



(10) **DE 10 2018 100 839 A1** 2019.07.18

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 100 839.2**

(22) Anmeldetag: **16.01.2018**

(43) Offenlegungstag: **18.07.2019**

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

**A43B 13/00 (2006.01)**

**A43B 7/00 (2006.01)**

**G01L 1/22 (2006.01)**

**G01L 1/24 (2006.01)**

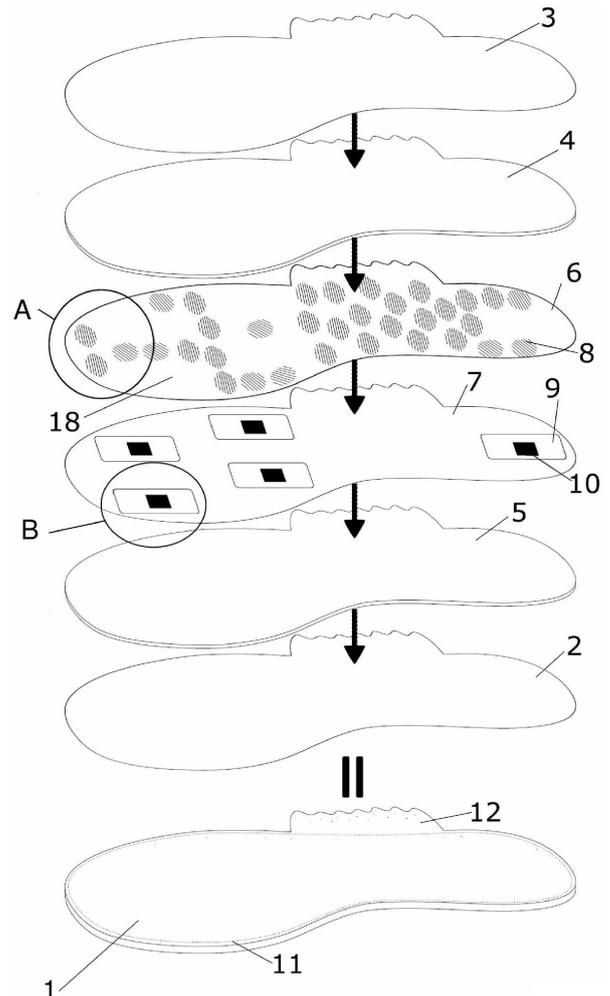
(71) Anmelder:  
**vebitosolution GmbH, 48565 Steinfurt, DE**

(74) Vertreter:  
**Patent- und Rechtsanwälte Meinke, Dabringhaus  
und Partner, 44141 Dortmund, DE**

(72) Erfinder:  
**Grabowski, Nora, 45768 Marl, DE; Altenhöfer,  
Miriam, 35394 Gießen, DE; Stief, Thomas, 35394  
Gießen, DE; Peikenkamp, Klaus, 48161 Münster,  
DE; Buß, Philipp, 48153 Münster, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur gleichzeitigen Erfassung von ein- und mehraxialen Lastgrößen an einem biologischen System**



(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) und ein Verfahren zur Erfassung mechanischer Lastgrößen, die an einem Teil eines biologischen Systems auftreten, sowie die Verwendung einer derartigen Vorrichtung (1) zur Erfassung mechanischer Lastgrößen. Hierzu schlägt die Erfindung die Verwendung verschiedener Trägerschichten (6, 7) für Druckmessmittel (8) und Dehnungsmessmittel (10) vor, um Druck-, Biege- und/oder Torsionsmessungen zeitgleich mit einem einheitlichen System durchführen zu können.

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erfassung mechanischer Lastgrößen, die an einem Teil eines biologischen Systems auftreten, sowie die Verwendung einer derartigen Vorrichtung zur Erfassung mechanischer Lastgrößen.

**[0002]** Aus der DE 10 2012 106 715 ist bereits eine Vorrichtung zur Erfassung mindestens einer an einem Teil eines biologischen System auftretenden mechanischen Lastgröße bekannt, wobei die Vorrichtung an dem Teil, insbesondere einer Extremität, einem Gelenk oder einem Knochen des biologischen Systems eine lastaufnehmend angeordnete oder anordbare, elastisch verformbare Trägerschicht aufweist, an welcher mindestens ein eine Messstelle oder ein Messfeld ausbildendes Messmittel angeordnet ist, das mindestens einen Kraft- und/oder Dehnungssensor aufweist. Damit wird eine Möglichkeit zur Durchführung einer mehraxialen Spannungsanalyse von an einer lastaufnehmenden Vorrichtung angreifenden Kräften oder Belastungen, die von dem Teil des biologischen Systems ausgeübt werden, geschaffen. Hierzu ist mindestens eine Messstelle oder mindestens ein Messfeld vorgesehen, die mindestens zwei an der Trägerschicht einander gegenüberliegend angeordnete Messmittel, insbesondere Kraft- und/oder Dehnungssensoren, aufweisen.

**[0003]** Auf den Fuß wirken im Alltag kombinierte Belastungen. Ursächlich für diese Belastungen sind unter anderem Druck-, Biege- und Torsionskräfte. Durch z.B. Krankheiten oder schlechtes Schuhwerk können Füße negativ beeinträchtigt werden, Deformitäten aufweisen und geringere Belastungen aushalten. Vor allem in der Versorgung von Patienten mit diabetischem Fußsyndrom ist es wichtig, dem Fuß eine möglichst gute Bettung im Schuh zu geben, um Druckspitzen zu vermeiden, aber auch Belastungen aufgrund von Biege- und Torsionsspannungen zu reduzieren. In der technischen Orthopädie, aber auch in anderen Bereichen der Fußversorgung oder Analyse, wie der Biomechanik, Sportwissenschaft oder Schuhindustrie ist es üblich, nur die plantare Druckverteilung am Fuß im Schuh zu messen, also Kräfte und deren Wirkung zu analysieren, die senkrecht zur Sohle auftreten. Durch die eingangs beschriebene Vorrichtung aus DE10 2012 106 715 existiert zusätzliche eine Vorrichtung zur Erfassung mehraxialer Spannungen, die durch die Biegung und Torsion des Fußes verursacht werden. Dem erfindungsgemäßen System liegt die Aufgabe zugrunde eine Möglichkeit zu schaffen kombinierte Belastungen, die am Fuß durch Druck und mehraxiale Kräfte oder Momente auftreten, erfassen zu können. Durch die kabellose Übertragung der Daten ist die Durchführung der Messung äußerst flexibel und mobil. Mit einer Software werden die Messungen sichtbar gemacht und die Belastungssituation wird analysiert.

**[0004]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Anwendungsmöglichkeiten der Vorrichtung und des Verfahrens zu erweitern und mit anderen Vorrichtungen und Verfahren zu kombinieren, um möglichst alle erforderlichen Untersuchungen und Parameter in einem Durchgang erheben und ermitteln zu können und somit dem gleichzeitigen Auftreten kombinierter Belastungen am biologischen System gerecht zu werden.

**[0005]** Hierzu schlägt die Erfindung eine Vorrichtung zur Erfassung mechanischer Lastgrößen vor, die an einem Teil eines biologischen Systems auftreten, wobei die Vorrichtung mindestens eine erste Trägerschicht aufweist, die mit mehreren Messstellen versehen ist, wobei an wenigstens einer Messstelle ein Druckmessmittel und wenigstens an einer weiteren Messstelle wenigstens ein Dehnungsmessmittel angeordnet ist, wozu die Materialeigenschaften der Trägerschicht im Bereich des Druckmessmittels und des Dehnungsmessmittels unterschiedlich sind. Dies bietet den Vorteil, dass Druck-, Biege- und Torsionsmessungen nunmehr zeitgleich mit einem einheitlichen System durchgeführt werden können. Es müssen nicht mehr mindestens zwei Messungen mit dem damit verbundenen Zeit- und Kostenaufwand vorgenommen und ausgewertet werden. Auch werden nicht mehr unterschiedliche Ergebnisse und Daten aus unterschiedlichen Belastungsperspektiven geliefert. Vielmehr werden Druck- und Dehnungsmessmittel, insbesondere Drucksensoren und Biege- und Torsionssensoren in einem Messsystem miteinander vereint, so dass Biegung, Torsion und Druck in einem einzigen Arbeitsschritt erhoben werden können. Beispielsweise kann sich das Messsystem auf die Messung an einem beschuhten Fuß beziehen, indem die Vorrichtung in Form einer Sohle aufgebaut ist. Dabei ist die Erfindung nicht auf Messungen am menschlichen Fuß und im Schuh beschränkt, sondern kann auch auf andere Körperteile, insbesondere Extremitäten, sowie insbesondere auch auf weitere biologische Systeme angewandt werden.

**[0006]** Um die verschiedenen Sensorarten, insbesondere einen Drucksensor und ein Dehnungsmessmittel, in einem Messsystem zu integrieren, sind unterschiedliche Trägerschichten mit unterschiedlichen Materialeigenschaften erforderlich. So darf das Material, aus dem die Trägerschicht für die Dehnungsmessstreifen besteht, kein viskoelastisches Verhalten aufweisen, da andernfalls bei dynamischer Belastung ein „Offset“ durch die Rückstellkräfte des Materials entsteht, der die Messergebnisse verfälscht. Auch darf sich dieses Material nicht plastisch verformen, da andernfalls die Messsituation der Dehnungsmessstreifen verändert wird. Zusätzlich muss das Material flexibel genug sein, um die Fußbewegungen nicht einzuschränken. Außerdem muss es einen ausreichend hohen E-Modul besitzen, damit die maximal zulässige Dehnung der Dehnungsmess-

streifen nicht überschritten wird. Der notwendige E-Modul wird durch die Wahl der Dehnungsmessstreifen und die Abmessungen des Trägermaterials vorgegeben. Eine mögliche Kombination besteht z.B. aus einem 0,4 mm starken Edelstahl mit einem E-Modul von ca. 210.000 N/mm<sup>2</sup> und mit Dehnungsmessstreifen die mindestens 3% Dehnung unter dynamischen Bedingungen messen können.

**[0007]** Demgegenüber muss das Trägerschichtmaterial für die Drucksensoren, insbesondere FSR-Sensoren flexibel genug sein, damit die unter dem Fuß wirkenden Kräfte in die aktive Sensorfläche eingeleitet werden können. Es darf sich aber andererseits nicht vollständig komprimieren lassen, da so ein Großteil der Kräfte in den passiven Sensorrand eingeleitet und daher nicht vom Sensor gemessen werden könnten. Ein geeignetes Material hierzu ist z.B. Vlies. Die Erfindung sieht daher auch vor, dass an der Trägerschicht eine weitere Trägerschicht vorgesehen ist, die mit mehreren Messstellen versehen ist, wobei an wenigstens einer Messstelle wenigstens ein Dehnungsmessmittel angeordnet ist, wobei sich aber die Drucksensoren und Dehnungsmessmittel nicht überlappen. Eine Messvorrichtung besteht aus mindestens zwei einander gegenüberliegenden Dehnungsmessstreifen sowie mindestens einem Drucksensor. In der Anwendung in einer Sohle werden die Messelemente so positioniert, dass eine möglichst vollflächige Verteilung mit Sensoren erreicht wird. Dies geschieht vorteilhaft dadurch, dass Zwischenräume zwischen mehreren Drucksensoren mit jeweils einander gegenüberliegend angebrachten Dehnungsmessstreifen aufgefüllt werden. Bei der Positionierung der Drucksensoren wird damit eine möglichst vollflächige Verteilung über die komplette Messsohle mit einer möglichst hohen örtlichen Auflösung erreicht. Vorteilhaft werden dabei Dehnungsmessstreifen unter anatomisch besonders relevanten Stellen angeordnet, z.B. unter der Ferse, den Metatarsophalangealgelenken **1** und **5**, unter den Zehenendgelenken **1** und **5** sowie unter dem unteren Sprunggelenk.

**[0008]** Die Trägerschicht in der Umgebung eines Drucksensors, insbesondere eines FSR-Sensors sollte luftdurchlässig sein, da die FSR-Sensoren selbst einen eingebauten Lüftungskanal aufweisen, der das Druckgleichgewicht mit der Umgebungsluft sicherstellt. Ebenso wird dadurch das gleichmäßige Belasten und Entlasten des Sensors garantiert. Das Blockieren dieses Luftkanals durch die Trägerschicht würde dazu führen, dass der FSR-Sensor auf wiederholte Belastungen ungleichmäßig reagiert. Daher muss auch die Trägerschicht luftdurchlässig sein. Im Gegensatz zu FSR-Sensoren müssen die meisten Dehnungsmessstreifen durch eine wasserundurchlässige Abdichtungsschicht vor Korrosion geschützt werden. Allein dieser Umstand erfordert bereits zwei unterschiedliche Trägerschichten mit unterschiedlichen

Materialeigenschaften im Bereich der Drucksensoren und der Dehnungsmessstreifen.

**[0009]** Die Trägerschicht für das Dehnungsmessmittel muss elastisch sein und definierte bekannte mechanische Eigenschaften aufweisen. Die Form, insbesondere die Dicke der Trägerschicht muss so gestaltet sein, dass sie die vom Fuß ausgeführten Bewegungen, insbesondere die Biegung und die Torsion, mit ausführt ohne sich plastisch zu verformen oder die Bewegung des Fußes einzuschränken. Ein Beispiel für eine Ausführungsform, die an einem erwachsenen gesunden Fuß verwendet werden kann, ist ein 15 mm breiter Edelstahlstreifen mit einer Materialdicke von 0,4 mm.

**[0010]** Beide Trägerschichten können miteinander verflochten und/oder verklebt und/oder ineinander vergossen oder nebeneinander auf einer dritten Trägerschicht angeordnet sein. Insbesondere kommt für die Drucksensoren ein Vlies als Trägerschicht in Betracht, wobei dieses doppelseitig mit Verstärkungsmaterial getränkt, eingegossen und/oder verklebt sein kann und somit das Verstärkungsmittel die Trägerschicht für die Dehnungsmessstreifen ausbildet.

**[0011]** Das Trägermaterial für die Dehnungsmessstreifen kann in das Trägermaterial der Drucksensoren durch Einnähen, Einkleben, Anheften und/oder Einstecken oder durch sonstige geeignete Verbindungsmethoden eingearbeitet sein. Wesentlich ist, dass das Trägermaterial ortsfest bleibt.

**[0012]** Das Trägermaterial und auch das Abdeckmaterial für FSR-Sensoren muss möglichst dünn gewählt werden, um den zu messenden Druck, z.B. zwischen Fuß und Schuh nicht zu verfälschen und um möglichst ohne äußere Einflüsse messen zu können.

**[0013]** Je flexibler das Material ist, desto besser können die Bewegungen des Fußes auf das Messsystem übertragen werden und desto rückwirkungsfreier arbeitet das System und desto besser ist der Druck messbar. Ist das Material aber zu flexibel, ist die Messung von Biege- und Torsionsbelastung nicht mehr sichergestellt. Gleichzeitig ist die gesamte Aufbauhöhe der Messsohle begrenzt, da im Schuh nur begrenzter Raum vorhanden ist.

**[0014]** Die Anordnung der Sensoren innerhalb des Messsystems erfolgt vorteilhaft so, dass kein oder nur ein berechenbarer Einfluss der Sensoren aufeinander stattfindet.

**[0015]** Gleichzeitig weist das System eine möglichst große Flexibilität der Messsohle bei gleichzeitig vordefiniertem Biege- und Torsionsverhalten auf.

**[0016]** Das einfache Übereinanderlegen von bestehenden Systemen, d.h. von Druckmesssystemen

und Biege- und Torsionsmesssystemen, führt zu einer unzulässigen, gegenseitigen Beeinflussung der Messergebnisse. Deshalb sieht die Erfindung vor, dass sich die Drucksensoren und Dehnungsmessmittel nicht überlappen.

**[0017]** Bei Verwendung verschiedener Trägerschichten für die beiden Sensorarten, kann die Trägerschicht der einen Sensorart, die Abdeckschicht der zweiten Sensorart ausbilden. Die Abdeckschichten können aber auch einzelne, von den Trägerschichten teilweise mechanisch entkoppelte oder vollmechanisch gekoppelte Schichten sein. Die Abdeckschichten müssen flexibel und möglichst dünn sein. Mindestens eine der Träger- oder Abdeckschichten oder wenigstens eine zusätzliche Schicht kann so aufgebaut sein, dass das Messsystem zusätzlich zu seiner Messfunktion auch eine Funktion als Einlage oder Einlegesohle bekommt. Damit können die Füße geführt, gestützt, gebettet oder stimuliert werden. Die Trägerschicht einer einzelnen Sensorart kann ebenfalls entweder zwischen den einzelnen Sensoren bzw. Sensorstellen mechanisch getrennt oder aber auch so ausgeprägt sein, dass die jeweilige Trägerschicht mehrere Sensoren bzw. Sensorstellen aufweist. Auch ist es möglich, dass die jeweilige Trägerschicht aus einem einzigen Stück besteht und alle Sensoren bzw. Sensorstellen, die in der Messsohle vorkommen, gleichzeitig trägt. Die mechanische Koppelung zwischen den einzelnen Trägerschichten kann in Form von Vollkontakt oder nur durch einzelne Kontaktstellen hergestellt werden.

**[0018]** Die Anzahl der Sensoren ist grundsätzlich frei wählbar. Es sind jedoch mindestens ein Sensor zur Druckmessung und zwei Dehnungsmessstreifen für die Biege- und/oder Torsionsmessung erforderlich. Dabei muss die letztgenannte aus mindestens zwei auf einem Trägermaterial einander gegenüberliegenden Sensoren bestehen. Gleichzeitig muss dabei bedacht werden, dass die Biege- und/oder Torsionsmessstellen so angeordnet sind, dass die Mittelfaser ihrer Trägerschicht auch die Mittelfaser der gesamten Messsohle darstellt.

**[0019]** Jede Sensorart wird zunächst einzeln verschaltet. Die Biege- und Torsionssensoren werden in „Wheatstone'schen Brücken“, die Drucksensoren in einer Matrix verschaltet. Nach dieser Verschaltung werden die elektrischen Leiter zusammengeführt, um eine möglichst geringe Aufbauhöhe der gesamten Messsohle zu erzielen. Die Verschaltung mündet in einen Analog-/Digitalwandler. Hierbei kann es sich sowohl um eine feste als auch um eine lose Verbindung, z.B. eine Steckverbindung handeln. Der Analog-/Digitalwandler ist in einer Einheit eingebettet, die eine kabellose Übertragung der Daten an eine entfernt liegende Auswerteeinheit und/oder eine lokale Datenspeicherung ermöglicht. Die Daten können somit entweder kabellos von einem Computer emp-

fangen und dort angezeigt, verarbeitet und gespeichert werden. Ebenso ist es möglich, dass sie über eine Kabelverbindung zur Anzeige, Verarbeitung und Speicherung weiter gesandt werden.

**[0020]** Vorteilhaft für den Einsatz der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Anordnung einer Polsterschicht an der Trägerschicht und ggfls. einer Abdeckschicht hierfür.

**[0021]** Zur Erfassung mechanischer Lastgrößen, die an einem Teil eines biologischen Systems auftreten, kann die erfindungsgemäße Vorrichtung mit ihren einzelnen kennzeichnenden Merkmalen eingesetzt werden. Insbesondere kann eine derartige Vorrichtung zur gleichzeitigen Erfassung von Druckmessdaten und Biege- und Torsionsmessdaten verwendet werden.

**[0022]** Die Erfindung ist nachstehend anhand der Zeichnung beispielhaft näher erläutert.

**[0023]** Diese zeigt in

**Fig. 1** eine Explosionsdarstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erfassung mechanischer Lastgrößen,

**Fig. 2** ein Detail gemäß Ausschnitt **A** aus **Fig. 1**,

**Fig. 3** ein Detail gemäß Ausschnitt **B** aus **Fig. 1** in Aufsicht,

**Fig. 4** ein Detail gemäß Ausschnitt **B** in **Fig. 1** im Querschnitt,

**Fig. 5** eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung in Durchsicht.

**[0024]** Eine allgemein mit 1 bezeichnete Vorrichtung zur Erfassung mechanischer Lastgrößen, im Beispielsfall eine Einlegesohle 1 für einen Schuh, weist eine unterste Abdeckschicht 2 und eine oberste Abdeckschicht 3 auf, die jeweils aus Velours bestehen können. Vorgesehen sind weiterhin eine obere Polsterschicht 4 und eine untere Polsterschicht 5, die beispielsweise aus einem aufgerauten Filz bestehen können.

**[0025]** Die erste Trägerschicht 6 weist Drucksensoren, beispielsweise FSR-Sensoren 8 auf. Die zweite Trägerschicht 7 ist mit Trägern 9 für Dehnungsmessstreifen 10 ausgestattet. Die Trägerschicht 6 kann z.B. aus Vlies bestehen, die Trägerschicht 7 z.B. aus Edelstahl oder glasfaserverstärktem Kunststoff. Die Träger 9 weisen sowohl auf der Ober- und Unterseite Dehnungsmessstreifen 10 auf. Dabei kann es sich z.B. um Linear- oder Rosetten-Dehnungsmessstreifen handeln.

**[0026]** Um alle Abdeck- 2, 3, Polster- 4, 5 und Trägerschichten 6, 7 zu einer Gesamtsohle 1 zusam-

menzuzufügen, ist beispielsweise eine Naht **11** vorgesehen.

**[0027]** Die von den Drucksensoren **8** und Dehnungsmessstreifen **10** gelieferten Signale werden über einen Kabelausgang **12** abgeleitet.

**[0028]** Die Drucksensoren **8** werden mit beispielsweise ersten Lackdrähten **13** zu einer Matrix verschaltet.

**[0029]** Die Dehnungsmessstreifen **7** weisen Anschlussbänder **14** auf und sind z.B. mit zweiten Lackdrähten **15** verkabelt.

**[0030]** Die Dehnungsmessstreifen **7** werden auf der Ober- und Unterseite miteinander z.B. mittels Lötstützpunkten **16** verschaltet. Sie sind beispielsweise mit Silikon **17** abgedeckt.

#### Bezugszeichenliste

- |           |   |
|-----------|---|
| <b>1</b>  | Einlegesohle  |
| <b>2</b>  | Untere Abdeckschicht  |
| <b>3</b>  | Obere Abdeckschicht   |
| <b>4</b>  | Obere Polsterschicht  |
| <b>5</b>  | Untere Polsterschicht   |
| <b>6</b>  | Erste Trägerschicht   |
| <b>7</b>  | Zweite Trägerschicht  |
| <b>8</b>  | Drucksensor (Druckmessmittel)                                     |
| <b>9</b>  | Träger  |
| <b>10</b> | Dehnungsmessstreifen (Dehnungsmessmittel)                         |
| <b>11</b> | Naht  |
| <b>12</b> | Kabelausgang  |
| <b>13</b> | Erste Lackdrähte  |
| <b>14</b> | Anschlussbänder   |
| <b>15</b> | Zweite Lackdrähte   |
| <b>16</b> | Lötstützpunkte  |
| <b>17</b> | Abdeckung   |
| <b>18</b> | Bereiche auf der ersten Trägerschicht ohne Drucksensoren <b>8</b> |

**ZITATE ENTHALTEN 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 102012106715 [0002, 0003]

### Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Erfassung mechanischer Lastgrößen, die an einem Teil eines biologischen Systems auftreten, wobei die Vorrichtung (1) wenigstens eine erste Trägerschicht aufweist, die mit mehreren Messstellen versehen ist, wobei an wenigstens einer Messstelle ein Druckmessmittel (8) und an wenigstens einer weiteren Messstelle wenigstens zwei Dehnungsmessmittel (10) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Materialeigenschaften der Trägerschichten (6, 7) im Bereich des Druckmessmittels (8) und der Dehnungsmessmittel (10) unterschiedlich sind.

2. Vorrichtung zur Erfassung mechanischer Lastgrößen, die an einem Teil eines biologischen Systems auftreten, wobei die Vorrichtung wenigstens eine Trägerschicht aufweist, die mit mehreren Messstellen versehen ist, wobei an wenigstens einer Messstelle ein Drucksensor (8) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der ersten Trägerschicht (6) eine zweite Trägerschicht (7) vorgesehen ist, die mit mehreren Messstellen versehen ist, wobei an wenigstens einer Messstelle wenigstens ein Dehnungsmessmittel (10) angeordnet ist, wobei sich Drucksensor (8) und Dehnungsmessmittel (10) nicht überlappen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drucksensor (8) ein FSR-Sensor ist und die erste Trägerschicht (6) in der Umgebung des FSR-Sensors (8) luftdurchlässig ist.

4. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dehnungsmessmittel (10) wenigstens zwei an der zweiten Trägerschicht (7) einander gegenüberliegende Kraft- und/oder Dehnungssensoren aufweisen.

5. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Trägerschicht (7) für das Dehnungsmessmittel (10) elastisch ausgebildet ist.

6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Trägerschicht (7) für das Dehnungsmessmittel (10) ein Edelstahl oder ein Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) ist.

7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Trägerschicht (7) für das Dehnungsmessmittel (10) bei natürlicher Belastung nur in ihrem elastischen Bereich verformbar ist.

8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die

zweite Trägerschicht (7) für die Drucksensoren (6) ein Vlies ist.

9. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Trägerschicht (6) für die Drucksensoren (8) und die zweite Trägerschicht (7) für die Dehnungsmessmittel (10) miteinander verflochten und/oder verklebt und/oder ineinander vergossen und/oder nebeneinander auf einer weiteren Trägerschicht angebracht sind.

10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der ersten und/oder zweiten Trägerschicht (6, 7) eine obere und/oder untere Polsterschicht (4, 5) angeordnet ist.

11. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der unteren und/oder oberen Polsterschicht (4, 5) eine untere und/oder obere Abdeckschicht (2, 3) angeordnet ist.

12. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Schicht (2, 3, 4, 5, 6, 7) eine Stützwirkung und/oder eine bettende und/oder führende Wirkung auf den Fuß aufweist.

13. Verfahren, bei dem mechanische Lastgrößen, die an einem Teil eines biologischen Systems auftreten, erfasst werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Vorrichtung (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12 zur Erfassung der mechanischen Lastgrößen eingesetzt wird.

14. Verwendung einer Vorrichtung (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12 zur Erfassung der mechanischen Lastgrößen, die an einem Teil eines biologischen Systems auftreten, insbesondere an einen menschlichen Fuß.

15. Verwendung einer Vorrichtung (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12 zur gleichzeitigen Erfassung von Druckmessdaten und Biege- und/oder Torsionsmessdaten.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

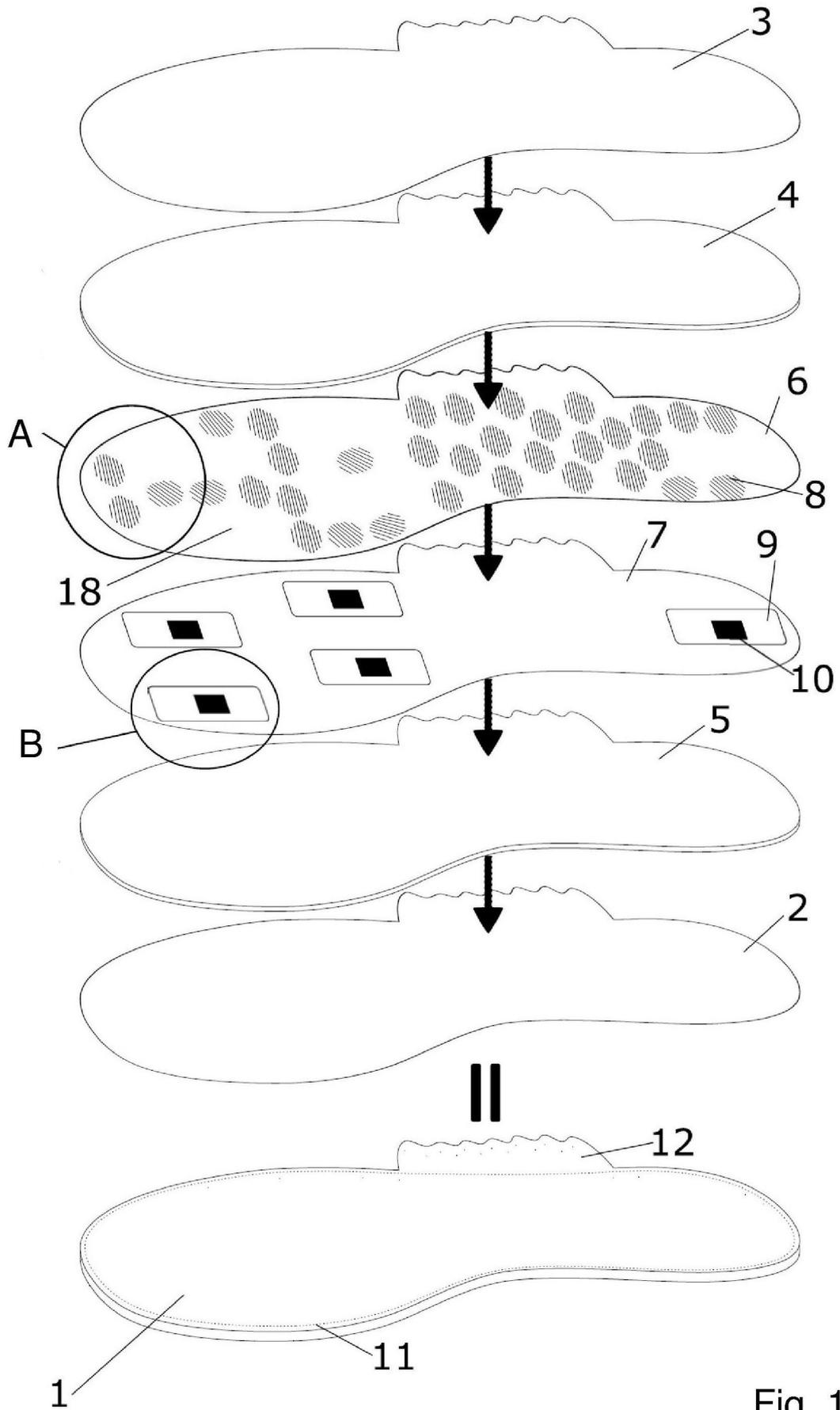


Fig. 1

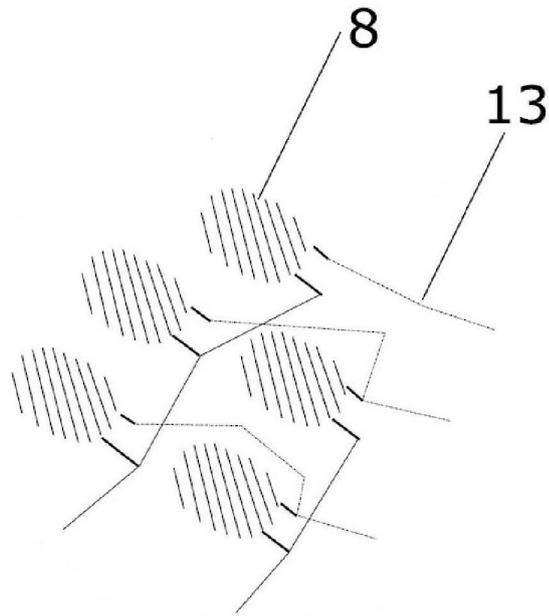


Fig. 2

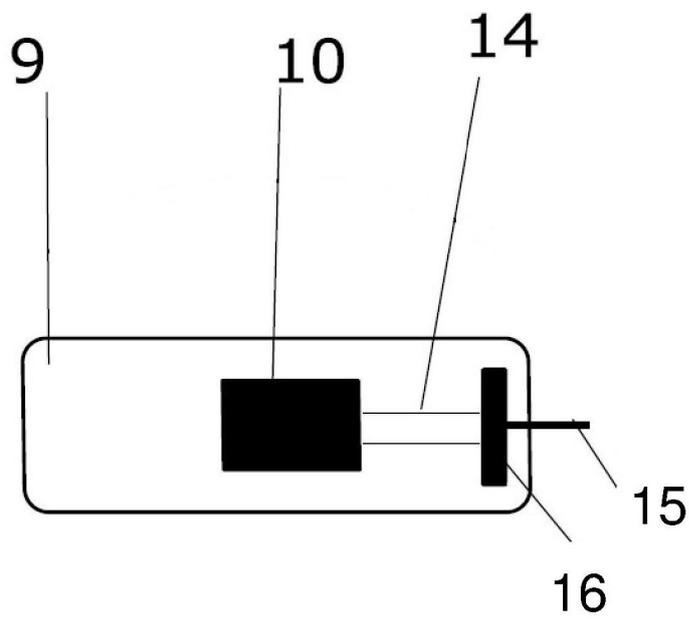


Fig. 3

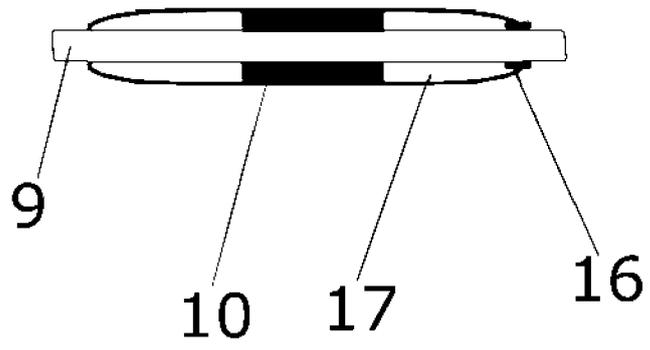


Fig. 4

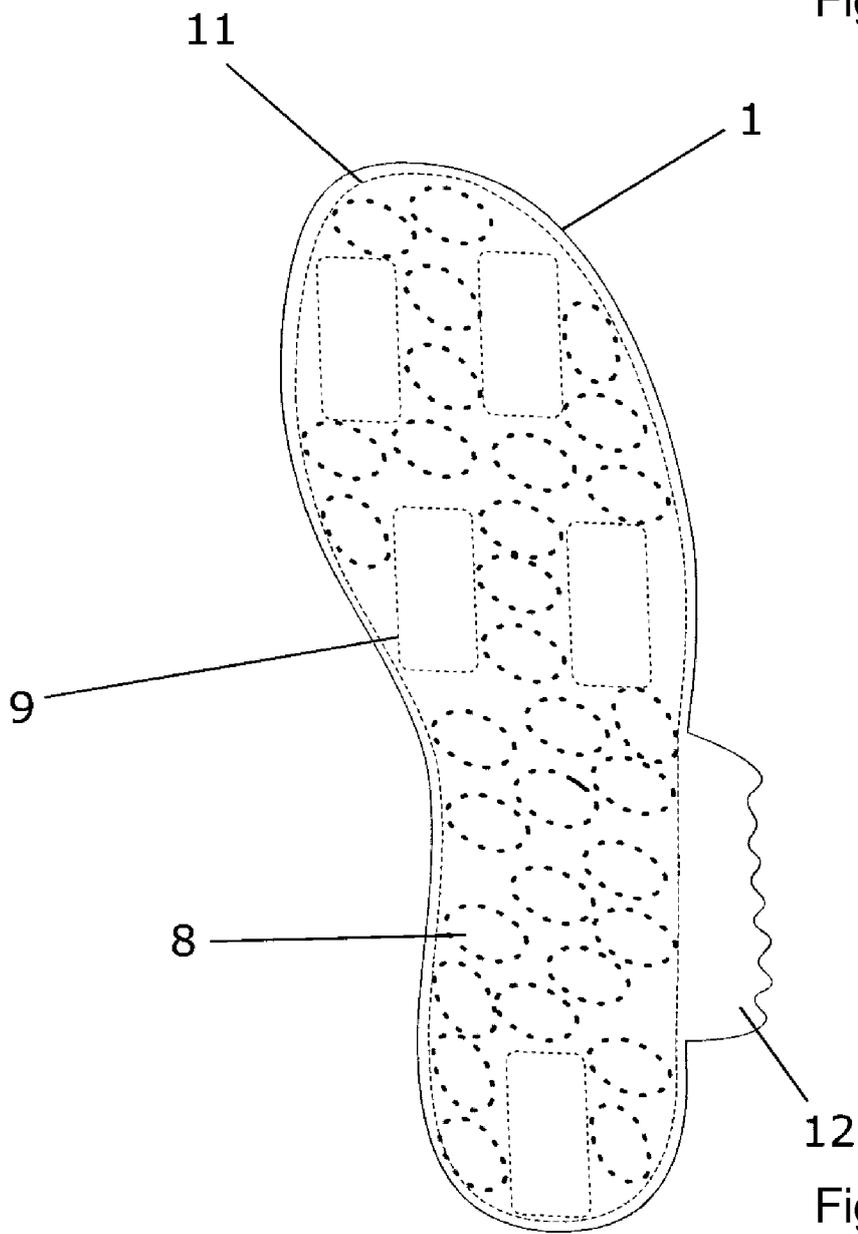


Fig. 5