

Aussagekraft der klinischen und kernspintomographischen Diagnostik  
beim traumatischen HämARTHROS des Kniegelenks

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
des Fachbereichs Humanmedizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Sabine Leiers

aus Billerbeck

Gießen 2000

Aus der Orthopädischen Klinik  
Leiter: Prof. Dr. H. Stürz  
des Klinikums der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter : Prof. Dr. H. Stürz

Gutachter : Prof. Dr. W. Rau

Tag der Disputation : 18. Dezember 2001

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
1.1	<b>Der traumatische Hämarthros des Kniegelenks</b>	<b>2</b>
1.1.1	Definition und Pathologie	2
1.1.2	Ursachen	3
1.1.3	Diagnostik	4
1.1.3.1	Klinische Untersuchung	4
1.1.3.2	Nichtinvasive bildgebende Verfahren	5
1.1.3.3	Arthroskopie	6
1.1.4	Therapie	7
1.2	<b>Die Magnetresonanztomographie in der Kniegelenksdiagnostik</b>	<b>7</b>
1.2.1	Anatomie des Kniegelenks in der MRT	8
1.2.2	Darstellung verschiedener intraartikulärer Strukturen in der MRT	9
1.2.2.1	Bandapparat	9
1.2.2.2	Menisken	11
1.2.2.3	Knorpel und Knochen	12
<b>2</b>	<b>PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG DER ARBEIT</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>PATIENTEN, MATERIAL UND METHODIK</b>	<b>16</b>
3.1	<b>Studienprotokoll</b>	<b>16</b>
3.2	<b>Patienten</b>	<b>16</b>
3.3	<b>Diagnostik</b>	<b>17</b>
3.3.1	Klinische Untersuchung	17
3.3.1.1	Anamnese	17
3.3.1.2	Körperliche Untersuchung	18
3.3.1.3	Punktion	19
3.3.2	Röntgenologische Untersuchung	19

3.3.3	Magnetresonanztomographie	19
3.3.4	Arthroskopie	21
<b>3.4</b>	<b>Therapie</b>	<b>21</b>
<b>3.5</b>	<b>Statistische Auswertung</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Ursachen des Hämarthros in der Arthroskopie</b>	<b>24</b>
<b>4.2</b>	<b>Identifikation von Blutungsquellen</b>	<b>25</b>
4.2.1	Klinische Untersuchung	25
4.2.2	Magnetresonanztomographie	28
<b>4.3</b>	<b>Diagnostische Sicherheit im Nachweis von Einzelläsionen</b>	<b>31</b>
4.3.1	Klinische Untersuchung	31
4.3.2	Magnetresonanztomographie	32
<b>4.4</b>	<b>Therapeutische Konsequenzen</b>	<b>34</b>
4.4.1	Klinische Untersuchung	34
4.4.2	Magnetresonanztomographie	36
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>LITERATUR</b>	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>DANKSAGUNG</b>	<b>67</b>
<b>9</b>	<b>LEBENS LAUF</b>	<b>68</b>

## 1 Einleitung

Als das größte und wegen seiner geringen Weichteildeckung am meisten exponierte Gelenk des menschlichen Körpers ist das Kniegelenk häufig von Verletzungen betroffen, die in hohem Maße auf Sportunfälle zurückzuführen sind (*Adalberth et al., 1997; Benedetto et al., 1990; Krüger-Franke et al., 1995; Lahm et al., 1998; Maffulli et al., 1993; Sittek et al., 1995; Sperner et al., 1990; Träger und Döring, 1991; Wirth und Kolb, 1985*).

Frische Kniegelenksverletzungen sind in über 90 % der Fälle mit einem Hämarthros vergesellschaftet, der wiederum in 80 bis 90 % einen Indikator für das Vorliegen einer schwerwiegenden Kniebinnenverletzung darstellt (*Neumann et al., 1991; Passler et al., 1989; Träger und Döring, 1991*), die operative Maßnahmen erforderlich macht. In 10 bis 20 % der Fälle liegen dem Hämarthros nicht operationsbedürftige Bagatellverletzungen wie Kapsel- oder Schleimhauteinrisse zugrunde (*Benedetto et al., 1990; Neumann et al., 1991*).

Während Verletzungen knöcherner Strukturen mit der konventionellen Röntgendiagnostik in der Regel gut diagnostiziert werden können, stellen Läsionen der Kniebinnenstrukturen zusammen mit chondralen oder osteochondralen Traumen höhere Anforderungen an die diagnostische Medizin. Eine rechtzeitige und exakte Diagnose ist im Hinblick auf eventuelle Spätfolgen notwendig, aber auch in Anbetracht der allgemeinen Kostendämpfung im Gesundheitswesen und der damit verbundenen Verringerung der Operations- und Bettenkapazitäten wird die Forderung nach exakten Diagnosestellungen, die eine präzise Bewertung der Dringlichkeiten operativer wie auch konservativer Therapiemaßnahmen erlauben, mit Nachdruck gestellt.

Wenn die klinische und röntgenologische Untersuchung des Kniegelenkhämarthros nicht zu einer sicheren Diagnose führt, bietet sich zusätzlich die diagnostische Arthroskopie als minimal invasives Operationsverfahren an. Trotz ihrer minimalen Invasivität besitzt die Arthroskopie jedoch den Stel-

lenwert einer Operation mit all ihren Risiken und Gefahren, weshalb ihr eine klare Indikationsabgrenzung gegenüber nichtinvasiven bildgebenden Verfahren vorausgehen muß.

Vor diesem Hintergrund war es Ziel der vorliegenden Arbeit, die diagnostische Aussagekraft der Kernspintomographie beim traumatischen Hämarthros des Kniegelenks im Rahmen einer prospektiven Studie an 82 Patienten zu untersuchen.

## **1.1 Der traumatische Hämarthros des Kniegelenks**

### **1.1.1 Definition und Pathologie**

Unter einem „Hämarthros“ versteht man einen hämorrhagischen Gelenkserguß, der durch eine Punktion anhand des aspirierten Blutes definitiv nachzuweisen ist. Der Hämarthros an sich ist jedoch keine Diagnose, sondern stellt das Symptom einer intraartikulären Pathologie dar.

Der hämorrhagische Erguß bewirkt eine abakterielle Entzündung, die zu einem schmerzhaften Bewegungsablauf führt. Des weiteren verursacht die abakterielle Entzündung der Synovia beim Hämarthros eine Destruktion des Gelenkknorpels. Durch den mechanischen Druck des Flüssigkeitsvolumens auf die Synovia kommt es zu einem verminderten Flow in den Kapselgefäßen und somit zu einer Stoffwechselstörung. Die Leukozyten und Enzyme des Blutserums bewirken ihrerseits eine Destruktion der oberflächlichen Knorpelschicht (*Cotta und Puhl, 1976; Gay, 1983; O'Connor, 1974*). Auch die Zugfestigkeit der Kreuzbänder nimmt durch die enzymatischen Vorgänge beim Hämarthros deutlich ab (*Pförringer, 1982*).

### 1.1.2 Ursachen

Die Ursachen des traumatischen Kniegelenksergusses sind vielfältig und bedürfen einer zuverlässigen Diagnostik, um eine adäquate und spezifische Therapie durchführen zu können. Neben röntgenologisch nachweisbaren knöchernen Läsionen als Blutungsursache (*Benedetto et al., 1990*) ergeben sich aus der arthroskopischen Abklärung eines Kniegelenkshämarthros folgende Blutungsquellen, die häufig auch in Kombination auftreten können (*Krüger-Franke et al., 1995*):

- Bei 48 bis 86 % der traumatischen Kniegelenksergüsse liegt eine komplette oder partielle Ruptur des vorderen Kreuzbandes vor (*Adalberth et al., 1997; Bachmann et al., 1996; Benedetto et al., 1990; Gaudernak, 1982; Gillquist et al., 1977; Jürgensen et al., 1996; Maffulli et al., 1993; Noyes et al., 1980; Träger und Döring, 1991*), während das hintere Kreuzband nur in etwa 2 bis 7 % der Fälle Ursache eines Hämarthros ist (*Bachmann et al., 1996; Jürgensen et al., 1996; Maffulli et al., 1993*).
- Bei 6 bis 23 % der Kniegelenke mit einem Hämarthros wurde eine Meniskusverletzung diagnostiziert (*Bachmann et al., 1996; Benedetto et al., 1990; Gillquist et al., 1977; Jürgensen et al., 1996; Maffulli et al., 1993; Noyes et al., 1980; Träger und Döring, 1991*).
- Kapsel-, Synovialis- und Plicarupturen waren in 8 bis 22 % der Fälle Ursache des hämorrhagischen Gelenkergusses (*Bachmann et al., 1996; Benedetto et al., 1990; Träger und Döring, 1991*).
- Patellaluxationen wurden bei 2 bis 21 % der arthroskopischen Untersuchungen festgestellt (*Bachmann et al., 1996; Benedetto et al., 1990; Jürgensen et al., 1996; Träger und Döring, 1991*).
- Osteochondrale Läsionen waren bei 2 bis 6 % der untersuchten Gelenke für den Hämarthros ursächlich (*Bachmann et al., 1996; Benedetto et al., 1990; Jürgensen et al., 1996; Träger und Döring, 1991*).
- Rupturen der Kollateralbänder wurden in 4 % der Fälle als Blutungsquelle diagnostiziert (*Bachmann et al., 1996*).

- Weiterhin wurden Kontusionsverletzungen, Quadrizepssehnenrupturen sowie Rupturen einer VKB-Ersatzplastik als sehr seltene Ursachen eines Hämarthros in einer Häufigkeit von etwa 1 % beobachtet (*Jürgensen et al., 1996*).

### 1.1.3 Diagnostik

#### 1.1.3.1 Klinische Untersuchung

Eine sorgfältige Anamneseerhebung, insbesondere zum Unfallmechanismus (Rotationstrauma) und zu früheren Knieverletzungen bzw. -operationen sowie eine exakte klinische Untersuchung stehen unumstritten an erster Stelle der Abklärungskette des Kniegelenkhämarthros (*Benedetto et al., 1990; Jerosch et al., 1991; Neumann et al., 1991*).

Die Aussagekraft der klinischen Untersuchung zur Verifizierung einer Meniskus- oder Bandläsion ist allerdings von der Compliance des Patienten abhängig und daher begrenzt (*Blauth und Helm, 1988; Gillquist et al., 1977; Menger et al., 1985; Neumann et al., 1991; Noyes et al., 1980; Passler et al., 1989; Steinbrück und Wiehmann, 1988; Träger und Döring, 1991*).

Im Anschluß an die klinische Untersuchung liefert eine Punktion des Hämarthros weitere Informationen über Beschaffenheit und Farbe des Kniegelenksergusses. Zudem stellt die Punktion bereits eine erste therapeutische Maßnahme zur Entlastung des vom Hämarthros verursachten intraartikulären Drucks dar (*Benedetto et al., 1990*).



### 1.1.3.2 Nichtinvasive bildgebende Verfahren

Die Nativröntgenuntersuchung läßt knöcherne Ausrisse des vorderen oder hinteren Kreuzbandes sowie knöcherne Ausrisse des medialen Retinakulums nach Patellaluxation als Ursache des Hämarthros erkennen, ebenso interartikuläre Frakturen (*Benedetto und Glötzer, 1983; Benedetto et al., 1988; Holz und Wellser, 1975*). Wenn sich bei der konventionellen Röntgenuntersuchung kein Hinweis auf eine knöcherne Verletzung findet, sollte eine weiterführende Diagnostik durchgeführt werden (*Benedetto et al., 1990; Maffulli et al., 1993; Neumann et al., 1991*), da sich die unter klinischen Gesichtspunkten relevanten anatomischen Strukturen des Kniegelenkes, d. h. Gelenkknorpel, Menisci, Gelenkhöhle, Kreuzbänder und äußerer Bandapparat, der Darstellung durch konventionelle Röntgenverfahren weitgehend entziehen (*Steinbrich et al., 1985*).

Als weitere apparative Untersuchungsmethoden zur diagnostischen Abklärung des Hämarthros stehen die Sonographie, die Computertomographie (CT) und die Magnetresonanztomographie (MRT) zur Verfügung.

Während sich nur wenige Autoren mit der Aussagekraft von Sonographie (*Kelsch et al., 1996; Ritzmann und Weyand, 1992; Sell et al., 1990; Wittner und Müller-Farber, 1991*) und Computertomographie (*Jerosch et al., 1991; Sell et al., 1990*) in der Diagnostik von Kniegelenksverletzungen befaßten, gewann die Magnetresonanztomographie aufgrund ihrer hohen diagnostischen Leistungsfähigkeit im Nachweis von verschiedenen traumatischen Läsionen des Kniegelenks immer mehr an Bedeutung (*Adalberth et al., 1997; Bassett et al., 1990; Boeree et al., 1991; Bohndorf und Kretschmer, 1996; Glashow et al., 1989; Glückert et al., 1992; Handelberg et al., 1990; Högerle et al., 1994; Jackson et al., 1988; Jerosch et al., 1989; Jerosch et al., 1990; Jerosch et al., 1991; Kelly et al., 1991; Lee et al., 1988; Liu et al., 1994; Mandelbaum et al., 1986; Mink et al., 1988; Polly et al., 1988; Raunest et al., 1991; Sell et al., 1990; Träger et al., 1992; Wacker et al., 1989*).

### 1.1.3.3 Arthroskopie

Mit der zunehmenden Einführung der arthroskopischen, minimal-invasiven Operationstechniken entwickelte sich die Arthroskopie immer mehr zu einer universellen diagnostischen und therapeutischen Methode, wobei Diagnostik und Therapie in der Regel in gleicher Sitzung durchgeführt werden können (*Benedetto et al., 1990; Betz et al., 1993; Jackson et al., 1988; Lobenhoffer, 1997; Lobenhoffer und Oestern, 1997; Neumann et al., 1991; Träger und Döring, 1991*). Das früher notwendige Verfahren einer rein diagnostischen Arthroskopie, an die sich nach Stellen der Operationsdiagnose in zweiter Sitzung eine Arthrotomie anschloß, gilt heute als nicht mehr zeitgemäß (*Betz et al., 1993*).

Die Arthroskopie als invasives Untersuchungsverfahren ist in ihrer Aussagekraft über die Ursache des Hämarthros unübertroffen und läßt somit einen exakten Schluß hinsichtlich des erforderlichen therapeutischen Procederes zu (*Alm et al., 1974; Benedetto und Glötzer, 1983; Benedetto et al., 1984; Benedetto et al., 1988; Farquharson-Roberts und Osborne, 1983; Gaudernak, 1982; Henche, 1979; Hughston et al., 1980; Liljedahl et al., 1965; Noyes et al., 1980; Schabus und Wagner, 1986*).

Die arthroskopische Untersuchung des Kniegelenks kann in bis zu 68 % der Fälle wesentliche Befunde aufdecken, die der vorangegangenen klinischen Untersuchung entgingen (*Passler et al., 1989*). Auch 10 bis 15 % der Fälle alter, klinisch stummer Kreuzbandrupturen sowie 15 % konventionell radiologisch nicht erkennbarer, osteochondraler Frakturen können mit Hilfe der Arthroskopie gefunden werden (*Menger et al., 1985; Neumann et al., 1991*). Die Vorteile dieses Verfahrens liegen in der sicheren Diagnostik von Kniebinnenschäden und der Möglichkeit zur sofortigen arthroskopischen Therapie, wie Meniskusnaht, Plicaresektion, Refixierung osteochondraler Fragmente oder Kreuzbandrekonstruktion (*Menger et al., 1985*).

Einige Autoren (*Maffulli et al., 1993; Neumann et al., 1991*) gehen deshalb darin konform, daß der traumatische Hämarthros des Kniegelenks eine eindeutige Indikation zur Arthroskopie darstellt. Mit dem Leitsymptom des blutigen Ergusses sind in 90 % der Fälle (*Neumann et al., 1991; Passler et al., 1989; Träger und Döring, 1991*) schwere Verletzungen der Kniebinnenstruk-

turen wie Band-, Meniskus- und Knorpelschäden assoziiert, die einer operativen Behandlung oder zumindest einer diagnostischen Abklärung bedürfen.

Jedoch können - wie bei jedem operativen Eingriff - auch bei der Arthroskopie Komplikationen auftreten, wie Infektion, Blutung, Nervenverletzung, Thrombose, Embolie, Verwachsung, Reflexdystrophie, Kompartmentsyndrom und Instrumentenbruch. Zudem dürfen die narkosebedingten Risiken nicht unerwähnt bleiben (*DeLee, 1985; Jerosch und Assheuer, 1992; Jerosch et al., 1989; Polly et al., 1988; Small, 1988*).

#### 1.1.4 Therapie

Hinsichtlich der therapeutischen Vorgehensweise hat sich die in Tabelle 1 dargestellte Differenzierung zwischen konservativer und operativer Therapie bewährt (*Bachmann et al., 1996; Benedetto et al., 1990; Jürgensen et al., 1996*).

<b>konservative Therapie</b>	<b>operative Therapie</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- inkomplette VKB- oder HKB-Rupturen</li><li>- Seitenbandrupturen</li><li>- sehr kleine oder inkomplette Meniskusrisse</li><li>- Plica- oder Kapselrupturen</li><li>- Kontusionsverletzungen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- komplette VKB-Rupturen</li><li>- Meniskusbasisrisse</li><li>- knöcherner Läsionen, Flakefrakturen</li><li>- Patellaluxationen</li><li>- Quadrizepssehnenrupturen</li><li>- Rupturen einer VKB-Ersatzplastik</li></ul>

**Tab. 1: Therapiekonzept einzelner intraartikulärer Verletzungen**

## 1.2 Die Magnetresonanztomographie in der Kniegelenksdiagnostik

### 1.2.1 Anatomie des Kniegelenks in der MRT

Der Markraum von Tibia und Femur ist im Bereich der artikulierenden Gelenkabschnitte beim Erwachsenen mit Fettmark ausgefüllt. Aufgrund der kurzen T1- und der langen T2-Zeit des Fettgewebes erscheint es, ungeachtet der Meßsequenzen, signalintensiv. Umrahmt wird das Mark von der Kortikalis des Knochens. Diese wird wegen ihres geringen Wasserstoffgehaltes als signalfreie, schwarze Struktur sichtbar (*Dewey et al., 1988*). Die Sehnen, Faszien, Menisken, Retinakula und Kreuz- und Seitenbänder mit ihrem hohen Gehalt an Typ 1-Kollagen sind ebenfalls als dunkle bzw. schwarze Strukturen zu erkennen. Dagegen hebt sich der hyaline Gelenkknorpel, dessen Typ 2-Kollagen eine höhere Hydrophilie aufweist, etwas ab und stellt sich als helle Linie dar (*Jerosch et al., 1993; Steinbrich et al., 1985*). Um den Kontrast zwischen Gelenkknorpel und der sich im Spin-Echo-Verfahren ebenfalls hell abbildenden (*Koepchen et al., 1987*) Gelenkflüssigkeit zu verstärken, hat es sich bewährt, T1-gewichtete Sequenzen zu verwenden, so daß die Gelenkflüssigkeit dunkler als der Knorpel erscheint. Das Gegenteil erreicht man bei der Anwendung T2-gewichteter FISP-Bilder.

Die Gelenkflüssigkeit und eventuell bestehende Ergüsse nehmen dann einen signalintensiven Charakter an. Durch den entstehenden „Arthrographieeffekt“ lassen sich pathologische Veränderungen, z.B. am Knorpel oder Meniskus, gut darstellen (*Jerosch et al., 1993; König und van Kaick, 1987; Träger et al., 1992*). Das durch kurze T1- und lange T2-Zeit charakterisierte Fettgewebe umgibt zahlreiche Strukturen des Kniegelenkes wie die Kreuzbänder und die gelenknahe Muskulatur mit ihren Sehnen. Zusammen mit dem Hoffa'schen Fettkörper dient es als Orientierungspunkt und markiert Grenzbereiche zwischen verschiedenen Strukturen, so daß deren Differenzierung erleichtert wird (*Garz et al., 1988; Träger et al., 1992*).

Die Gefäße zeichnen sich auf dem MRT-Bild meistens als dunkle Strukturen ab, da bei schnellem Blutfluß die angeregten Protonen während des Meßvorganges die Schichtebene verlassen. Dagegen erscheinen venöse Gefäße oftmals hell, wenn eine Schichtebene senkrecht zu ihrer Flußrichtung

gewählt wird. Stehendes Blut zeichnet in T1-gewichteten Bildern ebenfalls hell, Hämatome verändern entsprechend der metabolischen Vorgänge im Gelenk ihr Erscheinungsbild (*Dewey et al., 1988; Steinbrich et al., 1985*).

Die Signalintensitäten einzelner Gewebe im MRT sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

hell	Fett, Spongiosa, Nervensystem, Kontrastmittel
schwarz	Kortikalis, Sehnen und Bänder, Faserknorpel (Meniskus, Limbus), Luft
grau	Muskulatur, hyaliner Knorpel
variabel	T1-gewichtet: dunkel, T2-gewichtet: hell - Flüssigkeitsansammlungen (Gelenkflüssigkeit, Liquor, Abszesse, Zysten) - entzündliches Gewebe, Ödem - Tumorgewebe (die meisten) - Hämatom (Signalintensität ändert sich im Laufe der Zeit)

**Tab. 2: Signalintensität einzelner Gewebe im MRT**  
(starkes Signal = weiß; kein Signal = schwarz)

## 1.2.2 Darstellung verschiedener intraartikulärer Strukturen in der MRT

### 1.2.2.1 Bandapparat

Für die Darstellung des vorderen Kreuzbandes eignet sich die sagittale Schnittführung. Um es in seinem gesamten schrägen Verlauf vom femoralen Ursprung zum tibialen Ansatz abbilden zu können, sollte der Unterschenkel des Patienten um ca. 15° außenrotiert bzw. das Schichtpaket um 15° nach medial geneigt werden (*Haller et al., 1986; Steinbrich et al., 1985*). Das vor-

dere Kreuzband erscheint als inhomogene, signalarme Struktur. Die Inhomogenität wird durch signalreiche Fett- und Bindegewebeinlagerungen im Band verursacht. Der umgebende fettreiche Synovialschlauch hebt es deutlich vom benachbarten Gewebe ab (*Haller et al., 1986; Jerosch und Assheuer, 1992*). Das hintere Kreuzband imponiert als homogene signalarme Struktur, die ebenfalls in sagittaler Schnittführung ausreichend gut zu erkennen ist (*Gallimore und Harms, 1986*). Hilfen zur Lokalisation bieten der kraniokaudale Verlauf des Bandes sowie sein Querdurchmesser (*Steinbrich et al., 1985*).

Die signalarmen und durch Fettgewebe kontrastierten Kollateralbänder sind in frontalen und koronaren Schichteinstellungen als dunkle Strukturen gut einsehbar (*Garz et al., 1988; Jerosch et al., 1990; Just et al., 1992; Steinbrich et al., 1985*).

Kennzeichen eines gesunden Bandes ist die signalarme Struktur, hervorgerufen durch den Hauptbaustein eines Bandes, das Kollagen. Es enthält nur wenige bewegliche Protonen, die Signale aussenden. Signalintensive Bereiche innerhalb eines Bandes weisen daher auf eine Läsion hin. Ursache für diese Aufhellungen können Ödeme, Blutungen oder degenerative Veränderungen sein (*Herzog, 1993*).

Neben diesen histologischen und biochemischen Gesichtspunkten tragen auch morphologische Kriterien zur Diagnosefindung bei. So können z.B. Kontinuitätsunterbrechungen, Hypertrophien oder Verdünnungen eines Bandes mittels der MRT sichtbar gemacht werden (*Heimhuber et al., 1986; Herzog, 1993*).

Eindeutige diagnostische Kriterien für eine komplette, frische Ruptur des vorderen Kreuzbandes sind der fehlende Bandnachweis auch auf dünnen Schichten sowie ein abnormer, gelegentlich S-förmiger Bandverlauf (*Högerle et al., 1994; Steinbrich et al., 1985; Träger et al., 1992*). Hämatome, Ödeme und seröse Ergüsse zeichnen sich dabei als unscharfe Signalanhebungen ab (*Högerle et al., 1994; Jerosch und Assheuer, 1992*). Alte komplette Rupturen weisen retrahierte, atrophische Auftreibungen und Hyalinisierungen an den Stumpfenden auf (*Jerosch und Assheuer, 1992*). Für eine komplette Ruptur des vorderen Kreuzbandes mit konsekutiver Gelenkinstabilität

bilität spricht auch eine abnorme Stellung knöcherner Strukturen (*Högerle et al., 1994*).

Eine inkomplette Ruptur des vorderen Kreuzbandes lässt sich kernspintographisch weitaus schwieriger diagnostizieren. Kriterien hierfür sind Aufspaltungen einzelner Fibrillen, die ein geschädigtes vorderes Kreuzband schmaler erscheinen lassen als ein regelrechtes (*Steinbrich et al., 1985*).

Intensivere Signale innerhalb des Bandes auf T2-gewichteten Bildern sprechen für Einblutungen oder bereits eingesproßtes Granulationsgewebe, was ebenfalls auf eine inkomplette Ruptur hinweist (*Högerle et al., 1994*). Als indirekte Zeichen werden desweiteren eine Verbreiterung der umgebenden Weichteile und abnorme Signalintensitätswerte des umgebenden Fettlagers beschrieben (*Jerosch et al., 1990; Steinbrich et al., 1985*).

Die gleichen diagnostischen Kriterien gelten auch für das hintere Kreuzband. Dieses ist aufgrund seiner kräftigen Struktur jedoch häufiger teilrupturiert als das vordere Kreuzband (*Herzog, 1993; Sonin et al., 1994; Steinbrich et al., 1985*).

Hinweise auf eine Schädigung der Kollateralbänder geben Ausreißungen tiefer oder oberflächlicher Faseranteile des Bandes, die im MRT als eine Kontinuitätsunterbrechung zu erkennen sind (*Herzog, 1993*). Außerdem sind Signalintensitätsanhebungen innerhalb des Bandes, eine Erweiterung der Gelenkhöhle sowie eine Trennung des Bandes vom Innenmeniskus bei der Innenbandläsion als Zeichen einer Ruptur zu werten (*Gallimore und Harms, 1986; Jerosch et al., 1990*). Besonders T2-gewichtete Sequenzen sind dazu geeignet, abnorme Ausdehnungen eines blutigen Gelenkergusses am Ort der Verletzung sichtbar zu machen (*Gallimore und Harms, 1986*).

#### 1.2.2.2 Menisken

Zur Untersuchung der Menisken haben sich eine sagittale Schnittführung zur Beurteilung der Vorder- und Hinterhörner sowie eine koronare Schnittführung zur Beurteilung der lateralen Anteile des Meniskus bewährt. Der gesunde faserknorpelige Meniskus stellt sich insbesondere auf protonenge-

wichteten Bildern aufgrund seines geringen Protonengehaltes als homogene, signalfreie und keilförmige Struktur dar (*König et al., 1988; Koepchen et al., 1987; Konermann et al., 1989*). Bei sorgfältiger Analyse jedoch lassen sich verschiedene Gewebsanteile im Meniskus differenzieren. Das äußere vaskularisierte Drittel des Meniskus weist eine höhere Signalintensität auf als die innen liegenden faserknorpeligen zwei Drittel. Dieses Phänomen basiert auf der hellen Abbildung sich langsam bewegenden Blutes im Spin-Echo-Verfahren (*Koepchen et al., 1987*). Frische Risse imponieren insbesondere auf T2-gewichteten Bildern als signalintensive lineare Strukturen, die mindestens einen Kontakt zum Gelenkspalt haben (*König et al., 1988*). Ihre Entdeckung wird durch das Eindringen von Gelenkflüssigkeit in die Spalten begünstigt (*Reicher et al., 1985*). Die Flüssigkeit fungiert dabei als positives Kontrastmittel (*König und van Kaick, 1987*).

#### 1.2.2.3 Knorpel und Knochen

Die Grundsubstanz des hyalinen Gelenkknorpels besteht aus Polyglykan-Proteinkomplexen, Chondrozyten, kollagenen Fibrillen und mineralisierter Matrix (*Jerosch et al., 1993; Wojtys et al., 1987*). Der gesunde hyaline Gelenkknorpel erscheint in seiner Gesamtheit als Struktur mit intermediärer Signalgebung, dunkler als Fettgewebe, aber heller als Menisken. In T1-gewichteten Bildern kann die Oberfläche des Knorpels durch Gelenkflüssigkeit oder einen posttraumatischen Gelenkerguß teilweise verdeckt sein, wohingegen in T2-gewichteten Bildern Flüssigkeiten als Kontrastmittel Konturunregelmäßigkeiten der Oberfläche hervorheben (*Gylys-Morin et al., 1987; Jerosch et al., 1993; Turner et al., 1985*).

Bei der Anwendung eines 3D-Gradientenechoverfahrens mit einem Flip-Winkel von 40° entsteht ein ähnlicher Effekt. Die drei interessierenden Strukturen wie Knorpel, Knochen und Flüssigkeit weisen ausreichend hohe Signalintensitätsunterschiede auf, sodaß sie gut differenziert werden können (*Adam et al., 1994; Högerle et al., 1994*).

Senkrechte Anschnitte erlauben eine optimale Beurteilung des Gelenkknorpels. Schräge Anschnitte sind jedoch an gekrümmten Oberflächen nicht zu



vermeiden. Teilvolumeneffekte erschweren hier durch unscharfe Abbildung die Diagnosefindung (*Jerosch et al., 1989; Jerosch et al., 1993; Steinbrich et al., 1985*).

Osteochondrale traumatische Läsionen wie Flake fractures, die potentielle Blutungsquellen darstellen, erscheinen im MRT-Bild als amorphe oder netzförmige Bereiche mit niedriger Signalintensität in T1-gewichteten und mit hoher Intensität in T2-gewichteten Bildern. Die glatte Oberfläche des Knorpels bzw. die kortikale Begrenzung bildet sich unregelmäßig ab oder ist deutlich in ihrer Kontinuität unterbrochen. Ein abgelöstes osteocartilaginäres Fragment imponiert als signalarme Struktur, umgeben von signalreicher Gelenkflüssigkeit bzw. Erguß (*Lahm et al., 1998; Yulish et al., 1987*).

## 2 Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit

Ein traumatischer Hämarthros impliziert primär das wahrscheinliche Vorliegen einer schwerwiegenden intraartikulären Verletzung (*Maffulli et al., 1993; Neumann et al., 1991; Passler et al., 1989*). Aufgrund der großen Operationsbedürftigkeit eines akuten traumatischen Hämarthros ohne röntgenologischen Nachweis einer knöchernen Verletzung besteht die Notwendigkeit einer weiterführenden Diagnostik (*Benedetto et al., 1990; Maffulli et al., 1993; Neumann et al., 1991*).

Beim frisch traumatisierten Kniegelenk ist die diagnostische Wertigkeit der klinischen Untersuchung und der Anamnese begrenzt (*Krüger-Franke et al., 1995; Maffulli et al., 1993; Neumann et al., 1991; Passler et al., 1989; Träger und Döring, 1991*). Nativröntgenbilder können aufgrund der mangelhaften Weichteildarstellung höchstens indirekte Zeichen (z.B. Segond-Verletzung) einzelner relevanter, nicht knöcherner, intraartikulärer Verletzungen liefern. Trotz der unübertroffenen Aussagekraft der Arthroskopie (*Benedetto et al., 1990; Passler et al., 1989*) als invasivem Diagnoseverfahren wäre eine zuverlässige nichtinvasive Methode, die eine ebenso adäquate und spezifische Therapieplanung ermöglicht, zu begrüßen (*Bachmann et al., 1996; Benedetto et al., 1990*).

Dabei ist die Zuverlässigkeit dieses nichtinvasiven Untersuchungsverfahrens von großer Bedeutung. Nach falschen Diagnosestellungen, alten Verletzungen, ineffektiven Therapiemaßnahmen oder auch nach Operationen sind instabile Kniegelenke nicht selten. Bandinsuffizienzen, Meniskusläsionen, muskuläre Schwächen oder inkongruente Gelenkflächen können die Gelenkmechanik erheblich stören. Die Entstehung unphysiologischer Reibungspunkte und Belastungszonen im Gelenk fördert die Genese von Arthrosen, die in schweren Fällen zur Invalidität des Patienten führen können (*Blauth und Helm, 1988; Jerosch et al., 1994*). *Blauth und Helm (1988)* berichteten davon, daß in ihrem Kollektiv von 163 Patienten mit alter, nicht diagnostizierter vorderer Kreuzbandruptur ca. 32 % schon nach wenigen Jah-

ren Gonarthrosen, 53 % Innenmeniskusläsionen und ca.11 % Außenmeniskusrisse aufwiesen.

Ein Ziel der vorliegenden Studie ist es, zu untersuchen, ob eine präoperativ durchgeführte MRT als nicht invasives, nebenwirkungsfreies Verfahren zuverlässig in der Lage ist,

1. die Blutungsquelle im Kniegelenk zu lokalisieren und zu spezifizieren,
2. mit Hilfe dieses Nachweises die Indikation zur Arthroskopie zu bestätigen bzw. abzulehnen,
3. im Rahmen dieser Leistung fundierte Hilfestellungen für spätere Therapieplanungen, seien sie operativer oder konservativer Natur, zu geben.

Die zentrale Frage lautet also: kann es eine sinnvolle Zusammenarbeit zwischen Arthroskopie und MRT beim Hämarthros des Kniegelenkes geben oder wird es der MRT gar gelingen, die diagnostische Arthroskopie - mit all ihren Gefahren und Risiken eines kleinen operativen Eingriffes - zu ersetzen?

Ein weiteres Ziel der Untersuchung ist die Bewertung der prognostischen Aussagefähigkeit anamnestischer Daten in Kombination mit der klinischen Untersuchung, dem Punktionsbefund und der röntgenologischen Untersuchung. Schon auf der Basis dieser ersten Informationen ist der Arzt in der Praxis oder in der Klinik gezwungen, über das Procedere zu entscheiden. Kann er es verantworten, einen konservativen Therapieversuch vorzuschalten oder muß er zusätzlich diagnostische Möglichkeiten ausschöpfen, um mit deren Hilfe eine Indikation zur Operation stellen zu können?

### **3 Patienten, Material und Methodik**

#### **3.1 Studienprotokoll**

82 Patienten mit einem Hämarthros des Kniegelenks wurden an der Orthopädischen Universitätsklinik Gießen zwischen Februar 1993 und Juli 1994 prospektiv untersucht.

Alle Patienten wiesen ein frisch traumatisiertes Kniegelenk mit intraartikulärem Erguß auf. Nach Anamneseerhebung, klinischer Untersuchung, Ergußpunktion mit Bestätigung eines Hämarthros und Röntgennativuntersuchung (Kniegelenk in zwei Ebenen und Patella-Tangentialaufnahme) wurden die Patienten im Laufe der folgenden 1 bis 5 Tage kernspintomographisch untersucht. Ausschlußkriterien waren röntgenologisch darstellbare Frakturen.

Im Anschluß an die MRT-Untersuchung erfolgten eine arthroskopische Diagnostik und ggf. eine arthroskopisch gestützte Therapie, die im Mittel 8 Tage nach stattgehabter Verletzung vorgenommen wurde. Zwischen den verschiedenen Untersuchungen lag kein erneutes Unfallereignis.

#### **3.2 Patienten**

Das Patientengut umfaßte 25 weibliche und 57 männliche Patienten im Alter zwischen 15 und 54 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 28 Jahren zum Zeitpunkt des Unfalls. Verletzt waren 44 rechte und 38 linke Kniegelenke. Die überwiegende Anzahl der Patienten zog sich die intraartikuläre Verletzung bei der Ausübung einer Sportart zu, wobei Fußball (22 Patienten), Skifahren (16 Patienten) und Handball (9 Patienten) am häufigsten genannt

wurden. Bei 18 Patienten führten unkontrollierte Bewegungen oder Unfälle auf der Straße, im Haushalt und bei alltäglichen Verrichtungen zu einem Trauma des Kniegelenks.

### **3.3 Diagnostik**

#### **3.3.1 Klinische Untersuchung**

##### **3.3.1.1 Anamnese**

Erste wichtige Informationen liefert die Anamnese. Das Alter, der Beruf oder die Hobbys der Patienten geben Hinweise über die bisherige Beanspruchung des Kniegelenkes. Beispielsweise zeigen Fußballer einen hohen Verschleiß ihrer Menisken. Frühere Unfälle oder Operationen lassen Schwachpunkte oder besondere Belastungszonen im Gelenk deutlich werden. Insbesondere eine Rekonstruktion des Unfallhergangs kann den Arzt in eine bestimmte differentialdiagnostische Richtung lenken. So hat zum Beispiel eine vordere Kreuzbandruptur zusammen mit einem Riß des Innenmeniskus und einer Innenbandverletzung, auch als „unhappy triad“ bezeichnet, nicht selten ein Valgus-Flexions-Außenrotationstrauma als Ursache (*Krüger-Franke et al., 1995*).

Die Fragen nach Schmerzen, Schwellungen, Blockierungen, Instabilitätsgefühlen, Einknickungserscheinungen des Gelenkes („giving-way“), nach akustischen Besonderheiten (manche Bandrupturen verursachen einen Knall), nach „Ausrenkungen des Gelenkes“ sowie nach allgemeinen Systemerkrankungen gehörten selbstverständlich zur Anamneseerhebung.

### 3.3.1.2 Körperliche Untersuchung

An die anamnestische Befragung schloß sich eine eingehende Untersuchung des verletzten und im Vergleich dazu des gesunden Kniegelenks an. Äußere Verletzungszeichen wie Wunden, Prellmarken, Hämatomverfärbungen und Hautrötungen geben Aufschluß über die Art und Richtung sowie den ungefähren Zeitpunkt der Krafteinwirkung. Konturveränderungen des Gelenkes können eine vordere oder hintere Schublade sowie eine Ruptur des Streckapparates andeuten. Neben der Palpation des Gelenkes, bei der Druckschmerzpunkte, peri- und intraartikuläre Schwellungen sowie Hauttemperaturunterschiede geprüft werden, hat die Messung des Bewegungsausmaßes mit der Feststellung eventueller Blockierungen einen wichtigen Stellenwert bei der klinischen Untersuchung.

Form, Lage, Beweglichkeit, Schmerzhaftigkeit der Patella und das Zohlen-Zeichen machen auf Luxationstendenzen oder andere pathologische Veränderungen aufmerksam.

Zur Diagnostik von Meniskusläsionen wurden in der vorliegenden Studie der Steinmann 1-, Steinmann 2-, der Apley-Grinding-Test sowie das Böhler-Zeichen herangezogen. War nur eines der vier Zeichen eindeutig positiv, so wurde die Verdachtsdiagnose eines Meniskusrisses gestellt.

Mittels des vorderen und hinteren Schubladentests wurde in erster Linie die Suffizienz des vorderen und hinteren Kreuzbandes geprüft. Diese Tests lassen jedoch auch je nach Rotationsstellung des Gelenkes Rückschlüsse auf Verletzungen einzelner Kapsel- oder Seitenbandstrukturen im posteromedialen oder posterolateralen Kompartiment zu. Der Lachmann-Test prüfte bei 30° flektiertem Kniegelenk ausschließlich die anteroposteriore Stabilität, ebenso der Pivot-Shift-Test. Mittels Apley-Distraktion-Test untersuchte man bei Innen- und Außenrotation die Schmerzhaftigkeit des Seitenbandes.

### 3.3.1.3 Punktion

Zur Bestätigung eines Hämarthros wurde das Kniegelenk anschließend unter sterilen Kautelen punktiert.

### 3.3.2 Röntgenologische Untersuchung

Die röntgenologische Untersuchung umfaßte eine Nativröntgenaufnahme jedes traumatisierten Kniegelenkes in zwei Ebenen und eine Patella-Tangentialaufnahme (60°). Abhängig vom klinischen Befund wurden fakultativ Defilée-Aufnahmen (30°, 60°, 90°), Tunnelaufnahmen nach Frik oder Schichtaufnahmen angefertigt. Nach Ausschluß einer Fraktur wurde der Patient innerhalb von 1 bis 5 Tagen der MRT-Diagnostik zugeführt.

Zum Ausschluß untersucherabhängiger Einflüsse wurden alle Patienten von demselben Arzt untersucht. Dieser erstellte auf der Basis der klinischen und röntgenologischen Untersuchung eine Verdachtsdiagnose.

### 3.3.3 Magnetresonanztomographie

Die MRT-Untersuchungen wurden am 1,5-T-Magnetom der Fa. Siemens in der Kniespule durchgeführt. Die Kniegelenke wurden zunächst mit der T1-gewichteten Spinechosequenz in koronarer Schnittführung untersucht (SE: Matrix = 256 x 512 Pixel, FOV = 150-170 mm, TR/TE = 600/15 ms, Schichtdicke = 3 mm).

In einem zweiten Meßgang wurden Protonen- und T2-gewichtete Spinechosequenzen mit einer parasagittalen Schnittführung bei 15° Außenrotation

des Unterschenkels zur optimalen Darstellung des vorderen Kreuzbands in der Bildebene durchgeführt (SE: Matrix = 256 x 256 Pixel, FOV = 150-170 mm, TR/TE = 2000/20/80 ms, Schichtdicke = 4 mm).

Fakultativ wurde in einem dritten Meßdurchgang eine FISP-3D-Sequenz in sagittaler Schnittebene gewählt (FOV = 170 mm, TR/TE/Flip-Winkel = 42 ms/12 ms/40 Grad, Schichtdicke = 1,5 mm).

Auf eine Kontrastmittelgabe wurde bei allen Untersuchungsgängen verzichtet. Die Untersuchungszeit betrug inklusive der Lagerungszeit des Patienten ca. 45 Minuten.

Für die Befundung war lediglich der Hinweis „Hämarthros“ bekannt. Da der Radiologe keine Informationen zur Anamnese, klinischen oder röntgenologischen Untersuchung erhielt, stellte er jedes Kniegelenk mit all seinen Kompartimenten dar, nicht nur diejenigen Bereiche, die klinisch auffällig waren.

Neben der Erstellung einer ausführlichen MRT-Befundung bewertete der Radiologe die MRT-Bilder hinsichtlich der für den Hämarthros ursächlichen Blutungsquelle(n) und hinsichtlich schwerwiegender Verletzungen oder Bagatellverletzungen.

Bei der Beurteilung der vorderen und hinteren Kreuzbänder sowie Ersatzbandplastiken wurde zwischen einer kompletten und einer inkompletten Ruptur unterschieden, bei Seitenbändern, Quadrizepssehne, der Gelenkkapsel, der Plicae und der Synovia war lediglich die Differenzierung in „intakt“ oder „gerissen“ von Bedeutung.

Bei der Betrachtung der Menisken waren diejenigen Verletzungen von Interesse, die zur Entstehung eines Hämarthros beitragen, wobei nur Risse an der vaskularisierten Basis eine Blutung verursachen können. Weit weniger von Bedeutung waren die Art und die Geometrie des Meniskusrisses.

Weitere Beachtung fanden Form und Lage der Patella sowie die Knorpel- und Knochenverhältnisse im Bereich der artikulierenden Gelenkflächen. Bezogen auf die Knorpeldiagnostik ging es dabei nicht so sehr um die Erkennung kleiner, mittelschwerer oder schwerer Knorpeldefekte, viel wichtiger war es, osteochondrale traumatische Läsionen wie Flakefrakturen zu visualisieren, die potentielle Blutungsquellen darstellen.



Sämtliche MRT-Befunde wurden auf einem Formblatt festgehalten.

#### 3.3.4 Arthroskopie

Als Referenz zur Überprüfung der mittels klinischer und kernspintomographischer Untersuchung gestellten Diagnosen dienten in unserer Studie die Arthroskopiebefunde. Die Arthroskopie wurde mit Optiken und einer Videokette der Fa. Richards (Tuttlingen) durchgeführt.

Zur Operation wurden die Patienten in Rückenlage mit Beinhalter und flektiertem Kniegelenk gelagert. Als Standardzugänge wurden ein anterolateraler Arthroskopiezugang, ein anteromedialer Instrumentenzugang und ein suprapatellar medialer Inflowzugang gewählt.

Zur Diagnostik wurde das Kniegelenk standardisiert inspiziert, die Strukturen wurden per Tasthakenprobe überprüft. Bestand nach unseren Behandlungsrichtlinien eine Indikation zur chirurgischen Therapie, wurde die Operation - soweit möglich - transarthroskopisch in gleicher Sitzung vorgenommen.

Die präoperativ in der MRT erhobenen Befunde waren dem Operateur zum Zeitpunkt der Operation im Sinne einer Doppelblindstudie nicht bekannt.

### **3.4 Therapie**

In Abhängigkeit von der arthroskopischen Diagnostik bezüglich des intraartikulären Verletzungsmusters wurde jeweils die Therapieentscheidung „operativ“ oder „konservativ“ gefällt. Eine operative Therapie wurde bei kompletter Ruptur des vorderen oder hinteren Kreuzbandes, basisnahen Meniskus-

rissen, Patellaluxationen, Abscherfrakturen und der seltenen Ruptur der Quadrizepssehne durchgeführt. Die konservative Therapie war für inkomplette vordere oder hintere Kreuzbandrupturen, Seitenbandrupturen, sehr kleine oder inkomplette Meniskusrisse, Plica- oder Kapselrisse und Kontusionsverletzungen vorgesehen, wenn sonst keine weiteren schweren Verletzungen vorlagen.

### **3.5 Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung der gesammelten Daten erfolgte unter Zuhilfenahme des Computers mit Unterstützung des Institutes für Medizinische Statistik und Informatik der Justus-Liebig-Universität Gießen. Sie wurde im Sinne der explorativen Datenanalyse durchgeführt mit dem Ziel, Übereinstimmungen der klinischen Diagnose bzw. des MRT-Befundes mit dem Arthroskopieergebnis zu untersuchen. Von besonderem Interesse war in diesem Zusammenhang die Identifikation der Blutungsquellen.

Basierend auf den arthroskopischen Befunden sollten für die Daten der klinischen und kernspintomographischen Untersuchung folgende statistische Parameter bestimmt werden:

- Sensitivität
- Spezifität
- Negativer Prädiktiver Wert (= NPW)
- Positiver Prädiktiver Wert (= PPW)
- Genauigkeit.

Aufgrund der kleinen Fallzahlen in den einzelnen Subgruppen, die hinsichtlich der verifizierten Blutungsquellen gebildet wurden, hielten wir es für nicht zweckmäßig, die diagnostischen Untersuchungsmethoden für alle Ver-

letzungsgruppen analytisch auszuwerten, so daß dies nur für die Gruppe der ACL-Rupturen erfolgte. In den anderen Subgruppen beschränkten wir uns auf eine rein deskriptive Auswertung der Daten.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Ursachen des Hämarthros in der Arthroskopie

Bei den 82 Patienten ( $n_{\text{Pat.}} = 82$ ) unseres Patientenkollektivs mit traumatischem Hämarthros des Kniegelenkes konnten aufgrund von Mehrfachverletzungen insgesamt 113 Blutungsquellen ( $n_{\text{Bl.}} = 113$ ) arthroskopisch diagnostiziert werden. Bei 53 Patienten (65 %) fand sich eine isolierte Blutungsquelle, bei 22 Patienten (27 %) waren es zwei, bei vier Patienten (5 %) drei und bei einem Patienten (1 %) vier Blutungsquellen. Zwei Patienten (2 %) zeigten intraoperativ keinen Hinweis auf eine ursächliche Blutungsquelle, obwohl präoperativ ein Hämarthros durch Punktion bestätigt werden konnte (Abb. 1).

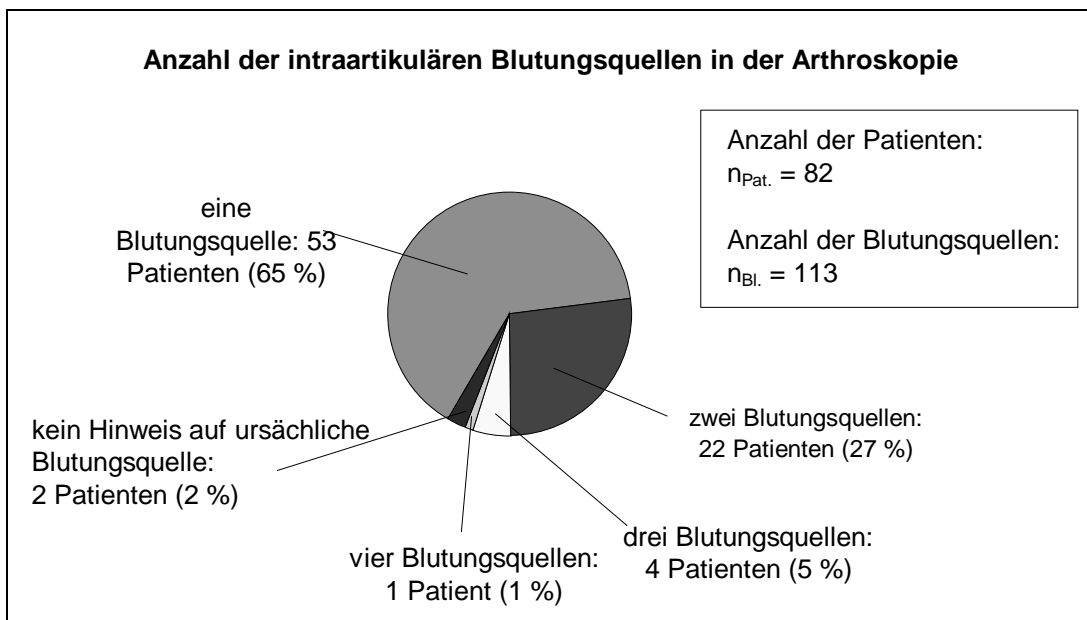


Abb. 1

Bei den 53 Patienten mit einer isolierten Blutungsquelle waren 44mal (83 %) ACL-Rupturen und 9mal (17 %) andere Verletzungen (wie Knorpelkontusionen, Plicarupturen, Synoviarisse, Patellaluxationen und Flakefrakturen) für den Hämarthros ursächlich.

Bei den 22 Gelenken mit zwei Blutungsquellen lagen in 18 Fällen ACL-Rupturen in Kombination mit Basisrissen des Innenmeniskus (IM) und Außenmeniskus (AM), Plicarupturen, Knorpelkontusionen oder medialen Kapselrupturen vor. Bei vier Patienten mit zwei Blutungsquellen waren als Ursache des Hämarthros eine Quadrizepssehnenruptur bzw. eine Patellaluxation mit einer Plicaruptur oder Flakefrakturen mit einer Knorpelkontusion bzw. einer Kapselruptur kombiniert.

Bei zwei der vier Patienten, bei denen drei Blutungsquellen diagnostiziert wurden, handelte es sich um eine „unhappy triad“ mit ACL-Ruptur, Innenmeniskus-Basisriß und Ruptur des medialen Kapselbandapparates. In einem Fall lag dem Hämarthros eine Läsion beider Menisken und des vorderen Kreuzbandes zugrunde. Ein Patient hatte eine Ruptur des vorderen und des hinteren Kreuzbandes sowie eine Kapselruptur erlitten.

Die maximale Anzahl von vier Blutungsquellen wurde in einem der 82 untersuchten Kniegelenke entdeckt, wo eine Ruptur des vorderen Kreuzbands, ein Innenmeniskusbasisriß, eine Ruptur der medialen Gelenkkapsel sowie eine Knorpelkontusion vorlag.

## **4.2 Identifikation von Blutungsquellen**

### **4.2.1 Klinische Untersuchung**

Noch am selben Tag, an dem sich die Patienten in der Orthopädischen Klinik vorgestellt hatten, wurde mittels anamnestischer Befragung und klinischer Untersuchung nach Ursachen für den blutigen Erguß im Kniegelenk

gesucht. Dabei waren in unserem Patientenkollektiv 73 der 113 arthroskopisch beurteilten Blutungsquellen den klinischen Untersuchungsmethoden zugänglich. Dazu gehörten in unserer Studie die ACL- und PCL-Ruptur, die Patellaluxation, die Quadrizepssehnenruptur sowie die ACL-Ersatzplastikruptur. Auch die Menisken wurden klinisch getestet. Die entscheidende Information, ob ein Riß im Bereich der Meniskusbasis lokalisiert war und somit eine Blutungsquelle darstellte, konnte die klinische Examination nicht geben. Synovia- oder Plicarupturen, Kontusionsverletzungen sowie chondrale oder osteochondrale Läsionen entzogen sich völlig der klinischen Untersuchung.

70 der 73 klinisch erkennbaren Blutungsquellen wurden richtig diagnostiziert (Tabelle 1).

Blutungsquelle	Arthro- skopie	Klinik richtig- positiv	Klinik richtig- negativ	Klinik falsch- positiv	Klinik falsch- negativ
ACL-Ruptur	66	64	14	2	2
PCL-Ruptur	2	1	79	0	1
Patellaluxation	3	3	79	0	0
Quadrizepssehnenruptur	1	1	81	0	0
ACL-Ersatzplastikruptur	1	1	81	0	0
Gesamt absolut	73	70		2	3
Gesamt Prozent		95,9 %			4,1 %

**Tab. 3: Aussagekraft der klinischen Untersuchung bei der Identifikation von Blutungsquellen (n<sub>Bl.</sub> = 73)**

In 66 Fällen war eine ACL-Ruptur für die Blutung verantwortlich, die 64 mal exakt beschrieben wurde. Zwei als „komplett“ bzw. „inkomplett gerissen“ beschriebene Kreuzbänder zeigten arthroskopisch keine Läsion. Zwei komplett rupturierte vordere Kreuzbänder wurden klinisch nicht erkannt.

Von 2 PCL-Rupturen übersah die klinische Untersuchung eine, eine Diagnose stimmte mit dem Operationssitus überein.

Der Befund von 3 Patellaluxationen korrelierte mit dem arthroskopischen Ergebnis, ebenso die Diagnose einer Quadrizepssehnen- und einer ACL-Ersatzplastikruptur.

Die Außenmeniskusrisse bereiteten der klinischen Diagnostik Schwierigkeiten, da von 39 Rupturen nur 17 richtig erkannt und 22 übersehen wurden. Ähnlich verhielt es sich mit 38 Innenmeniskusrissen, von denen 24 richtig nachgewiesen wurden, 14 unerkant blieben und 12 Risse arthroskopisch nicht bestätigt werden konnten.

Während der Prüfung des medialen Seitenbandes resultierte 13mal ein richtig positiver, 10mal fälschlicherweise ein negativer und 4mal ein falsch positiver Befund.

Die Diagnose eines freien Gelenkkörpers konnte nur mit Hilfe des Röntgenbefundes eindeutig gestellt werden.

Da die Rupturen des vorderen Kreuzbandes in unserem Patientengut zahlenmäßig überwogen, haben wir uns die Frage gestellt, ob schon die rein anamnestische Befragung des Patienten charakteristische Hinweise für eine ACL-Ruptur liefert (Tab. 4).

37,5 % der Patienten gaben an, ein Varus- oder Innenrotationstrauma oder eine Kombination aus beidem erlitten zu haben. Eine Krafteinwirkung im Sinne eines Valgusstresses mit oder ohne gleichzeitige Außenrotationsbewegung des Kniegelenkes empfanden 38,4 % der Patienten.

Nahezu jeder fünfte Patient konnte sich an den Unfallmechanismus nicht erinnern. 51 % der Patienten vernahmten knallartige Geräusche während des Unfalles. Zwei Drittel äußerten starke Schmerzen während und kurz nach dem Trauma. Eine Schwellung des Gelenkes innerhalb der nächsten 24 Stunden bemerkten 91 % aller Patienten. 21 % der Betroffenen konnten die traumatisierte Extremität nicht mehr belasten, 45 % litten unter einem Instabilitätsgefühl mit Giving-way-Symptomatik.

	absolut	Prozent
Hyperextensionstrauma	1	1,5 %
Varus-Trauma	2	3,0 %
Valgus-Trauma	7	10,4 %
IRO-Trauma	3	4,5 %
Varus-IRO-Trauma	20	30,0 %
Valgus-ARO-Trauma	19	28,0 %
Anpralltrauma	1	1,5 %
keine Angaben zum Unfallhergang	14	20,0 %
knallartige Geräusche	34	51,0 %
starke Schmerzen	45	67,0 %
Schwellung innerhalb 24 Stunden	61	91,0 %
belastbare Extremität	53	79,0 %
Giving-way-Symptomatik	30	45,0 %
Gesamt	67	100 %

**Tab. 4: Anamnestische Angaben von Patienten mit Rupturen des vorderen Kreuzbandes mit oder ohne Begleitverletzungen ( $n_{\text{Pat.}} = 67$ )**

Die Informationen beziehen sich auf den Zeitpunkt des Unfalles und auf die Zeit kurz danach.

#### 4.2.2 Magnetresonanztomographie

Um die Wertigkeit der MRT bei der Diagnostik von Blutungsquellen beurteilen zu können, wurden auch hier die Ergebnisse der Kniearthroskopie als Referenzmethode gegenübergestellt. Eine Läsion wurde in der MRT dann als Blutungsquelle diagnostiziert, wenn zum einen eine Verbindung zum Gelenkraum bestand und zum anderen die Struktur an der Stelle der Läsion nach Erkenntnissen der Anatomie vaskularisiert war.

Tabelle 5 zeigt die Liste der für einen Hämarthros ursächlichen Verletzungen von Knieinnenstrukturen in absteigender Reihenfolge ihrer Häufigkei-



ten. Die Zahl der richtig positiven, richtig negativen, falsch positiven und falsch negativen MRT-Befunde kann ebenfalls dieser Tabelle entnommen werden.

Blutungsquelle	Arthro- skopie	MRT rich- tig-positiv	MRT rich- tig- negativ	MRT falsch- positiv	MRT falsch- negativ
ACL-Ruptur	66	61	15	1	5
Kapselruptur	14	11	68	0	3
Plicaruptur	8	0	74	0	8
IM-Basisriß	7	4	75	0	3
Kontusionsverletzung	4	3	78	0	1
Flakefraktur	3	3	79	0	0
PCL-Ruptur	3	2	79	0	0
Patellaluxation	3	1	79	0	2
AM-Basisriß	2	1	80	0	1
Synoviaruptur	2	0	80	0	2
Quadrizepssehnenruptur	1	1	81	0	0
ACL-Ersatzplastik-Ruptur	1	1	81	0	0
keine Blutungsquelle	2	2	80	0	0
Gesamt absolut	113	88		1	25
Gesamt Prozent		77,9 %			22,1 %

**Tab. 5: Aussagekraft der Magnetresonanztomographie bei der Identifikation von Blutungsquellen (n<sub>Bl.</sub> = 113)**

Erwartungsgemäß stellte die ACL-Ruptur (n = 66) die häufigste Ursache eines Hämarthros dar, gefolgt von Kapselrupturen (n = 14), Rupturen der Plicae medio-oder infrapatellaris (n=8) und Läsionen der Außen- und Innenmeniskusbasis (n = 9).

Von den insgesamt 113 Blutungsquellen erkannte die MRT 88 richtig (78 %). 25 Blutungsquellen konnten durch die MRT nicht verifiziert werden, so beispielsweise sämtliche Plica- (n<sub>Bl.</sub> = 8) und Synoviarupturen (n<sub>Bl.</sub> = 2). Ebenfalls nicht erkannt wurden 5 der 66 Rupturen des vorderen Kreuz-

bands, von denen einige zwar untypische Faserstrukturen aufwiesen oder ausgedünnt schienen, sich aber als in ihrer Kontinuität erhaltene Strukturen mit regelrechter Signalintensität nachweisen ließen.

In einem arthroskopisch gesund erscheinenden Kniegelenk fand die MRT ein teilrupturiertes Kreuzband. Reste der parallel verlaufenden Faserstrukturen waren zwar nahezu auf allen Bildern zu sehen, erschienen aber unscharf oder verquollen und waren von der Umgebung schlecht abzugrenzen.

Von 9 Meniskusbasisrissen erkannte die MRT 4 nicht. Sie wurden teilweise als Degenerationen fehlinterpretiert oder übersehen. Ein Riß wurde als solcher richtig beschrieben, jedoch nicht an der Basis lokalisiert.

Zwei Patellaluxationen wurden ebenfalls nicht diagnostiziert.

Zwei insgesamt blande Befunde der MRT spiegelten exakt das Ergebnis der arthroskopischen Untersuchung wider. Auch intraoperativ fand sich kein morphologisches Korrelat für eine intraartikuläre Blutung, obwohl klinisch ein Hämarthros durch Punktion bestätigt werden konnte.

### **4.3 Diagnostische Sicherheit im Nachweis von Einzelläsionen**

Da im Gegensatz zu anderen Einzelläsionen lediglich für die ACL-Rupturen eine ausreichend hohe Fallzahl vorlag, erschien uns eine Berechnung der statistischen Parameter nur für diese Verletzung sinnvoll.

#### **4.3.1 Klinische Untersuchung**

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes, die durch die Arthroskopie 66mal diagnostiziert wurde, konnte anhand der klinischen Diagnostik in 64 Fällen bestätigt werden. Nur 2 Befunde waren falsch negativ, 2 falsch positiv. Diese Werte entsprechen einer Sensitivität von 96,9 %, einer Spezifität von 87,5 %, einem PPW von 96,9 %, einem NPW von 87,5 % und einer Genauigkeit von 95,1 %.

Stand die Differenzierung zwischen kompletter und inkompletter ACL-Ruptur im Mittelpunkt des Interesses, so ließen sich teilweise völlig andere Werte berechnen. Auffällig war die Sensitivität von 18,2 % und der PPW von 25 % hinsichtlich der Beurteilung inkompletter ACL-Rupturen. Lediglich 2 von 11 inkompletten ACL-Rupturen wurden richtig erkannt. 9 Rupturen wurden fälschlicherweise für komplett gehalten. 5 Risse, die durch die klinische Untersuchung als inkomplett bezeichnet worden waren, erwiesen sich als komplett.

Ein Kreuzband, dessen Untersucher eine inkomplette Ruptur feststellte, erwies sich bei der Arthroskopie als völlig blande Struktur.

Von 55 kompletten ACL-Rupturen klassifizierte die Klinik 48 richtig. 9 teilrupturierte und 1 intaktes Kreuzband deklarierte sie fälschlicherweise als „komplett gerissen“. 7 komplett gerissene Bänder lieferten 5mal das klinische Bild einer Teilruptur und 2mal das Bild eines intakten Bandes.

Die klinische Untersuchung ist mit einer Sensitivität von 87,3 % wesentlich sensitiver für komplette als für inkomplette Rupturen des vorderen Kreuzbandes. Auch der PPW für komplette Rupturen liegt mit 82,7 % mehr als 3 mal so hoch als der für inkomplette Risse.

Die statistischen Meßgrößen der klinischen Untersuchung bei der ACL-Ruptur sind in Abbildung 2 zusammengefaßt.

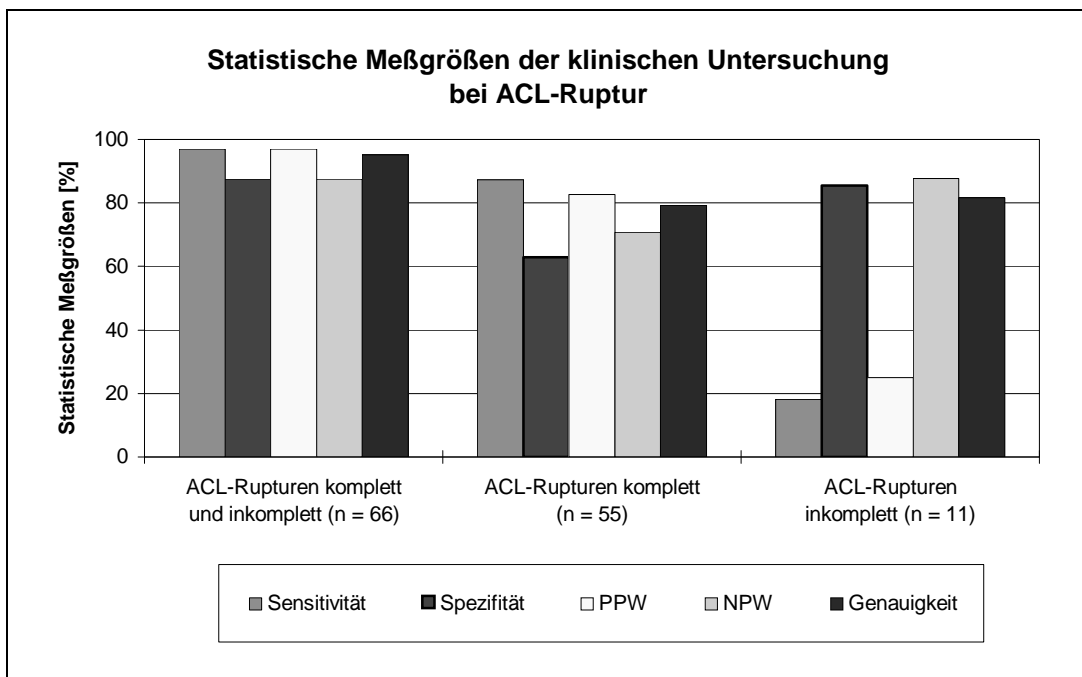


Abb. 2

#### 4.3.2 Magnetresonanztomographie

Läsionen des vorderen Kreuzbandes wurden in 61 von 66 Fällen in der MRT richtig erkannt. Bei einem falsch positiven und 5 falsch negativen Befunden ließen sich eine Sensitivität von 92,4 %, eine Spezifität von 93,8 %, ein PPW von 98,4 %, ein NPW von 75,0 % und eine Genauigkeit von 92,7 % ermitteln.

55 vordere Kreuzbänder waren komplett rupturiert. In 50 Fällen wurde dieses von der MRT richtig erkannt, in 9 Fällen beschrieb sie ein falsches Ausmaß der Ruptur; bei 23 Patienten schloß der MRT-Befund eine komplette ACL-Ruptur korrekt aus. 4 von 5 komplett gerissenen Kreuzbändern zeigten sich in der kernspintomographischen Darstellung als intakte Strukturen mit kontinuierlich durchziehenden Faseranteilen. Ausgedünnte oder verquollene Bandanteile wurden zwar gesehen, jedoch nicht als Ruptur interpretiert. Eine der 5 kompletten Rupturen bezeichnete die MRT als inkomplett. Fibrilläre Strukturen waren erkennbar, jedoch unscharf abgegrenzt.

Hinsichtlich der Erkennung einer kompletten ACL-Ruptur lagen die Werte für die Sensitivität der MRT bei 90,9 %, für die Spezifität bei 85,2 %, für den PPW bei 92,6 % und für den NPW bei 82,1 %. Die Genauigkeit hatte einen Zahlenwert von 89,0 %.

Dagegen diagnostizierte die Arthroskopie 11 inkomplette Rupturen des vorderen Kreuzbandes. 6 kernspintomographische Befunde stimmten mit dieser Diagnose überein. 4 Teilrupturen erschienen in der MRT als Totalrupturen, eine inkomplette Ruptur wurde als „intakte Struktur“ bezeichnet. Auffällig waren hier die geringe Sensitivität von 54,5 % und der PPW von 75 %. Die Spezifität lag bei 97,2 %, der NPW bei 93,2 % und die Genauigkeit bei 91,5 %.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt.

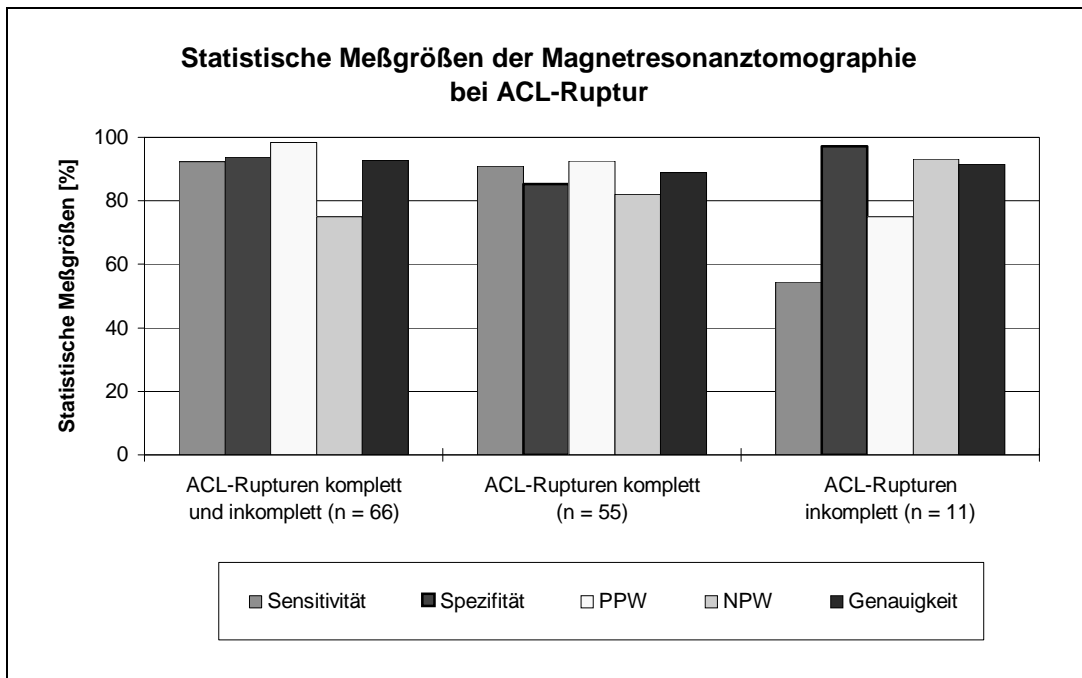


Abb. 3

#### 4.4 Therapeutische Konsequenzen

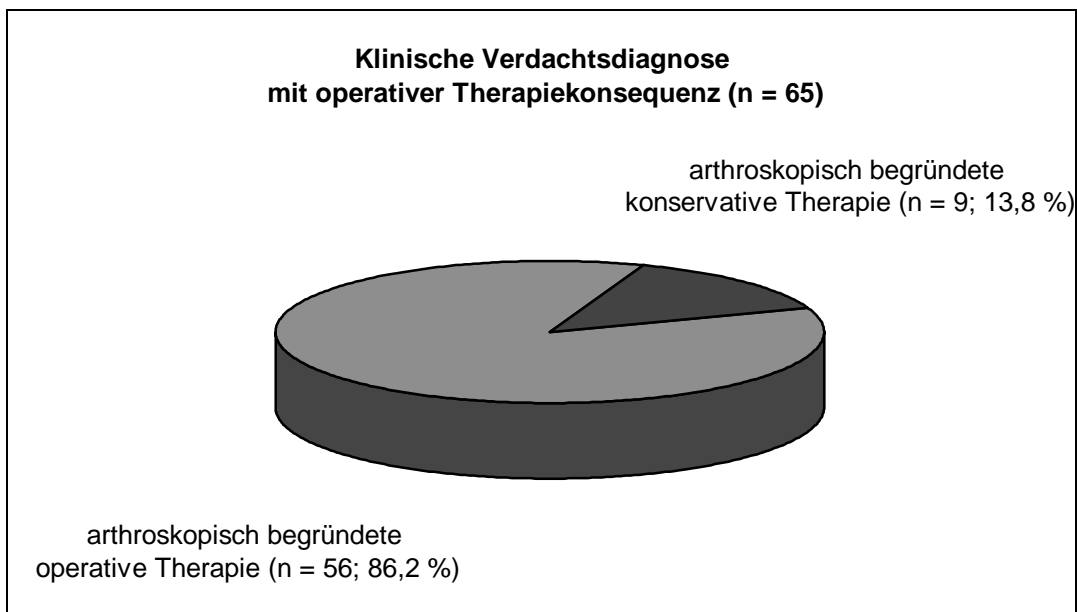
Bei 67 von 82 Patienten (81,7 %) wurde nach arthroskopisch gesicherter Diagnose eine Operation durchgeführt, während 15 Patienten (18,3 %) nicht operationsbedürftige Verletzungen aufwiesen.

##### 4.4.1 Klinische Untersuchung

Nach Erarbeitung der klinischen Verdachtsdiagnose wurde in 65 Fällen (79,3 %) die Entscheidung für eine operative Therapiemaßnahme getroffen. Bei 58 Patienten genügte die Diagnose einer kompletten ACL-Ruptur, um diesen therapeutischen Schritt zu rechtfertigen. In den 7 anderen Fällen stellte der Untersucher 3mal wegen des Verdachts auf eine Patellaluxation,

und jeweils 1mal wegen des Verdachts auf eine Quadrizepssehnenruptur, einen freien Gelenkkörper, eine Ersatzplastikruptur und einen Riß des hinteren Kreuzbandes die Indikation zur Operation.

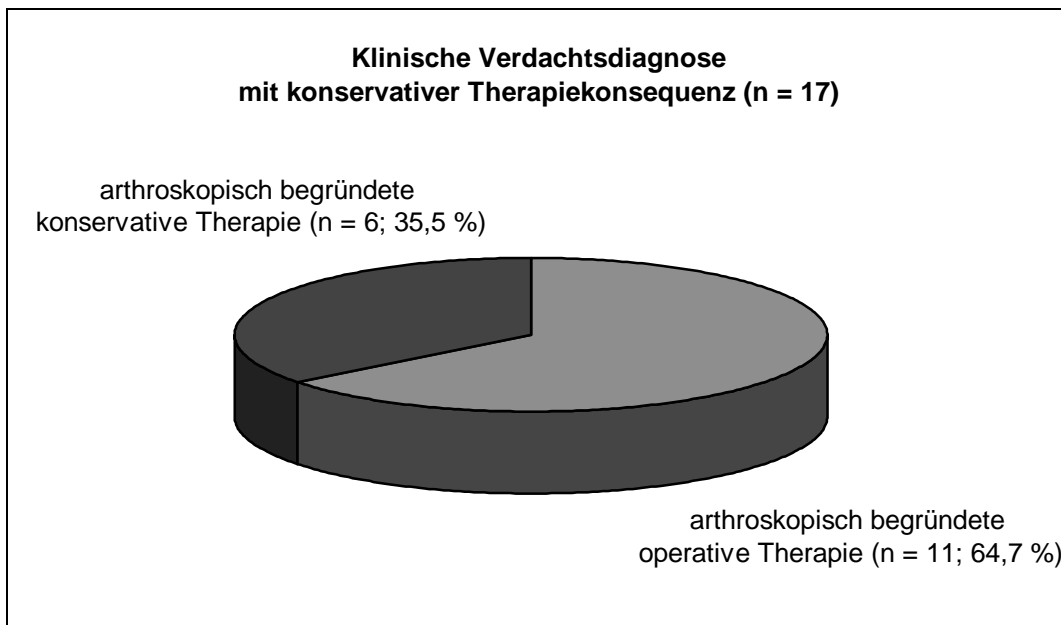
Nur bei 9 Patienten (13,8 %) widersprach der arthroskopische Befund der klinischen Indikationsstellung. Häufigster Grund für die Fehlentscheidung waren falsch positive Befunde einer kompletten ACL-Ruptur (Abb. 4).



**Abb. 4**

17 Patienten (26,2 %) wäre nach der klinischen Untersuchung eine konservative Therapie empfohlen worden, die der Operateur nur in 6 Fällen befürwortet hätte. 11 Kniegelenke (64,7 %) hätten entgegen dem klinischen Vorschlag operativ versorgt werden müssen. Von diesen wiesen allein 5 komplette Rupturen des vorderen Kreuzbandes auf, die klinisch als inkomplette Rupturen beurteilt worden sind. Nur bei 6 Patienten (35,5 %) war eine konservative Therapie indiziert (Abb. 5).

Insgesamt konnte aufgrund der klinischen Verdachtsdiagnose bei 62 Patienten (75,6 %) die richtige Therapieentscheidung getroffen werden.

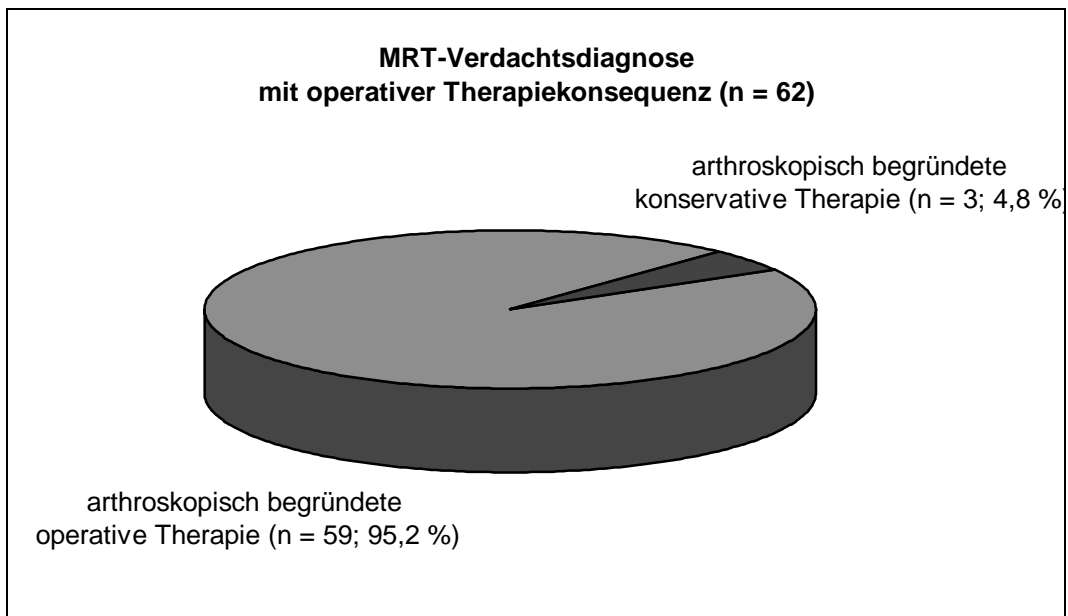


**Abb. 5**

#### 4.4.2 Magnetresonanztomographie

Die MRT-Diagnostik hätte in 62 von 82 Fällen (75,6 %) eine operative Therapie begründet. Bei 59 Patienten (95,2 %) wurde aufgrund der arthroskopischen Diagnostik eine operative Vorgehensweise geplant, in 3 Fällen (4,8 %) jedoch keine Operationsindikation gestellt. Bei diesen Patienten diagnostizierte die MRT nicht operationspflichtige inkomplette ACL-Rupturen, die sich arthroskopisch als komplett erwiesen und durch eine Ersatzplastik operativ versorgt wurden (Abb. 6).

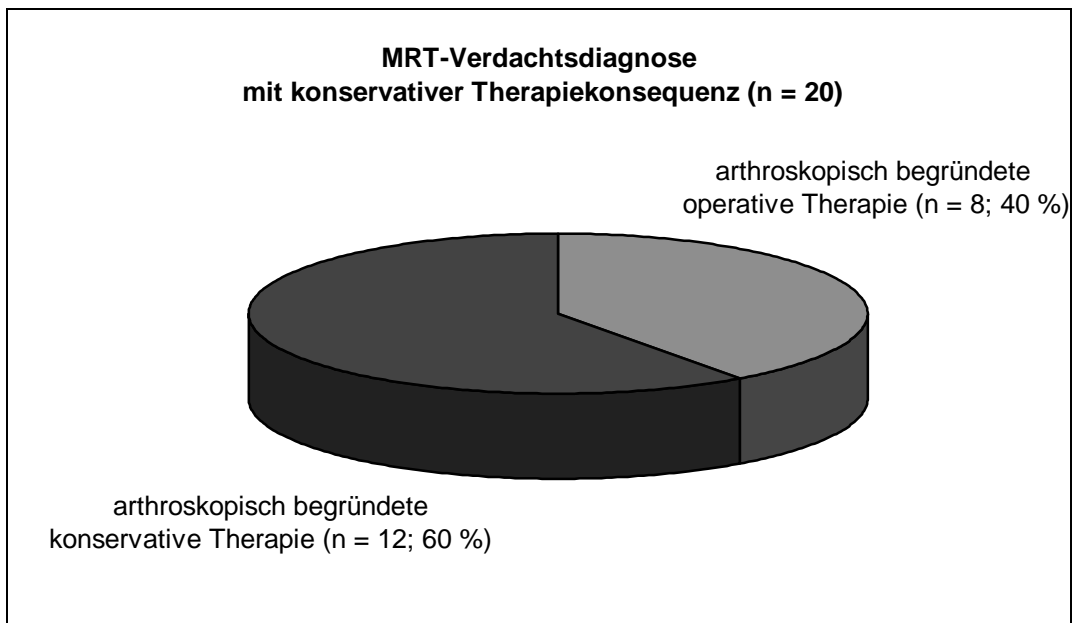




**Abb. 6**

20 von 82 Patienten (24,4 %) sollten laut MRT-Befund einer konservativen Behandlung zugeführt werden. Dieses Konzept war jedoch nur in 60 % der Fälle (12 Patienten) gerechtfertigt. Bei 8 Patienten (40 %) war entgegen dem MRT-Befund eine Operation anzuraten. 4 von diesen wiesen eine komplette ACL-Ruptur auf, die die MRT entweder übersah oder als inkomplette Ruptur identifizierte. Ein Innenmeniskusbasisriß deutete die MRT als Innenmeniskusdegeneration fehl, 2 Patellaluxationen sowie ein freier Gelenkkörper wurden nicht erkannt (Abb. 7).

Insgesamt konnte durch die kernspintomographische Untersuchung in 71 von 82 Fällen (86,6%) eine richtige Entscheidung hinsichtlich eines operativen oder konservativen Vorgehens getroffen werden.



**Abb. 7**

## 5 Diskussion

Eine Vielzahl von isolierten oder kombinierten intraartikulären Verletzungen können dem traumatischen Hämarthros des Kniegelenks zugrunde liegen. Dabei stellt die Verletzung des vorderen Kreuzbandes die häufigste Pathologie des traumatischen Hämarthros dar. In unserer Studie war eine ACL-Ruptur bei 66 von 82 Patienten (80 %) für den Hämarthros allein oder in Kombination ursächlich und lag somit an vierter Stelle der im Literaturvergleich ermittelten Häufigkeitsangaben (Tab. 6).

Autor	Anteil der VKB-Rupturen
Adalberth et al., 1997	85 %
Bachmann et al., 1996	86 %
Benedetto et al., 1990	65 %
Gaudernak, 1982	70 %
Gillquist et al., 1977	59 %
Jürgensen et al., 1996	81 %
Maffulli et al., 1993	67 %
Noyes et al., 1980	72 %
Träger und Döring, 1991	48 %
eigene Studie	80 %

**Tab. 6: Anteil der ACL-Rupturen als Ursache des Hämarthros**

Insgesamt ist der HämARTHROS in etwa 90 % der Fälle durch schwerwiegende Kniebinnenverletzungen wie Band-, Meniskus- und Knorpelschäden verursacht ist (*Barber et al., 1993; Neumann et al., 1991; Passler et al., 1989; Träger und Döring, 1991*), die ein chirurgisches Vorgehen verlangen. Mit der zunehmenden Einführung der arthroskopischen, minimal-invasiven Operationstechniken entwickelte sich die Arthroskopie immer mehr zu einer universellen und therapeutischen Methode, wobei Diagnostik und Therapie meist in einer Sitzung durchgeführt werden können. Dies mag Ursache für den eindeutigen Trend sein, die Indikation zur Arthroskopie großzügig zu stellen und sie frühzeitig in das Therapiekonzept einzubinden (*Benedetto et al., 1988; Benedetto et al., 1990; Hertel und Schweiberer, 1980; Krueger et al., 1990; Menger et al., 1985; Schmidt et al., 1984*).

Trotz ihrer Vorzüge ist die Arthroskopie aufgrund ihrer Invasivität allerdings auch mit Nachteilen verbunden, auf die bereits hingewiesen wurde. Aus diesem Grund wäre es von Vorteil, auf adäquate nicht-invasive Untersuchungsverfahren zurückgreifen zu können, wenn Anamnese und Untersuchungsbefund nicht die Erstellung einer sicheren „Arbeitsdiagnose“ ermöglichen.

Unter Verwendung der Arthroskopieergebnisse als Referenzbefunde war es ein Ziel der vorliegenden Studie, die Aussagekraft von anamnestischen Daten in Kombination mit der klinischen Untersuchung, dem Punktionsbefund und der röntgenologischen Untersuchung zu bewerten. Dabei war der Nachweis von Einzelläsionen beim HämARTHROS des Kniegelenks sowie die Beurteilung der Richtigkeit der aus den Untersuchungsbefunden abgeleiteten therapeutischen Konsequenzen von Interesse.

Die Sensitivität von klinischen Untersuchungsmethoden hinsichtlich der Verletzung des vorderen Kreuzbandes oder von Kombinationsverletzungen mit Beteiligung des VKB wird je nach angewandtem Testverfahren und deren Durchführung mit oder ohne Narkose in der Literatur mit 27 % bis 100 % beziffert (Tab. 7).

Unter den klinischen Tests scheint der Lachmann-Test mit Werten zwischen 85 und 100 % die größte Sensitivität (*Katz und Fingerroth, 1986; Lee et al., 1988; Neumann et al., 1991; Wirth und Kolb, 1985*) bei einer ebenso hohen Spezifität zwischen 89 und 100 % (*Lee et al., 1988; Neumann et al., 1989*)

zu haben. Dagegen lag die Sensitivität des vorderen Schubladentests ohne Narkose in den meisten Quellen nur zwischen 22,8 % und 36 % (*Katz und Fingerroth et al., 1986; Neumann et al., 1991; Wirth und Kolb, 1985*), lediglich die Angaben von *Lee et al. (1988)* sowie *Wirth und Kolb (1985)* waren mit 78 % bzw. 56 % (in Narkose) höher. Für den Pivot-Shift-Test rangierten die Sensitivitätsangaben zwischen 13 % (*Wirth und Kolb, 1985*) und 77,1 % (*Katz und Fingerroth, 1986*).

Autor	Test	Sensitivität	Spezifität
Katz und Fingerroth, 1986	Lachmann-Test	88,8 %	k. A.
	vord. Schubladentest	22,8 %	k. A.
	Pivot-Shift-Test	77,1 %	k. A.
	Kombination d. Tests	92,0 %	k. A.
Lee et al., 1988	Lachmann-Test	89 %	100 %
	vord. Schubladentest	78 %	100 %
Neumann et al., 1991	Lachmann-Test	85 %	89 %
	vord. Schubladentest	36 %	k. A.
Wirth und Kolb, 1985	Lachmann-Test	92 / 100 %	k. A.
	vord. Schubladentest	27 / 56 %	k. A.
	Pivot-Shift-Test	13 / 68 % (ohne/mit Anästh.)	k. A.

**Tab. 7: Wertigkeit klinischer Tests bei ACL-Verletzungen**

Diese deutlich divergierenden Ergebnisse begründen die im Schrifttum vertretene Auffassung, daß die Aussagekraft der klinischen Untersuchung zur Verifizierung einer akuten Meniskus- oder Bandläsion von der Compliance des Patienten abhängig und daher eingeschränkt ist (*Blauth und Helm, 1988; Gillquist et al., 1977; Menger et al., 1985; Neumann et al., 1991; Noyes et al., 1980; Passler et al., 1989; Steinbrück und Wiehmann, 1988; Träger und Döring, 1991*).

In unserer Studie wurde versucht, anhand der anamnestischen Daten in Kombination mit der klinischen Untersuchung, dem Punktionsbefund und der röntgenologischen Untersuchung eine Verdachtsdiagnose zu stellen.

Dabei waren in unserem Patientenkollektiv 73 der 113 arthroskopisch beurteilten Blutungsquellen den klinischen Untersuchungsmethoden zugänglich, wozu die ACL- und PCL-Ruptur, die Patellaluxation, die Quadrizepssehnenruptur sowie die ACL-Ersatzplastikruptur gehörten. Ebenso wurden die Menisken klinisch getestet, wobei keine Aussage darüber möglich war, ob ein Riß im Bereich der Meniskusbasis vorlag und demnach eine Blutungsquelle darstellte. Synovia- oder Plicarupturen, Kontusionsverletzungen sowie chondrale oder osteochondrale Läsionen entzogen sich der klinischen Untersuchung völlig.

70 der 73 (96 %) klinisch erkennbaren Blutungsquellen waren schließlich richtig-positiv diagnostiziert worden. Zwei komplett rupturierte vordere Kreuzbänder sowie eine PCL-Ruptur wurden klinisch nicht erkannt. Zwei als „komplett“ bzw. „inkomplett gerissen“ beschriebene Kreuzbänder wiesen arthroskopisch keine Läsion auf und waren demnach falsch-positiv. Bei den Außenmeniskusrupturen wurden durch die klinische Diagnostik von 39 Rupturen nur 17 richtig erkannt und 22 übersehen, von den 38 Innenmeniskusrissen wurden 24 richtig nachgewiesen, 14 blieben unerkannt und 12 Risse konnten arthroskopisch nicht bestätigt werden. Die Prüfung des medialen Seitenbandes ergab 13mal einen richtig positiven Befund, 10 Befunde waren falsch-negativ und 4 waren falsch-positiv. Die Diagnose eines freien Gelenkkörpers konnte nur mit Hilfe des Röntgenbefundes eindeutig gestellt werden. Die anamnestische Befragung allein ergab keine ausreichend charakteristischen Hinweise für eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes.

Insgesamt konnte jedoch die Ruptur des vorderen Kreuzbandes als zahlenmäßig bedeutsamste Kniebinnenverletzung durch die klinische Diagnostik 64mal, durch die Arthroskopie 66mal nachgewiesen werden. Nur 2 Befunde waren falsch negativ, 2 falsch positiv, was einer Sensitivität von 96,9 %, einer Spezifität von 87,5 %, einem Positiven Prädiktiven Wert von 96,9 %, einem Negativen Prädiktiven Wert von 87,5 % und einer Genauigkeit von 95,1 % entspricht.

Dagegen fielen die Werte für die Diagnose einer inkompletten ACL-Ruptur (Sensitivität 18,2 %, Spezifität 85,5 %, PPW 25,0 %, NPW 87,8 %, Genauigkeit 81,7 %) deutlich schlechter aus als die statistischen Meßgrößen zur Beurteilung von kompletten ACL-Rupturen (Sensitivität 87,3 %, Spezifität 62,9 %, PPW 82,7 %, NPW 70,8 %, Genauigkeit 79,3 %).

Diese Schwächen der klinischen Untersuchung wirkten sich auf die Richtigkeit der Therapieentscheidung im Gesamtkollektiv aus. Diese wurde anhand der Arthroskopie als Referenzmethode beurteilt, die für 81,7 % der Patienten eine Operation, für 18,3 % eine konservative Behandlung vorsah.

Nach Erarbeitung der klinischen Verdachtsdiagnose wurde in 65 Fällen (79,3 %) die Entscheidung für eine operative Therapiemaßnahme getroffen, wobei der arthroskopische Befund nur bei 9 Patienten (13,8 %) der klinischen Indikationsstellung widersprach. Falsch-positive Befunde einer kompletten ACL-Ruptur waren der häufigste Grund für eine Fehlentscheidung.

17 Patienten (26,2 %) wäre nach der klinischen Untersuchung eine konservative Therapie empfohlen worden, was sich nur in 6 Fällen als richtig erwies. Dagegen hätten 11 Kniegelenke (64,7 %) entgegen der klinischen Verdachtsdiagnose operativ versorgt werden müssen. Von diesen wiesen allein 5 komplette Rupturen des vorderen Kreuzbandes auf, die klinisch als inkomplette Rupturen beurteilt worden sind. Nur bei 6 Patienten (35,5 %) war eine konservative Therapie indiziert. Insgesamt konnte aufgrund der klinischen Untersuchung bei 62 Patienten (75,6 %) mit einem Hämarthros des Kniegelenks die richtige Therapieentscheidung getroffen werden.

Aufgrund der beträchtlichen Konsequenzen, die aus einer falschen Diagnostik resultieren können (*Blauth und Helm, 1988; Jerosch et al., 1994*), ist eine zuverlässige Therapieentscheidung anhand der anamnestischen Daten in Kombination mit der klinischen Untersuchung, dem Punktionsbefund und der röntgenologischen Untersuchung nicht möglich.

Zwei andere nicht-invasive Verfahren, die Sonographie (*Kelsch et al., 1996; Ritzmann und Weyand, 1992; Sell et al., 1990; Wittner und Müller-Farber, 1991*) und die Computertomographie (*Jerosch et al., 1991; Sell et al., 1990*), haben sich in der Diagnose des Kniegelenkstraumas nur wenig durchsetzen können, da die Angaben zur Sensitivität und Spezifität (Tab. 8 und 9) meist

schlechter ausfielen als bei der Magnetresonanztomographie, mit der sich auch unsere Studie befaßte.

Autor	Diagnose	Sensitivität	Spezifität
Kelsch et al., 1996	ACL	65%	90%
Ritzmann und Weyand, 1992	ACL	95,2%	92,5%
Sell et al., 1990	Meniskusläsion	80 %	97 %
Wittner und Müller-Farber, 1991	ACL	96,1 %	75,2 %

**Tab. 8: Wertigkeit der Sonographie beim Kniegelenkstrauma**

Autor	Lokalisation d. Läsion	Sensitivität	Spezifität
Jerosch et al., 1991	medialer Meniskus	88 %	94 %
	lateral Meniskus	75 %	98 %
Sell et al., 1990	Meniskus	91 %	56 %

**Tab. 9: Wertigkeit der CT beim Kniegelenkstrauma**

Mit der MRT, bei der die Untersuchung der Extremitäten - nach Untersuchungen des Gehirns und der Wirbelsäule - die dritthäufigste Indikation darstellt (*Oberstein et al., 1990*), existiert ein nicht-invasives, nebenwirkungsfreies Verfahren zur Diagnostik von Kniebinnenverletzungen, das in zahlreichen Studien seine hohe Leistungsfähigkeit im Nachweis von Verletzungen der Kreuzbänder, Menisken und des osteochondralen Übergangs bewiesen hat.

Bei Verletzungen des vorderen Kreuzbandes wird die diagnostische Wertigkeit des MRT in der Literatur mit einer Sensitivität zwischen 61 % und 100 %



und einer Spezifität zwischen 50 % und 100 % angegeben (*Adalberth et al., 1997; Boeree et al., 1991; Glashow et al., 1989; Högerle et al., 1994; Jackson et al., 1988; Jerosch et al., 1990; Lee et al., 1988; Liu et al., 1994; Mandelbaum et al., 1986; Mink et al., 1988; Polly et al., 1988; Träger et al., 1992*). Die Ergebnisse der verschiedenen Studien sind in Tabelle 10 aufgeschlüsselt.

Autor	Läsion	Sensitivität	Spezifität
Adalberth et al., 1997	ACL	97 %	50 %
Boeree et al., 1991	ACL	97 %	89 %
Glashow et al., 1989	ACL	61 %	82 %
Högerle et al., 1994	ACL	90 %	99 %
Jackson et al., 1988	ACL	100 %	96,3 %
Jerosch et al., 1990	ACL	86 %	97 %
Lee et al., 1988	ACL	94 %	100 %
Liu et al., 1994	ACL	97 %	97 %
Mandelbaum et al., 1986	ACL	100 %	100 %
Mink et al., 1988	ACL	85 % (T1-gew.) 100 % (T2-gew.)	95 % (T1-gew.) 96 % (T2-gew.)
Polly et al., 1988	ACL	100 %	96,9 %
Träger et al., 1992	ACL	100 %	100 %

**Tab. 10: Wertigkeit der MRT bei ACL-Verletzungen**

Bei Verletzungen des Meniskus zeigt die MRT für den medialen Meniskus Sensitivitätswerte zwischen 83 % und 97,6 % und Spezifitätswerte zwischen 29 % und 100%, beim lateralen Meniskus betrug die Sensitivität zwischen 66,7 % und 100 %, die Spezifität zwischen 27 % und 100 % (Tab. 11) (Adalberth et al., 1997; Boeree et al., 1991; Glückert et al., 1992; Högerle et al., 1994; Jackson et al., 1988; Jerosch et al., 1991; Kelly et al., 1991; Mandelbaum et al., 1988; Mink et al., 1988; Polly et al., 1988; Raunest et al., 1991; Wacker et al., 1989).

Autor	Läsion	Sensitivität	Spezifität
Adalberth et al., 1997	medialer Meniskus	83 %	29 %
	lateralen Meniskus	94 %	27 %
Boeree et al., 1991	medialer Meniskus	96,7 %	91,3 %
	lateralen Meniskus	96,1 %	98 %
Glückert et al., 1992	medialer Meniskus	97,1 %	93,3 %
	lateralen Meniskus	100 %	100 %
Högerle et al., 1994	medialer Meniskus	92 %	95 %
	lateralen Meniskus	91 %	97 %
Jackson et al., 1988	medialer Meniskus	97,6 %	89,1 %
	lateralen Meniskus	84,6 %	98,7 %
Jerosch et al., 1991	medialer Meniskus	88 %	92 %
	lateralen Meniskus	75 %	98 %
Kelly et al., 1991	medialer Meniskus	97 %	77 %
	lateralen Meniskus	90 %	87 %
Mandelbaum et al., 1986	medialer Meniskus	95,7 %	81,8 %
	lateralen Meniskus	75 %	95 %

**Tab. 11: Wertigkeit der MRT bei Meniskusverletzungen**

Autor	Läsion	Sensitivität	Spezifität
Mink et al., 1988	medialer Meniskus	97 %	89 %
	lateral Meniskus	92 %	91 %
Polly et al., 1988	medialer Meniskus	95,8 %	100 %
	lateral Meniskus	66,7 %	95,1 %
Raunest et al., 1991	medialer Meniskus	94 %	37 %
	lateral Meniskus	78 %	69 %
Wacker et al., 1989	medialer Meniskus	93,3 %	89,2 %

**Tab. 11 (Forts.): Wertigkeit der MRT bei Meniskusverletzungen**

Die Wertigkeit der MRT bei Knorpelverletzungen wurde im Schrifttum weniger häufig untersucht. Es fanden sich je nach Fragestellung Angaben zwischen 64 % und 100 % für die Sensitivität und 50 % und 100 % für die Spezifität (Tab. 12) (*Handelberg et al., 1990; Högerle et al., 1994*).

Autor	Läsion	Sensitivität	Spezifität
Handelberg et al., 1990	Patella	100 %	50 %
	sonstiger Knorpel	78,9 %	91,4 %
Högerle et al., 1994	Knorpel (gesamt)	64 %	99 %
	Knorpel (Einriß)	100 %	100 %

**Tab. 12: Wertigkeit der MRT bei Knorpelverletzungen**

Ziel der vorliegenden Studie war es zu untersuchen, ob eine präoperativ durchgeführte MRT als nicht invasives, nebenwirkungsfreies Verfahren zuverlässig in der Lage ist, die Blutungsquelle im Kniegelenk zu lokalisieren

und zu spezifizieren, mit Hilfe dieses Nachweises die Indikation zur Arthroskopie zu bestätigen bzw. abzulehnen sowie im Rahmen dieser Leistung fundierte Hilfestellungen für spätere Therapieplanungen, seien sie operativer oder konservativer Natur, zu geben.

78 % der Blutungsquellen wurden durch die MRT richtig identifiziert. Nicht erkannt wurden beispielsweise sämtliche Plica- und Synoviarupturen sowie 5 der 66 Rupturen des vorderen Kreuzbandes. Von 9 Meniskusbasisrissen erkannte die MRT 4 nicht, ebenso 2 Patellaluxationen.

Für die Diagnostik von Läsionen des vorderen Kreuzbandes ließ sich eine Sensitivität von 92,4 %, eine Spezifität von 93,8 %, ein PPW von 98,4 %, ein NPW von 75,0 % und eine Genauigkeit von 92,7 % ermitteln. Auch hier fielen - wie schon bei der klinischen Untersuchungen - die Werte für inkomplette Rupturen (Sensitivität 54,5 %, Spezifität 97,2 %, PPW 75 %, NPW 93,2 %, 91,5 %) zwar auch schlechter aus als für komplette Rupturen (Sensitivität 90,9 %, Spezifität 85,2 %, PPW 92,6 %, NPW bei 82,1 %, Genauigkeit 89,0 %), jedoch in deutlich geringerem Ausmaß.

Laut MRT-Befund wäre in 75,6 % der Fälle eine operative Therapie indiziert gewesen. Aufgrund der arthroskopischen Diagnostik wurde bei 95,2 % dieser Patienten eine operative Vorgehensweise angeraten, bei 4,8 % wurde keine Operationsindikation gestellt. Hier hatte die MRT nicht operationspflichtige inkomplette ACL-Rupturen festgestellt, die sich arthroskopisch als komplett erwiesen und operativ versorgt wurden.

Bei 24,4 % der Patienten fiel die Therapieentscheidung laut MRT-Befund auf eine konservative Behandlung, was sich arthroskopisch nur in 60 % der Fälle als richtig erwies. Bei 40 % (8 Patienten) war entgegen dem MRT-Befund eine Operation anzuraten: 4 hatten eine komplette ACL-Ruptur, die die MRT entweder übersah oder als inkomplette Ruptur identifizierte, ein Innenmeniskusbasisriß wurde als Innenmeniskusdegeneration fehlinterpretiert, 2 Patellaluxationen sowie ein freier Gelenkkörper waren nicht erkannt worden.

Insgesamt konnte durch die kernspintomographische Untersuchung in 71 von 82 Fällen (86,6 %) eine richtige Therapieentscheidung getroffen werden.

In Anbetracht der im Vergleich zu den anderen nicht-invasiven Verfahren (Klinik, Sonographie, CT) guten Ergebnisse zur Wertigkeit der MRT bei der Diagnostik des Kniebinnentraumas sowohl in der eigenen Studie als auch im Schrifttum stellt sich die Frage nach einer sinnvollen Kombination von MRT und Arthroskopie beim HämARTHROS des Kniegelenks, um eine optimale Behandlung, bestehend aus nicht-invasiver Diagnostik und minimal-invasiver Chirurgie, falls erforderlich, zu erzielen.

Die MRT bietet die Möglichkeit, nichtinvasiv neben der Darstellung knöcherner Strukturen, auch Weichteilgewebe zu beurteilen. Wenn morphologische Kriterien bestimmt und allgemeine Erkenntnisse zur Vaskularisation berücksichtigt werden, sind mit der MRT Angaben zur ursächlichen Blutungsquelle beim HämARTHROS möglich. Dies ergab neben unserer Untersuchung auch eine Studie von *Jürgensen et al. (1996)*, in der 107 von 123 Blutungsquellen (87 %) kernspintomographisch richtig diagnostiziert werden konnten.

Trotz der hohen Nachweisraten der MRT für verschiedene Knieverletzungen sollte die klinische Bedeutung dieser Untersuchungsmethode vor dem Hintergrund des relativ hohen Aufwandes der Methode, der Konkurrenz zur Arthroskopie, der Uneinigkeit über das therapeutische Vorgehen und der häufigen SpäARTHROSEN kritisch bewertet werden (*Bachmann et al., 1996*). Für die Therapieplanung gewinnen neben rein morphologischen Aspekten auch andere Aspekte, wie Begleitverletzungen, Gesamtstabilität des Knies, sportliche Aktivitäten, Compliance und Patientenalter, immer mehr an Bedeutung. Beispielsweise müssen isolierte Kreuzbandrupturen nicht immer rekonstruiert werden, wenn das Knie sonst stabil ist und wenig Sport betrieben wird, was auch für viele Kollateralbandrisse zutrifft, die man zunehmend konservativ-funktionell behandelt. Weitgehend einstimmig wird dagegen die Indikation zur ACL-Rekonstruktion gestellt, wenn zusätzlich zur Kreuzbandruptur weitere Verletzungen vorliegen, das Knie instabil ist oder weiterhin hohen physischen Belastungen standhalten muß (*Jerosch et al., 1994*).

Durch die Fähigkeit eines Diagnoseverfahrens, die weitere Therapie festzulegen, wird im wesentlichen ihr klinischer Wert bestimmt. Durch die klinische Untersuchung wurde in unserer Studie die Indikation zur Operation in 86,2 %, zur konservativen Behandlung in 35,5 % richtig gestellt. Dies bedeutet, daß basierend auf der klinischen Verdachtsdiagnose 64,7 % der Pa-

tienten, bei denen arthroskopisch eine Operationsindikation bestanden hätte, keiner Operation zugeführt worden wären.

Durch die MRT wurde die Indikation zur Operation in 95,2 % und zur konservativen Therapie in 60 % korrekt gestellt. Der höhere Vorhersagewert für eine operative Therapie liegt vor allem im weitaus höheren Anteil operierter Patienten (67 operierte gegenüber 15 konservativ behandelte Patienten) begründet. Die Limitation in der Vorhersage der weiteren Therapie bestand vor allem in der schwierigen Differenzierung zwischen partieller und kompletter Ruptur des vorderen Kreuzbandes in der MRT, auf die auch andere Autoren hingewiesen haben (*Bachmann et al., 1996; Högerle et al., 1994; Jerosch et al., 1989; Jerosch und Assheuer, 1992; Jürgensen et al., 1996*). Im Akutstadium der Ruptur können infolge Ödembildung oder Einblutung noch durchgehende fibrilläre Elemente vielfach nicht mehr abgegrenzt werden, so daß partielle Rupturen wie komplette erscheinen. Nach Ansicht von *Bachmann et al. (1996)* sollten weitere Studien klären, ob in einigen Fällen eine verzögerte MRT-Untersuchung nach 3 bis 4 Wochen sinnvoll ist, um nach Resorption von Ödem oder Blutung durchgehende Bandstrukturen wieder erkennen zu können.

Die schwierige Diagnose von kleinen oder inkompletten Meniskusrissen in der MRT war demgegenüber von geringer therapeutischer Relevanz, da sie ohne Einfluß auf die Therapieentscheidung war. Ähnlich wie in unserer Studie entgingen Plicarupturen auch in der Untersuchung von *Jürgensen et al. (1996)* in einem sehr hohen Anteil (86 %) der MRT-Diagnostik. Schwierigkeiten bei der Darstellung synovialer Plicae sind auch aus den Berichten anderer Autoren bekannt, insbesondere dann, wenn keine axialen MRT-Schnittbilder durchgeführt werden (*Högerle et al., 1994; Jerosch et al., 1989*).

Die klinische Bedeutung der MRT nach schwerem Knie trauma ist nicht nur von der diagnostischen Leistungsfähigkeit abhängig, sondern auch von den örtlichen Therapierichtlinien, dem Entwicklungsstand der diagnostischen und operativen Arthroskopie und der Zusammensetzung der Patientenkollektive. An Kliniken mit allgemeiner Bevorzugung operativer Therapien, hohem Entwicklungsstand transarthroskopischer Techniken und vorwiegend jungen, sportlich aktiven Patienten bleiben nur wenige Indikationen für die

MRT. Wenn konservative Therapiestrategien bevorzugt werden oder vorwiegend offene Eingriffe am Kniegelenk durchgeführt werden, stellt die MRT eine Alternative zur rein diagnostischen oder präoperativen Arthroskopie dar und kann weitere, klinisch okkulte Verletzungen erfassen. Beim Hämarthros unklarer Genese und fraglicher Indikation zur Operation (hohes Alter, keine sportliche Aktivität) kann die MRT als nichtinvasive Screeningmethode eingesetzt werden (*Bachmann et al., 1996*).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die MRT beim frischen traumatischen Hämarthros hinsichtlich der Verletzungen von Binnenstrukturen und der Blutungsquellen wertvolle Informationen liefern kann. Mit ihrer Hilfe kann in einem hohen Prozentsatz nicht-invasiv die Therapiekonsequenz aus den zugrundeliegenden Verletzungen abgeleitet werden. Der Einsatz der MRT-Untersuchung sollte jedoch von der Verfügbarkeit und dem jeweiligen Therapieregime abhängig gemacht werden, da beim traumatischen Hämarthros mit einem hohen Anteil operationspflichtiger Verletzungen gerechnet werden muß und ein Teil dieser Verletzungen (Meniskusbasisrisse, osteochondrale Flakefrakturen) sowieso möglichst schnell operiert werden sollten.

Die exzellente diagnostische Genauigkeit und die Möglichkeit des gleichzeitigen therapeutischen Einsatzes als Vorteile der Arthroskopie, sollten gegenüber den Nachteilen der Invasivität der Arthroskopie und den mit der Operation und Narkose verbundenen Risiken abgewogen werden.

Fehlende Invasivität und hohe Trefferquoten im Nachweis von schweren Knieinnenverletzungen sind die Vorteile der MRT. Ihnen stehen als Nachteile die schlechte Differenzierung von kompletten und inkompletten frischen VKB-Rupturen sowie die schlechte Direktdarstellung von Bagatellverletzungen gegenüber.

Eine routinemäßige MRT-Diagnostik bei jedem traumatischen Hämarthros sollte nach Ansicht von *Jürgensen et al. (1996)* auch in Hinblick auf den zunehmenden Kostendruck nicht empfohlen werden. Es ist eher die Indikation zu einem routinemäßigen Einsatz der Arthroskopie beim Vorliegen eines Hämarthros gegeben, wenn die arthroskopische Diagnostik mit einem gleichzeitigen therapeutischen Eingriff verbunden wird. Die Primärdiagnostik durch die MRT sollte dann vorgenommen werden, wenn eine sekundäre therapeutische Versorgung zu einem späteren Zeitpunkt vorgezogen wird, wie

es häufig bei der VKB-Ruptur praktiziert wird, da eine Arthroskopie als rein diagnostisches Verfahren zur Planung einer späteren Therapie abzulehnen ist.



## 6 Zusammenfassung

In einer prospektiven Studie an 82 Patienten mit einem traumatischen Hämarthros des Kniegelenks wurde geprüft, inwieweit die klinische Untersuchung mit Anamneseerhebung, Funktionstests, Gelenkpunktion sowie Nativröntgen und die Magnetresonanztomographie Aussagen über die zugrundeliegende Blutungsquelle machen und damit Hinweise für das therapeutische Vorgehen liefern können. Als Referenzmethode diente die Arthroskopie, die für 81,7 % der Patienten eine Operation, für 18,3 % eine konservative Behandlung vorsah.

Mittels Arthroskopie konnten bei den 82 Patienten 113 Blutungsquellen ermittelt werden. Eine ACL-Ruptur wurde bei 66 Patienten (80 %) beobachtet und war somit allein oder in Kombination die häufigste Ursache des Hämarthros.

Bei der Diagnose einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes konnte für die klinische Diagnostik eine Sensitivität von 96,9 %, eine Spezifität von 87,5 %, ein PPW von 96,9 %, ein NPW von 87,5 % und eine Genauigkeit von 95,1 % ermittelt werden. Dabei fielen die Werte für die Diagnose einer incompletten ACL-Ruptur (Sensitivität 18,2 %, Spezifität 85,5 %, PPW 25,0 %, NPW 87,8 %, Genauigkeit 81,7 %) deutlich schlechter aus als die statistischen Meßgrößen zur Beurteilung von kompletten ACL-Rupturen (Sensitivität 87,3 %, Spezifität 62,9 %, PPW 82,7 %, NPW 70,8 %, Genauigkeit 79,3 %).

Nach Erarbeitung der klinischen Verdachtsdiagnose wurde in 65 Fällen (79,3 %) die Entscheidung für eine operative Therapiemaßnahme getroffen, wobei der arthroskopische Befund nur bei 9 Patienten (13,8 %) der klinischen Indikationsstellung widersprach. 17 Patienten (26,2 %) wäre nach der klinischen Untersuchung eine konservative Therapie empfohlen worden, was sich nur in 6 Fällen als richtig erwies. Dagegen hätten 11 Kniegelenke (64,7 %) entgegen der klinischen Verdachtsdiagnose operativ versorgt werden müssen. Insgesamt konnte aufgrund der klinischen Untersuchung bei

62 Patienten (75,6 %) mit einem HämARTHROS des Kniegelenkes die richtige Therapieentscheidung getroffen werden.

Bei der MRT ließ sich für die Diagnostik von Läsionen des vorderen Kreuzbandes eine Sensitivität von 92,4 %, eine Spezifität von 93,8 %, ein PPW von 98,4 %, ein NPW von 75,0 % und eine Genauigkeit von 92,7 % ermitteln. Auch hier fielen die Werte für inkomplette Rupturen (Sensitivität 54,5 %, Spezifität 97,2 %, PPW 75 %, NPW 93,2 %, 91,5 %) schlechter aus als für komplette (Sensitivität 90,9 %, Spezifität 85,2 %, PPW 92,6 %, NPW bei 82,1 %, Genauigkeit 89,0 %).

Laut MRT-Befund wäre in 75,6 % der Fälle eine operative Therapie indiziert gewesen. Aufgrund der arthroskopischen Diagnostik wurde bei 95,2 % dieser Patienten eine operative Vorgehensweise angeraten, bei 4,8 % wurde keine Operationsindikation gestellt. Bei 24,4 % der Patienten fiel die Therapieentscheidung laut MRT-Befund auf eine konservative Behandlung, was sich arthroskopisch nur in 60 % der Fälle als richtig erwies. Bei 40 % war entgegen dem MRT-Befund eine Operation anzuraten. Insgesamt konnte durch die kernspintomographische Untersuchung in 71 von 82 Fällen (86,6 %) eine richtige Therapieentscheidung getroffen werden.

Die vorgelegte Untersuchung läßt in Übereinstimmung mit den Ergebnissen des Schrifttums den Schluß zu, daß hohe Trefferquoten im Nachweis von schweren Kniebinnenverletzungen bei fehlender Invasivität als Vorteile der MRT anzusehen sind. Ihnen stehen als Nachteile die schlechte Differenzierung von kompletten und inkompletten frischen VKB-Rupturen sowie die schlechte Direkt Darstellung von Bagatellverletzungen gegenüber.

Eine routinemäßige MRT-Diagnostik bei jedem traumatischen HämARTHROS sollte nicht empfohlen werden. Es ist eher die Indikation zu einem routinemäßigen Einsatz der Arthroskopie beim Vorliegen eines HämARTHROS gegeben, wenn die arthroskopische Diagnostik mit einem gleichzeitigen therapeutischen Eingriff verbunden wird. Die Primärdiagnostik durch die MRT sollte dann vorgenommen werden, wenn eine sekundäre therapeutische Versorgung zu einem späteren Zeitpunkt vorgezogen wird, wie es häufig bei der VKB-Ruptur praktiziert wird, da eine Arthroskopie als rein diagnostisches Verfahren zur Planung einer späteren Therapie abzulehnen ist.

## 7 Literatur

1. Adalberth T, Roos H, Laurén M, Akeson P, Sloth M, Jonsson K, Lindstrand A, Lohmander LS (1997)  
Magnetic resonance imaging, scintigraphy, and arthroscopic evaluation of traumatic hemarthrosis of the knee.  
Am J Sports Med 25: 231-237.
2. Adam G, Prescher A, Nolte-Ernsting C, Bühne M, Scherer K, Küpper W, Günther RW (1994)  
MRT des hyalinen Kniegelenkknorpels.  
RöFo 160:143-148.
3. Alm A, Gillquist J, Liljedahl SO (1974)  
The diagnostic value of arthroscopy of the knee joint.  
Injury 5: 319-324.
4. Bachmann G, Jürgensen I, Leiers S, Rauber K (1996)  
Die MRT beim Hämarthros des Kniegelenkes: Bestimmung von Blutungsursachen, Verletzungsmustern und Therapie.  
RöFo 165: 270-275.
5. Barber FA, Prudich JF (1993)  
Acute traumatic knee hemarthros.  
Arthroscopy 9: 174-176.
6. Bassett LW, Grover JS, Seeger LL (1990)  
Magnetic resonance imaging of knee trauma.  
Skeletal Radiol 19: 401-405.
7. Benedetto KP, Glötzer W (1983)  
Hämarthros des Kniegelenks - ein diagnostisches Problem.  
Chir Praxis 32: 111-117.

8. Benedetto KP, Glötzer W, Sperner G (1984)  
Die Bedeutung der Akutarthroskopie für die Verifizierung der frischen isolierten Kreuzbandruptur.  
Aktuel Traumatol 14: 227-231.
9. Benedetto KP, Glötzer W, Sperner G (1988)  
Arthroskopie beim traumatischen Hämarthros.  
Arthroskopie 1: 63-67.
10. Benedetto KP, Sperner G, Glötzer W (1990)  
Der Kniegelenkhämarthros - differentialdiagnostische Überlegungen zur Planung einer Operation.  
Orthopäde 19: 69-76.
11. Betz A, Witt E, Sebisch E, Schweiberer L (1993)  
Diagnostische und therapeutische Arthroskopie beim frischen Kniegelenkstrauma.  
Chirurg 64: 151-156.
12. Blauth W, Helm CH (1988)  
Vordere Kreuzbandrupturen - ein diagnostisches Problem?  
Unfallchirurg 91: 358-365.
13. Boeree NR, Watkinson A, Ackroyd C, Johnson C (1991)  
MRI of meniscal and cruciate injuries of the knee.  
J Bone Joint Surg 73: 452-457.
14. Bohndorf K, Kretschmer K-H (1996)  
MR-Tomographie (MRT) des Skeletts, der peripheren Weichteile und der Gelenke - Aktuelle Übersicht.  
Akt Radiol 6: 136-143.
15. Cotta H, Puhl W (1976)  
Pathophysiologie des Knorpelschadens.  
Hefte Unfallheilkd 127: 1-18.

16. DeLee J (1985)  
Complications of arthroscopy and arthroscopic surgery: results of national survey.  
Arthroscopy 1: 214-217.
17. Dewey C, Schnackenburg B, Lüning M, Garz W (1988)  
Magnetresonanztomographie des Kniegelenkes.  
Radiol Diagn 29: 809-815.
18. Farquarson-Roberts MA, Osborne AH (1983)  
Partial rupture of the anterior cruciate ligament of the knee.  
J Bone Joint Surg 65: 32-34.
19. Gallimore GW, Harms SE (1986)  
Knee injuries: high-resolution MR imaging.  
Radiology 160: 457-461.
20. Garz G, Lüning M, Dewey C, Garz W, Schnackenburg B (1988)  
CT-Arthrographie und MR-Tomographie - eine Studie der normalen Anatomie der Kreuzbänder des Kniegelenkes.  
Radiol Diagn 29: 563-570.
21. Gaudernak T (1982)  
Der posttraumatische Hämarthros des Kniegelenkes - arthroskopische Abklärung der Ursachen.  
Unfallchirurgie 8: 159-169.
22. Gay B (1983)  
Elektronenmikroskopische Untersuchungen an makroskopisch intakten Kreuzbändern beim Hämarthros.  
Unfallheilkunde 86: 170-172.
23. Gillquist J, Hagberg G, Oretorp N (1977)  
Arthroscopy in acute injuries of the knee joint.  
Acta Orthop Scand 48: 190-196.

24. Glashow JL, Katz R, Schneider M, Scott WN (1989)  
Double-blind assessment of the value of magnetic resonance imaging in the diagnosis of anterior cruciate and meniscal lesions.  
J Bone Joint Surg 71: 113-119.
25. Glückert K, Kladny B, Blank-Schäl A, Hofmann G (1992)  
MRI of the knee joint with a 3-D gradient echo sequence. Equivalent to diagnostic arthroscopy ?  
Arch Orthop Trauma Surg 112: 5-14.
26. Gyls-Morin VM, Hajek PC, Sartoris DJ, Resnick D (1987)  
Articular cartilage defects: detectability in cadaver knees with MR.  
Am J Roentgenol 148: 1153-1157.
27. Haller W, Gradingner R, Reiser M (1986)  
Ergebnisse der magnetischen Resonanz (MR)-Tomographie bei der Nachuntersuchung von Kreuzbandtransplantaten.  
Unfallchirurg 89: 375-379.
28. Handelberg F, Shahabpour M, Casteleyn PP (1990)  
Chondral lesions of the patella evaluated with computed tomography, magnetic resonance imaging, and arthroscopy.  
J Arthroscop Rel Surg 6: 24-29.
29. Heimhuber B, Reiser M, Lukas P, Heller HJ, Haller W, Hipp E (1986)  
Die Darstellung der Kniegelenksbinnenstrukturen durch die MR-Tomographie.  
Z Orthop 124: 755-758.
30. Henche HR (1979)  
Die Arthroskopie des Kniegelenkes.  
Springer, Berlin - Heidelberg - New York.
31. Hertel P, Scheiberer L, (1980)  
Die Akutarthroskopie des Kniegelenkes als diagnostischer und therapeutischer Eingriff.  
Unfallheilkunde 83: 223-240.

32. Herzog RJ (1993)  
Die Diagnose von Bänderläsionen im Kniegelenk mittels Kernspintomographie.  
Sportverl Sportschad 7: 17-22.
33. Högerle S, Sievers KW, Albrecht T, Letsch R, Löhr E (1994)  
Hochauflösende 3-D-Bildgebung in der kernspintomographischen Kniegelenksdiagnostik: Korrelation zur Arthroskopie.  
RöFo 161: 341-348.
34. Holz U, Wellser S (1975)  
Entstehung und Diagnostik der frischen Bandverletzung.  
Hefte Unfallheilkd 125: 17-25.
35. Hughston JC, Bowden JA, Andrews JR, Norwood LA (1980)  
Acute tears of the posterior cruciate ligament.  
J Bone Joint Surg 63: 438-450.
36. Jackson DW, Jennings LD, Maywood RM, Berger PE (1988)  
Magnetic resonance imaging of the knee.  
Am J Sports Med 16: 29-38.
37. Jerosch J, Assheuer J (1992)  
Kernspintomographie als konkurrierendes Verfahren zur diagnostischen Arthroskopie an Knie- und Schultergelenk.  
Arthroskopie 5: 102-114.
38. Jerosch J, Castro WHM, Lahm A, Assheuer J (1989)  
Der Aussagewert der Kernspintomographie bei Erkrankungen des Kniegelenkes.  
Z Orthop 127: 661-667.
39. Jerosch J, Drescher H, Schröder M, Lewejohann B (1994)  
Aktuelle Konzepte bei der Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur - Ergebnisse einer bundesweiten Befragung.  
Dtsch Z Sportmed 45: 48-59.

40. Jerosch J, Lahm A, Castro WHM, Assheuer J (1990)  
Kernspintomographie bei Bandverletzungen des Kniegelenkes.  
Orthop Praxis 12: 807-812.
41. Jerosch J, Lahm A, Castro WHM, Assheuer J (1991)  
Kernspin- und Computertomographie bei Meniskusverletzungen des Kniegelenkes.  
Unfallchirurg 94: 53-58.
42. Jerosch J, Lahm A, Castro WHM, Assheuer J (1993)  
Intravenöse Anwendung von Gadolinium DPTA bei der Kernspintomographie des Kniegelenkes.  
Z Orthop 131:173-178.
43. Jürgensen I, Bachmann G, Leiers S, Cassens J (1996)  
Der traumatische Kniegelenkshämarthros - klinische Bedeutung der Kernspintomographie.  
Unfallchirurg 99: 665-670.
44. Just M, Runkel M, Ahlers J, Grebe P, Kreitner K-F, Thelen M (1992)  
MR-Tomographie bei Innenbandverletzungen des Kniegelenkes.  
Fortschr Röntgenstr 156: 555-558.
45. Katz JW, Fingerhuth RJ (1986)  
The diagnostic accuracy of ruptures of the anterior cruciate ligament comparing the Lachman test, the anterior drawer sign, and the Pivot shift test in acute and chronic knee injuries.  
Am J Sports Med 14: 88-91.
46. Kelly MA, Flock TJ, Kimmel JA, Kiernan HA, Singson RS, Starron RB, Feldman F (1991)  
MR imaging of the knee: Clarification of its role.  
Arthroscopy 7: 78-85.
47. Kelsch G, Ulrich C, Bickelhaupt A (1996)  
Sonographie des vorderen Kreuzbands. Möglichkeiten und Grenzen.  
Unfallchirurg 99: 119-123.



48. König H, Küper K, Feine U (1988)  
Nicht-invasive Meniskusdiagnostik: Möglichkeiten der Kernspintomographie und der Emissionscomputertomographie.  
Röntgenpraxis 41: 92-97.
49. König R, van Kaick G (1987)  
Kernspintomographische Anatomie des Knie- und Sprunggelenkes.  
Radiologie 27: 52-56.
50. Koepchen J, Fischer HJ, Becker W, Arnold W, Rietig M (1987)  
Kernspintomographie von Meniskusläsionen.  
Z Orthop 125: 390-395.
51. Konermann W, König H, Wacker F, Sell S (1989)  
Diagnostik von Meniskusläsionen. Eine vergleichende Studie von Kernspintomographie und Arthroskopie.  
Sportverletzung Sportschaden 3: 116-119.
52. Krueger P, Neumann A, Schweiberer L (1990)  
Die arthroskopische Kreuzbandreinsertion und -augmentation.  
Orthopäde 19: 97-102.
53. Krüger-Franke M, Reinmuth S, Kugler A, Rosemeyer B (1995)  
Begleitverletzungen frischer vorderer Kreuzbandrupturen. Eine retrospektive Studie.  
Unfallchirurg 98: 328-332.
54. Lahm A, Erggelet C, Steinwachs M, Reichelt A (1998)  
Articular osseous lesions in recent ligament tears: Arthroscopic changes compared with magnetic resonance imaging findings.  
Arthroscopy 14: 597-604.
55. Lee JKT, Lao L, Phelps CT, Wirth CR, Czajka J, Lozman J (1988)  
Anterior cruciate ligament tears: MR imaging compared with arthroscopy and clinical tests.  
Radiology 166: 861-864.

56. Liljedahl SO, Lindval N, Wetterfors J (1965)  
Early diagnosis and treatment of acute ruptures of the anterior cruciate ligament.  
J Bone Joint Surg 47: 1503-1513.
57. Liu SH, Osti L, Dorey F, Yao L (1994)  
Anterior cruciate ligament tear. A new diagnostic index on magnetic resonance imaging.  
Clin Orthop 302: 147-150.
58. Lobenhoffer P (1997)  
Miniinvasive Kniegelenkschirurgie.  
Zentralbl Chir 122: 974-985.
59. Lobenhoffer P, Oestern H-J (1997)  
Möglichkeiten minimal-chirurgischer Maßnahmen am Kniegelenk.  
Chirurg 68: 1093-1105.
60. Maffulli N, Binfield PM, King JB, Good CJ (1993)  
Acute haemarthrosis of the knee in athletes.  
J Bone Joint Surg 75: 945-949.
61. Mandelbaum BR, Finerman GAM, Reicher MA, Hartzman S, Bassett LW, Gold RH, Rauschning W, Dorey F (1986)  
Magnetic resonance imaging as a tool for evaluation of traumatic knee injuries.  
Am J Sports Med 14: 361-370.
62. Menger DM, Gauger JU, Schmitt-Köppler A (1985)  
Zur Früharthroskopie des Kniegelenkbinnenschadens.  
Unfallchirurg 88: 109-112.
63. 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.

64. Neumann A, Schiller K, Witt S, Betz A, Krüger P, Schweiberer L (1991)  
Der KniegelenkshämARTHROS. Absolute Indikation zur Operation?  
Unfallchirurg 94: 560-564.
65. Noyes FR, Basset RW, Grood ES, Butler AL (1980)  
Arthroscopy in acute traumatic hemarthrosis of the knee.  
J Bone Joint Surg 62: 687-695.
66. Oberstein A, Meves M, Bockenheimer S, Schlaps D (1990)  
Bewertung von MRT-Extremitätenuntersuchungen - Ergebnisse der  
„Multicenterstudie zur Evaluierung der Kernspintomographie“  
Digit Bilddiagn 10: 17-24.
67. O'Connor RL (1974)  
Arthroscopy in the diagnosis and treatment of acute ligament injuries of  
the knee.  
J Bone Joint Surg 56: 333-337.
68. Passariello R, Trecco F, De Paulis F (1983)  
Computed tomography of the knee joint: technique of study and normal  
anatomy.  
J Comp Ass Tom 7: 1035-1042.
69. Passler J, Fellingner M, Seggl W (1989)  
Der posttraumatische HämARTHROS des Kniegelenkes - eine Indikation  
zur Arthroskopie.  
Aktuel Traumatol 19: 135-138.
70. Pförringer W (1982)  
HämARTHROS und Kreuzbänder - Biomechanische Untersuchungen.  
Unfallchirurgie 8: 353-378.
71. Polly DW, Callaghan JJ, Sikes RA, McCabe JM, McMahon K, Savory  
CG (1988)  
The accuracy of selective magnetic resonance imaging compared with  
the findings of arthroscopy of the knee.  
J Bone Joint Surg 70: 192-198.

72. Raunest J, Oberle K, Loehnert J, Hötzing H (1991)  
The clinical value of magnetic resonance imaging in the evaluation of meniscal disorders.  
J Bone Joint Surg 73: 11-16.
73. Reicher MA, Bassett LW, Gold RH (1985)  
High-resolution magnetic resonance imaging of the knee joint: pathologic correlations.  
AJR 145: 903-909.
74. Ritzmann Ch, Weyand F (1992)  
Die Wertigkeit der sonographischen Diagnostik des verletzten Kniegelenkes in der unfallchirurgischen Praxis.  
Unfallchirurgie 18: 224-228.
75. Schabus R, Wagner M (1986)  
The transpatellar tendon approach to the knee for reconstruction of ACL-replacement.  
ESKA, Basel.
76. Schmidt KH, Rosenberg J, Mödler U, Reichmann W (1984)  
Die Wertigkeit der Arthroskopie in der Kniegelenksdiagnostik.  
Aktuel Traumatol 14: 103-105.
77. Sell S, Aldinger G, König H, Konermann W (1990)  
Computertomographie und Emissions-Computergraphie versus Kernspintomographie bei Meniskusläsionen.  
Orthop Praxis 7: 455-458.
78. Sittek H, Heuck A, Eckstein F, Reiser M (1995)  
Magnetresonanztomographie bei Traumen des Kniegelenkes.  
Radiologe 35: 101-108.
79. Small NC (1988)  
Complications in arthroscopic surgery performed by experienced arthroscopists.  
Arthroscopy 4: 215-221.

80. Sonin AH, Fitzgerald SW, Friedman H, Hoff FL, Hendrix RW, Rogers LF (1994)  
Posterior cruciate ligament injury: MR imaging diagnosis and patterns of injury.  
Radiology 190: 455-458.
81. Sperner G, Benedetto KP, Glötzer W (1990)  
Arthroskopie des traumatischen Hämarthros nach Sportverletzungen. Eine 5-Jahres-Analyse.  
Akt Traumatol 20: 162-166.
82. Steinbrich W, Beyer D, Friedmann G, Ermers WLM, Bueß G, Schmidt KH (1985)  
MR des Kniegelenkes.  
RöFo 143: 166-172.
83. Steinbrück K, Wiehmann JC (1988)  
Untersuchung des Kniegelenkes. Wertigkeit klinischer Befunde unter arthroskopischer Kontrolle.  
Z Orthop 126: 289-295.
84. Träger D, Döring, O (1991)  
Hat die Arthroskopie beim traumatischen Hämarthros des Kniegelenkes immer ihre Berechtigung?  
Unfallchirurg 94: 605-607.
85. Träger J, Gradinger R, Glas K, Breit A, Hipp, E (1992)  
Arthroskopisch kontrollierte Studie zur Überprüfung der Wertigkeit hochauflösender 3D-Bildgebung in der kernspintomographischen Diagnostik von Knorpel-, Meniscus- und Kreuzbandstrukturen.  
Arthroskopie 5: 115-121.
86. Turner DA, Prodromos CC, Petasnick JP, Clark JW (1985)  
Acute injury of the ligaments of the knee: magnetic resonance evaluation.  
Radiology 154: 717-722.

87. Wacker F, König H, Konermann W (1989)  
Kernspintomographie - Eine Möglichkeit nicht-invasiver Meniskusdiagnostik, Teil 2: Ergebnisse der klinischen Anwendung.  
Röntgenbl 42: 239-245.
88. Wirth CJ, Kolb M (1985)  
Hämarthros und „isolierte“ vordere Kreuzbandläsion. Stellenwert der klinischen Diagnostik.  
Unfallchirurg 88: 419-423.
89. Wittner B, Müller-Färber J (1991)  
Die Aussagekraft der Sonographie des vorderen Kreuzbandes beim posttraumatischen Hämarthros.  
Unfallchirurg 94: 565-569.
90. Wojtys E, Wilson M, Buckwalter K, Braunstein E, Martel W (1987)  
Magnetic resonance imaging of the knee hyaline cartilage and intra-articular pathology.  
Am J Sports Med 15: 455-463.
91. Yulish BS, Montanez J, Goodfellow D, Bryan PJ, Mulopulos GP, Modic MT (1987)  
Chondromalacia patellae: assessment with MR imaging.  
Radiology 164: 763-766.

## 8 Danksagung

Bei der Entstehung der vorliegenden Arbeit, ein Produkt vieler einzelner Arbeitsschritte, haben zahlreiche Personen mitgewirkt.

Zuerst gilt mein Dank meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Stürz, der schon während der ersten klinischen Semester mein Interesse an der Orthopädie geweckt hat. Hilfestellungen bei der Planung und Durchführung der Arbeit erhielt ich von meiner Zweitgutachterin Frau Dr. med. Jürgensen. Zusammen mit dem gesamten Ärzteteam der Klinik für Orthopädie der Justus-Liebig-Universität Gießen schuf sie die Grundvoraussetzungen für die Studie. Danke!

Großer Dank geht auch an Herrn Dr. med. Bachmann, der stets ein offenes Ohr für meine Fragen hatte und im Terminplan des MRT immer rechtzeitig eine Lücke für einen in die Studie aufgenommenen Patienten fand.

Für die Unterstützung bei statistischen Fragestellungen bin ich dem Institut für Medizinische Statistik und Informatik der Justus-Liebig-Universität Gießen besonders dankbar.

Zu allergrößtem Dank verpflichtet bin ich schließlich meinen Eltern. Ohne ihre seelische Unterstützung und ihre Kunst, mich immer wieder aus dem Dschungel wissenschaftlicher Gedankengänge zu befreien, wäre die Arbeit wohl nie getippt worden.

Vielen, vielen Dank!

## 9 Lebenslauf

### Persönliche Daten

Name: Leiers  
Vorname: Sabine Elisabeth  
Geburtsdatum/-ort: 26.04.1968 in Billerbeck  
Anschrift: Aulendorfer Weg 27  
48727 Billerbeck  
Telefon: 02543/25405  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Familienstand: ledig  
Konfession: römisch-katholisch  
Eltern: Anton Leiers, Optiker- und Uhrmachermeister  
Marianne Leiers, geb. Korff, Geschäftsfrau  
Geschwister: 1 Bruder, geb. am 22.04.1963,  
Dipl.-Mathematiker, Studienrat

### Schulbildung

1974-1978 Ludgeri-Grundschule in Billerbeck  
1978-1987 Pius-Gymnasium in Coesfeld  
Abschluß: Allgemeine Hochschulreife  
1987-1988 Beginn einer Ausbildung als Medizinisch-  
Technisch-Radiologische Assistentin an der  
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster bis  
zum Erhalt des Zulassungsbescheides für das  
Studium der Medizin



### **Hochschulbildung**

SS 1988-SS 1996	Justus-Liebig-Universität Gießen Studiengang Medizin
SS 1991	Ärztliche Vorprüfung
SS 1992	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
WS 1994/95	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
SS 1996	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, Ende des Studiums

### **Praktisches Jahr**

5/1995-8/1995	Kantonales Spital Grabs im Fach Chirurgie
8/1995-12/1995	Justus-Liebig-Universität Gießen im Wahlfach Orthopädie
1/1996-3/1996	Kantonales Spital Grabs im Fach Innere Medizin

### **Beruflicher Werdegang**

01.01.1997-30.06.1998	Ärztin im Praktikum an der Dörenberg Klinik Bad Iburg, Klinik für konservative Orthopädie, Rheumatologie, Rehabilitative und Physikalische Medizin
seit 01.07.1998	Assistenzärztin am Institut für Klinische Radiologie, Neuroradiologie und Nuklearmedizin der Gilead Krankenanstalten Bielefeld