

**Aus der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und**

**Wiederherstellungschirurgie**

**der Universität Würzburg**

**Direktor: Prof. Dr. med. R. Meffert**

**Untersuchung der Interrater-Reliabilität des  
Knielaxizitäts-Tensiometers (KLT)**

**Inauguraldissertation**



**zur Erlangung der Doktorwürde der**

**Medizinischen Fakultät der**

**Julius-Maximilians-Universität Würzburg**

**vorgelegt von**

**Alisa-Maria Eckardt**

**aus Bad Windsheim**

**Würzburg, Juli 2021**

**Referent:** Prof. Dr. med. R. Meffert

**Korreferent:** Prof. Dr. med. P. Raab

**Dekan:** Prof. Dr. med. M. Frosch

**Tag der mündlichen Prüfung: 19.01.2022**

**Die Promovendin ist Ärztin**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1	<b>Kniegelenk .....</b>	<b>2</b>
1.1.1	Kreuzbänder .....	2
1.1.2	Bewegungsumfang .....	3
1.1.3	Pathologie .....	4
1.2	<b>Klinische Tests zur Überprüfung der VKB-Ruptur .....</b>	<b>5</b>
1.3	<b>Arthrometer .....</b>	<b>7</b>
1.4	<b>Fragestellung der Arbeit .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>11</b>
2.1	<b>Studiendesign .....</b>	<b>11</b>
2.2	<b>KLT .....</b>	<b>12</b>
2.3	<b>Messvorgang .....</b>	<b>13</b>
2.4	<b>Statistische Auswertung (Software) .....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>16</b>
3.1	<b>Probandenkollektiv .....</b>	<b>16</b>
3.1.1	Häufigkeiten .....	16
3.1.2	Klassifizierung der Sportarten .....	16
3.2	<b>Messergebnisse .....</b>	<b>18</b>
3.2.1	Überprüfung der Unabhängigkeit der Messergebnisse von Untersuchern .....	20
3.2.2	Überprüfung der Unabhängigkeit der Messergebnisse von der Vorerfahrung der Untersucher .....	25
3.2.3	Untersuchung des Trainingseffektes im zeitlichen Verlauf .....	26
<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>29</b>
4.1	<b>Überblick über die Ergebnisse .....</b>	<b>29</b>
4.1.1	Schlechte Korrelationen .....	29
4.1.2	Gute Korrelationen .....	30
4.2	<b>ICC-Werte in der Literatur .....</b>	<b>30</b>
4.3	<b>Einfluss der Vorerfahrung .....</b>	<b>32</b>
4.4	<b>Trainingseffekt .....</b>	<b>34</b>
4.4.1	Einfluss des Trainings in dieser Studie .....	34
4.4.2	Einfluss des Trainings in der Literatur .....	35

4.5	Gründe für die Interrater Variabilität – Potenzielle Fehlerquellen .....	36
4.6	Methodenkritik .....	37
4.7	Ausblick .....	38
4.8	Fazit .....	40
5	ZUSAMMENFASSUNG .....	41
6	LITERATURVERZEICHNIS .....	43

## APPENDIX

### I ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

### II ABBILDUNGSVERZEICHNIS

### III TABELLENVERZEICHNIS

### IV DANKSAGUNG

### V LEBENSLAUF

## 1 Einleitung

Die komplexe Anatomie des Kniegelenkes gestattet zum einen ein hohes Maß an Mobilität, zum anderen wird aber auch in der Bewegung für eine ausreichende Stabilität gesorgt. Eine Vielzahl an Bändern, die umgebende Muskulatur sowie die Menisken tragen dabei maßgeblich zur notwendigen Stabilität bei. Kommt es durch eine Verletzung zu einem Stabilitätsverlust im Kniegelenk, wird die Kniegelenkinstabilität wiederum in 3 Formen eingeteilt. Man unterscheidet dabei eine einfache Instabilität von einer komplexen Instabilität, bei der wiederum mehrere stabilisierende Strukturen beteiligt sind. Eine chronische Instabilität besteht im Gegensatz zu den anderen Formen bereits seit über 6 Monaten [32] [62].

Viele verschiedene klinische Tests helfen bei der Überprüfung des Kniegelenkes. Zahlreiche Messgeräte dienen dabei der Unterstützung der korrekten Diagnostik. Anderson und Lipscomb [2] raten zum Gebrauch von Arthrometern, da dadurch unter anderem das Vertrauen in die klinische Diagnose bestätigt wird. Ebenso helfen objektive Messungen, das Ausmaß und die Art der Instabilität zu quantifizieren [2]. Zur Überprüfung der Kniegelenkstabilität existieren jedoch eine große Anzahl an unterschiedlichen Messgeräten. In der Literatur werden die verschiedenen Gütekriterien (Reliabilität, Objektivität, Validität) dieser Messgeräte ausgiebig diskutiert. Eines dieser Messgeräte ist das Knielaxizitäts-Tensiometer (KLT). In der Literatur existieren bisher noch keine Studien zu diesem Messgerät, daher soll es in dieser Arbeit genauer untersucht werden.

In einer früheren Arbeit wurde bereits die Paralleltest-Reliabilität des KLTs untersucht, wodurch gezeigt werden konnte, dass sich das neue Messgerät, das zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht auf dem freien Markt verfügbar gewesen ist, als kompaktes, benutzerfreundliches Arthrometer gut eignet [31]. Diese Studie soll insbesondere die Interrater-Reliabilität überprüfen und damit den Benutzereinfluss des Messgerätes untersuchen. Da Patienten gerade bei Verlaufskontrollen nicht immer von den gleichen Untersuchern vermessen werden, sollte ein Messgerät benutzerunabhängige Ergebnisse liefern sowie unabhängig von deren Vorerfahrung und vom Trainingseffekt sein.

## 1.1 Kniegelenk

Das Kniegelenk wird aus unterschiedlichen Gelenkkompartimenten gebildet. Es setzt sich aus dem medialen sowie lateralen Gelenkkompartiment und dem Femoropatellargelenk zusammen [49]. Die drei Knochen Femur, Tibia und Patella sind an der Artikulation beteiligt. Das Femorotibialgelenk wird durch das Zusammenspiel von Femur und Tibia gebildet und führt eine Roll-Gleit-Bewegung aus. Das Femoropatellargelenk setzt sich dementsprechend aus Femur und Patella zusammen. Umgeben sind beide Gelenke von einer Gelenkkapsel. Das Tibiofibulargelenk funktioniert als eigenständiges Gelenk und ist nicht an der Bildung des Kniegelenkes beteiligt [64]. Die schwache knöchernen Führung des Kniegelenkes benötigt eine gute Stabilisierung durch aktive und passive Halteelemente. Die Muskulatur trägt dabei aktiv zur Stabilisierung bei. Den passiven Anteil übernehmen Bänder, Menisken und die Gelenkkapsel.

Insgesamt gibt es 6 Freiheitsgrade, in denen sich das Kniegelenk bewegen kann. Die folgenden drei Bewegungen um eine Achse können durchgeführt werden: Extension – Flexion, Außenrotation – Innenrotation, Varus-Rotation – Valgus-Rotation. Ebenso können Verschiebungen in einer Ebene vorgenommen werden. Zwei Translationen können anterior – posterior oder medial – lateral ausgeführt werden. Zur dritten möglichen Translation zählt die Kompression – Distraction [32].

### 1.1.1 Kreuzbänder

Zwischen den Areae intercondylares anterior und posterior der Tibia und der Fossa intercondylaris des Femurs verlaufen die Kreuzbänder. Diese setzen sich aus kollagenen Faserzügen und locker umgebendem Bindegewebe zusammen. Das vordere Kreuzband spannt sich von der Fossa intercondylaris anterior zur medialen Fläche des lateralen Femurkondylus auf [64]. Dabei wird noch einmal zwischen einem anteromedialen (AM-Bündel) und einem posterolateralen (PL-Bündel) Faserbündel unterschieden. Das AM-Bündel (Länge ca. 38 mm) ist im Vergleich zum PL-Bündel (Länge ca. 20 mm) deutlich länger und verläuft steiler. Anteriore Stabilität, sowie Rotationsstabilität werden vor allem durch das vordere

Kreuzband gewährleistet, wodurch eine anteriore tibiale Translation verhindert wird [80].

Der Verlauf des hinteren Kreuzbandes ist annähernd rechtwinklig zum vorderen Kreuzband. Es zieht von der Area intercondylaris posterior zur lateralen Fläche des medialen Femurkondylus. Entsprechend des vorderen Kreuzbandes werden auch hier ein anterolaterales (AL-Bündel) und ein schwächeres posteromediales (PM-Bündel) Faserbündel unterschieden [80].

Vor allem in der Sagittalebene sorgen die Kreuzbänder für die Stabilität des Kniegelenkes [64]. Bei gebeugtem Knie und Erschlaffung der Seitenbänder wird besonders durch die Kreuzbänder die Verschieblichkeit der Gelenkflächen begrenzt. In nahezu allen Kniegelenksstellungen findet man angespannte Faserbündel der Bänder [73]. Dabei verhalten sich das AM-Bündel und PL-Bündel des vorderen Kreuzbandes reziprok zueinander. In Flexionsstellung des Kniegelenkes befindet sich vor allem das AM-Bündel unter Spannung, wohingegen das PL-Bündel bei Extension stärker beansprucht wird [64].

### **1.1.2 Bewegungsumfang**

Die Beugung (Flexion) bzw. Streckung (Extension) des Kniegelenkes wird in einer transversalen Bewegungsachse durchgeführt. Der Schnittpunkt der Kreuz- und Kollateralbänder stellt dabei den Drehpunkt der Flexions-Extensionsachse dar. In der Bewegung formt die Achse dabei eine bogenförmig nach hinten verlaufende Kurve. Die Funktion als Dreh-Scharniergelenk (Trochoginglymus) wird hier besonders deutlich. Im Kniegelenk ist eine Flexion von ca. 120-150° möglich. Die Extension kann zwischen 5-10° durchgeführt werden [64].

Eine Rotationsbewegung wird im 90° abgewinkelten Knie durchgeführt. Der innere Anteil des medialen Tibiakondylus stellt dabei die Rotationsachse dar. Die Außenrotation liegt bei max. ca. 30-40°, wohingegen die Innenrotation durch die Verdrehung der Kreuzbänder geringer ausfällt (max. ca. 10°) [64].

### 1.1.3 Pathologie

Das Kniegelenk ist das größte Gelenk im menschlichen Körper und durch seine komplexe Anatomie anfällig für eine Vielzahl an Pathologien [49] [64]. Die Begriffe Stabilität bzw. Instabilität des Kniegelenkes werden in der Literatur sehr unterschiedlich definiert. Zum Teil werden aktive und passive Stabilisierungsmechanismen unterschieden. Eine aktive Stabilisierung wird durch das neuromuskuläre Zusammenspiel herbeigeführt, wohingegen alle anderen Mechanismen zur passiven Stabilisierung beitragen. Die erforderliche Stabilität wird aus der Einheit Anatomie, Mechanik und dem neuromuskulären System erzeugt [1].

Kann ein Gelenk in der Bewegung stets eine angemessenen funktionsfähige Position einnehmen, dann wird es als stabil bezeichnet. Eine steigende funktionelle Belastung sollte dabei nichts an der Position des Gelenkkontaktes ändern [9]. Zur genaueren Beurteilung der Gelenkstabilität wird der Begriff Laxizität verwendet [41]. Die Laxizität beschreibt eine physiologische Erschlaffung bzw. mangelnde Spannung eines Bandes [50]. Hierdurch wird unter Krafteinwirkung eine geringe Translation der Tibia gegenüber dem Femur möglich. Eine abnorme Verschiebung der Tibia infolge einer traumatischen Gewebeerletzung (Bänder, Kapsel, Menisken, Knorpel oder Knochen) wird hingegen als Instabilität des Kniegelenkes bezeichnet [50].

Abhängig von der Distanz der Tibiatranslation (in mm), wird die Instabilität des Kniegelenkes wie folgt unterteilt [71]: Mit 3-5 mm unterscheidet man eine geringe Instabilität von einer mittleren Instabilität (6-10 mm). Als ausgeprägte Instabilität wird eine anterior-posterior Translation der Tibia über 10 mm bezeichnet [71].

Eine Instabilität des Kniegelenkes kann auf verschiedene Arten entstehen. Dazu zählen die Instabilität in einer Ebene, Rotationsinstabilität bzw. kombinierte Instabilitäten [32]. Der Begriff Rotationsstabilität beschreibt wiederum die Begrenzung der anterioren tibialen Translation unter einer Rotationskraft [18] [42].

Bandverletzungen sowie Verletzungen der Menisken, die zur Instabilität im Kniegelenk führen, entstehen meist durch ein indirektes oder direktes Trauma [72]. Je nach Mechanismus können dabei unterschiedliche Strukturen betroffen sein. Begleitend findet man häufig eine Schwellung, Schmerzen bzw. einen Hämarthros, welcher auf die Verletzung von Kapselbandstrukturen, Frakturen oder einen



(basisnahen) Meniskusriss hindeuten kann [49] [40]. Weitere klinische Symptome der Bandinstabilität sind eine Gangunsicherheit bzw. das Wegknicken (giving-way) des Kniegelenkes [49].

Am häufigsten entstehen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes vor allem in „Nicht-Kontakt-Situationen“ [7] [47]. Besonders beim Landen nach dem Sprung, plötzlichem Abstoppen oder plötzlichen Drehbewegungen (bei fixiertem Unterschenkel) ist die Gefahr für eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB-Ruptur) besonders hoch [22]. Der Verletzungsmechanismus eines vorderen Kreuzbandrisses in geringer Beugstellung, wird daher häufig als Rotationstrauma unter Valgusstress beschrieben. Dahingegen wird eine deutlich seltenere Ruptur des hinteren Kreuzbandes (HKB-Ruptur) vorrangig durch ein direktes Verschiebetrauma mit dorsaler Tibiatranslation begünstigt [49]. Sowohl das vordere als auch das hintere Kreuzband können komplett oder inkomplett reißen. Die pathologische Tibiatranslation ist dabei umso größer, je ausgeprägter die Verletzung der stabilisierenden Strukturen des Kniegelenkes ist [72] [29] .

## **1.2 Klinische Tests zur Überprüfung der VKB-Ruptur**

Die klinische Untersuchung des verletzten Kniegelenks bei Verdacht auf einen vorderen Kreuzbandriss, kann entweder mittels vorderem Schublade-Test, Lachman-Test oder Pivot-Shift-Test durchgeführt werden. Letzterer wird zum Teil auch in Narkose vorgenommen, da die Durchführung des Tests bei relaxierten Patienten einfacher und weniger schmerzhaft ausfällt. Außerdem wird hierbei vorrangig die Rotationsstabilität bei vorderem Kreuzbandriss überprüft [34]. Aus diesen Gründen wird in dieser Arbeit nicht näher auf den Pivot-Shift-Test eingegangen.

Der Lachman-Test gilt generell als sensitiver als der vordere Schublade-Test, da die Anspannung des vorderen Kreuzbandes und der Kniebeuger in ca. 30° Flexionsstellung geringer ist [2] [33] [74] [61]. Die Tibiatranslation und der Anschlag des vorderen Kreuzbandes lassen sich dadurch besser bestimmen. Der Unterschied zwischen der Durchführung des Lachman-Testes und dem vorderen Schublade-Test besteht in der Lagerung des Patienten. Der Schublade-Test

wird in 90° Flexion durchgeführt, der Lachman-Test in 30° Flexionsstellung des zu untersuchenden Knies. Außerdem unterscheidet sich die Position des Untersuchers, welcher beim vorderen Schubladentest am Fußende des Patienten auf der Liege sitzt und dadurch den Fuß des Patienten mit seinem Gewicht stabilisiert. Bei dem Schubladen-Test wird der Tibiakopf mit beiden Händen umfasst und nach anterior gezogen. Durch die Krafteinwirkung des Untersuchers folgt eine anteriore Verschiebung der Tibia. Diese Bewegung bezeichnet man als Tibi-atranslation, Tibiavorschub oder als (positive) Schublade.

Die genaue Durchführung des Lachman-Tests und die korrekte Lagerung des Patienten werden in Kapitel 2.3 beschrieben. Die verletzte Seite sollte stets mit der gesunden Seite verglichen werden. Werden die beiden Seiten in Relation zueinander gesetzt, erhält man die Seit-zu-Seit-Differenz (SSD). Bei maximaler Tibi-atranslation ist die Qualität des Anschlags zu beurteilen. Ein fester Anschlag gilt hierbei als physiologisch. Ist der Anschlag weich bzw. fällt die Limitierung der Bewegung weg, deutet dies auf eine pathologische Veränderung hin [62]. Wie bereits erwähnt, werden verschiedene Stabilitätsgrade unterschieden. Die normale Seitendifferenz beträgt ca. 1-2 mm. Eine leichte Instabilität wird als einfach positiv (+) mit 3-5 mm Seitendifferenz bezeichnet. Beträgt die Differenz 6-10 mm (zweifach positiv ++), kann von einer mittelschweren Instabilität ausgegangen werden. Als dreifach positiv (+++) wird der Lachman-Test bei schwerer Instabilität mit einer Seitendifferenz von über 10 mm gewertet [62] [54].

Der Tibiavorschub wird zusätzlich durch den Hebelarm der ischiocruralen Muskulatur und deren Kontraktion begrenzt, wodurch es zu einer Unterschätzung der vorderen Schublade kommen kann. Aus diesem Grund hat auch die unbewusste Anspannung der Hamstrings, beispielsweise durch einen hohen Muskeltonus, Angst oder Schmerzen, eine Auswirkung auf das Ergebnis des Tibiavorschubs [80].

### 1.3 Arthrometer

Wird der Lachman-Test zur Überprüfung der Kniestabilität von einem Untersucher ohne Messgerät durchgeführt, erhält man durch die Beurteilung des Anschlags und die grobe Einteilung in einfach (+) bis dreifach positiv (+++), eine sehr subjektive Einschätzung. Die Distanz des Tibiavorschubs wird nicht in mm angegeben und bei wechselnden Untersuchern können die Untersuchungsergebnisse erheblich variieren. Eine quantitative Analyse und exakte Dokumentation sind nur mit Hilfe von Messgeräten möglich. Aus diesen Gründen wird ein Gebrauch von Arthrometern auch von Anderson und Lipscomb empfohlen [2].

Die kommerziell erhältlichen Arthrometer untersuchen hauptsächlich die tibiale anterior-posteriore Translation und damit die unidirektionale Instabilität. Die Rotationsinstabilität wird durch die gängigen Arthrometer nicht erfasst [42]. In der Studie von Pugh [56] wurden zahlreiche Arthrometer verglichen, wobei das KT-1000 (MEDmetric Corporation, San Diego, CA, USA) sowie das Rolimeter (Aircast Europa, Neubeuern, Deutschland) für am besten geeignet befunden wurden. Bereits 1985 wurde das KT-1000 zum ersten Mal von Daniel als Gerät zur Diagnostik von Kreuzbandrupturen in der Literatur erwähnt [13]. Bis heute wird es als Goldstandard in der Arthrometrie bezeichnet [60]. Die diagnostische Effizienz des KT-1000 wurde in zahlreichen Studien nachgewiesen [25] [57] [68] [66] [24] [79]. Auch der direkte Nachfolger des KT-1000, das KT-2000, liefert verlässliche Ergebnisse [27] [39]. In anderen Studien wurde gezeigt, dass das KT-2000 trotz Weiterentwicklung bisher keine Vorteile gegenüber dem KT-1000 aufweist [56] [48].

Das Rolimeter liefert durchaus vergleichbar gute Ergebnisse wie das KT-1000 [3] [19].

In der Literatur findet man allerdings auch kontroverse Meinungen zum KT-1000. So berichtet Forster in seiner Studie über die Intra- und Interreliabilität des KT-1000 über eine beträchtliche Variation der Messergebnisse [17]. Auch andere Studien beschreiben das KT-1000 als unzuverlässig für die Diagnose einer VKB-Ruptur [78] [20].

Aktuell gibt es viele weitere Arthrometer, wie das Telos (Telos GmbH, Laubscher, Hölstein, Schweiz), das Kneelax (Kneelax MR-Systeme, Haar-Iem, Niederlande) und das GNRB (Genourob, Laval, Frankreich) [52] [46]. Durch die kontrollierte Kraft- und Rotationseinstellung ist das GNRB ein robotergestütztes Messgerät, welches im Vergleich zum KT-1000 einen geringeren Benutzereinfluss zu haben scheint [46] [12] [58]. Man findet in der Literatur auch einige Weiter- bzw. Neuentwicklungen von Arthrometern (z.B. das Lachmeter als digitales Rolimeter), welche erst seit kurzem auf dem Markt und noch nicht durch Studien geprüft sind. Dies zeigt gleichzeitig, wie groß der Bedarf an neuen verlässlichen und benutzerfreundlichen Messgeräten zur Beurteilung der Kniegelenkstabilität ist. Dementsprechend wird hier nur kurz ein grober Einblick in die Vielfältigkeit der Messgeräte aufgeführt.

Das KT-1000 zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass die passive vordere Tibi-translation in 25° Flexion bzw. die passive hintere Tibi-translation in 70° Flexionsstellung, unter einer voreingestellten Krafteinwirkung von 67 oder 89 Newton durchgeführt werden kann. Die Kraftapplikation ist folglich gut kontrolliert. Außerdem können die maximale Translation sowie der aktive Schubladentest mit dem KT-1000 untersucht werden. Das Messergebnis wird in mm angezeigt [13] [35] [59].

Einige der erwähnten Arthrometer zeichnen sich durch sehr hohe Anschaffungskosten und eine umständliche, zeitintensive Handhabung negativ aus. Im Gegensatz dazu konnte in früheren Untersuchungen bereits gezeigt werden, dass das KLT (Knielaxizitäts-Tensiometer, Fa. Karl Storz, Tuttlingen) einem einfachen, handlichen und verlässlichen Messgerät mit moderatem Preis zur Untersuchung vorderer und hinterer Kreuzbandrisse gerecht wird [31]. In der Arbeit von Nina Jäger wurde das KLT mit dem Rolimeter und dem KT-1000 verglichen. Das KLT lieferte im Vergleich zum KT-1000 ähnliche Messergebnisse. Im Vergleich zum Rolimeter wurden mit dem KLT durchschnittlich ca. 1-2 mm höhere Werte für die VSL gemessen. Eine mögliche Erklärung der Abweichung zu den Messergebnissen des Rolimeters scheint der im KLT integrierte Korrekturfaktor zu sein. Dieser Korrekturfaktor berücksichtigt und verrechnet die tatsächlich zurückgelegte Strecke des Tibiavorschubs mit dem Bezugspunkt der Eminentia intercondylaris.

Wird stattdessen die Tuberositas tibiae als Bezugspunkt gewählt, fällt die gemessene Strecke kürzer aus [31]. Das KLT vereint dementsprechend durch Integration des Korrekturfaktors die Vorteile eines digitalen Messgerätes wie das KT-1000 (exakte und digitale Messergebnisse), mit den positiven Aspekten des Rolimeters (geringere Kosten und schnelle und leichte Handhabung). Damit ist das KLT ein gut funktionierendes Messgerät zur Untersuchung der Kniegelenkinstabilität bei vorderen oder hinteren Kreuzbandrissen. Das KLT eignet sich sowohl zur OP-Indikationsstellung als auch zur Verlaufskontrolle nach operativem Eingriff.

## **1.4 Fragestellung der Arbeit**

Wie zuvor erwähnt, wurde die Funktionalität des KLT Messgerätes bereits in anderen Untersuchungen überprüft [31]. Allerdings wurden hier sämtliche Untersuchungen mit dem KLT von der gleichen Person durchgeführt. Der Vergleich der KLT Messergebnisse mit denen des KT-1000 und des Rolimeters erlaubte die Annahme einer guten Reliabilität des Knielaxizitäts-Tensiometers. Durch den Vergleich mehrerer Messgeräte wurde jedoch ausschließlich die Paralleltest-Reliabilität überprüft.

In der Studie von Nina Jäger wurde auf die Notwendigkeit der Überprüfung der Interrater-Reliabilität des KLTs durch mehrere Untersucher hingewiesen. Aus diesem Grund werden die vorrangigen Ziele der Untersuchungen dieser Arbeit nachfolgend definiert:

1. Die Überprüfung der Unabhängigkeit der KLT Messergebnisse von mehreren Untersuchern.
2. Die Untersuchung des Einflusses der Vorerfahrung bzw. Qualifikation (Student/Assistenzarzt/Oberarzt) der Untersucher auf die Messergebnisse.
3. Die Überprüfung der Auswirkung des Trainingseffektes auf die Korrelation der Messergebnisse, vor allem durch Übung im Umgang mit dem KLT Messgerät.

Die Untersuchungen in dieser Arbeit beschränken sich auf die Beurteilung der Interrater-Reliabilität durch die Bestimmung der ICC Korrelationskoeffizienten, welche in verschiedensten Untersucherkonstellationen miteinander verglichen werden sollen.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Studiendesign

Die durchgeführte Studie entspricht einer prospektiven, klinischen Querschnittsstudie mit diagnostischer Beurteilung. Von September 2017 bis Mai 2018 wurden 133 Probanden in der Uniklinik Würzburg mit dem KLT Messgerät von 18 Untersuchern vermessen.

Die Probanden wurden zufällig im Freundes-/ Bekanntenkreis, unter Klinikmitarbeitern sowie aus Patienten der Kniesprechstunde ausgewählt. Sowohl „kniegesunde“ als auch „kniekranke“ Probanden wurden in die Studie eingeschlossen. Voraussetzung für die Studienteilnahme war die Beugungsfähigkeit der Kniegelenke zur Durchführung des Lachman-Tests in 30° Flexionsstellung sowie ein Mindestalter von 18 Jahren.

Die Probanden bestätigten durch das anonyme Ausfüllen des Fragebogens (siehe Anhang) ihre Teilnahme an der Studie sowie die Verwendung der ermittelten Messdaten. Der Fragebogen diente der Erfassung der regelmäßig ausgeübten Sportarten. Dabei wurde eine Einteilung der Sportarten in eine geringe, mittlere oder hohe Dynamik sowie in eine geringe, mittlere oder hohe Statik vorgenommen, welche sich an der Arbeit von Mitchell orientierte [43]. Des Weiteren wurden personenbezogene Daten wie Geschlecht, Alter, Körpergröße und Gewicht erfasst. Die Probanden beantworteten Fragen zu vorher stattgehabten Knieverletzungen, dem Verletzungsjahr, der Behandlung und den Beschwerden. Daten, die Rückschlüsse auf die Probanden zulassen könnten (Geburtsdatum, Wohnort etc.) wurden nicht erfasst. Nach der Untersuchung der Probanden war die namentliche Zuordnung der erhobenen Parameter zu den Probanden nicht mehr möglich.

Eine Beratung nach § 15 Berufsordnung für Ärzte in Bayern (Votum der Ethikkommission) wurde eingeholt. Das Aktenzeichen lautet 168/17-mk.

## 2.2 KLT

Sämtliche Messungen wurden mit dem Knielaxizitäts-Tensiometer (KLT, Firma Karl Storz, Tuttlingen) durchgeführt. Die Firma Storz stellte das Messgerät leihweise zur Verfügung. Dabei wurden die Untersuchungen weder von der Firma Storz finanziert noch anderweitig unterstützt.



*Abbildung 1: Knielaxizitäts-Tensiometer KLT, Firma Karl Storz, Tuttlingen*

Das KLT Messgerät (vgl. Abbildung 1) besteht aus zwei schwarzen Hartgummi-auflagen, welche am jeweiligen Ende angebracht sind. Die kleinere Auflage stellt hierbei den Kontakt zur Patella her, die größere Auflage dient zusätzlich zu einem Band mit Klettverschluss der Fixierung am Unterschenkel. Ein kleiner Messstempel mit Sensor und Stellschraube befindet sich im oberen Drittel des Gerätes und sollte auf der Tuberositas tibiae zu liegen kommen. Neben der Messwert Anzeige befindet sich seitlich eine rote Markierung, welche auf Höhe des Gelenkspaltes positioniert werden sollte. Mit der unteren, roten ON/OFF Taste wird das Gerät ein- und ausgeschaltet. Die obere, schwarze Taste dient der Tarierung vor jeder Messung. In den digital angezeigten Messwert wird automatisch ein Korrekturfaktor einberechnet. Die Eminentia intercondylaris stellt den eigentlichen Bezugspunkt der Messung dar. Da dieser jedoch nicht direkt gemessen werden kann, ist die gemessene Distanz etwas zu kurz und wird durch den Korrekturfaktor angeglichen [70].



## 2.3 Messvorgang

Um den stabilen Lachman-Test durchzuführen, liegt der Proband entspannt mit dem Rücken auf einer Untersuchungsfläche. Auch der Kopf des Probanden sollte direkten Kontakt zur Untersuchungsfläche haben. Das gebeugte Kniegelenk des Untersuchers dient als Ablage für das zu untersuchende Kniegelenk. Dadurch wird eine 25-30° Flexion des Kniegelenks provoziert und der stabile Lachman-Test kann durchgeführt werden [74].

Das KLT wird auf das Kniegelenk aufgelegt und die größere Hartgummiplatte wird mit dem Klettverschluss-Band am distalen Unterschenkel fixiert. Die kleinere Hartgummiplatte sollte auf der Tuberositas tibiae zu liegen kommen, die rote Markierungslinie auf dem Gelenkspalt (vgl. Abbildung 2).

Mit der Stellschraube kann der Messstempel arretiert bzw. gelockert werden. Dieser sollte eine mittlere Einstellung haben.

Um einen Ausgangswert von 0 mm zu erhalten, muss nach dem Einschalten des Gerätes mit der ON/OFF Taste zunächst eine Tarierung vorgenommen werden. Dabei muss der Messstempel direkten Kontakt zur Tuberositas tibiae haben und ggf. manuell heruntergedrückt werden.



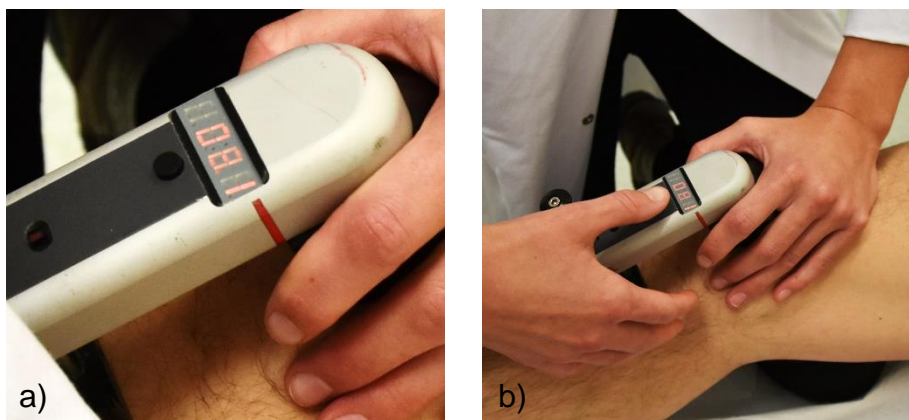
Abbildung 2: Positionierung und Fixierung des KLTs

Der Untersucher fixiert mit der oberen Hand die Hartgummiauflage auf der Tuberositas tibiae, mit der unteren Hand wird der Unterschenkel des Probanden umgriffen und maximal nach anterior gezogen (vgl. Abbildung 3).



*Abbildung 3: Durchführung des Lachman-Tests mit dem KLT*

Unter Krafteinwirkung drückt die Tibiabewegung den Messstempel nach vorne und der maximale Wert (Distanz in mm) wird angezeigt (vgl. Abbildung 4 a)). Die Messung wird für jedes Knie 3-mal wiederholt. Anschließend wird jeweils der Mittelwert aus den drei Messungen gebildet. Dabei muss vor jeder Messung erneut eine Tarierung erfolgen (vgl. Abbildung 4 b)).



*Abbildung 4: a) Messwertanzeige in mm b) darauffolgende Tarierung*

## 2.4 Statistische Auswertung (Software)

Die statistische Beratung erfolgte durch den Lehrstuhl für klinische Epidemiologie und Biometrie Würzburg.

Die Messergebnisse wurden mit dem Programm Microsoft Excel und dem Programm SPSS Statistics 25 (IBM, Armonk, New York) statistisch ausgewertet.

Die Berechnung der Intraklassen-Korrelationskoeffizienten (ICC 2,1) diente zur Beurteilung der Übereinstimmung unterschiedlicher Untersucher in Bezug auf mehrere Beobachtungsobjekte. Es können Werte zwischen 0 und 1 erreicht werden. Wobei hierbei ICC-Werte im Bereich von 0,21 - 0,4 eine mäßige, Werte zwischen 0,41 - 0,6 eine moderate, Werte zwischen 0,61 – 0,8 eine erhebliche und Werte > 0,8 eine fast perfekte Übereinstimmung widerspiegeln [38] [23].

Um Korrelationen miteinander vergleichen zu können, müssen sie in Z-Werte mittels Fisher Z-Transformation umgerechnet werden. Niedrige Korrelationen nehmen hierbei weniger Einfluss auf die Berechnung des Mittelwertes als höhere Korrelationen [8] [11] [14] [53].

Die statistische Signifikanz wurde dabei durch den p-Wert, der Irrtumswahrscheinlichkeit, überprüft. Der p-Wert beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fehler 1. Art gemacht wird und damit die Nullhypothese fälschlicherweise verworfen wird. Das Signifikanzniveau wurde mit einem  $\alpha$ -Fehler von maximal 0,05 (5%) festgelegt. Ein signifikantes Ergebnis wird durch einen p-Wert kleiner 0,05 erreicht [77].

### **3 Ergebnisse**

Die Ergebnisse der durchgeführten Messungen werden nachfolgend aufgeführt. Zunächst wird das Probandenkollektiv und anschließend die Korrelation der Messergebnisse genauer betrachtet.

#### **3.1 Probandenkollektiv**

##### **3.1.1 Häufigkeiten**

In die Studie eingeschlossen wurden 133 freiwillige Probanden aus dem Freundeskreis, dem Klinikpersonal und der Kniesprechstunde der Uniklinik Würzburg. Der ausgehändigte Fragebogen wurde von den Teilnehmern anonym ausgefüllt. Vereinzelt Angaben wurden nicht gemacht (k.A.).

Es nahmen 68 weibliche und 53 männliche Probanden (k.A. n=12) im Alter von 18 – 83 Jahren ( $\bar{x}$  34 Jahre) teil (k.A. n=18). Darunter gaben 65 Probanden an, eine Knieverletzung zu haben oder gehabt zu haben. 57 Probanden hatten keine Knieverletzung (k.A. n=11). Davon war mit 25 Angaben, die VKB-Ruptur die häufigste Verletzung, die HKB-Ruptur wurde 4-mal angegeben. Bei 16 Probanden war der Meniskus betroffen, bei 15 Probanden die Patella. Die Tibiakopffraktur wurde 5-mal als Verletzung genannt. Unter „sonstige“ Verletzungen wurden die Chondropathie, Prellung, Sehnenabriss, Bänderdehnung und Femurfraktur zusammengefasst und von 16 Probanden angegeben.

Das linke Knie (n=46) war etwas häufiger betroffen als das rechte Knie (n=37). 30 Probanden haben keine Kniebeschwerden angegeben, 45 Probanden haben Beschwerden bei Belastung und 9 Probanden in Ruhe.

##### **3.1.2 Klassifizierung der Sportarten**

Um das Probandenkollektiv besser beschreiben zu können, wurden die regelmäßig ausgeübten Sportarten der Probanden auf dem Fragebogen erfasst. Tabelle 1 wurde nach Mitchell leicht modifiziert [43]. Je nach Verhältnis der Intensität von Dynamik und Statik können Sportarten verschieden kategorisiert werden. Als dy-

namische Bewegung werden Gelenkbewegungen mit rhythmischen Kontraktionen und relativ geringer intramuskulärer Kraftentwicklung mit Veränderungen der Muskellänge bezeichnet. Die statische Bewegung zeichnet sich durch eine relativ große intramuskuläre Kraftentwicklung mit geringen Veränderungen der Muskel-  
länge aus [63].

*Tabelle 1: Klassifizierung der Sportarten, modifiziert nach Mitchell*

	A. geringe Dynamik	×	B. mittlere Dynamik	×	C. hohe Dynamik	×
I. geringe Statik	Billard Bowling Cricket Curling Golf Gewehrschießen		Baseball Softball Tischtennis Tennis (Doppel) Volleyball		Badminton Langlauf (klassisch) Feldhockey Orientierungslauf Sportl. Gehen Racquetball Laufen (lange Distanz) Fußball Squasch Tennis (Einzel)	
II. mittlere Statik	Bogenschießen Autorennsport Tauchen Reitsport Motorsport		Fechten Sprungdisziplinen Eiskunstlaufen American Football Rodeo Reiten Rugby Sprinten Surfen Synchronschwimmen		Basketball Ice hockey Langlauf (Skating Technik) Australian Football Lacrosse Laufen (mittlere Distanz) Schwimmen Handball	
III. hohe Statik	Bobfahren Wurfdisziplinen (Diskus, Speer...) Gymnastik Karate/ Judo Rodeln Segeln Felsklettern Wasserskifahren		Bodybuilding Skifahren (Downhill) Wrestling		Boxen Kanu-/Kajakfahren Radfahren Zehnkampf Rudern Eisschnelllauf	

Wie in Tabelle 2 zu erkennen ist, wurden Sportarten mit hoher Dynamik am häufigsten von den Probanden ausgeübt. Auch Sportarten mit hoher Statik werden häufig genannt, wohingegen Sportarten mit geringer bzw. mittlerer Dynamik und Statik weniger häufig durchgeführt werden.

*Tabelle 2: Häufigkeiten regelmäßig ausgeführter Sportarten der untersuchten Probanden*

	<b>A</b> geringe Dynamik	<b>B</b> mittlere Dynamik	<b>C</b> hohe Dynamik
<b>I</b> geringe Statik	n=9 (3,6%)	n=20 (8,1%)	n=48 (19,4%)
<b>II</b> mittlere Statik	n=13 (5,2%)	n=3 (1,2%)	n=47 (19%)
<b>III</b> hohe Statik	n=35 (14,1%)	n=23 (9,3%)	n=50 (20,2%)

### 3.2 Messergebnisse

Insgesamt 133 Probanden wurden von 18 Untersuchern vermessen (vgl. Tabelle 3). Im Folgenden werden die Untersucher mit den Buchstaben A-R dargestellt. Diese setzen sich aus 5 Studenten, 9 Assistenzärzten sowie 4 Oberärzten zusammen. An der Studie nahmen erfahrene Spezialisten der Knieuntersuchung sowie unerfahrene Untersucher teil.

Jeder Proband wurde an beiden Knien untersucht. Für jedes Knie wurden 3 Messungen vorgenommen, woraus der Mittelwert gebildet wurde. Um den Einfluss der unterschiedlichen Zugkraft der Untersucher zu reduzieren, wurden keine Absolutwerte miteinander verglichen, sondern die Seit-zu-Seit-Differenz (SSD) zwischen beiden Knien gebildet. Der mittlere Messwert für das linke Knie wurde vom mittleren Messwert für das rechte Knie abgezogen. Jeder Untersucher erhielt für jeden vermessenen Probanden demnach einen SSD-Wert, welcher gut verglichen werden konnte. Die Händigkeit der Untersucher wurde ebenfalls dokumentiert.

Nicht jeder Proband wurde von jedem Untersucher vermessen. Aus diesem Grund wurden vergleichbare Probanden-Untersucher Gruppen in allen möglichen Konstellationen gebildet.

*Tabelle 3: Anzahl (n) untersuchter Probanden sowie Händigkeit und fachliche Qualifikation für Untersucher a-r, wobei Studenten durch Kleinbuchstaben dargestellt werden, Assistenzärzte werden in Großbuchstaben dargestellt und Oberärzte werden mit einem Stern\* markiert*

<b>Untersucher</b>	<b>n</b>	<b>fachliche Qualifikation</b>	<b>Händigkeit</b>
a	130	Student	rechts
b	14	Student	rechts
C	29	Assistenzarzt	rechts
D	28	Assistenzarzt	links
e	31	Student	rechts
f	8	Student	rechts
G*	99	Oberarzt*	rechts
H	14	Assistenzarzt	rechts
I	31	Assistenzarzt	links
J*	14	Oberarzt*	rechts
K	6	Assistenzarzt	rechts
L*	6	Oberarzt*	rechts
M	9	Assistenzarzt	links
N*	8	Oberarzt*	rechts
O	28	Assistenzarzt	rechts
P	29	Assistenzarzt	links
Q	22	Assistenzarzt	rechts
r	25	Student	rechts

### 3.2.1 Überprüfung der Unabhängigkeit der Messergebnisse von Untersuchern

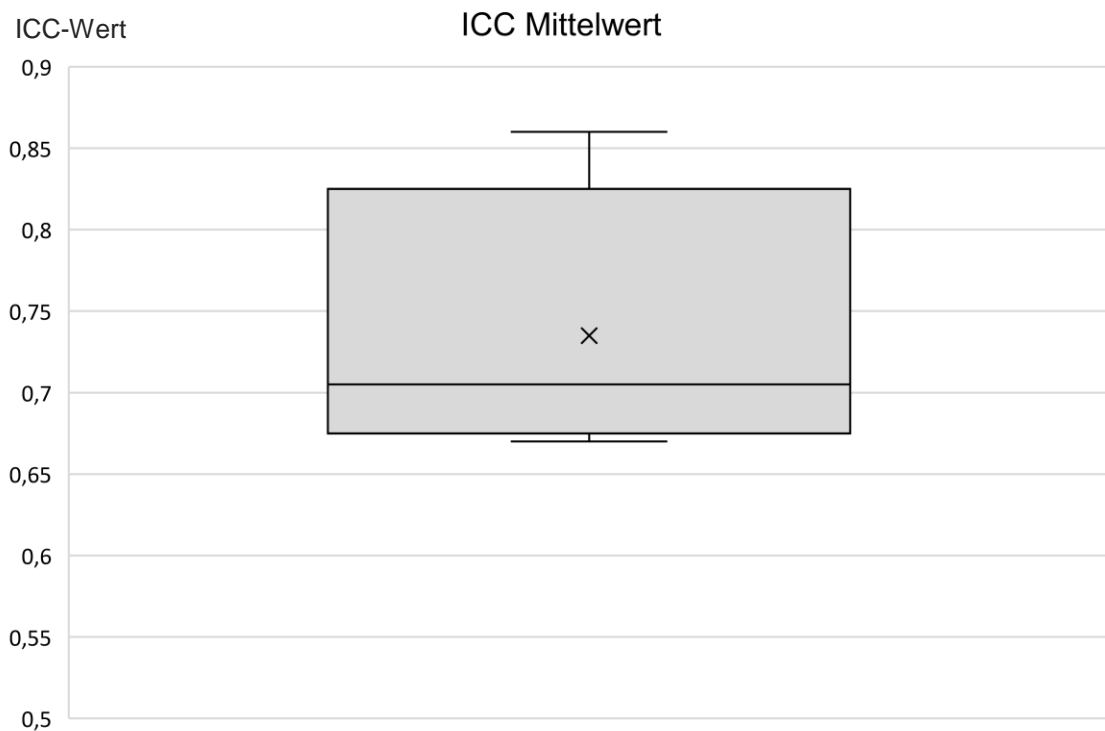
Die maximale Anzahl an Untersuchern, welche die gleichen Patienten vermessen hatten, wurde bestimmt und zur Berechnung des Intraklassen Korrelationskoeffizienten (ICC) herangezogen. Die ICC Korrelationskoeffizienten wurden für die jeweilige Gruppe an Untersuchern mit dem Programm SPSS berechnet und sind in Tabelle 4 aufgeführt. Die ICC-Werte reichen von 0,67 – 0,86. Das 95%-Konfidenzintervall liegt für den niedrigsten ICC-Wert zwischen 0,0 – 0,94 und für den höchsten ICC-Wert zwischen 0,66 – 0,95. Im Mittel ergibt sich für alle errechneten ICC-Werte ein durchschnittlicher Wert von  $0,74 \pm 0,09$ , wobei 0,09 einer Standardabweichung entspricht. Graphisch können diese Werte in einem Boxplot dargestellt werden (vgl. Abbildung 5).

*Tabelle 4: ICC Korrelationskoeffizienten und 95%-Konfidenzintervalle für unterschiedliche Untersuchergruppen, wobei Studenten durch Kleinbuchstaben dargestellt werden, Assistenzärzte werden in Großbuchstaben dargestellt und Oberärzte werden mit einem Stern\* markiert, n = Anzahl untersuchter Probanden*

<b>Untersuchergruppen</b>	<b>n</b>	<b>ICC</b>	<b>95%-Konfidenzintervall</b>
aefG*H	7	0,67	0,0 – 0,94
aDeG*H	12	0,72	0,36 – 0,91
aeIJ*	12	0,86	0,66 – 0,95
aG*OPQr	14	0,69	0,35 – 0,89
<b>Mittelwert</b>		$0,74 \pm 0,09$	



## Ergebnisse



*Abbildung 5: Mittelwert aller ICC Korrelationskoeffizienten der Untersucherguppen aefG\*H, aDeG\*H, aeIJ\*, aG\*OPQr, wobei Studenten durch Kleinbuchstaben dargestellt werden, Assistenzärzte werden in Großbuchstaben dargestellt und Oberärzte werden mit einem Stern\* markiert*

Um einen besseren Eindruck zu erhalten, wie gut die einzelnen Untersucher untereinander korrelieren, wurde jede Untersucherguppe in sämtlichen Kombinationen gesondert betrachtet. Die jeweils dazugehörigen Datensätze sind im Anhang zu finden.

Für die Untersucherguppe aefG\*H wurden alle ICC-Werte berechnet und zur Übersicht in Abbildung 6 dargestellt. Insgesamt wurden 7 Probanden von allen Untersuchern vermessen. Die einzelnen Untersucherkombinationen haben jedoch unterschiedlich viele Probanden vermessen. Die geringste Korrelation findet man zwischen den Untersuchern G\* und H mit einem ICC-Wert von 0,08. Der höchste ICC-Wert (0,77) wird durch die Korrelation der Untersucher G\* und a erreicht. (vgl. Abbildung 6)

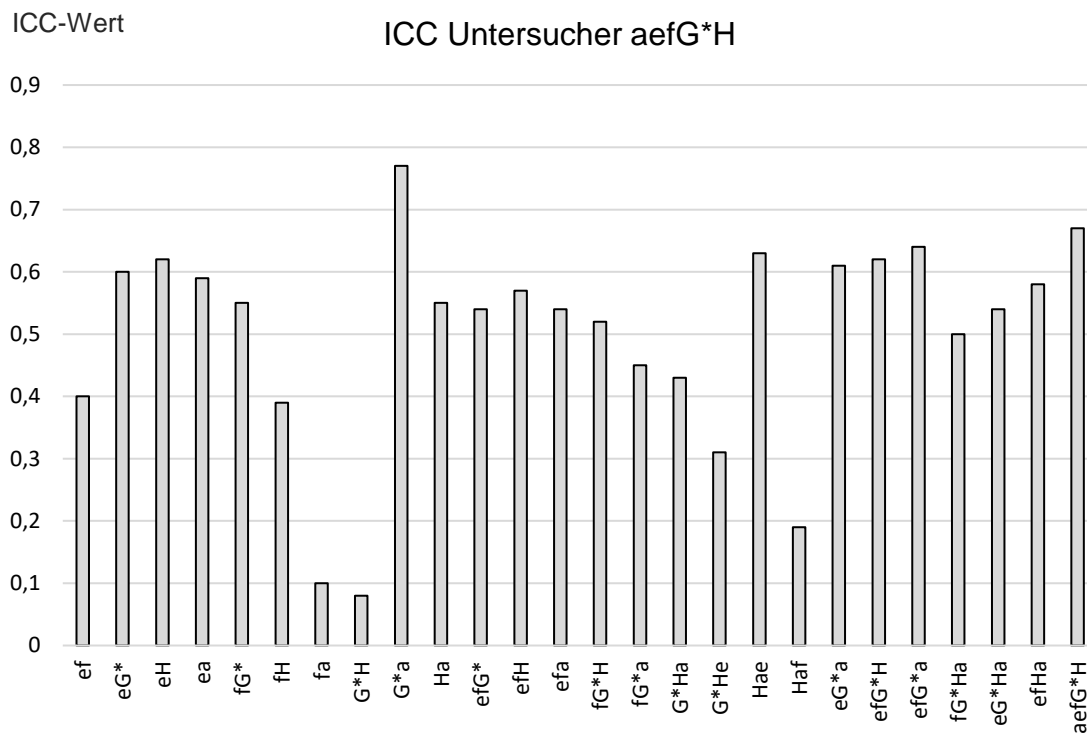


Abbildung 6: ICC Korrelationskoeffizienten für die Untersucherguppe aefG\*H, unterschiedliche Untersucherkombinationen wurden auf der x-Achse aufgetragen, wobei Studenten durch Kleinbuchstaben dargestellt werden, Assistenzärzte werden in Großbuchstaben dargestellt und Oberärzte werden mit einem Stern\* markiert, dazugehörige ICC-Werte auf der y-Achse, ergänzende Daten im Anhang

Die Untersucherguppe aDeG\*H wurde ebenfalls im Einzelnen betrachtet. Alle errechneten ICC-Werte sind für die jeweiligen Untersucherkombinationen in Abbildung 7 dargestellt. 12 Probanden wurden von allen Untersuchern vermessen. Die jeweiligen Untersucherkombinationen haben jedoch eine unterschiedliche Anzahl an gemeinsam untersuchten Probanden. Die Untersucher D, e und H korrelieren mit einem ICC von 0,87 am besten. Den niedrigsten ICC-Wert erhält man für die Korrelation der Untersucher D und G\* (ICC = -0,32).

## Ergebnisse

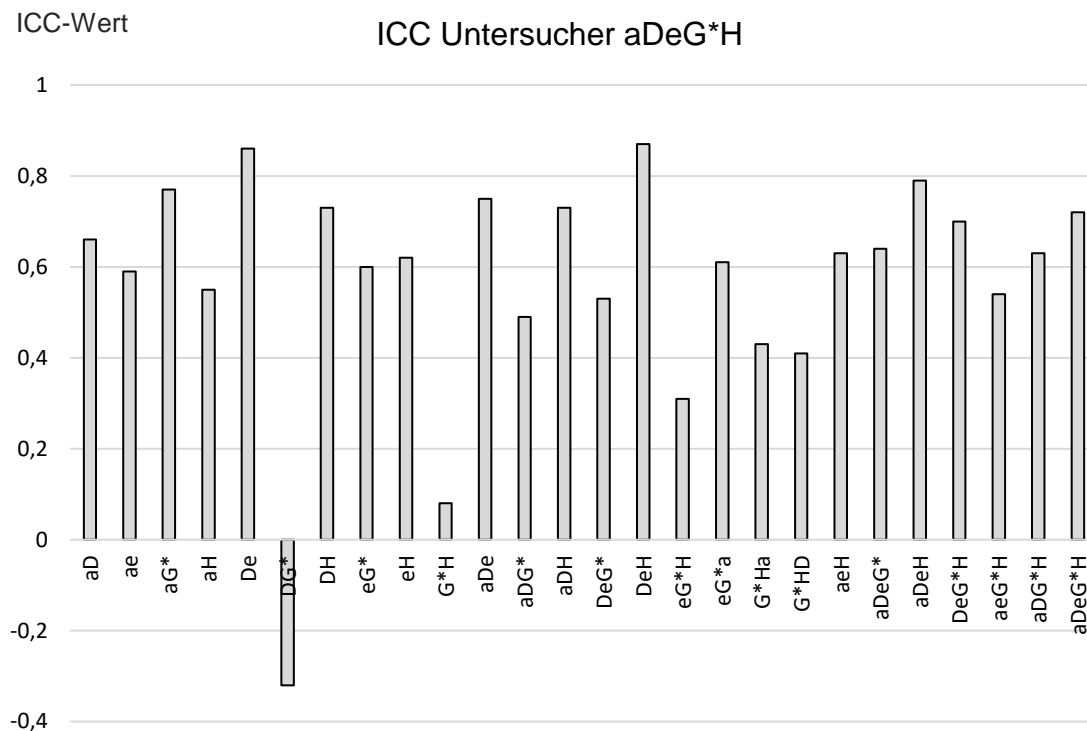
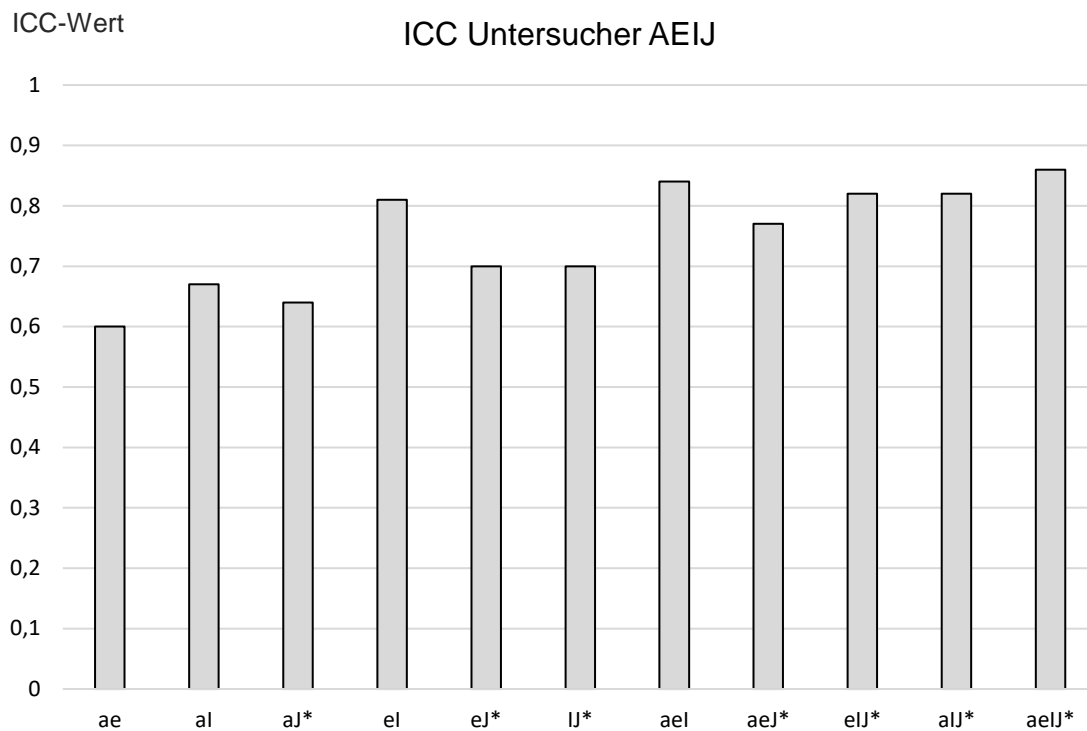


Abbildung 7: ICC Korrelationskoeffizienten für die Untersuchergruppe aDeG\*H, unterschiedliche Untersucherkombinationen wurden auf der x-Achse aufgetragen, wobei Studenten durch Kleinbuchstaben dargestellt werden, Assistenzärzte werden in Großbuchstaben dargestellt und Oberärzte werden mit einem Stern\* markiert, dazugehörige ICC-Werte auf der y-Achse, ergänzende Daten im Anhang

Die Untersuchergruppe aelJ\* untersuchte insgesamt 12 gemeinsame Probanden, wobei die Anzahl der gemeinsam vermessenen Probanden in den jeweiligen Untergruppen variiert. Den niedrigsten ICC Korrelationskoeffizienten mit einem Wert von 0,6, erhält man für die Untersuchergruppe a und e (vgl. Abbildung 8). Die Untersucher a, e, I und J\* korrelieren in der Gesamtheit am besten miteinander (ICC = 0,86).



*Abbildung 8: ICC Korrelationskoeffizienten für die Untersuchergruppe aelJ\*, unterschiedliche Untersucherkombinationen wurden auf der x-Achse aufgetragen, wobei Studenten durch Kleinbuchstaben dargestellt werden, Assistenzärzte werden in Großbuchstaben dargestellt und Oberärzte werden mit einem Stern\* markiert, dazugehörige ICC-Werte auf der y-Achse, ergänzende Daten im Anhang*

Die größte Gruppe mit 6 Untersuchern (aG\*OPQr) vermaß insgesamt 14 gleiche Probanden. Die errechneten ICC-Werte der verschiedenen Untersucherkombinationen dieser Gruppe setzen sich jedoch aus unterschiedlichen Anzahlen untersuchter Probanden zusammen. Für die Untersucher P, r, a und G\* wurde der höchste ICC-Wert mit 0,86 ermittelt (vgl. Abbildung 9). Die geringste Korrelation erhielt man beim Vergleich der Untersucher O und Q (ICC-Wert = 0,36).

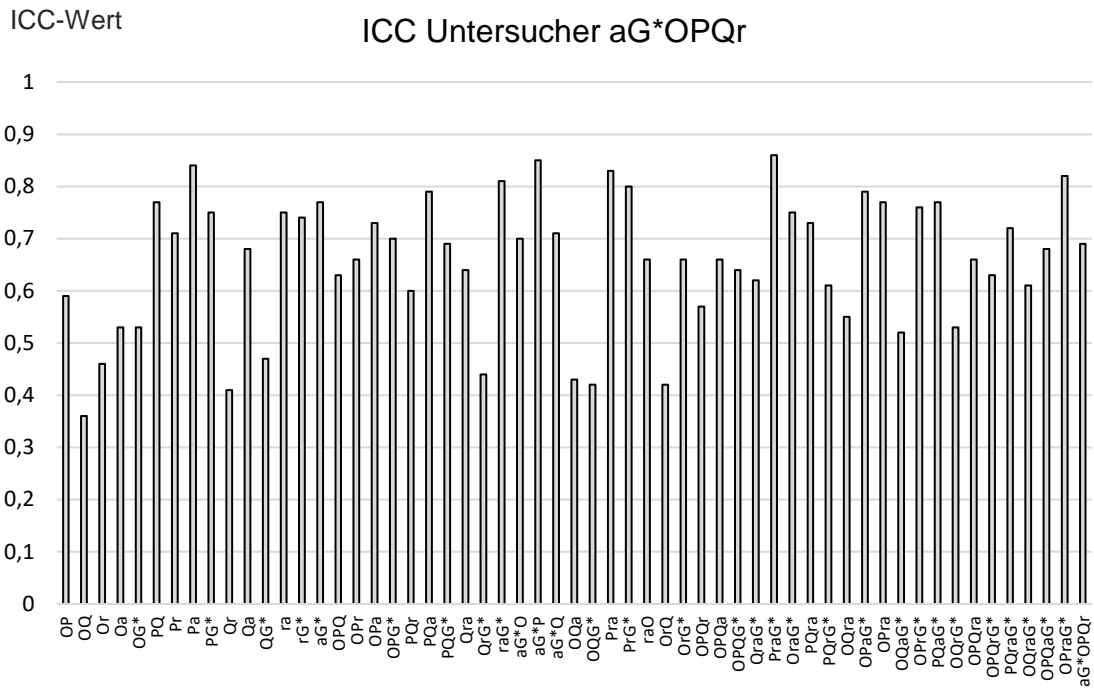


Abbildung 9: ICC Korrelationskoeffizienten für die Untersuchergruppe aG\*OPQr, unterschiedliche Untersucherkombinationen wurden auf der x-Achse aufgetragen, wobei Studenten durch Kleinbuchstaben dargestellt werden, Assistenzärzte werden in Großbuchstaben dargestellt und Oberärzte werden mit einem Stern\* markiert, dazugehörige ICC-Werte auf der y-Achse, ergänzende Daten im Anhang

**3.2.2 Überprüfung der Unabhängigkeit der Messergebnisse von der Vorerfahrung der Untersucher**

Um den Einfluss der Vorerfahrung der Untersucher zu überprüfen, wurden repräsentativ 3 Untersucher mit unterschiedlicher medizinischer Erfahrung ausgewählt. Der Kniespezialist (Oberarzt) wird nachfolgend mit dem Buchstaben G\* dargestellt. Der Assistenzarzt wird mit dem Buchstaben P gekennzeichnet, der unerfahrene Student mit dem Buchstaben r. Alle 3 Untersucher führten die Messungen an den gleichen 25 Probanden durch. Die ICC Korrelationskoeffizienten sowie die 95%-Konfidenzintervalle wurden jeweils für 2 Untersucher in allen Konstellationen berechnet und sind in Tabelle 5 aufgeführt. Den niedrigsten ICC-

Wert von 0,69 mit dem größten 95%-Konfidenzintervall (0,31 – 0,86) erhält man für die Untersucher P und r. Die höchste Korrelation (ICC = 0,74) mit einem 95%-Konfidenzintervall von 0,41 – 0,89 wird durch Korrelation der Untersucher G\* und P erzielt.

*Tabelle 5: ICC Korrelationskoeffizienten und 95%-Konfidenzintervalle für die Untersucher G\* (Oberarzt), P (Assistenzarzt), r (Student) in unterschiedlichen Konstellationen, n = Anzahl untersuchter Probanden*

<b>Untersucher</b>	<b>n</b>	<b>ICC</b>	<b>95%-Konfidenzintervall</b>
G*r	25	0,73	0,4 – 0,88
Pr	25	0,69	0,31 – 0,86
G*P	25	0,74	0,41 – 0,89

Die errechneten ICC-Werte für jede Untersucherkonstellation (G\*r, Pr, G\*P) sollen im Folgenden miteinander verglichen werden. Um Korrelationskoeffizienten miteinander zu vergleichen, muss die Fishers Z Transformation durchgeführt werden, da die ICC Korrelationskoeffizienten ohne Umrechnung nicht der Normalverteilung folgen. Erst durch die Umrechnung ist ein Test auf Signifikanz von Unterschieden zwischen Korrelationskoeffizienten möglich. Nach Pearson und Filon's z [53] erhält man durch den Vergleich der ICC-Werte einen z-Wert von 0,42 mit einem Signifikanzwert von  $p = 0,67$ . Die Nullhypothese (die Korrelationen sind gleich) kann damit nicht verworfen werden. Die Korrelationskoeffizienten unterscheiden sich demnach nicht signifikant.

### **3.2.3 Untersuchung des Trainingseffektes im zeitlichen Verlauf**

Der Einfluss des Trainingseffektes wurde für die Untersucher a (Student) und G\* (Oberarzt) überprüft, da von diesen Untersuchern insgesamt die größte Anzahl an gleichen Probanden vermessen wurde. Die ICC Korrelationskoeffizienten der

133 Probanden wurden für die Untersucher a und G\* in 20er Schritten bestimmt und sind in Tabelle 6 aufgelistet.

*Tabelle 6: ICC Korrelationskoeffizienten und 95%-Konfidenzintervalle für Untersucher a (Student) und G\* (Oberarzt), Probanden in 20er Schritten unterteilt*

<b>Probanden</b>	<b>n</b>	<b>ICC</b>	<b>95%-Konfidenzintervall</b>
1-10	0		
11-30	14	0,06	-1,93 – 0,7
31-50	7	0,87	0,22 – 0,98
51-70	14	0,87	0,59 – 0,96
71-90	20	0,84	0,6 – 0,94
91-110	20	0,82	0,53 – 0,93
111-133	23	0,85	0,64 – 0,94

Die ersten 10 Probanden wurden nur von Untersucher a vermessen, weshalb hier kein Vergleich möglich war. Da gerade am Anfang relativ wenig gleiche Probanden vermessen wurden, wurde eine Abstufung in 20er Schritten gewählt. Somit konnte in jeder Gruppe eine ausreichend große Anzahl an Probanden miteinander verglichen werden. Die geringste Korrelation wird für die Probandengruppe 11-30 erzielt. Der ICC-Wert beträgt hier 0,06 mit einem 95%-Konfidenzintervall von -1,93 – 0,70. Für die Probandengruppe 31–50 sowie 51-70 konnte der höchste ICC-Wert (0,87) mit einem 95%-Konfidenzintervall von 0,22 – 0,98 bzw. 0,59 – 0,96 bestimmt werden. Das größte 95%-Konfidenzintervall wurde für die anfänglichen Messungen der Probanden 11-30 mit dem kleinsten ICC-Wert errechnet. Das kleinste 95%-Konfidenzintervall (0,64 – 0,94) erhielt man für die Untersuchung der letzten Probanden 111-133. Die graphische Darstellung der Werte ist in Abbildung 10 zu finden.

## Ergebnisse

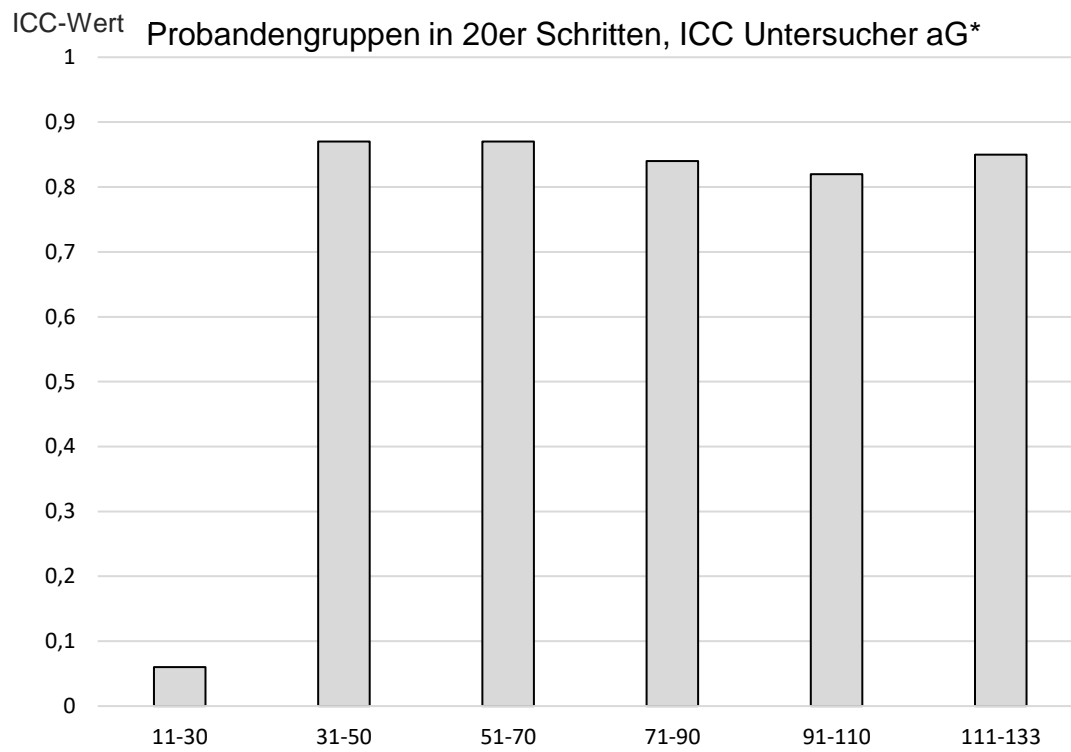


Abbildung 10: ICC Korrelationskoeffizienten für Untersucher a (Student) und G\* (Oberarzt), Probanden in 20er Schritten unterteilt, Probandennummern wurden auf der x-Achse aufgetragen, dazugehörige ICC-Werte auf der y-Achse



## 4 Diskussion

In dieser Studie konnte durch die vorgenommenen Untersuchungen gezeigt werden, dass die Messergebnisse des KLTs hinreichend unabhängig von den jeweiligen Untersuchern sind. Bereits in Kapitel 2.4 wurde erwähnt, dass ICC-Werte von 0,41 – 0,6 eine moderate, Werte zwischen 0,61 – 0,8 eine erhebliche, und Werte > 0,8 eine fast perfekte Übereinstimmung widerspiegeln [38] [23]. Das 95%-Konfidenzintervall beschreibt die 95%ige Wahrscheinlichkeit, dass der wahre Wert genau in dem angegebenen Bereich liegt [28] [55]. Dabei wird der Standardfehler umso kleiner, je größer die Stichprobe ist. Die Korrelation ist schließlich umso besser, je höher der ICC-Wert ist.

### 4.1 Überblick über die Ergebnisse

Die in Kapitel 3.2.1 aufgeführten ICC-Werte der unterschiedlichen Untersuchergruppen reichen von 0,67 – 0,86. Die Korrelation zwischen den Untersuchern ist demnach als gut bis sehr gut zu bewerten. Das größte 95%-Konfidenzintervall liegt für den niedrigsten ICC-Wert (0,67) zwischen 0,0 – 0,94. Für die beste Korrelation, mit einem ICC-Wert von 0,86, wurde das kleinste 95%-Konfidenzintervall (0,66 – 0,95) errechnet.

Der errechnete Mittelwert aller ICC-Werte liegt bei  $0,74 \pm 0,09$  (vgl. Tabelle 4) und spiegelt eine erhebliche Übereinstimmung der Werte wider [38] [23]. Die Messgenauigkeit des KLT Gerätes ist also auch beim Vergleich unterschiedlicher Untersucher so gut, dass die Korrelationskoeffizienten entsprechend hoch sind.

#### 4.1.1 Schlechte Korrelationen

Da sämtliche Korrelationskoeffizienten der einzelnen Untersuchergruppen in Kapitel 3.2.1 noch einmal getrennt voneinander betrachtet wurden, erhielt man eine entsprechend große Anzahl an Korrelationskoeffizienten. Die insgesamt schlechteste Korrelation mit einem ICC-Wert von -0,32 wurde für die Untersucher D und G\* mit einer Probandengröße von 12 bestimmt (vgl. Abbildung 7). Da alle ande-

ren Untersucherkonstellationen aus der Gruppe aDeG\*H allerdings deutlich bessere Korrelationskoeffizienten aufweisen, wird dieses Untersucherpaar als nicht repräsentativ angesehen. Ebenso erhält man für einige Untersucherkonstellationen eine schwache Korrelation mit einem ICC-Wert  $< 0,4$  (fa und Haf in Abbildung 6, G\*H und eG\*H in Abbildung 7, OQ in Abbildung 9).

#### **4.1.2 Gute Korrelationen**

Ausgesprochen gute ICC Korrelationskoeffizienten von 0,86 erreichen die Untersucherkonstellationen De (Abbildung 7), aeIJ\* (Abbildung 8), PraG\* (Abbildung 9). Den höchsten ICC-Wert (0,87) der Untersuchung in Kapitel 3.2.1 erhält man durch Korrelation der Untersucher D, e und H. Eine sehr gute Korrelation scheint demnach nicht nur durch den Vergleich gezielter Untersucher möglich. In jeder Untergruppe findet man Untersucherkonstellationen, die ausgesprochen gut miteinander korrelieren.

Somit ist die Übereinstimmung der Messergebnisse für manche Untersucher auffallend gut, für andere eher schlechter. Im Mittel (vgl. Abbildung 5) kann jedoch von einer guten Korrelation mit einem ICC-Wert von  $0,74 \pm 0,09$  ausgegangen werden, wovon manche ICC-Werte sowohl nach unten als auch nach oben überschaubar abweichen.

## **4.2 ICC-Werte in der Literatur**

Die Einteilung der ICC Korrelationskoeffizienten in schlecht, mäßig, gut und annähernd perfekt wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Man findet Autoren die ICC-Werte größer 0,7 als hohe Korrelation bezeichnen [21] [51]. Leslie & Fleenor hingegen definieren die Reliabilität des ICC-Korrelationsintervalls zwischen 0,4 – 0,7. In der Sportmedizin werden häufig isokinetische Tests zur Beurteilung der Kraft und Muskelleistung herangezogen. Mehrere Studien geben für die Reliabilität und Validität dieser Untersuchungen Intraklassenkorrelationskoeffizienten zwischen 0,72 – 0,99 an [5] [15] [16] [44] [45].

Vergleicht man frühere Publikationen von Cicchetti [10] mit beispielsweise neueren Publikationen von Koo und Li [36], wird die abweichende Einteilung der Intraklassenkorrelationskoeffizienten ebenso deutlich (vgl. Tabelle 7):

*Tabelle 7: Unterschiedliche Einteilung der ICC Korrelationskoeffizienten nach Cicchetti und Koo und Li*

<b>Bewertung</b>	<b>ICC nach Cicchetti [10]</b>	<b>ICC nach Koo und Li [36]</b>
schlecht	< 0,4	< 0,5
durchschnittlich	0,40 – 0,59	0,5 – 0,75
gut	0,6 – 0,74	0,75 – 0,9
Sehr gut	≥ 0,75	≥ 0,9

In der Studie von Robnett [59] wurden 30 Patienten in unterschiedlichen Abständen nach VKB-Rekonstruktion von 4 Untersuchern mit dem KT-1000 in verschiedenen Krafteinstellungen vermessen. Die Untersucher hatten unterschiedliche Vorerfahrungen mit dem Umgang des KT-1000 (keine Erfahrung bis 5 Jahre Erfahrung). Hier wurden ICC-Werte im Bereich von 0,61 – 0,76 erreicht. Nach Ausschluss der Messergebnisse von Untersucher 2, welcher keinerlei Vorerfahrung mit dem KT-1000 hatte, erhielt man bessere ICC-Werte im Bereich von 0,62 – 0,86. Die ICC-Werte, die in unserer Studie mit dem KLT Messgerät erreicht werden, liegen demnach in dem Bereich der ICC-Werte aus anderen Studien, welche das KT-1000 als Messgerät verwenden.

In einer weiteren Studie wurden 770 kniegesunde Patienten über einen Zeitraum von 17 Jahren von 24 Untersuchern mit dem KT-1000 in unterschiedlichen Krafteinstellungen vermessen [35]. Die errechneten ICC-Werte lagen hier zwischen 0,558 und 0,644. Die Korrelation der Untersucher wurde entsprechend der ICC-Werte als moderat bewertet. Diese Versuchsreihe von Klasan [35] untersucht das KT-1000 in einem klinischen Umfeld über einen sehr langen Zeitraum.

Andere Arthrometer wie das Telos (Telos GmbH, Laubscher, Hölstein, Schweiz), Rolimeter (Aircast Europa, Neubeuern, Deutschland), das Kneelax (Kneelax MR-Systeme, Haarlem, Niederlande) und das GNRB (Genourob, Laval, Frankreich) [30] [52] werden häufig von einem „Design-Team“ mit einer geringen Anzahl an Teilnehmern, in einem kurzen Zeitraum untersucht und sind dementsprechend weniger repräsentativ [35]. Die Ergebnisse von Klasan lassen darauf schließen, dass es zusätzliche Faktoren gibt, die die Intra- und Interkorrelation des KT-1000 beeinflussen, insbesondere wenn mehrere Untersucher über einen längeren Zeitraum in einer klinischen statt einer experimentellen Umgebung das KT-1000 Messgerät verwenden. Im Vergleich zur Studie von Klasan, liegen die Korrelationskoeffizienten unserer Studie deutlich darüber und es kann vermutet werden, dass das KLT Messgerät im Gegensatz zum KT-1000 eine bessere Übereinstimmung der Messergebnisse liefert. Allerdings wurden in dieser Studie noch weit aus mehr Probanden von einer größeren Anzahl an Untersuchern über einen erheblich längeren Zeitraum vermessen, weshalb ein direkter Vergleich schwierig ist.

### **4.3 Einfluss der Vorerfahrung**

In Kapitel 3.2.2 wurde zur Überprüfung der Unabhängigkeit der Messergebnisse von der Vorerfahrung der Untersucher repräsentativ ein Kniespezialist (Oberarzt), ein Assistenzarzt und ein Student ausgewählt. Die Korrelation Student - Assistenzarzt, erbrachte den geringsten ICC-Wert (0,69) mit dem größten 95%-Konfidenzintervall. Die beste Korrelation wurde für die Untersucherkombination Oberarzt – Assistenzarzt, mit einem ICC-Wert von 0,74 erzielt. Dies lässt die Vermutung zu, dass erfahrene Untersucher ähnlichere Ergebnisse messen. Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde die Fisher Z Transformation [53] mit den errechneten ICC-Werten durchgeführt. Auf diese Weise können Korrelationskoeffizienten verglichen und auf einen signifikanten Unterschied überprüft werden. Mit einem z-Wert von 0,42 und einem Signifikanzwert von 0,67 darf die Nullhypothese, dass die Korrelationen gleich sind, nicht verworfen werden. Die Korre-

lationskoeffizienten unterscheiden sich demnach nicht signifikant. Dieses Ergebnis spiegelt gut die Untersuchungsergebnisse von Huber [28] wieder, der zeigte, dass die Erfahrung der Untersucher zwar eine Rolle spielt, der Einfluss auf die Messergebnisse allerdings auch durch andere Faktoren mitbestimmt wird.

Huber [28] bestimmte in einer Studie die ICC Korrelationskoeffizienten von 22 Patienten mit hinteren Kreuzbandrissen oder hinteren Kreuzbandrekonstruktionen. Die Patienten wurden von einem erfahrenen Untersucher und einem unerfahrenen Untersucher mit dem KT-1000 Messgerät vermessen. Die Interrater Reliabilität wurde für die posteriore und die totale anteriore-posteriore Tibiatranslation mit einem ICC-Wert von 0,62 als moderat eingestuft. Für den anterioren Vorschub ergab sich durch Korrelation der beiden Untersucher ein ICC Korrelationskoeffizient von 0,64. Insgesamt fallen die ICC-Werte dieser Studie mit dem KT-1000 deutlich geringer aus als die maximalen ICC-Werte, die mit dem KLT Messgerät in unserer Studie erzielt wurden.

Auch andere Autoren beschreiben in ihren Studien, dass die Erfahrung des Untersuchers die Genauigkeit des Testverfahrens beeinflusst [37] [59] [67] [69] [75] [79].

Ballantyne [4] führte Untersuchungen mit dem KT-1000 und zwei erfahrenen sowie zwei unerfahrenen Untersuchern an 22 Patienten mit einseitiger VKB-Ruptur durch. Man fand heraus, dass die Erfahrung der Untersucher mehr Einfluss auf die Reliabilität der Messwerte des KT-1000 hatte als der Einfluss des Geschlechtes. Allerdings wurden in dieser Studie keine ICC Korrelationskoeffizienten bestimmt.

Dass erfahrenere Untersucher keine zuverlässigeren Messungen erzielen, wurde auch in der bereits erwähnten Studie von Klasan [35] aufgeführt. Die Variabilität des KT-1000 änderte sich nicht mit zunehmender Erfahrung, die Ergebnisse dieser Studie deuteten eher auf eine Geschlechterabhängigkeit der Messergebnisse hin. Zur Überprüfung dieser Annahme wurden hier jedoch Follow-up Studien empfohlen [79] [4]. Die Studie von Klasan [35] trifft damit genau gegenteilige Aussagen zur Studie von Ballantyne [4], in welcher die verglichenen Messergebnisse vor allem durch den Einfluss der Vorerfahrung abweichen.

## 4.4 Trainingseffekt

### 4.4.1 Einfluss des Trainings in dieser Studie

Die Unterteilung der 133 Probanden in 20er Schritten (vgl. Kapitel 3.2.3), diente der Überprüfung des Trainingseffektes der Untersucher a (Student) und G\* (Oberarzt/ Kniespezialist). Da diese beiden Untersucher insgesamt die meisten Probanden zusammen vermaßen, konnte somit der Trainingseffekt über den längsten Zeitraum betrachtet werden. Probanden mit niedriger Nummerierung wurden zu Beginn der Studie vermessen. Die Probandennummer nahm mit jeder weiteren Messung zu. Insgesamt wurden ICC-Werte im Bereich von 0,06 – 0,87 bestimmt. Den kleinsten ICC-Wert mit 0,06 und einem sehr großen 95%-Konfidenzintervall (-1,93 – 0,7) erhielt man für die ersten 14 Probanden (Probandennummer 11-30), welche von beiden Untersuchern a und G\* gemeinsam vermessen wurden. Der beste ICC Korrelationskoeffizient (0,87) wurde für die Probandengruppe 31-50 sowie 51-70 bestimmt. In diesen Gruppen wurde eine relativ geringe Anzahl an gemeinsamen Probanden untersucht (n = 7 bzw. n = 14). Die Probandengruppen 71-90, 91-110, 111-133 schließen eine größere Anzahl an Probanden ein (n = 20 bzw. n = 23). Insgesamt kann man in Abbildung 10 keinen linear ansteigenden Trend über die Anzahl an vermessenen Probanden erkennen. Der ausgesprochen schlechte ICC-Wert von 0,06 ist vermutlich dem anfänglichen Bedienungsfehler der Untersucher sowie deren Unachtsamkeit zuzuschreiben. Zu Beginn der Untersuchungen wurden vor allem von Untersucher a und G\* einige Mess-Demonstrationen an Probanden durchgeführt. Die Werte wurden notiert, ohne auf eine entspannte Lagerung des Probanden oder die absolut korrekte Eichung des Gerätes zu achten. Das Vertauschen der Messwerte für das rechte bzw. linke Knie wäre ebenfalls ein denkbarer, sehr schnell verursachter Fehler, welcher zu solch geringen Korrelationskoeffizienten führen würde. Nach 14 durchgeführten Messungen, scheinen die ICC Korrelationskoeffizienten jedoch so konstant zu sein, dass sie um den Bereich  $0,85 \pm 0,02$ , wobei 0,02 einer Standardabweichung entspricht, nur ganz gering schwanken. Auch die letzten Messungen verbessern die Korrelation nicht wesentlich.

Da beide Untersucher a und G\*, die annähernd gleiche Trainingszeit, mit einer ähnlichen Anzahl an vermessenen Probanden hatten, wurde der Einfluss des

Trainings bei beiden Untersuchern in gleicher Weise miteinbezogen. Dies könnte ein Grund dafür sein, dass die ICC Korrelationskoeffizienten mit zunehmender Probandenzahl nicht erheblich besser wurden. Eine Korrelation von 0,82 – 0,87 ist allerdings als annähernd perfekt zu werten, weshalb nur wenig Verbesserung möglich zu sein scheint. Sicherlich hat die anfängliche Übung in der Anwendung des Messgerätes einen Einfluss auf die Interrater-Reliabilität. Die Übereinstimmung der Messergebnisse der Untersucher a und G\*, wird, nach einer kurzen Einführung in das Handling und durch Übung des Messvorganges jedoch nicht wesentlich besser.

#### **4.4.2 Einfluss des Trainings in der Literatur**

Ähnliche „Anfangsschwierigkeiten“ scheinen auch die Untersucher in den Studien von Koo und Li [36] zu haben, weshalb die Ergebnisse von den Ärzten, die weniger als 30 Messungen mit dem KT-1000 durchgeführt hatten, als unzureichend für eine Zuverlässigkeitsanalyse angesehen und folglich aus der Studie ausgeschlossen wurden.

Die Ergebnisse der Studie von Berry [6] deuten darauf hin, dass mit zunehmender Erfahrung in der Verwendung des KT-1000 Messgerätes, der Interrater-Messfehler kleiner wird, weshalb das Training einen relevanten Einfluss auf die Messergebnisse hat. In dieser Studie führten jeweils 2 unerfahrene und 2 erfahrene Untersucher mit dem KT-1000 Messungen an 25 Patienten mit VKB-Rekonstruktionen bzw. VKB-Instabilität durch. Die unerfahrenen Untersucher erzielten einen ICC-Wert von 0,65 mit einem Interrater-Fehler von  $\pm 3,52$  mm (95%-Konfidenzintervall). Der ICC-Wert der Experten betrug 0,79 mit einem Interrater-Fehler von  $\pm 2,94$  mm (95%-Konfidenzintervall). Diese Ergebnisse sprechen für den Einfluss von Erfahrung und Training auf systematische und zufällige Fehler [6]. Der Trainingsaufwand, der betrieben werden müsste, um den Fehler eines unerfahrenen Untersuchers zu reduzieren, wurde allerdings nicht untersucht.

Da diese Studie jedoch nur 4 Untersucher einschließt, ist eine Verallgemeinerung nur schwer möglich. Eine größere Anzahl an Untersuchern erhöht dementsprechend die Aussagekraft. Allerdings können Patienten auch nicht von zu vielen

Untersuchern hintereinander vermessen werden. Es muss darauf geachtet werden, dass jeder Patient eine unterschiedliche Anzahl an Untersuchungen in einer bestimmten Zeit toleriert [6]. Gerade das macht die Durchführung von Studien mit einer sehr großen Anzahl an Untersuchern problematisch und schwer umsetzbar.

#### **4.5 Gründe für die Interrater Variabilität – Potenzielle Fehlerquellen**

Jedes Knie eines Probanden wurde von dem entsprechenden Untersucher 3-mal vermessen. Somit erhielt jeder Untersucher für jeden vermessenen Probanden 6 Absolutwerte der Tibiatranslation. Diese Werte wurden nach jeder Untersuchung händisch in eine Tabelle auf dem Patientenfragebogen eingetragen. Durch Unachtsamkeit können bei der Übertragung der Werte leicht die Seiten vertauscht werden. Werden die Werte für das rechte Knie fälschlicherweise für das linke Knie dokumentiert, erhält man negative SSD-Werte und folglich auch negative ICC Korrelationskoeffizienten. Dies ist eine plausible Möglichkeit, wie ein solcher negativer Wert zustande kommen könnte. Natürlich spielen viele weitere Einflussfaktoren bei der Messung eine große Rolle.

Als weiteren Einflussfaktor auf den Messvorgang und die Messergebnisse ist die Handhabung und Benutzung des Messgerätes an sich zu diskutieren. Hierbei spielen vor allem die richtige Positionierung des KLTs mit der Markierung auf dem Gelenkspalt sowie die Fixierung der Stellschraube eine Rolle. Jeder Untersucher musste das Messgerät erneut auf das zu untersuchende Knie auflegen. Die Positionierung des KLTs war folglich nicht einheitlich, was jedoch auch genau der Situation entspricht, wenn Patienten von unterschiedlichen Untersuchern im Rahmen der Verlaufskontrolle vermessen werden. Die Stellschraube, welche die Flexibilität des Messstempels ermöglicht, kann ebenfalls unterschiedlich locker bzw. fest arretiert werden. Dies hat wiederum zur Folge, dass der Messstempel nach einer Messung in der maximalen Tibia-Vorschub-Position fixiert wird, oder, falls der Stempel zu locker eingestellt wurde, wieder zurückgleitet, wodurch geringere Messwerte angezeigt werden könnten. Wenn veränderte Einstellungen



an der Stellschraube vorgenommen wurden, könnte dies eine gewisse Varianz der Messergebnisse beeinflussen. Wobei auch hier realitätsnahe Versuchsbedingungen in Bezug auf den klinischen Alltag wiedergespiegelt werden. Auch Kowalk [37] vermuten in ihrer Arbeit eine Unterschätzung des Tibia Vorschubs durch falsche Positionierung des KT-1000. Ebenso wird in der Studie von Berry eine Unterschätzung des Tibia Vorschubs durch inadäquate Relaxierung der Hamstrings vermutet [6]. Die veränderte Muskelanspannung nach dem Wechseln der Untersuchungsfläche, eine andere Lagerung bzw. variierende Schmerzfreiheit der Probanden müssen ebenfalls beachtet und zur Kenntnis genommen werden. All diese Faktoren haben sicherlich einen Effekt auf die Messergebnisse, wobei der Einfluss von Untersucher zu Untersucher und von Proband zu Proband variieren kann, weshalb nie exakt gleiche Messbedingungen herrschen und die Ergebnisse auch unabhängig von den Untersuchern abweichen.

Ein weiterer Punkt, der sich auf die Ergebnisse der Messungen auswirken könnte, ist, dass die Absolutwerte der Tibiatranslation nicht verblindet auf dem Fragebogen der Patienten dokumentiert wurden. Somit hatte jeder Untersucher die Möglichkeit seine eigenen Ergebnisse mit vorherigen Messergebnissen zu vergleichen und diese beispielsweise durch stärkeren Zug der Tibia zu beeinflussen. Auch Holcomb bemängelte diese Tatsache in seiner Arbeit zur Überprüfung der Reliabilität des KT-1000 bei wiederholten Messungen des Tibiavorschubs [26].

#### **4.6 Methodenkritik**

Nicht alle Probanden wurden von allen Untersuchern vermessen, wodurch ein Vergleich der Messergebnisse nur durch eine gezielte Gruppierung der Untersucher möglich war. Auch das ärztliche Personal variiert sehr stark in der Vorgehensweise der Knieuntersuchung und im Umgang mit den dafür vorgesehenen Messinstrumenten. In der Gesamtheit ist somit nicht jeder Arzt automatisch gleich qualifiziert die Messung korrekt durchzuführen. Da in vielen Arztpraxen die Überprüfung der Kniegelenkstabilität nicht durch den Arzt bzw. Operateur, sondern von medizinischen Fachangestellten durchgeführt wird, ist eine gewisse Varianz der

Qualifikation durchaus üblich und somit auch in dieser Studie für den Praxisgebrauch repräsentativ.

#### **4.7 Ausblick**

Ein Messgerät sollte verschiedene Gütekriterien erfüllen, um reproduzierbare Ergebnisse zu liefern. Hierzu zählen die Objektivität, die Validität und die Reliabilität.

In dieser Studie wurde die Interrater-Reliabilität des KLTs durch mehrere Untersucher überprüft. Durch den Vergleich unterschiedlicher Messgeräte konnte in vorherigen Studien [31] die Paralleltest-Reliabilität untersucht werden. Die Test-Retest-Methode zur Untersuchung der direkten Reproduzierbarkeit der KLT Messergebnisse eines Probanden durch einen Untersucher, wurde jedoch bisher nicht untersucht. Dies sollte in weiteren Untersuchungen noch einmal betrachtet werden.

Generell scheint es doch eine Vielzahl an unterschiedlichen Einflussfaktoren auf Messergebnisse eines klinischen Messgerätes zu geben. Auch Klasan [35] thematisiert in seiner Arbeit mit dem KT-1000 den Einfluss der Muskelkraft der Untersucher auf die Messergebnisse. Van Harlinger [76] berichten in ihrer Studie über signifikant höhere Messergebnisse von kräftigeren Männern im Vergleich zu Frauen. Auch in unserer Studie ist es denkbar, dass kräftige Untersucher andere Ergebnisse erzielen als weniger kräftige Untersucher. Obwohl die Seit-zu-Seit-Differenz berechnet wurde und keine Absolutwerte verglichen wurden, müssten hierzu noch genauere Untersuchungen vorgenommen werden.

Die Untersuchungen von Van Harlinger [76] ergaben außerdem, dass die dominante Seite, egal ob Rechts- bzw. Linkshänder, stets höhere Ergebnisse liefert als die nicht dominante Seite. Auch Sernert [65] fand heraus, dass der rechtshändig dominante Physiotherapeut im Vergleich zum linkshändig dominanten Physiotherapeuten, signifikant höhere Knielaxizitätswerte am rechten

Knie mit dem KT-1000 maß. Dementsprechend maß der linkshändig dominante Physiotherapeut signifikant höhere Knielaxizitätswerte am linken Knie. Die Messungen mit dem KT-1000 könnten demnach durch die Handdominanz des Untersuchers beeinflusst werden. Auch in unserer Studie hatte man den Eindruck, dass die Händigkeit der Untersucher eine Rolle spielen könnte. Da jedoch zu wenig gleiche Probanden von Untersuchern mit unterschiedlicher Händigkeit vermessen wurden, war ein Vergleich der Messergebnisse dahingehend im Nachhinein nicht möglich. Diese Beobachtung müsste noch einmal mit einer gezielten Fragestellung in Bezug auf die Händigkeit untersucht werden. Zudem empfiehlt es sich, zukünftige Untersuchungen verblindet, im Sinne einer von den Untersuchern zunächst nicht einsehbaren Messergebnis Dokumentation durchzuführen.

## 4.8 Fazit

Das KLT scheint als Messgerät, hinreichend unabhängig von verschiedenen Untersuchern, aber durchaus abhängig von weiteren Einflussfaktoren, gut zu funktionieren. Die Vorerfahrung der Untersucher spielt eher eine untergeordnete Rolle, wobei anfänglich eine Einarbeitung in den korrekten Umgang des Messgerätes empfehlenswert ist. Die Übereinstimmung der Messergebnisse bleibt im zeitlichen Verlauf auch mit zunehmendem Training zuverlässig konstant. Trotzdem sollte man den Satz von Anderson und Lipscomb „the devices are only as good as the examiners who are using them“ stets im Hinterkopf behalten und auf eine bestmögliche Bedienung des KLT Messgerätes und eine akkurate Ausführung der Untersuchung achten [2].

Die in Kapitel 1.4 aufgeführten Ziele der Untersuchungen können damit wie folgt beantwortet werden:

1. Gute Unabhängigkeit der KLT Messergebnisse von mehreren Untersuchern.
2. Kaum Einfluss der Vorerfahrung bzw. Qualifikation der Untersucher (Student/Assistenzarzt/Oberarzt) auf die Messergebnisse.
3. Nach anfänglicher Einübung im Umgang mit dem KLT Messgerät, kein relevanter Einfluss auf die Messergebnisse durch längeres Training mit dem KLT.

## 5 Zusammenfassung

Gerade bei Verlaufskontrollen nach Kreuzbandrissen bzw. genereller Instabilität im Kniegelenk ist eine Stabilitätsprüfung durch ein objektives Messgerät mit guter Reliabilität und Validität absolut empfehlenswert. Nur bei Erfüllung dieser Voraussetzungen eines Messgerätes können auch im Verlauf exakte Messwerte dokumentiert und miteinander verglichen werden und somit Rückschlüsse auf den operativen bzw. konservativen Therapieerfolg ermöglichen.

Dass das KLT (Knielaxizitäts-Tensiometer, Fa. Karl Storz, Tuttlingen) einem solchen Messgerät gerecht wird und eine gute Paralleltest-Reliabilität aufweist, wurde bereits in einer anderen Studie untersucht. Wichtig ist jedoch auch die Überprüfung der Interrater-Reliabilität und des Benutzereinflusses des KLTs. Hierfür wurden die Knie von 133 Probanden von 18 Untersuchern vermessen, indem der stabile Lachman-Test nach Auflegen des KLT Messgerätes an beiden Knien durchgeführt wurde. Aus den erhaltenen Messwerten wurde die Seit-zu-Seit-Differenz (SSD) gebildet und mit dem Programm SPSS die jeweiligen Intra-klassen-Korrelationskoeffizienten (ICC) für unterschiedliche Untersucherkonstellationen bestimmt und miteinander verglichen.

Der errechnete ICC Mittelwert von  $0,74 \pm 0,09$ , gilt, laut Literatur [38] [23], als eine erhebliche Übereinstimmung der Messwerte. Damit kann die Unabhängigkeit der Messergebnisse von mehreren Untersuchern als gut bewertet werden. Zur Überprüfung der Vorerfahrung der Untersucher wurden 25 Probanden von drei Untersuchern mit unterschiedlichen medizinischen Qualifikationen vermessen. Die erhaltenen ICC Korrelationskoeffizienten (0,69; 0,73; 0,74) durch den jeweiligen Vergleich zweier Untersucher unterscheiden sich nicht signifikant. Durch die Annahme der Nullhypothese mit einem z-Wert von 0,42 und einem Signifikanzwert von 0,67 scheint die Erfahrung keine wesentliche Bedeutung für die Interrater-Reliabilität des KLTs zu haben.

Ebenfalls scheint der Trainingseffekt der Untersucher im Verlauf der Messungen keine große Rolle im Hinblick auf eine signifikant verbesserte Reliabilität zu spielen. Zur Überprüfung wurden die SSD-Werte 133 vermessener Probanden zweier Untersucher in 20er Schritten unterteilt. Der erste ICC-Wert (0,06) für die

## Zusammenfassung

Probanden 11-30 fällt im Vergleich mit den folgenden 5 ICC-Werten (alle im Bereich  $0,85 \pm 0,02$ , wobei 0,02 einer Standardabweichung entspricht) für die Probanden 31-133 eindeutig geringer aus. Somit wird vermutet, dass eine anfängliche Übung im Umgang mit dem Messgerät absolut empfehlenswert ist. Ab einem gewissen „Können“ werden jedoch keine besseren Messergebnisse erzielt. Wichtig bleibt der persönliche Anspruch eines jeden Untersuchers, die Messungen so genau und gewissenhaft wie möglich durchzuführen.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Alt W.W., Biomechanische Aspekte der Gelenkstabilisierung: dargestellt am Beispiel des Sprunggelenks, 1. Aufl, Maurer, Geislingen (Steige), 2001.
- [2] Anderson A.F., Lipscomb A.B., Preoperative instrumented testing of anterior and posterior knee laxity, *Am J Sports Med.* 17 (1989) 387–392.
- [3] Balasch H., Schiller M., Friebel H., Hoffmann F., Evaluation of anterior knee joint instability with the Rolimeter. A test in comparison with manual assessment and measuring with the KT-1000 arthrometer, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 7 (1999) 204–208.
- [4] Ballantyne B.T., French A.K., Heimsoth S.L., Kachingwe A.F., Lee J.B., Soderberg G.L., Influence of examiner experience and gender on interrater reliability of KT-1000 arthrometer measurements, *Phys Ther.* 75 (1995) 898–906.
- [5] Bandy W.D., McLaughlin S., Intramachine and intermachine reliability for selected dynamic muscle performance tests, *J Orthop Sports Phys Ther.* 18 (1993) 609–613.
- [6] Berry J., Kramer K., Binkley J., Binkley G.A., Stratford P., Hunter S., Brown K., Error Estimates in Novice and Expert Raters for the KT-1000 Arthrometer, *J Orthop Sports Phys Ther.* 29 (1999) 49–55.
- [7] Boden B.P., Dean G.S., Feagin J.A., Garrett W.E., Mechanisms of anterior cruciate ligament injury, *Orthopedics.* 23 (2000) 573–578.
- [8] Boyer J.E., Palachek A.D., Schucany W.R., An empirical study of related correlation coefficients, *Journal of Educational Statistics.* 8 (1983) 75–86.
- [9] Burstein A.H., Wright T.M., Felder H., *Biomechanik in Orthopädie und Traumatologie*, Thieme, Stuttgart, 1997.
- [10] Cicchetti D.V., Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology., *Psychological Assessment.* 6 (1994) 284–290.

- [11] Cohen J., Cohen P., West S.G., Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences, 3., L. Erlbaum Associates, Mahwah, N.J, 2002.
- [12] Collette M., Courville J., Forton M., Gagnière B., Objective evaluation of anterior knee laxity; comparison of the KT-1000 and GNRB® arthrometers, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 20 (2012) 2233–2238.
- [13] Daniel D.M., Malcom L.L., Losse G., Stone M.L., Sachs R., Burks R., Instrumented measurement of anterior laxity of the knee, *J Bone Joint Surg Am.* 67 (1985) 720–726.
- [14] Diedenhofen B., Musch J., cocor: A Comprehensive Solution for the Statistical Comparison of Correlations, *PLoS One.* 10 (2015).
- [15] Farrell M., Richards J.G., Analysis of the reliability and validity of the kinetic communicator exercise device, *Med Sci Sports Exerc.* 18 (1986) 44–49.
- [16] Feiring D.C., Ellenbecker T.S., Derscheid G.L., Test-retest reliability of the biodex isokinetic dynamometer, *J Orthop Sports Phys Ther.* 11 (1990) 298–300.
- [17] Forster I., Warren-Smith C., Tew M., Is the KT1000 knee ligament arthrometer reliable?, *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume.* 71-B (1989) 843–847.
- [18] Galway H.R., MacIntosh D.L., The lateral pivot shift: a symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency, *Clin. Orthop. Relat. Res.* (1980) 45–50.
- [19] Ganko A., Engebretsen L., Ozer H., The Rolimeter: a new arthrometer compared with the KT-1000, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 8 (2000) 36–39.
- [20] Graham G.P., Johnson S., Dent C.M., Fairclough J.A., Comparison of clinical tests and the KT1000 in the diagnosis of anterior cruciate ligament rupture., *British Journal of Sports Medicine.* 25 (1991) 96–97.
- [21] Greguras G.J., Robie C., A new look at within-source interrater reliability of 360-degree feedback ratings, *Journal of Applied Psychology.* 83 (1998) 960–968.



- [22] Griffin L.Y., Agel J., Albohm M.J., Arendt E.A., Dick R.W., Garrett W.E., Garrick J.G., Hewett T.E., Huston L., Ireland M.L., Johnson R.J., Kibler W.B., Lephart S., Lewis J.L., Lindenfeld T.N., Mandelbaum B.R., Marchak P., Teitz C.C., Wojtys E.M., Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: Risk Factors and Prevention Strategies, *JAAOS - Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 8 (2000) 141–150.
- [23] Hallgren K.A., Computing Inter-Rater Reliability for Observational Data: An Overview and Tutorial, *Tutor Quant Methods Psychol*. 8 (2012) 23–34.
- [24] Hanten W.P., Pace M.B., Reliability of Measuring Anterior Laxity of the Knee Joint Using a Knee Ligament Arthrometer, *Phys Ther*. 67 (1987) 357–359.
- [25] Highgenboten C.L., Jackson A., Meske N.B., Genucom, KT-1000, and Stryker knee laxity measuring device comparisons. Device reproducibility and interdevice comparison in asymptomatic subjects, *Am J Sports Med*. 17 (1989) 743–746.
- [26] Holcomb K.R., Skaggs C.A., Worrell T.W., DeCarlo M., Shelbourne K.D., Assessment of Knee Laxity Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, *Journal of Sport Rehabilitation*. 2 (1993) 97–103.
- [27] Hopf T., Gleitz M., Rupp S., Müller B., [Cruciate ligament injuries with knee joint effusion--why can the Lachman sign not be elicited?], *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 134 (1996) 418–421.
- [28] Huber F.E., Irrgang J.J., Harner C., Lephart S., Intratester and Intertester Reliability of the KT-1000 Arthrometer in the Assessment of Posterior Laxity of the Knee, *Am J Sports Med*. 25 (1997) 479–485.
- [29] Irrgang J.J., Current Status of Measuring Clinical Outcomes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Are We Good Enough?, *Operative Techniques in Sports Medicine*. 16 (2008) 119–124.
- [30] J M., Js B., P B., C S., N P., Prospective comparative study of knee laxity with four different methods in anterior cruciate ligament tears., *Int Orthop*. 42 (2018) 1845–1851.

- [31] Jäger N., Instrumentelle Stabilitätsmessung des Kniegelenks - KLT, Rolimeter und KT-1000 im Vergleich, Inaugural –Dissertation, Julius-Maximilians-Universität, 2016.
- [32] Jagodzinski M., Friederich N., Müller W., Das Knie, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2016.
- [33] Jonsson T., Althoff B., Peterson L., Renström P., Clinical diagnosis of ruptures of the anterior cruciate ligament: a comparative study of the Lachman test and the anterior drawer sign, *Am J Sports Med.* 10 (1982) 100–102.
- [34] Katz J.W., Fingerroth R.J., 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 (1986) 88–91.
- [35] Klasan A., Putnis S.E., Kandhari V., Oshima T., Fritsch B.A., Parker D.A., Healthy knee KT1000 measurements of anterior tibial translation have significant variation, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* (2019).
- [36] Koo T.K., Li M.Y., A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research, *J Chiropr Med.* 15 (2016) 155–163.
- [37] Kowalk D.L., Wojtys E.M., Disher J., Loubert P., Quantitative analysis of the measuring capabilities of the KT-1000 knee ligament arthrometer, *Am J Sports Med.* 21 (1993) 744–747.
- [38] Landis J.R., Koch G.G., The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data, *Biometrics.* 33 (1977) 159–174.
- [39] Lerat J.L., Moyon B., Jenny J.Y., Perrier J.P., A comparison of pre-operative evaluation of anterior knee laxity by dynamic X-rays and by the arthrometer KT 1000, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1 (1993) 54–59.
- [40] Loos W.C., Fox J.M., Blazina M.E., Del Pizzo W., Friedman M.J., Acute posterior cruciate ligament injuries, *Am J Sports Med.* 9 (1981) 86–92.
- [41] Markolf K.L., Graff-Radford A., Amstutz H.C., In vivo knee stability. A quantitative assessment using an instrumented clinical testing apparatus, *J Bone Joint Surg Am.* 60 (1978) 664–674.

- [42] Mayr H.O., Stöhr A., Aktueller Stand der instrumentellen Messung der Knielaxität, *Arthroskopie*. 23 (2010) 56–61.
- [43] Mitchell J.H., Haskell W.L., Raven P.B., Classification of sports, *Journal of the American College of Cardiology*. 24 (1994) 864–866.
- [44] Molczyk L., Thigpen L.K., Eickhoff J., Goldgar D., Gallagher J.C., Reliability of Testing the Knee Extensors and Flexors in Healthy Adult Women Using a Cybex II Isokinetic Dynamometer, *J Orthop Sports Phys Ther*. 14 (1991) 37–41.
- [45] Montgomery L.C., Douglass L.W., Deuster P.A., Reliability of an isokinetic test of muscle strength and endurance, *J Orthop Sports Phys Ther*. 10 (1989) 315–322.
- [46] Murgier J., Béranger J.S., Boisrenoult P., Steltzlen C., Pujol N., Prospective comparative study of knee laxity with four different methods in anterior cruciate ligament tears, *International Orthopaedics (SICOT)*. 42 (2018) 1845–1851.
- [47] Myklebust G., Maehlum S., Holm I., Bahr R., A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball, *Scand J Med Sci Sports*. 8 (1998) 149–153.
- [48] Myrer J.W., Schulthies S.S., Fellingham G.W., Relative and absolute reliability of the KT-2000 arthrometer for uninjured knees. Testing at 67, 89, 134, and 178 N and manual maximum forces, *Am J Sports Med*. 24 (1996) 104–108.
- [49] Niethard F.U., Pfeil J., Biberthaler P., *Orthopädie und Unfallchirurgie*, 7., überarbeitete Auflage, Thieme, Stuttgart, 2014.
- [50] Noyes F.R., Grood E.S., Torzilli P.A., Current concepts review. The definitions of terms for motion and position of the knee and injuries of the ligaments, *J Bone Joint Surg Am*. 71 (1989) 465–472.
- [51] Nunnally J.C., *Psychometric theory*, 2d ed, McGraw-Hill, New York, 1978.
- [52] Paine R., Lowe W., Comparison of Kneelax and KT-1000 Knee Ligament Arthrometers, *J Knee Surg*. 25 (2012) 151–154.

- [53] Pearson K., I. Mathematical contributions to the theory of evolution. —XI. On the influence of natural selection on the variability and correlation of organs, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character.* 200 (1903) 1–66.
- [54] Petersen W., Zantop T., Becker R., *Das vordere Kreuzband: Grundlagen und aktuelle Praxis der operativen Therapie*, 1. Aufl, Deutscher Ärzte-Verl, Köln, 2009.
- [55] Prel J.-B. du, Hommel G., Röhrig B., Blettner M., Konfidenzintervall oder p-Wert? Teil 4 der Serie zur Bewertung wissenschaftlicher Publikationen, *Dtsch Arztebl Int.* 106(19) (2009) 335–339.
- [56] Pugh L., Mascarenhas R., Arneja S., Chin P.Y.K., Leith J.M., Current concepts in instrumented knee-laxity testing, *Am J Sports Med.* 37 (2009) 199–210.
- [57] Queale W.S., Snyder-Mackler L., Handling K.A., Richards J.G., Instrumented examination of knee laxity in patients with anterior cruciate deficiency: a comparison of the KT-2000, Knee Signature System, and Genucom, *J Orthop Sports Phys Ther.* 19 (1994) 345–351.
- [58] Robert H., Nouveau S., Gageot S., Gagnière B., A new knee arthrometer, the GNRB: experience in ACL complete and partial tears, *Orthop Traumatol Surg Res.* 95 (2009) 171–176.
- [59] Robnett N.J., Riddle D.L., Kues J.M., Intertester Reliability of Measurements Obtained With the KT-1000 on Patients With Reconstructed Anterior Cruciate Ligaments, *J Orthop Sports Phys Ther.* 21 (1995) 113–119.
- [60] Rohman E.M., Macalena J.A., Anterior cruciate ligament assessment using arthrometry and stress imaging, *Curr Rev Musculoskelet Med.* 9 (2016) 130–138.
- [61] Rosenberg T.D., Rasmussen G.L., The function of the anterior cruciate ligament during anterior drawer and Lachman's testing. An in vivo analysis in normal knees, *Am J Sports Med.* 12 (1984) 318–322.

- [62] Schabus R., Bosina E., Schulz J., Das Knie: Diagnostik – Therapie – Rehabilitation, Springer, Wien, 2007.
- [63] Schmidt R.F., Lang F., Heckmann M., Physiologie des Menschen: Mit Pathophysiologie, Sonderausgabe der 31. Auflage, Springer, Berlin, 2017.
- [64] Schulte E., Schumacher U., Schünke M., PROMETHEUS LernAtlas der Anatomie: Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, 3., überarbeitete und erweiterte, Thieme, Stuttgart, 2011.
- [65] Sernert N., Helmers J., Kartus C., Ejerhed L., Kartus J., Knee-laxity measurements examined by a left-hand- and a right-hand-dominant physiotherapist, in patients with anterior cruciate ligament injuries and healthy controls, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 15 (2007) 1181–1186.
- [66] Sernert N., Kartus J., Köhler K., Ejerhed L., Karlsson J., Evaluation of the reproducibility of the KT-1000 arthrometer, *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* 11 (2001) 120–125.
- [67] Sherman O.H., Markolf K.L., Ferkel R.D., Measurements of anterior laxity in normal and anterior cruciate absent knees with two instrumented test devices, *Clin. Orthop. Relat. Res.* (1987) 156–161.
- [68] Steiner M.E., Brown C., Zarins B., Brownstein B., Koval P.S., Stone P., Measurement of anterior-posterior displacement of the knee. A comparison of the results with instrumented devices and with clinical examination, *J Bone Joint Surg Am.* 72 (1990) 1307–1315.
- [69] Strand T., Solheim E., Clinical tests versus KT-1000 instrumented laxity test in acute anterior cruciate ligament tears, *Int J Sports Med.* 16 (1995) 51–53.
- [70] Strobel M., Neumann H.-S., Instrumentelle Stabilitätsbestimmung des Kniegelenkes: experimentelle und klinische Untersuchungen, *Der Unfallchirurg.* (1996).
- [71] Strobel M., Stedtfeld H.-W., Diagnostik des verletzten Kniegelenkes, Marseille, München, 1988.
- [72] Strobel M., Stedtfeld H.-W., Diagnostik des Kniegelenkes, Springer-Verlag, 2013.

- [73] Tittel K., Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen, 14th ed., Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, München, 2003.
- [74] Torg J.S., Conrad W., Kalen V., Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete, *Am J Sports Med.* 4 (1976) 84–93.
- [75] Torzilli P.A., Panariello R.A., Forbes A., Santner T.J., Warren R.F., Measurement reproducibility of two commercial knee test devices, *Journal of Orthopaedic Research.* 9 (1991) 730–737.
- [76] Van Harlinger W., Blalock L., Merritt J.L., Upper limb strength: study providing normative data for a clinical handheld dynamometer, *PM R.* 7 (2015) 135–140.
- [77] Victor A., Elsässer A., Hommel G., Blettner M., Judging a Plethora of p-Values, *Dtsch Arztebl Int.* *Dtsch Arztebl Int* 2010 (2009) 50–56.
- [78] Wiertsema S.H., van Hooff H.J.A., Migchelsen L. a. A., Steultjens M.P.M., Reliability of the KT1000 arthrometer and the Lachman test in patients with an ACL rupture, *Knee.* 15 (2008) 107–110.
- [79] Wroble R.R., Van Ginkel L.A., Grood E.S., Noyes F.R., Shaffer B.L., Repeatability of the KT-1000 arthrometer in a normal population, *Am J Sports Med.* 18 (1990) 396–399.
- [80] Zantop T., Zantop C., Petersen W., Biomechanik von Kreuzband und Kreuzbandersatz, *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie.* 61 (2013) 11–19.

## **Appendix**

Nachfolgend ist der Fragebogen abgebildet, den jeder Proband anonym ausfüllen musste, um hiermit die Teilnahme an der Studie und die Verwendung der ermittelten Daten zu bestätigen.

Probandennummer: \_\_\_\_\_

## Klassifizierung der Sportarten

**Bitte kreuzen Sie die Spalte mit den Sportarten die für Sie zutreffen an.**

**Die Sportarten sollten auch wirklich regelmäßig ausgeübt werden.**

**Dynamische Bewegung:** Veränderungen der Muskellänge, Gelenkbewegungen mit rhythmischen Kontraktionen und relativ geringer intramuskulärer Kraftentwicklung

**Statische Bewegung:** Relativ große intramuskuläre Kraftentwicklung mit geringen bzw. keinen Veränderungen der Muskellänge oder Gelenkbewegungen

	A. geringe Dynamik	X	B. mittlere Dynamik	X	C. hohe Dynamik	X
<b>I. geringe Statik</b>	Billard Bowling Cricket Curling Golf Gewehrschießen		Baseball Softball Tischtennis Tennis (Doppel) Volleyball		Badminton Langlauf (klassisch) Feldhockey Orientierungslauf Sportl. Gehen Racquetball Laufen (lange Distanz) Fußball Squasch Tennis (Einzel)	
<b>II. mittlere Statik</b>	Bogenschießen Autorennsport Tauchen Reitsport Motorsport		Fechten Sprungdisziplinen Eiskunstlaufen American Football Rodeo Reiten Rugby Sprinten Surfen Synchronschwimmen		Basketball Ice hockey Langlauf (Skating Technik) Australian Football Lacrosse Laufen (mittlere Distanz) Schwimmen Handball	
<b>III. hohe Statik</b>	Bobfahren Wurfdisziplinen (Diskus, Speer...) Gymnastik Karate/ Judo Rodeln Segeln Felsklettern Wasserskifahren Gewichtheben Windsurfen		Bodybuilding Skifahren (Downhill) Wrestling		Boxen Kanu-/ Kajakfahren Radfahren Zehnkampf Rudern Eisschnelllauf	



Probandennummer: \_\_\_\_\_

Geschlecht: \_\_\_\_\_

Alter: \_\_\_\_\_

Körpergröße: \_\_\_\_\_

Gewicht: \_\_\_\_\_

	×	<b>berufstätig</b>	×
Student (1)		Assistenzarzt (2)	
		Oberarzt (3)	
		Bürojob (4)	
		körperlich (5) an- strengende Arbeit	

Hatten Sie bereits Verletzungen am Knie?

\_\_\_\_\_

Wenn ja, welche?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Wann?

\_\_\_\_\_

Rechts/ links?

\_\_\_\_\_

Wurde operiert? Wenn ja, was?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Beschwerden bei sportlicher Belastung oder in Ruhe?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Exemplarisch sind nachfolgend die Mittelwerte sowie SSD Werte des rechten bzw. linken Knies für jeden vermessenen Probanden von Untersucher a (Student) und G\* (Oberarzt) dargestellt.

<b>Proband</b>	<b>a rechts Mittel- wert [mm]</b>	<b>a links Mittel- wert [mm]</b>	<b>a SSD [mm]</b>	<b>G* rechts Mittel- wert [mm]</b>	<b>G* links Mittel- wert [mm]</b>	<b>G* SSD [mm]</b>
1	4,97	4,70	,27			
2	5,57	5,10	,47			
3	5,07	4,47	,60			
4	8,43	5,33	3,10			
5	6,60	6,03	,57			
6	3,97	1,93	2,03			
7	4,17	5,47	-1,30			
8	5,03	5,03	,00			
9	5,30	3,47	1,83			
10	5,13	4,47	,67			
11	6,13	7,47	-1,33			
12	4,77	6,10	-1,33			
13	3,47	3,70	-,23			
14	7,67	7,50	,17			
15	5,43	9,47	-4,03			
16	5,50	7,53	-2,03	7,37	8,30	-,93
17	6,20	5,83	,37	5,87	4,70	1,17
18	5,57	4,90	,67	3,27	3,13	,13
19	5,37	5,97	-,60	7,00	7,23	-,23
20	4,90	6,67	-1,77			
21	5,63	6,57	-,93	6,27	6,57	-,30

<b>Proband</b>	<b>a rechts Mittel- wert [mm]</b>	<b>a links Mittel- wert [mm]</b>	<b>a SSD [mm]</b>	<b>G* rechts Mittel- wert [mm]</b>	<b>G* links Mittel- wert [mm]</b>	<b>G* SSD [mm]</b>
22	6,97	5,93	1,03	7,43	7,77	-,33
23	5,67	4,57	1,10	5,67	5,40	,27
24	15,20	4,93	10,27	4,97	4,93	,03
25	6,77	6,07	,70	5,70	5,30	,40
26	4,70	11,37	-6,67	5,17	4,27	,90
27	5,73	6,67	-,93	5,23	5,73	-,50
28	5,67	2,17	3,50	6,87	4,67	2,20
29	4,83	5,47	-,63	5,97	4,50	1,47
30	3,33	2,57	,77	5,37	5,00	,37
31						
32	4,70	4,23	,47	5,40	5,73	-,33
33	3,33	5,07	-1,73	5,63	6,67	-1,03
34	5,03	4,43	,60	4,37	7,07	-2,70
35	8,13	4,47	3,67	8,67	5,50	3,17
36	4,70	5,23	-,53			
37	6,37	4,10	2,27			
38	6,87	8,27	-1,40			
39	2,90	5,67	-2,77			
40	3,27	3,47	-,20			
41	4,63	5,57	-,93			
42	2,87	6,13	-3,27	4,27	6,40	-2,13
43	4,63	5,37	-,73	5,80	7,37	-1,57
44	5,40	7,63	-2,23			
45	3,83	5,13	-1,30			

<b>Proband</b>	<b>a rechts Mittel- wert [mm]</b>	<b>a links Mittel- wert [mm]</b>	<b>a SSD [mm]</b>	<b>G* rechts Mittel- wert [mm]</b>	<b>G* links Mittel- wert [mm]</b>	<b>G* SSD [mm]</b>
46	6,20	6,43	-,23			
47	9,40	6,23	3,17			
48	8,23	8,47	-,23			
49						
50	5,77	4,80	,97	7,30	7,27	,03
51	7,80	6,47	1,33			
52	5,73	5,13	,60			
53	7,50	7,03	,47			
54	4,80	6,43	-1,63			
55				1,90	4,07	-2,17
56	4,67	4,17	,50			
57	10,10	8,13	1,97	11,27	8,97	2,30
58	4,17	4,93	-,77	7,63	6,83	,80
59	4,47	3,83	,63	7,53	5,17	2,37
60	4,13	2,57	1,57	5,73	3,27	2,47
61	8,23	11,60	-3,37	9,90	12,20	-2,30
62	2,00	1,50	,50	3,03	2,43	,60
63	15,03	6,43	8,60	14,20	6,50	7,70
64	5,63	7,37	-1,73	4,43	7,03	-2,60
65	7,53	9,53	-2,00	10,87	11,83	-,97
66	7,00	8,60	-1,60	5,10	12,73	-7,63
67	7,17	4,00	3,17	6,17	5,30	,87
68	6,80	5,37	1,43	8,53	4,60	3,93
69	7,50	2,73	4,77	8,87	6,53	2,33

<b>Proband</b>	<b>a rechts Mittel- wert [mm]</b>	<b>a links Mittel- wert [mm]</b>	<b>a SSD [mm]</b>	<b>G* rechts Mittel- wert [mm]</b>	<b>G* links Mittel- wert [mm]</b>	<b>G* SSD [mm]</b>
70	4,90	5,20	-,30	7,77	6,37	1,40
71	4,17	1,83	2,33	7,97	1,23	6,73
72	6,77	6,50	,27	7,47	7,23	,23
73	9,23	6,07	3,17	12,37	8,13	4,23
74	7,10	4,13	2,97	6,07	5,33	,73
75	5,97	6,23	-,27	9,67	10,57	-,90
76	6,13	9,07	-2,93	6,93	8,63	-1,70
77	9,40	5,90	3,50	12,43	4,60	7,83
78	8,60	11,23	-2,63	11,87	14,73	-2,87
79	4,13	3,83	,30	7,10	5,13	1,97
80	7,57	3,43	4,13	7,43	7,40	,03
81	6,80	3,33	3,47	9,70	6,93	2,77
82	9,87	9,97	-,10	10,20	11,00	-,80
83	4,93	2,77	2,17	7,60	5,60	2,00
84	8,63	10,17	-1,53	6,33	8,73	-2,40
85	4,17	2,47	1,70	6,97	6,60	,37
86	4,80	8,27	-3,47	5,20	7,07	-1,87
87	6,70	9,30	-2,60	6,33	8,37	-2,03
88	5,07	2,40	2,67	8,80	4,73	4,07
89	7,27	5,47	1,80	6,87	5,73	1,13
90	5,03	4,97	,07	5,77	7,37	-1,60
91	4,00	4,10	-,10	5,53	6,67	-1,13
92	5,43	5,00	,43	5,70	5,50	,20
93	8,43	5,50	2,93	5,73	4,07	1,67

<b>Proband</b>	<b>a rechts Mittel- wert [mm]</b>	<b>a links Mittel- wert [mm]</b>	<b>a SSD [mm]</b>	<b>G* rechts Mittel- wert [mm]</b>	<b>G* links Mittel- wert [mm]</b>	<b>G* SSD [mm]</b>
94	5,23	6,57	-1,33	10,13	6,50	3,63
95	8,90	8,37	,53	10,77	10,00	,77
96	4,17	7,83	-3,67	8,07	9,23	-1,17
97	5,60	6,27	-,67	5,63	5,87	-,23
98	15,90	10,47	5,43	15,83	7,17	8,67
99	4,97	3,10	1,87	4,67	2,97	1,70
100	5,73	6,10	-,37	7,13	8,07	-,93
101	4,63	3,30	1,33	7,07	4,33	2,73
102	8,23	10,13	-1,90	8,90	11,43	-2,53
103	4,77	4,50	,27	6,97	5,53	1,43
104	7,13	7,93	-,80	10,57	6,80	3,77
105	5,37	6,30	-,93	8,87	11,20	-2,33
106	3,50	7,27	-3,77	5,97	8,70	-2,73
107	2,17	3,23	-1,07	2,77	5,27	-2,50
108	3,13	3,30	-,17	5,87	6,77	-,90
109	2,57	2,53	,03	5,47	7,17	-1,70
110	4,60	7,23	-2,63	6,83	7,73	-,90
111	10,53	8,30	2,23	10,67	10,30	,37
112	6,63	7,53	-,90	8,33	10,50	-2,17
113	6,60	6,30	,30	6,47	7,90	-1,43
114	6,43	5,83	,60	6,50	4,47	2,03
115	6,30	6,37	-,07	9,83	7,33	2,50
116	7,73	10,20	-2,47	9,50	9,00	,50
117	7,10	3,60	3,50	6,00	4,17	1,83

<b>Proband</b>	<b>a rechts Mittel- wert [mm]</b>	<b>a links Mittel- wert [mm]</b>	<b>a SSD [mm]</b>	<b>G* rechts Mittel- wert [mm]</b>	<b>G* links Mittel- wert [mm]</b>	<b>G* SSD [mm]</b>
118	7,73	7,90	-,17	7,60	5,40	2,20
119	2,77	2,57	,20	5,03	5,13	-,10
120	10,10	6,60	3,50	13,00	7,33	5,67
121	7,03	5,13	1,90	7,30	6,07	1,23
122	5,20	7,23	-2,03	5,90	7,27	-1,37
123	10,57	10,47	,10	11,77	11,87	-,10
124	7,10	4,43	2,67	9,30	5,07	4,23
125	6,37	9,50	-3,13	7,57	12,97	-5,40
126	8,27	7,00	1,27	7,17	6,83	,33
127	9,83	7,20	2,63	10,80	8,90	1,90
128	2,53	5,93	-3,40	6,27	8,80	-2,53
129	2,67	2,67	,00	5,07	4,77	,30
130	7,20	7,73	-,53	7,57	9,67	-2,10
131	7,00	7,10	-,10	7,50	7,63	-,13
132	9,43	7,87	1,57	8,23	8,07	,17
133	4,83	4,63	,20	5,40	5,13	,27

<b>Untersucher- gruppe aefG*H</b>	<b>n Probanden</b>	<b>ICC</b>	<b>95%-Konfidenz- intervall</b>
ef	8	0,4	-2,01 – 0,88
eG*	19	0,6	-0,04 – 0,85
eH	13	0,62	-0,23 – 0,89
ea	30	0,59	0,14 – 0,81
fG*	7	0,55	-1,16 – 0,92
fH	7	0,39	-2,58 – 0,89
fa	8	0,1	-3,48 – 0,82
G*H	14	0,08	-1,88 – 0,7
G*a	98	0,77	0,66 – 0,85
Ha	14	0,55	-0,4 – 0,86
efG*	7	0,54	-0,7 – 0,92
efH	7	0,57	-0,6 – 0,92
efa	8	0,54	-0,56 – 0,9
fG*H	7	0,52	-0,81 – 0,91
fG*a	7	0,45	-1,06 – 0,9
G*Ha	14	0,43	-0,41 – 0,8
G*He	13	0,31	0,76 – 0,77
Hae	13	0,63	0,05 – 0,88
Haf	7	0,19	-2,03 – 0,85
eG*a	19	0,61	0,17 – 0,84
efG*H	7	0,62	-0,22 – 0,93
efG*a	7	0,64	-0,17 – 0,93
fG*Ha	7	0,5	-0,6 – 0,94
eG*Ha	13	0,54	-0,07 – 0,84
efHa	7	0,58	-0,36 – 0,92
aefG*H	7	0,67	0,0 – 0,94



<b>Untersucher- gruppe aDeG*H</b>	<b>n Probanden</b>	<b>ICC</b>	<b>95%-Konfidenz- intervall</b>
aD	28	0,66	0,27 – 0,84
Ae	30	0,59	0,14 – 0,81
aG*	98	0,77	0,66 – 0,85
aH	14	0,55	-0,4 – 0,86
De	13	0,86	0,55 – 0,96
DG*	12	-0,32	-3,6 – 0,62
DH	12	0,73	0,05 – 0,92
eG*	19	0,6	-0,04 – 0,85
eH	13	0,62	-0,23 – 0,89
G*H	14	0,08	-1,88 – 0,70
aDe	13	0,75	0,35 – 0,92
aDG*	12	0,49	-0,35 – 0,84
aDH	12	0,73	0,28 – 0,92
DeG*	12	0,53	-0,25 – 0,85
DeH	12	0,87	0,65 – 0,96
eG*H	13	0,31	-0,76 – 0,77
eG*a	19	0,61	0,17 – 0,84
G*Ha	14	0,43	-0,41 – 0,8
G*HD	12	0,41	-0,58 – 0,81
aeH	13	0,63	0,05 – 0,88
aDeG*	12	0,64	0,14 – 0,89
aDeH	12	0,79	0,5 – 0,93
DeG*H	12	0,7	0,29 – 0,9
aeG*H	13	0,54	-0,07 – 0,84
aDG*H	12	0,63	0,1 – 0,88
aDeG*H	12	0,72	0,36 – 0,91

<b>Untersucher- gruppe aeJ*</b>	<b>n Probanden</b>	<b>ICC</b>	<b>95%-Konfidenz- intervall</b>
ae	30	0,6	0,14 – 0,81
al	30	0,67	0,31 – 0,84
aJ*	13	0,64	-0,17 – 0,89
el	14	0,81	0,42 – 0,94
eJ*	13	0,7	0,01 – 0,91
IJ*	14	0,7	0,79 – 0,91
ael	13	0,84	0,59 – 0,95
aeJ*	12	0,77	0,4 – 0,93
eIJ*	13	0,82	0,54 – 0,94
aIJ*	13	0,82	0,53 – 0,94
aeIJ*	12	0,86	0,66 – 0,95

<b>Untersucher- gruppe aG*OPQr</b>	<b>n Probanden</b>	<b>ICC</b>	<b>95%-Konfidenz- intervall</b>
OP	25	0,59	0,66 – 0,82
OQ	17	0,36	-0,78 – 0,77
Or	22	0,46	-0,29 – 0,78
Oa	28	0,53	-0,01 – 0,78
OG*	28	0,53	-0,13 – 0,78
PQ	19	0,77	0,4 – 0,91
Pr	25	0,71	0,35 – 0,87
Pa	29	0,84	0,65 – 0,92
PG*	29	0,75	0,47 – 0,88
Qr	17	0,41	-0,62 – 0,79

<b>Untersucher- gruppe aG*OPQr</b>	<b>n Probanden</b>	<b>ICC</b>	<b>95%-Konfidenz- intervall</b>
Qa	22	0,68	0,22 – 0,87
QG*	22	0,47	-0,28 – 0,78
ra	25	0,75	0,44 – 0,89
rG*	25	0,74	0,4 – 0,88
aG*	98	0,77	0,66 – 0,85
OPQ	15	0,63	0,11 – 0,86
OPr	22	0,66	0,31 – 0,85
OPa	25	0,73	0,48 – 0,87
OPG*	25	0,7	0,42 – 0,86
PQr	17	0,6	0,1 – 0,84
PQa	19	0,79	0,55 – 0,91
PQG*	19	0,69	0,34 – 0,87
Qra	17	0,64	0,19 – 0,86
QrG*	17	0,44	-0,25 – 0,78
raG*	25	0,81	0,63 – 0,91
aG*O	28	0,7	0,44 – 0,85
aG*P	29	0,85	0,72 – 0,92
aG*Q	22	0,71	0,41 – 0,87
OQa	17	0,43	-0,28 – 0,78
OQG*	17	0,42	-0,31 – 0,77
Pra	25	0,83	0,66 – 0,92
PrG*	25	0,8	0,62 – 0,91
raO	22	0,66	0,31 – 0,85
OrQ	14	0,42	-0,42 – 0,8
OrG*	22	0,66	0,3 – 0,85
OPQr	14	0,57	0,04 – 0,85

<b>Untersucher- gruppe aG*OPQr</b>	<b>n Probanden</b>	<b>ICC</b>	<b>95%-Konfidenz- intervall</b>
OPQa	15	0,66	0,26 – 0,87
OPQG*	15	0,64	0,2 – 0,86
QraG*	17	0,62	0,21 – 0,85
PraG*	25	0,86	0,73 – 0,93
OraG*	22	0,75	0,53 – 0,89
PQra	17	0,73	0,43 – 0,89
PQrG*	17	0,61	0,19 – 0,84
OQra	14	0,55	-0,01 – 0,84
OPaG*	25	0,79	0,62 – 0,9
OPra	22	0,77	0,55 – 0,89
OQaG*	17	0,52	0,0 – 0,81
OPrG*	22	0,76	0,54 – 0,89
PQaG*	19	0,77	0,54 – 0,9
OQrG*	14	0,53	-0,06 – 0,83
OPQra	14	0,66	0,26 – 0,88
OPQrG*	14	0,63	0,21 – 0,87
PQraG*	17	0,72	0,43 – 0,88
OQraG*	14	0,61	0,16 – 0,86
OPQaG*	15	0,68	0,32 – 0,88
OPraG*	22	0,82	0,66 – 0,92
aG*OPQr	14	0,69	0,35 – 0,89

## I Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AL-Bündel	anterolaterales Bündel
AM-Bündel	anteromediales Bündel
HKB	hinteres Kreuzband
ICC	Intraklassen-Korrelationskoeffizient
k.A.	keine Angabe
KLT	Knielaxizitäts-Tensiometer
max.	maximal
n	Anzahl
PL-Bündel	posterolaterales Bündel
PM-Bündel	posteromediales Bündel
SSD	Seit-zu-Seit-Differenz
VKB	vorderes Kreuzband

## II Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Knielaxizitäts-Tensiometer KLT, Firma Karl Storz, Tuttlingen .	12
Abbildung 2: Positionierung und Fixierung des KLTs .....	13
Abbildung 3: Durchführung des Lachman-Tests mit dem KLT .....	14
Abbildung 4: a) Messwertanzeige in mm b) darauffolgende Tarierung .....	14
Abbildung 5: Mittelwert aller ICC Korrelationskoeffizienten der Untersuchergruppen aefG*H, aDeG*H, aelJ*, aG*OPQr, wobei Studenten durch Kleinbuchstaben dargestellt werden, Assistenzärzte werden in Großbuchstaben dargestellt und Oberärzte werden mit einem Stern* markiert .....	21
Abbildung 6: ICC Korrelationskoeffizienten für die Untersuchergruppe aefG*H, unterschiedliche Untersucherkombinationen wurden auf der x-Achse aufgetragen, wobei Studenten durch Kleinbuchstaben dargestellt werden, Assistenzärzte werden in Großbuchstaben dargestellt und Oberärzte werden mit einem Stern* markiert, dazugehörige ICC-Werte auf der y- Achse, ergänzende Daten im Anhang .....	22
Abbildung 7: ICC Korrelationskoeffizienten für die Untersuchergruppe aDeG*H, unterschiedliche Untersucherkombinationen wurden auf der x-Achse aufgetragen, wobei Studenten durch Kleinbuchstaben dargestellt werden, Assistenzärzte werden in Großbuchstaben dargestellt und Oberärzte werden mit einem Stern* markiert, dazugehörige ICC-Werte auf der y- Achse, ergänzende Daten im Anhang .....	23
Abbildung 8: ICC Korrelationskoeffizienten für die Untersuchergruppe aelJ*, unterschiedliche Untersucherkombinationen wurden auf der x-Achse aufgetragen, wobei Studenten durch Kleinbuchstaben dargestellt werden, Assistenzärzte werden in Großbuchstaben dargestellt und Oberärzte werden mit einem Stern* markiert, dazugehörige ICC-Werte auf der y- Achse, ergänzende Daten im Anhang .....	24

Abbildung 9: ICC Korrelationskoeffizienten für die Untersucherguppe aG\*OPQr, unterschiedliche Untersucherkombinationen wurden auf der x-Achse aufgetragen, wobei Studenten durch Kleinbuchstaben dargestellt werden, Assistenzärzte werden in Großbuchstaben dargestellt und Oberärzte werden mit einem Stern\* markiert, dazugehörige ICC-Werte auf der y-Achse, ergänzende Daten im Anhang..... 25

Abbildung 10: ICC Korrelationskoeffizienten für Untersucher a (Student) und G\* (Oberarzt), Probanden in 20er Schritten unterteilt, Probandennummern wurden auf der x-Achse aufgetragen, dazugehörige ICC-Werte auf der y-Achse ..... 28

### III Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifizierung der Sportarten, modifiziert nach Mitchell.....	17
Tabelle 2: Häufigkeiten regelmäßig ausgeführter Sportarten der untersuchten Probanden .....	18
Tabelle 3: Anzahl (n) untersuchter Probanden sowie Händigkeit und fachliche Qualifikation für Untersucher a-r, wobei Studenten durch Kleinbuchstaben dargestellt werden, Assistenzärzte werden in Großbuchstaben dargestellt und Oberärzte werden mit einem Stern* markiert .....	19
Tabelle 4: ICC Korrelationskoeffizienten und 95%-Konfidenzintervalle für unterschiedliche Untersuchergruppen, wobei Studenten durch Kleinbuchstaben dargestellt werden, Assistenzärzte werden in Großbuchstaben dargestellt und Oberärzte werden mit einem Stern* markiert, n = Anzahl untersuchter Probanden .....	20
Tabelle 5: ICC Korrelationskoeffizienten und 95%-Konfidenzintervalle für die Untersucher G* (Oberarzt), P (Assistenzarzt), r (Student) in unterschiedlichen Konstellationen, n = Anzahl untersuchter Probanden.....	26
Tabelle 6: ICC Korrelationskoeffizienten und 95%-Konfidenzintervalle für Untersucher a (Student) und G* (Oberarzt), Probanden in 20er Schritten unterteilt.....	27
Tabelle 7: Unterschiedliche Einteilung der ICC Korrelationskoeffizienten nach Cicchetti und Koo und Li.....	31



## **IV Danksagung**

An erster Stelle möchte ich mich bei meinem Betreuer Herrn. Dr. med. Kai Fehske für die sehr gute Betreuung und Unterstützung sowie die Bereitstellung des Themas bedanken.

Ganz besonderer Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. med. Rainer Meffert, der es mir ermöglichte, in der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie meine Doktorarbeit zu schreiben.

Außerdem danke ich all den zahlreichen und hilfsbereiten Untersuchern, Assistenzärzten, Freunden und Probanden, die mich bei den Messungen unterstützt und maßgeblich dazu beigetragen haben, eine Studie in dieser Größenordnung durchzuführen.

Herzlichen Dank auch an meine Familie, die mir während meines Studiums stets unterstützend zur Seite stand und immer für mich da war.

## **V Lebenslauf**

### **Persönliche Daten**

Name: Eckardt  
Vorname: Alisa-Maria  
Anschrift: Gerhart-Hauptmann-Str. 17  
64560 Riedstadt  
Telefon: +49 9841 79351  
Mobil: +49 152 02935179  
E-Mail: alisa.eckardt@gmx.de  
Geburtsdatum: 27.11.1991  
Geburtsort: Bad Aibling

### **Berufserfahrung**

Seit 11/2020 Assistenzärztin in der Dermatologie,  
Klinikum Darmstadt

### **Hochschulbildung**

10/2014 – 05/2020 Studium der Humanmedizin an der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
05/2020 3. Staatsexamen  
04/2019 2. Staatsexamen  
02/2016 1. Staatsexamen  
  
08/2011 – 08/2014 Studium der Biologie B.Sc. an der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

### **Praktisches Jahr**

12/2019 – 04/2020	Universitätsklinikum Würzburg, Klinikum für Innere Medizin
09/2019 – 12/2019	Universitätsklinikum Würzburg, Klinikum für Dermatologie, Venerologie und Allergologie
05/2019 – 09/2019	Klinikum Fürth, Klinikum für Allgemein- und Visceralchirurgie, Gefäßchirurgie, Kinderchirurgie, Thoraxchirurgie, endokrine Chirurgie, Proktologie

### **Famulaturen**

03/2018 – 04/2018	Universitätsklinikum Würzburg, Klinikum für Dermatologie, Venerologie und Allergologie
09/2017 – 10/2017	Klinikum Kempten, Zentrale Interdisziplinäre Notaufnahme
02/2017 – 03/2017	Klinik Neustadt a.d. Aisch, Geburtshilfe und Gynäkologie
09/2016 – 10/2016	Rothenburg o.d. Tauber, allgemeinmedizinische Gemeinschaftspraxis Dres. Gleiß

### **Schulbildung**

2002 – 2011	Georg-Wilhelm-Steller-Gymnasium Bad Windsheim
-------------	---

Riedstadt, 20.07.2021