

Aus dem Johanna-Etienne-Krankenhaus  
Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie  
- Chefarzt Prof. Dr. med. Dr. h. c. Jörg Jerosch -

**Diagnostische Möglichkeiten bei  
Kniegelenkverletzungen unter besonderer  
Berücksichtigung klinischer Meniskustests**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von Simone Sandmann, geb. Riemer  
aus Salzkotten  
2004



Dekan:

1. Berichterstatter:

2. Berichterstatter:

Tag der mündlichen Prüfung:

Univ.-Prof. Dr. H. Jürgens

Univ.-Prof. Dr. med. Dr. h.c. J. Jerosch

Univ.-Prof. Dr. med. W. Winkelmann

06.09.2004

## **Zusammenfassung.**

Aus dem Johanna-Etienne-Krankenhaus  
Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie  
Chefarzt Prof. Dr. med. Dr. h.c. Jörg Jerosch  
Referent: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. h.c. Jörg Jerosch  
Koreferent: Univ.-Prof. Dr. W. Winkelmann

### **ZUSAMMENFASSUNG**

Diagnostische Möglichkeiten bei Kniegelenkverletzungen unter  
besonderer Berücksichtigung klinischer Meniskustests

Simone Sandmann, geb. Riemer

Die Meniskusläsion stellt ein typisches Beispiel für ein Krankheitsbild dar, bei dem selten eine eindeutige Symptomatik vorliegt. Wenn exakte Kenntnisse über die Wertigkeit der zahlreichen speziellen klinischen Meniskustests bekannt sind, kann durch eine detaillierte klinische Untersuchung des Kniegelenks eine Meniskusläsion ausreichend sicher diagnostiziert werden.

Zielsetzung dieser Arbeit ist es, die Treffsicherheit und Genauigkeit der zahlreichen speziellen klinischen Meniskustests zu untersuchen und daraus zu schlussfolgern, welche speziellen Tests und klinischen Befunde am sichersten zu der Diagnose „Meniskusverletzung“ führen.

In einem Zeitraum von 13 Monaten erfolgte eine detaillierte klinische Untersuchung bei Patienten, die sich aufgrund von Kniegelenkbeschwerden in der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster vorstellten. Anhand der Referenzmethode „Arthroskopie“ wurden die klinischen Untersuchungsergebnisse der allgemeinen pathologischen Befunde und insbesondere der zwölf speziellen klinischen Tests detailliert in Bezug auf ihre Wertigkeit bei Meniskusverletzungen analysiert. In unserer Studie zeichneten sich insbesondere der McMurray-Test (73%), Apley-Test (69%), Böhler-Test (60%) und Steinmann-I-Test (60%) durch eine hohe Sensitivität aus, jedoch erreichten sie nur eine geringe Spezifität. Eine enorm hohe Spezifität konnte für den Finochietto-Test (94%), Fouché-Test (88%) und Bragard-Test (79%) ermittelt werden.

Die Resultate der Studie zeigen, dass die speziellen Meniskustests einzeln bei der Frage nach einer Meniskusläsion eine unzureichende Aussagefähigkeit besitzen. Erst durch die nun vorliegenden Daten über die Wertigkeit der speziellen Meniskustests und allgemeinen pathologischen Befunde im Einzelnen, kann der Untersucher eine gezielte Kombination ausgesuchter Tests durchführen und eine bessere Diagnosesicherheit erreichen. Dadurch wird die Zahl der zusätzlichen apparativen diagnostischen Untersuchungsmethoden reduziert.

Tag der mündlichen Prüfung: 06.09.2004

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ANATOMISCHE GRUNDLAGEN.....</b>	<b>2</b>
2.1	BEWEGUNGSMECHANISMUS DES KnieGELENKS UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER MENISKEN .....	4
2.2	TYPISCHE MENISKUSLÄSIONEN.....	6
<b>3</b>	<b>KLINISCHE UNTERSUCHUNG .....</b>	<b>8</b>
3.1	ANAMNESE .....	9
3.2	INSPEKTION.....	10
3.3	PALPATION.....	11
3.3.1	<i>Intraartikulärer Erguss.....</i>	<i>11</i>
3.4	FUNKTIONSPRÜFUNG.....	13
3.5	SPEZIFISCHE KLINISCHE UNTERSUCHUNG.....	17
3.5.1	<i>Untersuchung der ligamentären Kniestabilität.....</i>	<i>17</i>
3.5.2	<i>Untersuchung der Menisken.....</i>	<i>23</i>
<b>4</b>	<b>BILDGEBENDE DIAGNOSTIK.....</b>	<b>28</b>
4.1	RÖNTGEN .....	28
4.1.1	<i>Indikation.....</i>	<i>28</i>
4.1.2	<i>Standardröntgen.....</i>	<i>28</i>
4.1.3	<i>Zusätzliche Röntgenaufnahmen.....</i>	<i>29</i>
4.1.4	<i>Pathologische Befunde .....</i>	<i>29</i>
4.2	SONOGRAPHIE .....	31
4.2.1	<i>Indikation.....</i>	<i>31</i>
4.2.2	<i>Instrumentarium, Schallköpfe.....</i>	<i>31</i>
4.2.3	<i>Untersuchungsgang.....</i>	<i>33</i>
4.2.4	<i>Pathologische Veränderungen.....</i>	<i>36</i>
4.2.5	<i>Diagnostische Wertigkeit.....</i>	<i>40</i>
4.3	ARTHROGRAPHIE .....	41
4.4	KERNSPINTOMOGRAPHIE.....	41
4.4.1	<i>Technik, Instrumentarium.....</i>	<i>42</i>
4.4.2	<i>Darstellung der Menisken im Kernspintomogramm.....</i>	<i>42</i>
4.4.3	<i>Darstellung des vorderen Kreuzbandes im Kernspintomogramm .....</i>	<i>44</i>
4.4.4	<i>Darstellung des hinteren Kreuzbandes im Kernspintomogramm.....</i>	<i>45</i>
4.4.5	<i>Darstellung der Kollateralbänder im Kernspintomogramm.....</i>	<i>45</i>
4.4.6	<i>Diagnostische Wertigkeit.....</i>	<i>45</i>
<b>5</b>	<b>PROSPEKTIVE KLINISCHE UNTERSUCHUNG.....</b>	<b>47</b>
5.1	MATERIAL UND METHODE .....	47
5.2	UNTERSUCHUNGSBOGEN.....	50
5.3	ERGEBNISSE .....	51
5.4	DISKUSSION .....	56
<b>6</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>66</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>67</b>

## **1 Einleitung**

Ein stets steigendes Freizeitangebot und die Werbung der Sportartikelhersteller haben in den letzten Jahren zu einer deutlich gesteigerten Risikobereitschaft der Sporttreibenden bei teilweise inadäquatem Trainingszustand geführt. Mit zunehmender sportlicher Beanspruchung ist auch das Kniegelenk in zahlreichen Sportdisziplinen vermehrten Belastungen und Verletzungsgefahren ausgesetzt. Eine frühzeitige Diagnosefindung und Einleitung weiterführender Maßnahmen ist zur Vermeidung von Folgeschäden von Bedeutung.

Fraglos stehen uns heute mit den modernen medizinischen Techniken bildgebende diagnostische Verfahren zur Verfügung, die mit unterschiedlich hoher Treffsicherheit Verletzungen des Kniegelenks darzustellen vermögen. Doch nach wie vor bilden die exakte Beschwerde- und Unfallanamnese sowie gründliche klinische Untersuchung die Basis für die Diagnostik traumatischer und degenerativer Kniegelenkverletzungen.

Zahlreiche Untersuchungen haben sich in den vergangenen Jahren immer wieder mit dem Aussagewert klinischer und bildgebender Verfahren bei der Diagnostik intraartikulärer Kniegelenkverletzungen befasst. In keiner wissenschaftlichen Studie jedoch wurde detailliert die Wertigkeit der klinischen Meniskustests im Einzelnen untersucht. Es gibt keine Untersuchung und kaum eine konkrete Vorstellung, wie aussagekräftig Kniegelenkuntersuchungen bzgl. Meniskusläsionen anhand spezifischer Meniskustests sind. Der Untersucher ist somit bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse auf seine eigenen Kenntnisse und Erfahrungen angewiesen. Diese diagnostische Lücke wird in der vorliegenden Arbeit mittels einer prospektiven klinischen Studie bearbeitet.

Zunächst aber wird im literarischen Teil auf die wichtigsten diagnostischen Verfahren bei Kniegelenkverletzungen eingegangen und ihre Wertigkeit basierend auf verschiedenen neuen Veröffentlichungen untersucht. Dabei liegt der Schwerpunkt insbesondere auf den zu den häufigsten Verletzungen des Kniegelenks zählenden Meniskusläsionen. In der anschließenden prospektiven klinischen Studie wird die Wertigkeit von zwölf in der Literatur beschriebenen Meniskustests und sechs klinischen Untersuchungsbefunden ermittelt.

## 2 Anatomische Grundlagen

Das Kniegelenk ist das größte und komplizierteste Gelenk des menschlichen Körpers. Zu den knöchernen Strukturen des Kniegelenks gehören die Gelenkrollen des Femurs, die Gelenkfläche des Tibiakopfes und die Kniescheibe. Das Femorotibialgelenk entspricht einem Drehscharniergelenk mit zwei Freiheitsgraden. In ihm stoßen das distale Ende des Femurs und das proximale Ende der Tibia zusammen und werden durch eine Reihe äußerst wichtiger Einrichtungen zu einem tragfähigen und statisch zuverlässigen Gelenk verbunden [85]. Die geometrische Form der Gelenkkörper und der Bandapparat lassen im Kniegelenk neben Streckung und Beugung in geringerem Maß auch Innen- und Außenrotation zu. Die beiden letztgenannten Bewegungen können nur in Beugstellung des Kniegelenks durchgeführt werden.

Neben den knöchernen Strukturen sind an der Bildung des Kniegelenks noch Weichteilstrukturen maßgeblich beteiligt. Dazu zählen die Menisken, das Corpus adiposum, die Gelenkkapsel, Seitenbänder, Kreuzbänder und Muskeln. Erst durch die Gesamtheit der statischen (Knochen, Menisken, Gelenkkapsel mit ihren Verstärkungen und Bänder) und dynamischen (die gelenkumspannenden Muskeln und Sehnen) Elemente ist die Stabilität des Kniegelenks gesichert.

Die Bänder des Kniegelenks, die für die Sicherheit der Gelenkfunktion von größter Bedeutung sind, werden eingeteilt in Außenbänder und Binnenbänder. Das Lig. collaterale tibiale, das mediale Seitenband, verbindet den Epicondylus medialis femoris mit dem Condylus medialis tibiae. Das breite Band ist mit der Gelenkkapsel verwachsen und verstärkt diese. Über das Stratum fibrosum und durch zusätzliche Faserzüge ist es mit dem medialen Meniskus fest verbunden. In Streckstellung und bei Außenrotation sind alle Anteile des Bandes gespannt. Hierdurch wird eine Abduktion im Kniegelenk verhindert. Das Lig. collaterale fibulare, das laterale Seitenband, zieht vom Epicondylus lateralis femoris zum Caput fibulae. Es besteht keine Verbindung dieser Bandstruktur zur Gelenkkapsel und zum Außenmeniskus. Da das Band in Streckstellung und bei Außenrotation gespannt ist, wird eine Adduktion im Kniegelenk verhindert. Beide Kollateralbänder dienen bei gestrecktem Knie der Stabilisierung des Gelenks, d.h. sie limitieren eine seitliche Translation des Femurs auf der Tibia und begrenzen bei gebeugtem Kniegelenk die Außenrotation.

Innerhalb der Gelenkkapsel zwischen den Femurkondylen, vorne und seitlich überzogen vom Stratum synoviale, befinden sich die Kreuzbänder. Das Lig. cruciatum anterius, das vordere Kreuzband, zieht von der medialen Fläche des Condylus lateralis femoris zur Area intercondylaris anterior der Tibia. Das Lig. cruciatum posterius, das hintere Kreuzband, nimmt einen entgegengesetzten Verlauf. Es verläuft von der lateralen Fläche des Condylus medialis femoris zur Area intercondylaris posterior. Die Kreuzbänder haben die Aufgabe, das Abgleiten der Oberschenkelkondylen von der flachen Gelenkpfanne des Tibiakopfes zu verhindern und bewirken den Zusammenhalt der Gelenkkörper. Aufgrund ihres anatomischen Verlaufes begrenzen sie die Rotationsbewegungen im Kniegelenk. Bei Außenrotation haben sie die Tendenz, sich

voneinander abzuwickeln. Bei Innenrotation wickeln sie sich umeinander und limitieren dadurch diese Bewegung.

Der Bandapparat wird in seiner stabilisierenden Wirkung durch Muskelzüge unterstützt. An der tibialen Seite verstärken die Muskeln des Pes anserinus (*M. semitendinosus*, *M. gracilis*, *M. sartorius*) und *M. semimembranosus*, an der fibularen Seite der *Tractus iliotibialis* und der *M. biceps femoris* und dorsal das *Caput mediale* und *laterale* des *M. gastrocnemius* und der *M. popliteus* die Stabilität des Kniegelenks. Eine große Bedeutung fällt unter anderem dem *M. quadriceps* zu. Er ist vor allem verantwortlich für eine zuverlässige Stabilisierung des Gelenks in Streckstellung. In die Endsehne des *M. quadriceps* ist als Sesambein die Patella eingelassen, die den virtuellen Hebelarm und damit das Drehmoment des *M. quadriceps* vergrößert. Die Bedeutung der Muskulatur kommt hauptsächlich bei Bandschwächen bzw. Bandverletzungen zum Tragen, wobei diese durch eine gut entwickelte Muskulatur weitgehend kompensiert werden können.

Zusammen mit den Bandstrukturen des Gelenks kommt den Menisken eine bedeutende Rolle zu. Gemeinsam bilden sie eine funktionelle Einheit. Die knöchernen Inkongruenzen der artikulierenden Gelenkflächen von Femur und Tibia werden durch die Menisken zum Teil ausgeglichen, die als schüsselförmige faserknorpelige Gebilde von keilförmigem Querschnitt am Rand der Tibiakopfgelenkfläche lagern. Die Menisken vergrößern dadurch die druckübertragende Kontaktfläche zwischen den stark gekrümmten Femurkondylen und der flachen Gelenkpfanne des Tibiakopfes. Der mediale Meniskus sieht in der Flächenansicht C-förmig aus. Er ist mit der Gelenkkapsel verwachsen und steht mit dem medialen Seitenband in Verbindung. Weiter besteht eine feste Bindung des dorsalen Abschnitts des Innenmeniskus mit dem hinteren Schrägband (*Lig. oblique posterior*) und dem *M. semitendinosus*. Die Insertionen des medialen Meniskus in den knorpelfreien Zonen des Schienbeinkopfes (*Area intercondylaris anterior* und *posterior*) liegen weiter auseinander als die des kleineren, fast zum Kreis geschlossenen Außenmeniskus. Lateral des Außenmeniskushinterhorns verläuft im *Hiatus popliteus* die Sehne des *M. popliteus* und trennt so den Außenmeniskus vom *Stratum synoviale* der Gelenkkapsel und dem *Lig. collaterale fibulare*. Die Vorderhörner der beiden Menisken werden durch das inkonstante und unterschiedlich ausgebildete *Lig. transversum genu* verbunden.

Bei Bewegungen im Kniegelenk verformen und verschieben sich die Menisken auf dem Tibiakopf, die auch "transportable Gelenkflächen" [85] genannt werden. Es besteht ein unterschiedlich starkes Bewegungsausmaß der Menisken. Der laterale Meniskus weist eine wesentlich größere Beweglichkeit auf als der mediale, da die knöchernen Ansatzstellen näher zusammen liegen und keine festen Verbindungen zum Seitenband bestehen. Er kann infolgedessen besser ausweichen. Die intensive Anhaftung des medialen Meniskus an der Gelenkkapsel und an dem medialen Seitenband beschränkt seine Verschieblichkeit. Dadurch ist er leichter Schädigungen und Verletzungen ausgesetzt als der laterale Meniskus.

Ceelen hat den Menisken folgende Aufgaben zugeschrieben [13]:

1. Polster zur Ausfüllung der Spalten zwischen asymmetrischen Gelenkkörpern
2. Spannungssicherung für die Gelenkbänder
3. Beteiligung an der Gelenkhemmung durch Einklemmung
4. Pufferung gegen Stoß
5. gleichmäßige Druckverteilung
6. Sicherung gegen Kapselinklemmungen

## **2.1 Bewegungsmechanismus des Kniegelenks unter besonderer Berücksichtigung der Menisken**

Das Kniegelenk ist in erster Linie ein Scharniergelenk, das in geringem Umfang auch Rotationsbewegungen gestattet. Alle Bewegungen sind mit einem Gleiten der Femurkondylen auf dem Tibiakopf verbunden. Bei der Beugung und Streckung mit einem Gesamtbewegungsausschlag von aktiv 130 bis 150 Grad unterliegt das Kniegelenk einem Zwangslauf, der durch das Zusammenwirken der Kreuz- und Seitenbänder in einer Roll-Gleit-Bewegung gesteuert wird. Da die Femurkondylen vorne einen größeren Krümmungsradius haben als hinten, ist infolgedessen in Streckstellung die Kontaktfläche zwischen Gelenkpfanne und Kondylenfläche am größten.

Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten ist das Gelenk in Extension durch den Kapsel-Band-Apparat stabil fixiert, sowohl seitliche Verschiebungen wie Drehbewegungen sind ausgeschlossen. Die Kollateralbänder sind in dieser Position maximal gespannt. Bei Beugung im Kniegelenk nähern sich die Befestigungsstellen der Kollateralbänder einander immer mehr an und werden nach Überwindung der ersten zwanzig Grad entspannt. Gleichzeitig wird die Kontaktfläche der Gelenkflächen von Femur und Tibia kleiner. Die Stabilität des Gelenks nimmt ab und die Voraussetzung für die Rotation ist gegeben. Durch die Entspannung des Kapsel-Band-Apparates bei der Beugung werden Drehbewegungen durch gleitende Verschiebung der Femurkondylen auf dem Tibiaplateau ermöglicht. Von besonderer Bedeutung ist die Drehbewegung der Tibia, die in der Endphase der Streckung bzw. zu Beginn der Beugung im Kniegelenk erfolgt. Die letzten zehn Grad der Streckung bzw. die ersten zehn Grad der Beugung sind nur bei gleichzeitiger und zwangsläufiger Außen- bzw. Innenrotation der Tibia um einen Betrag von fünf bis zehn Grad möglich. Die so genannte Schlussrotation der Tibia wird durch das vordere Kreuzband und die Form der Gelenkkörper erzwungen. Bereits bei Extension des Kniegelenks von zehn Grad ist das vordere Kreuzband gespannt, noch bevor die Seitenbänder ihre maximale Spannung erreicht haben. Nur durch die leichte Außenrotation der Tibia, d.h. das Abwickeln der Kreuzbänder (bis alle Bänder maximal gespannt sind) wird die komplette Streckstellung und stabile Blockierung im Kniegelenk erreicht. Umgekehrt erfolgt zu Beginn der Beugung bei den ersten zehn bis zwanzig Grad eine Innenrotation der Tibia.

Beuge- und Streckbewegungen um die Hauptachse (Scharnierbewegung) spielen sich insbesondere zwischen dem Femur und den Menisken ab. Drehbewegungen erfolgen

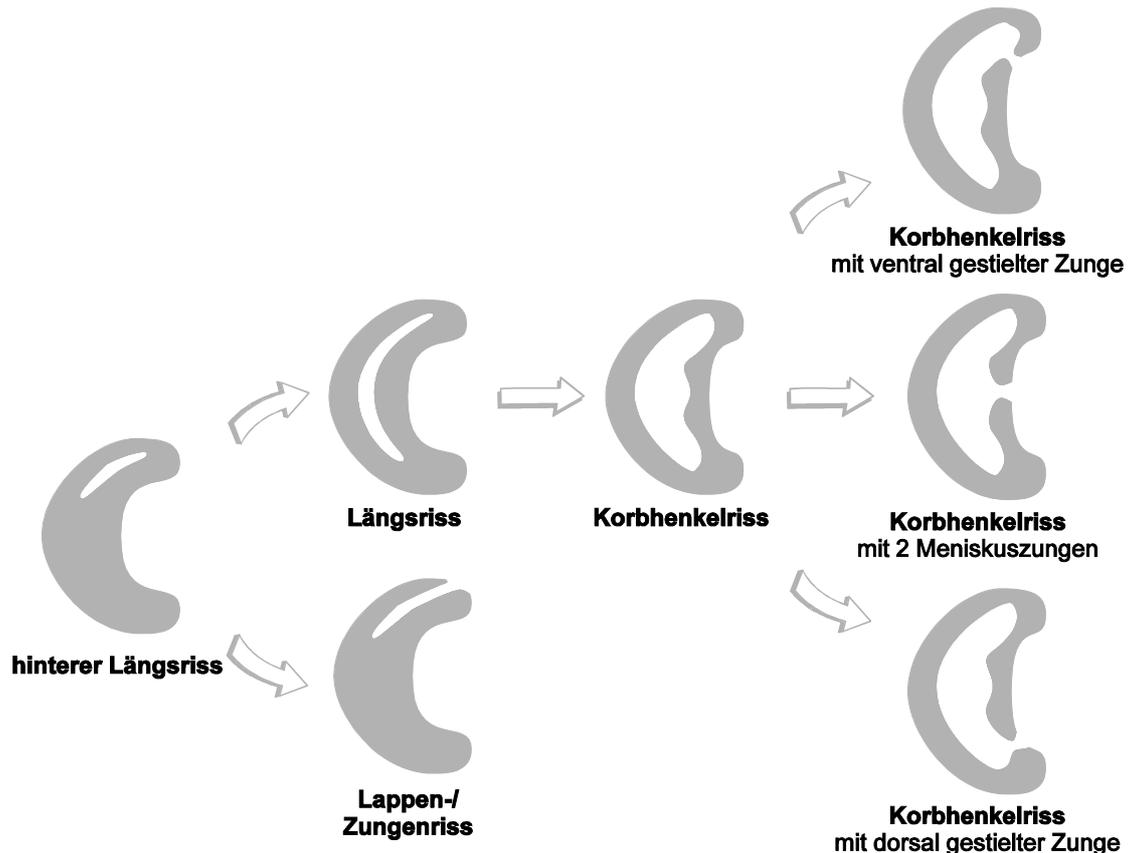
vorwiegend zwischen Menisken und Tibia. Während der Flexion des Kniegelenks gleiten die Menisken auf dem Tibiaplateau nach hinten, bei der Extension nach vorne. Wird zu der Kniebeugung noch eine Rotationsbewegung ausgeführt, ist die Verschiebung des lateralen Meniskus aufgrund der andersartigen Befestigung noch wesentlich ausgeprägter. Der fast ringförmig geschlossene, infolge seiner lockeren Verbindung zur Gelenkkapsel wesentlich beweglichere laterale Meniskus, kann den bei Drehbewegungen sich verschiebenden Femurkondylen leichter ausweichen. Er ist wesentlich geringeren Zugspannungen ausgesetzt als der mediale Meniskus. Infolge der straffen Fixation des medialen Meniskus an der Gelenkkapsel und dem medialen Kollateralband sowie seiner knöchernen Anheftung am Vorder- und Hinterhorn ist dieser in einem geringeren Ausmaß verschieblich und leichter Verletzungen ausgesetzt.

Bei der Außenrotation der Tibia, die in größerem Umfang (25-40 Grad) möglich ist als die Innenrotation (10-20 Grad), wird der mediale Meniskus nach hinten und außen, der laterale Meniskus nach vorne gezerrt. Bei der Innenrotation wandert der mediale Meniskus leicht nach vorne und der laterale verschiebt sich nach dorsal und etwas nach medial.

Der Bewegungsmechanismus des Kniegelenks mit seiner Verschiebung und Verformung der Menisken spielt für die Entstehung der Meniskusverletzungen eine außerordentliche Rolle. Eine Schädigung oder Zerreißen der Menisken erfolgt oftmals nur dann, wenn sie unter abnormen Druck oder Zug gesetzt werden. Dabei müssen durch direkte und indirekte Gewalteinwirkung entstandene Meniskusverletzungen unterschieden werden. Eine direkte äußere Gewalteinwirkung ist der seltenere Entstehungsmechanismus einer Meniskusläsion, die zum Beispiel durch ein Fragmentanteil aufgrund einer Tibiakopffraktur, durch eine unmittelbare Gewalteinwirkung bei Kollateralbandzerreißen durch äußere Krafteinwirkung, z.B. bei einer "dash-board-injury" im Straßenverkehr oder durch die gegnerische Gewalteinwirkung beim Sport auf das Knie entstehen kann [90]. Wesentlich häufiger treten Meniskusverletzungen durch indirekte Gewalteinwirkung auf. Eine Kombination von plötzlich auftretenden unkontrollierten Flexions-Extensionsbewegungen mit Drehbewegungen im belasteten Kniegelenk ist die häufigste indirekte gelenkmechanische Ursache für Läsionen der Menisken. Unter diesen Umständen ist der normale Bewegungsablauf im Gelenk gestört. Es kommt zwangsläufig durch die Elastizitätsgrenze der Menisken überschreitenden Druck- und Zugkräfte zu Einrissen in der Knorpelsubstanz. Wird z.B. der Femur bei fixiertem Unterschenkel und Beugstellung des Kniegelenks in einem zu starkem Ausmaß innenrotiert, so wird der mediale Meniskus nach hinten gezerrt und in den Gelenkspalt gezogen. Dieser Verschiebung wirken die eigene Elastizität, die knöchernen Anheftung und die Befestigungsstellen des Meniskus an der Kapsel und dem medialen Seitenband entgegen. Erfolgt nun eine plötzliche unkontrollierte Extensionsbewegung aus dieser Stellung heraus, entstehen abnorme Zugkräfte zwischen Meniskus und Kapsel-Band-Apparat. Die Reißfestigkeit der Knorpelsubstanz wird überschritten und führt zwangsläufig zur Rissbildung. Neben den gelenkmechanischen Ursachen begünstigen unter anderem degenerative Veränderungen im Kniegelenk, ein lockerer Bandapparat, ein geringer Spannungszustand der Muskulatur und eine Fehlstellung der Kniegelenkachse die Entstehung von Meniskusverletzungen.

## 2.2 Typische Meniskuläsionen

Ein großer Teil der Meniskusschäden kann in typische Rissformen eingeteilt werden, die in beliebigen Variationen kombiniert auftreten können (Bild 2.1). Am häufigsten finden sich Längsrisse in der Knorpelsubstanz. Der parallel zur Meniskulängsachse verlaufende Riss kann den Meniskus in der gesamten Breite seines Querschnitts, von femoralseitig bis tibialseitig betreffen. Er wird dann als kompletter Längsrisse klassifiziert. Erreicht der Riss nur an einer Seite die Meniskusoberfläche, wird er als inkompletter Riss bezeichnet.



**Bild 2.1:** Entwicklung verschiedener Rissformen

Der so genannte Korbhenkelrisse stellt im Rissverlauf einen Längsrisse dar. Reicht eine Ruptur vom Vorder- oder Hinterhorn bis über die Anheftungsstelle am Seitenband hinaus, kann sich der abgelöste innere Meniskusanteil wie ein Korbhenkel ins Gelenkinnere einschlagen. Am häufigsten verläuft der Riss zwischen mittlerem und äußerem Drittel, wobei die gut mit Blutgefäßen versorgten Randzonen im Zusammenhang mit der Gelenkkapsel bleiben. In seltenen Fällen löst sich der gesamte Meniskus von der Anheftungsstelle an der Kapsel und evtl. auch vom Seitenband (betrifft den medialen Meniskus). Die Bedeutung des Korbhenkelrisses liegt darin, dass nur bei dieser Rissform klinisch echte Blockierungen oder Bewegungssperren des Kniegelenks auftreten können.

Eine weitere typische Rissform ist der Lappen- oder Zungenriss, der sich überwiegend aus einem longitudinal verlaufenden und nur kurzstreckig radiär verlaufenden Anteil zusammensetzt. Der randnahe Rissanteil kann dabei ortständig oder eingeschlagen sein. Gelangt der lappen- oder zungenförmige Abriss zwischen Femurkondyle und Tibiaplateau, so führt dieses zu momentanen Einklemmungserscheinungen, aber nicht zu länger dauernden Gelenksperren.

Weitere Formen der Meniskusrupturen sind der einfache Quer- oder Radiärriss und der Fischmaulriss. Beim Fischmaulriss, der häufig schwer zu diagnostizieren ist, liegen aufgrund der Spaltung des Meniskusquerschnittes in horizontaler Verlaufsrichtung femorale und tibiale Meniskuslippen aufeinander.

### 3 Klinische Untersuchung

Der erfahrene Untersucher ist gefordert, durch eine sorgfältige klinische Untersuchung das Ausmaß einer Verletzung rasch und sicher zu erkennen und den Verletzten der weiterführenden instrumentellen und radiologischen Diagnostik zuzuführen. Anschließend kann über ein entsprechendes Therapieverfahren entschieden werden.

Die klinische Diagnostik umfasst (Bild 3.1):

1. Anamnese
2. Allgemeine klinische Diagnostik
  - Inspektion
  - Palpation
  - Funktionsprüfung
  - Funktionelle Tests
3. Spezielle klinische Diagnostik
  - Diagnostik des Kapsel-Band-Apparates
  - Diagnostik des Femoropatellargelenks
  - Diagnostik der medialen und lateralen Menisken

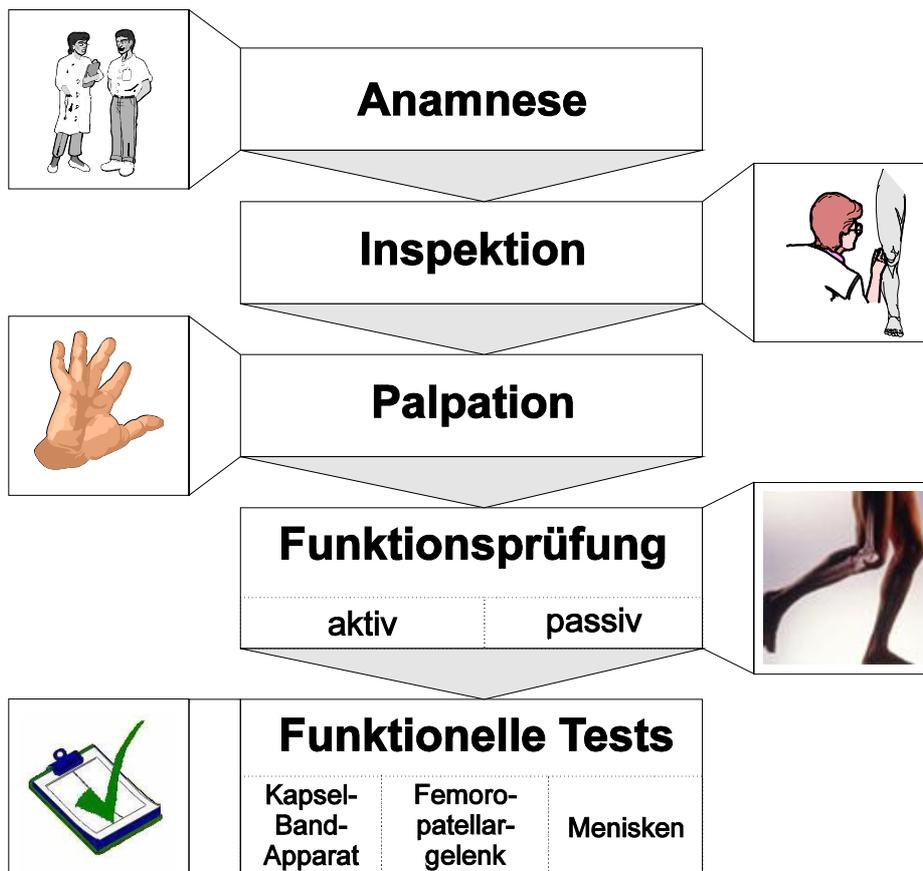


Bild 3.1: Verlauf der klinischen Diagnostik

Mit der systematischen Ermittlung aller Informationen aus Anamnese, allgemeiner und spezieller klinischer Diagnostik sollte das Ausmaß der ligamentären, knöchernen und die Menisken betreffenden Verletzungen erfasst, und weiterführende Maßnahmen eingeleitet werden.

### **3.1 Anamnese**

Wertvolle richtungsweisende Informationen sind bereits von einer exakten Patientenbefragung zu erwarten. Daher steht am Anfang einer jeden klinischen Untersuchung eine sorgfältige Anamnese, die bei der Diagnosestellung einer Meniskusläsion und anderen Kniegelenkerkrankungen von entscheidender Bedeutung ist.

Bereits verschiedene Ursachen - Trauma, chronische Überlastung und altersbedingte Verschleißerscheinungen - führen im Bereich des Kniegelenks zu unterschiedlichen Verletzungen. Die häufigste Ursache für Knieverletzungen sind Sportunfälle (Fußball, Handball, Basketball, Skifahren, Reiten, Kampfsportarten), die in allen Ursachenstatistiken an erster Stelle stehen. Mit Hilfe einer genauen Beschreibung des Unfallmechanismus kann bereits eine erste Differenzierung des Schädigungsmusters vorgenommen werden. Dabei führen bestimmte Verletzungsmechanismen zu typischen Kombinationsläsionen des Kniegelenks. Die genaue Rekonstruktion der abgelaufenen pathobiomechanischen Bewegungsabläufe ist somit für die Diagnosestellung ausgesprochen hilfreich.

Ein typischer und häufiger Unfallmechanismus ist das Flexions-Valgus-Außenrotationstrauma, in dessen Folge es zu einer Verletzung des medialen Seitenbandapparates, des vorderen Kreuzbandes und des Innenmeniskus kommen kann. Eine weitere häufige Verletzung ist das Flexions-Varus-Innenrotationstrauma, das zur typischen anterolateralen Kapselbandläsion mit Verletzungen des Außenbandapparates, des vorderen Kreuzbandes und des Außenmeniskus führen kann.

Neben Unfallzeitpunkt und -mechanismus ist der Funktionszustand des Kniegelenks nach dem Unfall (Gehfähigkeit, Sportfähigkeit, Schwellung, Blockierung, Giving way, Streckhemmung) von entscheidender Bedeutung. Zusätzlich liefert eine exakte Schmerzanalyse dem erfahrenen Untersucher weitere wertvolle diagnostische Hinweise. Ein dumpfer, schwer abgrenzbarer somatischer Tiefenschmerz herrscht bei einem begrenzten Binnentrauma vor. Bei Mitverletzungen des Weichteilmantels dominiert der "helle" abgrenzbare Oberflächenschmerz. Beim Riss eines Bandes, Muskels oder einer Sehne wird der Schmerz oft als Schlag wahrgenommen und ist mitunter mit einem akustischen Phänomen verbunden [88].

Die Schmerzintensität ist allerdings nicht immer proportional dem Schadensausmaß. Teilrupturen, Banddehnungen oder harmlose Verletzungen des Hoffa-Fettkörpers (HämARTHROS) können zu starken Schmerzen führen. Schwere ligamentäre Verletzungen hingegen sind häufig relativ schmerzarm, da das Blut aus den verletzten Bandgefäßen in den Weichteilmantel und das subkutane Fettgewebe austreten kann. Eine Kompression der Nerven durch intraligamentäre Hämatombildung entsteht nicht, vielmehr steht die

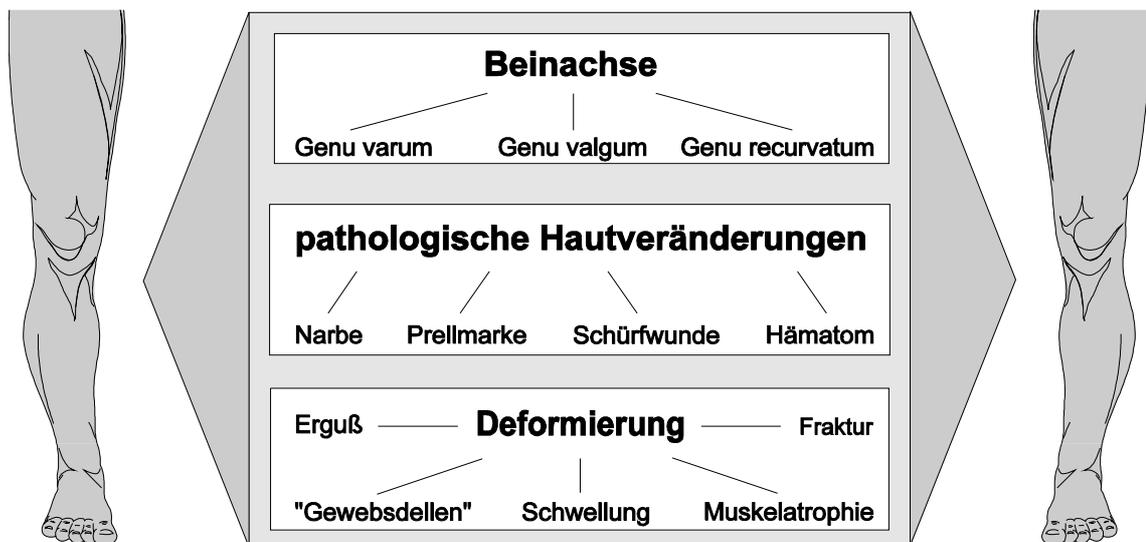
Knieinstabilität im Vordergrund [97]. Ein posttraumatisches schmerzarmes Intervall spricht keinesfalls gegen eine ernsthafte Verletzung.

Anschließend sollte im Gespräch auf die bisherige Behandlung, die bis zum jetzigen Zeitpunkt durchgeführt wurde, eingegangen werden. Neben Fragen nach Immobilisation, Operation und intraartikulärer Injektion des verletzten Kniegelenks, ist bei Sportlern die Medikamentenanamnese besonders wichtig. Im Zusammenhang mit einer Anabolikatherapie kann die Belastbarkeit des Sehnen- und Muskelgewebes vermindert sein, so dass nicht selten Rupturen dieser Strukturen auftreten können.

Zum Abschluss der Anamnese sollte der Untersucher durch gezielte Befragung eruiieren, ob frühere Verletzungen oder Erkrankungen des betroffenen Kniegelenks vorangegangen sind. Ebenso sind zurückliegende Punktionen und frühere Operationen von Interesse, sowie allgemeine Erkrankungen und körperliche Beschwerden.

### 3.2 Inspektion

Die allgemeine klinische Diagnostik beginnt mit der Inspektion. Schon beim Eintreffen des Patienten in den Untersuchungsraum verschafft sich der Untersucher einen ersten Eindruck von dem Patienten, indem er auf das Gangbild und den Bewegungsablauf beim Gehen achtet. Grundsätzlich wird die Untersuchung eines verletzten Kniegelenks im Seitenvergleich durchgeführt (Bild 3.2).



**Bild 3.2:** Inspektion im Seitenvergleich

Die Beinachse wird am stehenden Patienten zunächst mit nach ventral zeigender Kniescheibe beurteilt. Mit einer Achsabweichung können verschiedene Krankheiten verbunden sein. Die Beurteilung eines Genu valgum erfolgt durch die Messung des Innenknöchelabstandes, der klinische Messparameter für ein Genu varum ist die Distanz zwischen den medialen Femurkondylen. Häufig treten beim Genu valgum Schmerzen im Bereich der Innenseite des Kniegelenks auf, die auf eine Innenmeniskusläsion hinweisen können, während Beschwerden beim Genu varum mit Außenmeniskusläsionen und Patellaluxationen einhergehen können. Eine dritte Form der Achsenabweichung ist das Genu recurvatum. Die Überstreckbarkeit des Kniegelenks

hat eine Schädigung des ventralen Anteils der proximalen Tibiaepiphyse als Ursache. Diese kann idiopathisch sein (z.B. Rachitis durch Wachstumsstörungen der proximalen Tibiaepiphyse) sowie posttraumatisch (z.B. gelenknahe Frakturen), kompensatorisch (z.B. nicht ausgeglichenem Spitzfuß) oder neurogen (z.B. Tabes oder Poliomyelitis durch Atrophie oder Lähmung der Oberschenkelstreckmuskulatur) hervorgerufen werden [7].

Nach dem Erkennen von Achsdeformitäten muss der Untersucher bei der Inspektion auf pathologische Hautveränderungen achten. Narben sind Zeichen vorangegangener Verletzungen oder Operationen. Prellmarken, Schürfwunden und Hämatome sind Merkmale einer frischen Verletzung. Ihre Lokalisation und ihr Ausmaß können Hinweise auf Art und Richtung der einwirkenden Kraft geben und erlauben Rückschlüsse auf spezifische Gelenkschäden.

Weiterhin ist auf augenfällige Deformierungen, pralle Rezessus, verstrichene Gelenkkonturen durch Kapselödeme oder traumatische Synovialitis und Muskelatrophien zu achten. Zurückliegende Verletzungen des Kapsel-Band-Apparates, Meniskusläsionen und langandauernde Immobilisation haben häufig eine Atrophie des M. vastus medialis zur Folge. Smillie sieht in der Quadrizepsatrophie "den Schlüssel zum Kniegelenk". In seiner Studie ist die Atrophie des M. vastus medialis eine regelmäßige Begleiterscheinung jeder Kniebinnenverletzung [90]. Nach Zippel ist die Atrophie des M. quadriceps das wichtigste und zugleich häufigste Merkmal einer älteren Meniskusverletzung [109].

### **3.3 Palpation**

Nach einer sorgfältigen Inspektion des verletzten Kniegelenks im Seitenvergleich wird die klinische Untersuchung mit der Palpation des Gelenks fortgesetzt, die am liegenden Patienten erfolgt. Eine Differenzierung eines intraartikulären Ergusses von einer artikulären Schwellung und einer Kapselschwellung ist mit Hilfe der Palpation möglich.

#### **3.3.1 Intraartikulärer Erguss**

Die Überprüfung eines intraartikulären Ergusses erfolgt durch das Phänomen der "tanzenden Patella". Dazu komprimiert der Untersucher mit seinen Händen den oberen, medialen und lateralen Rezessus des Kniegelenks und drückt die Patella mit dem Zeigefinger gegen den Femur. Liegt eine intraartikuläre Flüssigkeitsansammlung vor, so nimmt die Patella ihre Ausgangsposition sofort wieder ein, wenn kein Druck mehr auf sie ausgeübt wird. Die Ursachen intraartikulärer Ergüsse können traumatische oder chronische Veränderungen sein. Posttraumatische Ergüsse können durch schwere intraartikuläre Verletzungen (Ruptur des vorderen Kreuzbandes, knöcherne Verletzungen) ausgelöst werden. Ein chronischer Reizerguss ist oft die Folge von degenerativen Veränderungen, chronischer Polyarthrit, Morbus Bechterew und Gicht im Bereich des Kniegelenks.

Können mit Hilfe der Röntgenuntersuchung Frakturen, Osteochondralfrakturen und knöcherne Bandausrisse sowie degenerative Veränderungen ausgeschlossen werden,

muss jeder akute posttraumatische Gelenkerguss bei gleichzeitig klinisch stabilem Kniegelenk zum Ausschluss eines Hämarthros punktiert werden [97]. Die Kniepunktion erfüllt dabei nicht nur eine therapeutische Aufgabe (Schmerzreduktion), sondern gibt aufgrund der Punktatbeschaffenheit diagnostische Hinweise auf die eventuelle Ursache der intraartikulären Flüssigkeitsansammlung (blutig: vordere Kreuzbandruptur, Meniskusläsion (basisnah), Patellaluxation).

Kann das Phänomen der "tanzenden Patella" bei einer Kniegelenkschwellung nicht ausgelöst werden, liegt kein intraartikulärer Erguss vor.

### **ARTIKULÄRE SCHWELLUNG**

Artikuläre Schwellungen können durch verschiedene Ursachen ausgelöst werden. Eine traumatische Synovialitis infolge Knorpelkontusion, chondraler und/oder osteochondraler Fraktur führt häufig zum Druckschmerz und Ödem der Gelenkkapsel. Auch eine rheumatische Systemerkrankung kann eine ausgeprägte Synovialitis und somit ein stark geschwollenes Kniegelenk hervorrufen. Häufiger als globale artikuläre Schwellungen treten lokale Schwellungen des Kniegelenks auf, die z.B. durch Bursitis, Morbus Osgood-Schlatter, Meniskusganglien, Tumoren, Baker-Zysten, vergrößerten Hoffa-Fettkörper, degenerative Gelenkerkrankungen (z.B. Osteophyten), Gichtknoten, Lipom oder Muskelhernien verursacht werden können. Die Palpation gibt Aufschlüsse über Schmerzhaftigkeit, Konsistenz, Verschieblichkeit und Temperatur der lokalen artikulären Schwellungen.

### **SCHMERZPUNKTE**

Neben der Differenzierung von Kniegelenkschwellungen kann mit Hilfe der Palpation der maximale Schmerzpunkt z.B. im Verlauf der Bandstrukturen, der Menisken, der Bursen und Sehnenansätze lokalisiert werden. Eine direkte Schmerzauslösung über den Muskellogen des Unterschenkels deutet auf ein Kompartmentsyndrom als Hämatomfolge hin. Zu achten ist außerdem auf "Gewebsdellen", Muskelrisse, Abriss der Quadrizepssehne und des Ligamentum patellae, Rupturen der seitlichen Kapselschale und Kniescheibenbrüche.

Um keine pathologischen Veränderungen zu übersehen, hat sich eine systematische Vorgehensweise bei der Palpation der Schmerzpunkte bewährt. Strobel hat jeder Kniegelenkseite (ventral, lateral, medial, dorsal) bestimmte Schmerzpunkte zugeordnet [97].

#### Ventrale Schmerzpunkte des Kniegelenks:

Patella, Patellabasis, medialer Patellarand, Retinaculum mediale, Patellaspitze, Lig. patellae, Gelenkspalt, Tuberositas tibiae, Ansatz des Pes anserinus

#### Laterale Schmerzpunkte des Kniegelenks

lateralen Femurkondylus, Ursprung des M. popliteus, Seitenband, Gelenkspalt, Tibiakopf, Tuberculum Gerdy (Tractusansatz), Fibulaköpfchen

### Mediale Schmerzpunkte des Kniegelenks

Femurkondylus, Gelenkspalt, Tibiakopf, dorsomedialer Gelenkbereich

### Dorsale Schmerzpunkte des Kniegelenks

Baker-Zyste, Myogelosen im M. gastrocnemius

## **TEMPERATUR**

Ergänzend zum Hauptziel, den Schmerzpunkt zu lokalisieren, beinhaltet eine gründliche und vollständige Palpation die Überprüfung der Gewebetemperatur. Neben der Überwärmung des Kniegelenks, z.B. durch Infektion, intraartikulären Erguss oder Salbenverband muss auch die Unterkühlung des Unterschenkels und des Fußes berücksichtigt werden. Sie gibt Hinweise auf einen arteriellen Verschluss nach einem schweren Trauma oder einer Luxation [88].

## **INTRAARTIKULÄRE PHÄNOMENE**

Zusätzlich werden intraartikuläre Phänomene wie Reiben, Schnappen oder Knacken während des Bewegungsablaufes beurteilt. Ursache dieser Geräuschphänomene können degenerative Veränderungen des patellofemorales Gleitlagers, freie Gelenkkörper im Gelenkspalt oder physiologische Knack- und Reibegeräusche bei Kniegelenkbewegungen sein.

## **3.4 Funktionsprüfung**

Die Funktionsprüfung des verletzten Kniegelenks im Seitenvergleich erfolgt im Anschluss an die Anamnese, Inspektion und Palpation. Erhöhte oder verminderte Bewegungsausmaße sind häufige Funktionsstörungen des Stütz- und Bewegungsapparates des Kniegelenks. Erst sie machen die klinische Relevanz der verschiedensten Erkrankungen aus und stehen im Mittelpunkt bei weiteren diagnostischen und therapeutischen Überlegungen.

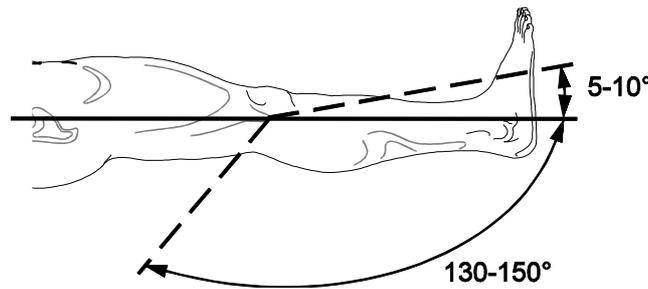
## **BEWEGLICHKEIT**

Zur Prüfung der Gelenkfunktion gehören die Messung des aktiven und passiven Bewegungsumfanges und das Erkennen bestehender Bewegungseinschränkungen. Bei eingeschränkter Beweglichkeit hilft oftmals die Beurteilung des Bewegungsanschlages weiter. Ein harter Anschlag kann auf intraartikuläre Verwachsungen und Deformierungen knöcherner Gelenkkörper zurückzuführen sein. Ist der Anschlag hartelastisch, besteht der Verdacht auf Einklemmung gelöster Meniskusanteile oder freier Gelenkkörper. Ein weichelastischer Anschlag mit unterschiedlichem Bewegungsumfang spricht für eine Bewegungseinschränkung durch Schmerzen oder Meniskusveränderungen.

Der Bewegungsumfang des Kniegelenks wird nach der Neutral-Null-Methode gemessen. Dabei gibt es drei Bewegungsachsen:

- Transversalachse für Extension und Flexion
- Vertikalachse für Außen- und Innenrotation (bei 90° gebeugtem Kniegelenk)
- Sagittalachse für Valgus- und Varusbewegungen.

Bei der Funktionsprüfung des Kniegelenks werden zunächst die aktive und dann die passive Beweglichkeit überprüft. Die behutsame Prüfung der passiven Beweglichkeit hilft dabei, mechanische oder schmerzbedingte Bewegungsdefizite, Krepitationen oder andere akustische Phänomene zu erfassen. Außerdem können pathologische Freiheitsgrade als Ausdruck der gestörten ligamentären Gelenkführung registriert werden. Der normale Bewegungsumfang des Kniegelenks - gemessen nach der Neutral-Null-Methode beträgt bei Extension/Flexion aktiv 5-10/0/130 Grad, passiv 5-10/0/150 Grad (Bild 3.3).



**Bild 3.3:** Flexion und Extension des Kniegelenks

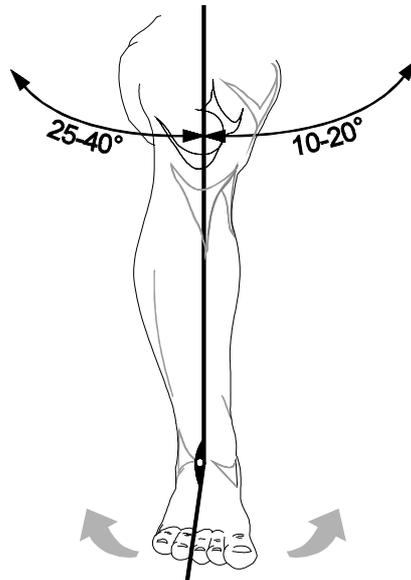
Bei der passiven Streckung wird das Bein oberhalb der Ferse angehoben. Mit der anderen Hand wird ein leichter Druck nach dorsal auf den Oberschenkel ausgeübt und so eine Überstreckung provoziert. Normalerweise wird diese von den Bändern der hinteren Kapselwand, der Ligg. collateralia und dem hinteren Kreuzband, verhindert. Liegt eine Laxizität dieser Strukturen vor, kann das Gelenk überstreckt werden. Bei einer Überstreckung von mehr als 10 Grad wird von einem Genu recurvatum oder Schlotterknie gesprochen. Streckausfälle können die Folge von früheren Verletzungen, Einklemmungen freier Gelenkkörper oder Meniskusteilen sowie von Gelenkerkrankungen sein.

Die Prüfung der passiven Flexion erfolgt mittels der Ermittlung des Fersen-Gesäß-Abstandes (in Bauchlage), der bei Frauen bei < 5 cm, bei Männern < 10 cm liegt. Bei einer Verkürzung oder Kontraktur des M. quadriceps nimmt das Ausmaß des Fersen-Gesäß-Abstandes beträchtlich zu. Bei Beugeausfällen ohne Streckhemmung muss immer ein Verdacht auf Einklemmungen von Meniskusteilen oder freien Gelenkkörpern bestehen. Hemmungen beim Beugen und Strecken des Kniegelenks sprechen für Bewegungseinschränkungen durch kapsuläre und arthrogene Kontrakturen [7].

Die Innen- und Außenrotation des Kniegelenks ist physiologisch in Streckstellung blockiert. Daher muss das Rotationsausmaß des Gelenks in neunzig Grad Beugung am sitzenden Patienten gemessen werden. Dabei lässt der Bandapparat eine Außenrotation von 25-40 Grad und eine Innenrotation von 10-20 Grad zu (Bild 3.4).

Bewegungseinschränkungen und Schmerzen bei der Außenrotation deuten auf Läsionen des medialen meniskotibialen Ligaments und/oder medialen Meniskus hin. Eine Hypermobilität kann ein Hinweis auf Schäden am posteromedialen Kapsel-Band-Apparat sein. Läsionen im lateralen meniskotibialen Ligament und/oder lateralen

Meniskus führen zu Schmerzen bei Innenrotation, während Schäden im posterolateralen Kapsel-Band-Apparat eine Hypermobilität hervorrufen können.



**Bild 3.4:** Rotationsausmaß des Kniegelenks

Eine Bewegung auf der Sagittalachse, d.h. Valgus- und Varusbewegung, ist bei gestrecktem Kniegelenk nicht physiologisch, sondern nur bei geringer Beugestellungen möglich. Diese Bewegungen sind für die Diagnose von Seitenbanddehnungen und -rupturen von Bedeutung (siehe 3.5.1.).

### MUSKULATUR

Bei Kniegelenksverletzungen wird die aktive Funktion der Muskulatur überprüft, um Innervation und Kraftübertragung der Strecker, Beuger, Adduktoren, des M. tensor fasciae latae, des M. gastrocnemius sowie des M. plantaris gegen Widerstand im Seitenvergleich zu beurteilen und pathologische Veränderungen zu erkennen.

Die Überprüfung der Streckmuskulatur erfolgt durch aktive Streckung des Unterschenkels gegen Widerstand. Der zweigelenkige Muskelanteil des M. quadriceps (M. rectus femoris) wird zusätzlich am sitzenden Patienten durch Heben des Oberschenkels gegen Widerstand überprüft. Deutliche Kraft- und Muskelkonturunterschiede geben Hinweise auf akute oder chronische (z.B. M. vastus medialis-Hypotrophie) Knieschäden.

Zur Funktionsprüfung der Beugemuskulatur liegt der Patient auf dem Bauch und bewegt gegen einen vom Untersucher ausgeübten Widerstand seine Ferse in Richtung Gesäß. Beugeeinschränkungen und Schmerzen bei dieser Untersuchung können je nach Lokalisation auf eine Baker-Zyste, Verletzung des hinteren Kreuzbandes, der dorsalen Kapsel, Meniskusverletzung, Insertionstendopathie hinweisen.

Die Muskelkraft und -funktion der Rotatoren wird am sitzenden Patienten überprüft. Der Patient wird zur Prüfung der Außenrotation aufgefordert, den innenrotierten Fuß

gegen Widerstand nach außen zu rotieren. Zur Prüfung der Innenrotation dreht der Patient den außenrotierten Fuß gegen Widerstand nach innen.

Um die Funktion der Adduktoren zu überprüfen, wird der sitzende Patient gebeten, seine leicht gespreizten Beine gegen Widerstand zu schließen. Der zu den Adduktoren zählende M. gracilis beeinflusst als einziger zweigelenkiger Muskel der Adduktorengruppe neben dem Hüftgelenk auch das Kniegelenk. Bei Anspannung dieses Muskels erfolgen zusätzlich zur Adduktion im Hüftgelenk eine Beugung und Innenrotation im Kniegelenk.

Der häufig als "Sprinter Muskel" bezeichnete M. tensor fasciae latae übt eine Beugung und Innenrotation im Hüftgelenk aus. Durch Beugung und Innenrotation des Beines gegen Widerstand kann im Seitenvergleich seine Funktion beurteilt werden.

Mit Hilfe dieser Untersuchungen können die Muskelkraft und Muskelfunktion im Vergleich zum gesunden Kniegelenk auf pathologische Befunde hin untersucht, und Insertionstendopathien im Ansatzbereich der Muskeln diagnostiziert werden.

#### **NEUROLOGISCHE UNTERSUCHUNG**

An die Überprüfung der motorischen Innervation schließt sich die Sensibilitätsprüfung an, wobei Ausfälle, hypo- und hyperästhetische Zonen registriert werden. Ein Trauma in Höhe des Verlaufes des N. peroneus (im Bereich Caput und Collum fibulae) kann z.B. zur Kompression oder Ruptur dieser Nervenbahnen führen, die einen Sensibilitätsausfall im Bereich des lateralen Unterschenkels und bei vollständigem Ausfall der motorischen Bahnen ein Pes equinovarus und Steppergang zur Folge hätte.

#### **DURCHBLUTUNG**

Zum Ausschluss von arteriellen Durchblutungsstörungen und Gefäßverletzungen müssen auch bei geschlossenen Verletzungen die Pulse der A. poplitea, A. tibialis und A. dorsalis pedis kontrolliert werden. Direkte Traumata und Dehnungen können zu einem Verschluss oder einer Ruptur der Poplitealgefäße führen. Hauttemperaturunterschiede können eventuell bereits bei der Palpation wahrgenommen werden. In Ausnahmefällen liegt bei jüngeren sportlichen Patienten ein Kompressionssyndrom der A. poplitea vor, wobei die A. poplitea im Bereich des medialen Gastrocnemiuskopfes eingeengt wird [10, 66]. Die Pulse der A. tibialis und A. dorsalis pedis sind abgeschwächt, und die Patienten beklagen eine Claudicatio intermittens. Eine Dopplersonographie/Angiographie kann diese Diagnose sichern [97].

### 3.5 Spezifische klinische Untersuchung

Spezifische Tests zur Untersuchung der ligamentären Gelenkstabilität und Meniskusläsion stehen am Schluss der klinischen Diagnostik. Die Interpretation der klinischen Untersuchungsverfahren zur Verifizierung einer Meniskus- oder Bandläsion hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab. Zum einen scheinen die individuellen Fähigkeiten des Untersuchers eine Rolle zu spielen (die Erfahrung, der eingebrachte Kraftaufwand, die Spannweite der Hände), zum anderen sind die Ergebnisse der Untersuchung von der Compliance des Patienten abhängig. Eine eingeschränkte prognostische Aussagefähigkeit haben die klinischen Untersuchungsmethoden insbesondere dann, wenn eine mangelnde Kooperationsfähigkeit von Seiten des Patienten besteht.

In den folgenden Abschnitten sind einige funktionelle Tests und spezifische Untersuchungen zur Diagnostik von Band- und Meniskusläsionen beschrieben, die stets im Seitenvergleich durchgeführt werden sollen.

#### 3.5.1 Untersuchung der ligamentären Kniestabilität

Bei einer detaillierten Untersuchung der Bandstrukturen ist darauf zu achten, dass Bandverletzungen nicht nur isoliert sondern häufiger auch in Kombination mit anderen pathologischen Veränderungen auftreten. Nicht selten liegt neben einer Läsion des vorderen Kreuzbandes eine Veränderung des medialen Seitenbandes vor. Ist zusätzlich der mediale Meniskus verletzt, wird von einer „O'Donoghues unhappy triad“ Verletzung gesprochen. Eine Studie von Pavlov 1978 ergab, dass eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes in dreiundsechzig Prozent der Meniskusverletzungen auftritt [76].

##### 3.5.1.1 UNTERSUCHUNG DES MEDIALEN UND LATERALEN SEITENBANDES

###### PRÜFUNG DER MEDIALEN UND LATERALEN AUFKLAPPBARKEIT

Bei der Untersuchung der medialen bzw. lateralen Aufklappbarkeit des Kniegelenks liegt der Patient auf dem Rücken. Der Untersucher umfasst mit der einen Hand den Unterschenkel in Höhe des oberen Sprunggelenks und unterstützt mit der anderen Hand medial bzw. lateral in Höhe des Gelenkspalts das Kniegelenk. Zur Prüfung der Stabilität der Seitenbänder übt der Untersucher einen Varus- bzw. Valgusstress (Adduktions-, Abduktionstest) aus. Die mediale bzw. laterale Aufklappbarkeit wird in Extension, evtl. Hyperextension und leichter Flexion (zehn bis zwanzig Grad) mit Außenrotation des Unterschenkels untersucht. Sie dient nicht nur dem Ausschluss von Seitenbandläsionen, sondern auch der Diagnostik von Läsionen der dorsomedialen und dorsolateralen Kapsel-Band-Strukturen und der Kreuzbänder.

Gerade bei der Überprüfung der Aufklappbarkeit des außenrotierten Kniegelenks bei leichter Flexion ist eine selektive Untersuchung der Kollateralbänder möglich, da sich in dieser Position die Kreuzbänder entwirren und nur die Kollateralbänder gespannt sind. Der Nachweis einer positiven medialen Aufklappbarkeit (Abduktionstest/Valgustest) in zehn bis zwanzig Grad Flexion des Kniegelenks deutet auf eine Läsion des medialen Seiten- und Kapselbandes hin. Fällt der Test auch in Extension positiv aus, besteht der

Verdacht, dass zusätzlich der dorsomediale Kapsel-Band-Apparat und das vordere, eventuell auch das hintere Kreuzband verletzt sind. Ein negativer Ausfall des Valgustests spricht für die Intaktheit des medialen Seitenbandes, wenn der Patient nicht durch reflektorische Muskelspannungen die Innenbandläsion verdeckt.

Eine laterale Aufklappbarkeit (Adduktionstest/Varustest) des Kniegelenks in zehn bis zwanzig Grad Flexion gibt Hinweise auf eine Verletzung des lateralen Seitenbandes und eventuell der Popliteussehne. Bei positivem Ausfall des Tests in Extension besteht der Verdacht einer zusätzlichen Läsion der dorsolateralen Kapselschale und einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Eine Ruptur des Tractus iliotibialis und des hinteren Kreuzbandes ist möglich. Fällt der Varustest negativ aus, sind das laterale Seitenband und der dorsolaterale Kapsel-Band-Apparat wahrscheinlich intakt.

#### Valgustest in zehn bis zwanzig Grad Flexion

- negativ: mediales Seitenband intakt  
positiv: mediales Seiten- und Kapselband rupturiert  
stark positiv: mediales Seiten- und Kapselband verletzt, dorsomedialer Kapsel-Band-Apparat verletzt, vorderes, evtl. hinteres Kreuzband betroffen.

#### Valgustest in Extension

- negativ: dorsomediale Kapsel intakt  
positiv: mediales Seitenband und dorsomediale Kapsel verletzt  
stark positiv: dorsomediale Kapsel, mediales Seitenband, hinteres und evtl. vorderes Kreuzband verletzt.

#### Varustest in zehn bis zwanzig Grad Flexion

- negativ: laterales Seitenband intakt  
positiv: laterales Seiten- und Kapselband rupturiert  
stark positiv: laterales Seiten- und Kapselband, dorsolaterale Kapsel und vorderes Kreuzband rupturiert, Ruptur des Tractus iliotibialis und hinteres Kreuzband möglich.

#### Varustest in Extension

- negativ: dorsolaterale Kapsel intakt  
positiv: dorsolaterale Kapsel und laterales Seitenband verletzt  
stark positiv: dorsolaterale Kapsel und laterales Seitenband, hinteres Kreuzband, Tractus iliotibialis und evtl. vorderes Kreuzband verletzt.  
[7, 18, 88, 97]

### 3.5.1.2 UNTERSUCHUNG DES VORDEREN KREUZBANDES

#### PASSIVER VORDERER SCHUBLADENTEST

Die passive vordere Schubladenbewegung ist ein Untersuchungsverfahren, mit dem Läsionen des vorderen Kreuzbandes sowie der seitlichen und dorsalen Strukturen erfasst werden können. Der Schubladentest wird in drei Rotationsstellungen des Unterschenkels (Außenrotation, Neutralstellung, Innenrotation) durchgeführt, da die Unterschenkelrotation eine An- bzw. Entspannung noch intakter Bandstrukturen bewirkt. Je nach Rotationsstellung des Unterschenkels erscheint das Ausmaß der Bewegung größer oder kleiner.

Bei der Untersuchung liegt der Patient entspannt auf dem Rücken, das Hüftgelenk ist fünfundvierzig Grad, das Kniegelenk neunzig Grad gebeugt. Der Untersucher sitzt auf dem aufgestellten Fuß des Patienten und fixiert den Fuß in den verschiedenen Rotationsstellungen.

Bei entspannter ischiokruraler Muskulatur übt der Untersucher eine nach anterior gerichtete Kraft auf die Tibia aus (vorderer Schubladenstress  $\Rightarrow$  anteriore Tibiaverschiebung). Die Daumenspitzen kommen dabei ventral auf den Femurkondylen zu liegen. Die Daumenballen befinden sich auf dem Tibiakopf. Mit dieser Handposition kann unter der einwirkenden Kraft des Untersuchers eine anteriore Verschiebung der Tibia leicht erkannt werden. Die anteriore Tibiaverschiebung darf allerdings nicht sofort mit einer Insuffizienz oder Ruptur des vorderen Kreuzbandes gleichgesetzt werden. Für die korrekte Beurteilung eines Schubladentests ist es unerlässlich, die Neutralposition des Kniegelenks im Seitenvergleich zu bestimmen. Ein ausgeprägtes vorderes Schubladenphänomen kann auch bei einer hinteren Kreuzbandläsion mit zurückgesunkenem Tibiakopf (spontane hintere Schublade) ausgelöst werden. Der vom Untersucher provozierte vordere Schubladenstress bringt dabei die zurückgesunkene Tibia wieder in ihre Neutralposition. Eine weitere anteriore Translation wird durch das angespannte vordere Kreuzband verhindert. Die Bestimmung der Anschlaghärte hilft bei der Bewertung der Untersuchung weiter (s. Kap. 3.4).

Bei einem negativen vorderen Schubladentest darf nicht sofort die Schlussfolgerung gezogen werden, dass das vordere Kreuzband intakt ist. Eine isolierte Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes führt häufig zu keiner oder nur geringen vorderen Schubladenbewegung, da sie aufgrund einer Blockierung durch das intakte Innenmeniskushinterhorn nicht ausgelöst werden kann [18, 103].

Katz beurteilt den vorderen Schubladentest in neunzig Grad Flexion besonders bei frischen Verletzungen, als schlechten diagnostischen Indikator für eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes [52]. Oft fällt der Test negativ aus, da Patienten den nötigen Beugungsgrad des Kniegelenks für diese Untersuchung nicht erreichen können [89, 104]. Eine scheinbare Stabilität und ein negativer Ausfall des Schubladentests können ebenfalls durch provozierte Schmerzen und somit muskuläre Verspannung vorgetäuscht werden, die durch den Schubladenstress bei teilrupturierten oder gedehnten medialen und lateralen Bandstrukturen (bei Kombinationsverletzungen) auftreten [97].

Das Ausmaß des vorderen Schubladentests wird in jeder Rotationsstellung in drei Stadien eingeteilt, denen jeweils pathologische Befunde zugeordnet werden, die für die Knieinstabilität verantwortlich sein können [7, 97].

Vordere Schubladenbewegung in neunzig Grad Flexion und ihre Bewertung bei Außenrotation des Unterschenkels

- negativ: mediale und dorsomediale Kapsel-Band-Strukturen intakt  
positiv: mediale und dorsomediale Bandstrukturen rupturiert  
stark positiv: Ruptur des vorderen Kreuzbandes, mediale und dorsomediale Bandstrukturen rupturiert.

Vordere Schubladenbewegung in neunzig Grad Flexion und ihre Bewertung bei Neutralrotation des Unterschenkels

- negativ: mediale und laterale Kapsel-Band-Strukturen intakt, das vordere Kreuzband kann zerrissen sein  
positiv: Läsion der medialen und/oder lateralen Kapsel-Band-Strukturen, Ruptur des vorderen Kreuzbandes möglich, aber nicht obligat  
stark positiv: Ruptur des vorderen Kreuzbandes, Läsion der medialen und dorsomedialen und/oder lateralen und dorsolateralen Bandstrukturen, hintere Kreuzbandruptur möglich.

Vordere Schubladenbewegung in neunzig Grad Flexion und ihre Bewertung bei Innenrotation des Unterschenkels

- negativ: Tractus iliotibialis und hinteres Kreuzband sind intakt. Auch bei Ruptur des vorderen Kreuzbandes, der medialen und dorsomedialen Kapsel-Band-Strukturen gibt es keine vordere Schublade, da bei Innenrotation die dorsolateralen Kapsel-Band-Strukturen gespannt werden und eine vordere Schublade verhindern.  
positiv: Ruptur des vorderen Kreuzbandes, Verletzung des Arkuatumkomplexes, des Tractus iliotibialis, eventuell auch des medialen und dorsomedialen Kapsel-Band-Apparates  
stark positiv: vorderes und hinteres Kreuzband, laterale und dorsolaterale Kapsel-Band-Strukturen, Tractus iliotibialis verletzt.

## LACHMAN-TEST

Der Lachman-Test ist der wichtigste Test zum Ausschluss einer frischen Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Trotz Hämarthros und zusätzlicher ligamentärer und ossärer Traumata kann dieser Test bei frischen Verletzungen schmerzfrei durchgeführt werden. Der Vorteil des Lachman-Tests liegt darin, dass die Untersuchung in funktioneller Beugstellung von 30 Grad im Kniegelenk vorgenommen wird. In dieser Stellung ist die

Stabilisierung des Gelenks durch das vordere Kreuzband bei Richtungswechseln und Abbremsvorgängen essentiell [4, 64]. Die Untersuchung wird weder von einem HämARTHROS noch vom Meniskushinterhorn und/oder medialen Seitenband beeinträchtigt. Unter anderem ist die Muskulatur in der funktionellen Knieposition weitgehend entspannt.

Beim Lachman-Test liegt der Patient auf dem Rücken. Das gebeugte Knie des Untersuchers dient dabei als Kniebank für das zu untersuchende Knie des Patienten. So wird eine für jede Untersuchung konstante Flexion des Gelenks erzielt. Der Untersucher fixiert mit einer Hand den Oberschenkel des Patienten auf seinem gebeugten Knie. Mit der anderen Hand umgreift er den Unterschenkel und löst eine Subluxation der Tibia aus. Bei einer vorderen Kreuzbandinsuffizienz kann der Tibiakopf deutlich nach anterior verschoben werden.

Nicht nur die Länge der Schubladebewegung, sondern auch die Anschlaghärte des positiven Lachman-Test kann dabei beurteilt werden:

- fester Anschlag und HämARTHROS  
Verdacht auf frische Teilruptur
- fester Anschlag und kein HämARTHROS  
Verdacht auf alte Teilruptur oder Elongation, Hyperlaxizität
- weicher Anschlag und HämARTHROS  
komplette Ruptur
- weicher Anschlag und kein HämARTHROS  
alte komplette Ruptur, frischer komplexer Bandschaden (trockenes Gelenk) [97].

Die oben beschriebene Vorgehensweise und Technik zur Ausführung des Lachman-Tests vereinfacht die Durchführung des Tests bei korpulenten und muskelkräftigen Patienten sowie bei kleiner Handspannweite des Untersuchers.

#### **PIVOT-SHIFT-PHÄNOMEN**

Schon im Jahre 1919 formulierte Hey-Groves das Zeichen der Desintegration des bandgesteuerten Roll-Gleit-Mechanismus als Ausdruck einer Rotationsinstabilität, das 1972 von Galway und MacIntosh als Pivot-Shift-Phänomen bezeichnet wurde [31, 45].

Die ersten zwanzig Grad der Beugebewegung des Kniegelenks beruhen auf einem Abrollvorgang zwischen Femurkondylen und Tibiakopf. Anschließend folgt eine Gleitbewegung, wobei die Menisken passiv nach dorsal verschoben werden. Bei einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes fehlt die steuernde Zügelung des Bandes; die Rollphase ist verlängert. Der mediale Roll-Gleit-Vorgang zwischen medialem Femurkondylus und medialem Tibiaplateau läuft ungestört ab. Der laterale Femurkondylus rollt bei der Flexion zwar auf dem Tibiaplateau, ohne zu gleiten. Die Gleitbewegung setzt erst bei dreißig bis vierzig Grad ein. Daraus resultiert ein stärkerer Vorschub des äußeren Anteils des Schienbeinkopfes nach vorne, in Verbindung mit einer Innenrotation.

Beim Gehen subluxiert nun der laterale Schienbeinkopfanteil nach ventral und erzeugt Gangunsicherheiten. Mit zunehmender Beugung (zwischen dreißig und vierzig Grad) rutscht die Zugrichtung des Tractus iliotibialis hinter die Beugeachse, d.h. hinter die Roll-Gleit-Achse. Der Tractus iliotibialis wird damit zum zusätzlichen Beuger und zieht das nach ventral subluxierte Tibiaplateau wieder in seine Normalposition zurück. Diese Reposition ist meist ruckartig spürbar und geht mit einem deutlichen „Klick“ einher. Patienten mit chronischer Insuffizienz erkennen dieses Phänomen oft wieder, das sie beim Gehen oder plötzlichem Richtungswechsel erleben (giving-way).

Die Prüfung des Pivot-Shift-Tests erfolgt in Rückenlage des Patienten. Das verletzte Bein wird gestreckt angehoben. Eine Hand rotiert den Fuß des gestreckten Beines nach innen, die andere Hand umfasst den Schienbeinkopf von hinten lateral und übt einen Valgusstress aus. Der laterale Tibiakopf subluxiert in extensionsnaher Stellung bei Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes nach ventral. Bei einer Beugung von dreißig bis vierzig Grad erfolgt die plötzliche Reposition des lateralen Tibiaplateaus. Die Subluxierbarkeit des Gelenks im Pivot-Shift-Test ist pathogonomisch für eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes [19, 55].

Bestimmte Voraussetzungen müssen allerdings bei der Durchführung des Tests erfüllt sein. Eine mediale Seitenbandruptur, ein zerrissener Tractus iliotibialis, ein eingeklemmter lateraler Meniskus (Hinderung der Tibiakopfreposition beim Korbhenkelriss) oder eine ausgeprägte Arthrose im lateralen Gelenkabschnitt können die Ursache dafür sein, dass der Pivot-Shift-Test trotz Ruptur des vorderen Kreuzbandes negativ ausfällt. Die Auslösung des Pivot-Shift-Phänomens kann unter anderem durch schmerzbedingte muskuläre Verspannungen beim frischen Trauma behindert und dadurch ein falsch negatives Ergebnis erzielt werden. Bei Verdacht auf eine tatsächlich vorliegende Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes und negativem Ausfall des Tests bei vollem Bewusstsein des Patienten ist eine Untersuchung dieses Tests in Narkose indiziert. Dieser fällt dann oftmals positiv aus [97].

### **3.5.1.3 UNTERSUCHUNG DES HINTEREN KREUZBANDES**

#### **AKTIVER QUADRIZEPSTEST**

Die Position der Tibia ist bei Muskelkontraktion abhängig von dem Zustand der Kreuzbänder. Bei einer Beugung eines gesunden Knies von sechzig bis neunzig Grad löst eine aktive Kontraktion des M. quadriceps keine Tibiaverschiebung aus. Ist das hintere Kreuzband rupturiert, sackt die Tibia automatisch nach dorsal. Aufgrund der pathologischen Ausgangsstellung der Tibia lösen nun eine Anspannung des M. quadriceps zusammen mit dem anterioren Zug des Lig. patellae eine ventrale Verschiebung der Tibia aus.

Bei der Durchführung des aktiven Quadrizepstests liegt der Patient auf dem Rücken; die Beine sind im Kniegelenk neunzig Grad gebeugt. Zur Überprüfung des hinteren Kreuzbandes presst der Patient den Fuß des verletzten Beines auf die Unterlage und versucht ihn zum Gesäß zu bewegen. Der Schienbeinkopf wird bei Insuffizienz des hinteren Kreuzbandes durch die ischiokrurale Muskulatur nach dorsal gezogen. Es entsteht eine dorsale Schublade. Anschließend versucht der Patient den vom Untersucher fixierten Unterschenkel von der Unterlage abzuheben. Durch die aktive

Quadrizepskontraktion wird der Tibiakopf in seine Neutralstellung gebracht. Der subluxierte Tibiakopf erfährt eine anteriore Translation. Die anteriore Bewegung des Tibiakopfes ist Ausdruck einer hinteren Kreuzbandinsuffizienz.

#### **PASSIVER HINTERER SCHUBLADENTEST**

Die passive hintere Schubladenbewegung bei neunzig Grad Flexion des Kniegelenks ist ein weiteres Verfahren, mit dem eine Läsion des hinteren Kreuzbandes diagnostiziert werden kann. Doch wird der klassische passive hintere Schubladentest in seiner diagnostischen Wertigkeit geringer eingeschätzt, als der aktive Quadrizepstest in neunzig Grad Flexion des Kniegelenks [16]. Ebenso wie bei dem vorderen passiven Schubladentest erfolgt dieser Test in drei Rotationsstellungen des Unterschenkels (Außenrotation, Neutralstellung, Innenrotation). Für die Untersuchung gelten die gleichen Bedingungen wie beim vorderen Schubladentest (s. Kap. 3.5.2.1). Die Untersuchung erfolgt in Rückenlage, das Hüftgelenk ist fünfundvierzig Grad, das Kniegelenk neunzig Grad gebeugt. Der Untersucher fixiert den Fuß des Patienten mit Hilfe seines Gesäßes in den unterschiedlichen Rotationsstellungen. Während der Untersucher eine nach posterior gerichtete Kraft (posteriorer Schubladenstress  $\Rightarrow$  hintere Tibiaverschiebung) auf die Tibia ausübt, muss die ischiokrurale Muskulatur vollkommen entspannt sein.

Im Vergleich zur gesunden Seite ist die Tibia bei einer Läsion des hinteren Kreuzbandes gegenüber dem Femur nach dorsal verschoben. Durch Zug auf die Tibia nach ventral wird sie wieder in ihre Normalposition gebracht. Diese Reposition darf nicht als vordere Schublade (Ruptur des vorderen Kreuzbandes) fehlgedeutet werden. Fällt die hintere Schubladenprüfung positiv aus, ist dies ein Zeichen für eine Läsion des hinteren Kreuzbandes. Zusätzlich können Strukturen des Kapsel-Band-Apparates verletzt sein.

#### Bewertung der positiven hinteren Schubladenbewegung in neunzig Grad Flexion und Rotation des Unterschenkels

Außenrotation: hinteres Kreuzband und posterolateraler Kapsel-Band-Apparat verletzt

Neutralrotation: hinteres Kreuzband verletzt

Innenrotation: hinteres Kreuzband und posteromedialer Kapsel-Band-Apparat verletzt.

### **3.5.2 Untersuchung der Menisken**

Meniskusverletzungen zählen zu den häufigsten Verletzungen des Kniegelenks und kommen insbesondere bei traumatischer Läsion oft in Kombination mit Kapsel-Band-Verletzungen vor, häufig im Zusammenhang mit einer Läsionen des vorderen Kreuzbandes [14]. Diese Art der Verletzung findet sich meist bei jüngeren Patienten. Der häufigste Entstehungsmechanismus einer Meniskusverletzung ist nicht eine direkte äußere Gewalteinwirkung (z.B. Begleitverletzung bei Tibiakopffrakturen) oder ein direktes Trauma durch Sturz oder Schlag; weitaus häufiger treten sie infolge indirekter Traumata im Sport und Alltag oder während der Arbeit auf. Die Mechanik der Meniskusverletzung ist dabei oft auf ein Rotationstrauma bei fixiertem Unterschenkel

zurückzuführen. Beim Sport sind dies oft Drehbewegungen bei gebeugtem Kniegelenk, gegebenenfalls unter einer zusätzlichen plötzlichen Streckung des Gelenks. Auch die extreme Streckung und Beugung des Gelenks kann ohne Rotationskomponente zur Verletzung der Hinterhörner führen. Dabei muss es nicht sofort zu einem klaren Meniskusriss kommen, sondern die Belastung kann zu degenerativen Veränderungen führen. Diese stellen eine „ideale“ Voraussetzung für Spätverletzungen dar, welche zufällig oder sekundär auftreten. Besonders im höheren Alter entstehen Meniskusläsionen primär oder sekundär auf der Basis dieser strukturellen Degenerationen.

Bei Verletzungen des Kniegelenks ist wegen der geringeren Verschieblichkeit häufiger der mediale als der laterale Meniskus betroffen (s. Kap. 2.1). Meniskusläsionen werden je nach Lokalisation (Vorderhorn, Pars intermedia, Hinterhorn) und Form (Längsriss, Horizontalriss, Korbhenkelriss und Radiärruptur) unterteilt (s. Kap. 2.2).

Ein typisches Symptom einer Meniskusverletzung ist eine schmerzhafte Streckhemmung, die entweder unmittelbar nach dem Trauma oder intermittierend auftreten kann [97]. Diese Blockierung beruht zumeist auf der Einklemmung eines abgerissenen Meniskusanteils im femoropatellaren Gelenkspalt, seltener auf einer schmerzbedingten reflektorischen Genese. Neben der Gelenksperre ist der einschießende Schmerz bei der Verletzung ein weiteres charakteristisches Zeichen für eine Meniskusläsion.

Anamnestische Angaben allein aber haben für die Diagnostik einer Meniskusläsion nur begrenzten Wert. Um Hinweise auf eine Meniskusverletzung zu erhalten und eine differentialdiagnostische Abgrenzung zu versuchen, bedarf es spezieller klinischer Tests [40]. Nach Abgrenzung anderer Ursachen für Schmerz und Bewegungseinschränkung des Kniegelenks, richten sich die verschiedenen Meniskustests auf die lokale Beschwerdesymptomatik im Meniskusbereich [38, 77]. Zur klinischen Diagnostik stehen eine Vielzahl manueller Tests zur Verfügung. Keine der gebräuchlichen Untersuchungsmethoden ist aber für sich allein sicher, so dass nur durch die Kombination verschiedener Tests eine Wahrscheinlichkeitsdiagnose gestellt werden kann. Beim positiven Ausfall der Tests ist eine Meniskusläsion wahrscheinlich. Ein negativer Ausfall ist kein Beweis für einen intakten Meniskus.

Die unterschiedlichen Tests können in zwei Gruppen eingeteilt werden. Kompressionstests sind auf die Auslösung von Schmerzen durch Kompression ausgerichtet. Bei Bewegungstests wird die Schmerzen durch Bewegung, also funktionell provoziert.

### **3.5.2.1 KOMPRESSIONSTESTS**

#### **DRUCKSCHMERZ IM GELENKSPALT**

Die spezielle Meniskusuntersuchung beginnt mit der Palpation des Gelenkspalts. Dabei palpiert der Untersucher gezielt den medialen und lateralen Gelenkspalt in verschiedenen Flexionsgraden des Kniegelenks. Durch einen direkten, lokalen Druck mit dem Finger auf die Meniskusbasis und umgebene Synovialis kann ein Kompressionsschmerz ausgelöst werden. Ein lokaler Druckschmerz im Gelenkspalt vor

den Ligg. collateralia spricht für eine Läsion im Vorderhornbereich, hinter den Ligg. collateralia für eine Hinterhornläsion des Meniskus.

Bei der Palpation des Gelenkspalts sollten die Seitenbänder in ihrem Verlauf über dem Kniegelenkspalt ausgespart werden. Ein schmerzhafter Druckpunkt kann - beim Vorliegen einer Läsion des Kollateralbandes - als Hinweis auf eine Meniskusläsion fehlgedeutet werden. Ebenfalls können unspezifische Synovialisreizungen und Schwellungen des Gelenks mit einem Druckschmerz einhergehen und zu falsch positiven Ergebnissen in Bezug auf die Meniskusdiagnostik führen.

### **HYPERFLEXION UND HYPEREXTENSION**

Die Menisken verschieben und verformen sich bei Bewegungen im Kniegelenk (s. Kapitel 2.1.). Bei maximaler Flexion des Kniegelenks mit resultierender Druckverstärkung gelangen die Meniskushinterhörner zwischen Femur und Tibia. Bei maximaler Extension des Gelenks kommt es zu einer Drucksteigerung auf die Vorderhörner von Innen- und Außenmeniskus. Liegt eine Läsion im Bereich der Meniskusvorderhörner vor, so treten Kompressionsschmerzen bei maximaler Überstreckung auf. Ist eine maximale Flexion schmerzhaft, lässt dies auf eine mögliche Verletzung der Hinterhörner schließen.

### **BÖHLER-TEST**

Der Untersucher übt durch Valgus- und Varusstress einen Druck bei gestrecktem Knie auf die Gelenkflächen von Femur und Tibia aus. Das Aufeinanderpressen der tibiofemorale Gelenkflächen hat eine Einklemmung der Menisken in dem verengten Gelenkspalt zur Folge. Durch das mediale Aufklappen des Gelenkspalts wird der laterale, durch das laterale Aufklappen der mediale Meniskus komprimiert. Die Gelenkspalterweiterung kann gleichzeitig zu einer Überdehnung der Kollateralbänder und daraus resultierenden Schmerzen führen.

### **KRÖMER-TEST**

Eine Weiterentwicklung des Böhler-Tests stellt der von Krömer beschriebene Test dar, bei dem das Knie unter beibehaltenem Varus- bzw. Valgusstress gebeugt und gestreckt wird.

### **PAYR-TEST**

Bei der Überprüfung des Payr-Tests sitzt der Patient im Schneidersitz. Aufgrund der starken Beugung des Kniegelenks werden das Hinterhorn und die Pars intermedia des Innenmeniskus vermehrt komprimiert. Läsionen des Innenmeniskus führen zu Schmerzen im Bereich des medialen Gelenkspalts. Durch Druck auf das Knie in Richtung Unterlage wird der Innenmeniskus noch weiter komprimiert, die bestehenden Schmerzen nehmen zu.

### **3.5.2.2 BEWEGUNGSTESTS**

#### **STEINMANN-I-TEST**

Durch forcierte Rotationsbewegungen des Unterschenkels (bei möglichst entspannter Muskulatur) in unterschiedlichen Flexionsgraden wird bei Außenrotation der Innenmeniskus und bei Innenrotation der Außenmeniskus unter Scherbeanspruchung gebracht. Die Menisken werden bei den Rotationsbewegungen des Tibiaplateaus nach ventral gegen die Femurkondylen gepresst. Bei vorliegender Meniskusläsion verursachen diese Rotationsbewegungen Schmerzen. Die Meniskusbewegungen führen zur Zerrung der ventralen und Kompression der dorsalen Meniskusanteile.

#### **STEINMANN-II-TEST**

Der bei einer Meniskusläsion erzeugte Druckschmerz im Gelenkspalt wandert bei Bewegungen des Kniegelenks entsprechend der Druck- und Scherbeanspruchung. Bei Flexion des Kniegelenks wandern die Menisken nach dorsal. Demnach wandert auch der Druckschmerz bei Flexion des Gelenks nach dorsal, bei Extension nach ventral.

#### **BRAGARD-TEST**

Mit der einen Hand umfasst der Untersucher das Kniegelenk und palpiert den Gelenkspalt, mit der anderen ergreift er den Fuß. Der Untersucher übt mit seinem Finger einen Druck auf den ventralen Gelenkspalt aus. Die Druckempfindlichkeit wird bei einer Innenmeniskusläsion durch Außenrotation und Streckung des flektierten Kniegelenks erhöht, weil der Finger den Innenmeniskus komprimiert. Eine Innenrotation und Beugung dagegen führen zur Schmerzabnahme, da sich der Innenmeniskus zum Inneren des Gelenks bewegt.

#### **MERKE-TEST**

Die Untersuchung des Merke-Tests erfolgt im Stand. Der Patient wird aufgefordert, bei fixiertem Fuß das Knie nach außen und innen zu drehen. Durch die axiale Kompression des Gelenkspalts und die Rotationsbewegungen treten bei Meniskusläsionen Schmerzen auf. Bei Innenmeniskusläsionen führt eine Innenrotation des Oberschenkels (Außenrotation des Unterschenkels) zu Schmerzen im medialen Gelenkspalt. Treten Schmerzen bei Außenrotation des Oberschenkels (Innenrotation des Unterschenkels) auf, spricht dies für eine Außenmeniskusläsion.

#### **MCMURRAY-TEST**

Der Patient liegt entspannt auf dem Rücken, Hüft- und Kniegelenk werden stark gebeugt. Mit der einen Hand palpiert der Untersucher den Kniegelenkspalt, die andere umfasst den Fuß. Beim Streckvorgang gleitet der Femurkondylus über das verletzte Meniskusfragment hinweg. Schmerzen beim Strecken des Knies aus maximaler Flexion bei Außenrotation und Abduktion des Unterschenkels weisen auf eine Läsion des Innenmeniskus, bei Innenrotation auf eine Läsion des Außenmeniskus hin. Der McMurray-Test ist positiv, wenn bei passiver Streckung des Kniegelenks aus maximaler Beugung und Außenrotation ein Schnappen im Gelenkspalt provoziert werden kann und

zu tasten ist. Tritt das Schnappen bei starker Flexion auf, deutet es auf eine Hinterhornläsion, in 90 Grad Flexion auf einen Riss in der Pars intermedia hin.

### **FOUCHÉ-TEST**

Im Gegensatz zum McMurray-Test wird beim Fouché-Test zur Prüfung des Innenmeniskus der Unterschenkel innenrotiert, und das Kniegelenk unter beibehaltener Rotation gestreckt. Der auf dem Tibiakopf fixierte Meniskus wandert mit zunehmender Streckung von dorsal nach ventral zwischen Femur und Tibia. Bevor er einzuklemmen droht, weicht er bei einer Hinterhornläsion nach dorsal aus, was der den Gelenkspalt palpierende Untersucher als Schnappen wahrnimmt. Der Außenmeniskus wird entsprechend in Außenrotation geprüft.

### **APLEY-TEST**

Der Apley-Test hilft bei der Differenzierung von Kapsel-Band-Läsionen und Meniskusschäden. Diese Untersuchung wird in Bauchlage des Patienten durchgeführt. Der Untersucher beugt das Knie des Patienten rechtwinklig und fixiert mit seinem Bein den Oberschenkel des Patienten auf der Unterlage. Zunächst wird unter axialer Druckeinwirkung im Kniegelenk der Unterschenkel rotiert. Schmerzen bei axialem Druck und Außenrotation geben Hinweise auf eine Innenmeniskusläsion (Innenrotation ⇒ Außenmeniskusläsion).

Anschließend werden die Rotationsbewegungen unter axialem Zug durchgeführt. Klagt der Patient über Schmerzen, müssen die Kapsel-Band-Strukturen genau überprüft werden (s. Kapitel 3.5.1.).

### **FINOCHIETTO-TEST**

Der Finochietto-Test ist ein weiterer Hinweis auf eine Meniskusverletzung und kann bei einer Meniskusläsion und gleichzeitig vorliegender Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes nachgewiesen werden. Beim Auslösen der vorderen Schublade in neunzig Grad Flexion des Unterschenkels steigt der Femur aufgrund der Läsion des vorderen Kreuzbandes auf die Meniskushinterhörner. Dieses Phänomen ruft Einklemmungserscheinungen hervor und ist mit einem hörbaren Schnappen verbunden [24].

## 4 Bildgebende Diagnostik

Die bildgebende Diagnostik kann und soll die klinische Diagnostik nicht ersetzen. Sie ist vielmehr zur Vervollständigung der detaillierten klinischen Untersuchung notwendig und kann bei Verletzungen im Bereich des Kniegelenks wertvolle Zusatzinformationen liefern. In der diagnostischen Kaskade sollten bildgebende Verfahren nach der Anamnese und klinischen Untersuchung zum Einsatz kommen.

### 4.1 Röntgen

Im Anschluss an eine vollständige Anamnese und klinische Untersuchung muss die weitere Diagnostik durch nichtinvasive bildgebende Verfahren erfolgen, bevor invasive Methoden zum Einsatz kommen [39]. Zu jeder Kniegelenkuntersuchung gehören Röntgenübersichtsaufnahmen des verletzten Kniegelenks (a.p.-Aufnahme, seitliche Profilaufnahme, Patellaaxial-Aufnahme, Fricksche Tunnelaufnahme). In Ausnahmefällen ist eine Röntgenuntersuchung beider Kniegelenke z.B. bei unklaren Gelenkbeschwerden und bei noch nicht geschlossener Wachstumsfuge im Kindes- und Jugendalter indiziert [97].

#### 4.1.1 Indikation

Die Standardprojektionen gewähren Einsicht in die Gelenkkonfiguration und die umgebenen Weichteilverhältnisse, spielen jedoch für die Diagnostik einer Meniskusläsion eine untergeordnete Rolle. In erster Linie dienen sie zum Ausschluss knöcherner Verletzungen und zeigen räumliche Anordnungen und Formabweichungen knöcherner Gelenkkörper bzw. arthrotische, degenerative Veränderungen wie Gelenkspaltverschmälerungen, subchondrale Sklerosierung und Osteophytenbildung [35]. Weiter erhält der Untersucher Hinweise auf Knochennekrosen (Osteochondrosis dissecans), knöchernen Ankylosen, schattengebende freie Gelenkkörper, Verkalkungen im Kapsel-Band-Apparat, Kalzifikationen im Meniskusbereich und wulstartige Randkantenausziehungen der Tibiagelenkfläche (z.B. Raubersche-Zeichen: Hinweis auf eine ältere Meniskusverletzung). Stehen spezielle Fragestellungen bei der Beurteilung des Kniegelenks (Verdacht auf ossäre oder intraartikuläre Veränderungen) im Vordergrund, so ist der Einsatz von Zusatzuntersuchungen erforderlich.

#### 4.1.2 Standardröntgen

Zu einer eingehenden Beurteilung nach morphologischen und biomechanischen Gesichtspunkten stehen verschiedene Möglichkeiten der röntgenologischen Darstellung des Kniegelenks zur Verfügung:

1. Standardaufnahmen
2. Symmetrische Vergleichsaufnahmen mit der gesunden Gegenseite zur genaueren Erfassung von Form- und Strukturabweichungen
3. Spezialprojektionen bei Unzulänglichkeit der Standardaufnahmen und bei gezielten Fragestellungen

4. Funktionsaufnahmen zur bildmäßigen Erfassung von Bewegungsstörungen und Kontrakturen sowie Stellungsänderungen der Gelenkkörper zueinander in verschiedenen Bewegungsphasen
5. Gehaltene Aufnahmen zur Darstellung von Kapsel-Band-Verletzungen mit und ohne Belastung [71]

Einige Autoren fordern für eine röntgenologische Untersuchung des Kniegelenks die Anfertigung von Standardaufnahmen in drei oder vier Ebenen [18, 39, 97]. Dazu gehören neben den Übersichtsaufnahmen im anterior-posterioren und seitlichen Strahlengang eine Patella-Tangentialaufnahme sowie eine Fricksche Einsichtsaufnahme (Tunnelaufnahme). Die Tunnelaufnahme nach Frick wird standardmäßig nur bei Verdacht auf freie Gelenkkörper, knöchernen Ausriss des vorderen Kreuzbandes und Osteochondrosis dissecans angefertigt.

### **4.1.3 Zusätzliche Röntgenaufnahmen**

Zusätzliche Röntgenaufnahmen (Funktionsaufnahmen/ gehaltene Aufnahmen) werden in der heutigen Zeit nicht mehr routinemäßig angefertigt. Insbesondere gehaltene Aufnahmen sind oft aufwendig, zeitraubend und technisch schwierige Untersuchungen, mit weiterer Verletzungsgefahr für Kapsel-Band-Strukturen. Vielmehr werden heute aufgrund der raschen Verfügbarkeit schrittweise weitere zusätzliche bildgebende Verfahren eingesetzt ( siehe Sonographie und Kernspintomographie).

### **4.1.4 Pathologische Befunde**

Standardröntgenaufnahmen werden bei Verletzungen zum Ausschluss knöcherner Veränderungen angefertigt. Frische Band- oder Meniskusverletzungen ohne knöcherne Beteiligung können mit Hilfe der konventionellen Röntgenuntersuchung primär nicht nachgewiesen werden. Erst anhand sekundär entstandener ossärer Veränderungen können Rückschlüsse auf Kreuzband- und Meniskusläsionen gezogen werden.

#### **4.1.4.1 RÖNTGENOLOGISCHE BEFUNDE BEI ALTEN MENISKUSLÄSIONEN**

Hinweis auf eine ca. zwei bis drei Monate alte Meniskusläsion gibt das Zeichen nach Rauber. Im Anfangsstadium können dabei im Röntgenbild Veränderungen auf der entsprechenden Tibiaplateaukante in Form von isolierten arthrotischen Auswülbungen, periostalen Anlagerungen oder Konsolenbildung mit stumpfen oder spitzen Zacken auftreten [97]. Im fortgeschrittenen Stadium bilden sich weitere Randosteophyten an Femur und Tibia. Teilweise kommt es zu Ausziehungen an der Eminentia intercondylaris und zu Gelenkspaltverschmälerungen mit deutlicher subchondraler Sklerosierung [18].

#### **4.1.4.2 RÖNTGENOLOGISCHE BEFUNDE BEI KNÖCHERNEN BANDAUSRISSEN**

Für knöcherne Bandrupturen gibt es bestimmte Lokalisationen [97]:

1. Fibulaköpfchen (laterales Seitenband)
2. Laterale Tibiaplateaukante = Segond-Fragment (lateralen Kapsel-Band-Apparat)
3. Tuberculum Gerdy (Tractus iliotibialis)
4. Eminentia intercondylaris anterior (vorderes Kreuzband)
5. Area intercondylaris posterior (hinteres Kreuzband)

6. Mediaalseite lateraler Femurkondylus (vorderes Kreuzband)
7. Mediaalseite medialer Femurkondylus (hinteres Kreuzband)

Eine Sonderstellung unter den knöchernen Bandausrissen nimmt das Segond-Fragment ein. Dieses kleine extraartikuläre Ausrissfragment an der vorderen lateralen Tibiakondyle wenige Millimeter unterhalb des Gelenkspalts stellt ein röntgenologisches Zeichen für die antero-laterale Knieinstabilität mit Ruptur des vorderen Kreuzbandes dar [107]. Eine Beobachtung des lateralen Kapselzeichens (Segond-Fraktur), das auf der Standard-a.p.-Röntgenaufnahme des Kniegelenks leicht erkannt werden kann, erlaubt die mögliche Diagnose einer schweren komplexen Kapsel-Band-Verletzung des Kniegelenks mit Ruptur des vorderen Kreuzbandes und Verletzung des lateralen Kapsel-Band-Apparates [43].

Ein Beweis für eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist der radiologische Nachweis eines knöchernen Ausrisses der Eminentia intercondylica anterior. Häufig wird der schalenförmige Ausriss übersehen oder als degenerative Kalzifizierung der lateralen Kapsel fehlgedeutet.

#### **4.1.4.3 RÖNTGENOLOGISCHE BEFUNDE BEI OSTEOCHONDROSIS DISSECANS**

Im Rahmen der Osteochondrosis dissecans kommt es aufgrund unspezifischer Dauerbelastung und wiederholter Traumata zur umschriebenen Erweichung und Herauslösung eines Knorpel- und/oder Knochenstücks aus einer Gelenkfläche. Dabei sind die tibialen Femurkondylen vor der Eminentia intercondylaris am häufigsten betroffen. Im Röntgenbild ist ein schüsselförmiger unregelmäßiger Knochenherd mit teilweise gelösten Spongiosainseln zu erkennen. Der dissezierte Knochen stellt sich oft in dem herdförmigen Krater separat dar.

#### **4.1.4.4 RÖNTGENOLOGISCHE BEFUNDE BEI VERÄNDERUNGEN DER PATELLA**

Im Rahmen von Sportverletzungen sind in Bezug auf die Patella Frakturen und seltener auch Luxationen von Bedeutung, ebenso können Band- bzw. Sehnenverletzungen des Kniestreckapparates bei Knieverletzungen eine Rolle spielen. Im Röntgenbild sieht man besonders in der seitlichen Aufnahme bei einer Ruptur der Quadrizepssehne eine abnorm tiefstehende, häufig ventral gekippte Patella, bei Ruptur des Ligamentum patellae eine abnorm hochstehende Patella.

Eine Patellafraktur kann hinreichend durch die Röntgendiagnostik gesichert werden, doch allein ein negativer Befund in der a.p. und seitlichen Röntgenaufnahme erlaubt keinen Frakturausschluss, da Frakturen häufig erst in der Patelladefiléaufnahme sichtbar werden. Daher müssen bei entsprechender Fragestellung beidseitige Patelladefiléaufnahmen angefertigt werden, auf denen besonders Längsfrakturen gut darstellbar sind. Ebenso erfolgt bei der Annahme einer Luxation bzw. Subluxation der Patella die exakte Beurteilung der Lagebeziehung der Patella zum Sulcus intercondylaris anhand von Patelladefiléaufnahmen. Im Anschluss an eine Patellareposition sollten anhand einer Patelladefiléaufnahme des betroffenen Kniegelenks abgesprengte osteochondrale Fragmente des lateralen Femurkondylus ausgeschlossen werden.

## 4.2 Sonographie

Die sonographische Kniegelenksuntersuchung ist ein additives bildgebendes, zeit- und kostengünstiges, schnell und jederzeit einsetzbares, reproduzierbares, für den Patienten strahlungs- und belastungsfreies diagnostisches Verfahren und wird immer mehr zur Diagnostik von pathologischen Kniegelenksveränderungen herangezogen.

Seit Anfang der siebziger Jahre ist der sonographische Nachweis und die Differenzierung verschiedener Weichteilschwellungen am Kniegelenk beschrieben worden [70]. Nach negativen Berichten zur sonographischen Meniskusdiagnostik Anfang der achtziger Jahre führten Weiterentwicklungen der Gerätetechnik zu einer verbesserten Darstellbarkeit von Kniebinnenstrukturen. [20]. Insbesondere in den letzten Jahren hat durch die Anwendung hochauflösender Schallköpfe die Aussagekraft der Kniegelenksonographie erheblich gewonnen und kann bei pathologischen Kniegelenksveränderungen wichtige Zusatzinformationen zur Beurteilung der periartikulären und intraartikulären Weichteile, der Menisken, des Kapsel-Band-Apparates und des Kniestreckapparates liefern.

### 4.2.1 Indikation

Während in der Literatur die Aussagefähigkeit und der Wert der Sonographie bei Kniebinnenstrukturen kontrovers beurteilt werden - hier insbesondere die Darstellung der Kreuzbänder und Menisken - herrscht eine fast einheitliche Meinung über die Wertigkeit und Möglichkeit bei der Anwendung der Sonographie zur Diagnostik

- a) periartikulärer Weichteilschwellungen (Baker-Zyste, Erguss, Bursitis, Meniskusganglion, Hämatom, Synovitis)
- b) der Läsionen des Streckapparates (Quadrizepssehnenveränderung, Jumper`s knee, M. Osgood-Schlatter)
- c) der Gefäßveränderungen in der Regio poplitea (Thrombosierung und Aneurysma der A. poplitea)
- d) chondraler und osteochondraler Läsionen

Die sonographische Untersuchung des Kniegelenks sollte somit in der diagnostischen Kaskade nach Anamnese und klinischer Untersuchung, jedoch vor der Röntgenuntersuchung sowie anderer radiologischer Untersuchungstechniken zum Einsatz kommen, um den Einsatz zusätzlicher kostenintensiver oder invasiver Untersuchungsverfahren zu präzisieren.

### 4.2.2 Instrumentarium, Schallköpfe

Die entscheidende Voraussetzung für die Kniegelenksonographie ist die Anwendung einer geeigneten Gerätetechnik. Die Praxis zeigt, dass 5 MHz-Linearschallköpfe überwiegend bei der Diagnostik der Kreuzbänder und 7.5 MHz-Linearschallköpfe bei pathologischen Veränderungen im vorderen Kniegelenkbereich Anwendung finden. Zur Darstellung und Beurteilung der Menisken sind Linearschallköpfe weniger geeignet [41, 50, 82, 106].

Noch 1984 vertraten Gerhold und Sattler die Meinung, dass der Meniskus sonographisch nicht darstellbar sei [22]. Untersuchungen der Menisken mit Linearschallköpfen verliefen aufgrund des zu engen Gelenkspalts und der Knochenvorsprünge ohne Erfolg. Zu den gleichen Erkenntnissen kam Hanneschläger 1990, der auch frühere Ergebnisse von Dragonat und Claussen noch einmal bestätigte. Aus schallgeometrischen Gründen können mit Linearschallköpfen zentrale Anteile der Menisken nicht bis zur Spitze dargestellt werden. Der Nachweis von pathologisch veränderten Meniskusvorderhörnern und eine Veränderung der Pars intermedia ist mit dem Linearschallkopf nur in Ausnahmefällen möglich. Aufgrund der niedrigen Sensitivität der sonographischen Untersuchung der Menisken mit Linearschallköpfen bestand für ihn keine Veranlassung, sie regelmäßig durchzuführen [41].

Doch bereits 1986 wurde durch Sohn unter Anwendung eines 7.5 MHz-Sektorschallkopfes eine suffiziente sonographische Meniskusdiagnostik erreicht [91]. Er entdeckte, dass die Voraussetzung zur Meniskusdiagnostik der Einsatz eines Sektorschallkopfes ist, da durch die divergierende Schallausbreitung ein sonographisches, d.h. technisches Aufklappen des Gelenkspalts erreicht wird. Sohn gelang es, den Meniskus von den ihn umgebenen Knochenstrukturen abzugrenzen, in allen seinen Anteilen darzustellen und Läsionen desselben zu erkennen [22]. Befürchtungen von Malzer (1989) [67] und Ströhmann (1990) [98], dass Mehrfachreflexionen im Gelenkspalt bei der Sonographie zu Artefakteschos im Gelenkspalt führen und somit Risse im Meniskus vortäuschen, konnten in einer experimentellen Untersuchung zur Meniskussonographie von Casser widerlegt werden [11]. Das Ergebnis seiner Ultraschalluntersuchung zeigt, dass Mehrfachreflexionen im Gelenkspalt zu Artefakteschos außerhalb des Gelenkspalts führen. Infolge der senkrecht auftretenden Schallwellen werden die Meniskusrisflächen deutlich echogen abgebildet, während die Echos aus dem Gelenkspalt wegen der ungünstigeren Reflexionswinkel diskret oder überhaupt nicht auf den Monitor zur Darstellung kommen [11]. Voraussetzung ist die Anwendung eines Sektorschallkopfes mit divergierender Schallausbreitung und exakter Positionierung des Schallkopfes über dem Gelenkspalt in Längsrichtung [69, 92, 94]. Eine Untersuchung durch Fenkl (1991) bestätigt, dass für die sonographische Darstellung von Meniskusverletzungen der divergierende Strahlengang eines Sektorscanners entscheidend ist [21]. Bei Anwendung eines Linearscanners mit gleicher Auflösung erhält der Untersucher nur eine schlechte Abbildungsqualität der Meniskusläsionen.

Im Jahr 1991 beschäftigte sich Röhr ebenfalls eingehend mit der Fragestellung, welcher Schallkopf insbesondere bei der Meniskussonographie die beste bildgebende Information liefert [82]. Dabei kam er zu dem Ergebnis, dass der 7.5 MHz-Sektorscanner ein besseres Auflösungsvermögen als der 5 MHz-Linearscanner hat, seine Eindringtiefe zur Abbildung der Innenmeniskushinterhornspitze jedoch zu schwach ist. In seiner klinischen Untersuchung erwies sich der 5 MHz-Linearscanner zur Diagnostik des Innenmeniskushinterhorn als geeignet, da es sich fast immer bis zur Spitze darstellen ließ. Doch erst von einer neuen Ultraschallgerätegeneration - Sektorscanner mit variablen Frequenzen, z.B. eine Mittelfrequenz von 5 MHz und einer Randfrequenz von 2-11 MHz - verspricht sich Röhr einen entscheidenden Durchbruch der Sonographie im Kniegelenkbereich.

Andere Autoren berichten, dass bereits bei Untersuchungen mit dem Sektorschallkopf alle Meniskusrisse, selbst kleine haarfeine Risse, dargestellt werden können und das pathologische Geschehen eines Meniskus sicher erkannt werden kann [91, 93]. Dieser Aussage steht eine 1997 durchgeführte Untersuchung von Riedl gegenüber, der dokumentierte, dass selbst feinste Strukturunregelmäßigkeiten und kleine degenerative Veränderungen Einfluss auf die Echogenität des Meniskus haben, die in vielen Fällen nur sehr schwer von Meniskusrissen abgrenzbar sind und somit zu falsch positiven Diagnosen führen können [81].

### 4.2.3 Untersuchungsgang

Am Kniegelenk können mit Hilfe der Sonographie mehrere Gelenkbereiche untersucht werden. Empfehlenswert ist es, bei der Untersuchung systematisch vorzugehen, um keine pathologischen Veränderungen zu übersehen [97]. Bei der standardisierten Ultraschall-Untersuchung des Kniegelenks werden ventrale, seitliche und dorsale Schnittebenen eingestellt.

#### Sonographischer Untersuchungsgang am Kniegelenk [97]

1. Suprapatellarer Längs- und Transversalschnitt in maximaler Kniestreckung
2. Suprapatellarer Transversalschnitt bei maximal gebeugtem Kniegelenk (femoropatellares Gleitlager)
3. Infrapatellarer Transversalschnitt bei gestrecktem Kniegelenk (femoropatellares Gleitlager)
4. Infrapatellarer Längsschnitt bei maximaler Streckung (Lig. patellae, Bursitis infrapatellaris, Veränderung der Tuberositas tibiae)
5. Medialer Längsschnitt (mediales Seitenband, Meniskusganglion)
6. Medialer Längsschnitt bei neunzig Grad Knieflexion und bei maximaler Außenrotation des Unterschenkels (mediales Seitenband, Pars intermedia des Innenmeniskus)
7. Infrapatellarer Längsschnitt bei maximal gebeugtem Kniegelenk und leichter Außenrotation (ca. 15°) des Schallkopfes (vorderes Kreuzband, Hoffa-Fettkörper)

#### *Umlagerung des Patienten in Bauchlage zur Untersuchung der dorsalen Gelenkanteile*

8. Dorsomedialer Längsschnitt bei leichter Flexion (Innenmeniskushinterhorn); zusätzlich bei sechzig bis achtzig Grad Flexion in Neutral-, Innen- und Außenrotationsstellung des Unterschenkels (Meniskushinterhornläsion)
9. Dorsointerkondylärer Längsschnitt (hinteres Kreuzband, dorsale Gelenkkapsel)
10. Dorsolateraler Längsschnitt in Streckstellung (Außenmeniskushinterhorn, Popliteusbereich); zusätzlich in Flexion mit Innen-, Neutral- und Außenrotation des Unterschenkels (Außenmeniskushinterhorn)
11. Dorsaler Transversalschnitt (ohne Rotation) in verschiedenen Höhen (vorderes Kreuzband, hinteres Kreuzband, fibröse dorsale Gelenkkapsel)
12. Dorsaler Transversalschnitt mit Innenrotation des Unterschenkels (vorderes Kreuzband)

Erfolgt die Untersuchung nach diesem Untersuchungsschema, erhält der Untersucher einen Überblick über die anatomischen und eventuell pathologischen Veränderungen im Kniegelenk. Da nach einer eingehenden Anamnese und klinischen Untersuchung schon oft Verdachtsdiagnosen gestellt werden können, erfolgt die Sonographie des Kniegelenks meist unter speziellen Gesichtspunkten. So wird bei der Ultraschalldiagnostik, z.B. der Menisken, der Kreuzbänder und des Lig. patellae, nach einem vereinfachten Untersuchungsschema vorgegangen.

#### **4.2.3.1 SPEZIELLE UNTERSUCHUNG - MENISKUSSONOGRAPHIE**

Zur sonographischen Untersuchung der Menisken hat sich ein Beginn mit dem dorsalen Längsschnitt des Beines, der einem Querschnitt der Menisken entspricht, bewährt [94]. Das Kniegelenk wird zur Entspannung der Flexoren durch ein Unterlegkissen in ca. zehn Grad Flexion gebracht. Um eine exakte Längsschnittführung in der Kniekehle zu überprüfen, beginnt der Untersuchungsablauf mit der Darstellung der poplitealen Gefäße (A. poplitea). Kann die popliteale Gefäßachse in ganzer Länge im Ultraschallbild erfasst werden, liegt eine ideale Längsschnittführung vor. Dadurch wird eine Orientierung im Gelenkspalt möglich und der ganze Meniskus im Querschnitt sichtbar.

Der intakte Meniskus stellt sich im Ultraschallbild homogen graufarben, echogen, dreieckig und glatt begrenzt zwischen den hellen hyperdensen Linien von Femur und Tibia dar. Der Femur ist an seiner charakteristischen Rundung zu erkennen, während die Tibia eckig erscheint [93]. Oberhalb des Meniskus werden Kapsel- und Bandstrukturen als helle Linien wiedergegeben und sind an der Meniskusbasis sonographisch nur schwer von diesem zu trennen. Außen- und Innenmeniskus bilden sich grundsätzlich im Ultraschallbild gleich ab.

Zur Untersuchung der Menisken wird der Schallkopf medial und lateral in der Kniekehle über dem Gelenkspalt geführt. Dort stellt sich zunächst das Hinterhorn des Innen-/Außenmeniskus als recht spitzes gleichschenkliges Dreieck im Querschnitt dar [93]. Der Schallkopf wird weiter über den seitlichen Gelenkspalt zur Darstellung der Pars intermedia geführt. Die Abbildung dieses Meniskusabschnittes wird besser, wenn sich der Patient auf die Seite des zu untersuchenden Knies legt und dabei das Kniegelenk eine Beugestellung von zwanzig bis dreißig Grad einnimmt [94]. Dadurch wird die Untersuchung im engen Gelenkbereich der Pars intermedia erleichtert, und der gleichschenklige, dreieckige Anteil des Meniskus ist in der Pars intermedia zu erkennen. Die Untersuchung des Vorderhorns erfolgt in gleicher Kniestellung. Der Schallkopf wird über den Gelenkspalt so weit nach vorne geführt, dass der Meniskus bis zu seiner Spitze abzugrenzen ist. Dabei ist das Meniskusvorderhorn als spitzwinkliges Dreieck zu erkennen. Ebenso kann das Meniskusvorderhorn bei einem neunzig Grad angewinkelten Knie beurteilt werden, während der Patient auf der Unterlage sitzt und die Beine locker und entspannt hängen lässt.

#### **4.2.3.2 SPEZIELLE UNTERSUCHUNG - KREUZBANDSONOGRAPHIE**

Zur Zeit liegen wenige Ergebnisse über die sonographische Diagnostik von Kreuzbandveränderungen in der Literatur vor, wobei fast ausschließlich auf das vordere Kreuzband eingegangen wird. 1987 entdeckte Röhr, dass sich das vordere Kreuzband

nur im Kniepräparat sowohl ventral als auch dorsal sonographisch gut darstellen lässt [82]. Bei Untersuchungen am Patienten wurde lediglich der tibiale Ursprung des vorderen Kreuzbandes (mitunter erst bei maximaler Beugung) im ventralen infrapatellaren Längsschnitt echoreich sichtbar. Die ausschlaggebende maximale Beugung kann jedoch von einem Patienten mit einer Kniegelenkverletzung nicht oder nur unter starken Schmerzen ausgeführt werden. Oftmals verweigert auch eine tiefsitzende Patella einen Einblick in den infrapatellaren Gelenkraum und damit eine Beurteilung des vorderen Kreuzbandes. Der ventrale Längsschnitt ist daher zur Beurteilung des vorderen Kreuzbandes nicht besonders geeignet.

Im dorsalen Querschnitt erkennt man das vordere Kreuzband nur als Schatten an der Facies intercondylaris des lateralen Femurkondylus. Diese Erkenntnis greift Wittner in seiner klinischen Untersuchung auf [106]. Dabei sonographiert er den Interkondylarraum im Transversalschnitt mit einem 5 MHz-Linearschallkopf bei Patienten mit leicht flektierten Knien in entspannter Bauchlage. Nach Aufsetzen des Schallkopfes unter leicht distaler und medialer Kippung auf die Kniekehle stellt sich die Knochenstruktur der Facies medialis des Condylus lateralis und der Boden des Interkondylarraumes S-förmig scharf dar. Wie schon Röhr 1987 beschrieben hat, bildet sich am gesunden Kniegelenk auf diese Weise der femorale Ansatz des vorderen Kreuzbandes sonographisch als echoarme, jedoch deutlich echohaltige Struktur direkt über der Facies medialis des Condylus lateralis ab.

Liegt eine femorale vordere Kreuzbandruptur vor, wird der echoreiche Inhalt des Interkondylarraumes durch eine echoarme Zone über der Facies medialis des Condylus lateralis verdrängt. Das gleiche Ultraschallbild zeigt sich bei Teilrupturen und synovialen Einblutungen des vorderen Kreuzbandes. Somit ist ein positiver sonographischer Nachweis kein Beweis für eine komplette Ruptur des vorderen Kreuzbandes und kann von einer Teilruptur, Zerrung oder Einblutung nicht unterschieden werden.

Einige Autoren ziehen die dynamische Untersuchungsmethode der statisch betonten Durchmusterung vor [41]. Bei der dynamischen Untersuchungstechnik bleibt der Schallkopf in eingenommener Position unverändert. Der Linearschallkopf wird in einem medialen Parasagittalschnitt am Kniegelenk angelegt. Anschließend kann eine Subluxation der Tibia im Lachman-Test bei zwanzig Grad Flexion ausgeübt und dokumentiert werden. Eine isolierte Ruptur des vorderen Kreuzbandes wird bei einer Ventralisation der Tibia von 6,3 mm angenommen [41]. Diese Art der Untersuchung kann jedoch auch falsche Ergebnisse liefern, da bestimmte Faktoren nicht ausgeschaltet werden können, die das Bewegungsausmaß beeinflussen (individuelle Muskelanspannung, keine definierte Kraft beim Lachman-Test).

#### **4.2.3.3 SPEZIELLE UNTERSUCHUNG - LIGAMENTUM PATELLAE-SONOGRAPHIE**

Zur Beurteilung des Kniestreckapparates erfolgt die sonographische Untersuchung im Longitudinal- bzw. Transversalschnitt in Rückenlage des Patienten mit leicht gebeugten Kniegelenken. Im Longitudinalschnitt bildet sich das Ligamentum patellae als gerade verlaufende Struktur mit in Längsrichtung ziehendem homogenen Reflexmuster ab. Das Lig. patellae kann von der echogenen Randstruktur der Patella bis zu seinem Ansatz der

Tuberositas tibiae verfolgt werden. Entscheidend ist ein orthogrades Auftreffen der Schallwellen, um die echogene Binnenstruktur darzustellen. Signifikante Unterschiede zwischen der linken und rechten Sehne sowie Geschlechtsunterschiede wurden nicht festgestellt [29, 50, 51]. Die sonographisch ermittelte durchschnittliche Dicke der Sehne im Longitudinalschnitt beträgt im a.p. Durchmesser zwischen vier und sechs Millimeter. Die Sehnenfasern sind parallel angeordnet und wirken homogen. Der Randbereich einer gesunden Sehne ist scharf und glatt vom Peritendineum begrenzt. Im Transversalschnitt wird die Patellarsehne als ovoidale Struktur abgebildet. Ihr lateraler Durchmesser beträgt ca. 21 mm [29, 50]. Entzündliche Veränderungen oder Rupturen des Lig. patellae lassen sich eindeutig im Sonogramm darstellen.

#### **4.2.4 Pathologische Veränderungen**

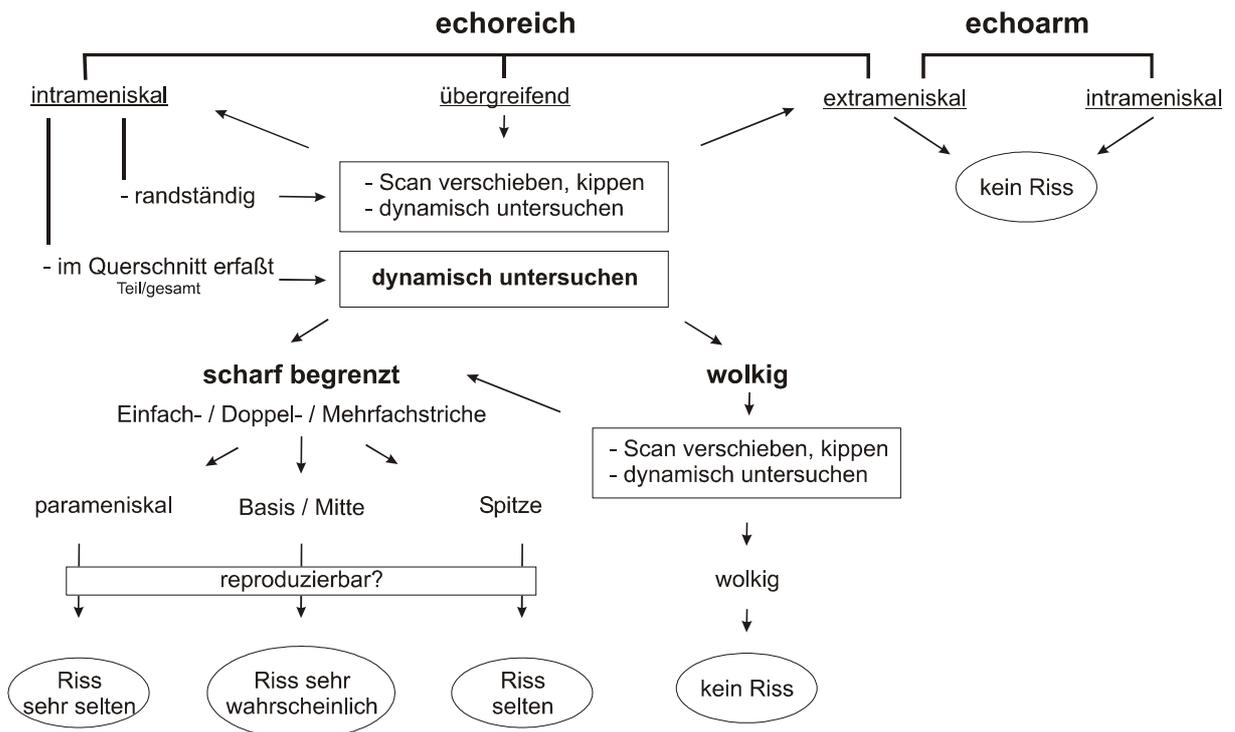
Die sonographische Kniegelenkuntersuchung kann bei vielen pathologischen Veränderungen des Kniegelenks Zusatzinformationen liefern. Neben Aussagen über Schwellungen im Bereich der Regio poplitea, Insertionstendopathien der Patellarsehne, Veränderungen im Bereich des Patellofemoralgelenks sowie der Bandstrukturen, können mit erforderlicher Sicherheit Aussagen über Veränderungen der Menisken gemacht werden.

##### **4.2.4.1 MENISKUSVERLETZUNGEN**

Meniskusverletzungen kommen häufiger am Innen- als am Außenmeniskus vor und treten in verschiedenen Formen auf. Betroffen sind besonders die dorsalen Meniskusanteile, die sonographisch am besten zugänglich sind. Es werden im wesentlichen Längs-, Querrisse, tangentielle Verletzungen, Fischmaul- bzw. Korbhenkelrisse und die Ablösung der Meniskusbasis von der Gelenkkapsel unterschieden. Mit der erforderlichen Sicherheit können diese Läsionsformen der Menisken jedoch sonographisch nicht differenziert werden, da die verschiedenen Formvarianten ein gleichförmiges Ultraschallbild zeigen [22].

Als Kriterium für eine Meniskusläsion wird ein harter, echoreicher, aus der übrigen homogenen Meniskusstruktur herausstechender, scharf begrenzter Schallreflex gewertet, der sich über mehrere direkt aufeinanderfolgende Schnittebenen verfolgen lässt [9, 22, 69]. In Abhängigkeit von der Anschallrichtung und der Dehiszenz der beiden getrennten Meniskusanteile zeigt sich die Reflexionsebene als Strich- oder Doppelstrich mit echoarmen Spalt. Durch ein entsprechendes Verkippen des Schallkopfes gelingt auch bei prima vista nicht klar zu beurteilenden Rissreflexionen in der Regel eine orthograde Anschallung, die zur Rissdetektion im Ultraschallbild verhilft. Eine Rissstruktur ist grundsätzlich reproduzierbar, von der Lokalisation her klar intrameniskal gelegen – zumeist in Meniskusmitte oder im Basisbereich [36]. Ein physiologischer Meniskusanteil stellt sich je nach Winkel der eintreffenden Schallenergie homogen graufarben oder sogar hypodens dar [22].

Das Flussdiagramm (Bild 4.1) bietet eine Hilfestellung bei der Beurteilung der Reflexionsphänomene bei der Meniskussonographie [35].



**Bild 4.1:** Flussdiagramm zur Analyse von Reflexionsphänomenen nach Grifka und Richter [35]

Als häufige Differentialdiagnose muss eine Meniskusdegeneration ausgeschlossen werden. Meniskusdegenerationen kommen insbesondere in den basalen Meniskusabschnitten vor [22]. Degenerationsphänomene entstehen durch eine Gewebeerdichtung und führen zu einer vermehrten Echogenität [93]. Degenerative Veränderungen stellen sich als diffuse, wolkige, flächenförmige, schlecht abgrenzbare Reflexmuster dar. Das Reflexmuster einer Meniskusdegeneration ändert sich im Gegensatz zur verletzungsbedingten Unterbrechung der Meniskusfaserstruktur, von Schnittebene zu Schnittebene [9, 22, 93]. Eine Unterscheidung von Degenerationsreflexen und Läsionsreflexen ist anhand der tabellarisch dokumentierten Kriterien möglich, wird jedoch erschwert, wenn ein Riss innerhalb einer Degeneration liegt (Tabelle 4.1) [22, 35, 93].

#### Rissechos

- Scharf begrenzte, strichförmige und sehr echoreiche Reflexionsebene
- Echostärke entsprechend Kortikalisreflex
- Zumeist als Doppelstrichfigur, z.T. als Einfachstrichecho, selten in Form mehrerer Striche
- Bei erneuter Einstellung reproduzierbar
- Zumeist in Meniskusmitte oder -basis

#### Degeneration

- Echoarme Areale mit vergleichsweise echoreichen Umgebungsstrukturen
- Geringere Echogenität als Kortikalis
- Nicht als helles Doppelstrichecho
- Reproduzierbar
- Meist in basisnaher Lokalisation

**Tabelle 4.1:** Sonographische Differenzierung der Meniskusechos [36]

#### 4.2.4.2 KOLLATERALBÄNDER

Die dynamische Untersuchungstechnik des Lig. collaterale mediale und Lig. collaterale laterale mit Prüfung der Instabilität ist eine sichere Methode zur Diagnostizierung einer Bandruptur [86]. Bei einer vermehrten Aufklappbarkeit von mehr als fünf Millimeter im Seitenvergleich liegt eine Ruptur vor, die bei statischer Untersuchungsmethode leicht übersehen werden kann [28]. Ebenso kann jedoch auch eine unspezifische echoarme Struktur, hervorgerufen durch Einblutung oder ödematöse Schwellung, eine Bandruptur vortäuschen, da sich eine Strukturunterbrechung eines Bandes auch echoarm darstellt [70].

#### 4.2.4.3 KREUZBÄNDER

Für die Darstellung des vorderen Kreuzbandes kann zum einen eine modifizierter infrapatellarer Longitudinalschnitt in Rückenlage des Patienten bei maximaler Kniebeugstellung angewandt werden. Dabei sollte das Band dem Verlauf entsprechend direkt abgebildet werden. Zum anderen kann im modifizierten dorsalen kondylären Transversalschnitt bei schräg eingestellter Schallkopfposition (nach medial geneigt) die Fossa intercondylaris lateralis von den Schallwellen orthograd getroffen werden. Die hier befindliche femorale Insertionsstelle des vorderen Kreuzbandes stellt sich dann über einer schmalen echoarmen – der echogenen Kortikalis direkt aufliegenden – Zone echoreich dar [37].

Das hintere Kreuzband kommt im dorsalen interkondylären Longitudinalschnitt – medial der Poplitealgefäße – im Längsverlauf, unmittelbar der Kortikalis des Tibiakopfes aufliegend, als echoarme, schlauchförmige Struktur zur Abbildung [37].

#### 4.2.4.4 SCHWELLUNGEN IN DER REGIO POPLITEA

Im Ultraschallbild lassen sich synoviale Zysten scharf abgegrenzt zur Umgebung darstellen, die Größe kann im Längs- und Querschnitt sonographisch dokumentiert werden [70]. Im dorso-ventralen Transversalschnitt kann der oftmals hinter dem medialen Femurkondylus gelegene Zystenstiel abgebildet werden [32]. In ihrer Binnenstruktur variieren die Baker-Zysten von völliger Echofreiheit bis zur mäßigen Echogenität [34]. Da Baker-Zysten oft eine ähnliche Symptomatik wie tiefe Beinvenenthrombosen bieten, muss im Zusammenhang mit der Untersuchung auch die Darstellung der schallarmen, längsgerichteten Poplitealgefäße erfolgen. Tumoröse Neubildungen können ebenfalls mit Hilfe des Ultraschalls in der Regio poplitea dargestellt werden sowie ihre Verschieblichkeit zum angrenzenden Gewebe [70].

Als mandelförmige, echoarme Struktur über dem Gelenkspalt, meist mit dorsaler Schallverstärkung, können Meniskusganglien im Ultraschallbild (Längs-/Transversalschnitt) abgebildet werden. Sie sind überwiegend am lateralen Meniskus gelegene zystisch-degenerative Veränderungen mit breitbasiger oder gestielter Verbindung zum Meniskus [25].

Kniegelenksergüsse werden im suprapatellaren Längsschnitt und Transversalschnitt sonographisch dokumentiert. Dabei kann sowohl das Ausmaß als auch die Qualität des

Ergusses bestimmt werden. Ein Hämarthros, Einblutungen und fibrinhaltige Ergüsse sind durch Binnenechos (horizontal verlaufende, echoreiche schmale Zonen) gekennzeichnet. Eine vollständige Koagulation eines Hämarthros zeichnet sich durch Unbeweglichkeit aus [70].

#### 4.2.4.5 PATELLASPITZEN-SYNDROM

Die Ultraschalluntersuchung eines Jumper's knee (Insertionstendopathie der Patellarsehne) erfolgt in Rückenlage des Patienten bei leichter Flexionsstellung der unteren Extremität (s. Kap. 4.2.3.3). Im sagittalen Strahlengang ist eine Darstellung des Lig. patellae von der Apex patellae bis zur Tuberositas tibiae möglich. Symptomatische Sehnenbereiche stellen sich dabei im Ultraschallbild durch eine Unterbrechung des normalen homogenen Echomusters dar. Das inhomogene Echomuster weist auf Mikrorupturen hin, die bei Überbelastung durch das Überschreiten des Dehnbarkeitsmaximums der Patellarsehne entstehen [5, 23, 47, 68]. Bei Patienten mit Patellaspitzen-Syndrom ergeben sich je nach Befund und Dauer der Erkrankung unterschiedliche Abbildungen der pathologischen Sehnenbereiche im sonographischen Bild.

Das akute Stadium des Jumper's knee (im Anfangsstadium eine Entzündungsreaktion) wird durch eine diffuse oder auch teilweise kontinuierliche, ödematös geschwollene Sehne gekennzeichnet [29]. Das Ausmaß der Sehnenschwellung ist proportional dem Ausmaß und der Dauer der klinischen Symptomatik. Mit Zunahme der Beschwerden und beginnenden irreversiblen Veränderungen ändert sich auch das Ultraschallbild. Bei Patienten, die schon seit längerer Zeit am Jumper's knee leiden, können heterogene Strukturen mit oder ohne Ödembildung im Ultraschallbild beobachtet werden. Dabei wechseln sich echoarme und echoreiche Bereiche im Endstadium einer chronischen Entzündung ab. Echoarme Bezirke werden als Hinweis einer entzündeten oder ödematösen Zone, frischer Einblutungen oder segmentaler Mikrorupturen gedeutet, echoreiche Areale als Hinweis fibrinoider Verquellung der Sehnenfasern, Faserdegeneration und intratendinärer Verkalkung und Narbenbildung [29]. Die Sehnenoberfläche ist dabei mehr oder weniger gewellt und hat ein variables Aussehen. Schreitet die chronische Patellatendinitis über ein paar Jahre fort, nimmt die Unregelmäßigkeit und Verdickung des Peritendineum infolge der Umwandlung des Sehngewebes in ein Narbengewebe zu. Die Sehnenfasern erscheinen heterogen, die Schwellung nimmt insgesamt ab [29].

Eine Ruptur des Lig. Patellae zeigt sich im Ultraschallbild in einer deutlichen Unterbrechung des Lig. patellae, Verdichtung des Echos an den Rupturstellen sowie in einer echoarmen diffusen Verbreiterung des Gewebes an Einblutungsstellen [70]. Veränderungen am distalen Ansatz des Lig. patellae im Sinne eines M. Osgood-Schlatter sind gekennzeichnet durch eine aseptische Nekrose der Tibiaapophyse mit Druckschmerz im Bereich des Tibiakopfes. Im Ultraschallbild zeigt sich die sonst echoreich strukturierte Apophyse durch eine deutliche Fragmentierung mit echoarmer Unterbrechung. Traumatische Abrisse der Apophyse mit Einblutungen weisen größere echoarme Verbreiterungen im Seitenvergleich auf [70]. Eine sichere Diagnose ist jedoch nur durch eine Röntgenuntersuchung im Seitenvergleich zu stellen.

#### 4.2.4.6 PATELLOFEMORALGELENK

Im suprapatellaren Längsschnitt und Querschnitt können bei maximaler Knieflexion sonographisch sowohl die Gelenkknorpeldicke, als auch die Strukturanteile der tragenden Femurkondylen beurteilt werden. Eine Beurteilung der patellaren Knorpelfläche kann selbst bei gesunden Probanden mit Hilfe des Ultraschalls aufgrund mangelhafter Darstellung nicht ausreichend erfolgen. Eine Verminderung und Dickenabnahme der Gelenkknorpeloberfläche - sie beträgt in der Mitte durchschnittlich 1,8 mm - im Sinne einer beginnenden Arthrose sowie eine Usurierung oder Aufrauung der Knorpeloberfläche zeigen sich im Ultraschallbild durch Veränderungen des normalerweise hypoechogenen, scharf abgegrenzten Knorpelbandes [1].

#### 4.2.5 Diagnostische Wertigkeit

Die Sonographie des Kniegelenks stellt ein wertvolles additives bildgebendes Verfahren bei der Kniegelenkdiagnostik dar und ist im diagnostischen Ablauf nach der Anamnese und klinischen Untersuchung einzuordnen. Im diagnostischen Konzept sollte sie einen festen Platz vor der Röntgenuntersuchung und anderen Schnittbildverfahren einnehmen. Bereits mit Hilfe der Sonographie wird ein Beitrag in der Differentialdiagnose von Kniegelenkerkrankungen, z.B. die Ergussdiagnostik, die Diagnostik von Synovialzysten, der Baker-Zysten, der Bursaerkrankungen, des Patella-Spitzensyndroms und der Weichteiltumoren geleistet. Auch in der Meniskusdiagnostik ist die Sonographie ein viel versprechendes Verfahren. Bei entsprechender Erfahrung des Untersuchers können pathologische Veränderungen wie Degenerationen, Meniskusganglien und Meniskusrisse frühzeitig erkannt werden. Bei akuter Beschwerdesymptomatik des Patienten mit unklarem klinischen Bild ist die Sonographie einfach durchzuführen, jederzeit reproduzierbar und ermöglicht bei geringem Zeitaufwand und niedrigen Kosten eine Darstellung der Menisken mitsamt ihrer Binnenstrukturen. Durch die oben dargestellte Vorgehensweise bei der Meniskussonographie ist mit einiger Erfahrung eine zuverlässige Rissdetektion und Abgrenzung gegen Degenerationen und Artefakte möglich. Grenzen der Meniskusbeurteilung zeigen sich jedoch bei fortgeschrittener Chondromalazie und bei nicht orthograd schallbaren Meniskusläsionen [35].

Die sonographische Untersuchung anderer klinisch interessanter Strukturen wie Kreuzbänder und Gelenkknorpel steckt zur Zeit noch in den Kinderschuhen und erfordert eine spezielle Technik. Jerosch hat die Darstellbarkeit dieser Strukturen im Experiment gezeigt, doch die reproduzierbare Nachweisbarkeit am Patienten im klinischen Einsatz noch in Frage gestellt, da es noch keine verlässlichen Resultate gibt [30, 49]. Gruber beschrieb 1997 den möglichen Untersuchungsgang zur Darstellung der Knieinnenstruktur, machte jedoch keine Aussagen über die Verlässlichkeit der Untersuchungsmethode in Bezug insbesondere auf die Kreuzbanddiagnostik [37].

Doch grundsätzlich sollte die Sonographie in der Kniegelenkdiagnostik und besonders in der Meniskusdiagnostik aufgrund der bereits vorliegenden guten Ergebnisse und der oben aufgeführten Vorteile Anwendung finden, damit den Patienten weitere invasive diagnostische Verfahren erspart werden können [36, 94, 93, 98].

### 4.3 Arthrographie

Im Jahr 1905 wurde zum ersten Mal auf dem vierten Deutschen Kongress für Orthopädie von Wernerdorff und Robinson die Arthrographie des Kniegelenks beschrieben. Die Aussagekraft der Arthrographie war zu Beginn durch verschiedene Faktoren und technische Mängel limitiert. Im Anfangsstadium führten die Untersucher die Arthrographie mit negativen Kontrastmitteln (Luft) durch und erhielten schlechte Abbildungsqualitäten. Mit der Zeit setzte sich der Gebrauch positiver Kontrastmittel durch, doch auch dabei wurden zahlreiche wichtige Strukturen überdeckt. Erst mit Hilfe der Doppelkontrastarthrographie wurde eine entsprechende Bildqualität erreicht und die Möglichkeit gegeben, den Gelenkbinnenraum und die angrenzenden Weichteilstrukturen des Kniegelenks im Zusammenhang mit der bildgebenden Diagnostik zu beurteilen [59]. So wurde die Arthrographie als präoperative Hilfe eingesetzt, um intraartikuläre pathologische Veränderungen zu diagnostizieren. Neben Meniskus- und Kreuzbandveränderungen konnten transchondrale Frakturen, degenerative Gelenkerkrankungen, intraartikuläre knöcherne und knorpelige Gelenkkörper und Bakerzysten erkannt werden.

Über die Aussagekraft und Wertigkeit der Arthrographie liegen unterschiedliche Meinungen vor. Einige Autoren stellen die diagnostische Genauigkeit der Arthrographie bezüglich Meniskus- und Kreuzbandverletzungen in Frage, während andere Autoren in der Arthrographie eine hervorragende Zusatzdiagnostik zur klinischen Untersuchung sehen [8, 17, 33, 46, 57]. Bonamo und Sheelman sehen den wahren Grund für eine Indikation zur Arthrographie lediglich in dem positiven Gewinn und Nutzen für den Patienten, der eine zusätzliche präoperative Dokumentation seiner Verletzung erhält [8]. Strobel stellt eine Indikation zur Arthrographie nur dann, wenn der Patient eine Arthroskopie ablehnt und gleichzeitig durch eine sorgfältige klinische Untersuchung keine definitive Diagnose erstellt werden kann [97]. Doch die Autoren sind sich einig, dass eine beachtliche arthrographische Erfahrung notwendig ist, um exakte Diagnosen bei pathologischen Befunden zu stellen [62, 87, 100].

Heute findet die Arthrographie kaum noch Anwendung bei der Beurteilung posttraumatischer Verletzungen des Kniegelenks. Bei unserem heutigen Erfahrungsstand wird die Arthrographie weitgehend von initial nichtinvasiven Untersuchungsverfahren, wie Sonographie und Kernspintomographie verdrängt. Zusätzlich wird im Anschluss häufig sowohl die diagnostische als auch therapeutische Arthroskopie durchgeführt. Während die Zahl der Arthroskopien in den letzten Jahren stetig gewachsen ist, nahm die Zahl der Arthrographien deutlich ab.

### 4.4 Kernspintomographie

Seit der Entwicklung der magnetischen Kernresonanz im Jahre 1948 durch Purzel, Torrey und Pound an der Harvard Universität sowie unabhängig davon durch Bloch, Hansen und Packard an der Stanford Universität hat sich diese Methode seit 1980 auch in der Medizin durchgesetzt. Zunächst lag das Hauptanwendungsgebiet der Kernspintomographie in der Diagnostik der parenchymatösen Organe und in der Darstellung veränderter Hirnsubstanz. Neuere Erkenntnisse auf dem Gebiet der

Kernspintomographie haben gezeigt, dass dieses Verfahren auch zur Darstellung von Gelenkstrukturen geeignet ist. Durch die Verwendung von Oberflächenspulen, die Verbesserung der Software und die Einführung einer angulierten Schnittführung wurde die Untersuchungstechnik für die Darstellung des Kniegelenks verbessert.

Während mit anderen nichtinvasiven bildgebenden Verfahren, der konventionellen Röntgenaufnahmen und Sonographie, immer nur die Darstellung gewisser paraartikulärer Strukturen des Kniegelenks möglich ist, steht mit der Kernspintomographie die erste nichtinvasive Untersuchungsmethode zur Verfügung, die alle Kniebinnenstrukturen direkt darstellt.

Erste Veröffentlichungen von kernspintomographischen Untersuchungen an Kniegelenken stammen von Kean im Jahr 1983, der Beispiele der normalen und pathologischen Morphologie des Kniegelenks schilderte [53]. Später zeigte Li in einer Studie, dass mit Hilfe der Kernspintomographie Verletzungen der Menisken und Kreuzbänder dargestellt werden können [63]. Im Jahr 1984 konnten Turner und seine Mitarbeiter in einer Studie die Differenzierung physiologischer und pathologischer Kreuz- und Seitenbänder bekannt geben [101]. Studien von Reicher im Jahr 1985 führten zu der Erkenntnis, dass mit Hilfe der Kernspintomographie neben Läsionen der Menisken und Bandstrukturen sowohl eine Osteonekrose als auch mögliche Verletzungen der Patellarsehne und intraartikuläre Gelenkkörper diagnostiziert werden können [80].

Diese und andere pro- und retrospektive Studien zeigen, dass die Kernspintomographie neben der klinischen Untersuchung, Sonographie und konventionellen Röntgenaufnahme eine zusätzliche Optimierung der präoperativen Diagnostik ermöglicht [2, 12, 48, 56, 65, 84].

#### **4.4.1 Technik, Instrumentarium**

Für eine kernspintomographische Untersuchung des Kniegelenks wird der Patient in Rückenlage bei fast gestrecktem Hüftgelenk und zehn bis fünfzehn Grad flektiertem, eventuell nach außen rotiertem Kniegelenk gelagert. Ist die optimale Lagerung aufgrund zu starker Schmerzen des verletzten Kniegelenks limitiert, kann die kernspintomographische Untersuchung auch in einer von der Standardlagerung leicht abweichenden Stellung durchgeführt werden. Zur besseren Darstellung der Kniebinnenstruktur finden neben Körperspulen auch Oberflächenspulen Anwendung. Der untere Patellapol wird dabei in der Mitte der sogenannten Kniespule eingestellt.

#### **4.4.2 Darstellung der Menisken im Kernspintogramm**

Verschiedene Untersuchungen in der Literatur belegen die Darstellbarkeit der Menisken mit Hilfe der Kernspintomographie [12, 48, 54, 61, 73, 78, 79, 80]. Zur Darstellung der intakten und pathologischen Menisken eignen sich vor allem T1 gewichtete oder T1/T2 gemischt gewichtete Bilder [73]. Die Menisken bestehen aus Typ 1 Kollagenfasern und besitzen nur wenige Wasserstoffkerne (Protonen), die elektromagnetische Wellen definierter Frequenzen absorbieren können. Beim gesunden Meniskus werden nur wenige messbare elektromagnetische Signale bei der Rückkehr der Protonen in den

ursprünglichen Zustand ausgesandt. Dadurch stellt sich der unverletzte Meniskus als signalarme, dunkle Struktur dar und bildet einen deutlichen Kontrast zum hellen, signalreichen hyalinen Gelenkknorpel [12].

Sowohl Meniskusrisse als auch degenerative Schäden können im Kernspintogramm anhand eines abnormen Fokus höherer Signalintensität im Meniskusgewebe teilweise bis zum Meniskusrand diagnostiziert werden. Eine höhere Signalintensität entsteht, wenn an der Oberfläche von Meniskuläsionen wasserabsorbierende Makromoleküle exponiert werden. Durch eine Verkürzung des T1-Wertes, wird die Interaktion der Wassermoleküle mit den Makromolekülen verstärkt, wodurch ihre Rotationsrate gesenkt und die lokale Spindichte erhöht wird. Die Abnahme der Translationsbewegung führt zu einer Verkürzung des T2-Wertes [73].

Für die Beurteilung der Meniskuläsionen anhand von kernspintographischen Bildern hat sich eine Einteilung bewährt. Sowohl Reicher, Crues und Mink sowie Jerosch teilen die Meniskuläsionen in drei Kategorien ein [15, 48, 97].

Meniskuläsionen Grad I weisen eine punktförmige, intrameniskale unregelmäßige Signalintensitätserhöhung auf, die nicht mit der Meniskusoberfläche in Verbindung steht, d.h. weder die obere noch untere artikulierende Fläche erreicht. Diese intrameniskalen Strukturveränderungen werden meist durch degenerative Veränderungen auf dem Boden mukoider Degenerationen hervorgerufen und können auch bei völlig asymptomatischen Personen auftreten.

Ausgedehntere mukoide Degenerationen ergeben eine Meniskuläsion Grad II, die im kernspintographischen Bild durch (mehrere punktförmige oder lineare) ausgeprägte Signalanhebungen gekennzeichnet sind. Diese erstrecken sich bis zu den kapsulären Grenzen der Menisken, dehnen sich jedoch nicht bis auf die artikulierenden Flächen aus. Derartige intrameniskale Veränderungen können ebenfalls völlig asymptomatisch sein, aber auch mit klinischen Beschwerden einhergehen. Patienten mit Meniskusveränderungen Grad II haben sicherlich ein erhöhtes Risiko, zu einem späteren Zeitpunkt einen klinisch manifesten Meniskusschaden zu erleiden.

Meniskuläsionen Grad III zeichnen sich durch eine (lineare/irreguläre) hyperintense Signalerhöhung mit Kontakt zur Meniskusoberfläche (artikulierenden Grenzfläche) aus. Eine Meniskusveränderung Grad III ist bei einer arthroskopischen Untersuchung als sicherer Riss (Läsion) verifizierbar.

Mit Hilfe von sagittalen und koronaren Kernspintographieaufnahmen können Meniskusstrukturen in der Regel genau beurteilt, d.h. Meniskuläsionen diagnostiziert oder ausgeschlossen werden. Studien haben ergeben, dass die sagittale Untersuchungsebene die beste Ebene darstellt, um Kniebinnenstrukturen anhand von KST-Bildern zu beurteilen [42, 48, 61]. Sagittalaufnahmen eignen sich insbesondere für die Beurteilung der Vorder- und Hinterhornabschnitte der Menisken, da bei Serienaufnahmen dort lokalisierte pathologische Bereiche mehrfach abgebildet werden. Zusätzliche koronare Aufnahmen verbessern die Aussagekraft der KST-Diagnostik. Koronare Aufnahmen geben detaillierte Informationen über die Intermediärposition der

Menisken und deren Beziehung zum Kapsel-Band-Apparat. Da Radiärrupturen meist am Übergang Pars intermedia, Pars posterior und häufig in der sagittalen Ebene liegen, können bei alleiniger Beurteilung der sagittalen Aufnahmen diese übersehen werden [74, 95]. Entsprechend können Korbhakenverletzungen bei isolierten Sagittalaufnahmen zu Fehldiagnosen führen, da diese sich ebenfalls häufig in der sagittalen Ebene ausbreiten. In der koronaren Aufnahme ist der Defekt als eine vertikale Läsion im Meniskus zu sehen. Häufig fällt eine mediale Abstumpfung des peripheren Anteils des pathologischen Meniskus auf.

Bei der Beurteilung der Menisken anhand von KST-Bildern können auch physiologisch-anatomische Strukturen, wie die A. genu inf. lat., das Lig. transversum und die Sehne des M. popliteus, aufgrund ihrer geringen Signalintensität zu falsch positiven Diagnosen führen [84]. Während ein geringer Abstand zwischen der A. genu lat. inf. und dem Vorderhorn des lateralen Meniskus, besonders im sagittalen Bild, zu falsch positiven Diagnosen führt, kann die Nähe des Lig. transversum zum Vorderhorn des medialen Meniskus Läsionen in diesem Bereich vortäuschen. Des Weiteren können Fehlinterpretationen aufgrund der anatomischen Lagebeziehung der Popliteusehne zum Meniskus im Bereich des Hinterhorns des lateralen Meniskus auftreten. Ebenso kann ein überdurchschnittliches Volumen eines Meniskusaußenrandes einen Riss imitieren. Eine Vermeidung von falsch positiven Diagnosen bei der Auswertung der KST-Bilder sollte durch einen Vergleich von sagittalen mit koronaren Aufnahmen erzielt werden.

#### 4.4.3 Darstellung des vorderen Kreuzbandes im Kernspintogramm

In einer sagittalen Schnittführung in Höhe des lateralen Interkondylenraumes bei Streckung des Knies und Außenrotation von zehn bis zwanzig Grad stellt sich das vordere Kreuzband im ganzen Verlauf von der Innenfläche des lateralen Kondylus bis zur Area intercondylaris anterior des Tibiakopfes dar. Untersuchungen von Mink haben ergeben, dass sich zur optimalen Darstellung des vorderen Kreuzbandes vor allem T2 gewichtete Bilder eignen [73]. Das intakte vordere Kreuzband ist als inhomogene schwarze, von hellen signalreichen Zonen durchzogene Struktur von insgesamt minderer Signalintensität zu erkennen [97].

Ein direktes Zeichen einer vollständigen Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist eine Kontinuitätsunterbrechung des Bandverlaufes (hohe Signalintensität innerhalb des Bandabschnittes) mit zusätzlicher ödematöser Weichteilschwellung im Bereich der Fossa intercondylaris (atypische Signalintensität des umliegenden Fettgewebes). Ein indirektes Zeichen einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist eine uncharakteristische ventrale Schlingelung des intakten hinteren Kreuzbandes, die auf die exzessive anteriore Translation der Tibia in Bezug auf den Femur zurückzuführen ist [99]. Ein weiteres indirektes Zeichen ist die Fraktur des posterioren lateralen Tibiaplateaus (kissing contusion).

Schwieriger ist die Diagnostik von Teilrupturen und eine exakte Bestimmung des Läsionsortes im Bandverlauf. Teilrupturen lassen sich häufig nur anhand eines begrenzten Verlustes der physiologischen Signalarmut im Bandverlauf und einer Schwellung der Bandstruktur erkennen [2]. Ein Ödem, Erguss oder eine Einblutung

erzeugen in der T2 gewichteten Aufnahme ein helles Signal. Eine Unterbrechung einiger Faserbündel im Verlauf des Bandes führt zu einer Verdünnung oder Schlingelung des signalarmen Bandes. Hinweise auf einen intakten Synoviaschlauch bei vorliegender Ruptur des vorderen Kreuzbandes liefert eine signalreiche spindelförmige Struktur im Bandverlauf.

#### **4.4.4 Darstellung des hinteren Kreuzbandes im Kernspintogramm**

Neben dem vorderen stellt sich auch das hintere Kreuzband im Kernspintogramm deutlich als Struktur minderer Signalintensität dar. Für die Beurteilung des hinteren Kreuzbandes haben sich auch die T1/T2 und T2 gewichteten Aufnahmen als geeignet erwiesen. Im Kernspintogramm ist das intakte Band als homogen schwarze (signalarme) nach dorsal konvex oder sigmoid verlaufende Struktur sichtbar. Verletzungen des hinteren Kreuzbandes erzeugen im kernspintographischen Bild eine Unterbrechung der signalarmen schwarzen Struktur durch Zonen erhöhter Signalintensität. Als Indikator für eine vollständige Ruptur des Bandes gilt die Unterbrechung der Kontinuität im Verlauf der ligamentären Struktur. Zusätzlich sollte immer der Verdacht eines knöchernen Ausrisses des Bandes bestehen, wenn Strukturveränderung im Bereich der tibialen Insertionsstelle sichtbar sind [99].

#### **4.4.5 Darstellung der Kollateralbänder im Kernspintogramm**

Im Kernspintogramm stellt sich in der koronaren Schicht das mediale Kollateralband als dünne, dunkle Linie zwischen Femurkondyle und medialer Tibiafläche etwa fünf Zentimeter unterhalb des Kapselansatzes dar. In dieser Schicht kann auch das laterale Kollateralband gut beurteilt werden. Bei einer Schicht in Höhe des tibialen Ansatzes des vorderen Kreuzbandes wird das mediale Kollateralband am besten sichtbar. Das laterale Kollateralband wird in einer Schichtebene in Höhe der Area intercondylaris erfasst. Eine vollständige Ruptur eines Bandes stellt sich durch eine Diskontinuität und hohe Signalintensität im Bereich der Läsion dar.

#### **4.4.6 Diagnostische Wertigkeit**

Die Kernspintomographie hat in den vergangenen Jahren aufgrund der Weiterentwicklung der Aufnahmetechniken und zunehmenden Erfahrung bei der Bildinterpretation an Bedeutung für die Diagnostik bei traumatischen und degenerativen Knieveränderungen gewonnen.

Neben der schmerzfreien und risikolosen Durchführung bietet die Kernspintomographie den weiteren Vorteil, dass eine Strahlenbelastung vollständig entfällt. Dies führt bisweilen zu einer übermäßigen unkritischen Anwendung. Die Kernspintomographie sollte nicht als Screeningmethode zur Diagnostik insbesondere von Meniskuläsionen angesehen werden und auf keinen Fall die genaue Anamnese sowie die klinische Untersuchung verdrängen oder ersetzen.

Die Indikation zur Kernspintomographie ist wie in klinischen Studien belegt, nicht bei jeder Kniegelenkverletzung angezeigt [8, 65, 74, 95]. Erhebt der erfahrene Untersucher mittels sorgfältiger Beschwerde- bzw. Unfallanamnese sowie gründlicher klinischer Untersuchung einen hinreichend sicheren Befund, ist eine zusätzliche präoperative

Kernspintomographie Spezialindikationen vorbehalten [56, 72, 83]. Sie ermöglicht dann als einziges nichtinvasives bildgebendes Verfahren eine komplexe Darstellung fast aller Kniebinnenstrukturen und ist bei nicht eindeutig klinischem Befund bei der Diagnosestellung von Meniskusschäden sehr hilfreich und besitzt eine hohe Treffsicherheit [102]. Die Treffsicherheit bei der Diagnostik der Menisken zeigt die Tabelle 4.2.

<b>Autor</b>	<b>Jahr</b>	<b>Sensitivität</b>	<b>Spezifität</b>	<b>Treffsicherheit</b>
Mink [73]	1988	95%	91%	93%
Jerosch [48]	1991	86%	95%	93%
Heron [44]	1992	97%	94%	88%
Muellner [74]	1997	98%	85,5%	95,5%
Bohnsack [8]	1999	50% LM	86% LM	78% LM
		79% MM	63% MM	70% MM
Kreitner [58]	1999	83% LM	93% LM	92% LM
		92% MM	92% MM	92% MM
Hansen [58]	1999	81% LM	88% LM	80% LM
		81% MM	74% MM	77% MM
Runkel [84]	2000	85% LM	98% LM	92% LM
		98% MM	96% MM	94% MM
Lützner [65]	2000	44% LM	89% LM	83% LM
		81% MM	59% MM	73% MM
Kocher [56]	2001	72%	91,5%	73,7%

**Tabelle 4.2:** Ergebnisse der Kernspintomographie bei Meniskusverletzungen  
(Referenzmethode: Arthroskopie)

Neben der hohen Treffsicherheit liegt eine große Überlegenheit der Kernspintomographie in dem hohen negativen Vorhersagewert, d.h. bei einem negativen Befund liegt mit ausreichender Wahrscheinlichkeit kein wesentlich pathologischer Befund vor [8, 48, 84]. Folglich kann mit einer weiteren invasiven Diagnostik abgewartet und nur bei persistierenden unklaren Beschwerden eine Arthroskopie durchgeführt werden. Eine hohe Anzahl rein diagnostischer Arthroskopien kann bei entsprechender Indikationsstellung durch eine präoperative kernspintomographische Untersuchung vermieden werden.

Weiterhin ermöglicht die Kernspintomographie bei einer Läsion der Kniebinnenstrukturen eine genaue Beurteilung der Lokalisation, des Grades und der Ausbreitung. Diese Vorkenntnisse erleichtern dem Operateur die sich möglicherweise anschließende therapeutische Arthroskopie. Allerdings sollte sich allein aus einem positiven kernspintomographischen Befund kein weiteres operatives Vorgehen ergeben, wenn die Anamnese und die klinische Untersuchung diesen Befund in keiner Weise bestätigen können.

## 5 Prospektive klinische Untersuchung

In der Literatur sind zahlreiche Tests beschrieben, die zur Untersuchung der Menisken im Kniegelenk angewandt werden können. Bei einer detaillierten Knieuntersuchung ist jedoch eine Durchführung aller Tests im Alltag nicht realisierbar. Während in den vergangenen Jahren Studien durchgeführt wurden, die sich mit der Aussagekraft bildgebender Diagnostik am Kniegelenk beschäftigen, liegen kaum Ergebnisse über die Wertigkeit der speziellen klinischen Meniskustests vor. Insbesondere wurde kein Vergleich zur Aussagekraft der Meniskustests untereinander angestellt.

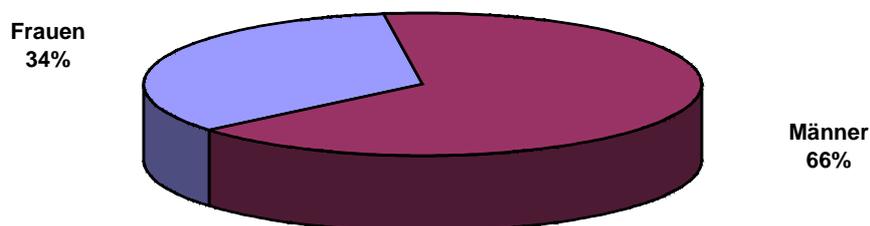
Das Ziel dieser Arbeit liegt darin, anhand einer prospektiven klinischen Untersuchung die Wertigkeit klinischer Befunde sowie spezieller Meniskustests zu analysieren und für den Untersucher eine Richtlinie für die Kniegelenkuntersuchung im Alltag zu erstellen.

### 5.1 Material und Methode

Im Zeitraum von 13 Monaten wurden 64 Patienten in eine klinische Studie aufgenommen, die nach einem Kniegelenkstrauma mit dem Verdacht einer Meniskusverletzung der Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster zur arthroskopischen Diagnostik und Therapie vorgestellt wurden.

Bei den Patienten wurden alle für die Studie notwendigen präoperativen Daten aus der Anamnese und klinischen Untersuchung, die präoperative Verdachtsdiagnose und die tatsächliche arthroskopische Diagnose vollständig und exakt dokumentiert. Es handelte sich um ein Kollektiv von Patienten im Alter von 16 bis 76 Jahren, das Durchschnittsalter betrug 38,5 Jahre.

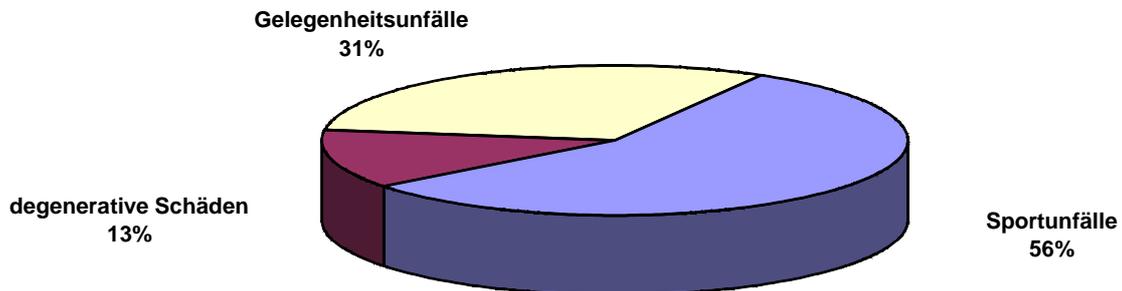
Betroffen waren vorwiegend Männer, die mit 66 Prozent den größten Anteil des Patientenkollektivs bildeten. 34 Prozent der in der Studie aufgenommenen Patienten waren Frauen (Bild 5.1).



**Bild 5.1:** Geschlechtsverteilung in der prospektiven klinischen Studie

Bei der klinischen Verdachtsdiagnose einer Außenmeniskusläsion waren das linke und das rechte Knie je zur Hälfte, bei der klinischen Verdachtsdiagnose einer Innenmeniskusläsion war die linke Seite 28 mal, die rechte Seite 24 mal betroffen.

Erfasst wurden Sport- und Gelegenheitsunfälle sowie Meniskusschäden, die auf degenerative Ursachen zurückzuführen waren (Bild 5.2).



**Bild 5.2:** Ursachen der Meniskusverletzungen

Zwischen der klinisch manuellen Untersuchung und der Arthroskopie gab es bei keinem Patienten ein erneutes Knie Trauma. In allen Fällen befand sich der Patient in stationärer Behandlung. Die Indikationsstellung zur stationären Aufnahme und Arthroskopie erfolgte in der Kniesprechstunde durch den erstuntersuchenden Arzt. Alle Patienten wurden einem Standarduntersuchungsverfahren unterzogen.

Die detaillierte Anamneseerhebung und die präoperative klinische Untersuchung der Patienten wurde von zwei Untersuchern vorgenommen. Diese führten in der Mehrzahl der Fälle die arthroskopische Untersuchung selbst durch.

Die detaillierte Anamnese beinhaltet im wesentlichen die Fragen nach Entstehung, Dauer und Intensität der Früh- bzw. Spätsymptome sowie Unfallmechanismus und die Frage nach bereits bestehenden Vorschäden des betroffenen Kniegelenks. In der klinischen Untersuchung wurden Schwellung, Erguss, Muskelatrophie und Bewegungseinschränkung erfasst sowie neben der Stabilitätskontrolle und Funktionsprüfung insbesondere eine eingehende Untersuchung der Menisken durchgeführt.

Die spezielle Prüfung der Menisken erfolgte anhand von zwölf in der Literatur beschriebenen Untersuchungstechniken, die sich ausschließlich mit der Diagnostik von Meniskusverletzungen befassen. Zu diesen Meniskustests zählen Bewegungs- und Kompressionstests.

Bewegungstests:

- Steinmann-I-Test
- Steinmann-II-Test
- Bragard-Test
- Merke-Test
- McMurray-Test
- Fouché-Test
- Apley-Test
- Rotations-Kompressions-Test
- Finochietto-Test

Kompressionstests:

- Böhler-Test
- Krömer-Test
- Payr-Test

Zur Dokumentation der anamnestischen Daten, des klinischen Untersuchungsbefundes, der Ergebnisse der zwölf Meniskustests und der präoperativen Verdachtsdiagnose wurde ein spezieller Knieuntersuchungsbogen verwendet (s. Kap. 5.2.).

Im Operationsbericht wurde der Befund nach der arthroskopischen Untersuchung des Kniegelenks festgehalten. Da bei der Arthroskopie eine systematische Exploration aller Kniegelenkkompartimente erfolgte, konnten für die Untersuchung alle traumatisch oder degenerativ bedingten Läsionen des Kniebinnenraumes und Kapsel-Band-Apparates erfasst werden. Als Kriterium für das Vorliegen einer Meniskusläsion galt der arthroskopisch-inspektorische oder arthroskopisch-palpatorische Nachweis einer Ruptur oder degenerativen Veränderung.

## 5.2 Untersuchungsbogen

### Anamnese

.....  
Name, Vorname

.....  
Geburtsdatum

.....  
Beruf

#### Vorschäden am Kniegelenk

- linkes Knie .....  
 rechtes Knie .....  
*Art des Schadens*

#### Voroperationen am Kniegelenk

- linkes Knie .....  
 rechtes Knie .....  
*Art der Operation*

aktuelles Unfallereignis/ Unfallhergang am .....  
 .....  
 .....

Beschwerden  linkes Knie  rechtes Knie seit .....  
 .....

- Ruheschmerz  Blockierung  
 Giving way  Überstreckungsschmerz  
 Streckhemmung  Belastungsschmerz (abhängig von aktiver oder passiver Bewegung)

### Befund

- Beinachse:  Schwellung  
 gerade  valgisch  varisch  Erguss  
 Muskelatrophie

Bewegungsausmaß  
 linkes Knie ...../...../.....  
 rechtes Knie ...../...../.....

Druckschmerz  
 medialer Kniegelenkspalt bei  0°  90°  
 lateraler Kniegelenkspalt bei  0°  90°

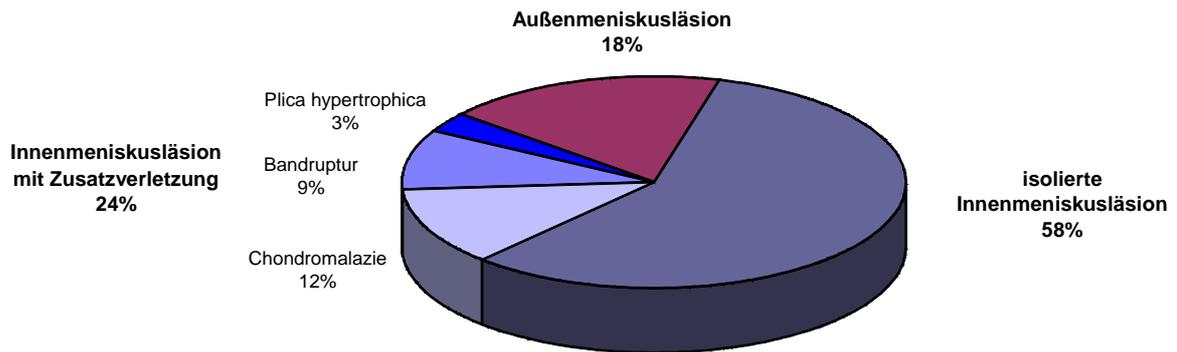
### Meniskustests

- Böhler-Test  Merke-Test  
 Krömer-Test  McMurray-Test  
 Payr-Test  Fouché-Test  
 Steinmann-I-Test  Apley-Test  
 Steinmann-II-Test  Rotations-Kompressions-Test  
 Bragard-Test  Finochietto-Test

.....  
 präoperative Diagnose nach der speziellen klinischen Untersuchung

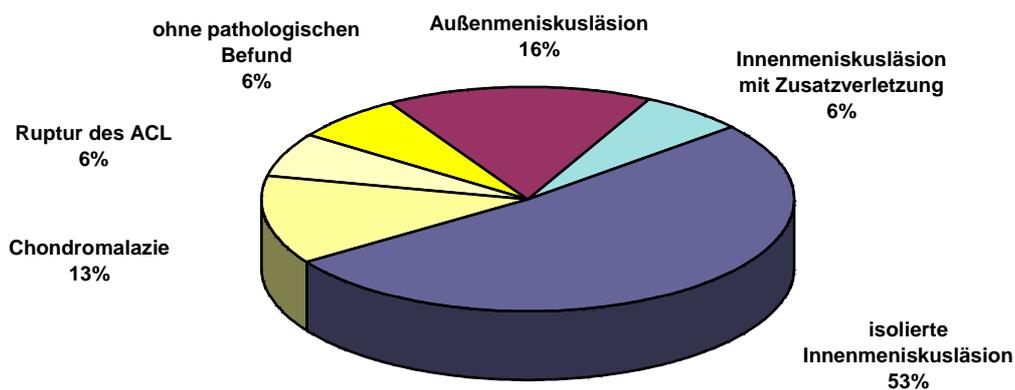
### 5.3 Ergebnisse

Bei der klinischen Untersuchung des Patientenkollektivs von 64 Patienten wurden aufgrund der anamnestischen Angaben, der klinischen Befunde sowie der Ergebnisse der speziellen Meniskustests von beiden Untersuchern 52 Innenmeniskusläsionen diagnostiziert; davon viermal kombiniert mit einer Chondromalazie, zweimal kombiniert mit einer Plicahypertrophie und sechsmal kombiniert mit einer Bandruptur (zweimal vorderes Kreuzband, viermal mediales Kollateralband). Die Diagnose Außenmeniskusläsion wurde bei 12 Patienten gestellt (Bild 5.3).



**Bild 5.3:** Ergebnisse der klinischen Diagnosen

Arthroskopisch konnten 36 Innenmeniskusläsionen, davon je zwei in Verbindung mit einer Verletzung des vorderen Kreuzbandes oder einer Plicahypertrophie gesichert werden. Achtmal wurde die Diagnose Chondromalazie (Grad 2-4) des medialen Femurkondylus und/oder der Patella gestellt. Weiterhin konnten vier isolierte Rupturen des vorderen Kreuzbandes und zwei Plicahypertrophien sowie zehn Außenmeniskusläsionen arthroskopisch nachgewiesen werden. In vier Fällen wurde die Arthroskopie beendet, ohne dass ein pathologischer Befund erhoben werden konnte.



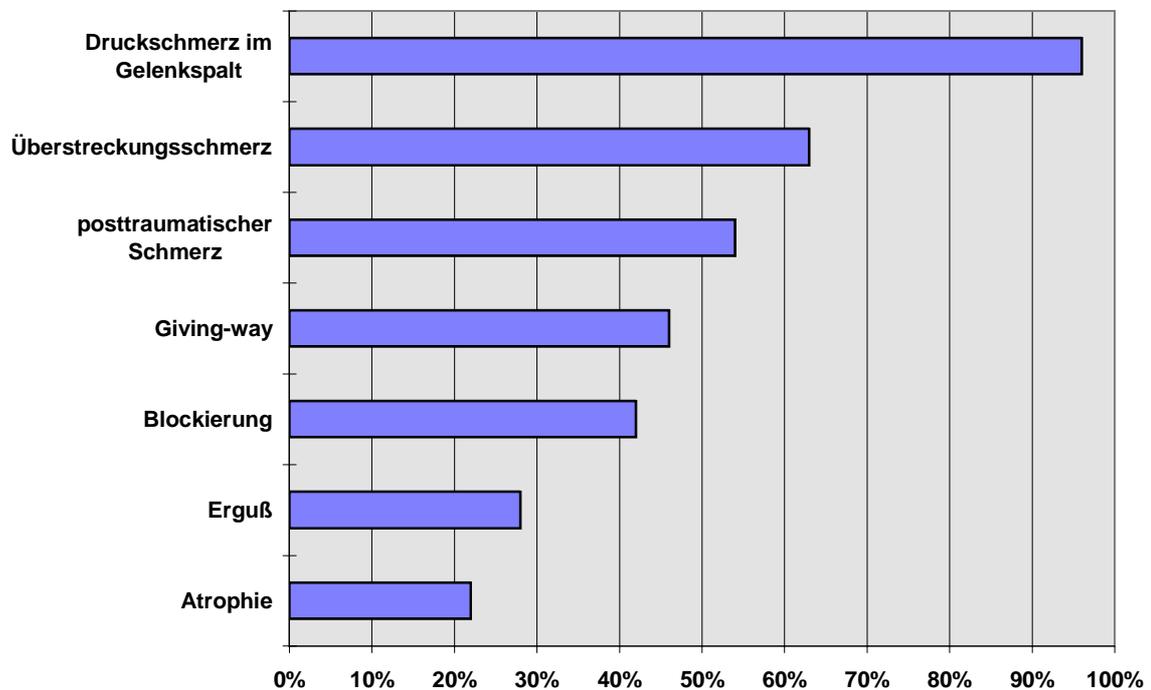
**Bild 5.4:** Diagnoseverteilung der arthroskopischen Untersuchungsbefunde bei 64 Patienten

Stellt man einen Vergleich zwischen den Ergebnissen der klinischen Verdachtsdiagnose und arthroskopischen Diagnose auf, wird deutlich, dass nur 72 Prozent der klinisch diagnostizierten Meniskusläsionen arthroskopisch nachgewiesen werden konnten. Bei

28 Prozent der klinischen Diagnosen haben andere Kniebinnenverletzungen eine Meniskussymptomatik simuliert, so dass die Untersucher eine falsch positive Diagnose bezüglich einer Meniskusverletzung stellten. Bedient man sich der Arthroskopie als Referenzmethode wurden demzufolge Meniskusverletzungen klinisch zu häufig angenommen.

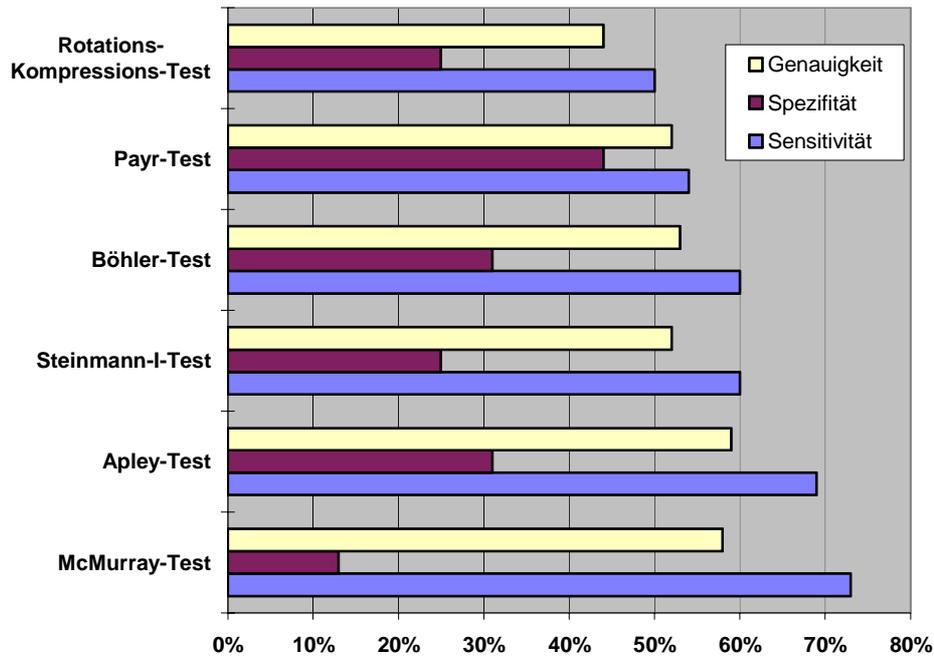
Neben der Dokumentation der klinischen und arthroskopischen Diagnose wurden wichtige zusätzliche klinische Befunde präoperativ festgehalten und anhand der arthroskopisch bestätigten Meniskusverletzungen ausgewertet.

Eine lokale, konstante Druckempfindlichkeit in Höhe des Kniegelenkspalts konnte in 96 Prozent der Untersuchten mit arthroskopisch bestätigter Meniskusläsion festgestellt werden. Bei 63 Prozent der Patienten wurden beim Überstrecken des verletzten Kniegelenks im Vergleich zur gesunden Seite Schmerzen ausgelöst und 54 Prozent klagten über posttraumatische belastungsabhängige Schmerzen. 46 Prozent der Patienten haben das plötzliche Einknicken im Kniegelenk, die "Giving-way-Symptomatik" beschrieben und 42 Prozent gaben Einklemmungserscheinungen an (Blockierung). Unspezifische Schwellungen des Kniegelenks traten nur bei 28 Prozent auf. Davon entwickelte sich laut Anamnese bei vier Patienten mit Außenmeniskusläsion (9 Prozent) erst nach einigen Stunden ein intraartikulärer Erguss. Eine Muskelatrophie im Bereich des betroffenen Kniegelenks lag bei 22 Prozent vor. In diesen Fällen wird aus den anamnestischen Angaben ersichtlich, dass das Trauma schon längere Zeit zurück lag. Eine Zusammenstellung der Ergebnisse erfolgt in Bild 5.5.



**Bild 5.5:** Verteilung klinischer Befunde bei 46 Patienten mit arthroskopisch verifizierten Meniskusläsionen

Bei der Auswertung der Daten der speziellen klinischen Meniskustests, hat sich aufgrund der Wertigkeit und Zuverlässigkeit der Diagnose einer Meniskusverletzung eine Zuteilung der Tests in zwei Gruppen als geeignet erwiesen. Eine Gruppe bilden die Tests, die durch eine relativ hohe Sensitivität, jedoch geringe Spezifität gekennzeichnet sind. Dazu gehören der McMurray-Test, Apley-Test, Steinmann-I-Test, Böhler-Test, Payr-Test und Rotations-Kompressions-Test (Bild 5.6).



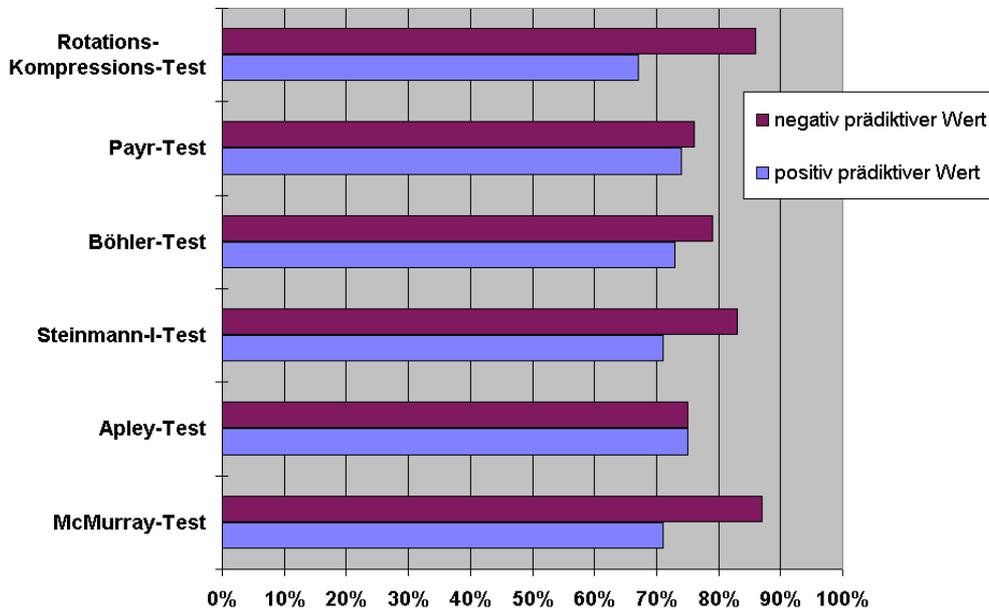
**Bild 5.6:** Tests mit relativ hoher Sensitivität und geringer Spezifität

Mit Hilfe dieser Tests, kann zwar eine relativ hohe Anzahl Patienten mit Kniegelenksverletzungen erfasst werden, jedoch ist aufgrund der niedrigen Spezifität dieser Tests die Abgrenzung einer Meniskusverletzung von anderweitigen Kniebeschwerden nur bedingt möglich.

Mit einer Sensitivität von 73 Prozent weist der McMurray-Test in unserer klinischen Studie die höchste Sensitivität der speziellen Meniskustests auf. Seine Spezifität lag bedingt durch eine sehr hohe Rate falsch positiver Diagnosen nur bei 13 Prozent, die Genauigkeit bei 58 Prozent, der positiv bzw. negativ prädiktive Wert bei 71 und 87 Prozent. Eine ebenfalls relativ hohe Sensitivität von 69 Prozent ergab die Auswertung des Apley-Tests. Im Vergleich zum McMurray-Test lag seine Spezifität mit 31 Prozent signifikant höher, die Genauigkeit betrug 59 Prozent, der positiv bzw. negativ prädiktive Wert 75 Prozent (Bild 5.7).

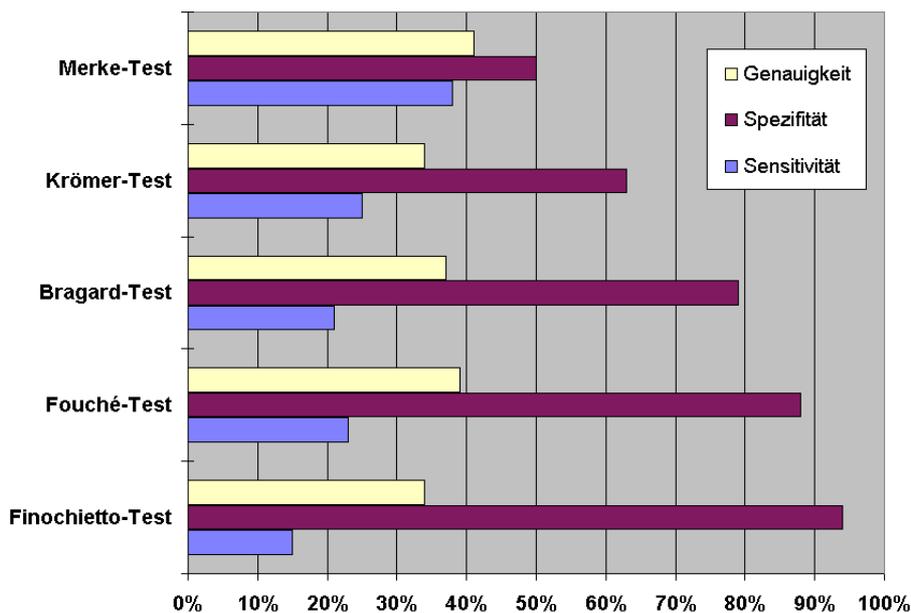
Die Sensitivität des Steinmann-I-Tests und Böhler-Tests betrug 60 Prozent, die Spezifität 25 und 31 Prozent und für die Genauigkeit konnten Werte von 52 und 53 Prozent berechnet werden, der positiv bzw. negativ prädiktive Wert lag für den Steinmann-I-Test bei 71 und 83 Prozent, für den Böhler-Test bei 73 und 79 Prozent. Auch beim Payr-Test und Rotations-Kompressions-Test lag die Sensitivität höher als die Spezifität, erreichte jedoch nur noch Werte von 54 und 50 Prozent. Der Wert des

Payr-Tests für die Spezifität betrug 44 Prozent, die Genauigkeit 52 Prozent, der positiv bzw. negativ prädiktive Wert ergab 74 und 76 Prozent. Die Spezifität und Genauigkeit des Rotations-Kompressions-Tests erreichten Werte von 25 und 44 Prozent, der positiv bzw. negativ prädiktive Wert betrug 67 und 86 Prozent.



**Bild 5.7:** Prädiktive Werte bei Tests mit relativ hoher Sensitivität und geringer Spezifität

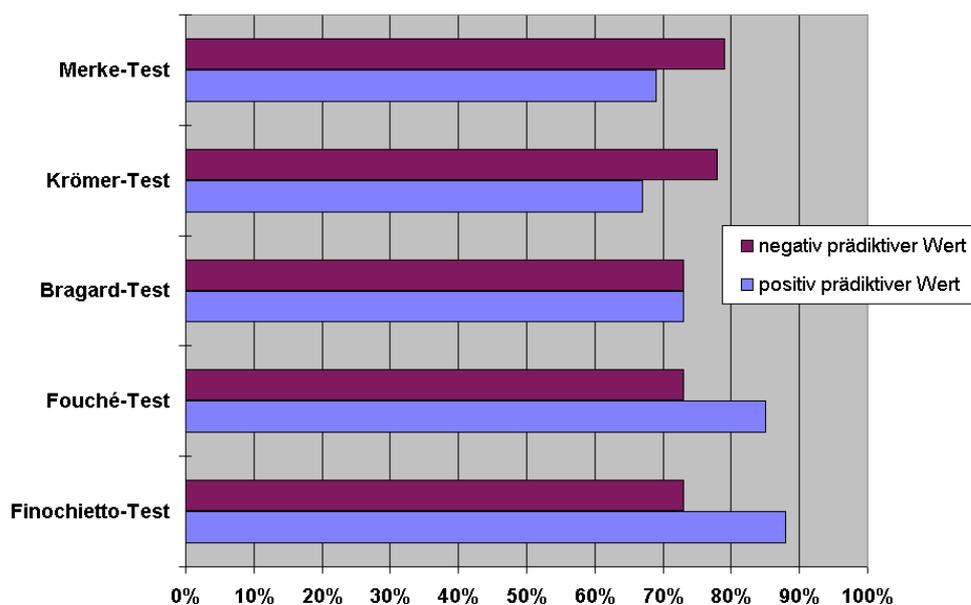
Zu der zweiten Gruppe der Meniskustests wurden der Finochietto-Test, Fouché-Test, Bragard-Test, Krömer-Test und Merke-Test zugeordnet. Die statistische Auswertung der prospektiven klinischen Studie hat eine hohe Spezifität, jedoch niedrige Sensitivität der genannten Tests ergeben (Bild 5.8).



**Bild 5.8:** Tests mit relativ hoher Spezifität und geringer Sensitivität

Das bedeutet, dass die genannten Tests nur bei einer geringen Zahl der Patienten mit einer Meniskusküläsion positiv ausfallen, ein positiver Ausfall aber mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auf eine Meniskusschädigung hinweist.

Die höchste Spezifität dieser Meniskustests konnte für den Test nach Finochietto mit 94 Prozent berechnet werden. Die Sensitivität betrug lediglich 15 Prozent, die Genauigkeit 34 Prozent, der positiv bzw. negativ prädiktive Wert lag bei 88 und 73 Prozent. Geringer lag die Spezifität des Fouché-Tests mit 88 Prozent. Für die Sensitivität ergab sich ein Wert von 23 Prozent und die Genauigkeit betrug 39 Prozent, der positiv bzw. negativ prädiktive Wert 85 und 73 Prozent. Eine Spezifität von 79 Prozent wurde für den Test nach Bragard berechnet, seine Sensitivität und Genauigkeit lagen bei 21 und 37 Prozent, der positiv bzw. negativ prädiktive Wert betrug je 73 Prozent. Beim Krömer-Test und Merke-Test erreichte die Spezifität Werte von 63 und 50 Prozent und lag damit deutlich unter den Ergebnissen der drei vorher genannten Tests. Die Sensitivität und Genauigkeit betragen für den Krömer-Test 25 und 34 Prozent sowie 38 und 41 Prozent für den Merke-Test. Der positiv bzw. negativ prädiktive Wert lag bei 67 und 78 Prozent für den Krömer-Test und bei 69 und 79 Prozent für den Merke-Test (Bild 5.9).



**Bild 5.9:** Prädiktive Werte bei Tests mit relativ hoher Spezifität und geringer Sensitivität

Eine Eingliederung des Steinmann-II-Tests in eine dieser zwei Hauptgruppen ist unter diesen Einteilungskriterien nicht möglich, da sowohl Sensitivität, Spezifität als auch Genauigkeit je 31 Prozent betragen, der positiv bzw. negativ prädiktive Wert lag bei 58 und 87 Prozent.

Genauere Angaben über die für Innenmeniskus- und Außenmeniskusküläsionen einzeln berechneten Ergebnisse werden aus der Tabelle 6.1 (s. Anhang) ersichtlich.

## 5.4 Diskussion

In den meisten Fällen stellen Meniskusschäden ein kompliziertes diagnostisches Problem dar und lassen sich trotz detaillierter anamnestischer Erhebungen und exakter klinischer Untersuchung klinisch oft nur mit erheblichen Schwierigkeiten diagnostizieren.

In unserer prospektiven klinischen Untersuchung traten bei der Beurteilung der Kniegelenkbeschwerden vielfach Schwierigkeiten auf, einen Meniskusschaden von anderweitigen Erkrankungen und Verletzungen des Kniegelenks abzugrenzen. In 28 Prozent der Fälle wurden die Untersucher unserer Studie vor die Tatsache gestellt, dass der arthroskopische Befund nicht mit der aufgrund sorgfältiger Anamnese und genauer klinischer Untersuchung gestellten Diagnose "Meniskusläsion" korrelierte. Die Ursache mag zum einen darin liegen, dass die klinischen Befunde und Meniskustests teilweise nur eine geringe Aussagekraft besitzen und für die Bewertung und Einstufung der verschiedenen Symptome und Tests eine bedeutende Erfahrung notwendig ist. Zum anderen ist eine Meniskusläsion nicht immer mit einer eindeutig charakteristischen Symptomatik verbunden. Vielmehr verursachen eine ganze Reihe posttraumatischer Schäden und degenerativer Erkrankungen des Kniegelenks Symptome, die bei der klinischen Untersuchung zu einer falsch positiven oder negativen Diagnose einer Meniskusverletzung führen.

Bei der Untersuchung unseres Patientenkollektivs hat der Nachweis einer lokalen, konstanten Druckempfindlichkeit im Gelenkspalt einen besonderen diagnostischen Wert. In 96 Prozent der Fälle fand sich bei der Innen- und Außenmeniskusläsion in Extension und neunzig Grad Flexion des Kniegelenks ein entsprechender über dem medialen bzw. lateralen Gelenkspalt lokalisierter Druckpunkt. Die arthroskopische Untersuchung anschließend hat jedoch ergeben, dass der Druckpunkt keineswegs immer mit der Lokalisation der arthroskopisch nachgewiesenen Meniskusverletzung übereinstimmt.

Andere allgemeine pathologische Untersuchungsbefunde konnten in unserem Patientenkollektiv nur mit deutlich geringerer Häufigkeit beobachtet werden. Bei der Befragung der Patienten gaben lediglich 54 Prozent posttraumatische belastungsabhängige Schmerzen an, die aufgrund des untypischen Schmerzcharakters die Differenzierung einer Meniskusläsion von einer anderen intra- oder extraartikulären Verletzung nicht zuließen. Teilweise waren die Schmerzen nur in dem Gelenkspalt auf der Seite des verletzten Meniskus lokalisiert, betrafen aber auch unspezifisch das gesamte Kniegelenk und strahlten in einigen Fällen zusätzlich bis in die umgebenden Weichteile aus.

Ein zusätzlicher wertvoller, jedoch selten vorgekommener Hinweis für eine Meniskusläsion ist in unserer Studie das klinische Zeichen eines Gelenkergusses und insbesondere die Geschwindigkeit seiner Entwicklung. Infolge der Gefäßarmut der Menisken stellt sich bei einer Meniskusverletzung ein Kniegelenkerguss erst einige Stunden bis Tage nach dem Trauma ein oder kann z.B. bei einer Spontanlösung der Menisken ausbleiben. In unserer klinischen Studie konnte bei 28 Prozent der Patienten

mit einer Meniskusläsion ein Kniegelenkerguss diagnostiziert werden. Nach den anamnestischen Angaben der Betroffenen sei die „Schwellung“ beispielhaft erst mehrere Stunden nach dem Trauma aufgetreten. Nur bei zwei Patienten der Studie bildete sich ein deutlicher Erguss innerhalb der ersten Stunde nach dem Trauma. Wie sich später herausstellte, handelte es sich dabei zweimal um eine Kombinationsverletzung einer Innenmeniskusläsion mit einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Das in diesen Fällen schnelle Auftreten des Gelenkergusses ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Mitverletzung des vorderen Kreuzbandes zurückzuführen, da eine Kreuzbandruptur bzw. eine schwere Binnenverletzung des Kniegelenks mit Beteiligung des Kapsel-Band-Apparates häufig mit einem massiven, blutigen Gelenkerguss verbunden ist. Eine Abgrenzung einer Kapsel-Band-Schädigung von einer Meniskusläsion ist daher bedingt aus dem zeitlichen Zusammenhang zwischen Verletzung und Auftreten des Kniegelenkergusses möglich. Differentialdiagnostisch muss jedoch beim Vorliegen eines geringen Ergusses zusätzlich immer eine leichte Bandläsion mit serösem Reizerguss in Betracht gezogen werden, der ebenfalls oft zeitlich versetzt zum eigentlichen Geschehen auftritt.

Zweiundvierzig Prozent der Patienten berichteten in unserer und auch in einer Studie von Smillie von posttraumatischen Gelenksperren [90]. Jede später arthroskopisch bestätigte Korbhakenverletzung stand dabei im Zusammenhang mit einer Einklemmungserscheinung im Kniegelenk. Dabei ließ sich das Gelenk stets gegen einen federnden, elastischen Widerstand noch in begrenztem Umfang bewegen. Häufig wurde dabei vom Patienten ein hörbares Schnappen oder Krachen angegeben, dass ein charakteristisches Merkmal für eine Blockierung durch eine Meniskusläsion darstellt.

Weitere diagnostische Schlüsse erlauben die Angaben der Patienten über ein plötzliches „Einknicken“ im Kniegelenk. Insgesamt 46 Prozent der Patienten beschrieben diese "Giving-way-Symptomatik". Insbesondere alle Patienten mit einer arthroskopisch nachgewiesenen Korbhakenverletzung (27 Prozent der nachgewiesenen Innenmeniskusverletzungen) gaben diese Symptomatik sicher an, zusätzlich aber auch Patienten mit arthroskopisch nachgewiesener Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Die "Giving-way-Symptomatik" ist daher nicht allein ein Charakteristikum für eine momentane Einklemmung eines abgelösten Meniskusteils, sondern tritt auch bei einer Subluxation der Tibia durch eine Kreuz- oder Seitenbandläsion sowie Insuffizienz der Quadrizepsmuskulatur auf. Kann jedoch anhand der klinischen Untersuchung eine Läsion der Bänder oder eine Quadrizepsinsuffizienz sicher ausgeschlossen werden, muss bei Auftreten der "Giving-way-Symptomatik" eine Meniskusläsion sicher angenommen werden.

Die Interpretation der in unserer Studie dokumentierten klinischen Befunde macht deutlich, dass die Meniskusläsion ein typisches Beispiel für ein Krankheitsbild darstellt, bei dem fast nie eine komplette lehrbuchmäßige Symptomatik auftritt. Um dem Untersucher dennoch bei der weiteren klinischen Kniegelenkuntersuchung die Abgrenzung eines Meniskus Schadens von anderweitigen Kniebeschwerden zu erleichtern, sind einige der zwanzig in der Literatur beschriebenen Meniskustests analysiert worden, die zur klinischen Diagnostik von Meniskusläsionen durchgeführt werden können (Tabelle 5.1) [97].

1. Druckschmerz im Gelenkspalt	11. McMurray-Test
2. Hyperflexion und Hyperextension	12. Fouché-Test
3. Mediale und laterale Aufklappbarkeit	13. Childress-Test
4. Steinmann-I-Test	14. Apley-Test
5. Steinmann-II-Test	15. Medialer lateraler Kompressionstest
6. Payr-Test	16. Rotations-Kompressions-Test
7. Böhler-Test	17. Cabot-Test
8. Krömer-Test	18. Turner-Test
9. Bragard-Test	19. Tschaklin-Test
10. Merke-Test	20. Finochietto-Test

**Tabelle 5.1:** Aufstellung der in der Literatur beschriebenen Meniskustests

Die in unserer klinischen Studie ermittelten Angaben über die Aussagekraft und Wertigkeit der einzelnen Meniskustests sollen dem Untersucher helfen, eine geeignete Auswahl der Meniskustests für seine Untersuchung zu treffen und die Ergebnisse seiner Tests richtig einzuordnen und zu bewerten. Denn die Kenntnisse über die Aussagefähigkeit der spezifischen Meniskustests sind für die Entscheidungen über weitere diagnostische und therapeutische Maßnahmen von Bedeutung.

In der Praxis ist es nicht sinnvoll, alle zwanzig Meniskustests bei jeder Untersuchung anzuwenden. Es ist empfehlenswert, sich drei bis fünf Meniskustests von den beschriebenen Tests auszusuchen und bei der Untersuchung nach einem konstanten Schema durchzuführen. Durch das stets systematische Anwenden der gleichen und gewohnten Tests, erlangt der Untersucher in der Beurteilung und Differenzierung eines Kniegelenkschadens eine gewisse Sicherheit. Durch eine ständige Wiederholung gewinnt er die notwendige Erfahrung, die Ergebnisse der Tests richtig einzuschätzen und zu bewerten.

Welcher Stellenwert den einzelnen Meniskustests in der klinischen Untersuchung eingeräumt werden darf und wie aussagekräftig sie sind, macht die Untersuchung der zwölf am meisten angewandten Tests deutlich.

Die Sensitivität der Meniskustests hinsichtlich der Verletzung des medialen und lateralen Meniskus wird in unserer Untersuchung je nach angewendetem Testverfahren mit 23-73 Prozent, die Spezifität mit 13-94 Prozent beziffert. Ähnliche Ergebnisse wurden auch in einer Studie von Steinbrück und Wiehmann erzielt [96]. Die von ihnen sowie auch von O'Shea und Murphy und Grifka gewonnene Erfahrung, dass bei der Differenzierung zwischen Innen- und Außenmeniskus die Diagnostik medial deutlich besser ist, konnten wir nicht bestätigen [36, 75, 96]. In unserer Untersuchung konnten 83 Prozent aller klinisch diagnostizierten Außenmeniskusläsionen und nur 69,2 Prozent der klinisch diagnostizierten Innenmeniskusläsionen arthroskopisch bestätigt werden. Diese Abweichung scheint mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die divergierende Anzahl der untersuchten medialen und lateralen Meniskusverletzungen zurückzuführen zu sein. Doch auch ähnliche Ergebnisse liegen in den Studien von Bohnsack und auch Lützner vor, in der die Außenmeniskusläsion in bis zu 92,5%, die Innenmeniskusläsion in bis zu 80,3% korrekt klinisch diagnostiziert werden konnte [8, 65].

Die untereinander stark abweichenden Studienergebnisse weisen auf die bestehende Schwierigkeit bei der Erhebung der klinischen Diagnose Meniskusverletzung hin. Wie schon Smillie feststellte, ist die Diagnose von Kniebinnenschäden eine intellektuelle Leistung, die sich auf Kenntnis und Erfahrung stützt [90]. Jeder einzelne Test der so genannten spezifischen Meniskustests hat dabei nur eine geringe Aussagekraft. Erst eine Kombination verschiedener Tests erweist sich für die Festlegung der klinischen Befunde als sinnvoll. Die statistische Auswertung unserer klinischen Studie ergab, dass die Sensitivität und Spezifität der einzelnen Tests zumeist in umgekehrtem Verhältnis zueinander stehen, d.h. je spezifischer ein Test ist, um so unvollständiger ist die Erfassung des Patientenkollektivs und umgekehrt. Weder für medial noch für lateral gibt es einen Meniskustest, der typischerweise bei jeder Meniskusläsion vorkommt. Dies zeigt die besondere Problematik hinsichtlich der klinischen Meniskusdiagnostik auf.

Der Steinmann-I-Test, Böhler-Test, Apley-Test und McMurray-Test geht in unserer Untersuchung mit der höchsten Sensitivität (60-73 Prozent) einher. Doch mit Hilfe dieser Tests wurde die Diagnose Meniskusverletzung viel zu häufig gestellt. Bei der Auswertung der Untersuchungsbögen wurde deutlich, dass diese Tests nicht nur bei Meniskusläsionen, sondern auch bei anderen Krankheitsbildern des Kniegelenks, insbesondere bei einer Chondromalazie des Femurkondylus oder der Patella in 75-87 Prozent der Fälle positiv ausfielen. Dies führt zu einer hohen Rate falsch positiver Befunde und weist auf die geringe Spezifität der oben genannten Tests hin. Unter diesen Gesichtspunkten ist eine Abgrenzung eines Meniskusschadens von einer anderweitigen Kniegelenkverletzung mit Hilfe dieser Tests nur bedingt möglich. Mit einiger Sicherheit deuten sie aber beim positiven Ausfall auf einen unspezifischen Kniegelenkschaden hin, der weiter abgeklärt werden muss.

Die Untersuchungsergebnisse stehen im Gegensatz zu denen der Untersuchung von Fowler und Lubliner, die in ihrer Studie eine hohe Spezifität von 95,3 Prozent und eine niedrige Sensitivität für den McMurray-Test ermittelt haben [26]. Daraus ergab sich für sie die Schlussfolgerung, dass nur bei einem geringen Prozentsatz der Patienten mit Meniskusläsionen der McMurray-Test positiv ausfällt, ein positiver Test aber gewöhnlich auf eine Meniskusverletzung hinweist. Die von Fowler und Lubliner errechnete hohe Spezifität und Genauigkeit für den McMurray-Test kann - ebenso wie in unserer klinischen Studie - von Anderson und Lipscomb, Steinbrück und Wiehmann sowie von Kurosaka nicht bestätigt werden [3, 60, 96]. Die Untersuchung von Steinbrück und Wiehmann ergab für den McMurray-Test eine Sensitivität von 35 Prozent und für den Apley-Test von 46 Prozent. Kurosaka bestätigte in seiner Studie die geringe Sensitivität von 37 Prozent für den McMurray-Test, erreichte jedoch für den Apley-Test bei einer Sensitivität von nur 13% eine Spezifität von 90%. Anderson und Lipscomb erzielten in ihrer Untersuchung sowohl für den McMurray- als auch Apley-Test nur in 40-60 Prozent richtig positive Ergebnisse. Aufgrund der hohen Rate falsch positiver und negativer Befunde betrachten sie die genannten Tests als wenig pathognomonisch für eine Meniskusverletzung. Letztendlich fordern sie aber, dass sowohl der McMurray-Test als auch Apley-Test routinemäßig zur Steigerung der diagnostischen Genauigkeit durchgeführt werden sollen [3, 26, 60, 96]. Die zwei genannten Meniskustests werden unter anderem auch in zwei weiteren aktuellen klinischen Studien von Muellner sowie Lützner zur Diagnose einer Meniskusruptur bei

dem klinischen Untersuchungsverfahren durchgeführt [65, 74]. Ergebnisse über die Wertigkeit der Tests im Einzelnen liegen dabei, wie in vielen anderen Studien leider nicht vor (Tabelle 5.2).

	Apley-Test					Payr-Test					Steinmann-I-Test					McMurray-Test				
	Sn	Sp	pp W	Np W	Gen	Sn	Sp	pp W	np W	Gen	Sn	Sp	pp W	np W	Gen	Sn	Sp	pp W	np W	Gen
Grifka (1994)	80	58	84	51		60	70	79	49		63	62	75	48		66	62	76	50	
Steinbrück (1988) IM	46		55			39		53			42		51			35		55		
AM	23		75								25		71			10		50		
Kurosaka (1999)	13		90		28											37		77		45

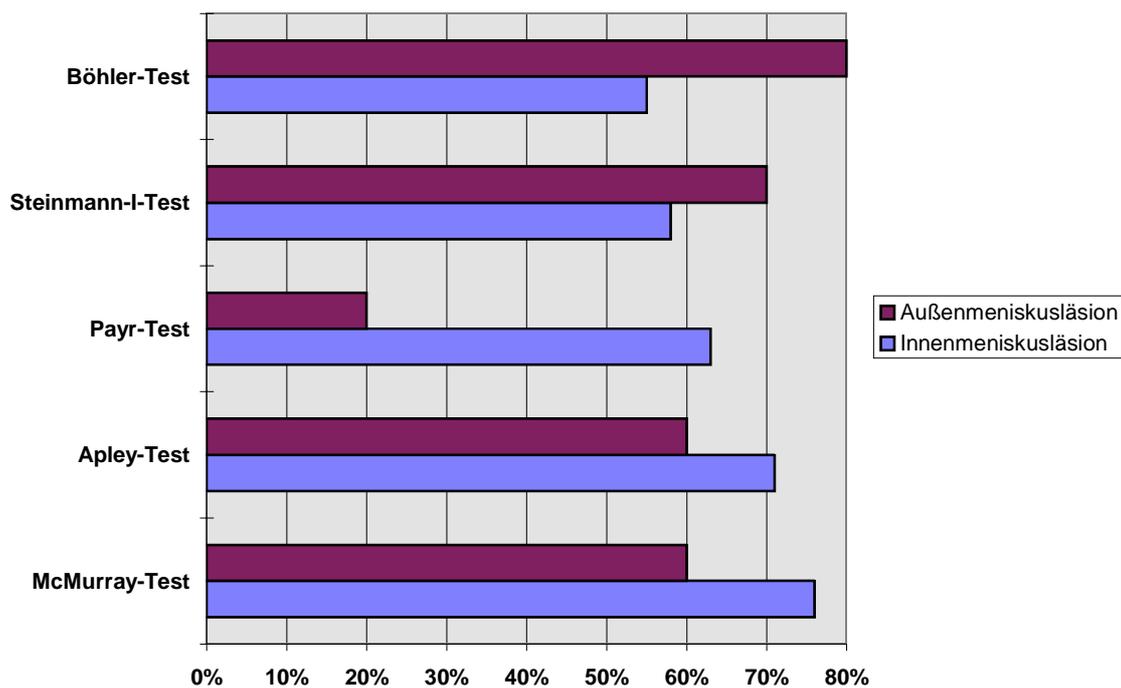
Druckschmerz, Apley-Test, Böhler-Test, McMurray-Test, Payr-Test, Steinmann-Test					
	Sn	Sp	pp W	np W	Gen
Müllner (1997)	97	87	92	99	95

Apley-Test, McMurray-Test, Steinmann-I-Test, Steinmann-II-Test					
	Sn	Sp	pp W	np W	Gen
Lützner (2000) IM	83	79	69	89	80
AM	60	99	81	93	93

**Tabelle 5.2:** Diagnostische Wertigkeit einzelner Meniskustests (Sn: Sensitivität, Sp: Spezifität, ppW: positiv prädiktiver Wert, npW: negativ prädiktiver Wert, Gen: Genauigkeit, alle Angaben in Prozent)

Die weitere statistische Auswertung der prospektiven klinischen Studie hat ergeben, dass besonders der Finochietto-Test, Fouché-Test, Bragard-Test und Krömer-Test eine hohe Spezifität (94-63 Prozent) in der Meniskusdiagnostik aufweist. Diesen Tests ist jedoch eine sehr geringe Sensitivität (15-25 Prozent) gemeinsam. Somit können sie nur bei wenigen Patienten positiv ausgelöst werden, weisen aber dann mit hoher Wahrscheinlichkeit (94-79 Prozent) auf eine Meniskusläsion hin. Ein Vergleich unserer Resultate mit anderen Studienergebnissen in Bezug auf die vier genannten Tests ist leider nicht möglich, da in der Literatur in keiner klinischen Studie auf die Zuverlässigkeit dieser Meniskustests eingegangen wird.

Anhand unserer Studienergebnisse erreichten der McMurray-Test, Steinmann-I-Test, Böhler-Test und Apley-Test die höchste Aussagekraft. Diese Meniskustests wurden zum Teil auch in bereits vorliegenden Studien für die Festlegung der klinischen Befunde und Beurteilung der Wertigkeit klinischer Untersuchungsergebnisse angewandt [8, 36, 60, 74, 96]. Doch sowohl bei der Innenmeniskus- als auch bei der Außenmeniskusläsion gibt es keinen klinischen Test, der typischerweise bei jeder nachgewiesenen Meniskusverletzung positiv ausfällt. Vielmehr variiert die Sensitivität der genannten Tests in Bezug auf Innen- und Außenmeniskusläsionen. Für die Innenmeniskusläsion weist der McMurray-Test die höchste Sensitivität auf, gefolgt vom Apley-Test, Payr-Test, Steinmann-I-Test und Böhler-Test, während der Böhler-Test bei der Außenmeniskusläsion gefolgt vom Steinmann-I-Test, Apley-Test und McMurray-Test die größte Sensitivität zeigt (Bild 5.10).



**Bild 5.10:** Vergleich der Sensitivität verschiedener Tests bei Innen- und Außenmeniskusläsionen

Die Nachteile dieser Tests sind jedoch, wie schon oben dargestellt, in ihrer niedrigen Spezifität zu sehen. Das bedeutet, dass zwar 48 von 64 Meniskusläsionen klinisch richtig diagnostiziert, jedoch gleichzeitig insgesamt viel zu oft die Diagnose einer "Meniskusläsion" gestellt wurde. Häufig täuschten andere intraartikuläre Befunde eine Meniskussymptomatik vor. Daher sollten, wenn der Verdacht auf eine Innenmeniskusläsion besteht, zusätzliche Tests mit einem hohen positiv prädiktiven Wert durchgeführt werden. Sowohl der Finochietto-Test als auch Fouché-Test und Bragard-Test bieten in unserer klinischen Studie aussagekräftige Kriterien und eine hohe Spezifität für Innenmeniskusläsionen (Tabelle 5.3).

	positiv prädiktiver Wert (ppW)
Finochietto-Test	88%
Fouché-Test	85%
Bragard-Test	73%

**Tabelle 5.3:** Angaben des positiv prädiktiven Wertes (ppW) für Innenmeniskusläsionen

Anhand der Durchführung dieser weiteren Tests kann eine noch bessere Sicherheit bei der Beurteilung der klinischen Untersuchungsergebnisse erzielt werden.

Wenngleich den Meniskustests in ihrer Kombination eine große Bedeutung zukommt, dürfen die anamnestischen Hinweise und allgemeinen klinischen Befunde bei der Diagnosefindung nie unberücksichtigt bleiben. Dieses wird in vier Fällen der Studie deutlich, in denen die vielfach beschriebene uncharakteristische Symptomatik der Meniskusläsion einen völlig normalen Kniegelenkbefund bei den einzelnen Meniskustests vorgetäuscht hat. Die Testergebnisse fielen daher negativ aus. Nur richtunggebende Hinweise der sorgfältigen und exakten Anamnese und der allgemeinen

klinischen Befunde haben die Untersucher zu der später arthroskopisch bestätigten Diagnose "Meniskusläsion" geführt. Somit ist bei negativem Ausfall aller beschriebenen Meniskustests keineswegs der Beweis erbracht, dass eine Verletzung der Menisken ausgeschlossen ist und/oder eine andere intra- oder extraartikuläre Verletzung vorliegen muss. Bei der Bewertung der Untersuchung muss daher in einigen Fällen der Anamnese und den klinischen allgemeinen Befunden eine größere Bedeutung zugeteilt werden als den momentanen Ergebnissen der speziellen Meniskustests, die mitunter eine unzureichende Aussagefähigkeit besitzen.

Wie auch schon von Barry und seinen Mitarbeitern sowie Runkel und Mueller beobachtet, macht auch diese Studie deutlich, dass in vielen Fällen erst aus der Kombination von Anamnese, klinischen Befunden sowie speziellen Meniskustests eine korrekte Diagnose gestellt und der Verdacht auf eine bestimmte Verletzung ausgesprochen werden kann [6, 74, 84].

Doch auch weiterhin bleibt eine große Unsicherheit in der klinischen Diagnosestellung. Nur bei 72 Prozent der Patienten mit der klinischen Diagnose "Meniskusläsion" konnte in dieser Studie ein Meniskusschaden arthroskopisch nachgewiesen werden. Einzelne, nicht vermeidbare Faktoren spielen dabei eine nicht unbedeutende Rolle. Die Praxis zeigt, dass der Untersuchungsbefund von der Kooperationsfähigkeit des Patienten, der Stärke seines Muskeltonus, der Konfiguration der Verletzung sowie von der Erfahrung des Untersuchers beeinflusst wird. Diese variablen Untersuchungsbedingungen sind mit dafür verantwortlich, dass deutliche Abweichungen bei der Bestimmung der Aussagekraft einiger Meniskustests in Literaturangaben und bei Vergleichskollektiven bestehen. Auch in anderen Studien wurde eine große Unsicherheit bei der allein durch Anamneseerhebung und genauer klinischer Untersuchung gestellten präoperativen Diagnose "Meniskusläsion" beobachtet [3, 75, 56, 65, 60, 74, 84, 96]. Angesichts der Schwierigkeiten, auf diesem Weg eine sichere Diagnose zu stellen, kommt weiteren nichtinvasiven diagnostischen Verfahren - gerade bei unklaren Kniegelenkbeschwerden - eine entscheidende Rolle zu. Sollte nach der sorgfältigen Beschwerde- und Unfallanamnese, der klinischen Untersuchung und den speziellen Meniskustests ein unklarer Kniegelenkbefund vorliegen und eine starke subjektive Beeinträchtigung bestehen, ist die diagnostische Abklärung auf jeden Fall durch zusätzliche nichtinvasive Untersuchungsverfahren zu ergänzen [65, 108]. Kann der Untersucher anhand der Anamnese, der Unfallmechanik und der klinischen Untersuchung die Diagnose bereits stellen, kann allein damit schon je nach Befund die Indikation zur therapeutischen Arthroskopie vorliegen [65, 84, 105].

Bei dem heutigen Erfahrungsstand sollte die Sonographie nach der Anamnese und klinischen Untersuchung als erstes nicht invasives Verfahren zur Diagnostik von Meniskusverletzungen eingesetzt werden. Neben dem Vorzug der Nichtinvasivität, Schmerz- und Risikofreiheit sowie der schnellen Handhabung und beliebigen Wiederholbarkeit, weisen mehrere Vergleichsstudien eine weitgehende Übereinstimmung zwischen sonographischen und arthroskopischen Befunden auf. Laut Literaturangaben wird für die Meniskusdiagnostik eine Sensibilität und Spezifität von 80-95 Prozent erreicht [9, 21, 37, 70, 94]. Bei entsprechender Erfahrung des Untersuchers können frühzeitig Meniskusrisse, -ganglien und -degenerationen erkannt

werden [89]. Eine Kombination von Anamnese, klinischer Untersuchung und Sonographie führt somit bei der Untersuchung von Meniskuläsionen zu einer größeren Diagnosesicherheit. Zusätzlich ist die Sonographie neben der Kernspintomographie ein zuverlässiges Verfahren zur Ausschlussdiagnostik von Meniskusveränderungen um unnötige Arthroskopien zu vermeiden.

Mit Hilfe der konventionellen Röntgenaufnahme können nur Teilaspekte des Kniebinnenapparates dargestellt werden. Sie geben lediglich genaue Informationen über die femoropatellaren Verhältnisse, Knochenmorphologie und Gelenkspaltveränderungen, liefern jedoch keine primären Zeichen einer Meniskuläsion. Akute Meniskusverletzungen können erst im Spätstadium im Röntgenbild erkannt werden, wie zum Beispiel das Raubersche Zeichen. Lediglich Meniskusverkalkungen und Knochenusuren beim Meniskusganglion sind schon im Frühstadium sichtbar. Für die spezifische Diagnostik von Weichteil-, insbesondere Meniskusverletzungen ist die Röntgenuntersuchung mittels Leeraufnahme praktisch nicht verwendbar.

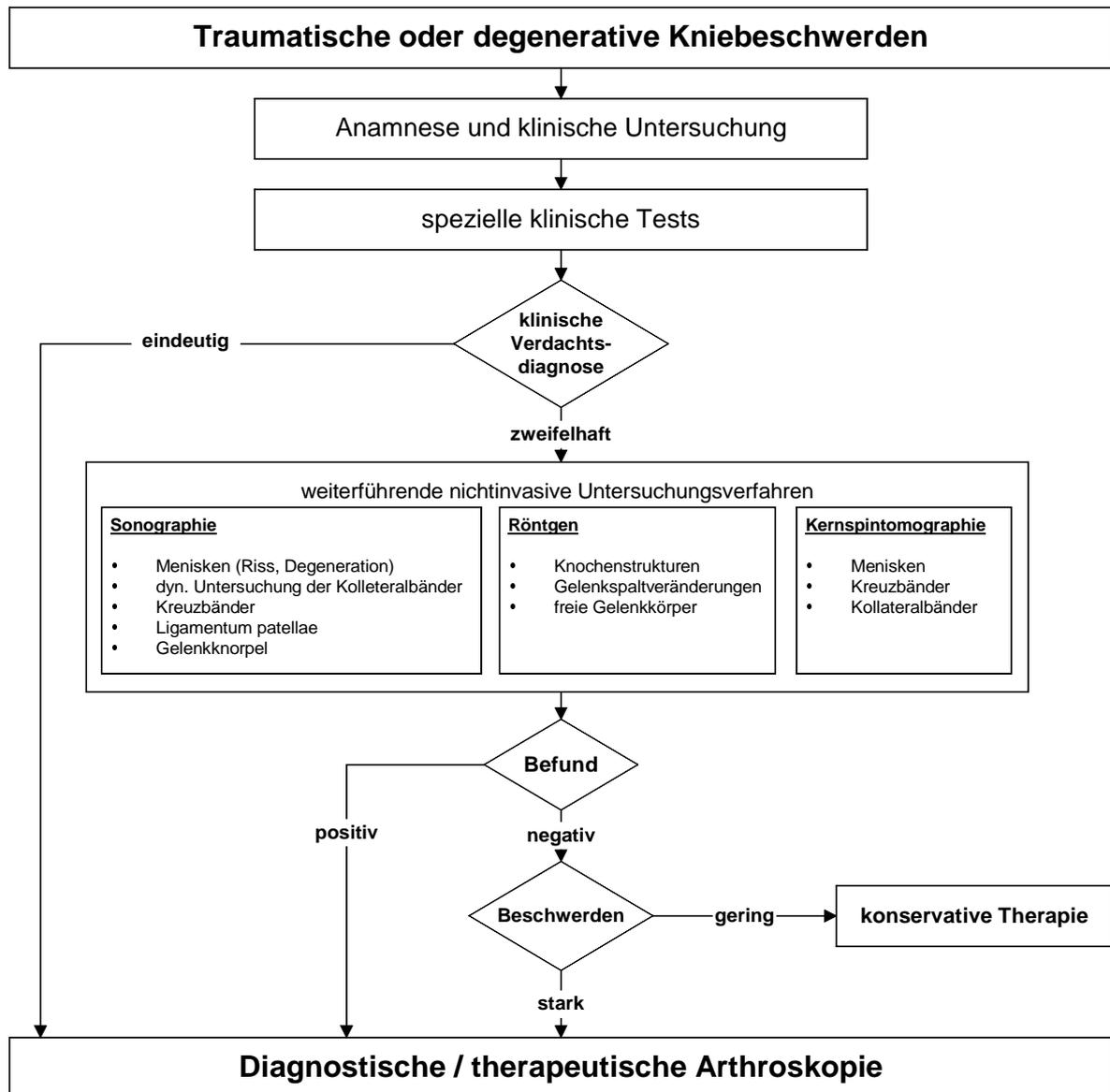
Die Kernspintomographie hat in den vergangenen Jahren bei der Diagnostik der Kniegelenkbeschwerden an Bedeutung gewonnen und wird heute als zuverlässigste nichtinvasive Methode zur Diagnostik von Meniskuläsionen angesehen. Dies führt bisweilen zu einer übermäßigen, unkritischen Anwendung. Die Indikation zur Kernspintomographie sollte jedoch nur dann gestellt werden, wenn nach der genauen Anamnese, detaillierten klinischen Untersuchung sowie Sonographie keine exakte Diagnose gestellt werden kann und die Beschwerden des Patienten eine weitergehende Diagnostik erfordern. Die Kernspintomographie ist daher erst am Ende der diagnostischen nichtinvasiven Untersuchungsmethoden einzuordnen. Sensitivität, Spezifität und Präzision der Kernspintomographie für Meniskuläsionen wurden bei verschiedenen Autoren in den vergangenen Jahren mit 70-98% Prozent angegeben [8, 12, 58, 65, 84, 102]. Zahlen, die teilweise den Ergebnissen der klinischen Meniskusuntersuchung entsprechen [56, 65, 74, 83]. Die Kernspintomographie sollte daher nicht konsequent präoperativ eingesetzt werden, sondern Spezialindikationen vorbehalten sein.

Das Flussdiagramm (Bild 5.11) stellt anschaulich die Vorgehensweise bei traumatischen oder degenerativen Kniegelenkbeschwerden dar.

Zusammenfassend hat die Anamneseerhebung und detaillierte klinische Untersuchung, ungeachtet der Einführung neuerer und besserer nichtinvasiver diagnostischer Verfahren, immer noch ihre Berechtigung an erster Stelle bei der Diagnostik von Kniebinnen- und Meniskusverletzungen. Bei Anwendung gezielt ausgewählter klinischer Meniskustests kann mit relativ hoher Genauigkeit die Diagnose Meniskuläsion gestellt werden. In dieser Studie wurden dabei beste Ergebnisse für den McMurray-Test, Steinmann-I-Test, Böhler-Test und Apley-Test erzielt. Zusätzliche Durchführungen von Tests mit hoher Spezifität - der Finochietto-Test, Fouché-Test und Bragard-Test - werden die Diagnosesicherheit noch erhöhen.

Die Kombination aus einer sorgfältigen Beschwerde- und Unfallanamnese, klinischer Befunderhebung und spezifischer Meniskustests führte in dieser Studie bei 72 Prozent

zur richtig positiven Diagnose Meniskusverletzung. Zusätzlich wurden weitere Vermutungen über Meniskusläsionen geäußert, die jedoch in 28 Prozent arthroskopisch nicht bestätigt werden konnten. Dabei lagen jedoch andere pathologische Veränderungen des Kniegelenks vor, die zum großen Teil ebenfalls einer therapeutischen Arthroskopie bedurften.



**Bild 5.11:** Flussdiagramm zum Vorgehen bei Kniegelenksbeschwerden

An dieser Stelle drängt sich nun die Frage auf, inwieweit die Arthroskopie uneingeschränkt als „goldener Standard“ für die Ermittlung der statistischen Wertigkeit klinischer Befunde und Meniskustests angewendet werden darf. Während die Arthroskopie einen geeigneten Überblick über weite Strecken der Gelenkflächen, der synovialen Kapsel, des infrapatellaren Fettkörpers und des vorderen Kreuzbandes ermöglicht, können das hintere Kreuzband sowie bestimmte Anteile der Menisken schlechter eingesehen werden. In Bezug auf die Meniskusdiagnostik ist die Beurteilung der Hinterhörner des lateralen und insbesondere des medialen Meniskus besonders

schwierig. Das Innenmeniskushinterhorn, die inferiore Oberfläche sowie die Peripherie der Menisken sind mit dem Arthroskop nur eingeschränkt zugänglich. Läsionen an diesen Stellen können arthroskopisch leicht übersehen werden [84, 108]. Unter anderem sind intrameniskale degenerative Veränderungen, eingeschlagene Korbhenkelrisse und Horizontalrisse, die nicht die Meniskusoberfläche erreichen, anhand der arthroskopischen Untersuchung nicht immer sicher zu diagnostizieren. In der Literatur wird dennoch eine hohe Gesamtwertigkeit von 73%, 83% und bis zu 97% für Meniskuläsionen angegeben, wobei stets bessere Ergebnisse für Läsionen des lateralen Meniskus erzielt werden [17, 27, 33]. Bei der Betrachtung der Aussagekraft oder -schwäche der Arthroskopie insbesondere im Bereich der medialen Menisken müssen Bedenken geäußert werden, ob nicht die hohe Rate falsch positiver Befunde bei der klinischen Untersuchung auf falsch negative Arthroskopiebefunde zurückzuführen ist. In der vorliegenden prospektiven klinischen Untersuchung wurde eine mediale Meniskuläsion sechzehnmal zu häufig angenommen, obwohl die klinischen Befunde und Ergebnisse der speziellen Meniskustests Anhaltspunkte für eine solche Verletzung gaben. Arthroskopisch wurde in 50 Prozent dieser falsch positiven Fälle die Diagnose einer Chondromalazie gestellt. Ob bei diesen Patienten tatsächlich "nur" eine Chondromalazie vorlag oder ob Läsionen im Bereich des Hinterhorns, der Peripherie oder intrameniskal gelegene Verletzungen arthroskopisch unzugänglich waren und damit das klinisch falsch positive Ergebnis Ausdruck eines falsch negativen Arthroskopiebefundes war, bleibt offen.

Umso dringender muss unter diesem Aspekt gesichert sein, dass die diagnostische Abklärung von Binnenschäden des Kniegelenks bereits präoperativ umfassend und sorgfältig durchgeführt wird. Die Studie zeigt, dass durch eine sorgfältige Anamnese und detaillierte spezifische klinische Untersuchung das Vorliegen einer Meniskuläsion mit weitgehender Sicherheit festgestellt werden kann. Die nun gewonnenen Kenntnisse über die Wertigkeit der speziellen Meniskustests im Einzelnen werden in Zukunft zu einer wesentlich höheren klinischen Diagnosesicherheit führen. Bei Bedarf kann durch weitere, die Anamnese und klinische Untersuchung ergänzende nichtinvasive Untersuchungsverfahren eine noch bessere präoperative Genauigkeit erreicht werden.

## 6 Anhang

		<b>Sens.</b>	<b>Spez.</b>	<b>Gen.</b>	<b>ppW</b>	<b>npW</b>
<b><u>Steinmann-1-Test</u></b>		<u>61%</u>	<u>20%</u>	<u>48%</u>	<u>64%</u>	<u>82%</u>
	IM	56%	17%	43%	57%	84%
	AM	80%	50%	75%	89%	67%
<b><u>Steinmann-2-Test</u></b>		<u>35%</u>	<u>35%</u>	<u>35%</u>	<u>55%</u>	<u>81%</u>
	IM	36%	33%	35%	52%	79%
	AM	30%	50%	33%	75%	88%
<b><u>Payr-Test</u></b>		<u>52%</u>	<u>35%</u>	<u>47%</u>	<u>65%</u>	<u>76%</u>
	IM	58%	28%	48%	62%	75%
	AM	30%	100%	42%	100%	78%
<b><u>Böhler-Test</u></b>		<u>61%</u>	<u>25%</u>	<u>50%</u>	<u>65%</u>	<u>78%</u>
	IM	53%	22%	43%	58%	81%
	AM	90%	50%	83%	90%	50%
<b><u>Krömer-Test</u></b>		<u>22%</u>	<u>60%</u>	<u>33%</u>	<u>56%</u>	<u>75%</u>
	IM	14%	56%	28%	38%	76%
	AM	50%	100%	58%	100%	71%
<b><u>Bragard-Test</u></b>						
	IM	21%	72%	39%	62%	70%
	AM					
<b><u>Merke-Test</u></b>		<u>30%</u>	<u>45%</u>	<u>35%</u>	<u>56%</u>	<u>78%</u>
	IM	33%	39%	35%	52%	77%
	AM	20%	100%	33%	100%	80%
<b><u>McMurray-Test</u></b>		<u>67%</u>	<u>10%</u>	<u>50%</u>	<u>63%</u>	<u>88%</u>
	IM	72%	11%	52%	62%	83%
	AM	50%	0%	42%	71%	100%
<b><u>Fouché-Test</u></b>						
	IM	19%	78%	39%	64%	67%
	AM					
<b><u>Apley-Test</u></b>		<u>67%</u>	<u>25%</u>	<u>55%</u>	<u>67%</u>	<u>75%</u>
	IM	69%	28%	56%	66%	69%
	AM	60%	0%	50%	75%	100%
<b><u>Rotation- Kompression-Test</u></b>		<u>52%</u>	<u>20%</u>	<u>42%</u>	<u>60%</u>	<u>85%</u>
	IM	50%	17%	39%	55%	86%
	AM	60%	50%	58%	86%	80%
<b><u>Finochietto-Test</u></b>		<u>20%</u>	<u>95%</u>	<u>42%</u>	<u>90%</u>	<u>66%</u>
	IM	22%	94%	46%	89%	62%
	AM	10%	100%	25%	100%	82%

Tabelle 6.1: Ergebnisse klinischer Meniskustests getrennt nach Innen- und Außenmeniskusläsion

## 7 Literaturverzeichnis

1. Aisen AM, MacCune WJ, Mac Guire A et al. (1984) Evaluation of the cartilage of the knee. *Radiology* 153: 781-784
2. Allgayer B, Gewalt Y, Flock K, Heuck A, Lehner K, Grading R, Luttke G (1991) Diagnostische Treffsicherheit der MRT bei Kreuzbandverletzungen. *Forschr Röntgenstr* 155, 2: 159-164
3. Anderson AF, Lipscomb AB (1986) Clinical diagnosis of meniscal tears. Description of a new manipulative test. *Am J Sports Med* 14: 291-293
4. Andrews JR, McLoad WD, Ward T, Howard K (1977) The cutting mechanism. *Am J Sports Med* 5: 111-121
5. Arnold G, Worthmann W (1972) Mechanical recovery properties of human tendons. *Experientia* 28: 455
6. Barry OCD, McManus F, McCauley P (1983) Clinical assesment of suspected meniscal tears. *Ir J Med Sci* 152: 149-151
7. Baumgartl F, Thiemel G (1993) Untersuchung des Kniegelenks. Georg Thieme Verlag Stuttgart. 1. Auflage S.
8. Bohnsack M, Rühmann O, Sander-Beuermann A, Wirth C (1999) Vergleich der klinischen Untersuchung mit der kernspintomographischen Untersuchung zur Diagnostik von Meniskusläsionen in der täglichen Praxis. *Z. Orthop.* 137: 38-42
9. Boos N, Bugyi I (1989) Zur Wertigkeit der Meniskussonographie des Kniegelenks. *Unfallchirurg* 92 (9): 435-439
10. Casscalls SW, Fellows B, Axe MJ (1983) Another young athlete with intermittent claudication. *Am J Sports Med* 11: 180-182
11. Casser HR, Fusting M, Tenbrock F (1991) Experimentelle Untersuchungen zur Meniskus-Sonographie. *Z Orthop* 129 (1): 94-103
12. Castro WHM, Jerosch J, Assheuer J (1991) Der Aussagewert der Computertomographie und Kernspintomographie bei der präoperativen Diagnostik von Meniskusläsionen und Bandläsionen des Kniegelenks. *Chirurg* 62: 394-398
13. Ceelen W (1937) Pathologische Anatomie der Meniskusschäden. *Arch orthop Unfall-Chir* 37: 334-376
14. Cerebona F, Sherman MF, Bonama JR, Sklar J (1988) Patterns of meniscal injuries with acute anterior cruciate ligament tears. *Am J Sports Med* 16: 603-609
15. Crues JV, Mink J, Levy TL, Lotschy M, Stoller DW (1987) Meniscal tears of the knee: accuracy of MR Imaging. *Radiology* 164: 445
16. Daniel DM, Stone ML (1988) Diagnosis of knee ligament injury: Tests and measurements of joint laxity. In: Feagin JA (ed) *The crucial ligaments. Diagnosis and treatment of ligamentous injuries about the knee.* Churchill Livingstone, New York S 287-300
17. DeHaven KE, Collins HR (1975) Diagnosis of internal derangements of the knee. The role of the arthroscopy. *J Bone Joint Surg* 57-A: 802-810

18. Debrunner HU (1987) Orthopädisches Diagnostikum. 5. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart S 169-180
19. Decker R, Ruf W (1988) Diagnostische Sicherheit verschiedener Untersuchungsverfahren beim frischen ligamentären Knie trauma. Unfallchirurgie 14 (4): 204-210
20. Dragonat P, Claussen C (1980) Sonographische Meniskusdarstellungen. Fortschr Röntgenstr 133 (2): 185-187
21. Fenkl R, Barth P (1991) Techniken zur sonographischen Darstellung von Meniskusläsionen. Experimentelle Grundlagen. Unfallchirurg 94 (2): 63-68
22. Fenkl R, Schlenzka R, Gotzen R (1990) Die sonographische Darstellung der Meniskusläsion. Eine experimentelle Studie. Unfallchirurg 93 (7): 312-319
23. Ferretti A, Puddu G, Mariani P, Neri M (1985) The natural history of jumper's knee. Int Orthop 8: 239-242
24. Finochietto R (1935) Semilunar cartilages of the knee. The „Jump Sign“. J Bone Joint Surg (Am) 17: 916
25. Flock K, Heizer K, Scheyerer M, Haller W, Paulsen J, Schittich I (1988) Ultraschalluntersuchungen des Kniegelenks. Fortschr Med 106: 604-607
26. Fowler PJ, Lubliner JA (1989) The predictive value of five clinical signs in the evaluation of meniscal pathology. Arthroscopy 5 (3): 184-186
27. Freiburger RH, Killoran PJ, Gonzalo C (1966) Arthrography of the knee by double contrast method. Am J Röntgenol 97: 736-747
28. Friedl W, Glaser F (1991) Dynamic sonography in the diagnosis of ligament and meniscal injuries of the knee. Arch Orthop Trauma Surg 110 (3): 132-138
29. Fritschy D, de-Gautard R (1988) Jumper's knee and ultrasonography. Am J Sports Med 16 (6): 637-640
30. Füsting M, Casser HR (1991) Dynamische Untersuchungstechnik in der Meniskussonographie. Sportverletzung-Sportschaden 5 (1): 27-36
31. Galway HR, Beaupre A, McIntosh DL (1972) Pivot-Shift. A clinical sign of anterior cruciate ligament instability. J Bone Surg (Br) 54: 763-764
32. Gerber NJ (1981) Popliteal Synovialzysten (Bakerzysten): Selbständiges Krankheitsbild oder Symptom? Verl Dtsch Ges Rheumatol 7: 148-152
33. Gillies H, Seligson D (1979) Precision in the diagnosis of meniscal lesions: A comparison of clinical evaluation, arthrography and arthroscopy. J Bone Joint Surg 61-A: 343-346
34. Graf R, Schuler P (1988) Sonographie am Stütz- und Bewegungsapparat bei Erwachsenen und Kindern. VCH-Verlagsgesellschaft
35. Grifka J, Richter J (1992) Meniskussonographie. Band 60, Ferdinand Enke Verlag S 85-89
36. Grifka J, Richter J, Gumtu M (1994) Klinische und sonographische Meniskusdiagnostik. Orthopäde 23: 102-111
37. Gruber G, Konermann W, Müller-Miny H (1997) Standardisierte sonographische Untersuchung des Kniegelenks. Ultraschall in Med 18: 52-61

38. Hackenbruch W, Karpf PM (1990) Aktuelle Kniegelenkdiagnostik. Fortschr Med 9: 147-165
39. Haller W, Pieper B, Flock K, Paulsen J (1988) Diagnostik von Verletzungen des Kniegelenks. Die praktische Bedeutung bildgebender Verfahren. Fortsch Med 106 (30): 600-603
40. Haller W, Lehner K (1988) Bildgebende Verfahren zur Diagnostik von Kniegelenkverletzungen und -erkrankungen. Röntgenpraxis 42: 198-204
41. Hanneschläger G, Neumüller H, Riedelberger W, Reschauer R (1990) Sonographische Diagnostik von pathologischen Veränderungen des vorderen Kniegelenkbereichs, Wertigkeit, Indikation, Fallbeispiele. Ultraschall Med 11 (1): 33-39
42. Haramanti N et al. (1993) The flipped meniscus sign. Skeletal Radiol 22: 273-277
43. Hardegger F, Fischer M, Mulder H (1989) Das laterale Kapselzeichen am traumatisierten Kniegelenk. Schweiz Med Wochenschr 119 (23): 839-842
44. Heron CW, Calvert PT (1992) Three-dimensional Gradient-Echo MR Imaging of the knee: Comparison with Arthroscopy in 100 patients. Radiology 183: 839-844
45. Hey-Groves E (1919) The crucial ligaments of the knee-joint: their function, rupture and the operative treatment of the same. Br J Surg 7: 505-515
46. Ireland J, Trickey EL, Stroker DJ (1980) Arthroscopy and arthrography of the knee: a critical review. J Bone Joint Surg 65-B: 3-6
47. Jacob PP, Segesser B (1980) Quadriceps-Dehnungsübungen - ein neues Konzept in der Behandlung der Tendinosen des Streckapparates am Kniegelenk (Jumper's knee). Orthopädie 9: 201-206
48. Jerosch J, Lahm A, Castro WHM, Assheuer J (1991) Kernspin- und Computertomographie bei Meniskusverletzungen des Kniegelenks. Akt Traumatol 21: 293-300
49. Jerosch J, Schröder M (1990) Ergebnisse der diagnostischen Sonographie bei Verletzungen des Kniegelenks. Sportverletzung-Sportschaden 4 (3): 139-146
50. Jerosch J, Castro WHM, Sons HU, Winkelmann W (1990) Möglichkeiten der Sonographie beim Patellaspitzen-Syndrom. Ultraschall Med 11 (1): 44-47
51. Kälebo P, Swärd L, Karlsson J, Peterson L (1991) Ultrasonography in the detection of partial patellar ligament ruptures (jumper's knee). Skeletal-Radiol 20 (4): 285-289
52. Katz MM, Hungerford DS (1987) Reflex sympathetic dystrophy affecting the knee. J Bone Joint Surg (BR) 69: 797-803
53. Kean DM, Worthington BS, Preston BJ (1983) Nuclear magnetic resonance imaging of the knee; examples of normal anatomy and pathology. Br J Radiol 56: 355-364
54. Kelly MA et al. (1991) MR Imaging of the knee: Clarification of it's role. Arthroscopy 7 (1): 78-85
55. Kinast C, Schmidt T, Reischl H, Hipp E (1992) Das Pivot-Shift-Phänomen. Die instrumentelle Messung des Roll-Gleitmechanismus des Kniegelenks bei vorderer Instabilität. Dt Zeitschrift für Sportmed 11: 539-547

56. Kocher M, DiCanzio J, Zurakowski D, Micheli L (2001) Diagnostic performance of clinical examination and selective magnetic resonance imaging in the evaluation of intraarticular knee disorders in children and adolescents. *Am J Sports Med* 29: 292-296
57. Korn MW, Spitzer RM, Robinson KE (1979) Correlation of arthrography and arthroscopy. *Orthop Clin North Am* 10: 535-543
58. Kreitner KF et al. (1999) Niederfeld-MR-Tomographie des Kniegelenks: Ergebnisse einer prospektiven, arthroskopisch kontrollierten Studie. *RöFo* 258: 257-259
59. Kunitsch G, Östern HJ, Meyer G (1983) Die Wertigkeit der Kniearthrographie. *Röntgenblätter* 33: 48-56
60. Kurosaka M, Yagi M, Yoshiya S (1999) Efficacy of the axially loaded pivot shift test for the diagnosis of a meniscal tear. *International Orthopaedics* 23: 271-274
61. Leigh JH, Beltran J (1988) Pitfalls in MR Imaging in the knee. *Radiology* 167: 775-781
62. Levinsohn EM, Baker BE (1980) Präarthrographie diagnostic evaluation of the knee: Review of 100 cases diagnosed by arthrography and arthroscopy. *AJR* 134: 107
63. Li DB, Mayo L, Tache JS et al. (1984) MRI of the knee with cruciate ligament injuries. Presented at the annual meeting of the Radiological Society of North America, Washington DC
64. Losee RE (1983) Concepts of the pivot-shift. *Clin Orthop* 172: 45-51
65. Lützner J, Schmidt H (2000) Vergleich der Diagnosesicherheit von MRT und klinischer Untersuchung bei Kniegelenkverletzungen. *Arthroscopie* 13: 60-65
66. Lysens RJ, Renson LM, Ostyn J, Stalpert G (1983) Intermittent claudication in young athletes: Popliteal artery entrapment syndrom. *Am J Sports Med* 11: 177-179
67. Malzer U, Kienapfel H, Feltes E, Schulter P, Griss P (1989) Sonographische Effekte am isolierten Kniegelenkmodell. Vortrag 53.07 Drei-Länder-Treffen Hamburg, 4.-7. Oktober 1989
68. Martens M, Wouters P, Burssens A, Mulier J (1982) Patellar tendinitis: pathology and results of treatment. *Acta Orthop Scand* 53: 445-450
69. Mattli J, Holzach P, Benz K, Streicher U, Matter P (1990) Die Ultrasonographie von Meniskusläsionen. *Helv Chir Acta* 57 (1): 129-134
70. Mellerowicz H (1989) Kniegelenksonographie - Möglichkeiten und Grenzen. *Beitr Orthop Traumatol* 36: 457-466
71. Meuli HCH (1979) Funktionelle Röntgendiagnostik des Bewegungsapparates. In Morscher, E: Funktionelle Diagnostik in der Orthopädie. Enke Stuttgart S 131
72. Miller GK (1996) A prospective study comparing the accuracy of the clinical diagnosis of meniscus tear with magnetic resonance imaging and its effect on clinical outcome. *Arthroscopy* 12 (4): 4006-413
73. Mink JH, Levy T, Crues JV (1988) Tears of the anterior cruciate ligament and menisci of the knee: MR Imaging evaluation. *Radiology* 167: 769-774

74. Muellner T, Weinstabl R, Schabus R, Vécsei V (1997) The diagnosis of meniscal tears in athletes. A comparison of clinical and magnetiv resonance imaging investigations. *Am J Sports Med* 25: 7-12
75. O'Shea K, Murphy K, Heekin D, Herzwurm P (1996) The diagnostic accuracy of history, physical examination, and radiographs in the evaluation of traumatic knee disorders. *Am J Sports Med* 24: 164-167
76. Pavlov H, Freiburger RH (1978) An easy method to demonstrate the cruciate ligaments by double contrast arthrography. *Radiology* 126: 817-818
77. Puhl W, Niethardt FU, Braun M, Hubert LW (1981) Die frische Meniskuläsion und ihre Differentialdiagnose. *Orthop Praxis* 17: 863-867
78. Quinn SF, Brown TF (1991) Meniscal tears diagnosed with MR Imaging versus Arthroscopy: How reliable a standard is Arthroscopy? *Radiology* 181: 843-847
79. Raunest J, Oberle K, Löhnert J, Hötzing H (1991) The clinical value of Magnetic Resonance Imaging in the evaluation of meniscal disorders. *J Bone Joint Surg* 73: 11-16
80. Reicher MA, Bassett LW, Gold RH (1985) High-resolution Magnetic Resonance Imaging of the knee joint: Pathologic correlations. *AJR* 145: 903-909
81. Riedl St et al. (1998) Dreidimensionale Sonographie in der klinischen Diagnostik von Meniskuläsionen *Ultraschall in Med* 19: 28-33
82. Röhr E (1987) Sonographische Darstellung des vorderen Kreuzbandes. *Ultraschall* 8: 37-39
83. Rose NE, Gold SM (1996) A comparison of accuracy between clinical examination and magnetic resonance imaging in the diagnosis of meniscal and anterior cruciate ligament tears. *Arthroscopy* 12: 398-405
84. Runkel M, Kreiter KF, Regentrop HJ, Kersjes W (2000) Treffsicherheit der Magnetresonanztomographie zum Nachweis von Meniskusrissen. *Der Unfallchirurg* 103: 1079-1085
85. Schiebler TH, Schmidt W (1987) *Anatomie*. 4 Auflage, Springer Verlag Berlin
86. Schrickler T, Hien NM, Wirth CJ (1987) Klinische Ergebnisse sonographischer Funktionsuntersuchungen bei Kapselläsionen am Knie- und Sprunggelenk. *Ultraschall* 8: 27-31
87. Selesnick FH, Noble HB, Bachmann DC (1985) Internal derangement of the knee: Diagnosis by arthrography, arthroscopy and arthrotomy. *Clin Orthop* 196: 26
88. Senst W, Zeumer B (1989) Klinische Diagnostik der frischen Verletzungen des Kniegelenkes. *Zentrabl Chir* 114 (23): 1501-1510
89. Skoff H (1985) Verletzungen des vorderen Kreuzbandes: ein offenes Kapitel? *Orthopädie* 14: 64-68
90. Smillie JS (1985) *Kniegelenkverletzungen*. Enke Stuttgart
91. Sohn C, Gerngroß G, Griesbeck F (1987) Wertigkeit, Technik und klinische Anwendung der Meniskussonographie. *Unfallchirurg* 90: 173-179
92. Sohn C, Casser HR (1988) *Meniskussonographie*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York

93. Sohn C, Casser HR (1987) Die sonographische Darstellung des Meniskus. *Ultraschall Klin Praxis* 3: 190-197
94. Sohn C, Gerngroß H, Bähren W, Swobodnik W (1987) Sonographie des Meniskus und seiner Läsionen. *Ultraschall* 8: 32-36
95. Stanitski C (1998) Correlation of arthroscopic and clinical examinations with magnetiv resonance imaging findings of injured knees in children and adolescents. *Am J Sport Med* 26: 2-6
96. Steinbrück K, Wiehmann JCH (1988) Untersuchung des Kniegelenks - Wertigkeit klinischer Befunde unter arthroskopischer Kontrolle. *Z Orthop* 126: 289-295
97. Strobel M, Stedtfeld HW (1990) Diagnostik des Kniegelenks. 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York
98. Ströhmman G, Roick H, Kündiger R (1990) Untersuchungen des Meniskus durch Sonographie, Arthrographie und Arthroskopie - ein Methodenvergleich. *Ultraschall Klin Praxis* 5: 113-118
99. Tehranzadeh J, Kerr R, Amster J (1991) Magnetic Resonance Imaging of tendon and ligament abnormalities: Part II. Pelvis and lower extremities. *Skeletal Radiol* 21: 79-86
100. Thijn CJP (1982) Accuracy of double contrast arthrography and arthroscopy of the knee joint. *Skeletal Radiol* 8: 187
101. Turner DA, Prodomos CC, Clark JW (1984) MRI in detecting acute injury of the knee. Presented at the annual meeting of the Radiological Society of North America, Washington DC, November (1984)
102. Williams JS, Abate JA, Fadale PD, Tung GA (1996) Meniscal and nonosseous ACL injuries in children and adolescents. *Am J Knee Surg* 9: 22-26
103. Wirth CJ, Jäger M, Kolb M (1981) Biochemische Aspekte und klinische Wertigkeit des Lachman-Tests bei der Diagnostik von Kreuzbandverletzungen. *Orthop Praxis* 11: 904-908
104. Wirth CJ, Kolb M (1984) Hämarthros und „isolierte“ vordere Kreuzbandläsion. *Unfallchirurg* 88: 419-423
105. Wittenberg RH (1998) Wertigkeit der diagnostischen Arthroskopie am kindlichen Kniegelenk im Vergleich zur Magnetresonanztomographie. *Arthroskopie* 11: 2-10
106. Wittner B, Müller-Farber J (1991) Die Aussagekraft der Sonographie des vorderen Kreuzbandes beim postraumatischen Hämarthros. *Unfallchirurg* 94 (11): 565-569
107. Woods GW, Stanley jr. RF, Tullos HS (1979) Lateral capsular sign: x-ray clue to a significant knee instability. *Am J Sports Med* 7: 27-33
108. Yoon, Yoe-Sung (1997) A prospective study of the accuracy of clinical examination evaluated by arthroscopy of the knee. *International Orthopaedics* 21: 223-227
109. Zippel, H (1973) Meniskusverletzungen und Meniskusschäden. Barth Leipzig



