

**Bundeswehrkrankenhaus Ulm**

**Akademisches Krankenhaus der Universität Ulm**

**Abteilung Chirurgie**

**Leitender Arzt:**

**Prof. Dr. med. H. Gerngroß**

**Die manuelle Sonometrie in der  
Diagnostik von frischen Verletzungen  
des vorderen Kreuzbandes**

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der  
Medizin der Medizinischen Fakultät der Universität  
Ulm

Peter Ehry  
geboren in Frankfurt am Main

2001

Amtierender Dekan: Prof. Dr. med. R. Marre

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. H. Gerngroß

2. Berichterstatter: PD Dr. med. F. Gebhard

Tag der Promotion: Freitag 16.11.2001

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	5
1.1	Organisatorische Umstände .....	9
1.2	Die klinische Untersuchung .....	10
1.2.1	Der Lachman-Test .....	11
1.2.2	Der Vordere Schublidentest .....	12
1.3	Apparative Untersuchungsmethoden .....	13
1.3.1	Die Bestimmung des „radiologischen Lachman-Tests“ .....	13
1.3.2	Magnetresonanztomografie .....	15
1.3.3	Arthrometer KT 1000 .....	16
1.3.4	Sonometrie .....	17
1.4	Fragestellungen .....	18
2	Material und Methode .....	19
2.1	Ein- und Ausschlusskriterien .....	19
2.2	Datenerfassung .....	20
2.3	Untersuchungsmethode .....	22
2.3.1	Anamnese .....	22
2.3.2	Klinische Untersuchung .....	22
2.4	Die Technik der Sonometrie .....	23
2.4.1	Die spontane anteriore Tibiatranslation (SATT) .....	27
2.5	Datenauswertung .....	28
2.6	Datenbewertung .....	29
3	Ergebnisse .....	30
3.1	Anamnese .....	31
3.2	Klinische Untersuchung .....	31
3.2.1	Der Lachman-Test .....	31
3.3	Arthroskopie .....	32
3.4	Sonometrie .....	33
3.4.1	Grenzwert 1 mm Seitendifferenz .....	35
3.4.2	Grenzwert 3 mm Seitendifferenz .....	36
3.4.3	Spontane anteriore Tibiatranslation (SATT) .....	37
3.4.4	Erlernbarkeit der Methode .....	37
4	Diskussion .....	38

**Die manuelle Sonometrie in der Diagnostik von  
frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes**

4.1	Wahl des Grenzwertes .....	40
4.2	Die spontan auftretende anteriore Tibiatranslation (SATT) .....	41
4.3	Schlussfolgerung .....	42
5	Zusammenfassung .....	43
6	Anhang.....	45
7	Literaturverzeichnis.....	49

# **1 Einleitung**

Eine verzögerte oder falsche Versorgung von Kniebinnenräumen kann lebenslange Folgeerscheinungen wie Instabilität, Schmerzen und Arthrosen haben. Akute Kniegelenksbinnenräumen beinhalten häufig Verletzungen des vorderen Kreuzbandes, entweder als isolierte Läsion oder in Kombination mit weiteren Schäden am Kapsel-Bandapparat, den Menisken und am Knorpel.

Als Unfallmechanismus stellt sich meist ein Rotations-Flexionstrauma heraus, wie es beispielsweise beim Skisport oder beim Fußball häufig auftritt (1, 2, 3).

Die schnelle und sichere Erkennung von Kniegelenksbinnenschäden ist für die Festlegung des therapeutischen Vorgehens von entscheidender Bedeutung.

Werden vordere Kreuzbandrupturen nicht adäquat versorgt, so treten "giving way"-Phänomene, Instabilitäten und radiologische Veränderungen gehäuft auf (4, 5, 6). Sekundär können sich durch die insuffiziente Gelenkführung degenerative Meniskus- und Knorpelschädigungen entwickeln. Die Versorgung dieser Sekundärschäden stellt ein erhebliches medizinisches Problem dar. Die Kosten, die durch Therapie, Einschränkung der selbstständigen Mobilität und Minderung der Arbeitskraft entstehen, sind volkswirtschaftlich von großer Bedeutung.

Die Diagnostik von frischen Kreuzbandrupturen ist aufgrund des Verletzungsschmerzes und der damit verbundenen reflektorischen Muskelanspannung mit Schwierigkeiten verbunden. Die klinische Untersuchung ist zwar ohne Hilfsmittel durchführbar, liefert jedoch wegen der Muskelanspannung nicht immer eindeutige Ergebnisse. Aufwendige technisch-apparative Untersuchungsmethoden sind im Akutfall nicht immer verfügbar, mit Belastungen für den Patienten verbunden oder sehr kostenaufwendig. Seit einigen Jahren wird die Sonografie als schonendes, strahlungsfreies und kostengünstiges Verfahren zur Diagnostik von Kreuzbandschäden und anderen Kniegelenksverletzungen erfolgreich eingesetzt. Die Weiterentwicklung der Ultraschalldiagnostik am Kniegelenk bietet einige Vorteile in der Erstdiagnostik von Kreuzbandverletzungen, deren Wert hier geprüft werden soll.

Mit fortschreitender Entwicklung der Ultraschalldiagnostik lag es nahe, diese Technik auch in die Untersuchung des Kniegelenks einzuführen (7). RÖHR gelang es 1985 erstmals, das vordere Kreuzband am präparierten Gelenk sonographisch von ventral direkt darzustellen (8). Die Erwartungen in dieses Verfahren zur Darstellung von Kreuzbandläsionen erfüllten sich allerdings nicht (9). Die direkte Darstellung einer Läsion ist aufgrund der anatomischen Lage des vorderen Kreuzbandes am Patienten nicht sicher und reproduzierbar möglich, wie dies JEROSCH (1990) feststellte (10).

CHYLARECKI (1995), PTASZNIK (1995) und WITTNER (1991) et al. (13, 12, 14) wiesen die Ruptur des Kreuzbandes im dorsalen Querschnitt indirekt durch Nachweis einer echofreien Zone im femoralen Ansatzbereich nach, wo sich der überwiegende Anteil der Rupturen ereignet (11). Dort entsteht im Verletzungsfall durch die Bildung eines Hämatoms beziehungsweise einer Ödemzone ein sonografisch darstellbarer echoarmer Bezirk (12, 13, 14 15).

Diese Methode setzt allerdings große Erfahrung in der Gelenksonografie voraus und ist daher in ihrer breiten Anwendbarkeit eingeschränkt. Die Beurteilung ist deskriptiv und stützt sich nicht auf Messergebnisse.

Die direkte Darstellung der Läsion gelang BICKELHAUPT et al.(1995) (16) von ventral bei 110<sup>0</sup> gebeugtem Kniegelenk. Diese Untersuchungsmethode erscheint am akut verletzten schmerzhaften Kniegelenk kaum verlässlich durchführbar.

In Anlehnung an die Arthrometrie (KT 1000) wurde in einer Weiterentwicklung der Sonografie die anteriore Translation der Tibia analog zum Lachman-Test gemessen. SCHMID und SCHMID (1988) (17) ermittelten mittels einer Hilfseinrichtung den Winkel der Tibiakopfabflachung zur Horizontalen im Rahmen eines Lachman-Manövers. HIEN et al. (1987) (18) sowie FRIEDL UND GLASER (1991) (19) bestimmten die Tibiatranslation ebenfalls von ventral im parapatellaren Schnitt.

GRUBER et al. (1992) (20) wählten die Patella als Referenzpunkt.

Die Untersucher berichten zwar von sehr hoher Sensitivität beziehungsweise Spezifität zur Erkennung von Läsionen des vorderen Kreuzbandes, die Methode ist jedoch wegen der Notwendigkeit von Halteapparaturen oder Hilfspersonen nicht für den klinischen Alltag geeignet (13, 18).

1994 entwickelten WITTNER et al. (14) die oben beschriebene von dorsal durchführbare Methode zur Kreuzbanddiagnostik bei frisch verletzten Kniegelenken. Der Vorteil lag in der entspannten Lagerung des Patienten und der damit reduzierten schmerzbedingten Muskelanspannung, welche die Untersuchung erschwert. CHYLARECKI et al. (21) kombinierten 1996 die Untersuchung von dorsal mit der Messung der anterioren Tibiatranslation anhand knöcherner Referenzpunkte, wie sie bisher von ventral durchgeführt wurde (sonografischer Lachman-Test ). Als Grenzwert für das Vorliegen einer Kreuzbandruptur wurden 3 mm im Seitenvergleich genannt. Die experimentelle Teildurchtrennung des vorderen Kreuzbandes am Leichenknie führte zu keiner nennenswerten Zunahme der Tibiatranslation.

1997 modifizierten SCHWARZ et al. (22) diese Methode in einer prospektiven Untersuchung an 58 Patienten. Sie verglichen die Ergebnisse des radiologischen Lachman-Tests, der gehaltenen Sonometrie sowie der klinischen Untersuchung miteinander. Die wesentliche Modifikation besteht darin, dass keine Assistenz und keine speziellen Hilfsmittel benötigt werden. Die manuelle Sonometrie stellte sich als wesentlich aussagekräftiger wie der radiologische Lachman-Test heraus.

Einen ähnlichen Versuchsaufbau wählten GEBHARD et al. (1999) (23) in einer Studie an 60 Patienten. Auch hier erfolgt die Untersuchung von dorsal und die anteriore Tibiatranslation wird ermittelt. Allerdings sorgt nach dieser Methode alleine die Schwerkraft für die Auslenkung der Tibia, es wird kein zusätzlicher Druck ausgeübt. Die Methode wird von den Autoren als sehr schonend bezeichnet.

Die manuelle Sonometrie in der Diagnostik von  
frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes

**Tabelle 1: Literaturübersicht zur Sonografie von Kreuzbandverletzungen**

Untersucher	Methode	Bemerkung	Sensitivität	Spezifität
Röhr '85	Experimentelle Darstellung der Kreuzbänder am präparierten Kniegelenk	Darstellung des vorderen Kreuzbandes im dorsalen Querschnitt	entfällt	entfällt
Hien '87	Indirekte Prüfung durch sonografischen Lachman-Test von ventral	Hilfsperson zur Fixierung des Oberschenkels nötig	keine Angaben	keine Angaben
Schmid '88	Sonografischer Lachman-Test von ventral	Halterungsapparat nötig	keine Angaben	keine Angaben
Jerosch '89	Direkte Darstellung des Kreuzbandes im dorsalen Querschnitt	Keine sichere reproduzierbare Darstellung des Kreuzbandes möglich	entfällt	entfällt
Jerosch '90	keine genaue Angabe	11 Rupturen des LCA, keine erkannt	entfällt	entfällt
Friedl '91	Sonografischer Lachman-Test von ventral	Technik ähnlich Hien '87	79%	98%
Gruber '92	Sonografischer Lachman-Test von ventral		keine Angaben	keine Angaben
Wittner '94	Direkte Darstellung des femoralen Kreuzbandansatzes im dorsalen Querschnitt	Nachweis einer echoarmen Zone bei Bandruptur	96,1%	75,2%
Ptasznik '95	Direkte Darstellung des femoralen Kreuzbandansatzes im dorsalen Querschnitt	Nachweis einer echoarmen Zone bei Bandruptur	91%	100%
Chylarecki '95	Direkte Darstellung des femoralen Kreuzbandansatzes im dorsalen Querschnitt	Nachweis einer echoarmen Zone bei Bandruptur	91%	78%
Bickelhaupt '95	Direkte Darstellung von ventral bei maximal gebeugtem Gelenk	Im akuten Verletzungsfall kaum durchführbar	88,8%	90,2%
Kelsch '96	Direkte Darstellung des femoralen Kreuzbandansatzes im dorsalen Querschnitt	Nachweis einer echoarmen Zone bei Bandruptur	65%	90%
Richter '96	Direkte Darstellung des femoralen Kreuzbandansatzes im dorsalen Querschnitt	Nachweis einer echoarmen Zone bei Bandruptur	88%	87,5%
Chylarecki '96	Lachman-Test von dorsal	Bestimmung der anterioren Tibiatranslation, experimentelle und klinische Studie	95%	98%
Schwarz '97	Lachman-Test von dorsal mit manuellem Druck	Bestimmung der anterioren Tibiatranslation	85% nach 0-30 Tagen 94% nach 0-8 Tagen	91% nach 0-30 Tagen 75% nach 0-8 Tagen
König '98 (24)		Follow-up-Studie nach Kreuzbandersatz, kein Vergleich mit Arthroskopie	keine Angaben	keine Angaben
Gebhard '99	Lachman-Test von dorsal unter Ausnutzung der Schwerkraft	Bestimmung der anterioren Tibiatranslation	96%	98%



## **1.1 Organisatorische Umstände**

Die diagnostischen Möglichkeiten in einer Krankenhausambulanz oder beim ärztlichen Notdienst sind abends, nachts oder am Wochenende meist limitiert. Die klinische Kniegelenksuntersuchung in der Akutsituation ist, wie bereits erläutert, schwierig. Gerade die klinische Beurteilung von Kreuzbandverletzungen setzt große Routine voraus. Es entstehen sonst oft Fehldiagnosen, die eine adäquate Versorgung zumindest verzögern (25).

Apparative Untersuchungsverfahren oder erfahrene Untersucher stehen in dieser Situation oft nicht zur Verfügung, so dass sich die Diagnostik von Bandinstabilitäten bisher im wesentlichen auf die klinische Untersuchung und die Röntgendiagnostik stützt.

In einer Studie von BLAUTH und HELM (1988) wurden 60 % der Rupturen des vorderen Kreuzbandes nicht erkannt, obwohl 93% der Patienten überwiegend in den ersten 24 Stunden, zum Teil innerhalb einer Woche nach dem Unfall ärztliche Hilfe in Anspruch nahmen (25). Die Behandlung erfolgte unnötig lange unter den Verdachtsdiagnosen Prellung, Verstauchung und Zerrung. 39% der Kreuzbandrupturen wurden erst 1 Jahr später operiert. 23% der Patienten hatten zuvor 3 und mehr Ärzte aufgesucht.

## **1.2 Die klinische Untersuchung**

Ziel einer klinischen Untersuchung zur Erkennung einer vorderen Kreuzbandläsion ist der Nachweis beziehungsweise Ausschluss einer vermehrten Tibiatranslation.

Mit Hilfe verschiedener im folgenden beschriebener Tests kann eine pathologisch vermehrte Translation nachgewiesen werden.

Einige Faktoren erschweren die Beurteilung:

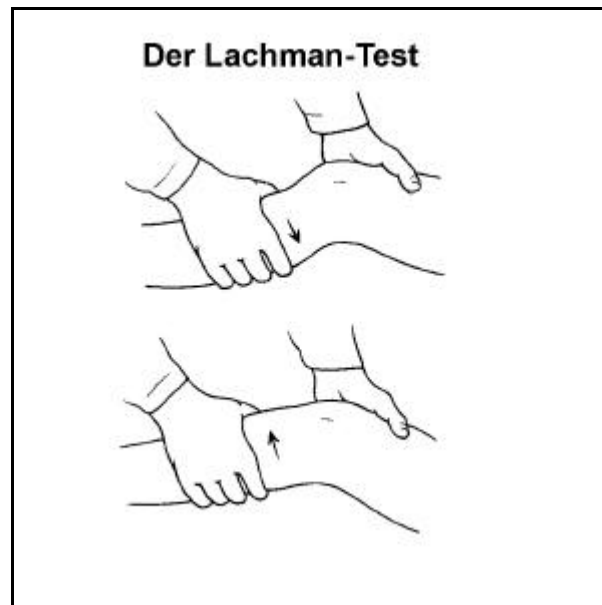
- Ein hämorrhagischer Gelenkserguss behindert aufgrund der schmerzhaften Kapselspannung das Umfassen des Oberschenkels
- Eine schmerzbedingte reflektorische Anspannung der Oberschenkelmuskulatur erschwert die Prüfung der pathologischen Translation
- Bei adipösen oder muskelkräftigen Kniegelenken kann die Untersuchungshand den Oberschenkel nicht richtig umfassen

Diese Faktoren mindern die Durchführbarkeit und die Aussagekraft von klinischen Tests erheblich. Die korrekte Durchführung der Tests verlangt einen entspannten, kooperativen und möglichst schmerzfreien Patienten.

Alle klinischen Tests weisen eine erhebliche Fehlerquote auf (22,29,6,28). Sie erschweren eine objektive und nachvollziehbare Bewertung des Ergebnisses.

Im Einzelnen kommen zur Beurteilung von Kreuzbandinstabilitäten in der Erstdiagnostik folgende Tests zur Anwendung:

### 1.2.1 Der Lachman-Test



**Abbildung 1: Durchführung des Lachman-Tests**

**(Abbildung modifiziert nach DEBRUNNER 94)**

Der Lachman-Test wird in der Literatur als die empfindlichste Methode zum Nachweis von Verletzungen des vorderen Kreuzbandes beschrieben (26, 27, 28, 29, 22). SCHWARZ et al (1997) bestimmten beispielsweise eine Sensitivität von 92% bei einer Spezifität von 56% im Gesamtkollektiv ihrer Studie. Der Test besteht aus der Herbeiführung eines Schubladenphänomens in 25° Beugung. In dieser Gelenksstellung kann das Innenmeniskus-Hinterhorn nicht als Bremsklotz wirken, die Translation verhindern und so den Test verfälschen. Das Prinzip ist die Prüfung einer vermehrten Translation der Tibia gegen den Femur, die bei einer Kontinuitätsunterbrechung des Bandes möglich ist. Beurteilt werden das Ausmaß der Translation und die Anschlagshärte.

### 1.2.2 Der Vordere Schubladentest



**Abbildung 2: Auslösung des vorderen Schubladenphänomens**

**(modifiziert nach DEBRUNNER 94)**

Der Vordere Schubladentest in 90° Beugung ist als positiv zu werten, wenn sich der Tibiakopf gegen die Femurkondylen nach ventral luxieren lässt. Er ist bezüglich der anterioren Stabilität des Gelenks nicht sehr aussagefähig. So fanden KNAEPLER et al. (1990) (6) eine Sensitivität von nur 22% gegenüber dem Lachman-Test mit 77% (28). In dieser Gelenksstellung kann das Hinterhorn des Innenmeniskus wie ein Bremsklotz wirken und die Auslösung des Schubladenphänomens verhindern (30).


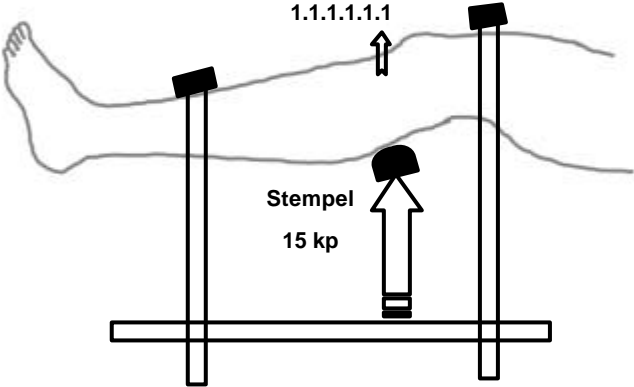
Zudem ist die rechtwinklige Beugung des Kniegelenks schmerzbedingt oft nicht möglich.

## 1.3 Apparative Untersuchungsmethoden

Folgende apparative Untersuchungsmethoden stellen eine Ergänzung dar:

- Die Röntgenuntersuchung (radiologischer Lachman-Test)
- Die Magnetresonanztomografie (MRT)
- Die Arthrometrieuntersuchung
- Die Ultraschalluntersuchung (Sonometrie)

### 1.3.1 Die Bestimmung des „radiologischen Lachman-Tests“

<p><b>Der "radiologische Lachman-Test"</b> Positiver Test bei Ruptur des vorderen Kreuzbandes</p> 	<p><b>Halteapparat nach SCHEUBA</b></p> 
<p><b>Abbildung 3: Röntgenbild mit angelegter Messschablone</b></p>	<p><b>Abbildung 4: Schemazeichnung des Halteapparates</b></p>

PÄSSLER und MERZ stellten 1986 eine Methode zur röntgengestützten Bestimmung des Lachman-Tests vor (31). Sie benutzten einen Halteapparat für „Stress-Röntgenaufnahmen“ nach SCHEUBA und bestimmten mit Hilfe einer speziellen Mess-Schablone die anteriore Tibialtranslation.

Der universelle Halteapparat erlaubt den Aufbau einer definierten Kraft von 15 kp und wurde bisher vor allem zur Diagnostik fibularer Bandrupturen eingesetzt.

Zur Untersuchung liegt der Patient auf der Seite, das zu untersuchende Knie liegt dem Röntgentisch lateralseitig auf. Aufnahmen der verletzten und der gesunden Seite werden jeweils mit und ohne Belastung angefertigt. Eine von PÄSSLER und MERZ entwickelte Schablone erlaubt das direkte Ablesen einer durch die Belastung induzierten Translation am Röntgenbild. Für intakte Kreuzbänder wurde ein mittlerer Translationswert von 2,5 mm und für Kreuzbandrupturen ein mittlerer Wert von 14,7 mm beschrieben.

Die Wertigkeit der Methode zur Kreuzbanddiagnostik wird in der Literatur unterschiedlich beurteilt (32, 33). RUNKEL et al. (1993) haben in einer Studie an 35 Patienten eine Sensitivität von nur 23% errechnet und lehnen die Untersuchungsmethode in der Routinediagnostik ab. KMEN et al. (1991) kommen auf 100% richtige Ergebnisse in einer Studie an 380 Fällen.

Die Nachteile liegen im Untersuchungsaufwand und in der Strahlenbelastung. Pro Untersuchungsgang sind mindestens 4 Röntgenaufnahmen des verletzten Kniegelenks nötig. Entsprechende Aufnahmen der Gegenseite müssen zum Vergleich ebenfalls angefertigt werden. Die Röntgenassistentin/ der Röntgenassistent müssen den Patienten im Halteapparat lagern. Diese Prozedur stellt eine zusätzliche Belastung des Patienten dar, zumal die Belastung des verletzten Gelenks mit einer Kraft von 15 kp oft schmerzhaft erlebt wird.

### 1.3.2 Magnetresonanztomografie



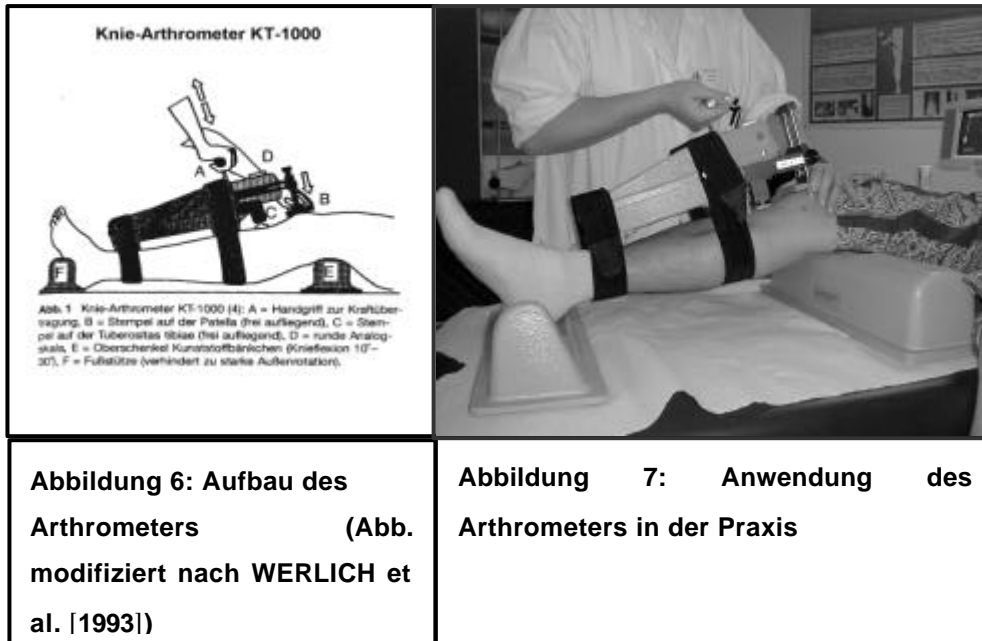
**Abbildung 5: MRT-Scan einer vorderen Kreuzbandruptur**

Die Magnetresonanztomografie stellt ein strahlungsfreies nicht-invasives bildgebendes Verfahren zur Diagnostik von Binnenläsionen des Kniegelenks dar. Sie hat in den letzten Jahren große Bedeutung in der Weichteil- und der Gelenkdiagnostik erlangt.

Bezüglich der Kreuzbanddiagnostik finden sich in der Literatur Angaben zu einer diagnostischen Treffsicherheit von über 90% (34, 35, 36). Auch Schäden an Menisken, Gelenkknorpel und Kollateralbändern werden dargestellt.

Das Untersuchungsverfahren ist teuer und steht für die Routinediagnostik des akut verletzten Kniegelenks in kleinen chirurgischen Ambulanzen oder Praxen meist nicht zur Verfügung. Ein weiterer Nachteil ist die fehlende Möglichkeit der Beurteilung der mechanischen Stabilität. Eine Funktionsdiagnostik ist bisher nicht beschrieben, die Diagnose Ruptur wird deskriptiv gestellt.

### 1.3.3 Arthrometer KT 1000



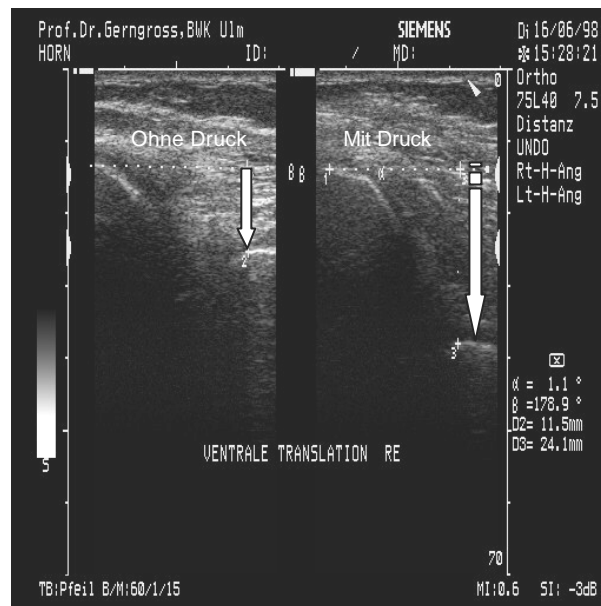
Seit Mitte der 80er Jahre existieren Geräte zur instrumentellen Messung der Kniestabilität, sogenannte Arthrometer. In Abhängigkeit von einer manuell ausgeübten definierten Kraft wird die ventrale Translation der Tibia im Vergleich zur Patella mechanisch bestimmt. Die Diagnose einer Kreuzbandruptur wird durch den Seitenvergleich der Messwerte gestellt.

In prospektiven Studien erwies sich das Arthrometer als Bereicherung in der Diagnostik verletzter Kniegelenke, speziell zur Untersuchung von Kreuzbandschäden (37, 38). Es gibt allerdings auch kritische Stimmen zum Einsatz in der Routinediagnostik (39). Der Nachweis chronischer Kreuzbandinsuffizienzen mit dem Arthrometer gelingt mit höherer Sensitivität als der Nachweis akuter Rupturen (40, 41). Der Grund dafür könnte darin liegen, dass der Patient in Rückenlage untersucht wird. In dieser Position ist die schmerzbedingte Anspannung der Oberschenkelmuskulatur des frisch verletzten Knies wesentlich größer als bei einer Untersuchung in Bauchlage (22). Der Patient hat in Rückenlage zudem die belastende Untersuchungssituation im Blickfeld und spannt unwillkürlich seine Beinmuskulatur an.

Gegen den routinemässigen Einsatz spricht neben der speziell zu erlernenden Messtechnik die geringe Verbreitung des Gerätes.



### 1.3.4 Sonometrie



**Abbildung 8: Sonometriebild bei Kreuzbandruptur**

Die Ultraschalldiagnostik mittels manueller Sonometrie beruht auf dem Nachweis einer pathologisch vermehrten anterioren Tibiatranslation im Falle einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes.

Die Untersuchung erfolgt mit Hilfe eines linearen 7,5 MHz Schallkopfes. Im dorsalen Längsschnitt werden die Konturen von Tibia und Femurkondylus dargestellt. Durch manuellen Druck auf die Wade des in Bauchlage befindlichen Patienten wird eine ventrale Translation der Tibia hervorgerufen und deren Ausmaß bestimmt. Die Technik in dieser Studie ist im Abschnitt 2.6 eingehend erläutert.

Die Ultraschalluntersuchung bietet viele Vorteile. In fast allen chirurgischen Kliniken und in vielen Praxen niedergelassener Ärzte ist ein Ultraschallgerät vorhanden, welches den Qualitätsansprüchen der notfallmäßigen Untersuchung genügt.

## **1.4 Fragestellungen**

Bisher liegen 3 Studien zur dorsalen manuellen Sonometrie vor (21, 22, 23). Alle sind an grossen Schwerpunktkliniken mit entsprechendem personellem und apparativem Hintergrund durchgeführt worden und enthielten zwangsläufig ein vorselektioniertes Krankengut. Die Patienten werden nach einer Notfallversorgung beziehungsweise nach einem unbefriedigenden Therapieversuch dorthin überwiesen.

In dieser Studie soll die breitflächige Anwendbarkeit, auch im Hinblick auf die kurzfristige Erlernbarkeit der Methode, geprüft werden. Die wesentlichen Unterschiede zu vorangegangenen Studien liegen im unselektionierten Krankengut, in der Durchführung an einer Klinik der Grundversorgung mit entsprechend limitierten Möglichkeiten und darin, dass der Untersucher zwar Erfahrung in der Weichteilsonografie besitzt, in der Gelenksonografie jedoch keine Erfahrung hat. Die Nähe zu einigen Skigebieten bedingt eine große Zahl von Patienten mit akuten Kniegelenksverletzungen.

Aufgrund vorgenannter Überlegungen wurde versucht, in einer prospektiven Studie die folgenden Fragen zu beantworten:

- 1. Ist die manuelle Sonometrie als Routineverfahren in einer chirurgischen Ambulanz der Regelversorgung geeignet, frische Läsionen des vorderen Kreuzbandes zuverlässig zu erkennen?**
- 2. Erhält man verlässliche und reproduzierbare Ergebnisse bei Anwendung der Methode durch einen vergleichsweise unerfahrenen Untersucher?**

## **2 Material und Methode**

Die Studie wurde an einer Klinik der Grund- und Regelversorgung im Einzugsgebiet mehrerer Wintersportgebiete durchgeführt. Erfahrungsgemäß stellen sich in der Wintersaison durchschnittlich 6 Patienten täglich nach Distorsions- beziehungsweise Rotationstraumen des Kniegelenks vor. Die Diagnostik und damit die Weichenstellung für die weitere Therapie erfolgte in der Ambulanz direkt nach Aufnahme.

Die Fragestellung wurden anhand einer prospektiv geplanten Studie zur Ermittlung des diagnostischen Vorteils, der Sensitivität und der Spezifität einer indirekten sonografischen Methode in der Kreuzbanddiagnostik im Vergleich zur Arthroskopie des Kniegelenks bearbeitet. Vor Studienbeginn erfolgte die Festlegung der Aufnahmekriterien und des Untersuchungsablaufs.

### **2.1 Ein- und Ausschlusskriterien**

#### Einschlusskriterien:

Patienten mit klinischem Hinweis für ein akutes Kniebinnentrauma  
Trauma liegt längstens eine Woche zurück  
Alter ab 16 Jahren

#### Ausschlusskriterien:

Offene Verletzungen  
Begleitende Frakturen außer knöchernen Bandausrissen  
Zustand nach Kreuzbandplastik ipsilateral  
Beidseitige Verletzungen  
Voroperationen am Knie  
Chronisch instabile Kniegelenke

## **2.2 Datenerfassung**

Jeder Patient wurde neben der Routinediagnostik mittels manueller Sonometrie untersucht. Das Ergebnis wurde auf standardisierten Untersuchungsbögen dokumentiert und mit dem Ergebnis der Arthroskopie abgeglichen.

In die Auswertung wurden nur arthroskopierte Patienten aufgenommen.

Die Arthroskopieberichte der in der Klinik Sonthofen behandelten Patienten standen zur Verfügung. Der Arthroskopiebefund von nicht in der Klinik Sonthofen arthroskopierten Patienten wurde anhand eines dem Patienten ausgehändigten Fragebogens (Abbildung 9) ermittelt.

**Die manuelle Sonometrie in der Diagnostik von  
frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes**

<b>Fragebogen</b>	
Sonthofener Kniestudie Winter 98/99	
Bitte zurücksenden an:	
Klinik Sonthofen Chirurgie Prinz Luitpold Str. 1 87527 Sonthofen Tel. 08321/8040 Fax 08321/804159	
Patient	
Name	Vorname
Geburtsdatum	
Arthroskopiebefund	
Datum	
Ruptur des vord. Kreuzbandes	
Teilruptur des vord. Kreuzbandes	
Verletzung des Außenmeniskus	
Verletzung des Innenmeniskus	
Weitere Verletzungen	
Name und Adresse des weiterbehandelnden Arztes	
Vielen Dank für Ihre Mühe	
P.Ehry Assistenzarzt	Dr. G. Sirrenburg Chefarzt

**Abbildung 9: Fragebogen an den weiterbehandelnden Arzt**

In 16 von 19 Fällen der auswärtig operierten Patienten lag ein umfassender Arthroskopiebericht bei.

## **2.3 Untersuchungsmethode**

### **2.3.1 Anamnese**

Folgende anamnestische Daten wurden erfasst und ausgewertet:

Unfalldatum	Untersuchungszeitpunkt
Name und Adresse	Geschlecht
Verletzte Seite	Subjektive Instabilität
Gelenkgeräusche	Blockierung
Mögliche Belastung nach dem Unfall in %	Unfallart

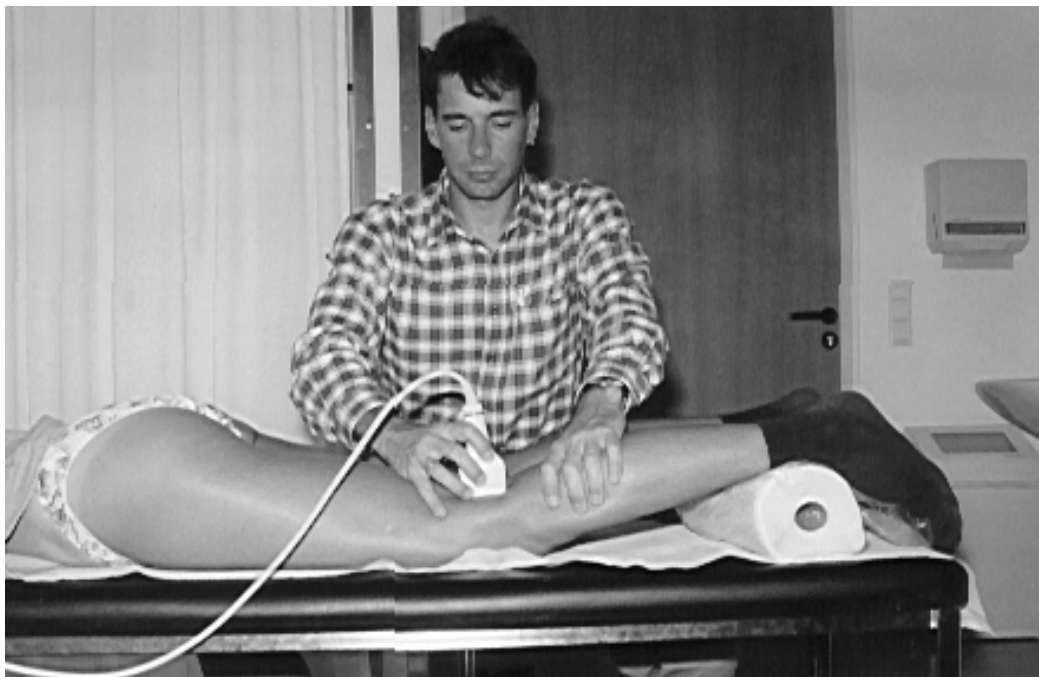
### **2.3.2 Klinische Untersuchung**

Die klinische Untersuchung umfasste folgende Parameter:

Erguss	Bewegungsumfang
Laterale Aufklappbarkeit	Mediale Aufklappbarkeit
Lachman-Test	Vorderer Schublade-Test
Hinterer Schublade-Test	Röntgenbild in 2 Ebenen
Steinmann I Test	Steinmann II Test
Apley-Grinding	

## **2.4 Die Technik der Sonometrie**

Der Untersucher erlernte die Methode etwa 2 Monate vor Beginn der Studie. Zunächst wurden Patienten unter Anleitung eines in der Methode sehr erfahrenen Chirurgen untersucht und anschließend in der zweiten Phase die Patienten vom Ausbilder nachuntersucht. Vor Studienbeginn fand eine Besprechung der bisher in Eigenregie als Vorläufer untersuchten Kniegelenke anhand der dokumentierten Bilder statt.



**Abbildung 10: Durchführung der manuellen Sonometrie**

Zur Durchführung der Sonometrie befindet sich der Patient in Bauchlage. Die Sprunggelenke werden so mit einer Rolle unterlegt, dass sich die Kniegelenke in etwa  $20^\circ$  Beugung befinden. Von dorsal lassen sich mit einem linearen 7,5MHz-Schallkopf (Siemens 7,5L40) die Konturen des Femurkondylus und die Tibiahinterkante gut abbilden. Nun wird die durch manuellen Druck von etwa 20 Kp auf die Wade auslösbare anteriore Tibiatranslation am gesunden und am verletzten Bein bestimmt. Die hierzu benötigte Kraft wird durch Druck auf eine Personenwaage in der Versuchsanordnung trainiert.

**Die manuelle Sonometrie in der Diagnostik von  
frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes**

Die Messeinrichtung des Gerätes (Siemens Sonoline Versa plus) erlaubte die einfache Messung der anterioren Tibiatranslation. Zur Dokumentation stand ein Thermoprinter zur Verfügung.

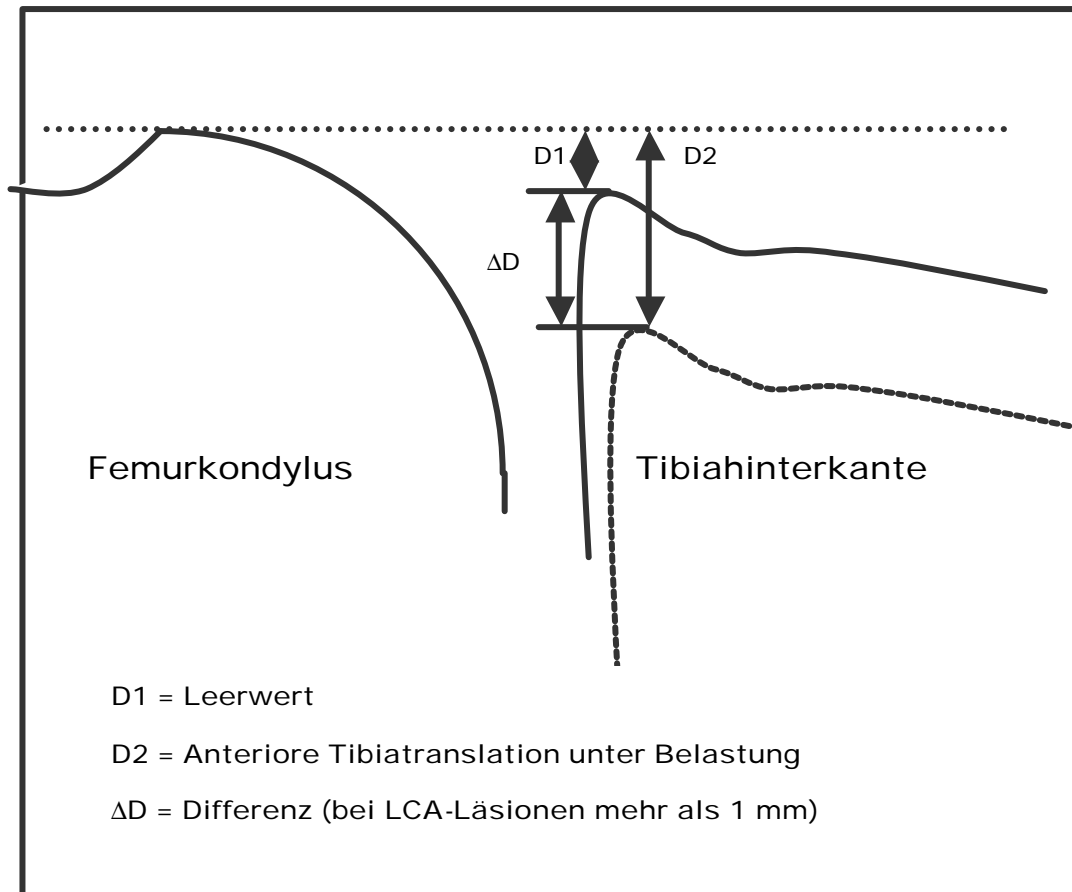
Die über je 3 Messungen gemittelte Seitendifferenz wird errechnet.

Entsprechend der Methode nach SCHWARZ und CHYLARECKI wird eine Kreuzbandruptur bei einer Differenz der Tibiatranslation größer oder gleich 1 mm (bzw. 3 mm) zum gesunden kontralateralen Kniegelenk angenommen. Das Vorliegen einer im Seitenvergleich vermehrten spontanen anterioren Tibiatranslation wird geprüft.

Das Ergebnis der manuellen Sonometrie wurde mit dem Ergebnis einer anschließenden Arthroskopie verglichen.



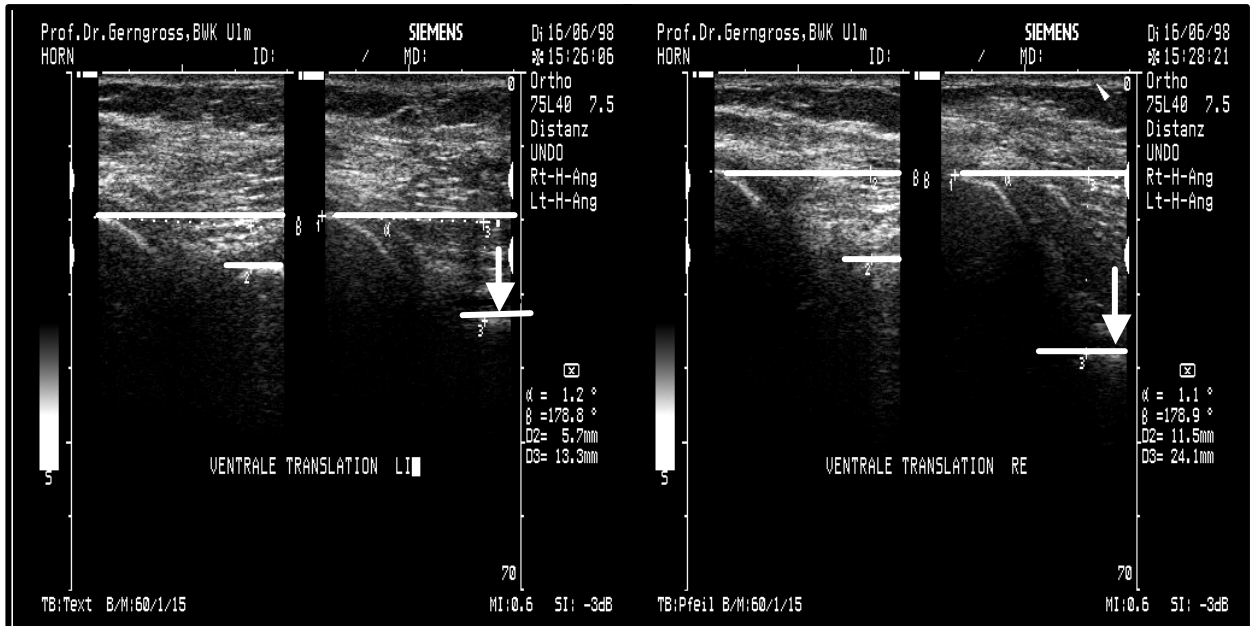
Die manuelle Sonometrie in der Diagnostik von  
frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes



**Abbildung 11: Schema der manuellen Sonometrie mit Darstellung der knöchernen Referenzpunkte.**

Die Schemazeichnung in Abbildung 11 zeigt das Sonografiebild bei der Bestimmung der Translationsdifferenz ohne und mit Druck auf die Wade des Patienten. Zur Vereinfachung sind die Weichteile nicht dargestellt. Mit Hilfe der Messeinrichtung können anhand einer Hilfslinie die Distanzen ausgemessen werden. Die knöchernen Konturen sind in der Regel deutlich abgrenzbar und im dynamischen Bild fällt eine vermehrte Translation bereits bei der orientierenden Untersuchung auf.

Die manuelle Sonometrie in der Diagnostik von  
frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes



**Abbildung 12: Bestimmung der Tibiatranslation im Vergleich zum Femurkondylus am unverletzten und am verletzten Kniegelenk. Darstellung der vermehrten Translation unter manuellem Druck bei gerissenem Kreuzband.**



**Abbildung 13: Schallkopfposition in der Kniekehle, Seitenansicht.**



**Abbildung 14: Schallkopfposition in der Kniekehle, Ansicht von kaudal.**

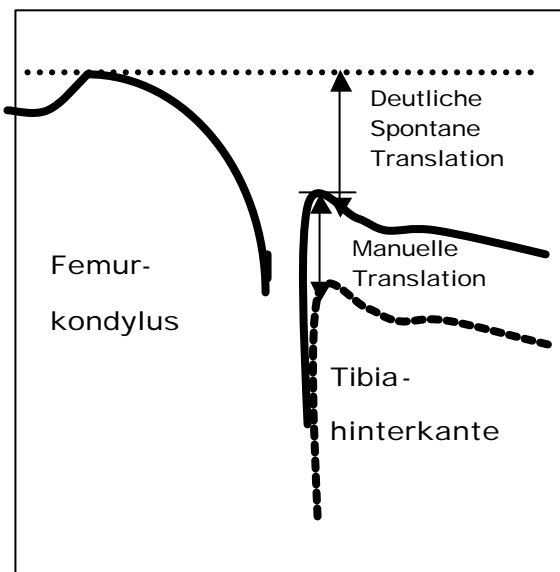
### 2.4.1 Die spontane anteriore Tibiatranslation (SATT)

Die spontane anteriore Tibiatranslation ist durch eine erhebliche Seitendifferenz der Strecke D1 in Abbildung 11 gekennzeichnet.

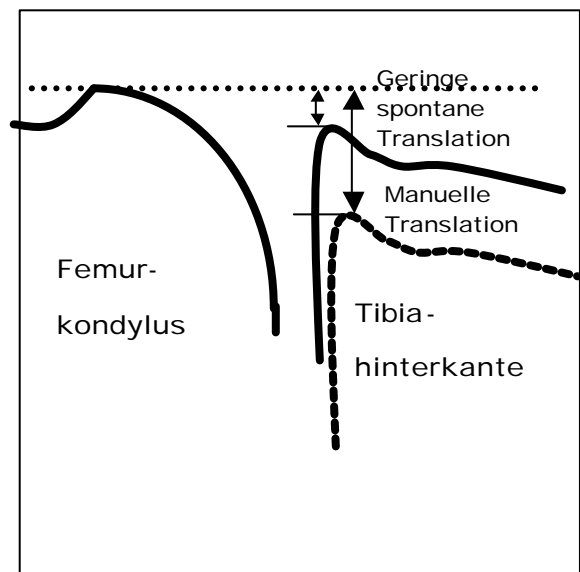
Auf der verletzten Seite ist bei positiver SATT die Tibiahinterkante in der Untersuchungsposition bereits ohne manuellen Druck stark abgesunken.

Der Versuchsaufbau erlaubt keine Vermessung der SATT, da die Schallkopfposition bei der Untersuchung der rechten und linken Seite variieren kann. Dies führt dazu, dass kein verlässlicher Leerwert ermittelt werden kann, welcher sich mit Translation der verletzten Seite vergleichen liesse.

Daher wird nur ein grober, deskriptiver Vergleich der Bewertung zugrundegelegt.



**Abbildung 19: Schemazeichnung  
Sonografiebild mit deutlicher  
spontaner Tibiatranslation**



**Abbildung 20: Schemazeichnung  
Sonografiebild mit geringer spontaner  
Translation (Normalbefund)**

## 2.5 Datenauswertung

Die statistische Auswertung beruht auf 41 Datensätzen.

Neben der Darstellung prozentualer Anteile bei Geschlecht, verletzter Seite und Begleitverletzungen wurden die Ergebnisse der Sonometrie und des Lachman-Tests mittels 4-Felder-Tafel beurteilt und dadurch Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Vorhersagewert anhand unten angegebenen Schemas berechnet. Dazu werden die Messwerte anhand verschiedener Grenzen als positiv beziehungsweise negativ beurteilt.

Die Darstellung der Daten erfolgte deskriptiv mittels Tabellen und grafischer Darstellung. Der t-Test diente zur Ermittlung eines statistisch signifikanten Unterschieds der Translationswerte bei gerissenen und intakten Kreuzbändern. Er wurde mit Hilfe des Programms „Statview“ von Abacus Concepts bestimmt.

**Tabelle 2: Anhand einer 4-Felder-Tafel wurden Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Vorhersagewert der Methoden bestimmt**

		Arthroskopie			
		positiv	negativ		
<b>Manuelle Sonometrie</b>	positiv	a	b	a + b	
	negativ	c	d	c + d	
		a + c	b + d	n = a + b + c + d	

Sensitivität: Anteil der richtig erkannten Kranken  $= \frac{a}{a + b}$

Spezifität: Anteil der richtig erkannten Gesunden  $= \frac{d}{d + c}$

positiver Vorhersagewert: Anteil der richtig positiven an positiven Befunden

$$= \frac{a}{a + c}$$

negativer Vorhersagewert: Anteil der zu Recht negativen an negativen  
Befunden

$$= \frac{d}{d + b}$$

## **2.6 Datenbewertung**

Es stellt sich die Frage, ab welchem Grenzwert in der Seitendifferenz ein Kreuzband als verletzt angesehen wird. In Studien mit vergleichbarer Untersuchungstechnik werden von SCHWARZ et al. (1997) (22) eine Differenz von 1 mm und von CHYLARECKI et al. (1996) (21) von 3 mm als signifikant für Läsionen des vorderen Kreuzbandes angegeben.

In dieser Studie wurden die Ergebnisse sowohl anhand eines Grenzwertes von 1 mm als auch von 3 mm beurteilt und die Resultate gegenübergestellt. Zusätzlich fand der Nachweis einer spontanen anterioren Tibiatranslation von mehr als 1 mm Eingang in die Bewertung der Kreuzbandstabilität.

### **3 Ergebnisse**

Im Zeitraum vom 15.11.98 bis 31.3.99 wurden alle Patienten, welche mit Verdacht auf ein Kniebinnen trauma die chirurgische Ambulanz der Klinik Sonthofen aufsuchten, neben der Routinediagnostik mit der Kniesonografie zur Ermittlung der anterioren Translation der Tibia untersucht.

Der grössere Teil der Patienten wurde über den organisierten Pistenrettungsdienst gebracht, der kleinere Teil stellte sich selbst zur Notfallbehandlung vor. Neben Wintersportunfällen führten auch einige sonstige Sport- und Arbeitsunfälle zur Aufnahme in die Studie.

Insgesamt wurden 60 Patienten in unten genanntem Zeitraum mittels manueller Sonometrie untersucht. 50 Patienten erfüllten die Aufnahmekriterien, 41 Patienten konnten in die Studie aufgenommen werden. 9 Patienten wurden mit der Methode erstuntersucht, doch aus verschiedenen Gründen erfolgte im Anschluss keine Arthroskopie. Diese Ergebnisse wurden nicht verwertet.

Alle Patienten waren mit der Methode schmerzfrei und verlässlich zu untersuchen. Die Untersuchung dauerte jeweils circa 10 Minuten und bereitete den Patienten in keinem Fall Probleme, welche zum Abbruch der Prozedur führten.

Im Gegensatz dazu war bei 3 Patienten die klinische Untersuchung schmerzbedingt, durch Adipositas oder sehr ausgeprägten Muskelmantel nicht befriedigend möglich. Bei 2 dieser Patienten lagen Rupturen der vorderen Kreuzbänder vor, die durch die Sonometrie zweifelsfrei erkannt wurden. In einem Fall war bei einer Seitendifferenz von 0,5 Millimeter auch die Arthroskopie negativ.

### **3.1 Anamnese**

41 sportlich aktive Personen wurden nach akuten Kniegelenksverletzungen klinisch und sonometrisch untersucht und anschließend arthroskopiert. 59% davon waren Frauen und 41% Männer, das Alter betrug im Mittel 35,5 Jahre  $\pm$  12,7. Die Erstuntersuchung fand bei 31 Patienten (75,6%) innerhalb von 24 Stunden nach dem Trauma statt. 9 Patienten (22%) stellten sich 1 bis 3 Tage nach der Verletzung vor, ein Patient (2,4%) wurde innerhalb einer Woche erstmalig untersucht.

In 49% der Fälle war das rechte Knie betroffen, in 51% das linke.

### **3.2 Klinische Untersuchung**

In 27 Fällen (66%) lag zum Untersuchungszeitpunkt ein Gelenkserguss vor. Ein instabiles mediales Kollateralband fand sich in 18 Fällen (44%). Die lateralen Kollateralbänder waren stabil, ein Fall war nicht prüfbar. Je zweimal trat ein positiver Steinmann I Test und ein positives Apley-Zeichen auf.

#### **3.2.1 Der Lachman-Test**

##### **Ergebnisse des Lachman-Tests und der Arthroskopie**

	<b>Lachman-Test positiv</b>	<b>Lachman-Test negativ</b>
<b>Arthroskopie positiv</b>	28	2
<b>Arthroskopie negativ</b>	1	7

**Tabelle 3**

Der Test konnte in 38 Fällen durchgeführt werden, in 3 Fällen von 41 war die Untersuchung aufgrund von Schmerzen, Muskelmantel oder Adipositas nicht möglich.

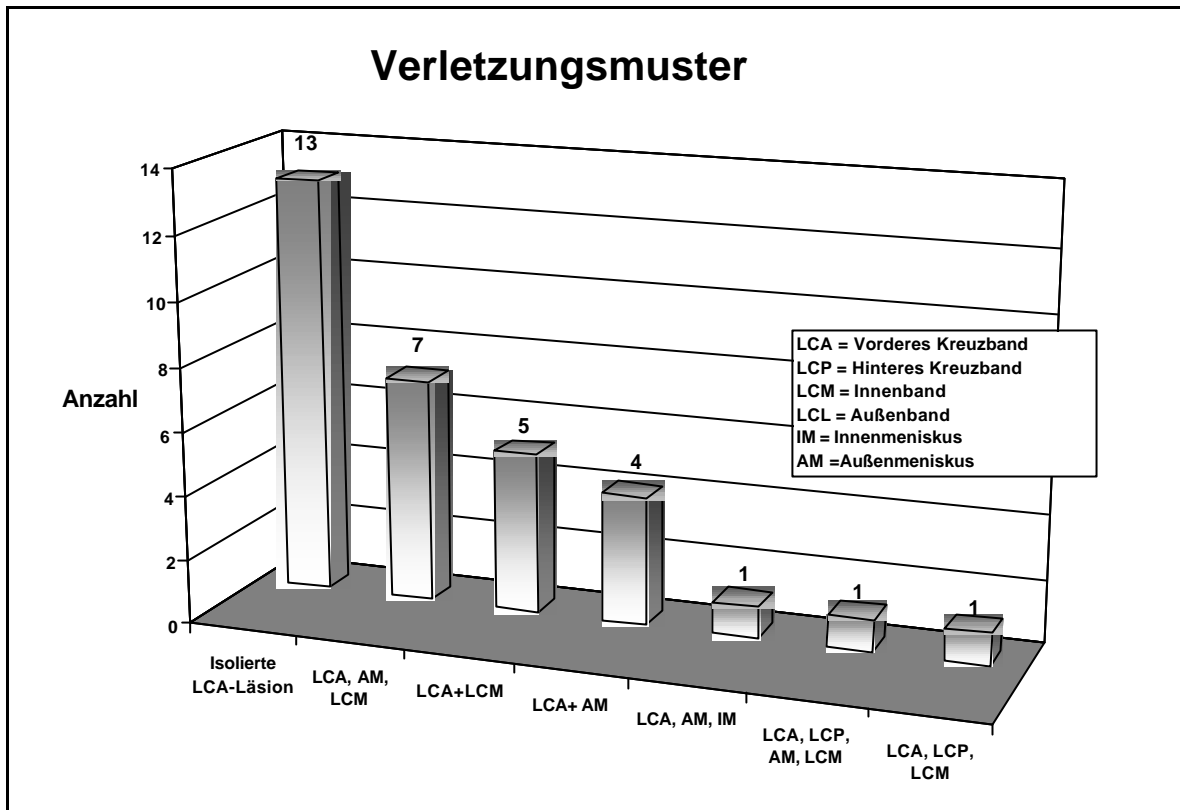
Der Lachman-Test als empfindlichster klinischer Test wies eine Sensitivität von 93% und eine Spezifität von 88% auf. Der positive Vorhersagewert betrug 97% und der negative Vorhersagewert 78%. Die Gesamtfehlerrate war 7,9%. Durch den Lachman-Test konnten 2 Kreuzbandrupturen nicht erkannt werden, einmal war der Test erstgradig pathologisch bei unauffälliger Arthroskopie.

### **3.3 Arthroskopie**

30 Verletzungen des vorderen Kreuzbandes wurden von den Operateuren als Komplettruptur klassifiziert und 3 als Teilruptur. Somit lag in 33 Fällen (80%) eine Kreuzbandläsion vor.

Die operative Diagnose bei 8 Patienten mit intaktem Kreuzband lautete 4 mal Patellaluxation, 2 mal Distorsion mit Hämarthros, 1 mal Ausriss eines Segond-Fragments und 1 mal Ruptur der dorsalen Kapsel.



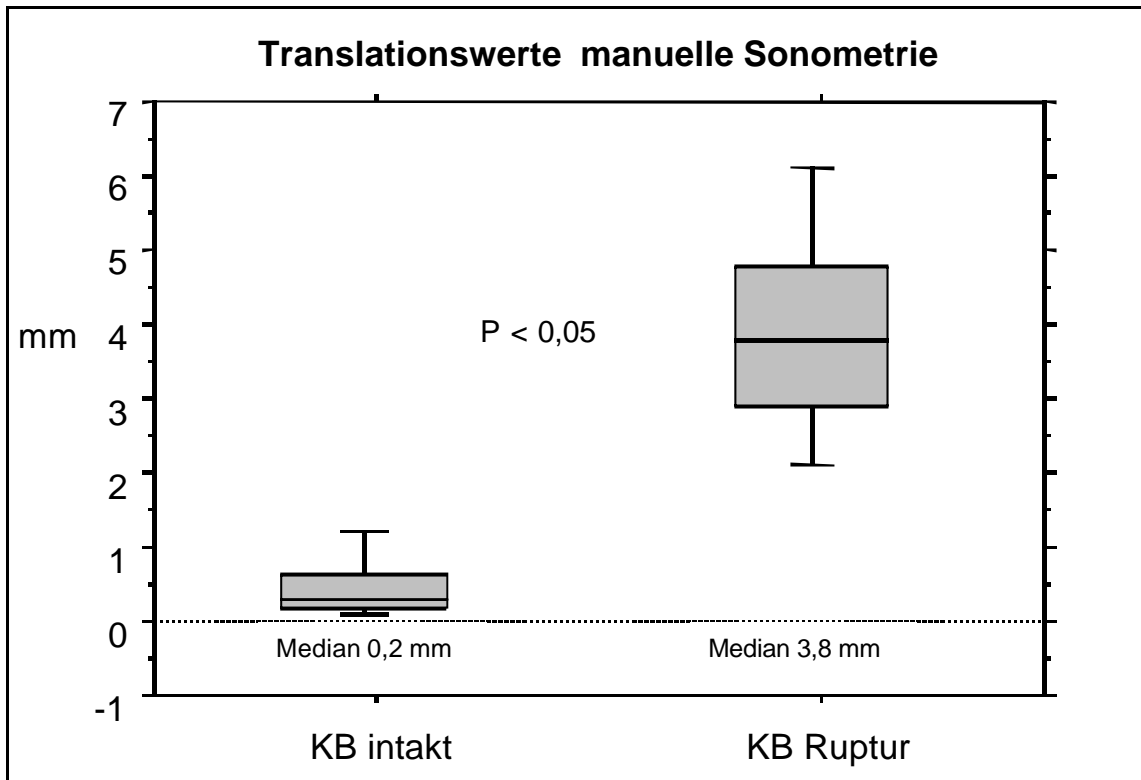


**Abbildung 15: Verteilung der kombinierten Verletzungen.**

11 Kreuzbandverletzungen traten isoliert auf. In 19 Fällen fanden sich Begleitverletzungen an Kollateralbändern, dem hinteren Kreuzband und den Menisken. (Abbildung 15)

### **3.4 Sonometrie**

Sonometrisch wiesen 33 Fälle eine Seitendifferenz von größer oder gleich einem Millimeter auf. Der Median betrug 3,7 Millimeter, der Mittelwert 3,8 Millimeter und die Standardabweichung 1,3 Millimeter. Der größte Wert war 7,3 und der kleinste 1 Millimeter.



**Abbildung 16:** Darstellung der Translationswerte bei intakten und zerrissenen Kreuzbändern. Die Box zeigt die 25 – 75% Quartile, die Whiskers markieren den 10 – 90%- Bereich.

Die Mediane der Seitendifferenzen bei gerissenen und intakten Kreuzbändern unterscheiden sich statistisch signifikant (Irrtumswahrscheinlichkeit  $p < 0,05$ ).

In 8 Fällen war die Seitendifferenz deutlich kleiner als 1 Millimeter.

In einem Fall betrug die sonometrische Seitendifferenz 1,5 Millimeter, ohne dass arthroskopisch eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes zu finden war. Eine spontane anteriore Tibiatranslation fehlte in diesem Falle. Auch der Lachman-Test war negativ.

In einem weiteren Fall war die Sonometrie falsch negativ mit einer Seitendifferenz von 0,6 Millimeter. Hier wurde in einer auswärtigen Klinik arthroskopisch eine Teilruptur diagnostiziert.

### 3.4.1 Grenzwert 1 mm Seitendifferenz

Ergebnisse der Sonometrie mit einem Grenzwert von 1 mm und der Arthroskopie

	Sonometrie positiv	Sonometrie negativ
Arthroskopie positiv	32	1
Arthroskopie negativ	1	7

**Tabelle 4**

Der Anteil der mittels Sonometrie bei einem Grenzwert von 1mm Seitendifferenz richtig erkannten Läsionen des vorderen Kreuzbandes (Sensitivität) beträgt 97% und der Anteil der richtig erkannten intakten Kreuzbänder (Spezifität) 88%. Der positive Vorhersagewert beträgt 97%, der negative Vorhersagewert 88%. Die Gesamtfehlerrate beträgt 4,9%.

### 3.4.2 Grenzwert 3 mm Seitendifferenz

**Ergebnisse der Sonometrie mit einem Grenzwert von 3 mm und der Arthroskopie**

	Sonometrie positiv	Sonometrie negativ
Arthroskopie positiv	23	9
Arthroskopie negativ	0	9

**Tabelle 5**

Bei Annahme eines Grenzwertes von 3 mm Seitendifferenz ergeben sich folgende Werte: 23 Kreuzbandrupturen waren sonometrisch und arthroskopisch nachweisbar und 9 arthroskopisch intakte Kreuzbänder hatten sonometrisch ein entsprechendes Ergebnis.

In 9 Fällen konnte eine Kreuzbandläsion sonometrisch nicht nachgewiesen werden, wogegen kein Fall mit intaktem Kreuzband eine pathologische Arthroskopie aufwies.

Die Gesamtfehlerrate beträgt 22%, die Sensitivität 72%, die Spezifität 100%, der positive Vorhersagewert 100% und der negative Vorhersagewert 50%.

### 3.4.3 Spontane anteriore Tibiatranslation (SATT)

Vorhandensein einer spontanen anterioren Tibiatranslation im Vergleich mit der Arthroskopie

	SATT beobachtet	Keine SATT
Arthroskopie positiv	17	16
Arthroskopie negativ	0	8

**Tabelle 6**

In 17 Fällen konnte eine spontane anteriore Tibiatranslation (SATT) beobachtet werden, das entspricht 41,5%. In 16 Fällen mit verletztem und 8 Fällen mit intaktem Kreuzband konnte keine spontane anteriore Tibiatranslation beobachtet werden.

### 3.4.4 Erlernbarkeit der Methode

Die Technik konnte vor dem Beginn der Erhebungen innerhalb einiger Wochen erlernt werden. Eine Lernkurve über den Studienzeitraum wurde nicht beobachtet. Je ein falsch positiver (Fall 37) und ein falsch negativer Fall (Fall 30) traten am Ende des Erhebungszeitraumes auf. Der Zeitbedarf für die Untersuchung blieb über den Erhebungszeitraum konstant.

## **4 Diskussion**

Die Methode der manuellen Sonometrie erlaubt den regelhaften Nachweis von Kreuzbandläsionen mit einer Sensitivität von 97%. Sie kann vom Untersucher im Anschluß an die klinische Untersuchung in der Ambulanz schnell und ohne Assistenz durchgeführt werden. Auch frisch verletzte Patienten mit Schmerzen, Gelenkserguss und Weichteilschwellung tolerieren die Untersuchung meist problemlos.

Worin bestehen nun die wesentlichen Unterschiede zu anderen Techniken?

Die Darstellung einer echoarmen Zone am femoralen Ansatz als Hinweis für eine Bandverletzung hat lediglich deskriptiven Charakter (38) und sagt nichts über die Funktion oder den Funktionsverlust des Kreuzbandes aus. Zudem ist zur Beurteilung viel Erfahrung nötig. Vorteilhaft ist die Untersuchung von dorsal, was eine entspannte und damit schmerzarme Lagerung erlaubt.

Die von ventral durchgeführten Untersuchungen (34, 36, 37, 38) sind mit eben diesem Nachteil behaftet. Die schmerzbedingte reflektorische Anspannung der Beinmuskulatur erschwert die Untersuchung beträchtlich. Auch die Tatsache, dass der Patient den Untersucher und die Manipulation an seinem verletzten Knie immer im Blick hat, trägt zur unwillkürlichen Muskelanspannung bei.

Durch die Wahl der Patella als Referenzpunkt (38) wird eine weitere Hilfsstruktur in die Beurteilung einbezogen. Die Patella ist kann durch variierenden Druck bei der Untersuchung unbeabsichtigt verschoben werden. Die Wahl der durch das Kreuzband direkt verbundenen Strukturen Tibiakopf und Femurkondylus umgeht das und schafft verlässliche Referenzpunkte.

Die ermittelten Translationsdifferenzen stimmen mit den von ventral bestimmten Werten anderer Autoren überein. GRUBER et.al. (1992) ermittelten eine Seitendifferenz von  $3,8 \pm 1,9$  mm bei Kreuzbandrupturen und von  $1,0 \pm 0,9$  mm bei intakten Bändern. SCHWARZ et. al. (1995) bestimmten eine Seitendifferenz von  $3,3 \pm 1,5$  mm bei Kreuzbandrupturen.

Der Ausschluss von Kreuzbandläsionen ist nicht mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit möglich (Spezifität 88%). Das zeigt das Beispiel einer übersehenen Kreuzbandläsion bei 8 sonometrisch unauffälligen Befunden.

Im Vergleich mit anderen Verfahren ist mit der manuellen Sonometrie trotz schwieriger Untersuchungsbedingungen und manueller Ausführung eine zuverlässige Diagnosefindung zu erreichen (16, 13, 19, 34, 37, 32, 17). Der technische und personelle Aufwand ist im Gegensatz zu den meisten in Tabelle 1 genannten Verfahren allerdings wesentlich geringer.

3 von 41 Kniegelenken waren aufgrund von Schmerzen, Erguss, Weichteilschwellung, muskelkräftiger oder adipöser Gelenke klinisch nicht untersuchbar. In diesen 3 Fällen konnten mit Hilfe der Sonometrie 2 Kreuzbandrupturen und ein intaktes Band identifiziert werden. Somit wurden 2 Kreuzbandrupturen alleine mit Hilfe der Methode einer adäquaten Versorgung zugeführt. Im Gegensatz zu den Beobachtungen von GEBHARD et. al. (1999) (23) konnten mit der beschriebenen Technik alle 41 Patienten schmerzfrei untersucht werden.

Positiv ist zu vermerken, dass alle Kreuzbandläsionen mit Kontinuitätsverlust zweifelsfrei erkannt wurden. Dies konnte durch die Wahl des Grenzwertes von 1 Millimeter und durch die Berücksichtigung der spontanen anterioren Tibiatranslation erreicht werden.

Jeder, der die Grundbegriffe der Sonografie beherrscht und die entsprechende Ausstattung zur Verfügung hat, kann die manuelle Sonometrie am Kniegelenk relativ schnell erlernen und nach kurzer Trainingsphase sicher anwenden.

Auch an der Studie von CHYLARECKI et. al. (1996) waren Ärzte ohne sonografische Erfahrung beteiligt. Diese waren ebenfalls nach kurzer Zeit in der Lage, die Untersuchung selbständig durchzuführen, wobei die Fehlerquote bei erfahrenen und unerfahrenen Untersuchern gleich war.

## **4.1 Wahl des Grenzwertes**

In den meisten arthrosonografischen Studien wird ein wesentlich höherer Grenzwert als der hier gewählte von 1 Millimeter verwendet (13, 42, 20, 19). Auch in Untersuchungen mit dem Arthrometer KT 1000 wird ein Grenzwert von 3 mm angegeben (39).

Der Wert von 1 mm Seitendifferenz als Rupturzeichen erscheint recht gering, ist aber ausreichend. SCHWARZ et.al. (1997) (22) zeigten, dass ein Wert von 1 mm durchaus geeignet ist, die Diagnose Kreuzbandruptur zu stellen.

Hier wurden die Fälle sowohl anhand einer Seitendifferenz von 1 mm als auch von 3 mm beurteilt. Bei 3 mm Signifikanzdifferenz ergeben sich eine Sensitivität von 72% und eine Spezifität von 100%, wogegen bei 1 mm Differenz eine Sensitivität von 97% und eine Spezifität von 88% erreicht werden.

Da die manuelle Sonometrie in der Erstdiagnostik eingesetzt wird, ist ein Grenzwert von 1 mm eher geeignet, die Diagnose verlässlich zu stellen.

Setzt man zur Beurteilung einen Grenzwert von 3 mm ein, so würden 10 von 33 Kreuzbandläsionen nicht erkannt, da die Seitendifferenz nicht erreicht wird. Es ist allerdings anzumerken, dass die Hälfte der nicht erkannten Läsionen Translationswerte zwischen 2,5 und 2,9 mm aufwiesen und damit dem Grenzwert sehr nahe kommen.

Die durchschnittliche Seitendifferenz wird von SCHWARZ (1997) (22) mit  $3,3 \pm 1,5$  mm und von CHYLARECKI et al. (21) (1996) mit  $4,7 \pm 2,3$  mm angegeben. Etliche Fälle dieser Studie liegen trotz einer Ruptur des Kreuzbandes deutlich darunter.

Eine mögliche Erklärung dafür ist die Tatsache, dass in beiden Studien die Zeit vom Trauma bis zur Sonometrie sicherlich mehr als einige Stunden wie in dieser Studie betrug. SCHWARZ (1997) (22) gibt eine Spanne bis zu 8 Tagen für akute Verletzungen und CHYLARECKI et al. (1996) (21) bis zu 3 Wochen an. Es ist denkbar, dass mit zunehmendem Abstand zum Trauma funktionelle und/oder strukturelle Veränderungen in Muskelmantel und Bandapparat des



Kniegelenks stattfinden, welche eine vermehrte Translation trotz vergleichbarer Bedingungen, insbesondere der Untersuchungstechnik, zulassen.

## **4.2 Die spontan auftretende anteriore Tibiatranslation (SATT)**

Das Phänomen einer spontan auftretenden anterioren Tibiatranslation wurde bisher nur mit einem Zeitabstand von mehreren Tagen zum Trauma beobachtet (SCHWARZ et.al. 1997) (22). Es wurde vermutet, dass mit zunehmendem zeitlichen Abstand zum Unfall die schmerzbedingte Anspannung der Muskulatur abnimmt und dadurch die Tibia in Bauchlage spontan der Schwerkraft folgend nach ventral subluxiert. Das würde voraussetzen, dass der Muskeltonus der das Kniegelenk umgebenden Muskulatur zum Unfallzeitpunkt bei allen Patienten schmerzbedingt erhöht wäre. Dies scheint jedoch nicht bei allen Patienten der Fall zu sein.

Im hier beobachteten Kollektiv fand sich bei 17 von 33 Fällen einer Kreuzbandruptur (41,5%%) eine spontane anteriore Tibiatranslation, die bereits initial, also nach wenigen Stunden auftrat.

Bedingt durch die Untersuchungstechnik wird der Schallkopf bei jeder Messung geringfügig unterschiedlich aufgesetzt. Daher kann kein reproduzierbarer Leerwert bestimmt und mit der Gegenseite verglichen werden. Die Feststellung einer spontanen anterioren Translation ist lediglich deskriptiv möglich.

Eine gewisse Standardisierung ist durch die gleichbleibenden Untersuchungsbedingungen (Lagerung, annähernd horizontales Aufsetzen des Schallkopfes) allerdings gegeben.

Im Sonogramm ist das Phänomen durch die bereits ohne Druck auf die Wade abgesunkene Tibiahinterkante zu identifizieren. Durch zusätzlichen Druck kann dann gegebenenfalls keine deutliche Zunahme der Tibiatranslation mehr erreicht werden, sodass eine zu geringe Seitendifferenz ermittelt wird.

Diese diagnostische Unsicherheit könnte durch die Wertung der Schublade als eigenständiges Rupturzeichen überwunden werden. Ein Blick auf die Auswertung zeigt, dass in keinem Fall einer spontanen Schublade das

Kreuzband unversehrt war. Andererseits könnte man die gesamte Translationsspanne sowohl nach ventral als auch nach dorsal zur Beurteilung heranziehen. Es ist hier allerdings eine Fehlermöglichkeit bei Vorliegen einer Ruptur des hinteren Kreuzbandes gegeben, da in diesem Fall ebenfalls eine vermehrte Beweglichkeit nach dorsal zustande kommt. Der Kontinuitätsverlust erlaubt eine vermehrte dorsale Translation.

Die Methode von GEBHARD et. al. (1999) (23) setzt das spontane Absinken des Tibiakopfes sogar voraus, denn hier sorgt alleine die Schwerkraft für die Darstellung der anterioren Translation.

Wie zuvor beschrieben, ist allerdings in 16 von 33 kurz nach dem Trauma untersuchten Fällen keine spontane Translation vorhanden. Hier könnte der Nachweis einer Bandruptur mit der Methode nach GEBHARD unter Umständen schwierig sein.

### **4.3 Schlussfolgerung**

Nach der Auswertung von 41 Untersuchungen an Kniegelenksverletzungen, welche zumeist durch Skisportunfälle entstanden sind, und der Gegenüberstellung von arthroskopischen und sonometrischen Diagnosen lässt sich folgendes feststellen:

1. Die manuelle Sonometrie ist sehr gut zum nichtinvasiven Nachweis von zur Instabilität führenden Verletzungen des vorderen Kreuzbandes geeignet. Wurde ein Grenzwert von 1 mm Seitendifferenz für die anteriore Tibiatranslation (sonometrisch bestimmtes, manuell auslösbares Schubladenphänomen) zugrunde gelegt, konnte in 32 Fällen alleine mittels Sonometrie die Diagnose der vorderen Kreuzbandruptur und damit die Weichen für eine schnelle und adäquate Versorgung gestellt werden.
2. Die Technik ist leicht und schnell erlernbar. Unerfahrene Untersucher können sich rasch einarbeiten. Eine Lernkurve wurde nicht beobachtet und der Zeitbedarf für die Untersuchung blieb konstant.

Die Beurteilung von akuten Kniegelenkstraumen mittels Sonometrie und klinischer Untersuchung kann die von BLAUTH und HELM (1988) (25) berichtete Rate von 60% zunächst übersehenen Kreuzbandrupturen drastisch senken.

## **5 Zusammenfassung**

In einer prospektiv angelegten Studie an 41 Patienten mit frischen Kniegelenksbinnentraumen wurde der Einsatz einer sonografischen Untersuchungsmethode zur Diagnostik von Verletzungen des vorderen Kreuzbandes im unselektionierten Krankengut einer Klinik der Grund- und Regelversorgung untersucht. Als Vergleichsmethode diente die Arthroskopie.

Es wurde nachgewiesen, dass die Methode zuverlässig frische Verletzungen des vorderen Kreuzbandes erkennt. Sie ist leicht erlernbar und wird vom Patienten in aller Regel problemlos toleriert. Damit stellt sie eine ideale Ergänzung der klinischen Untersuchung dar.

Im dorsalen Längsschnitt wird manuell die Tibiatranslation geprüft und anhand knöcherner Referenzpunkte vermessen. Als Kriterium für eine Kreuzbandruptur dient ein Grenzwert von 1 mm Seitendifferenz und/oder der Nachweis einer spontanen anterioren Tibiatranslation.

Der Median der Seitendifferenz bei Ruptur beträgt 3,7 mm, der Mittelwert 3,8 mm  $\pm$  1,3 mm

Die Sensitivität liegt bei 97%, die Spezifität bei 88%, der positive Vorhersagewert bei 97% und der negative Vorhersagewert bei 88%.

Der Lachman-Test wies eine Sensitivität von 93% und eine Spezifität von 88% auf.

3 Patienten waren klinisch nicht untersuchbar, konnten jedoch mittels Sonometrie richtig diagnostiziert werden. 2 Kreuzbandrupturen wurden identifiziert

**Die manuelle Sonometrie in der Diagnostik von  
frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes**

In 17 Fällen wurde eine spontane anteriore Tibiatranslation (SATT) beobachtet, hier lag jeweils eine Ruptur vor. Die SATT kann als eigenständiges Rupturzeichen gewertet werden.

## 6 Anhang – Auflistung der Rohdaten

Anamnesedaten: Unfall- und Untersuchungsdatum, Abstand Untersuchung – Trauma, Alter, Geschlecht, Unfallart, verletzte Seite, Empfindung subj. Instabilität und posttraumatisch mögliche Belastung									
Nr.	Unfall datum	Untersuchungs datum	Abstand zu Trauma	Alter	Geschlecht	Unfallart	Verletzte Seite	Subj. Instabilität	Belastung in %
1	21.11.98	22.11.98	bis 24 Stunden	28	M	Freizeitunfall	links	nein	50
2	07.12.98	08.12.98	bis 24 Stunden	34	W	Arbeitsunfall	links	nein	25
3	12.12.98	13.12.98	bis 24 Stunden	35	M	Freizeitunfall	links	ja	0
4	12.12.98	14.12.98	1 - 3 Tage	30	W	Sportunfall	links	ja	50
5	17.12.99	17.12.98	bis 24 Stunden	36	W	Sportunfall	links	ja	0
6	01.01.99	01.01.99	bis 24 Stunden	48	W	Sportunfall	rechts	ja	0
7	07.01.99	07.01.99	bis 24 Stunden	34	M	Sportunfall	links	ja	0
8	07.01.99	07.01.99	bis 24 Stunden	40	W	Sportunfall	links	ja	0
9	06.01.99	07.01.99	bis 24 Stunden	33	W	Sportunfall	rechts	ja	25
10	09.01.99	10.01.99	bis 24 Stunden	38	W	Sportunfall	rechts	nein	75
11	10.01.99	12.01.99	1 - 3 Tage	39	M	Sportunfall	links	nein	75
12	12.01.99	12.01.99	bis 24 Stunden	30	M	Sportunfall	rechts	ja	25
13	15.01.99	18.01.99	1 - 3 Tage	19	M	Sportunfall	links	nein	50
14	20.01.99	20.01.99	bis 24 Stunden	31	M	Sportunfall	rechts	nein	100
15	24.01.99	24.01.99	bis 24 Stunden	23	M	Sportunfall	rechts	ja	50
16	24.01.99	24.01.99	bis 24 Stunden	54	W	Sportunfall	rechts	ja	0
17	22.01.99	24.01.99	1 - 3 Tage	16	W	Arbeitsunfall	rechts	nein	75
18	26.01.99	26.01.99	bis 24 Stunden	53	W	Sportunfall	rechts	ja	50
19	26.01.99	26.01.99	bis 24 Stunden	21	M	Sportunfall	rechts	ja	25
20	27.01.99	27.01.99	bis 24 Stunden	53	W	Sportunfall	rechts	nein	100
21	28.01.99	28.01.99	bis 24 Stunden	28	W	Freizeitunfall	rechts	ja	50
22	15.01.99	18.01.99	1 - 3 Tage	44	W	Sportunfall	links	ja	0
23	31.01.99	31.01.99	bis 24 Stunden	17	W	Sportunfall	links	nein	50
24	06.02.99	09.02.99	1 - 3 Tage	13	M	Sportunfall	rechts	nein	100
25	10.02.99	10.02.99	bis 24 Stunden	33	W	Sportunfall	links	ja	0
26	12.02.99	12.02.99	bis 24 Stunden	36	M	Sportunfall	rechts	nein	25
27	12.02.99	12.02.99	bis 24 Stunden	38	M	Sportunfall	rechts	ja	50
28	14.02.99	15.02.99	bis 24 Stunden	50	W	Sportunfall	links	ja	0
29	18.02.99	26.02.99	3	41	W	Arbeitsunfall	links	nein	50
30	20.02.99	20.02.99	bis 24 Stunden	20	M	Sportunfall	links	nein	0
31	20.02.99	23.02.99	1 - 3 Tage	31	M	Freizeitunfall	links	nein	50
32	25.02.99	25.02.99	bis 24 Stunden	29	M	Sportunfall	links	ja	0
33	26.02.99	26.02.99	bis 24 Stunden	67	W	Sportunfall	links	ja	75
34	06.03.99	08.03.99	1 - 3 Tage	56	W	Sportunfall	rechts	ja	75
35	10.03.99	10.03.99	bis 24 Stunden	49	W	Sportunfall	links	ja	75
36	12.03.99	12.03.99	bis 24 Stunden	22	M	Arbeitsunfall	rechts	nein	25
37	13.03.99	14.03.99	1 - 3 Tage	30	M	Sportunfall	rechts	nein	100
38	14.03.99	14.03.99	bis 24 Stunden	41	W	Sportunfall	rechts	ja	25
39	13.03.99	14.03.99	bis 24 Stunden	25	W	Sportunfall	rechts	nein	75
40	16.03.99	16.03.99	bis 24 Stunden	44	W	Sportunfall	links	ja	0
41	18.03.99	18.03.99	bis 24 Stunden	60	W	Sportunfall	links	ja	50

Tabelle 7

Die manuelle Sonometrie in der Diagnostik von  
frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes

<b>Klinische Untersuchung I: Gelenkerguss, passive Beweglichkeit, Prüfung der Kollateralbänder, Röntgenergebnis, Prüfung von Meniskuszeichen</b>						
<b>Nr.</b>	<b>Erguss</b>	<b>Passive Beweglichkeit</b>	<b>Medial aufklappbar</b>	<b>Lateral aufklappbar</b>	<b>Fraktur</b>	<b>Meniskus zeichen</b>
1	ja	60-10-0	nein	nein	keine	nein
2	ja	90-0-0	nein	nein	keine	nein
3	ja	90-0-0	drittgradig	nein	keine	Apley
4	ja	80-10-0	nein	nein	keine	nein
5	nein	80-0-0	nein	nein	keine	nein
6	ja	70-0-0	erstgradig	nein	keine	nein
7	nein	60-10-0	erstgradig	nein	keine	nein
8	ja	70-10-0	erstgradig	nein	keine	nein
9	ja	70-0-0	erstgradig	nein	keine	nein
10	ja	85-0-0	erstgradig	nein	keine	nein
11	ja	90-0-0	nein	nein	keine	nein
12	nein	80-0-0	zweitgradig	nein	keine	nein
13	ja	100-0-0	nein	nein	keine	nein
14	nein	110-0-0	erstgradig	nein	keine	nein
15	nein	100-0-5	nein	nein	keine	nein
16	nein	130-0-0	erstgradig	nein	keine	nein
17	ja	80-0-0	nein	nein	keine	nein
18	nein	120-0-10	erstgradig	nein	keine	nein
19	ja	90-0-0	nein	nein	Segond-Fragment	nein
20	ja	60-10-0	nein	nein	keine	Steinmann I
21	nein	120-0-0	nein	nein	keine	Steinmann I
22	ja	70-0-0	erstgradig	nein	keine	nein
23	ja	20-10-0	nicht prüfbar	nicht prüfbar	knöch. Bandausriss	nein
24	ja	90-0-0	nein	nein	keine	nein
25	ja	80-0-0	zweitgradig	nein	keine	nein
26	ja	100-10-0	nein	nein	keine	nein
27	ja	90-0-0	nein	nein	keine	nein
28	ja	70-10-0	drittgradig	nein	keine	nein
29	ja	80-0-0	erstgradig	nein	keine	nein
30	nein	100-0-0	nein	nein	keine	nein
31	ja	90-5-0	nein	nein	keine	nein
32	ja	80-10-0	zweitgradig	nein	keine	nein
33	nein	100-0-0	nein	nein	keine	nein
34	ja	90-5-0	zweitgradig	nein	keine	nein
35	ja	90-0-0	nein	nein	keine	nein
36	ja	80-10-0	nein	nein	knöch. Bandausriss	Apley
37	nein	100-0-0	nein	nein	keine	nein
38	nein	120-0-0	nein	nein	keine	nein
39	ja	80-10-0	nein	nein	keine	nein
40	nein	90-10-0	zweitgradig	nein	keine	nein
41	nein	120-0-0	zweitgradig	nein	keine	nein

**Tabelle 8**

Die manuelle Sonometrie in der Diagnostik von  
frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes

<b>Klinische Untersuchung II und Sonometrie: Ergebnisse des Lachman-Tests, Angabe der sonometrischen Seitendifferenz, Beobachtung der spontanen anterioren Tibiatranslation</b>			
Nr.	Lachman-Test	Seitendifferenz Sonometrie (mm)	Spontane Translation
1	I° positiv	-0,2	nein
2	negativ	0,1	nein
3	III° positiv	3,4	nein
4	I° positiv	2,8	nein
5	III° positiv	3,4	ja
6	II° positiv	5,3	nein
7	II° positiv	4,2	nein
8	III° positiv	1	ja
9	III° positiv	2,3	ja
10	II° positiv	3,9	ja
11	II° positiv	1,7	nein
12	I° positiv	3,3	ja
13	negativ	-0,1	nein
14	I° positiv	6,2	ja
15	III° positiv	4,8	ja
16	III° positiv	4,2	ja
17	negativ	0,2	nein
18	II° positiv	3,1	ja
19	nicht prüfbar	0,5	nein
20	negativ	-0,2	nein
21	negativ	-1	nein
22	III° positiv	3,6	ja
23	nicht prüfbar	2,6	nein
24	III° positiv	3,7	nein
25	II° positiv	5,2	ja
26	III° positiv	4,5	ja
27	III° positiv	1,6	ja
28	III° positiv	4,9	nein
29	II° positiv	6,1	nein
30	negativ	0,6	nein
31	III° positiv	3,2	ja
32	nicht prüfbar	4,3	nein
33	I° positiv	4,1	nein
34	II° positiv	4,8	nein
35	II° positiv	6,2	nein
36	III° positiv	2,5	ja
37	negativ	1,5	nein
38	II° positiv	2,9	ja
39	negativ	2,9	ja
40	III° positiv	4,4	ja
41	III° positiv	7,3	nein

**Tabelle 9**

Die manuelle Sonometrie in der Diagnostik von  
frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes

**Intraoperativer Befund: Angabe der arthroskopisch ermittelten Schäden und der Diagnose**

Fall Nr.	Diagnose	Mediale Bandläsion	Laterale Bandläsion	Innenmeniskus schaden	Aussenmeniskus schaden	Hinteres Kreuzband	Vorderes Kreuzband
1	Patellaluxation	nein	nein	nein	nein	Stabil	Stabil
2	Distorsion, Hämarthros	nein	nein	nein	nein	Stabil	Stabil
3	LCA-Ruptur, Innenbandruptur, AM-Hinterhornriss	ja	nein	nein	ja	Komplett ruptur	Komplett ruptur
4	LCA-Ruptur, AM-Riss	nein	nein	nein	ja	Stabil	Komplett ruptur
5	LCA-Ruptur	nein	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur
6	LCA-Ruptur, LCM-Ruptur	ja	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur
7	LCA-Ruptur, LCM-Ruptur	ja	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur
8	LCA-Ruptur, Innenbandruptur, AM-Hinterhornriss	ja	nein	nein	ja	Stabil	Komplett ruptur
9	LCA-Ruptur, Innenbandruptur, AM-Riss	ja	nein	nein	ja	Stabil	Komplett ruptur
10	Innenband- u. LCA-Ruptur, AM-Hinterhornriss	ja	nein	nein	ja	Stabil	Komplett ruptur
11	LCA-Ruptur	nein	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur
12	LCA-Ruptur und med. Bandruptur	ja	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur
13	Distorsion	nein	nein	nein	nein	Stabil	Stabil
14	LCA-Ruptur	nein	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur
15	LCA-Ruptur, AM-Riss	nein	ja	nein	ja	Stabil	Komplett ruptur
16	LCA-Ruptur, Fibulaköpfchenfraktur	nein	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur
17	traumatische Patellaluxation	nein	nein	nein	nein	Stabil	Stabil
18	LCA-Ruptur, AM-Riss	ja	nein	nein	ja	Stabil	Komplett ruptur
19	Segond-Fraktur	nein	nein	nein	nein	Stabil	Stabil
20	Patellaluxation, AM-Riss	ja	nein	nein	ja	Stabil	Stabil
21	Patellaluxation	nein	nein	nein	nein	Stabil	Stabil
22	LCA-Ruptur, LCM-Ruptur	ja	nein	nein	ja	Stabil	Komplett ruptur
23	knöch. Ausriss LCA tibial	nein	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur
24	LCA-Ruptur, AM-Riss	nein	nein	nein	ja	Stabil	Komplett ruptur
25	LCA-Ruptur, LCM-Ruptur	ja	nein	nein	ja	Stabil	Komplett ruptur
26	LCA-Ruptur, LCM-Ruptur, AM-Riss	ja	nein	nein	ja	Stabil	Komplett ruptur
27	LCA-Ruptur, AM-Riss, Teilruptur LCP	nein	nein	nein	ja	Teilruptur	Komplett ruptur
28	LCA- u. LCP-Ruptur, LCM-Ruptur	ja	nein	nein	nein	Komplett ruptur	Komplett ruptur
29	LCA-Teilruptur	ja	nein	nein	nein	Stabil	Teilruptur
30	Teilruptur LCA	nein	nein	nein	nein	Stabil	Teilruptur
31	LCA-Ruptur	nein	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur
32	LCA-Ruptur, AM u. IM-Riss	nein	nein	ja	ja	Stabil	Komplett ruptur
33	LCA-Ruptur, IM-Riss	nein	nein	ja	nein	Stabil	Komplett ruptur
34	LCA-Ruptur	nein	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur
35	LCA-Ruptur	nein	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur
36	knöch. Ausriss LCA	nein	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur
37	Ruptur dors. Kapsel	nein	nein	nein	nein	Stabil	Stabil
38	LCA-Ruptur	nein	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur
39	LCA-Ruptur, Knorpelschaden	nein	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur
40	LCA-Teilruptur, AM-Hinterhornriss	nein	nein	nein	ja	Stabil	Teilruptur
41	LCA-Ruptur, LCM-Ruptur	ja	nein	nein	nein	Stabil	Komplett ruptur

**Tabelle 10**



## **7 Literaturverzeichnis**

- 1 Feagin JA, Curl WW: Isolated tear of the anterior cruciate ligament : 5-year follow-up study. Am J Sports Med 4: 95-100 (1976)
- 2 Feagin JA, Abott HG, Rokous JR: The isolated tear of the anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg [Am] 58: 1340-1341 (1972)
- 3 Müller W : Das Knie: Form, Funktion und ligamentäre Wiederherstellungschirurgie. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York S. 324 (1982)
- 4 Hawkins RJ, Misamore GW, Merritt TR: Followup of the acute nonoperated isolated anterior cruciate ligament tear. Am J Sports Med 14: 205-210 (1986)
- 5 Scherer MA, Gerngross H, Blümel G: Radiologische Veränderungen nach Naht des vorderen Kreuzbandes. Röntgenpraxis 47: 168-174 (1994)
- 6 Knaepler H, Wagner UA, Werlich T, Gotzen L: Die isolierte frische vordere Kreuzbandruptur - eine klinische, instrumentelle oder arthroskopische Diagnose? Arthroskopie 3: 2-6 (1990)
- 7 Grobbelaar N, Bouffard JA: Sonography of the knee, a pictorial review. Semin Ultrasound CT MR 21: 231-274 (2000)
- 8 Röhr E: Experimentelle Untersuchungen zur sonographischen Darstellung der Kreuzbänder. Fortschr Röntgenstr 143: 467-469 (1985)
- 9 Jerosch J, Castro MHW, Sohns HU, Winkelmann W: Der Aussagewert der Sonographie bei Verletzungen des Kniegelenks. Ultraschall 10: 257-281 (1989)
- 10 Jerosch J, Schröder M: Ergebnisse der diagnostischen Sonographie bei Verletzungen des Kniegelenks. Sportverl Sportschad 4: 139-146 (1990)

Die manuelle Sonometrie in der Diagnostik von  
frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes

- 11 Wirth CJ: Kreuzbandverletzungen des Kniegelenks. Orthopäde 18: 302 (1989)
  
- 12 Ptasznik R, Feller J, Bartlett J, Fitt G, Mitchell A, Hennessy O: The value of sonography in the diagnosis of traumatic rupture of the anterior cruciate ligament of the knee. Am J Roent 164: 1461-1463 (1995)
  
- 13 Chylarecki C, Hierholzer G, Tabertshofer H: Sonographische Kriterien der frischen Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Unfallchirurgie 21: 109-117 (1995)
  
- 14 Wittner B, Müller-Färber J: Die Aussagekraft der Sonographie des vorderen Kreuzbandes beim posttraumatischen Hämarthros. Unfallchirurg 94: 565-569 (1991)
  
- 15 Richter J, David A, Pape HG, Ostermann PAW, Muhr G: Diagnostik der akuten vorderen Kreuzbandruptur. Unfallchirurg 99: 124-129 (1996)
  
- 16 Bickelhaupt A, Kelsch G, Ulrich CH: Die arthrosonografische Diagnostik der Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Aktuel Traumatol 25: 197-201 (1995)
  
- 17 Schmid A, Schmid F: Objektivierbarkeit des Lachman-Tests durch Arthrosonographie. Unfallchirurg 91: 70-76 (1988)
  
- 18 Hien NM, Schrickler T, Wirth CJ: Sonographische Diagnostik bei Kapselverletzungen des Kniegelenks. Hefte Unfallheilkd 189: 1083-1085 (1987)
  
- 19 Friedl W, Glaser F: Dynamic sonography in the diagnosis of ligament and meniscal injuries of the knee. Arch Orthop Trauma Surg 110: 132-138 (1991)
  
- 20 Gruber G, Harland U, Gruber GM: Sonographische Untersuchung des Lachman-Tests bei Läsionen des vorderen Kreuzbandes. Orthop Prax 5: 333-335 (1992)

**Die manuelle Sonometrie in der Diagnostik von  
frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes**

- 21 Chylarecki C, Hierholzer G, Klose R: Sonographische Diagnostik der frischen Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Unfallchirurg 99: 24-30 (1996)
- 22 Schwarz W, Hagelstein J, Minholz R, Schierlinger M, Danz B, Gerngross H: Manuelle Sonometrie des Kniegelenks. Unfallchirurg 100: 280-285 (1997)
- 23 Gebhard F, Authenrieth M, Strecker W, Kinzl L, Hehl G: Ultrasound evaluation of gravity induced anterior drawer following anterior cruciate ligament lesion. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 7: 166-172 (1999)
- 24 König DP, Rütt J, Kumm D, Breidenbach E: Diagnostik der vorderen Knieinstabilität. Unfallchirurg 101: 209-213 (1998)
- 25 Blauth W, Helm C: Vordere Kreuzbandrupturen – ein diagnostisches Problem? Unfallchirurg 91: 358-365 (1988)
- 26 Debrunner AM: Orthopädie, orthopädische Chirurgie: Die Störungen des Bewegungsapparates in Klinik und Praxis. Huber Verlag Bern, Göttingen, Toronto, Seattle (1994)
- 27 Galway R, Beaupre A, McIntosh DL: Pivot-shift-A clinical sign of symptomatic anterior cruciate insufficiency, J Bone Joint Surg 54: 763-764 (1974)
- 28 Kim SJ, Kim HK: Reliability of the anterior drawer test, the pivot shift test, and the Lachman test. Clin Orthopaed 317: 237-242 (1995)
- 29 Decker R, Ruf W: Diagnostische Sicherheit verschiedener Untersuchungsverfahren beim frischen ligamentären Knie Trauma. Unfallchirurgie 14: 204-210 (1988)

Die manuelle Sonometrie in der Diagnostik von  
frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes

30 Wirth CJ, Häfner H: Biomechanische Aspekte und klinische Wertigkeit des Lachman-Tests bei der Diagnostik von Kreuzbandverletzungen. Orthop Praxis 11: 904-908 (1981)

31 Pässler HH, Merz S: Der radiologische Lachman-Test – eine einfache und sichere Methode zum Nachweis von Kreuzbandschäden. Unfallchirurgie 12: 295-300 (1986)

32 Runkel M, Blum J, Röder W, Ahlers J, Kreitner KF: Zur Wertigkeit des radiologischen Lachman-Tests bei vorderen Kreuzbandrupturen. Akt Traumatol 23: 297-301 (1993)

33 Kmen A, Bartalsky L, Pühringer A: Der radiologische Lachman-Test: Eine äußerst exakte und aussagekräftige Methode zur Beurteilung frischer und alter Kreuzbandverletzungen. Unfallchirurg 94: 390-394 (1991)

34 Hodler J, Buess E, Rodriguez M, Imhoff A: Magnetresonanztomographie (MRT) des Kniegelenks: Meniskus, Kreuzbänder und hyaliner Gelenkknorpel. Fortschr Röntgenstr 159: 107-112 (1993)

35 Fischer SP, Fox JM, Del Pizzo W, Fiedmann MJ, Snyder SJ, Ferkel RD: Accuracy of diagnoses from magnetic resonance imaging of the knee. J Bone Surg 73: 2-10 (1991)

36 Mink JH, Levy T, Crues JV: Tears of the anterior cruciate ligament and menisci of the knee: MR imaging evaluation. Radiology 167: 769-774 (1988)

37 Neubert M, Horst E, Steinbrück K: Instrumentelle Stabilitätskontrolle des frisch verletzten Kniegelenks mit dem KT 1000. Arthroskopie 5: 59-62 (1992)

38 Rangger C, Daniel DM, Stone ML: Instrumentelle Messungen von Rupturen des vorderen Kreuzbandes. Unfallchirurg 97: 462-466 (1994)

**Die manuelle Sonometrie in der Diagnostik von  
frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes**

39 Werlich T, Brand H, Echtermeyer H, Pöhlmann J: Knie –Arthrometer KT-1000: Stellenwert der instrumentellen Messung bei der Diagnose einer komplexen vorderen Knieinstabilität. Akt Traumatol 23: 43-49 (1993)

40 Daniel DM, Malcolm LL, Losee G: Instrumented measurement of anterior knee laxity. J Bone Joint Surg 67: 720-726 (1985)

41 Sherman OH, Markolf KL, Ferkel RD: Measurements of anterior knee laxity in normal and anterior cruciate absent knees with two instrumented test devices. Clin Orthop 215: 150-161 (1987)

42 Post S, Göhring U, Friedl W: Möglichkeiten der sonographischen Diagnostik von Knieband- und Meniskusverletzungen. Ultraschall Klin Prax 9: 88-91 (1994)

## Lebenslauf

Geburtsdatum:	24. Januar 1964
Eltern:	Jürgen Ehry, geb. 11.10.1939, selbstständiger Schlossermeister Christa Ehry, geb. 31.12.1939, kaufm. Angestellte
Schulbildung:	1970 – 1974 Grundschule Frankfurt-Nied 1974 – 1980 Leibniz-Gymnasium Frankfurt-Höchst 1980 – 1983 Friedrich Dessauer Gymnasium Frankfurt-Höchst 1983 Abitur in den Fächern Englisch, Physik und Chemie
weitere Ausbildung:	1983 – 1984 Metallbaupraktikum 1984 – 1985 Physikstudium 3 Sem. J.-W. Goethe Uni, Frankfurt am Main
Zivildienst:	1985 – 1986 im Rettungsdienst des Arbeiter Samariter Bundes OV Frankfurt-Höchst, währenddessen Ausbildung zum Rettungssanitäter.
Studium:	Erhalt eines Medizinstudienplatzes zum SS 87 durch Auswahlgespräch an der J.-W. Goethe-Universität Frankfurt. 3. Staatsexamen am 6.4.93 nach 12 Semestern.
AiP-Zeit:	1.8.93 – 31.1.95 Arzt im Praktikum in der medizinischen Klinik des Hospital z. hl. Geist, Frankfurt a. M. (Chefarzt Prof. K.R. Genth).
Assistenzarzt-Tätigkeit:	1.5.95 – 30.9.95 Praxisassistent Internistisch-nephrologische Praxis Dr. Scholz/Dr. Seyffart, Bad Homburg. 1.10.95 – 30.6.96 Assistenzarzt Innere Medizin Hospital z. hl. Geist, Frankfurt (Notfallstation, Chefarzt Prof. K.R.Genth) 1.8.96 – 30.11.97 Praxisassistent Allgemeinarzt Dr. R. Bachmann, Tätigkeit in der Allgäu – Clinic Hindelang im Bereich Geriatrische Rehabilitation. 1.12.97 – 14.04.1999 Assistenzarzt in der Klinik Sonthofen Chirurgie, Chefarzt Dr. G. Sirrenburg
Facharztprüfung	14.07.1999 Prüfung zum Facharzt für Allgemeinmedizin
Amtsarztprüfung	14.12.2000 Prüfung für den höheren öffentlichen Gesundheitsdienst
Aktuelle Tätigkeit	Seit 15.04.1999 Anstellung als Arzt im Gesundheitsamt Sonthofen Landratsamt Oberallgäu

Sonthofen, den 17.11.2001