



(10) **DE 10 2012 111 426 A1** 2014.05.28

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 111 426.9**

(22) Anmeldetag: **26.11.2012**

(43) Offenlegungstag: **28.05.2014**

(51) Int Cl.: **A61B 5/11 (2006.01)**  
**A61F 5/01 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Universität Rostock, 18055, Rostock, DE**

(74) Vertreter:  
**Garrels, Sabine, Dipl.-Ing. Pat.-Ing., 18057,  
Rostock, DE**

(72) Erfinder:  
**Salomon, Ralf, Prof., 18119, Rostock, DE; Joost,  
Ralf, Dr.-Ing., 18225, Kühlungsborn, DE; Bruhn,  
Sven, Prof. Dr., 18059, Rostock, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE 10 2009 046 643</b>	<b>B4</b>
<b>DE 197 01 838</b>	<b>A1</b>
<b>DE 197 11 516</b>	<b>A1</b>
<b>DE 10 2004 055 234</b>	<b>A1</b>

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

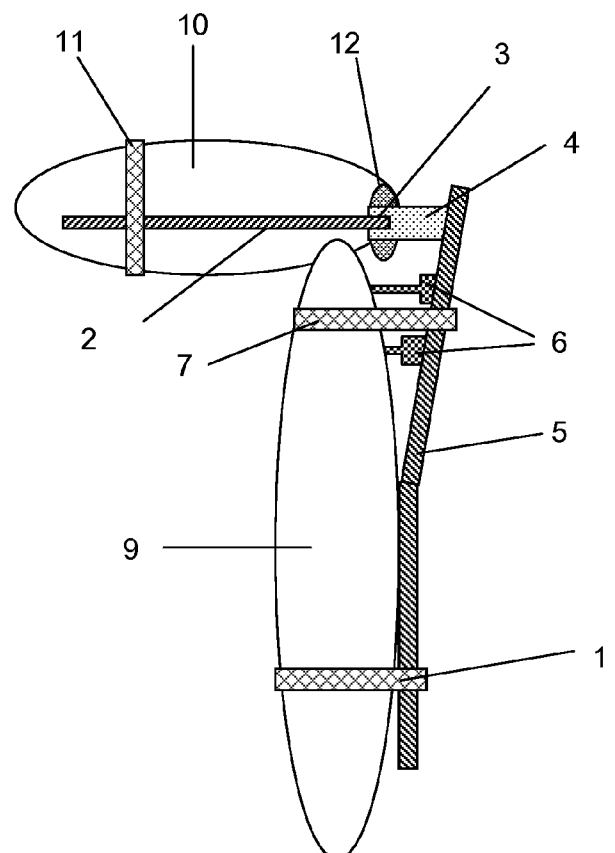
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Messung einer Tibiaverschiebung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung einer Tibiaverschiebung unter funktionellen Bedingungen.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Tibiaverschiebung und damit die Stabilität am Kniegelenk unter Berücksichtigung der Muskelfunktion zu erfassen. Dabei soll die axiale Belastung des Gelenks durch das Körpergewicht und bei Anspannung der kniegelenkumgreifenden Muskulatur während der Messung Berücksichtigung finden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Messung einer Tibiaverschiebung, besteht aus einem Sensorträger, welcher am Unterschenkel befestigt wird und weist mindestens einen Distanzsensor auf. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorträger leicht vom Knie wegweisend gebogen ist, wobei sein unteres Ende dicht am Unterschenkel anliegt und sein oberes Ende mit einer Kniewinkelschiene verbunden ist, welche ihrerseits mit einer Kniewinkelschiene beweglich verbunden ist. Die Kniewinkelschiene verläuft parallel zum Oberschenkel und in dem Schnittpunkt zwischen Knieführung und Kniewinkelschiene ist ein Kniewinkelsensor angeordnet.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung einer Tibiaverschiebung unter funktionellen Bedingungen.

**[0002]** Bei Verletzungen an den Gelenken, insbesondere dem Kniegelenk kann es zu unterschiedlichen Einschränkungen der funktionellen Stabilität, wie das Zusammenspiel verschiedener starrer und flexibler Bestandteile eines Gelenkes wie den Knochen, Muskeln und Bändern, kommen. Die Verletzung des Kreuzbandes (Kreuzbandriss) führt zu einer pathologischen Bewegungsfreiheit des Schienbeins (Tibia) und dadurch zur Einschränkung der Stabilität. Eine erhöhte Tibiaverschiebung beeinträchtigt die Bewegungsfähigkeit des Betroffenen und kann zu funktionellen Behinderungen und zu einem erhöhten Verletzungsrisiko führen.

**[0003]** Das Messen der Tibiaverschiebung (Schublade des Unterschenkels bezüglich des Oberschenkels) ist von wesentlicher Bedeutung in der Diagnose sowie der Rehabilitation von Kreuzbandverletzungen. Hierfür eignet sich beispielsweise das in DE 10 2009 046 643 B4 vorgeschlagene System. Aus drei zu messenden Winkeln kann sowohl der aktuelle Kniewinkel als auch die Tibiaverschiebung berechnet werden.

**[0004]** Im Gegensatz zum vorherigen Stand der Technik erlaubt dieses Gerät zudem das Messen der Tibiaverschiebung in der Bewegung, d.h. während einer (sportlichen) Aktivität und/oder während der Rehabilitation. Letzteres kann unter anderem zur Unterstützung des Rehabilitationsprozesses herangezogen werden, da es eine optimale Dosierung der Belastung erlaubt.

**[0005]** Des Weiteren kann das in DE 10 2009 046 643 B4 vorgeschlagene mobile Gerät dazu benutzt werden, auch die Rotation des Unter- bezüglich des Oberschenkels zu messen; hierzu muss ein derartiges System sowohl auf der Innenseite als auch der Außenseite des Knies angebracht werden. Aus den unterschiedlichen Messwerten kann anschließend die Rotation rekonstruiert werden.

**[0006]** Dieser Stand der Technik hat aber den Nachteil, dass die Konstruktion relativ aufwendig ist und sich im praktischen Einsatz Messfehler ergeben können. Während der sportlichen Aktivität kontrahieren die betroffenen Muskeln, was zu Querschnittsveränderungen führt. Insbesondere ergeben sich im Bereich des Oberschenkels unvermeidbare Variationen, die konstruktionsbedingt die gemessenen Winkel beeinflussen, was in der Folge zu Messfehlern der Tibiaverschiebung führen kann. Ferner kann es im praktischen Einsatz vorkommen, dass weitere Messfehler durch gegenseitige Verdrehung des oberen

Teils des Messaufnehmers zum unteren entstehen; diese können ggf. nicht gemessen (beobachtet) werden.

**[0007]** Ein weiterer Stand der Technik wird in DE 19701838 A1 beschrieben. Die Offenlegungsschrift betrifft eine Messanordnung zur Bestimmung der Schubladenverschiebung der Tibia gegenüber dem Femur an einem Bein eines Probanden. Am Unterschenkel des Beines wird ein Referenzgestell fixiert. An dem Referenzgestell sind zwei im Abstand voneinander, im proximalen Tibiabereich und distalen Femurbereich gegen die Vorderseite des Beines ausrichtbare Abstandssensoren und eine mit den Ausgangssignalen der Abstandssensoren beaufschlagbare Auswerteeinrichtung fest angeordnet. Die Schubladenverschiebung wird im Wesentlichen unabhängig von überlagerten Relativbewegungen zwischen Unterschenkel und Referenzgestell als Differenzwert der beiden zeitgleich erfassten Ausgangssignale der Abstandssensoren bestimmt.

## Darstellung der Erfindung

**[0008]** Aufgabe der Erfindung ist es, die Tibiaverschiebung und damit die Stabilität am Kniegelenk unter Berücksichtigung der Muskelfunktion zu erfassen. Dabei soll die axiale Belastung des Gelenks durch das Körpergewicht und bei Anspannung der kniegelekkumgreifenden Muskulatur während der Messung Berücksichtigung finden.

**[0009]** Gelöst wird die Aufgabe durch die in den Ansprüchen dargestellten Merkmale.

**[0010]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Messung einer Tibiaverschiebung, besteht aus einem Sensorträger, welcher am Unterschenkel befestigt wird und weist mindestens einen Distanzsensor auf. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorträger leicht vom Knie wegweisend gebogen ist, wobei sein unteres Ende dicht am Unterschenkel anliegt und sein oberes Ende mit einer Knieführung verbunden ist, welche ihrerseits mit einer Kniewinkelschiene beweglich verbunden ist. Die Kniewinkelschiene verläuft parallel zum Oberschenkel und in dem Schnittpunkt zwischen Knieführung und Kniewinkelschiene ist ein Kniewinkelsensor angeordnet.

**[0011]** Der Sensorträger mit der Knieführung ist an den Seiten für eine seitliche Führung am Unterschenkel und Knie abgerundet. In einer weiteren Ausführungsform sind auf dem Sensorträger zwei Distanzsensoren angeordnet. Die Distanzsensoren sind Linearpotentiometer, Rotationspotentiometer, Ultraschall-Distanzsensoren oder Laser-Sensoren.

**[0012]** Die Kniewinkelschiene ist mit der Knieführung über ein Gelenk verbunden. Das Gelenk ist ein Federgelenk oder durch ein in Längsrichtung federn-

des Teilstück. Am Gelenk ist als eine vorteilhafte Ausführung ein Ausgleichsgelenk zur Kompensation von Längenänderungen angeordnet.

**[0013]** Die Kniewinkelschiene mit dem Kniewinkelsensor ist in einer Ausführung an der Innen- und der Außenseite des Beins zur Messung von Rotationen des Unterschenkels in Relation zum Oberschenkel angebracht.

**[0014]** eine Datenverarbeitungseinheit ist per Kabel oder drahtlos mit der Messvorrichtung verbunden, um die Messwerte der Distanzsensoren und der Kniewinkelsensoren zur Berechnung der Tibiaverschiebung zu verarbeiten.

#### Ausführung der Erfindung

**[0015]** Die Erfindung wird anhand von Zeichnungen näher erläutert. Hierzu zeigen

**[0016]** Fig. 1 eine Darstellung der erfindungsgemäße Vorrichtung zur Messung der Tibiaverschiebung in der Benutzung und

**[0017]** Fig. 2 eine vereinfachte Darstellung der Vorrichtung.

**[0018]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Messung einer Tibiaverschiebung wird im Folgenden am Beispiel eines menschlichen Beins näher erläutert. Sie kann aber ebenso auch bei Tieren, wie beispielsweise Pferden oder Hunden angewendet werden. Gerade bei Tieren ist der besondere Vorteil, dass die Messvorrichtung in der Bewegung zu auswertbaren Messergebnissen führt, da diese nicht ruhiggestellt werden müssen.

**[0019]** Fig. 1 zeigt eine vereinfachte mobile Vorrichtung zur Messung der Tibiaverschiebung. Sie besteht aus zwei miteinander flexibel verbundenen Teilen. Der Sensorträger **5** ist so konstruiert, dass nur an seinen Endpunkten ein direkter frontaler Kontakt mit dem Schienbein bzw. dem Knie **8** ermöglicht wird. Dazu ist der Sensorträger **5** leicht gebogen, wobei sein unteres Ende dicht am Unterschenkel **9** anliegt und dort vorzugsweise mittels einer Befestigung **1** (beispielsweise einem Befestigungsband, wie Klettband oder einer anderen geeigneten flexiblen Befestigung) befestigt wird. Im Bereich des Knies **8** ist der Sensorträger **5** von diesem beabstandet und wird über eine, mit dem Sensorträger **5** verbundenen Knieführung **4**, für die es je nach Kniegröße verschiedene Ausführungsformen gibt, fest an das Knie **8** angelegt. Zwischen Sensorträger **5** und Knie **8** ist ein kleiner Zwischenraum, so dass sich der Unterschenkel **9** „frei“ nach vorne und hinten bewegen kann, was die Schublade bzw. Tibiaverschiebung ist. Eine zweite Befestigung **7**, welche direkt unterhalb der Kniescheibe **12** (siehe Fig. 2) am Unterschenkel **9** befestigt

ist, unterstützt die Verbindung zwischen Sensorträger **5**, Knieführung **4** und Knie **8**. Diese Befestigung ist besonders geeignet, da das unter der Haut liegende Schienbein sowie das Knie **8** relativ starke Fixierpunkte darstellen. Für die Stabilität der Vorrichtung und damit der Genauigkeit der Messwerte ist es empfehlenswert, dass der Sensorträger **5** an den Seiten abgerundet ist, um so eine seitliche Führung am Unterschenkel **9** bzw. Knie **8** zu erhalten. Im oberen Teil des Sensorträgers **5** unterhalb der Knieführung **4** ist mindestens ein Distanzsensor **6** befestigt, der beispielsweise als Linearpotentiometer, Rotationspotentiometer, Ultraschall-Distanzsensor, Laser-Sensor oder dergleichen ausgebildet sein kann. Vorteilhafterweise können auch zwei Distanzsensoren **6** befestigt sein. Ein zweiter Distanzsensor **6** kann knapp unterhalb des Knies angebracht werden, wie in Fig. 2 schematisch dargestellt, um auftretende Mess- und Fortpflanzungsfehler zu minimieren. Die Verwendung von Linearpotentiometern ist eine beispielhafte Ausführung. Statt eines Linearpotentiometers kann es konkret wesentlich vorteilhafter sein, ein normales Drehpotentiometer zu verwenden, was wesentlich kleinere Ausführungen und damit auch kleinere Massen mit sich bringt.

**[0020]** In der Bewegung, insbesondere bei Kreuzbandrissen, wird sich der Unterschenkel **9** relativ zum Knie **8** bewegen, was in seiner Folge zu einer Veränderung des Luftspaltes führt. Der Distanzsensor **6** ist so angebracht, dass die Dicke des entstehenden Luftspaltes bei der Bewegung des Unterschenkels **9** gemessen werden kann. Eine zusätzliche Auswerteinheit kann den Betrag dieser Tibiaverschiebung aus den Messwerten sowie die geometrische Anordnung direkt ermitteln. Um Messfehler durch sehr ruckartige Bewegungen zu vermeiden, kann das Ende des Messaufnehmers (der Kontaktpunkt mit der Haut) mittels einer Befestigung **7** (ebenfalls ein Befestigungsband oder dergleichen) oder eines zweiseitigen Tapes fixiert werden. Im Falle einer Befestigung **7** ist ein elastisches Band vorteilhaft, um die Änderungen des Umfangs des Wadenmuskels auszugleichen, die durch Muskelkontraktionen hervorgerufen werden können.

**[0021]** Der obere Teil der Knieführung **4** ist so gegen die Kniescheibe gelehnt, dass ein kleiner Spalt zum Unterschenkel **9** entsteht. Dieser Spalt kann beispielsweise durch ein kleines Distanzstück realisiert werden, das zudem als Fixierpunkt (Kalibrierung) die Messung dienen kann.

**[0022]** Parallel zum Oberschenkel **10** ist eine Kniewinkelschiene **2** ebenfalls durch eine Befestigung **11** (Befestigungsband) fixiert. Dieser Befestigungspunkt sollte zur Minimierung von Messfehlern möglichst dicht an der Hüfte liegen. Die Kniewinkelschiene **2** ist beweglich an der Knieführung **4** über ein Gelenk verbunden. Die Flexibilität kann beispielsweise durch

ein Federgelenk oder durch ein federndes Teilstück (in Längsrichtung) realisiert werden. Ein Kniewinkelsensor **3** ist direkt am Gelenk angeordnet und misst dort den Winkel zwischen Ober- und Unterschenkel. Diese zusätzliche Messeinrichtung in Form eines Winkelmessers gestattet es, die errechnete Tibiaverschiebung über den aktuellen Kniewinkel aufzutragen. Durch die vorgeschlagene Anordnung haben spontane Änderungen der Oberschenkelgeometrie, die beispielsweise durch eine Muskelkontraktion hervorgerufen werden, nur einen unwesentlichen Einfluss auf die Genauigkeit des gemessenen Kniewinkels. Dieser Messfehler ist aber von untergeordneter Bedeutung, da er keinen Einfluss auf die Bestimmung der Tibiaverschiebung hat. Unter Umständen ist es vorteilhaft, direkt am Gelenk ein kleines Ausgleichsgelenk anzuordnen, um Längenänderungen zu kompensieren, die durch unterschiedliche Kniewinkel hervorgerufen werden. Ein derartiges Ausgleichsgelenk kann beispielsweise aus einer kleinen Strebe bestehen, die das eigentliche Gelenk mit der langen Kniewinkelschiene **2** verbindet. In einer anderen Ausführung kann die Kniewinkelschiene **2** mittels eines Gleitlagers mit dem Kniewinkelsensor **3** verbunden werden.

**[0023]** Durch (quasi) gleichzeitiges Messen des Kniewinkels und der Distanz am Distanzsensor **6** können die Messwerte für die Tibiaverschiebung als Funktion des Kniewinkels abgebildet werden.

**[0024]** Durch beidseitiges Anbringen einer Kniewinkelschiene **2** mit Kniewinkelsensor **3** am Bein lassen sich auch Rotationen des Unterschenkels **9** in Relation zum Oberschenkel **10** messen.

**[0025]** Die Messwerte werden durch eine geeignete Recheneinheit verarbeitet, die nicht weiter erwähnt ist, da sie zum Stand der Technik gehört. Die eigentliche Verarbeitungseinheit, also A/D-Wandler etc. sind per Kabel oder drahtlos mit der Messvorrichtung verbunden. Die Verarbeitungseinheit kann beispielsweise an anderer Stelle des Körpers getragen werden. Es ist auch vorstellbar, dass die anfallenden Messwerte (Winkel, Distanz) mittels einer kleinen Recheneinheit, die in der Nähe der Mess-Vorrichtung angebracht wird, bereits (vor-)verarbeitet werden, was das Erkennen beispielsweise kritischer Gelenksituationen (online) ermöglicht. Die anfallenden Daten (mit oder ohne (Vor-)Verarbeitung) können vorzugsweise mittels einer drahtlosen Verbindung (beispielsweise WLAN, Bluetooth, Zig-Bee, usw.) an eine weitere Recheneinheit (z.B. PC, Laptop, Tablet) übertragen werden. Dazu können weitere Daten wie beispielsweise mittels Oberflächenelektroden abgeleitete Aktionspotentiale ebenfalls drahtlos übertragen werden.

**[0026]** Die Befestigungen **1**, **7** und **11** sind vorzugsweise elastisch, so dass Änderungen der Muskelquerschnitte ausgeglichen werden können. Wird die

Kniewinkelschiene **2** mit einem federnden Teilstück in Längsrichtung ausgestattet, beispielsweise einem Federzug oder dergleichen, kann die Befestigung **7**, die in der Nähe des Knies **8** bzw. des Distanzsensors **6** angeordnet ist, entfallen. Die Kniewinkelschiene **2** würde, genügend Zugkraft vorausgesetzt, den sicheren Kontakt des Sensorträgers **5** mit dem Knie **8** gewährleisten; natürlich ist auch eine Kombination beider sinnvoll und möglich.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Befestigung Unterschenkel
<b>2</b>	Kniewinkelschiene
<b>3</b>	Kniewinkelsensor
<b>4</b>	Knieführung
<b>5</b>	Sensorträger
<b>6</b>	Distanzsensor
<b>7</b>	Befestigung in der Nähe des Knies
<b>8</b>	Knie
<b>9</b>	Unterschenkel
<b>10</b>	Oberschenkel
<b>11</b>	Befestigung Oberschenkel
<b>12</b>	Kniescheibe

**ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102009046643 B4 [0003, 0005]
- DE 19701838 A1 [0007]

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Messung einer Tibiaverschiebung, bestehend aus einem Sensorträger, welcher am Unterschenkel befestigt wird und mindestens einen Distanzsensor aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensorträger (5) leicht vom Knie (8) wegweisend gebogen ist, wobei sein unteres Ende dicht am Unterschenkel (9) anliegt und sein oberes Ende mit einer Knieführung (4) verbunden ist, welche ihrerseits mit einer Kniewinkelschiene (2) beweglich verbunden ist, wobei die Kniewinkelschiene (2) parallel zum Oberschenkel (10) verläuft und in dem Schnittpunkt zwischen Knieführung (4) und Kniewinkelschiene (2) ein Kniewinkelsensor (3) angeordnet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensorträger (5) mit der Knieführung (4) an den Seiten für eine seitliche Führung am Unterschenkel (9) und Knie (8) abgerundet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Distanzsensoren (6) auf dem Sensorträger (5) angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Distanzsensoren (6) Linearpotentiometer, Rotationspotentiometer, Ultraschall-Distanzsensoren oder Laser-Sensoren sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kniewinkelschiene (2) mit der Knieführung (4) über ein Gelenk verbunden ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5 **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gelenk ein Federgelenk oder durch ein in Längsrichtung federndes Teilstück ist.

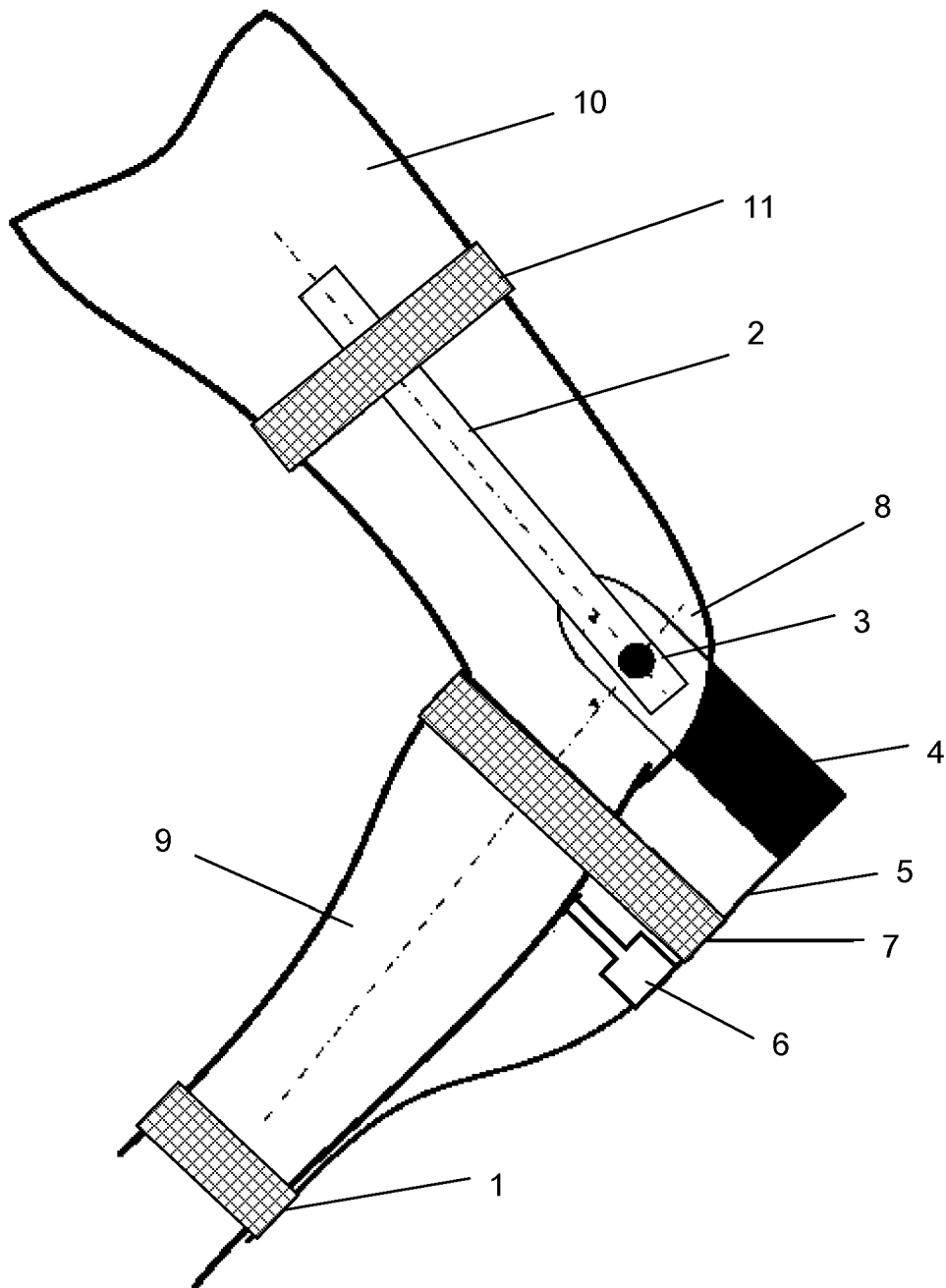
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 **dadurch gekennzeichnet**, dass am Gelenk ein Ausgleichgelenk zur Kompensation von Längenänderungen angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kniewinkelschiene (2) mit Kniewinkelsensor (3) an der Innen- und der Außenseite des Beins zur Messung von Rotationen des Unterschenkels (9) in Relation zum Oberschenkel (10) angebracht ist.

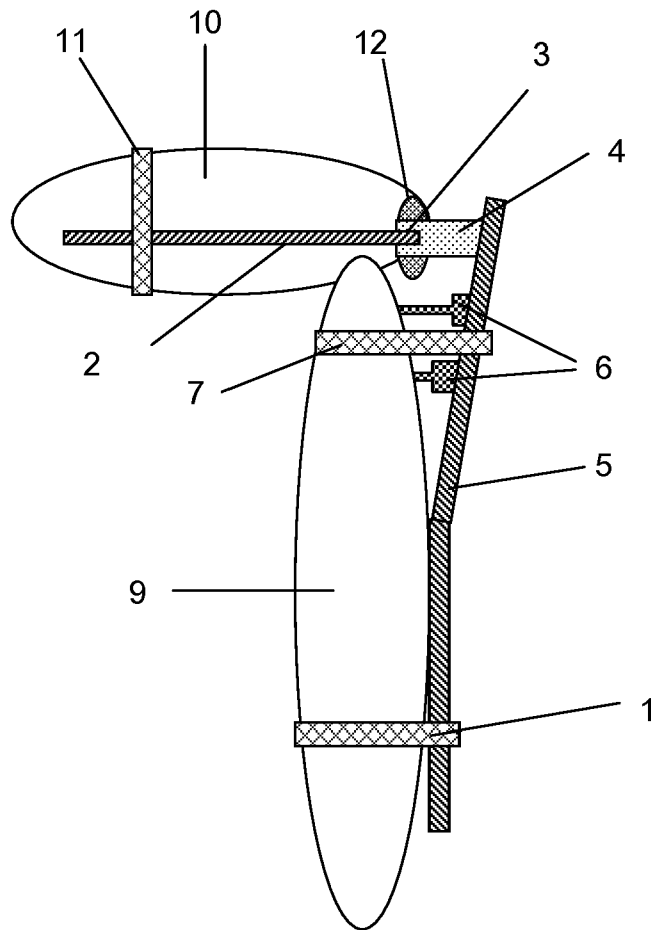
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Datenverarbeitungseinheit per Kabel oder drahtlos mit der Messvorrichtung verbunden ist, um die Messwerte der Distanzsensoren (6) und der Kniewinkelsensoren (3) zur Berechnung der Tibiaverschiebung zu verarbeiten.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1



Figur 2