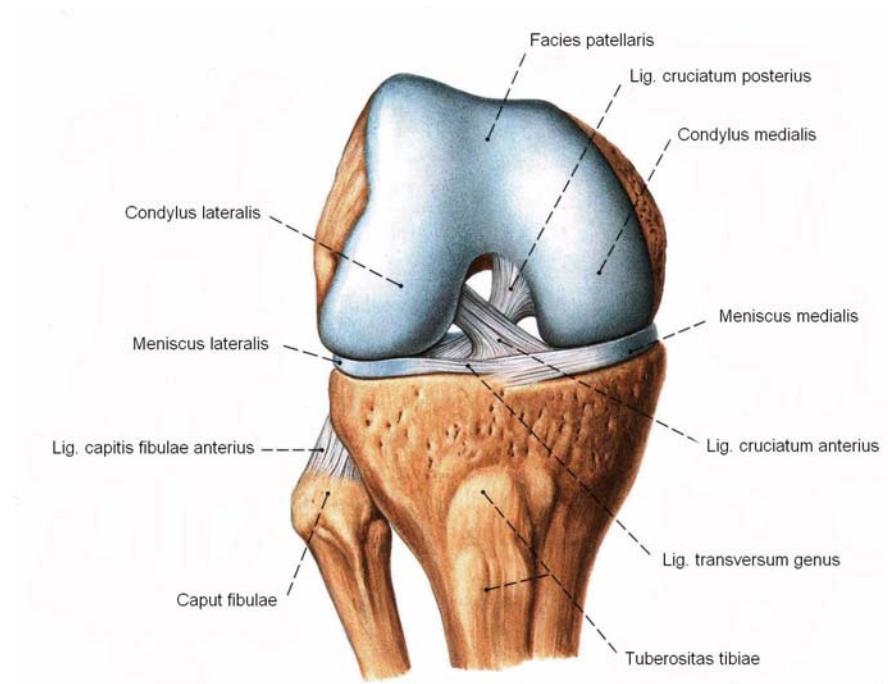


Abb. 2: Kniegelenk ventral ohne Seitenbänder [45]

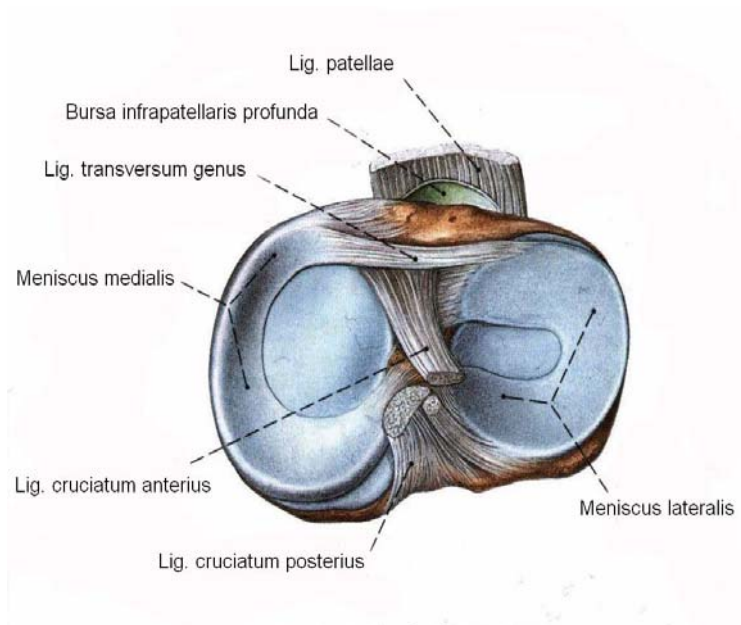


Abb. 3: Tibiaplateau mit Kreuzbändern und Menisci [45]

## I.2 Propriozeption

Für die Kontrolle von Haltung und Bewegung des Körpers sind die Wahrnehmung der Stellung der einzelnen Körperteile zueinander (Stellungssinn), die Wahrnehmung von Bewegungen (Bewegungssinn) sowie die Wahrnehmung der Kraft, die für das Halten einer Gelenkstellung oder die Durchführung einer Bewegung erforderlich ist (Kraftsinn) von enormer Bedeutung. Diese drei Sinne werden zusammenfassend als Propriozeption bezeichnet [46].

Vor über 100 Jahren untersuchte und verglich Goldscheider [29] die kleinsten Gelenkbewegungen, die vom menschlichen Körper noch erkannt werden können an 9 verschiedenen Gelenken. Er war einer der ersten, der Erkenntnisse über die Körperteilposition und Orientierung systematisch aufzeichnete. Später wurden diese durch Sherrington [30] definiert als Begriff der Propriozeption, zusammengesetzt aus den lateinischen Termini „proprius“ – eigen und „receptus“ – die Handlung aufnehmend.

Die Aufnahme der Reize erfolgt über die Propriozeptoren, die in unterschiedlichen anatomischen Strukturen zu finden sind. Diese wurden durch Freeman et al. [47] anhand von Tierversuchen mit Katzen klassifiziert. Differenziert handelt es sich dabei zum einen um die Muskelspindeln, die sich über Ia – Nervenfasern bei Muskeldehnung entladen. Die Golgi-Sehnenorgane, die seriell zur Skelettmuskulatur liegen, entladen über Ib – Fasern bei aktiver oder passiver Muskelspannung. Weitere Rezeptoren sind die Ruffini – Körperchen (langsam adaptierende Mechanorezeptoren) und die Vater-Pacini-Körperchen (schnell adaptierende Mechanorezeptoren), die insgesamt erst bei sehr starken mechanischen Reizen reagieren. Auch freie Nervenendigungen in der Haut tragen mit zu den propriozeptiven Leistungen des Körpers bei. Für die Lageempfindung im Raum dient außerdem der Vestibularapparat des Innenohres, so dass dessen Rezeptoren auch zu den Propriozeptoren gezählt werden [48].

Wie schon durch diverse Autoren beschrieben, konnten diese Propriozeptoren im Kreuzband [49,50], in den Menisken [51], in der Kniegelenkkapsel [47], im M. vastus medialis, im Lig. patellae [52] und im infrapatellaren Fettkörper [53] nachgewiesen werden.

Die Fortleitung der propriozeptiven Reize aus dem Kniegelenk erfolgt einerseits über den Fasciculus gracilis, welcher sich im Hinterstrang des Myelons befindet. Die Fasern verlaufen ungekreuzt nach kranial zur Medulla oblongata des Hirnstammes, wo sie im Ncl. gracilis auf das zweite Neuron verschaltet werden. Danach kreuzen sie zur kontralateralen Seite und verlaufen im Lemniscus medialis zum Thalamus, wo sie ein drittes und letztes Mal umgeschaltet werden, um dann über die Capsula interna ihr Ende im Gyrus postcentralis zu finden.

Andererseits erfolgt die Fortleitung über den Tractus spinocerebellaris ant. et post. Diese Nervenfasern gelangen gekreuzt und ungekreuzt zum Kleinhirn, welches als wichtiges Koordinationszentrum stets Rückmeldung über Lage und Stellung von Muskeln und Gelenken benötigt [54].

Tab. 1: Klassifikation der Mechanorezeptoren modifiziert nach Freeman und Wyke [47]

<b>Rezeptortyp</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Funktion</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>I</b>	kugelförmig bis oval, eine dünne Kapsel umgibt die sich fein verzweigenden Nervenendigungen	afferente langsam adaptierende Mechanorezeptoren mit tiefer Reizschwelle	Ruffini-Körper
<b>II</b>	zylindrisch oder konisch, von einer laminären Kapsel umgeben	afferente schnell adaptierende Mechanorezeptoren mit tiefer Reizschwelle	Vater-Pacini Körper
<b>III</b>	fusiform, von einer dünnen Kapsel umgeben	afferente sehr langsam adaptierende Mechanorezeptoren mit hoher Reizschwelle	Golgi-Sehnenorgan
<b>IVa</b>	unmyelinisierte freie Nervenendigung	afferente Schmerzrezeptoren	freie Nervenendigung
<b>IVb</b>	myelinisierte freie Nervenendigung	efferent vasomotorisch	

### I.3 Pathologie des Kniegelenkes

Das Kniegelenk wird aufgrund seiner Anatomie, aber auch wegen seiner besonderen mechanischen Belastung als der „Wetterwinkel“ der orthopädischen Pathologie gesehen. Traumatische und degenerative Veränderungen manifestieren sich überdurchschnittlich häufig an den bindegewebigen, knorpeligen und knöchernen Strukturen des Kniegelenkes. Da es sich um eine funktionell – anatomische Einheit handelt, kommt es fast immer bei primärem Befall einer Gewebsstruktur zu sekundärer Ausbreitung in andere Kompartimente, so dass eine Unterscheidung in Osteopathien, Arthropathien, Chondropathien oder Tendopathien nur aus didaktisch – theoretischen Überlegungen erfolgt [82].

Wie schon erwähnt, begaben sich im Jahr 2003 ca. 400.000 Patienten aufgrund von Degenerationen und Verletzungen im Bereich des Kniegelenkes in eine stationäre Behandlung [32]. Es wurden als Hauptdiagnosen Gonarthosen, Meniskusläsionen und Läsionen im Bereich des Kapsel-Band Apparates beobachtet.

#### I.3.1 Häufige Erkrankungen des Kniegelenkes

Die Arthrose, als weltweit häufigste Gelenkerkrankung [55], ist definiert als degenerative Gelenkerkrankung, die vorwiegend bei einem Missverhältnis zwischen Beanspruchung und Beschaffenheit bzw. Leistungsfähigkeit der einzelnen Gelenkanteile und -gewebe entsteht [56]. Durch unterschiedliche Einflussfaktoren kommt es zur Zerstörung des Gelenkknorpels. Diese führt über eine verminderte Belastung und fortdauernde Überbelastung in einen Circulus vitiosus aus Chondrozytenuntergang, Zerstörung der extrazellulären Matrix und reaktiver Synovitis. Es folgen Gelenkergüsse, Schwellungen und Bewegungseinschränkungen [57].

Die Einteilung erfolgt in primäre und sekundäre Arthrosen. Bei der erstgenannten liegt eine Minderwertigkeit des Knorpelgewebes vor, wobei deren Ursache im Einzelnen nicht bekannt ist [39]. Die sekundären Arthrosen sind Folge von prädisponierenden Faktoren, am häufigsten verursacht durch eine

präarthrotische Deformität. Aber auch mögliche metabolische, endokrinologische und traumatische Störungen können Ursache einer Arthrose sein. Als ein maßgeblicher Einflussfaktor für die Entstehung einer Arthrose in der westlichen Welt muss weiterhin die Adipositas genannt werden [58].

Die Gonarthrose ist eine der häufigsten degenerativen orthopädischen Erkrankungen im höheren Alter [39]. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Prävalenz mit dem Alter zunimmt. Frauen sind häufiger betroffen als Männer [59]. Einheitliche Angaben zur Prävalenz lassen sich in der Literatur nicht finden. Oliveria [60] geht von einer Arthroseinzidenz von 240/100.000 für das Kniegelenk aus. Der sprunghafte Anstieg der Inzidenz der Gonarthrosen bei Frauen nach dem 50. Lebensjahr spricht für einen Einfluss hormoneller Veränderungen im Rahmen der Menopause [31].

Die Meniskusläsion findet sich bei Männern ungefähr doppelt so häufig wie bei Frauen. Der Innenmeniskus ist dreimal häufiger verletzt als der Außenmeniskus. In ca. 50% der Läsionen ist das Hinterhorn des Innenmeniskus beschädigt. Diese Gegebenheit lässt sich dadurch erklären, dass hier der Innenmeniskus fest mit dem hinteren Teil des schrägen Seitenbandes verwachsen ist, dadurch weniger beweglich ist und deshalb in diesem Areal der Meniskus maximal beansprucht wird [61].

Im wesentlichen ist in bezug auf den Entstehungsmechanismus zwischen degenerativen und traumatischen Prozessen zu unterscheiden. Das Kniegelenktrauma spielt vorwiegend bei jungen Menschen eine wesentliche Rolle. Häufig kommt es bei Rotationsbewegungen des flektierten und belasteten Kniegelenkes zu einer Läsion des Meniskus. Diese kann sich in Kombination mit einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes und des medialen Seitenbandes als sog. "unhappy triad" präsentieren.

Eine weitere Möglichkeit der Schädigung sind wiederholte Mikrotraumata, wie sie bei Ausübung kniebelastender Sportarten, z.B. Fußball oder dauerhaftem Arbeiten in der Hocke, z.B. Fliesenlegen, auftreten. Bei

fehlendem vorderem Kreuzband besteht ebenfalls ein erhöhtes Risiko der Meniskusläsion.

Primäre Degenerationen sind vorzeitige Alterungsprozesse des Meniskusgewebe ohne nachweisbares Trauma. Bei dieser Art der Schädigung liegt der Altersgipfel zwischen 40. und 50. Lebensjahr [62].

*Kniegelenkinstabilitäten* resultieren aus der Ruptur oder Defektheilung eines Bandes oder ganzer Kapsel-Band-Kompartimente. Als Ursache sind ein indirektes oder direktes Trauma mit Dehnung, Teilruptur oder vollständiger Ruptur einzelner oder mehrerer Kapsel-Band-Abschnitte zu nennen. Durch eine unterbliebene oder ungenügende Therapie oder bei zu früher Belastung des Kniegelenkes verbleibt eine Lockerung der statisch stabilisierenden Elemente, wobei dann die dynamischen Stabilisatoren oftmals nicht in der Lage sind, die Kniegelenkinstabilität zu kompensieren.

Am häufigsten kommt es zur Schädigung des vorderen Kreuzbandes und des medialen Seitenbandes im Rahmen eines Valgus-Flexions-Außenrotationstrauma. Durch die persistierende Kniegelenkinstabilität und den dadurch bedingten entgleisten Roll-Gleit-Mechanismus resultiert eine vermehrte Belastung von Knorpel und Menisken und eine demzufolge zunehmende degenerative Veränderung [41].

### I.3.2 Operative Therapieoptionen

#### I.3.2.1 Arthroskopie

Die Arthroskopie hat sich in den vergangenen 30 Jahren zu einer der wichtigsten klinischen Untersuchungsmethoden für den Orthopäden entwickelt. Während die diagnostische Arthroskopie bereits in den 70er Jahren einen hohen Stand hatte, wurden erst nachdem sich mit Einführung der Videoarthroskopie das Auge des Operateurs vom Arthroskop lösen und damit die sehr unbequeme und sterilitätsgefährdende Situation beim

Arthroskopieren beendet werden konnte, die arthroskopischen Operationen mehr und mehr Routine [78].

Heute wird die Arthroskopie in der Regel als erster operativer Eingriff am Kniegelenk durchgeführt. Sie dient dabei entweder als diagnostisches Werkzeug zur Beurteilung der intraartikulären Verhältnisse, zur Behebung mechanischer Probleme, wie einem Meniskusriss oder einem freien Gelenkkörper, aber auch zur operativen Versorgung des vorderen Kreuzbandes [57].

Aber nicht alle arthroskopischen Anwendungen versprechen Erfolg. In einer placebokontrollierten Studie konnte für die arthroskopische Lavage und das arthroskopische Debridement bei fehlender mechanischer Symptomatik kein signifikanter Benefit gefunden werden [79].

### I.3.2.2 Kniegelenkendoprothese

Die Indikation für eine endoprothetische Versorgung des Kniegelenkes ist gegeben, wenn eine Destruktion der Gelenkflächen vorliegt, die eine starke Verschlechterung der Lebensqualität des Patienten zur Folge hat und durch eine konservative oder gelenkerhaltende Therapie nicht ausreichend behandelbar ist. Die primäre Gonarthrose mit einem progredienten Verschleiß der Gelenkflächen ist hierbei die häufigste Indikation für die Implantation einer Prothese.

Erste experimentelle Schritte zur Knieendoprothetik beschrieb Gluck [63], der mehreren Patienten mit durch TBC bedingten infektiösen Gelenkverschleiß, eine Scharnierprothese aus Elfenbein implantierte. Die Versuche scheiterten allerdings an der hohen Infektionsrate. Mit Weiterentwicklung des Prothesendesign und Einsatz verschiedener Werkstoffe [64,65,66,67] baut die moderne Kniegelenkendoprothetik heute im wesentlichen auf den Erfahrungen der letzten 3 Jahrzehnten auf.



Es können gegenwärtig grundsätzlich zwischen Modellen unterschieden werden, die nur ein Kompartiment (monokondylärer Gelenkersatz) oder die beide femorotibiale Kompartimente bzw. die Rückfläche der Patella ersetzen (bi- und trikompartimentaler Gelenkersatz).

1. Monokondyläre Endoprothesen, sog. "Schlittenprothesen", welche die Oberfläche des medialen oder lateralen Femurkondylus ersetzen, finden ihren Einsatz bei rein unikompartimentalen tibiofemorale Gelenkzerstörungen (z.B. M. Ahlbäck). Unabdingbar ist eine stabile Seitenbandführung, sowie funktionierendes vorderes Kreuzband [68]. Größere Achsenfehlstellungen können (Varus-/Valgusfehlstellung  $> 10-15^\circ$ ) nicht ausgeglichen werden.

2. Die bi- und trikompartimentale Modelle können je nach Art der Verbindung zueinander in ungekoppelte und gekoppelte Totalendoprothesen unterschieden werden.

Bei den ungekoppelten Modellen, z.B. Total Condylar Knee (Insall 1979) [69], Miller-Galante (1985)[70], handelt es sich um einen reinen Oberflächenersatz an Femur und Tibia, wobei die Gelenkführung über die intakten und bei der Implantation erhaltenen Bänder, insbesondere der Seitenbänder, gewährleistet sein muss. Nicht erforderlich bei den bikondylären Prothesen ist das vordere Kreuzband. In bezug auf die Verankerung der Prothese können zwischen zementierten, zementfreien und Hybridmodellen (Femur zementfrei, Tibia zementiert) unterschieden werden.

Die gekoppelten Prothesen, z.B. GSB (Gschwend 1980) [71] sind Scharniergelenke, welche die femorale und tibiale Komponente mittels eines Gelenkführungssystems miteinander verbinden. Je nach System ist neben der Flexion/Extension auch eine Rotationsbewegung im Unterschenkel möglich. Indiziert sind gekoppelte Modelle vor allem bei schweren chronischen ligamentären Gelenkinstabilitäten und bei ausgeprägten Achsabweichungen über  $25^\circ$ . Die Verankerung erfolgt mittels langstieligem Schaft in Femur und Tibia.

#### I.4 Einflüsse auf die Propriozeption

Aufgrund der großen Anzahl von Propriozeptoren im Bereich des Kniegelenkes und deren komplexen Zusammenspielen bei der Kontrolle der Bewegung und Haltung des Körpers gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, die propriozeptive Leistungsfähigkeit durch innere und äußere Einflussfaktoren zu stören.

Kaplan et al. [1] und Skinner et al. [2] konnten zeigen, dass das zunehmende Alter des Probanden einen negativen Einfluss auf die Propriozeption hat. Die Arbeiten von Brocklehurst et al. [4] und Dornan et al. [5] beschrieben, dass ältere Menschen längere Zeit brauchten, um bestimmte Bewegungen auszuführen und fehlerhafte Bewegungsabläufe zu korrigieren. Sie führten dieses auf den Verlust der propriozeptiven Leistungsfähigkeit und statischen Empfindung für die Gelenkposition zurück.

Barrack et al. [3] erkannte eine Abnahme der Propriozeption bei vermehrter Gelenkbeweglichkeit bzw. reduzierter Gelenkstabilität.

Pincivero et al. [6] beobachtete in ihrer Studie eine Abhängigkeit der Propriozeption von der Kniegelenkstellung. Es zeigte sich eine höhere propriozeptive Leistung bei extendiertem Knie ( $15^\circ$ ) als bei flektierter Gelenkstellung ( $30$  und  $60^\circ$ ).

Eine Verbesserung der Propriozeption nach einer 4-Minuten Aufwärmphase vor sportlichen Aktivitäten konnte durch Bartlett et al. [7] nachgewiesen werden.

Bennell et al. [8,9] konnte in zwei Studien darlegen, dass ein experimentell induzierter Knieschmerz durch Injektion von Natriumchloridlösung in den infrapatellaren Fettkörper nicht zu einer Veränderung der propriozeptiven Leistung führt. In einer Arbeit von Hassan et al. [10] konnte dagegen gezeigt werden, dass eine intraartikuläre Injektion eines Lokalanästhetikum

(Bupivacain) bei Patienten mit Gonarthrose eine Verschlechterung der Propriozeption zur Folge hat.

Ebenfalls negativen Einfluss konnten durch ermüdungsbedingte Veränderungen belegt werden [11,12].

Verschiedene Studien wiesen eine Verschlechterung des Stellungssinnes im Kniegelenk nach Zerreißung des medialen Meniskus [13] und nach Ruptur des vorderen [14,15,16] und hinteren Kreuzbandes [17] nach. Auch bei chronisch degenerativen Gelenkerkrankungen, wie der Gonarthrose, konnte dieser Effekt nachgewiesen werden [18,19,20,21].

Zur Aussage, welchen Einfluss die Implantation einer Knie totalendoprothese auf die Propriozeption hat, gibt es in der Literatur unterschiedliche Angaben. Während Collier et al. [22] und Wada et al. [23] zeigten, dass ein endoprothetischer Eingriff zu keiner relevanten Abnahme aber auch zu keiner Zunahme der propriozeptiven Leistung führte, beschrieb Swanik et al. [24] in seiner Arbeit eine Verbesserung der Detektion nach Implantation einer Totalendoprothese. Fuchs et al. [25] kommt zu dem Schluss, dass die Propriozeption nach Implantation einer unikondylären Schlittenprothese im Vergleich zu gleichaltrigen gesunden Probanden keine Defizite aufweist. Bei der Gegenüberstellung zwischen kreuzbanderhaltenden unikondylären und bikondylren Schlittenprothesen konnten keine propriozeptiven Differenzen beobachtet werden [26].

### 1.5 Ergebnisse der prä- und postoperativen Untersuchungen

Wie schon erwähnt, wurden in dieser Studie Patienten untersucht, bei denen bereits in engem zeitlichen Kontext zur Operation Analysen erfolgten. Es wurden von zwei unterschiedlichen Untersuchern 45 Patienten mit fortgeschrittener Gonarthrose, die sich einer operativ-endoprothetischen Versorgung unterzogen [27] und 38 Patienten mit verschiedenen Kniegelenkspathologien und durchgeführter Kniegelenksarthroskopie [28]

präoperativ, drei und sechs Monate postoperativ befragt, untersucht und die propriozeptive Leistung erfasst.

Es konnten für die Patienten mit implantierter Kniegelenkendoprothese folgende Aussagen getroffen werden:

Die präoperative Detektionsschwelle ist bei dem Krankheitsbild der ausgeprägten Gonarthrose im Vergleich zu einer gesunden Normalbevölkerung erhöht. Die Detektionsschwelle ist präoperativ auf der zu operierenden Seite höher, als auf der nicht operierenden Gegenseite. Mit zunehmendem Alter der Patienten steigt die durchschnittliche Detektionsschwelle an. Postoperativ erhöhten sich die klinischen Scorewerte (Lysholm-Score und Knee-Society-Score) und die Detektionsschwellen auf der operierten Kniegelenksseite sanken signifikant. Eine Zunahme der Scorewerte bzw. der propriozeptiven Fähigkeit war aber auch auf der Gegenseite zu verzeichnen [27].

Bei der Arthroskopiepatientengruppe konnten nachfolgende Resultate beobachtet werden:

Die präoperativen Detektionsschwellen waren auf der zu operierenden Seite geringfügig schlechter als auf der kontralateralen Seite. In bezug auf die klinischen Scorewerte zeigten sich für die zu operierende Seite wesentlich schlechtere Werte als für die nicht zu operierende Seite. Postoperativ stiegen die klinischen Scorewerte und auch die Detektionsschwellen sanken signifikant auf der operierten Seite. Ebenfalls konnte auf der nicht operierten Seite ein signifikanter Abfall der Detektionsschwelle nachgewiesen werden. Die Schwellen glichen sich sechs Monate postoperativ auf beiden Seiten an [28].

## I.6 Fragestellung

In der zugänglichen Literatur waren bisher keine Arbeiten zu finden, die eine Verlaufskontrolle nach erfolgtem operativen Eingriff in bezug auf mittelfristige klinische und propriozeptive Resultate beschreiben. Weiterhin wurde bisher in keiner Studie dargestellt, ob bei der genutzten Propriozeptionsmessmethode bei Messwiederholung, die erhobenen Ergebnisse gut reproduzierbar sind.

Um die Vergleichbarkeit der aktuellen Messungen mit den vorangegangenen Untersuchungen zu verifizieren, wurde mit Hilfe von Probandenanalysen ein Nachweis für die Reliabilität erbracht, um die benutzte Messmethode auch für weitere Propriozeptionsmessungen sinnvoll nutzen zu können.

In einem zweiten Arbeitsteil soll weiterhin gezeigt werden, ob und welche Veränderungen sich im Hinblick auf mittelfristige klinische und propriozeptive Resultate nach endoprothetischem Kniegelenksersatz und Arthroskopie ergeben.

In dieser Arbeit sollen differenziert folgende Fragen geklärt werden:

- Welche propriozeptiven Unterschiede zeigen sich bei Kniegesunden im Verlauf von 15 Monaten?
- Ist die Propriozeptionsmessung mittels Messung des Bewegungsinnes reliabel?
- Ist die Propriozeption abhängig von der Erwartungshaltung des Patienten?
- Zeigen sich Veränderungen der klinischen Resultate in einer 3. Nachuntersuchung?
- Wie verändert sich die propriozeptive Leistungsfähigkeit im Vergleich zu den vorangegangenen Untersuchungen?
- Welche Unterschiede gibt es zwischen den beiden Patientengruppen?

## **II. Material und Methoden**

### **II.1 Patientengut**

Für die vorliegende Arbeit wurden in einem Zeitraum zwischen Februar 2004 bis Mai 2005 insgesamt 57 Patienten untersucht. Dabei konnten 3 Gruppen differenziert analysiert werden; die kniegesunde Kontrollgruppe (Gruppe 1), die Gruppe mit implantierter Knieendoprothese (Gruppe 2) und die Gruppe mit durchgeführter Kniearthroskopie (Gruppe 3).

Alle Studienteilnehmer der Endoprothesen- und Arthroskopiegruppe waren Patienten aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie der Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald und wurden bereits in zwei getrennt voneinander laufenden Analysen von anderen Untersuchern jeweils präoperativ, 3 bzw. 6 Monate postoperativ untersucht [27,28].

Die erneute Kontaktaufnahme mit den Patienten erfolgte telefonisch. Einige waren nach unbekannt verzogen, weitere erschienen auch nach mehrmaligen Telefonaten und Zusagen nicht zur 3. Nachuntersuchung. Von den 83 voruntersuchten Patienten konnten insgesamt 49 nochmalig untersucht werden. Im Durchschnitt erfolgte die Kontrolle 20 Monate nach der Operation.

Die Studienteilnehmer der kniegesunden Kontrollgruppe wurden aus Studenten und Mitarbeitern des universitären Betriebes ausgewählt.

#### **II.1.1 Gruppe 1 – gesunde Kontrollgruppe**

Bei diesen Probanden lagen weder anamnestisch noch im Rahmen einer standardisierten klinischen Untersuchung pathologische Kniegelenkbefunde vor.

Diese Gruppe setzte sich aus 4 Frauen und 4 Männern zusammen, wobei das Durchschnittsalter bei 37,1 (23 – 62) Jahren lag.

Das Zeitintervall zwischen den zwei durchgeführten Untersuchungen betrug im Mittel 15 (1 – 33) Monate.

Die nachfolgenden Tabellen 2 – 4 zeigen Alter, BMI und Anzahl der Monate zwischen den Untersuchungen bei den kniegesunden Probanden.

Tab. 2: Alter der kniegesunden Probandengruppe

<b>Alter</b>	Minimum	Maximum	<b>Mittelwert</b>
weiblich	26	53	33,3
männlich	23	62	41
<b>gesamt</b>	23	62	37,1

Tab. 3: BMI der kniegesunden Probandengruppe

<b>BMI</b>	Minimum	Maximum	<b>Mittelwert</b>
	20,2	26,3	23,7

<b>BMI</b>	Anzahl der Patienten
18,5 – 24,9	6
25 – 29,9	2
30 – 39,9	0
> 40	0

Tab. 4: Anzahl der Monate zwischen den Untersuchungen

<b>Monate</b>	Minimum	Maximum	<b>Mittelwert</b>
	1	33	15

## II.1.2 Gruppe 2 - Endoprothesengruppe

Diese Patientengruppe bestand aus 30 Teilnehmern, die im Mittel 16 Monate postoperativ zu einer 3. Nachuntersuchung einbestellt wurden. Dabei war das wichtigste Einschlusskriterium eine vorbestehende Gonarthrose, welche mittels Implantation einer Endoprothese therapiert wurde. Weiterhin musste bereits zweimal eine postoperative Untersuchung erfolgt sein.

Ausgeschlossen waren alle Patienten mit neurologischen Grunderkrankungen oder Erkrankungen, welche einen negativen Einfluss auf den neurologischen Status haben können, wie zum Beispiel M. Alzheimer, M. Parkinson oder die diabetische Polyneuropathie bei bestehendem Diabetes mellitus. Ferner durften Probanden mit einem zwischenzeitlich durchgeführten Prothesenwechsel oder einem Revisionseingriff ebenfalls nicht an der Untersuchung teilnehmen.

Bei allen Patienten bestanden das klinische und röntgenologische Bild einer ausgeprägten Gonarthrose (14 rechte, 14 linke Kniegelenke) oder eine andere Arthropathie des Kniegelenkes (M. Ahlbäck, aseptische Knochennekrose).

Mit einem Durchschnittsalter von 65,1 (46-88) Jahren setzte sich diese Gruppe aus 16 Männern und 14 Frauen zusammen. Das Patientenkollektiv zeigte im Mittel eine starke Adipositas auf, wobei der durchschnittliche BMI bei 33,1 lag.

Die nachfolgenden Tabellen 5 – 8 zeigen Alter, Diagnosen, BMI und Anzahl der postoperativen Monate der Patienten mit Knieendoprothese.



Tab. 5: Alter der Endoprothesengruppe

<b>Alter</b>	Minimum	Maximum	<b>Mittelwert</b>
weiblich	47	88	66,5
männlich	46	75	63,9
<b>gesamt</b>	46	88	65,1

Tab. 6: Diagnosen der Endoprothesengruppe

<b>Diagnosen</b>	weiblich	männlich	<b>gesamt</b>
Gonarthrose links	5	9	14
Gonarthrose rechts	8	6	14
M. Ahlbäck	1	0	1
Aseptische Knochennekrose rechts	0	1	1
<b>gesamt</b>	14	16	30

Tab. 7: BMI der Endoprothesengruppe

<b>BMI</b>	Minimum	Maximum	<b>Mittelwert</b>
	24,9	43,4	33,1

<b>BMI</b>	Anzahl der Patienten
18,5 – 24,9	4
25 – 29,9	11
30 – 39,9	13
> 40	2

Tab. 8: Anzahl der postoperativen Monate

<b>postoperative Monate</b>	Minimum	Maximum	<b>Mittelwert</b>
	13	20	16

### II.1.3 Gruppe 3 – Arthroskopiegruppe

Dieses Kollektiv beinhaltete Patienten, welche aufgrund verschiedener degenerativ oder traumatisch bedingter Kniegelenksarthropathien arthroskopiert und im Anschluss bereits, wie bei der Endoprothesengruppe, zweimal nachuntersucht wurden. Weiterhin war es wiederum wichtig, dass keine neurologische Grunderkrankung bestand und keine Rearthroskopie erfolgte.

Diese Gruppe setzte sich aus 12 Frauen und 7 Männern mit einem Durchschnittsalter von 48,1 (29-65) Jahren zusammen. Es war jeweils nur ein Knie betroffen (7 mal links, 12 mal rechts).

Als Hauptdiagnosen stellten sich Läsionen am Meniskus (9 Patienten) heraus, gefolgt von den Gonarthrosen (6 Patienten), den Erkrankungen der Patella (3 Patienten) und bei einem Patient eine Teilruptur des vorderen Kreuzbandes.

Das Intervall zwischen der Operation und der 3. Nachuntersuchung betrug durchschnittlich 23 (18 – 28) Monate.

Die nachfolgenden Tabellen 9 – 12 zeigen Alter, Diagnosen, BMI und Anzahl der postoperativen Monate der Patienten mit Arthroskopie.

Tab. 9: Alter der Arthroskopiegruppe

<b>Alter</b>	Minimum	Maximum	<b>Mittelwert</b>
weiblich	34	65	50,1
männlich	29	65	44,5
<b>gesamt</b>	29	65	48,1

Tab. 10: Diagnosen der Arthroskopiegruppe

<b>Diagnosen</b>	weiblich	männlich	<b>gesamt</b>
Gonarthrose	4	2	6
mediale Meniskusläsion	3	3	6
laterale Meniskusläsion	1	0	1
beidseitige Meniskusläsion	1	1	2
Chondropathie patellae	2	0	2
Lateralisation der Patella	1	0	1
Teilruptur des vorderen Kreuzbandes	0	1	1
<b>gesamt</b>	12	7	19

Tab. 11: BMI der Arthroskopiegruppe

<b>BMI</b>	Minimum	Maximum	<b>Mittelwert</b>
	20,7	36,3	26,4

<b>BMI</b>	Anzahl der Patienten
18,5 – 24,9	8
25 – 29,9	8
30 – 39,9	3
> 40	0

Tab. 12: Anzahl der postoperativen Monate

<b>postoperative Monate</b>	Minimum	Maximum	<b>Mittelwert</b>
	18	28	23

## II.2 Methodik

### II.2.1 Befragung

Zunächst wurden allgemeine Daten bezüglich Alter, Gewicht, Grösse und beruflicher Tätigkeit erfragt. Weitere zu erhebende Aspekte waren die Art und Anzahl der wöchentlichen körperlichen Aktivitäten, die Vorerkrankungen des Patienten sowie die eventuell zwischenzeitlich aufgetretenen postoperativen Komplikationen, wie zum Beispiel Thrombosen, Gelenkergüsse, Infektionen oder möglicherweise postoperative Revisionseingriffe.

Von speziellem Interesse war das subjektive Empfinden des Patienten nach der Operation. Um dieses zu standardisieren, wurden dem Patienten 4 Kommentare dargelegt, auf die er mit einer Werteskala von 1 (trifft nicht zu) bis 5 (trifft voll zu) antworten konnte. Dabei handelt es sich im einzelnen um folgende Aussagen:

- „Ich habe das Gefühl, dass die Schmerzen nach der Operation weniger geworden sind.“
- „Körperliche Aktivitäten fallen mir leichter.“
- „Ich bin mit dem Heilungsverlauf zufrieden.“
- „Im Alltag komme ich mit dem implantierten Kniegelenk gut zurecht.“

(Die beiden letzten Punkte wurden bei den Patienten mit durchgeführter Arthroskopie nicht erfragt.)

### II.2.2 Klinische Untersuchung

Es erfolgte eine komplette Aufnahme des klinischen Zustandes der beiden Kniegelenke. Dabei achtete der Untersucher auf das Gangbild des Patienten (Benutzung einer Gehstütze, Schonhinken). Des weiteren erfolgte die Inspektion der Operationsnarbe und das Erkennen von Ergüssen, Schwellungen oder Überwärmungen. Der Oberschenkelumfang wurde gemessen. Nachfolgend wurde der Bewegungsumfang nach der Neutral – 0

– Methode bestimmt, um damit eine eventuell vorliegende Beugekontraktur (flexion contracture) oder ein Streckdefizit (extension lag) zu erkennen. Von weiterem Interesse war die Beobachtung einer Achsabweichung in der Traglinie des Beines (Genu varum et valgum). Außerdem erfolgte die Überprüfung der Stabilität der Kreuz- und Seitenbänder (Auslösbarkeit einer vorderen oder hinteren Schublade, mediale oder laterale Aufklappbarkeit des Kniegelenkes).

### II.2.3 Verwendete Scores

#### II.2.3.1 Knie - Society - Score (Insall et al. 1989)

Der von Insall und Mitarbeitern erstmals 1989 vorgestellte Punktescore zur klinischen Nachuntersuchung von Knieendoprothesen ist unterteilt in einen „knee score“, der nur das Kniegelenk selbst beurteilt, sowie in einen „function score“. In dieser Arbeit wurde nur der erste Teil des Scores benutzt, der den Schmerz, Bewegungsausmaß und Gelenkstabilität erfasst. Vom daraus resultierenden Punktwert werden wiederum Punkte abgezogen, die sich aus Beugekontraktur, Streckdefizit und schlechten Alignment ergeben. Insgesamt ist eine maximale Punktzahl von 100 zu erreichen.

#### II.2.3.2 Lysholm – Score

Der in dieser Arbeit verwendete modifizierte Knee – Score nach Lysholm und Gillquist [87] wurde zur Evaluierung von Kniegelenkinstabilitäten entwickelt (Lysholm und Gillquist 1982). Es handelt sich um einen metrischen Score mit einer maximalen Punktzahl von 100. Es werden die Kriterien Hinken, Gehhilfen, Treppensteigen, Hocken, Instabilität, Schmerz, Schwellung und Muskelatrophie erfasst. Dieser Score ist sehr weit verbreitet, besitzt allerdings den Nachteil einer Überbewertung der subjektiven Parameter.

Der Knie - Society - Score und Lysholm - Score sind im Anhang VII dargestellt.

## II.2.4 Messverfahren

Bei der Möglichkeit, die Propriozeption durch Messung des Stellungssinnes oder des Bewegungssinnes zu ermitteln, wurde sich für die Messung des Bewegungssinnes entschieden. Sie beruht auf der Erfassung der Wahrnehmungsschwelle des Bewegungsbeginnes (move detection) und/oder des Bewegungsendes (stop detection), wobei in dieser Arbeit nur die Erfassung des Bewegungsbeginnes eine Rolle spielte. Dabei wird als Maß für die propriozeptive Leistung der Bewegungsumfang in Grad erfasst, der vergeht, bis der Proband die Wahrnehmung der Bewegung signalisiert.

*Detektionsschwelle in Grad S (°)*

=

*Differenzzeit t (s) zwischen tatsächlichem Bewegungsbeginn und  
Tastendruck des Probanden x Winkelgeschwindigkeit (0,8/s)*

Für die Analyse wurde eine handelsübliche CPM – Motorschiene (Typ Artomot K2, Firma Ormed) verwendet, welche modifiziert und an ein computergesteuertes System angeschlossen war. Durch die Schiene waren Stabilität, Rotationssicherheit und eine Verhinderung von Seitwärtsbewegungen des Kniegelenkes gewährleistet. Zusätzlich minimierte die am Unterschenkel angelegte Staumanschette mit Luftpolsterfolie die Irritation von Hautrezeptoren. Eine Beeinflussung des Versuches durch visuelle und akustische Kontrollmöglichkeiten des Probanden wurde mit Hilfe einer Augenbinde und einem über Kopfhörer präsentierten Geräusches („weißes Rauschen“) verhindert.

Bei in entspannter Rückenlage befindlichen Probanden wurde aus Standardisierungsgründen zunächst immer das rechte, dann das linke Bein gemessen, unabhängig davon, welche Seite operiert wurde. Der Proband wurde aufgefordert die nachfolgende Bewegung im Kniegelenk bewusst wahrzunehmen und nicht aktiv mitzubewegen.

Als Ausgangsposition wurde eine Beugung des Kniegelenkes von 45° gewählt, da in dieser Position die beste Relaxation des Kapsel-Band

Apparates gewährleistet ist und dies positive Einflüsse auf die Wahrnehmung der Tiefensensibilität hat. Die passive Beugung in der Motorschiene erfolgte bis zu einer Endflexion von  $55^\circ$  bei einer Winkelgeschwindigkeit von im Durchschnitt  $0,8^\circ/\text{s}$ .

Nach genauer Instruktion des Probanden erfolgte zunächst ein Vorlauf der Propriozeptionsmessung, der zum einen dazu diente, der Versuchsperson die Möglichkeit zu geben sich adäquat auf die Messungen zu konzentrieren und vorzubereiten, andererseits um die genaue Geschwindigkeit zu ermitteln, mit der das Kniegelenk in der Schiene bewegt wurde, da durch unterschiedliche Gewichte der Extremitäten sich relative Differenzen in den Bewegungsgeschwindigkeiten ergaben.

Nach der Signalisierung des Starts der Messung durch den Untersucher begann diese zunächst mit einer vom Computer zufällig ausgewählten Pausenzeit (Scheinbewegung) in der keine Vorwärtsbewegung der Motorschiene erfolgte, der Proband aber schon die Möglichkeit hatte, seinen vermeintlich gespürten Bewegungsbeginn anzuzeigen. Anschließend begann die Bewegung der Schiene, wobei es nun die Aufgabe des Probanden war, den verspürten Bewegungsbeginn durch Tastendruck auf die Maus sofort zu signalisieren. Für jede Seite wurden 4 Messungen durchgeführt.

Als Detektionsfehler wurden Messungen gewertet, bei denen keine Detektion bis zu einem Winkel von  $5^\circ$  erfolgte oder bei denen schon eine Anzeige des Bewegungsbeginnes in der Pausenzeit stattfand.

Abbildung 4 und 5 zeigen die Messanordnung und die verwendeten Hilfsmittel.

### II.2.5 Statistische Auswertung

Verwendet wurde das handelsübliche Statistikprogramm SAS. Zur Überprüfung der Signifikanz wurde der Wilcoxon-Paar-Differenztest durchgeführt. Zur Überprüfung einer eventuellen Korrelation zwischen den Detektionsschwellen und den Pausenzeiten wurde der Pearsonsche Korrelationskoeffizient berechnet.



Abb. 4: Messanordnung mit Proband



Abb. 5: verwendete Hilfsmittel

- 1 – Motorschiene (Typ Artomot K2, Firma Ormed)
- 2 – Signalgeber (Maus)
- 3 – Walkman
- 4 – Luftpolsterfolie
- 5 – Staumanschette
- 6 – angeschlossene Recheneinheit



### III. Ergebnisse

#### III.1 Experimentelle Ergebnisse

##### III.1.1 Propriozeptive Fähigkeiten der gesunden Probandengruppe

In einer Zeitspanne von durchschnittlich 15 Monaten wurden acht Probanden zweimal untersucht und nachfolgend auf dem Propriozeptionsmessplatz analysiert, um die Detektionsschwellen zu ermitteln. Das wichtigste Einschlusskriterium war, dass keine positive Knieanamnese in bezug auf degenerative oder traumatische Ereignisse zu eruieren war. Zwischen 1. und 2. Untersuchung erfolgte ein Untersucherwechsel.

Bei der 1. Untersuchung war eine Detektionsschwelle von  $1,5^\circ$  zu beobachten. 15 Monate später zeigte sich keine Veränderung dieser Werte. Im Mittel ergaben sich Schwellenwerte von  $1,4^\circ$ .

In Abbildung 6 sind die Detektionsschwellen in der Voruntersuchung und Nachuntersuchung dargestellt.

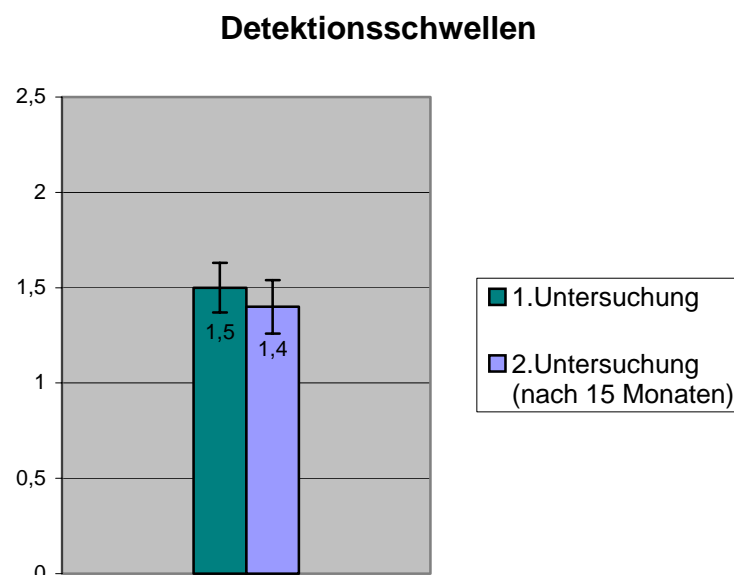


Abb. 6: Detektionsschwellen in Grad ( $^\circ$ ) zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten, Mittelwert mit Standardfehler

### III.1.2 Korrelationsanalyse der Detektionsschwellen gegenüber den Pausenzeiten

Um zu überprüfen, ob die Erwartungshaltung und gedankliche Konzentration der Patienten auf die zu erwartende Bewegung der Messeinrichtung einen Einfluss auf die Höhe der Detektionsschwelle hat, wurde dem Beginn der Messung eine Pausenzeit (Scheinbewegung) vorangestellt. Die Länge der Pause wurde vom Computer zufällig gewählt und variierte zwischen 0,1 bis 5,0 Sekunden.

Nachdem der Untersucher dem Patienten den Start der Analyse bekannt gab, folgte zunächst die Pausenzeit, in der es zu keiner Bewegung kam. Nach Abschluss dieser Scheinbewegung begann dann die Vorwärtsbewegung der Motorschiene. Für diese Untersuchung wurden sowohl die Patienten mit Endoprothese, als auch die Arthroskopiepatienten einbezogen.

Es zeigten sich für beide Patientengruppen kein Zusammenhang zwischen der Pausenzeit und der Höhe der Detektionsschwelle, weder für die OP-Seite noch für die nichtoperierte Seite. Für die Patienten mit Knieendoprothese ergab der Pearsonsche Korrelationskoeffizient einen Wert von 0,1846 für die nichtoperierte Seite und 0,2237 für die operierte Seite. Ähnliche ergaben sich bei der Arthroskopiegruppe. Die OP-Seite wies einen Koeffizienten von 0,3948, die nichtversorgte Seite 0,3305 auf.

Die nachfolgenden Abbildungen 7 – 10 verdeutlichen die aufgezeigten Ergebnisse.

## Korrelation Knieendoprothese

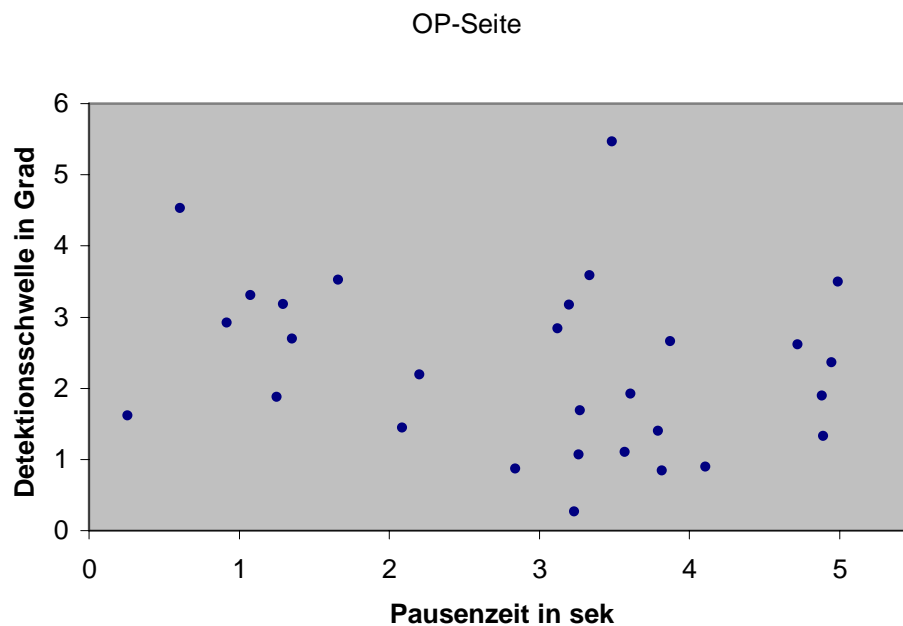


Abb. 7: Korrelation zwischen Pausenzeit und Detektionsschwelle bei Patienten mit Endoprothese, OP-Seite  
Pearsonscher Korrelationskoeffizient: 0,2237

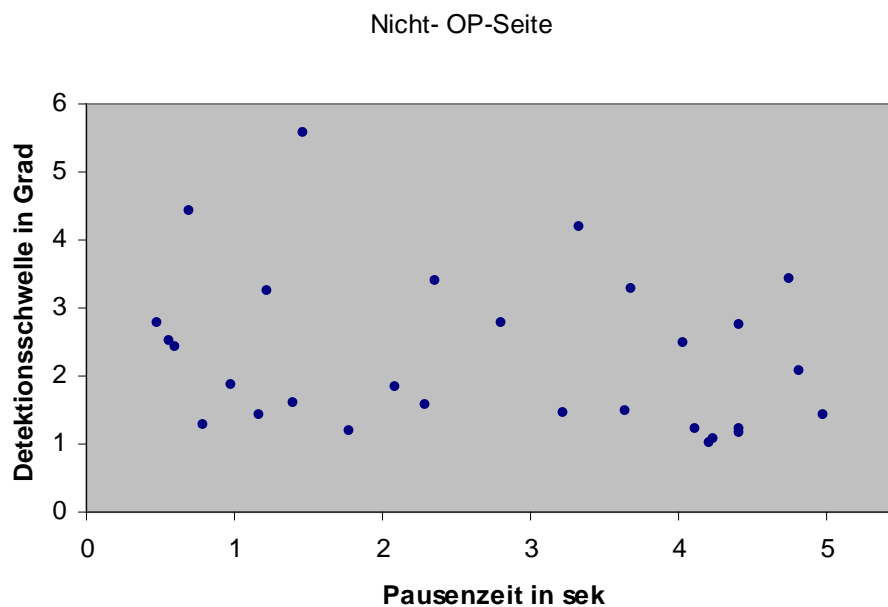


Abb. 8: Korrelation zwischen Pausenzeit und Detektionsschwelle bei Patienten mit Endoprothese, Nicht- OP-Seite  
Pearsonscher Korrelationskoeffizient: 0,1846

## Korrelation Arthroskopie

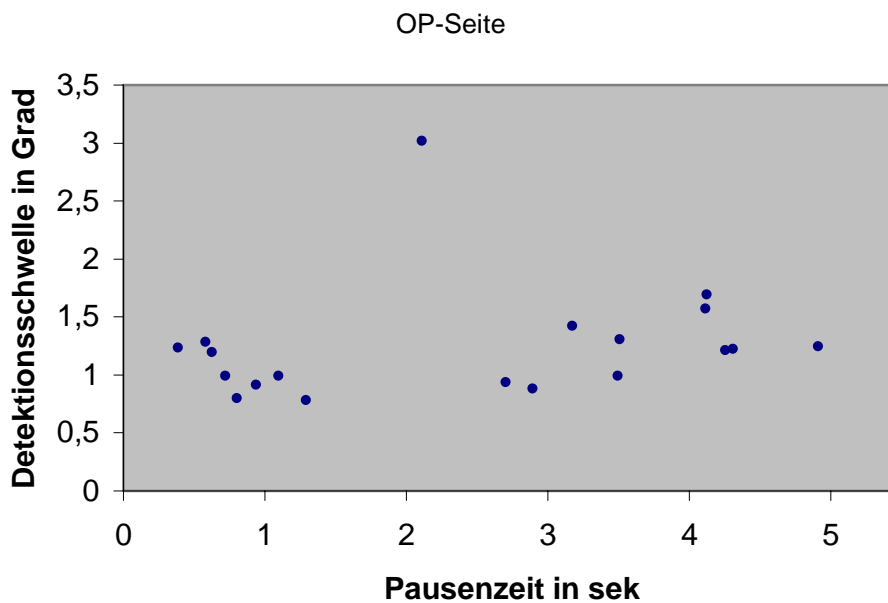


Abb. 9: Korrelation zwischen Pausenzeit und Detektionsschwelle bei Patienten mit Arthroskopie, OP-Seite  
Pearsonscher Korrelationskoeffizient: 0,3948

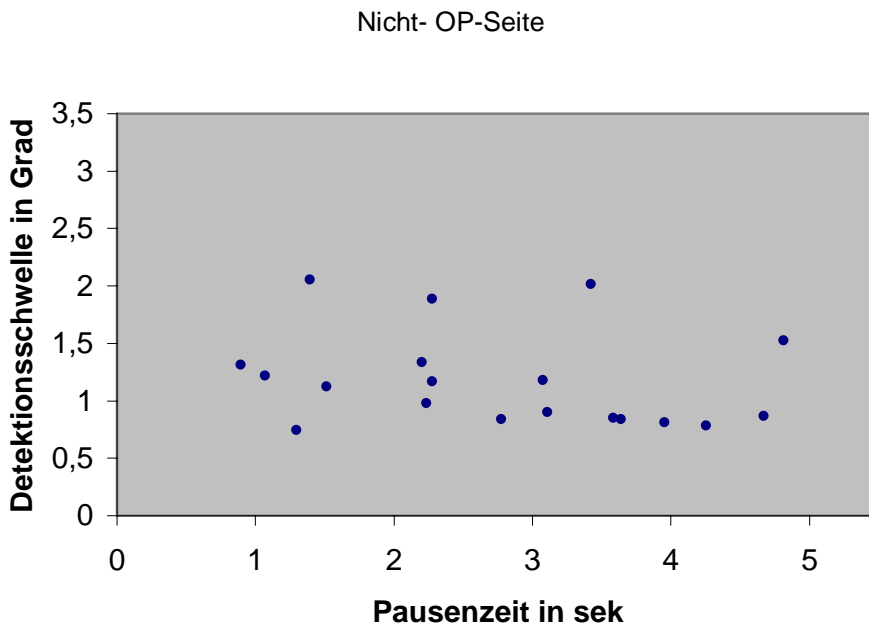


Abb. 10: Korrelation zwischen Pausenzeit und Detektionsschwelle bei Patienten mit Arthroskopie, Nicht- OP-Seite  
Pearsonscher Korrelationskoeffizient: 0,3305

### III.2 Klinische und propriozeptive Ergebnisse

Die klinischen Ergebnisse wurden durch die vorangegangenen umfassenden Befragungen der Patienten, den darauf folgenden körperlichen Untersuchungen und durch die abschließende Analyse der Propriozeption erfasst. Diese 3. Nachuntersuchung erfolgte, wie schon eingangs erklärt, durch einen anderen Untersucher.

Die Analysen wurden zunächst für die Gruppe der Patienten mit Knieendoprothese und anschließend analog für die Patientengruppe mit Arthroskopie durchgeführt.

#### III.2.1 Endoprothesengruppe

##### III.2.1.1 Subjektive Empfindungen

Um die subjektiven Empfindungen der Patienten zu evaluieren, wurden sie aufgefordert, auf die vier Angaben zur Aktivität (Körperliche Aktivitäten fallen mir nach der Operation leichter.), zum Alltag (Im Alltag komme ich mit dem Kniegelenk gut zurecht.), zum Schmerzempfinden (Ich habe das Gefühl, dass die Schmerzen nach der Operation nachgelassen haben.) und zur Heilung (Ich bin mit dem Heilungsverlauf zufrieden.) mit maximal 5 Punkten zu antworten. Diese Höchstpunktzahl konnten sie vergeben, wenn sie voll mit der Aussage übereinstimmten. Bestand überhaupt keine Übereinstimmung, wurde nur ein Punkt verteilt.

**Aktivität:** Während sich 3 Monate postoperativ 30 % der Patienten (9 Pat.) und 6 Monate nach der Operation noch 73 % (22 Pat.) mit dieser Aussage voll identifizierten, waren es 16 Monate danach nur noch 60 % (18 Pat.). Der durchschnittliche Punktwert fiel von 4,5 sechs Monate postoperativ, auf 4,4 16 Monate nach der Operation.

**Alltag:** Im Alltag kamen 83 % (25 Pat.) der Knie TEP Patienten nach 16 Monaten sehr gut mit ihrer Endoprothese zurecht. Hierbei erweist sich kein weiterer Anstieg zu den 83 % der Patienten, die 6 Monate postoperativ

optimal mit dem neuen Kniegelenk zurecht kamen. Während der Durchschnittswert noch zwischen der ersten und zweiten Nachuntersuchung einen Anstieg von 4,3 auf 4,7 verbuchte, erhöhte er sich bei der Untersuchung 16 Monate postoperativ nur noch leicht um 0,1 Punkte auf 4,8.

**Schmerz:** Mit der Aussage, dass der Schmerz nach der Operation nachgelassen habe, konnten sich 16 Monate postoperativ 25 von 30 Patienten (83%) voll identifizieren. Bei der 2. Untersuchung nach sechs Monaten waren es noch 2 Patienten mehr (27/30 Pat.; 90%). Im Durchschnitt blieb der Punktwert konstant bei 4,8 gegenüber der Untersuchung nach einem halben Jahr. Zwischen der Befragung nach drei und sechs Monaten zeigte sich noch ein Anstieg von 4,4 auf 4,8 Punkte.

**Heilung:** Ähnlich wie beim Schmerzempfinden, zeigte sich auch hier kein weiterer Anstieg. Nach 6 und 16 Monaten waren es jeweils 90 % der Patienten (27 Pat.), die voll mit dem Heilungsverlauf zufrieden waren.

Das Mittelmaß des Punktwertes erhöhte sich schwach auf 4,9 in der 3.Nachuntersuchung. In den Untersuchungen drei und sechs Monate nach der Operation waren es Werte von 4,6 und 4,8 im Mittelmaß.

Die folgende Abbildung 11 zeigt den Verlauf der subjektiven Empfindungen.

### subjektive Empfindungen

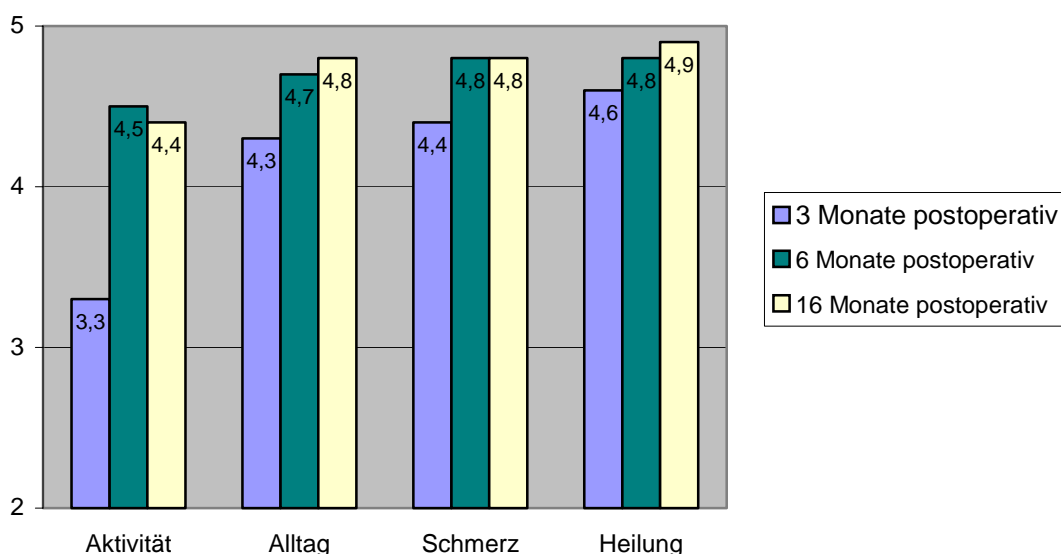


Abb. 11: Darstellung der subjektiven Empfindung nach 3, 6 und 16 Monate postoperativ

### III.2.1.2 Bewegungsumfang

Der Bewegungsumfang wurde innerhalb des Knie - Society - Score evaluiert. Dabei wurde eine weitere Verbesserung der Beweglichkeit in der 3. Nachuntersuchung auf der operierten Seite beobachtet. Von einer präoperativen Beweglichkeit von  $104^\circ$  ausgehend, zeigte sich zunächst eine Verschlechterung auf  $97^\circ$ . In der 2. Nachuntersuchung nach 6 Monaten ergab sich ein Anstieg auf  $102^\circ$ . Die durchgeführte 3. Nachuntersuchung nach 16 Monaten postoperativ bestätigte eine weitere Erhöhung des Bewegungsumfanges um  $4^\circ$  auf  $106^\circ$ .

Die schon in den Voruntersuchungen (präoperativ, 1. und 2. Nachuntersuchung) beobachteten Bewegungsumfänge von durchschnittlich  $121^\circ$  auf der nichtoperierten Seite, wiesen auch bei der Kontrolle nach 16 Monaten keine weitere Verbesserung auf. Der Umfang betrug dabei, wie bei der Untersuchung nach einem halben Jahr  $122^\circ$ . Präoperativ ergab sich ein Wert von  $121^\circ$ , postoperativ nach 3 Monaten  $120^\circ$ .

Die Bewegungsumfänge sind in Abbildung 12 graphisch dargestellt.

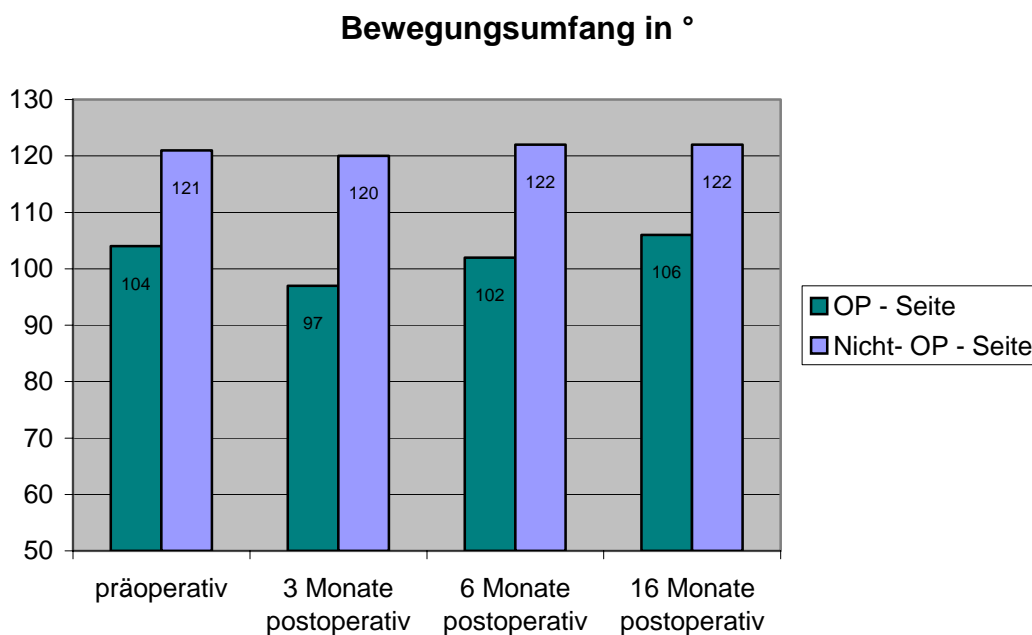


Abb. 12: Bewegungsumfänge in ° zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten, Mittelwert

### III.2.1.3 Knie - Society - Score (Insall et al. 1989)

Die Bestimmung des Knie - Society - Score auf der operierten Seite erbrachte keine weitere Verbesserung der Punktezahl. Er blieb mit 84 Punkten fast konstant im Vergleich zur vorherigen Untersuchung (86 P.). In den vorangegangenen Messungen beobachtete man noch steigende Werte, die ausgehend von 49 Punkten präoperativ, dann 78 Punkte nach 3 Monaten betragen.

Im Gegensatz zur operierten Seite konnte auf der nichtoperierten Seite ein Anstieg des Knie - Society - Score nachgewiesen werden. Er stieg signifikant 16 Monate postoperativ um 5 Punkte von 84 (6 Monate postoperativ) auf 89 Punkte ( $p < 0,05$ ). Noch in den Messungen zuvor, blieb er relativ konstant (präoperativ 80, nach 3 Monaten 85).

Die gesamten Werte des KSS im Verlauf sind in Abbildung 13 dargestellt.

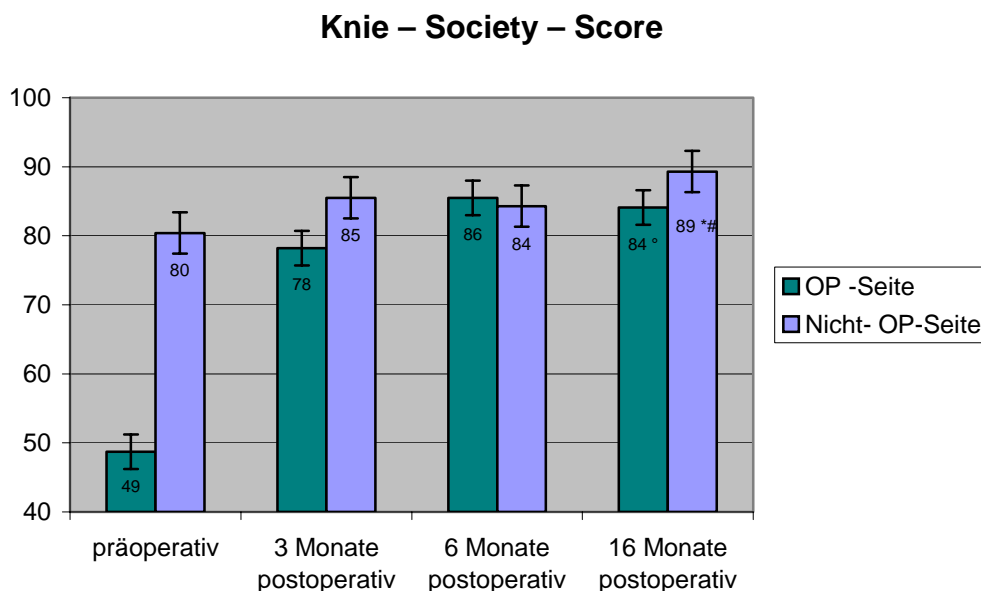


Abb. 13: Knie - Society - Score nach den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten, Mittelwert mit Standardfehler  
 ° signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$ ) zur präoperativen Untersuchung  
 \* signifikanter Unterschied ( $p < 0,05$ ) zur präoperativen Untersuchung  
 # signifikanter Unterschied ( $p < 0,05$ ) zur 2. Nachuntersuchung (Wilcoxon-Paar-Differenztest)



### III.2.1.4 Lysholm - Score

Der Lysholm - Score verzeichnete auf der versorgten Seite mit Endoprothese nach 16 Monaten eine leichte Deszendenz von 84 (6 Monate postoperativ) auf 82 Punkte, die sich aber im Wilcoxon-Paar-Differenztest als nicht signifikant heraus stellte. In bezug auf die präoperative Bestimmung des Lysholm - Score (41 Punkte) bestand aber weiterhin eine signifikante Differenz ( $p < 0,001$ ).

Auf der nichtoperierten Seite wies der Lysholm - Score weiter ansteigende Werte auf. Er stieg von 82 (6 Monate postoperativ) auf 85 Punkte in der 3. Nachuntersuchung. Dieser Unterschied zeigte aber keine statistische Signifikanz. Wie auch schon auf der operierten Seite bestätigte sich ein signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$ ) zu den Werten der präoperativen Kontrollen des Scores (72 Punkte).

Abbildung 14 zeigt die Verlaufswerte des Lysholm - Score.

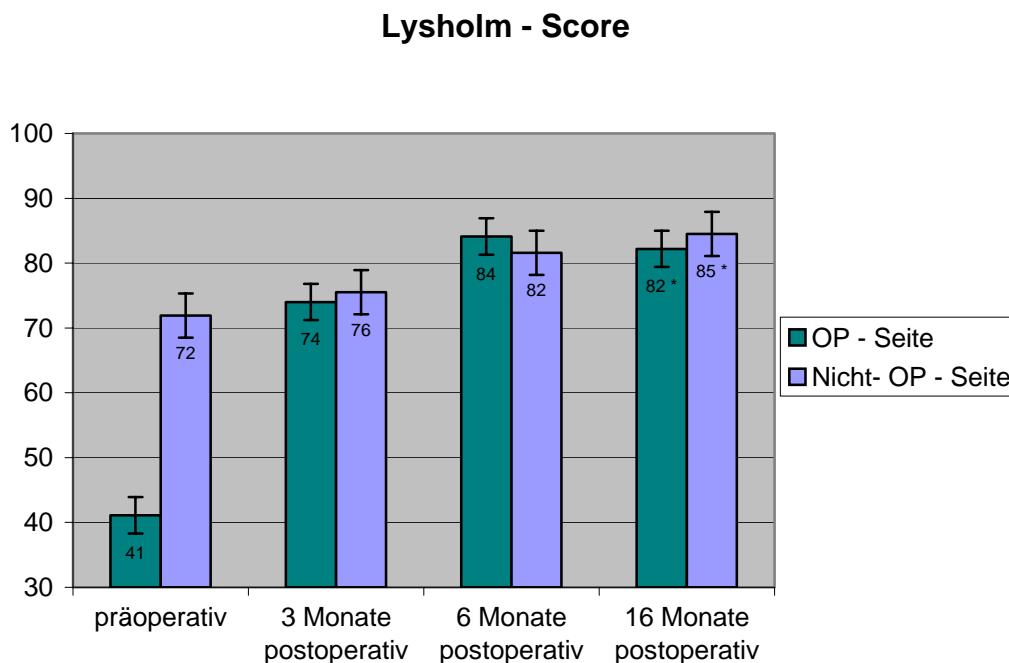


Abb. 14: Lysholm - Score zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten, Mittelwert mit Standardfehler  
\* signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$ ) zur präoperativen Untersuchung (Wilcoxon-Paar-Differenztest)

### III.2.1.5 Propriozeptive Fähigkeiten

Um die propriozeptiven Fähigkeiten der insgesamt 30 Patienten zu eruieren, wurden in der 3. Untersuchung nach 16 Monaten die Detektionsschwellen ermittelt und mit denen der vorangegangenen Analysen verglichen.

Dabei zeigen kleine Winkelgrade eine niedrige Empfindungsschwelle an und entsprechen damit einer besseren Fähigkeit der Propriozeption.

Es konnte dabei beobachtet werden, dass es zu keiner Verbesserung der Propriozeption kam, weder auf der operierten, noch auf der nichtoperierten Seite. Auf beiden Seiten ergaben sich durchschnittliche Detektionsschwellen von  $2,3^\circ$ . 10 Monate vorher (6 Monate postoperativ) entsprach sie  $2,3^\circ$  auf der operierten und  $2,4^\circ$  auf der nichtoperierten Seite. Im Gegensatz dazu bestätigte sich zwar die deutliche Verbesserung gegenüber den präoperativen Ergebnissen ( $2,6^\circ$  operierte Seite;  $2,5^\circ$  nichtoperierte Seite), diese konnten aber in dieser Arbeit als nicht statistisch signifikant gewertet werden (jeweils  $p > 0,05$ ).

Abbildung 15 unterlegt nochmals alle beobachteten Ergebnisse in allen Untersuchungen.

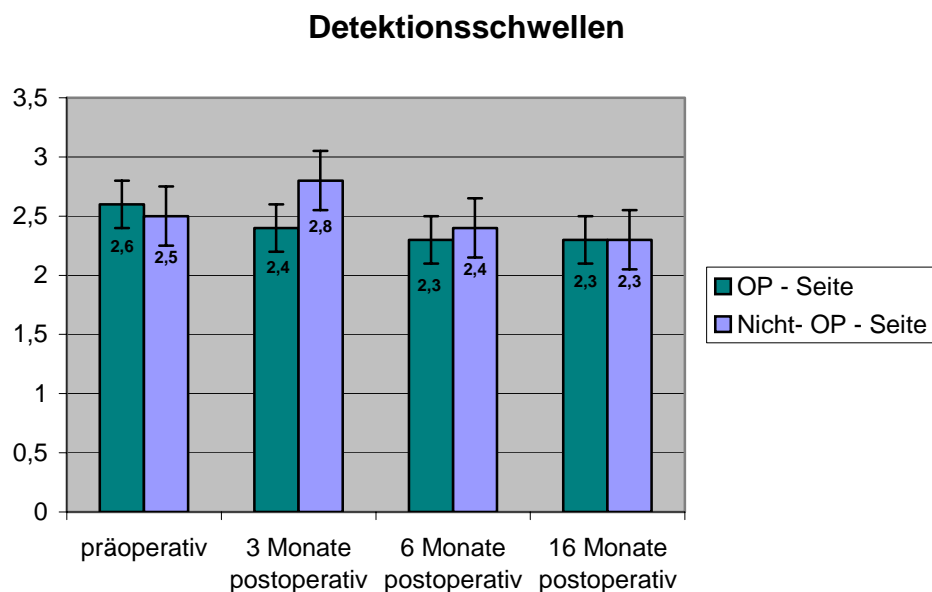


Abb. 15: Detektionsschwellen in Grad ( $^\circ$ ) zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten, Mittelwert mit Standardfehler

In der folgenden Tabelle 13 sind alle Ergebnisse der Patienten mit Knieendoprothese im zeitlichen Verlauf dargestellt.

Tab. 13: klinische Ergebnisse im zeitlichen Vergleich

<b>Bewegungs- umfang (°)</b> (Mittelwert)	präoperativ	3 Monate postoperativ	6 Monate postoperativ	16 Monate postoperativ
OP-Seite	104	97	102	106
Nicht- OP-Seite	121	120	122	122

<b>KSS</b> (Mittelwert)				
OP-Seite	49	78	86	84 °
Nicht- OP-Seite	80	85	84	89 *#

° signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$ ) zur präoperativen Untersuchung

\* signifikanter Unterschied ( $p < 0,05$ ) zur präoperativen Untersuchung

# signifikanter Unterschied ( $p < 0,05$ ) zur 2. Nachuntersuchung  
(Wilcoxon-Paar-Differenztest)

<b>Lysholm – Score</b> (Mittelwert)				
OP-Seite	41	74	84	82 *
Nicht- OP-Seite	72	76	82	85 *

\* signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$ ) zur präoperativen Untersuchung  
(Wilcoxon-Paar-Differenztest)

<b>Detektions- schwelle (°)</b> (Mittelwert)				
OP-Seite	2,6	2,4	2,3	2,3
Nicht- OP-Seite	2,5	2,8	2,4	2,3

### III.2.2 Arthroskopiegruppe

Analog den Patienten mit Knieendoprothese wurden 23 Monate postoperativ 19 Patienten mit durchgeführter Arthroskopie am Kniegelenk ein drittes Mal untersucht. Dieses umfasste wiederum die Befragung, die körperliche Untersuchung und die anschließende Analyse auf dem Messplatz zur Quantifizierung der propriozeptiven Leistungsfähigkeit.

#### III.2.2.1 Subjektive Empfindungen

**Schmerz:** Auf die Frage ob der Schmerz nach der Operation nachgelassen habe, konnten nur 6 von 19 Patienten mit voller Punktezahl antworten. Dieses entspricht nur 32 %. In der Untersuchung nach einem halben Jahr war es noch 1 Patient mehr. Im Durchschnitt betrug der Wert 3,6 und blieb damit konstant zum Wert sechs Monate postoperativ. 3 Monate postoperativ betrug er noch 3,2.

**Aktivität:** Während sich der durchschnittliche Punktwert von 3,3 sechs Monate postoperativ auf 3,5 in der 3. Nachuntersuchung verbesserte, konnten sich hier nur noch 5 von 19 Patienten (26 %) voll mit Aussage identifizieren, dass körperliche Aktivitäten nach der Operation leichter fielen. Kurz nach der OP waren es noch 8, sechs Monate danach 6 Patienten. Die nachstehende Abbildung 16 zeigt den zeitlichen Verlauf.

#### Subjektive Empfindungen

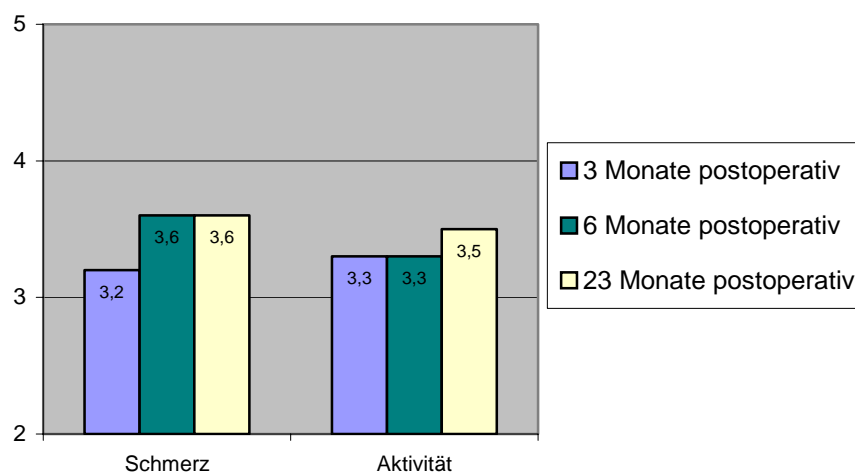


Abb. 16: Darstellung der subjektiven Empfindungen nach 3, 6 und 23 Monaten postoperativ

### III.2.2.2 Knie – Society – Score (Insall et al. 1989)

Für den Knie - Society - Score auf der operierten Seite ergab sich ein Anstieg von 86 (6 Monate postoperativ) auf 90 Punkte in der 3. Nachuntersuchung. Dieser stellte sich im Wilcoxon-Paar-Differenztest aber als nicht signifikant heraus. Im Vergleich zu den Ausgangswerten, welche präoperativ erhoben wurden, stieg er insgesamt von 74 Punkten um 16 Punkte (signifikanter Unterschied zur präoperativen Untersuchung  $p < 0,01$ ).

Für die nichtoperierte Seite bestätigte sich die schon früher beobachtete Konstanz des KSS. Er erhöhte sich nur leicht von 96 (6 Monate postoperativ) auf 98 Punkte. Dieser minimale Anstieg war nicht signifikant. Der präoperative Wert betrug 95 Punkte, 3 Monate postoperativ 97 Punkte.

Abbildung 17 stellt den KSS bei den verschiedenen Nachuntersuchungen dar.

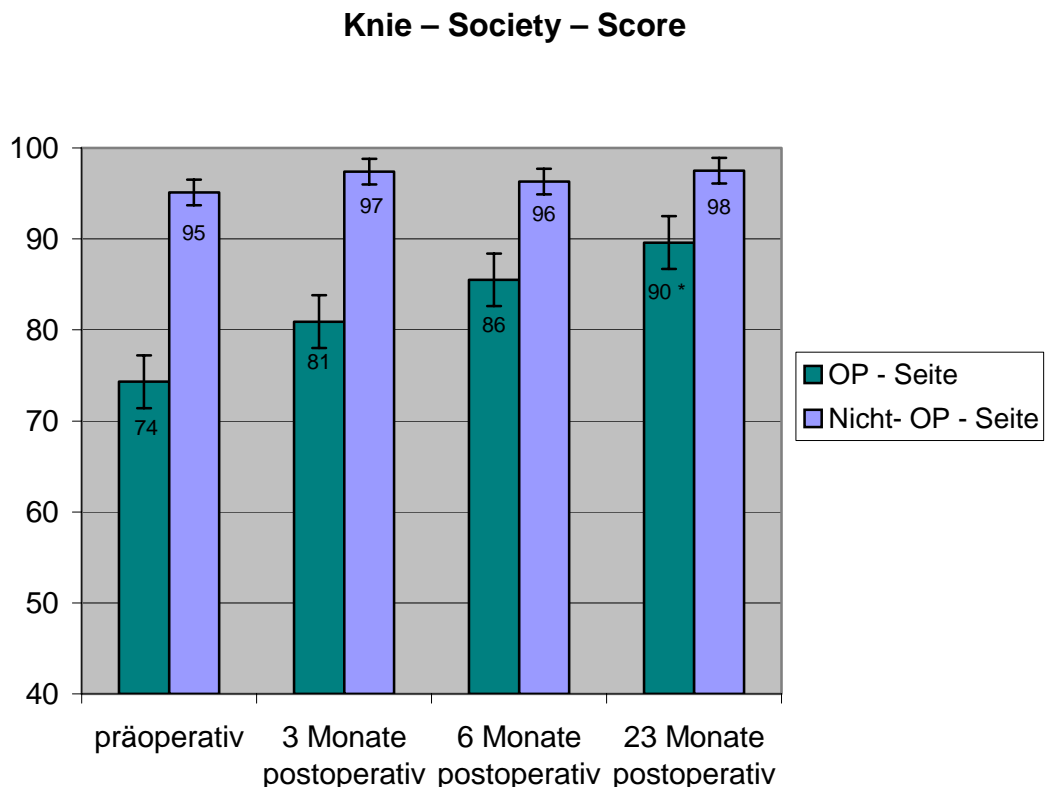


Abb. 17: Knie - Society - Score zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten, Mittelwert mit Standardfehler

\* signifikanter Unterschied ( $p < 0,01$ ) zur präoperativen Untersuchung (Wilcoxon-Paar-Differenztest)

### III.2.2.3 Lysholm – Score

Der Lysholm – Score verbuchte auf der arthroskopierten Seite nach 23 Monaten einen starken Anstieg um 10 Punkte, von 78 (6 Monate postoperativ) auf 88 Punkte (signifikanter Unterschied zur Untersuchung nach 6 Monaten  $p < 0,05$ ). Präoperativ betrug der Score noch 56 Punkte (Signifikanz zur 3. Nachuntersuchung  $p < 0,001$ ).

Wie schon beim KSS wurde auf der nichtoperierten Seite ein konstant hoher Lysholm – Score beobachtet. Er betrug 23 Monate postoperativ 95 Punkte. Präoperativ wies er einen Wert von 95, ein halbes Jahr nach der Operation 96 Punkte auf.

Insgesamt glichen sich die Werte von operierter und nichtoperierter Seite einander nicht an.

In Abbildung 18 wird der zeitliche Verlauf des Lysholm – Score gezeigt.

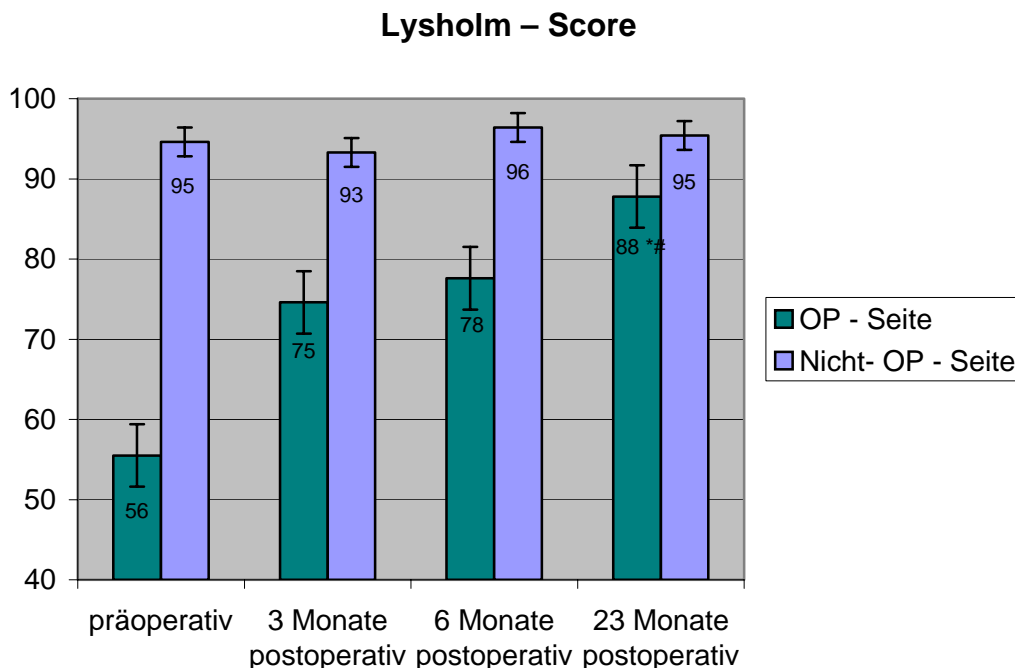


Abb. 18: Lysholm – Score zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten, Mittelwert mit Standardfehler

\* signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$ ) zur präoperativen Untersuchung

# signifikanter Unterschied ( $p < 0,05$ ) zur 2. Nachuntersuchung (Wilcoxon-Paar-Differenztest)

### III.2.2.4 Propriozeptive Fähigkeiten

Für die operierte Seite wurde eine weitere Verbesserung der Propriozeption beobachtet. Sie sank von durchschnittlich 1,6° (6 Monate postoperativ) auf 1,4° nach 23 Monaten. Diese Depression der Detektionsschwelle konnte aber nicht mit einer statistischen Signifikanz belegt werden. Präoperativ lag die Schwelle noch bei 2,2° (signifikanter Unterschied zur 3.Nachuntersuchung  $p < 0,01$ ), 3 Monate später bei 2°.

Auch auf der nichtoperierten Seite konnte ein schwacher Abfall der Werte gezeigt werden. Hier fiel er von 1,5° sechs Monate postoperativ auf 1,4° nach 23 Monaten. In der präoperativen Untersuchung und auch in der Analyse nach 3 Monaten lag die Detektionsschwelle jeweils noch bei 1,9° (signifikanter Unterschied zur 3. Nachuntersuchung  $p < 0,05$ ).

Insgesamt konnte auf beiden Seiten eine Annäherung der Detektionsschwellen auf 1,4° aufgewiesen werden.

Nachfolgende Abbildung 19 zeigt den zeitlichen Verlauf der Detektionsschwellen.

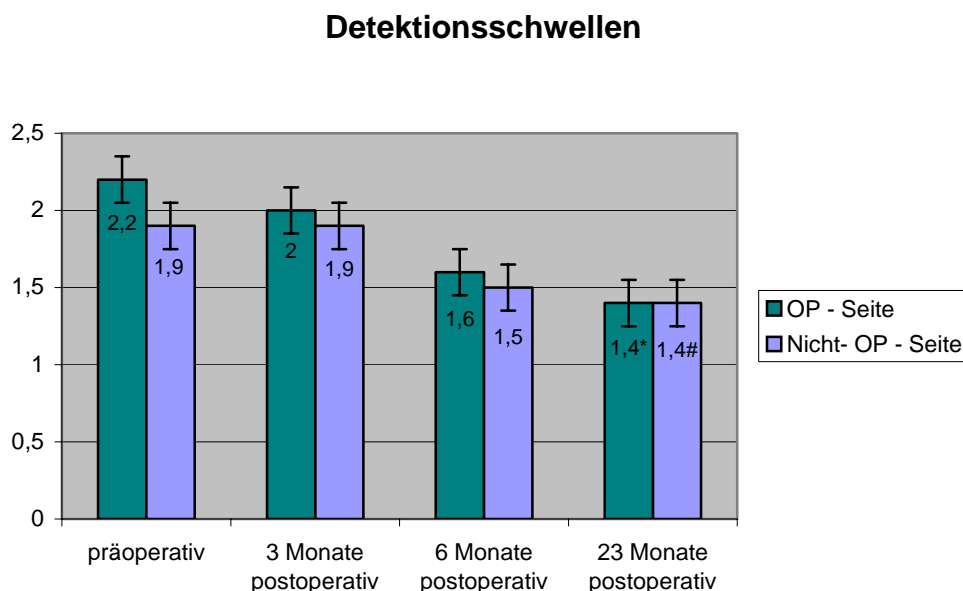


Abb. 19: Detektionsschwellen in Grad (°) zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten, Mittelwert mit Standardfehler

\* signifikanter Unterschied ( $p < 0,01$ ) zur präoperativen Untersuchung

# signifikanter Unterschied ( $p < 0,05$ ) zur präoperativen Untersuchung (Wilcoxon-Paar-Differenztest)

In der folgenden Tabelle 14 sind alle Ergebnisse der Patienten mit Kniearthroskopie im zeitlichen Verlauf dargestellt.

Tab. 14: klinische Ergebnisse im zeitlichen Verlauf

<b>KSS</b> (Mittelwert)	präoperativ	3 Monate postoperativ	6 Monate postoperativ	23 Monate postoperativ
OP-Seite	74	81	86	90 *
Nicht- OP-Seite	95	97	96	98

\* signifikanter Unterschied ( $p < 0,01$ ) zur präoperativen Untersuchung (Wilcoxon-Paar-Differenztest)

<b>Lysholm-Score</b> (Mittelwert)				
OP-Seite	56	75	78	88 *#
Nicht- OP-Seite	95	93	96	95

\* signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$ ) zur präoperativen Untersuchung  
# signifikanter Unterschied ( $p < 0,05$ ) zur 2. Nachuntersuchung (Wilcoxon-Paar-Differenztest)

<b>Detektions- schwelle (°)</b> (Mittelwert)				
OP-Seite	2,2	2,0	1,6	1,4 *
Nicht- OP-Seite	1,9	1,9	1,5	1,4 #

\* signifikanter Unterschied ( $p < 0,01$ ) zur präoperativen Untersuchung  
# signifikanter Unterschied ( $p < 0,05$ ) zur präoperativen Untersuchung (Wilcoxon-Paar-Differenztest)



## IV. Diskussion

### IV.1 Wahl des Messverfahrens

In der Literatur haben verschiedene Messverfahren zur Erfassung der Propriozeption eine Verbreitung gefunden. Dabei wird häufig der Anschein erweckt, dass es sich bei den Messungen zur Registrierung des Stellungs- oder Bewegungssinnes um die Quantifizierung der gesamten propriozeptiven Fähigkeit handelt. Diese ist aber sehr viel komplexer. Bei den beiden Sinnen handelt es sich um zwei getrennte Systeme, die sich bestenfalls ergänzen, aber nicht gleichzusetzen sind mit der Propriozeption als Ganzes [19]. Daher lassen Messungen nur einer Qualität der propriozeptiven Leistung auch nur Rückschlüsse auf diese eine zu.

In der zurückliegenden Zeit haben sich hauptsächlich zwei Arten von Messansätzen zur Erfassung der propriozeptiven Leistungsfähigkeit am Kniegelenk durchgesetzt, die Registrierung des Stellungs- und Bewegungssinnes.

Die Tests zur Erfassung des Stellungssinnes beruhen prinzipiell immer auf dem gleichen Grundsatz. Ein Winkel im Kniegelenk soll vom Probanden so genau wie möglich nachgestellt werden. Der Untersucher stellt den Winkel mit einer definierten Geschwindigkeit ein. Nachdem der Winkel einige Sekunden gehalten wurde, wird der Proband aufgefordert, diesen nachzustellen. Die Differenz zwischen dem vom Untersucher vorgegebenen und vom Probanden nachgestellten Winkel wird als Maß für die propriozeptive Leistung angesehen.

Trotz gleichen Prinzips zeigen sich in der Literatur zahlreiche Modifikationen zur Erfassung des Stellungssinnes. Es gibt Unterschiede in der Art der Winkelreproduktion und der Winkelmessung [13,14,18], als auch in der Stellung des Oberkörpers der Probanden bei der Versuchsdurchführung, die zum Teil erheblich voneinander abweicht [3,13,73]. Weiterhin sind die verwendeten Geschwindigkeiten, mit denen die Winkel eingestellt wurden, sehr uneinheitlich [3,72].

Diese Art der Erfassung der Propriozeption bietet verschiedene methodische Probleme auf. Pap et al. [19] und Hall et al. [36] wiesen in ihren Arbeiten darauf hin, dass neben der unzureichenden Eliminierung von kutanen Reizen und der Nichtberücksichtigung der passiven Einstellbewegung als propriozeptiven Reiz als solches, es sich bei dieser Art von Nachstellversuchen im großem Maße um Leistungen des Kurzzeitgedächtnisses handelt. Weiterhin ist die Reproduktion und Schätzung verschiedener Winkel von der Leistung des räumlichen Vorstellungsvermögens abhängig.

In der vorliegenden Arbeit wurde sich für die Messung des Bewegungssinnes zur Bestimmung der Wahrnehmungsschwelle des Bewegungsbeginnes entschieden. Wie schon eingangs beschrieben, bestand die Aufgabe der Patienten darin, die erste wahrgenommene Bewegung im Kniegelenk mittels Knopfdruck zu melden. Die Differenz zwischen Ausgangswinkel und dem Gelenkwinkel, bei dem durch den Probanden der Anfang einer Bewegung gemeldet wurde, wird als Maß für die Propriozeption gewertet.

In der Literatur gibt es einige Unterschiede hinsichtlich der Versuchsdurchführung. Pap et al. [19] wählten Geschwindigkeiten zwischen 0,1 und 0,8°/s, während Koralewicz et al. [21] und Bonfim et al. [72], wie die meisten anderen Autoren auch, 0,5°/s als Geschwindigkeit bestimmten. Die Ergebnisse von Pap et al. zeigten, dass eine Anhebung der Geschwindigkeiten, mit denen die Gelenke bewegt wurden, eine signifikante Senkung der Schwelle, bei der die Bewegung als Beginn registriert wurde, zur Folge hatte. In dieser Arbeit wurde sich für eine Winkelgeschwindigkeit von 0,8°/s entschieden, die sich damit eher im oberen Bereich der in der Literatur verwandten Geschwindigkeiten befand. Zusätzlich gibt es in den vorangegangenen Untersuchungen auch Differenzen in bezug auf den gewählten Kniewinkel, von dem aus die Messungen gestartet wurden. Bei Swanik et al. [24] betrug der Winkel 15° und 45°, bei Barrack et al. [74] 60°. Überwiegend, wie auch in dieser Arbeit, wurde eine Ausgangsposition von 45° Knieflexion gewählt.

Methodenkritisch muss angemerkt werden, dass die in der Literatur und auch in dieser Untersuchung verwandten Geschwindigkeiten nicht den natürlicherweise auftretenden Geschwindigkeiten und Belastungen entsprechen und daher die Ergebnisse auch nur bedingt auf die Praxis übertragbar sind. Quante und Hille [75] wiesen darauf hin, dass in der Praxis der Bewegungsapparat dem neuromuskulären Kontrollsystem erheblich höhere Leistungen abverlangt. Bei geringer körperlicher Aktivität kommt es nur zu einer geringen Beanspruchung des propriozeptiven Systems, und damit ist die Bedeutung des Systems in diesem Moment auch vermindert. Als weiterer kritischer Aspekt ist eine aktive Muskelkontraktion während des passiven Messvorganges nicht auszuschließen. Zusätzlich treten bei der Messung patientenspezifische Reaktionszeiten auf, die ebenfalls einen Einfluss auf die Ergebnisse haben können.

Messungen zur Erfassung der Propriozeption sind in der Vergangenheit unter den verschiedensten Fragestellungen durchgeführt worden. Dabei waren die Ergebnisse der unterschiedlichen Studien nicht selten widersprüchlich. Aufgrund der unterschiedlich angewandten Messmethoden konnten bisher keine Normwerte für gesunde Probanden definiert werden.

Insofern müssen die Ergebnisse dieser Arbeit in bezug auf ihre Wertigkeit und Aussagekraft relativiert werden und können nur bedingt mit Ergebnissen anderer Studien verglichen werden. Um so wichtiger ist es, den individuellen Verlauf einer Gelenkerkrankung beurteilen zu können.

## IV.2 Reliabilität des gewählten Messverfahrens

Zur Prüfung der Reproduzierbarkeit des angewandten Messverfahrens zur Erfassung des Bewegungssinnes wurden in einem Zeitraum von 15 Monaten acht gesunde Probanden zweimalig untersucht und ihre Detektionsschwellen analysiert.

Es zeigten sich keine Änderung hinsichtlich der Schwellen. Während sie bei der Voruntersuchung durchschnittlich  $1,5^\circ$  betragen, wurden in der Nachuntersuchung Schwellen von  $1,4^\circ$  beobachtet. Die Differenz ist statistisch zu vernachlässigen.

Die annähernd deckungsgleichen Resultate der beiden Untersuchungen wurden als hohe Reliabilität angesehen und zeigen eine gute Reproduzierbarkeit des gewählten Messverfahrens an. Eine Einschränkung ergibt sich aus dem Einfluss des Alters der Probanden auf die Propriozeption, der durch verschiedene Autoren belegt ist [1,2,4,5]. Dieser Umstand bedeutet eine zeitlich begrenzte Reliabilität. In welchem Rahmen sich diese bewegt, kann nicht gesagt werden, da bisher keine Literatur vorliegt, die genau analysiert, in welcher Zeit oder welchen Lebensabschnitten es besonders zu einem Abfall der propriozeptiven Leistungsfähigkeit kommt. Es ist zu vermuten, dass es bei gesunden Probanden und zwischenzeitlich nicht auftretender Traumata oder Verschleißerscheinungen im Kniegelenk innerhalb von wenigen Jahren zu keiner wesentlichen Veränderung der Propriozeption kommt und daher in dieser Zeit gleiche Ergebnisse reproduzierbar sind.

### IV.3 Erwartungshaltung als Einflussfaktor der Propriozeption

Um weitere Einflussgrößen auf die Propriozeption auszuschließen und um den Nachweis zu erbringen, dass die Detektionsschwelle unabhängig von der Pausenzeit (Scheinbewegung) und damit von der Erwartungshaltung des Patienten ist, wurde zwischen beiden Variablen eine Korrelationsanalyse durchgeführt.

Für diese Untersuchung wurden sowohl die Patienten mit implantierter Endoprothese, als auch die Arthroskopiepatienten einbezogen.

In den durchgeführten Analysen wurden Korrelationskoeffizienten beobachtet, die weitestgehend gegen null gingen (0,1846 – 0,3948). Dieses Ergebnis zeigt, dass zwischen den beiden Variablen keine Abhängigkeit besteht und somit kein Zusammenhang.

Hieraus kann für diese Arbeit geschlussfolgert werden, dass die Erwartungshaltung der Patienten kein Einflussfaktor für die Propriozeption ist.

### IV.4 Klinische Ergebnisse

Das für den Großteil der Patienten wichtigste Kriterium des Gelingens einer Knieoperation ist die Reduktion der Schmerzen. Bei den Patienten mit implantierter Knieendoprothese hatten 16 Monate postoperativ über 80% keine oder nur geringe Beschwerden. Dieses Resultat deckt sich weitestgehend mit den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen. Kienapfel et al. [76] beobachtete in seiner Studie über 82% mehr oder weniger beschwerdefreie Patienten. Ähnliche Erfolge bezüglich der Schmerzreduktion zeigt die Arbeit von Ringeisen et al. [77].

Anders präsentierten sich die Ergebnisse bei den Patienten mit Arthroskopie. 23 Monate postoperativ zeigten nur etwas über 30% der Patienten eine Schmerzfreiheit auf. Dervin et al. [85] konnte 2003 bei seiner Patientengruppe nach Arthroskopie eine Schmerzreduktion bei 44% beobachten.

Die postoperativ erhobenen Werte für den Knie - Society - Score und Lysholm - Score bei Patienten der Knieendoprothesen – Gruppe reihen sich in die Ergebnisse, die in der Literatur beschrieben wurden, ein. 16 Monate nach der Operation kam es auf der operierten Seite zu keiner weiteren Verbesserung der Scores, so dass der KSS einen Mittelwert von 84 aufwies. In einer Arbeit von Aglietti et al. [80] betrug er 85, bei Ewald et al. [81] 82 Punkte von 100. Der Lysholm - Score lag in dieser Arbeit bei 82 Punkten und wies damit ebenfalls einen ähnlichen Punktwert wie in der 2. Nachuntersuchung nach 6 Monaten auf (84 Punkte).

Auf der nicht operierten Seite konnte für den KSS eine statistisch signifikante Verbesserung von 84 auf 89 Punkte ( $p < 0,05$ ) aufgezeigt werden. Für den Lysholm - Score wurde ebenfalls ein leichter Anstieg von 82 auf 85 Punkte beobachtet.

Insgesamt zeigt diese Arbeit, dass sich die größte Verbesserung der klinischen Ergebnisse bei implantierter Endoprothese in der Zeit bis 6 Monate postoperativ vollzieht. Dieses Ergebnis kann damit erklärt werden, dass es durch die postoperative Physiotherapie zunächst zu einer Verbesserung der klinischen Ergebnisse kommt. Aufgrund fehlender Physiotherapie und „Verfall“ in alte Bewegungsmechanismen nach dieser Zeit, werden die erlernten Techniken nicht mehr konsequent angewandt. Ein weiterer Anstieg der klinischen Parameter bleibt aus.

Der Anstieg der klinischen Parameter auch 16 Monate postoperativ auf der nichtoperierten Seite ist vermutlich mit der zunächst präoperativen Über- und der darauffolgenden postoperativen Entlastung nach endoprothetischer Versorgung zu begründen.

Genau entgegengesetzt präsentierten sich die klinischen Resultate der Arthroskopie – Gruppe. Hier zeigte sich auf der nicht operierten Seite keine wesentliche Veränderung der Scores. Der KSS lag im Durchschnitt bei 98 Punkte 23 Monate postoperativ und war damit unwesentlich höher als in den Untersuchungen zuvor. Desgleichen zeigte auch der Lysholm - Score in dieser Studie keine essentielle Abweichung zu den Voranalysen (95 Punkte).

Das klinische Ergebnis des arthroskopierten Kniegelenkes wies dagegen eine Verbesserung auf. Der KSS stieg weiter von 86 Punkten sechs Monate postoperativ, auf 90 Punkte. Der erhobene Lysholm - Score wuchs sogar sehr stark an. Während er ein halbes Jahr nach der Operation bei 78 Punkten lag, konnte in dieser Nachuntersuchung eine Steigerung um 10 Punkte beobachtet werden ( $p < 0,05$ ).

Die Ursachen für den Anstieg der klinischen Scores sind zum einen in dem Patientenalter, zum anderen in der Art und dem Schweregrad der Erkrankung des Kniegelenkes zu suchen. Die Patienten der Arthroskopie – Gruppe hatten eher ein junges Alter und zeigten meist Verletzungen auf, die erst relativ kurze Zeit bestanden und nur auf einen kleinen Teil des Gelenkes begrenzt waren. Demgemäss hat das Kniegelenk ein viel größeres Regenerationspotential und kann sich auch noch längere Zeit nach der Operation in der Funktion verbessern, als wenn eine schwere degenerative Veränderung vorliegen würde, die das komplette Gelenk mit einbezieht.

Als Methodenkritik muss mit angefügt werden, dass zwischen der 2. und 3. Nachuntersuchung ein Untersucherwechsel durchgeführt wurde. Die verschiedenen Untersucher hatten zum Zeitpunkt der Analyse ungefähr den selben Ausbildungsstand.

In einer Arbeit von Fuchs et al. [83] wurde die Untersucherabhängigkeit bei unterschiedlichen Kniegelenkscores, unter anderem beim Lysholm - Score, analysiert. Dabei stellte man bei der Betrachtung der absoluten, numerischen Scoreergebnisse fest, dass die verschiedenen Untersucher mit dem Score nach Lysholm jeweils signifikant unterschiedlich bewerteten, so dass der Score als sehr untersucherabhängig beurteilt wurde. In einer weiteren Studie von Ryd et al. [84] konnte diese Abhängigkeit vom Untersucher ebenfalls für den Knee - Society - Score nachgewiesen werden.

Aufgrund dieser in der Literatur bestätigten Untersucherabhängigkeit müssen die klinischen Ergebnisse dieser Studie differenziert betrachtet werden.

#### IV.5 Propriozeptive Ergebnisse

In der Vergangenheit wurden in den verschiedensten Studien zum Thema Propriozeption vielfach Aussagen dazu getroffen, wie diese sich präoperativ darstellt und sich dann postoperativ verändert [23, 24, 73], häufig bei Patienten nach Implantation einer Knieendoprothese oder Rupturen des vorderen Kreuzbandes. Meist wurde dabei ein Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe getroffen. Die beobachteten Ergebnisse der Arbeiten waren dabei oft widersprüchlich. Zum Beispiel kamen Wada et al. [23], Ishii et al. [73] und Collier et al. [22] zu dem Resultat, dass eine Einbringung einer Endoprothese keine Veränderung der Propriozeption bewirkt. Dagegen konnten Barrett et al. [37], Attfield et al. [86] und Swanik et al. [24] zeigen, dass es nach Endoprothesenimplantation zu einer Verbesserung der Propriozeption kommt. Die einzelnen Autoren führten die Propriozeptionsanalyse entweder als Messung des Stellungssinnes [23, 37, 73, 86] oder des Bewegungssinnes [22, 24] durch. Die jeweiligen Patienten wurden dann aber nur bis maximal 6 Monate postoperativ untersucht und im Hinblick auf ihre propriozeptive Leistung analysiert. Eine Kombination in Form von Verlaufskontrollen vor und nach erfolgtem operativen Eingriff konnte ebenso wenig in der zugänglichen Literatur gefunden werden, wie Daten zu propriozeptiven Ergebnissen, die später als 6 Monate postoperativ erhoben wurden.

Aus der vorliegenden Arbeit können folgenden Aussagen hinsichtlich der Propriozeption getroffen werden:

Die Detektionsschwellen zeigten mittelfristig keine signifikanten Veränderungen zu den durchgeführten Voruntersuchungen. Sie waren aber niedriger als die präoperativ erhobenen Werte.

In der Gruppe der Patienten mit implantierter Knieendoprothese kam es auf der operierten Seite zu keiner weiteren Verbesserung der Detektionsschwellen nach 16 Monaten. Es wurde im Durchschnitt ein Wert von  $2,3^\circ$  beobachtet. Auf der Gegenseite sank sie leicht um  $0,1^\circ$ , so dass sich die



propriozeptive Leistungsfähigkeit auf beiden Seiten einander angeglichen hat.

Auffällig bei der Auswertung der Daten war, dass die Ergebnisse der 1., 2. und 3. Nachuntersuchung keinen statistisch signifikanten Unterschied mehr zu den präoperativen Resultaten aufzeigen konnten. Dieser Umstand wurde der Tatsache geschuldet, dass für diese Arbeit nur noch 30 statt der 45 voruntersuchten Probanden zur Verfügung standen.

In der Patientengruppe mit Arthroskopie konnte knapp 2 Jahre postoperativ noch eine leichte Reduktion der Detektionsschwellen beobachtet werden. Auf der operierten Seite sank sie von  $1,6^\circ$  6 Monate postoperativ auf  $1,4^\circ$ . Diese Senkung war zwar zur präoperativen Untersuchung signifikant ( $p < 0,01$ ), nicht aber zur 2. Nachuntersuchung nach einem halben Jahr. Die erhobenen Detektionsschwellen auf der nichtoperierten Seite lagen ebenfalls bei  $1,4^\circ$  und fielen damit nur unwesentlich im Vergleich zur 2. Nachuntersuchung. Insgesamt kam es 23 Monate postoperativ zu einer Angleichung der Detektionsschwellen seitengleich auf  $1,4^\circ$ .

Die Auswertung der erhobenen Werte zeigte wiederum, dass sich die größte Verbesserung der Detektionsschwellen, wie auch der klinischen Ergebnisse, bei der Endoprothesen- und Arthroskopiegruppe, in einem zeitlichen Rahmen bis 6 Monate postoperativ vollzog. Im Zeitraum danach verbesserte sie sich zwar nicht mehr, es konnte aber auch keine Verschlechterung aufgewiesen werden. Als Erklärung hierfür kommt vermutlich der positive Einfluss der Physiotherapie auf die Propriozeption in Frage, der schon durch verschiedene Autoren in der Literatur belegt wurde [7, 27, 88]. In der Zeit bis 6 Monate postoperativ werden die Patienten noch physiotherapeutisch beübt oder sie wenden die erlernten Techniken in dieser Phase noch konsequent an. Es kann daher zu einer Verbesserung der Propriozeption kommen. Danach fehlt dieser positive Einfluss, die Techniken werden relativ schnell verlernt oder nicht angewandt und die Propriozeption kann sich nicht weiter verbessern.

Aufgrund des standardisierten Untersuchungsablaufes zur Erfassung der Propriozeption ist von fehlerhaften Werten, die durch den Untersucherwechsel zwischen der 2. und 3. Nachuntersuchung hervorgerufen werden können, nicht auszugehen.

#### IV.6 Unterschiede zwischen den Patientengruppen

Im Vergleich der beiden Patientengruppen fiel ein Aspekt besonders ins Auge. Obwohl die Probanden mit Arthroskopie postoperativ die wesentlich besseren klinischen Ergebnisse und propriozeptiven Fähigkeiten aufwiesen, waren sie doch unzufriedener als die Patienten mit implantierter Knie totalendoprothese. Während sie auf die Fragen nach der postoperativen Aktivität und dem Schmerzempfinden durchschnittlich mit Werten von 3,5 bzw. 3,6 Punkten von möglichen 5 Punkten antworteten, kamen die Untersuchten mit Endoprothese auf Werte von 4,4 bzw. 4,8 Punkte.

Hier zeigt sich eine Diskrepanz zwischen der subjektiven Wahrnehmung der Patienten und den objektiv gemessenen Werten. Eigentlich geht es dem Patienten mit Arthroskopie objektiv besser, andererseits ist er deutlich unzufriedener.

Vermutet werden kann, dass der Patient mit Endoprothese einen längeren und wohl auch schmerzhafteren Leidensweg als der Patient mit Arthroskopie hinter sich hat. Durch die Implantation der Kniegelenksprothese wird dieser Leidensweg schlagartig unterbrochen; der Patient kann endlich wieder laufen und ihm sind die Schmerzen genommen worden.

Die Veränderungen die durch die Arthroskopie bewirkt werden, sind meist nicht so weitreichend. Die Schmerzen sind postoperativ vielleicht nur gering weniger geworden, die Aktivität des Patienten unterscheidet sich nicht deutlich zu der, welche präoperativ vorgelegen hat. Der Umstand, dass die Operation kein eindeutig besseres Ergebnis erbracht hat, wie es nach der Endoprothesenimplantation der Fall ist, spiegelt sich in den schlechteren Werten des subjektiven Empfindens wieder.

Auffällig war weiterhin die deutlich bessere postoperative Normalisierung der Propriozeption bei der Arthroskopiegruppe. Hier sank die Detektionsschwelle um  $0,8^\circ$  von  $2,2^\circ$  auf  $1,4^\circ$  auf der operierten Seite. Auf der kontralateralen Seite zeigte sich immerhin noch eine Reduktion um  $0,5^\circ$ . Im Gegensatz dazu zeigte sich bei der Endoprothesengruppe eine nur mäßige Reduktion. Sie sank um  $0,3^\circ$  auf der operierten bzw.  $0,2^\circ$  auf der nicht-operierten Seite auf  $2,3^\circ$ .

Hier kann nochmals auf die schon oben beschriebene Vermutung hingewiesen werden. Aufgrund des Alters der Patientengruppe, der relativ kurzen Zeit in der die Erkrankung bestand, der lokalen Begrenzung dieser auf nur einen Teil des Kniegelenk (z.B. nur Meniskus oder nur Knorpel) und des geringen Ausmaßes der Traumata, die während der Arthroskopie verursacht werden, ist es möglich, dass sich das Kniegelenk besser regeneriert und postoperativ niedrigere Detektionsschwellen aufweist, als das Gelenk, in dem präoperativ die Krankheit generalisiert auftrat und intraoperativ größere Traumata verursacht wurden (z.B. größere Schnittführung, Resektion des vorderen Kreuzbandes).

## V. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden 49 Patienten aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Orthopädischen Chirurgie der Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald nach Kniegelenksarthroskopie oder Implantation einer Knie totalendoprothese durchschnittlich 20 Monate postoperativ klinisch und hinsichtlich ihrer propriozeptiven Fähigkeit untersucht. Bei diesem Patientengut erfolgten bereits in einem engen zeitlichen Kontext prä- und postoperative Untersuchungen. Zusätzlich wurde eine zweimalige klinische und propriozeptive Analyse von 8 kniegesunden Probanden innerhalb von rund 15 Monaten durchgeführt.

Die Messung der Propriozeption erfolgte durch Analyse des Bewegungsinnes mittels Bestimmung der Wahrnehmungsschwelle des Bewegungsbeginnes.

In der kniegesunden Probandengruppe zeigten sich innerhalb des Untersuchungszeitraumes keine Veränderungen der Detektionsschwellen. Dieses Ergebnis wurde als eine hohe Reliabilität des gewählten Messverfahrens angesehen.

In einer Korrelationsanalyse zwischen den Pausenzeiten (Scheinbewegung), die der eigentlichen Bewegung der Messeinrichtung vorangestellt waren und als Maß für die Erwartungshaltung der Patienten angenommen wurden, und den beobachteten Detektionsschwellen konnten keine Abhängigkeiten zwischen den beiden Variablen belegt werden, so dass für diese Arbeit die Erwartungshaltung der Patienten als zusätzlicher Einflussfaktor auf die Propriozeption ausgeschlossen werden konnte.

Klinisch wurden außer einem statistisch signifikanten Anstieg des Knee – Society – Score auf der nicht operierten Seite der Endoprothesengruppe (84 vs. 89/100 Punkten) und einem signifikanten Anstieg des Lysholm – Score auf der operierten Seite der Arthroskopiegruppe (78 vs. 88/100 Punkten), keine Verbesserungen der klinischen Ergebnisse rund 20 Monate postoperativ gefunden.

Die Detektionsschwellen der Endoprothesen- und Arthroskopiegruppe zeigten mittelfristig keine signifikanten Veränderungen zu den durchgeführten Voruntersuchungen. Es konnten für die Patienten mit implantierter Endoprothese Detektionsschwellen von  $2,3^\circ$ , für die Arthroskopiegruppe von  $1,4^\circ$  beidseits beobachtet werden.

Beim Vergleich beider Patientengruppen fiel die deutliche Unzufriedenheit der arthroskopierten Patienten hinsichtlich der postoperativen Aktivität und Schmerzempfindens auf (3,5/3,6 vs. 4,4/4,8 von 5 Punkten). Auffällig war weiterhin die deutlich bessere postoperative Normalisierung der Propriozeption bei der Arthroskopiegruppe.

Insgesamt zeigt diese Arbeit, dass sich die größte Verbesserung der Detektionsschwellen, wie auch der klinischen Ergebnisse, bei der Endoprothesen- und Arthroskopiegruppe, in einem zeitlichen Rahmen bis 6 Monate postoperativ vollzieht. Im Zeitraum danach verbessern sie sich zwar nicht mehr, es können aber auch keine Verschlechterungen aufgewiesen werden.

Als Erklärung hierfür kommt vermutlich der positive Einfluss der postoperativen Physiotherapie in Frage. In der Zeit bis 6 Monate postoperativ werden die Patienten noch physiotherapeutisch beübt oder sie wenden die erlernten Techniken in dieser Phase noch konsequent an. Es kann daher zu einer Verbesserung der klinischen Ergebnisse und der Propriozeption kommen. Danach fehlt dieser positive Einfluss, die Techniken werden relativ schnell verlernt oder nicht angewandt, so dass sich die Propriozeption nicht weiter verbessern kann.

## VI. Literatur

1. Kaplan F, Nixon J, Reitz M ea: Age-related changes in proprioception and sensation of joint position. *Acta Orthop Scand* 56(1):72-4, 1985
2. Skinner H, Barrack R, Cook S: Age-related decline in proprioception. *Clin Orthop (United States)* 184, 1984
3. Barrack R, Skinner H, Cook S: Effect of articular disease and total knee arthroplasty on knee joint-position sense. *J Neurophysiol (United States)* 50(3):684-687, 1983
4. Brocklehurst JC, Exton-Smith AN, Lemberbarber SN, Junt LP, Palmer MK: Fractures of the femur in old age: a two center study of associated clinical factors and the cause of fall. *Age Aging* 7:7-15, 1978
5. Dornan J, Frenie GR, Holliday PJ: Visual input: its importance in the control of postural sway. *Arch Phys Med Rehabil* 59:586-591, 1978
6. Pincivero DM, Bachmeier B, Coelho AJ: The effects of joint angle and reliability on knee proprioception. *Med Sci Sports Exerc* 33(19):1708-1712, 2001
7. Bartlett MJ, Warren PJ: Effect of warming up on knee proprioception before sporting activity. *Br J Sports Med* 36:132-134, 2002
8. Bennell KL, Wee E, Crossley K, Stillman B, Hodges P: Effects of experimentally-induced anterior knee pain on knee joint position sense in healthy individuals. *Journal of orthopaedic research* 23:46-53, 2005
9. Bennell KL, Hinman RS: Effect of experimentally induced knee pain on standing balance in healthy older individuals. *Rheumatology* 44(3):378-381, 2005
10. Hassan BS, Doherty SA, Mockett S, Doherty M: Effect of pain reduction on postural sway, proprioception, and quadriceps strength in subjects with knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 61:422-428, 2002
11. Hiemstra LA, Lo IKY, Fowler PJ: Effect of fatigue on knee proprioception: implications for dynamic stabilization. *J Orthop Sports Phys Ther* 31:598-605, 2001
12. Kazutomo M, Yasuyuki I, Eiichi T, Yoshihisa O, Hironori O, Satoshi T: The effect of local and general fatigue on knee proprioception. *Arthroscopy* 20(4):414-418, 2004
13. Jerosch J, Prymka M: Propriozeptive Defizite des Kniegelenkes nach Ruptur des medialen Meniskus. *Unfallchirurg* 100:444-448, 1997

14. Barrett DS: Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J Bone Joint Surg (Br)* 73:833-837, 1991
15. Beard DJ, Kyberg PJ, Fergusson CM, Dodd CAF: Reflex hamstring contraction latency in anterior cruciate ligament deficiency. *J Orthop Res* 12:219-228, 1994
16. Roberts D, Andersson G, Friden T: Knee joint proprioception in ACL-deficient knees is related to cartilage injury, laxity and age. *Acta Orthop Scand* 75(1):78-83, 2004
17. Safran MR, Allen AA, Lephart SM, Borsa PA, Fu FH, Harner CD: Proprioception in the posterior cruciate ligament deficient knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7:310-317, 1999
18. Sell S, Zacher J, Lack S: Propriozeptionsstörung am arthrotischen Kniegelenk. *Z Rheumatol* 52:150-155, 1993
19. Pap G, Machner A, Awiszus F: Messung der Kniegelenkskinästhesie zur Bestimmung von Propriozeptionsdefiziten bei Varusgonarthrose. *Z Rheumatol* 57:5-10, 1998
20. Hassan BS, Mockett S, Doherty M: Static postural sway, proprioception, and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects. *Ann Rheum Dis* 60:612-618, 2001
21. Koralewicz LM, Engh GA: Comparison of proprioception in arthritic and age-matched normal knees. *J Bone Joint Surg (Am)* 82:1582, 2000
22. Collier MB, McAuley JP, Szuszczewicz ES, Engh GA: Proprioceptive deficits are comparable before unicondylar and total knee arthroplasties, but greater in the more symptomatic knee of the patients. *Clin Orthop* 423:138-143, 2004
23. Wada M, Kawahara H, Shimada S, Miyazaki T, Baba H: Joint proprioception before and after total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 403:161-167, 2002
24. Swanik CB, Lephart SM, Rubash HE: Proprioception, kinesthesia, and balance after total knee arthroplasty with cruciate-retaining and posterior stabilized prostheses. *J Bone Joint Surg (Am)* 86:328-334, 2004
25. Fuchs S, Frisse D, Tibesku CO, Laaß H, Rosenbaum D: Proprioceptive function, clinical results, and quality of life after unicondylar sledge prostheses. *Am J Phys Med Rehabil* 81:478-482, 2002

26. Fuchs S, Tibesku CO, Frisse D, Genkinger M, Laaß H, Rosenbaum D: Clinical and functional comparison of uni- and bicondylar sledge prostheses. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 13:197-202, 2005
27. Wrobel J: Prospektive Untersuchung zur Propriozeption am Kniegelenk im Vergleich zu klinischen Parametern bei Patienten mit endoprothetischem Kniegelenkersatz. Medizinische Dissertation, Universität Greifswald, 2005
28. Krempel C: Publikation in Vorbereitung
29. Goldscheider A: Untersuchungen über den Muskelsinn. *Arch Anat Physiol* 3:369- 502, 1889
30. Sherrington CS: The integrative action of the nervous system. Yale University Press, New Haven, 1906
31. Sun Y, Stürmer T, Günther KP, Brenner H: Inzidenz und Prävalenz der Cox- und Gonarthrose in der Allgemeinbevölkerung. *Z Orthop* 135:184-192, 1997
32. Statistisches Bundesamt: Gesundheitsberichterstattung des Bundes, 2003
33. Daten der Krankenhäuser nach §21 Abs 3 KHEntgG (OPS und vollstationäre Fälle aller Krankenhäuser), 2003
34. Operative Statistik, Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie der Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald, 2003
35. Al-Othman AA: Clinical measurement of proprioceptive function after anterior cruciate ligament reconstruction. *Saudi Med J* 25(2):195-197, 2004
36. Hall MG, Ferrell WR, Baxendale RH, Hamblen DL: Knee joint proprioception: threshold detection levels in healthy young subjects. *Neuro Orthop* 15:81-90, 1994
37. Barrett DS, Cobb AG, Bentley G: Joint proprioception in normal, osteoarthritic and replaced knees. *J Bone Joint Surg* 73B: 53-56, 1991
38. Katayama M, Higuchi H, Kobayashi A, Hatayama K, Terauchi M, Takagishi K: Proprioception and performance after anterior cruciate ligament rupture. *Int Orthop* 28:278-281, 2004
39. Niethard FU, Pfeil J: *Duale Reihe Orthopädie*. 4.Aufl., Georg Thieme, Stuttgart, 496-523, 2003
40. Schiebler TH, Schmidt W, Zilles K: *Anatomie*. 8.Aufl., Springer, Berlin, 319-383, 1999



41. Wirth CJ, Kohn D: Gelenkchirurgie, Offene und arthroskopische Verfahren. 1.Aufl., Thieme, Stuttgart, 1999
42. Buckup K: Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln, Untersuchungen – Zeichen – Phänomene. 2.Aufl., Thieme, Stuttgart, 156-216, 2000
43. Wetz H, Jacob H: Die Bedeutung des dreidimensionalen Bewegungsablaufs des Femurotibialgelenks für die Ausrichtung von Knieführungssorhtesen. Orthopäde 30:196-207, 2001
44. Moll KJ, Moll M: Anatomie. 16.Aufl., Urban & Fischer, München, 210-267, 2000
45. Putz R, Pabst R: Sobotta, Atlas der Anatomie des Menschen. Band 2, 21.Aufl., Urban & Fischer, München, 2000
46. Klinke R, Silbernagl S: Lehrbuch der Physiologie. 3.Aufl., Thieme, Stuttgart, 539-576, 2001
47. Freeman MAR, Wyke BD: The innervation of the ankle joint. An anatomical and histological study in the cat. Acta Anat 68:321-333, 1967
48. Junqueira LC, Carneiro J: Histologie. 4.Aufl., Springer, Berlin, 645-692, 1996
49. Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC: Nerve supply of the human knee and the functional importance. Am J Sports Med 10:329-335, 1982
50. Warren PJ, Olanlokun TK, Cobb AG, Bentley G: Proprioception after knee arthroplasty. The influence of prosthetic design. Clin Orthop 297:182-187, 1993
51. O'Connor BL: The mechanoreceptor innervation of the posterior attachments of the lateral meniscus of the dog knee joint. Acta Anat 138:15-26, 1984
52. Gerlach UJ, Lierse W, Wolter D: Mechanorezeptoren in den distalen Anteilen des M. vastus medialis? Unfallchirurg 96:41-42, 1993
53. Krenn V, Hofmann S, Engel A: First description of mechanoreceptors in the corpus adiposum infrapatellare of man. Acta Anat 137:187-188, 1990
54. Trepel M: Neuroanatomie, Struktur und Funktion. 1.Aufl., Urban & Schwarzenberg, München, 1995
55. Felson DT: Osteoarthritis. Rheum Dis Clin North Am 16: 499-512, 1990

56. Pschyrembel Klinisches Wörterbuch. 258.Aufl., Walter de Gruyter, Berlin, 1998
57. Duchow J, Kohn D: Die Behandlung der beginnenden Gonarthrose im mittleren Lebensalter. Orthopäde 32:920-930, 2003
58. Groß AF, Fickert S, Günther KP: Übergewicht und Arthrose. Orthopäde 34: 638-644, 2005
59. Swoboda B: Aspekte der epidemiologischen Arthrosenforschung. Orthopäde 30:834-840, 2001
60. 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 and Rheumatism 38:1134-1141, 1995
61. Wirth CJ: Praxis der Orthopädie, Band II Operative Orthopädie. 3.Aufl., Thieme, Stuttgart, 2001
62. Rupp S, Seil R, Kohn D: Meniskusläsion. Orthopäde 31:812-831, 2002
63. Gluck T: Referat über die durch das moderne chirurgische Experiment gewonnenen positiven Resultate, betreffend Naht und den Ersatz von Defecten höherer Gewebe, sowie über die Verwerthung resorbirbarer und lebendiger Tampons in der Chirurgie. Arch Klin Chir 41:187-239, 1891
64. Campbell WC: Interposition of vitallium plates in arthroplasties of the knee. Am J Surg 3:639-641, 1940
65. Gunston FH: Polycentric knee arthroplasty. J Bone Joint Surg 53B(2):272-277, 1971
66. Lettin AF, Deliss LJ, Blackburne JS: The stanmore hinged knee arthroplasty. J Bone Joint Surg 60B(3):327-332, 1978
67. Walldius B: Arthroplasty of the knee joint employing an acrylic prosthesis. Acta Orthop Scand 23:121-131, 1953
68. Labek G, Böhler N: Der minimal-invasive mediale Halbschlitten, Möglichkeiten und Grenzen. Orthopäde 32:454-460, 2003
69. Insall JN, Binazzi R, Soudry M, Mestriner LA: Total knee arthroplasty. Clin Orthop 192:13-22, 1985
70. Landon GC, Galante JO, Maley MM: Noncemented total knee arthroplasty. Clin Orthop 205:49-57, 1986

71. Wülker N, Böhm S: Ergebnisse des patello-femorale Gelenkersatzes bei verschiedenen Knieendoprothesen (Typ GSB und ES). *Z Orthop* 132:412-419, 1994
72. Bonfim TR, Jansen Paccola CA, Barela JA: Proprioceptive and behavior impairments in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Arch Phys Med Rehabil* 84:1217-23, 2003
73. Ishii Y, Terajima K, Terashima S, Bechthold JE, Laskin RS: Comparison of joint position sense after total knee arthroplasty. *J Arthr* 12:541-545, 1997
74. Barrack RL, Skinner HB, Cook SD: Proprioception of the knee joint. *Am J Phys Med* 63:175-181, 1984
75. Quante M, Hille E: Propriozeption: Eine kritische Analyse zum Stellenwert in der Sportmedizin. *Z Sportmed* 10:306-310, 1999
76. Kienapfel H, Griss P, Orth J: Zwei- bis Fünfjahresergebnisse mit der zementfrei einsetzbaren Kniegelenkprothese vom Typ Miller-Galante. *Orthopäde* 20:189-196, 1991
77. Ringeisen M, Matzen KA, Schmitt-Boslett J: Die zementfreie Foundation Doppelschlittenprothese – Ein-Jahres-Ergebnisse. *Orthop. Praxis* 10:661-664, 1995
78. Kohn D: Arthroskopie des Kniegelenkes: Diagnostik und operative Therapie. 1.Aufl., Urban & Schwarzenberg, München, 1991
79. Moseley JB: A controlled trial of arthroscopic surgery for osteoarthritis of the knee. *N Engl J Med* 347:81-88, 2002
80. Aglietti P, Buzzi R, De Felice R, Giron F: The Insall – Burstein total knee replacement in osteoarthritis: a 10 year minimum follow-up. *J Arthroplasty* 14:560-565, 1999
81. Ewald FC, Wright RJ, Poss R: Kinematic total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 14:473-480, 1999
82. Kohn D: Das Knie. 1.Aufl., Thieme, Stuttgart, 2000
83. Fuchs S, Friedrich M: Beeinflussungsmöglichkeiten von Kniegelenkscores. *Unfallchirurg* 103:44-50, 2000
84. Ryd L, Kärrholm J, Ahlvin P: Knee scoring systems in gonarthrosis. *Acta Orthop Scand* 68(1):41-45, 1997
85. 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* 85 Am:10-19, 2003

86. Attfield SF, Wilton TJ, Pratt DJ, Sambatakakis A: Soft – tissue balance and recovery of proprioception after total knee replacement. *J Bone Joint Surg* 78 B:540-5, 1996
87. Lysholm J, Gillquist J: Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sport Med* 10 (3):150-154, 1982
88. Liu-Ambrose T, Taunton TE, MacIntyre D, McConkey P, Khan KM: The effects of proprioceptive or strength training on the neuromuscular function of the ACL reconstructed knee: a randomized clinical trial. *Scand J Med Sci Sports* 13: 115-23, 2003

## VII. Anhang

### VII.1 Knee-Society-Score (Insall et al. 1989)

<u>Schmerzen:</u> (max. 50 P.)	keine	50	
	leicht oder gelegentlich	45	
	beim Treppensteigen	40	
	beim Laufen und Treppensteigen	30	
	mäßig gelegentlich	20	
	mäßig ständig	10	
	stark	0	
<u>Bewegungsumfang:</u> (5°=1P)	max. 25 Punkte	max. 25	
<u>Stabilität:</u> anterior- posterior	< 5 mm	10	
	5 – 10 mm	5	
	> 10 mm	0	
	medio- lateral	< 5°	15
		6° - 9°	10
	10° - 14°	5	
	> 15°	0	
<u>Deduction:</u> flexion contracture	5° - 10°	-2	
	10° - 15°	-5	
	16° - 20°	-10	
	> 20°	-15	
	extention lag	< 10°	-5
10° - 20°		-10	
> 20°		-15	
Achsabweichung	0° - 4° (physiologisch)	0	
	5° - 10°	- 3 Punkte pro°	
	11° - 15°	- 3 Punkte pro°	
	andere	-20	
Gesamtpunktzahl:		<u>max.100 Punkte</u>	

## VII.2 Score nach Lysholm und Gillquist

<u>Hinken</u> (max. 5 P.)	kein Hinken	5
	zeitweiliges Hinken	3
	dauerndes Hinken	0
<u>Treppensteigen</u> (max. 10 P.)	keine Probleme	10
	etwas beeinträchtigt	6
	Stufe für Stufe	2
	unmöglich	0
<u>Instabilität</u> (max. 30 P.)	kein „giving away“	30
	selten beim Sport	25
	häufiger beim Sport/Sportunfähigkeit	20
	gelegentlich im Alltag	10
	häufig im Alltag	5
	bei jedem Schritt	0
<u>Schwellung</u> (max. 10 P.)	keine Schwellung	10
	nach „giving away“	7
	nach schwerer Belastung	5
	nach normaler Belastung	2
	dauernde Schwellung	0
<u>Stockhilfe</u> (max. 5 P.)	keine Stockhilfe	5
	Gehstützen	3
	Belastung unmöglich	0
<u>In die Hocke gehen</u> (max. 5 P.)	keine Probleme	5
	etwas beeinträchtigt	4
	nicht über 90° Kniebeuge	2
	unmöglich	0
<u>Schmerzen</u> (max. 30 P.)	keine Schmerzen	30
	manchmal leichte Schmerzen	25
	im Zusammenhang mit „giving away“	20
	erheblich bei sportlicher Belastung	15
	erheblich beim Gehen über 2 km	10
	erheblich beim Gehen unter 2 km	5
	dauernd schwere Schmerzen	0
<u>Atrophie des Oberschenkels</u> (max. 5 P.)	keine Atrophie	5
	1 – 2 cm im Vergleich zur Gegenseite	3
	mehr als 2 cm zur Gegenseite	0

Gesamtpunktzahl

max. 100 Punkte

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades nicht vorliegt.

Drispeth, 15.08.2006

## **Lebenslauf**

### ***Persönliche Daten***

Jan Sperling  
 Alte Dorfstrasse 2, 19069 Drispeth  
 geboren am 09.04.1977 in Schwerin  
 ledig, keine Kinder

### ***Schulausbildung***

09.83 – 07.93 Realschule „Erich-Weinert“ Schwerin  
 08.97 – 06.00 Abendgymnasium Schwerin

### ***Studium***

ab 10.00 Studium der Medizin an der EMAU Greifswald  
 09.02 Physikum  
 08.03 1. Staatsexamen  
 09.05 2. Staatsexamen  
 11.06 3. Staatsexamen

### ***Berufsausbildung***

08.93 – 01.97 Ausbildung zum Orthopädieschuhmacher  
 bei OSM Sperling in Sternberg

### ***Berufstätigkeit***

02.97 – 05.97 Tätigkeit als Orthopädieschuhmacher  
 06.97 – 07.98 Zivildienst im Klinikum Schwerin  
 08.98 – 09.00 Tätigkeit als Orthopädieschuhmacher

Drispeth, 15.08.2006



## **Danksagung**

Für die Bereitstellung des interessanten Themas möchte ich mich an dieser Stelle ganz herzlich bei Herrn Prof. Dr. med. H. R. Merk bedanken.

Ganz besonderer Dank gebührt Herrn Dipl.-Ing. Heiko Wissel für die intensive Betreuung bei der Erstellung der Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt auch meiner Familie, die mich in meiner Arbeit unterstützt.

