



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 677 830 A5

⑤① Int. Cl.⁵: G 01 L 1/24
G 02 F 1/225

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

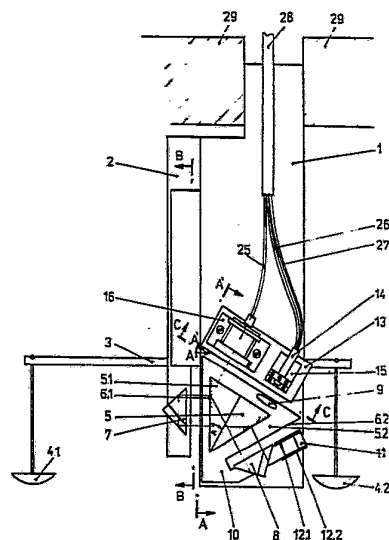
⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑫① Gesuchsnummer:	317/89	⑦③ Inhaber:	VEB Kombinat NAGEMA, Dresden (DD)
⑫② Anmeldungsdatum:	31.01.1989	⑦② Erfinder:	Jäger, Gerd, Prof. Dr. sc. techn., Ilmenau (DD) Schott, Walter, Dipl.-Ing., Ilmenau (DD) Manske, Eberhard, Dr.-Ing., Ilmenau (DD) Heydenbluth, Detlef, Dr.-Ing., Suhl (DD)
⑫③ Priorität(en):	09.05.1988 DD 315576	⑦④ Vertreter:	Jean Hunziker, Zürich
⑫④ Patent erteilt:	28.06.1991		
⑫⑤ Patentschrift veröffentlicht:	28.06.1991		

⑤④ Interferometrische Kraftmessvorrichtung.

⑤⑦ Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Messung kleiner Kräfte zu schaffen. Sie kann durch elektromagnetische und elektrische Störfelder nicht beeinflusst werden.

Es wird ein Verformungskörper, der aus einem Biegekörper (2) und aus einem biegesteifen Grundkörper (1) besteht, verwendet. Am Biegekörper (2) ist ein Waagebalken (3) angeordnet. Mit dem Verformungskörper werden die Bauteile eines Interferometers verbunden. Das Interferometer ist speziell für die Versorgung mit monochromatischer Strahlung mittels Lichtwellenleiter (25) und für die Abtastung der Interferenzerscheinung ebenfalls mittels Lichtwellenleiter (26, 27) geeignet. Die Befestigung der Bauteile am Verformungskörper über Distanzringe eliminiert Einflüsse infolge von Temperaturänderungen.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, die zur Messung von Kräften, insbesondere kleiner Kräfte eingesetzt werden kann.

Entsprechend der Patentschrift DD 137 619 ist eine Vorrichtung zur Kraftmessung bekannt, bei der an einem gabelförmig gestalteten Verformungskörper ein kippinvariantes Interferometer fest angebracht ist.

Diese Vorrichtung ist zur Messung kleinster Lastbereiche < 10 g nicht geeignet. Ausserdem sind bei dieser Vorrichtung Fotoempfänger und Impulsformerstufen sowie die Beleuchtungseinrichtung mit der Lichtquelle unmittelbar am Verformungskörper angeordnet, was zu einer thermischen Belastung der Kraftmessvorrichtung und somit zu grossen Einlaufzeiten führt. Elektromagnetische und elektrische Störfelder an der Kraftmessvorrichtung können sich auf die fotoelektrische Abtastschaltung auswirken und so das Messsignal verfälschen. Weiter ist eine Kapselung, ähnlich einer Kraftmessdose, nicht möglich, da es zu einem Wärmestau kommen würde, die Abmessungen zu gross würden und die Auswechslung der Lichtquelle und der elektronischen Schaltungen erschwert wäre.

Entsprechend der Vorrichtung nach DD 94 905 ist der Verformungskörper so ausgebildet, dass er gleichzeitig als Interferometer wirkt. In dieser Vorrichtung treten interferentielle Drehstreifen auf, deren Abstand in y-Richtung sich in Abhängigkeit vom Wert der Messgrösse ändert. Die Patentschrift DD 137 619 beschreibt eine Vorrichtung zur Kraftmessung, bei der an einem gabelförmig gestalteten Verformungskörper ein kippinvariantes Interferometer fest angebracht ist.

In DE-AS 2 658 629 ist eine Kraftmess- oder Wägevorrichtung angegeben, bei der ein beweglicher Teil wenigstens zwei Spiegel trägt, von denen jeweils einer in einem Arm des Interferometers derart angeordnet ist, dass bei Auslenkung des beweglichen Teiles die beiden Arme des Interferometers in entgegengesetzten Richtungen in ihrer Länge verändert werden.

Das Ziel der Erfindung besteht in der Schaffung einer Kraftmessvorrichtung, die nur optische und mechanische Elemente besitzt. Die Umwandlung der auf ein optisches Signal abgebildeten Messgrösse in ein quantisiertes elektrisches Signal erfolgt weitab von der Kraftmessvorrichtung in einer zentralen Verarbeitungseinheit. Kraftmessvorrichtung und zentrale Verarbeitungseinheit sind durch Lichtwellenleiter verbunden, wodurch elektromagnetische und elektrische Störungen ohne Einfluss auf die Kraftmessvorrichtung und auf die Verbindungskabel sind. In der Kraftmessvorrichtung sollen keine Wärmequellen vorhanden sein, so dass sofortige Betriebsbereitschaft erreicht wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine interferometrische Vorrichtung zur Messung kleiner Kräfte zu schaffen, die durch elektromagnetische und elektrische Störfelder nicht beeinträchtigt werden kann und die keine Einlaufeigenschaften be-

sitzt. Ausserdem soll eine hermetische Kapselung möglich sein. Die mechanischen und optischen Bauelemente sollen am biegesteifen Grundkörper und am Biegekörper so angebracht werden, dass Ausdehnungen dieser Elemente infolge von Temperaturänderungen keine Auswirkungen auf das Messsignal haben. Weiterhin ist ein solches Interferometer zu schaffen, das eine raumsparende und parallele Anordnung der Lichtwellenleiter am Verformungskörper ermöglicht.

Erfindungsgemäss wird die Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Um bei kleinen Momenten, welche durch eine oder zwei belastete Waagschalen über den Waagebalken hervorgerufen werden, eine grosse Auslenkung des Biegekörpers und somit auch des an ihm befestigten zweiten kippinvarianten Reflektors zu erreichen, muss der Biegekörper ein kleines Widerstandsmoment besitzen, das heisst, die Biegeelemente dürfen nur sehr kleine Höhen und Breiten besitzen. Um jedoch eine ausreichende Quersteifigkeit zu erzielen, sind zwei biegesteife Teile durch mehrere Biegeelemente kleiner Höhen und Breiten verbunden. Die Biegeelemente verlaufen zueinander parallel und besitzen einen entsprechenden Abstand voneinander.

Da die Verformungskörper aus nichtmetallischen Materialien wie zum Beispiel optischem Quarzglas bestehen, um gute messtechnische Eigenschaften zu erhalten, aber die Vorrichtung zur Auskopplung der monochromatischen Strahlung sowie die Vorrichtung zur Halterung und Justierung der Lichtwellenleiterhülse aus Metall hergestellt sind und ausserdem das Interferometer aus optischem Glas besteht, sind Massnahmen zur Eliminierung des Einflusses der unterschiedlichen Ausdehnungen bei Temperaturänderungen erforderlich. Zu diesem Zweck sind der Grundkörper, die beiden Halterungsplatten sowie der zweite und der sechste Distanzring aus Material mit gleichem thermischen Ausdehnungskoeffizienten hergestellt. Der erste, dritte, vierte und fünfte Distanzring bewirken einen Ausgleich der thermomechanischen Spannungen zwischen den jeweils von ihnen verbundenen Bauteilen, so dass Auswirkungen auf das Messergebnis verhindert werden.

Der erste, dritte und vierte Distanzring bewirken eine symmetrische geometrische Verlagerung der optischen Bauteile bei Temperaturänderungen zueinander, so dass auch dadurch keine Auswirkungen auf das Messergebnis spürbar sind.

Bestehen die miteinander verbundenen optischen und mechanischen Bauteile, die Halterungsplatten oder der Verformungskörper aus dem gleichen Material oder Materialien mit gleichem thermischen Ausdehnungskoeffizienten, sind die jeweiligen Distanzringe nicht erforderlich. Die Bauteile können dann direkt miteinander verbunden werden.

Ferner ist es möglich, dass der biegesteife Grundkörper, die erste und zweite Halterungsplatte, die Vorrichtung zur Halterung und Justierung der Lichtwellenleiterhülse, die Vorrichtung zur Auskopplung der monochromatischen Strahlung, die Abstandsklötze, der optische Teiler und der erste und

zweite kippinvariante Reflektor aus optischem Quarzglas bestehen.

Die über einen Lichtwellenleiter eingekoppelte monochromatische Strahlung wird parallel ausgerichtet und trifft auf den optischen Teiler des Interferometers. Diese Strahlung wird in einem Teilprisma des optischen Teilers reflektiert, gelangt zu der Teilerschicht und wird in zwei gleiche Teilbündel aufgeteilt. Die Teilbündel werden jeweils durch kippinvariante Reflektoren umgelenkt, werden durch die Oberflächenspiegel der Teilprismen zurückreflektiert, durchlaufen die kippinvarianten Reflektoren noch einmal, gelangen zur Teilerschicht und interferieren miteinander. Durch den Winkel α wird der Abstand der Interferenzstreifen so eingestellt, dass durch Drehen der Lichtwellenleiterhülse solche Ausgangssignale erhalten werden, die untereinander um 90° phasenverschoben sind. Ein torisches optisches System konzentriert das Interferenzbild rechteckförmig auf die Lichtwellenleiter.

Wird eine Waagschale oder beide Waagschalen unterschiedlich belastet, erfolgt eine Auslenkung des Biegekörpers und so auch des am Biegekörper befestigten zweiten kippinvarianten Reflektors. Damit ändert sich der optische Gangunterschied der interferierenden Wellenzüge und die Interferenzstreifen laufen über die Abtastlichtwellenleiter hinweg und werden fotoelektrisch gezählt. Die Anzahl der so erhaltenen Impulse ist ein direktes Mass für die Belastung der Waagschale oder der Waagschalen.

Da der biegesteife Grundkörper, die Halterungsplatten sowie die Distanzringe zwischen den Halterungsplatten und dem Grundkörper aus dem gleichen nichtmetallischen Material hergestellt sind und die optischen Bauteile des Interferometers und die Vorrichtung zur Halterung und Justierung der Lichtwellenleiterhülse auch über Distanzringe befestigt sind und die Vorrichtung zur Auskopplung der monochromatischen Strahlung über Abstandsklötze gehalten ist, wird der Einfluss von Temperaturänderungen auf die Lage der optischen Bauteile eliminiert.

Die Erfindung soll anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert werden.

In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 Seitenansicht der Vorrichtung

Fig. 2 Anordnung des optischen Teilers und der Auskoppleinrichtung an den Halterungsplatten sowie dieser am Grundkörper

Fig. 3 Gestaltung des Biegekörpers

Fig. 4 Anordnung der Auskoppleinrichtung und der Vorrichtung zur Halterung und Justierung der Abtastlichtwellenleiter am Grundkörper

Fig. 5 Vorrichtung zur Halterung und Justierung der Abtastlichtwellenleiter.

Entsprechend Fig. 1 ist der Waagebalken 3 am Biegekörper 2 angeordnet. Bei unterschiedlicher Belastung der am Waagebalken 3 angehängten Waagschale 4.1, 4.2 lenkt der Biegekörper 2 aus. Damit lenkt, wie aus Fig. 3 ersichtlich, auch der am Biegekörper 2 über den Distanzring 21 befestigte kippinvariante Reflektor 7 aus und der optische

Gangunterschied im Interferometer wird somit entsprechend verändert. Der optische Teiler 5 des Interferometers besteht aus den Teilprismen 5.1 und 5.2. Das Teilprisma 5.2 weist Winkel von 30° , 60° und 90° auf, die so genau wie möglich hergestellt werden. Auf der grossen Kathetenfläche ist das Teilprisma 5.2 mit 50% teilverspiegelt. Diese Kathetenfläche ist mit der grossen Kathetenfläche des Teilprismas 5.1 verkittet. Der Winkel α zwischen der Hypotenusenfläche des Teilprismas 5.1 und der teilverspiegelten grossen Kathetenfläche des Teilprismas 5.2 muss ungleich 30° gewählt werden und zwar so, dass der Abstand der Interferenzstreifen optimal an den Kerndurchmesser der Abtastlichtwellenleiter 26 und 27 angepasst ist. Der optische Teiler 5 ist entsprechend der Fig. 2 mit der Halterungsplatte 10 über den Distanzring 17 mit dem Grundkörper 1 verbunden. Wie Fig. 1 zeigt, ist aus der Halterungsplatte 10 eine Biegezone herausgearbeitet. An der Biegezone ist der kippinvariante Reflektor 8 über den Distanzring 20 angeordnet. Mittels am Ende der Biegezone angebrachter piezoelektrischer Biegeelemente 12.1 und 12.2, welche die seismische Masse 11 halten, wird die Biegezone zum Schwingen angeregt und somit das optische Ausgangssignal moduliert.

Die Beleuchtung des Interferometers erfolgt mittels des Lichtwellenleiters 25 und der Vorrichtung 16, die der Auskopplung der monochromatischen Strahlung dient. Entsprechend Fig. 4 ist die Vorrichtung 16 über die Abstandsklötze 24.1 und 24.2 mit der Halterungsplatte 13 verbunden. Die Halterungsplatte 13 ist ihrerseits mittels des Distanzringes 18 am Grundkörper 1 angeordnet. Bei Auslenkung des kippinvarianten Reflektors 7, welche ein Mass für die Belastung der Waagschalen 4.1 und 4.2 ist, durchlaufen die Interferenzstreifen das Interferenzbild. Die Interferenzstreifen werden durch das optische torische System 9 auf die Abtastlichtwellenleiter 26 und 27 abgebildet. Die aus den Abtastlichtwellenleitern 26 und 27 austretende Strahlung wird auf fotoelektrische Empfänger geleitet und anschliessend in elektrische Impulse umgewandelt. Die Abtastlichtwellenleiter 26 und 27 sind in der Lichtwellenleiterhülse 14 eingekittet. Der Abstand der Abtastlichtwellenleiter 26 und 27 ist auf die Interferenzstreifenbreite abgestimmt. Die Hülse 14 wird so gedreht, dass die elektrischen Ausgangssignale eine Phasenverschiebung von 90° besitzen. Wie in Fig. 5 dargestellt, wird in dieser Lage die Hülse 14 mit dem Klemmelement 15.3 im Halterungselement 15.2 fixiert. Mit dem gabelförmigen Justierelement 15.1 werden die Abtastlichtwellenleiter 26 und 27 innerhalb des Interferenzbildes an den intensitätsstärksten Ort gebracht. Das gabelförmige Justierelement 15.1 wird mittels des Distanzringes 22 mit der Halterungsplatte 13 verbunden. Nach Fig. 3 besteht der Biegekörper 2 aus den biegesteifen Teilen 2.3 und 2.4, diese Teile sind durch zwei Biegeelemente 2.1 und 2.2 verbunden. Die beiden Biegeelemente 2.1 und 2.2 verlaufen parallel. Der Grundkörper 1, der Biegekörper 2, der Waagebalken 3, die Halterungsplatten 10 und 13 sowie die Distanzringe 17 und 18 sind aus Kieselglas hergestellt.

Patentansprüche

1. Interferometrische Kraftmessvorrichtung mit einem Verformungskörper, der in einem Gestell gehalten ist, festen und beweglichen Reflektoren, monochromatischer Lichtquelle, optischen Systemen, Lichtwellenleitern, dadurch gekennzeichnet, dass an einem Biegekörper (2) ein Waagebalken (3) angeordnet ist, dass an dem Waagebalken (3) zwei Waagschalen (4.1, 4.2) angehängt sind, dass ein optischer Teiler (5) über einen ersten Distanzring (19) mit einer ersten Halterungsplatte (10) verbunden ist, welche ihrerseits über einen zweiten Distanzring (17) mit einem biegesteifen Grundkörper (1) verbunden ist, dass aus der ersten Halterungsplatte (10) eine Biegezone herausgearbeitet ist, dass ein erster kippinvarianter Reflektor (8) über einen dritten Distanzring (20) sowie eine seismische Masse (11) mittels zweier piezoelektrischer Biegeelemente (12.1, 12.2) an der Biegezone befestigt sind, dass ein zweiter kippinvarianter Reflektor (7) über einen vierten Distanzring (21) mit dem Biegekörper (2) fest verbunden ist, dass der optische Teiler (5) aus zwei Teilprismen (5.1, 5.2) besteht, wobei das eine Teilprisma (5.2) Winkel von 30°, 60° und 90° aufweist und auf der grossen Kathetenfläche 50% teilverspiegelt ist, dass diese Kathetenfläche mit der grossen Kathetenfläche des anderen Teilprismas (5.1) verkittet ist, dass der Winkel α zwischen der Hypotenusenfläche des anderen Teilprismas (5.1) und der teilverspiegelten grossen Kathetenfläche des einen Teilprismas (5.2) ungleich 30° ist, dass die Hypotenusenflächen der Teilprismen (5.1, 5.2) je einen Oberflächenspiegel (6.1, 6.2) tragen, dass eine erste Vorrichtung (16) zur Auskopplung der monochromatischen Strahlung aus einem Lichtwellenleiter (25) über Abstandsklötze (24.1, 24.2) an einer zweiten Halterungsplatte (13) angeordnet ist, dass auch eine zweite Vorrichtung (15) zur Halterung und Justierung einer Lichtwellenleiterhülse (14) über einen fünften Distanzring (22) an der zweiten Halterungsplatte (13) befestigt ist, dass die zweite Halterungsplatte (13) mittels eines sechsten Distanzringes (18) am Grundkörper (1) angeordnet ist, dass zwischen dem einen Teilprisma (5.2) und der zweiten Vorrichtung (15) zur Halterung und Justierung der Lichtwellenleiterhülse (14) sich ein torisches optisches System (9) befindet, dass der Grundkörper (1), die Halterungsplatten (10, 13) sowie der zweite und der sechste Distanzring (17, 18) aus dem gleichen nichtmetallischen Material bestehen, dass Abtastlichtwellenleiter (26, 27) in der Lichtwellenleiterhülse (14) eingekittet sind, dass der Abstand der Abtastlichtwellenleiter (26, 27) in der Lichtwellenleiterhülse (14) auf die Interferenzstreifenbreite abgestimmt ist, dass die Lichtwellenleiterhülse (14) in einem Halterungselement (15.2) drehbar gehalten ist und mittels eines Klemmelementes (15.3) fixiert ist, dass das Halterungselement (15.2) mit einem gabelförmigen Justierelement (15.1) verbunden ist, dass der optische Teiler (5), die kippinvarianten Reflektoren (7, 8), das torische optische System (9), die Halterungsplatten (10, 13), die seismische Masse (11), die piezoelektrischen Biegeelemente (12.1, 12.2), die Lichtwellenlei-

terhülse (14), die zweite Vorrichtung (15) zur Halterung und Justierung der Lichtwellenleiterhülse (14), die erste Vorrichtung (16) zur Auskopplung der monochromatischen Strahlung, die Distanzringe (17, 18, 19, 20, 21, 22), die Abstandsklötze (24.1, 24.2), der Lichtwellenleiter (25) und die Abtastlichtwellenleiter (26, 27) an einer Seitenfläche des Grundkörpers (1) und des Biegekörpers (2) angeordnet sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper (1), die Halterungsplatten (10, 13), die zweite Vorrichtung (15) zur Halterung und Justierung der Lichtwellenleiterhülse (14), die erste Vorrichtung (16) zur Auskopplung der monochromatischen Strahlung und die Abstandsklötze (24.1, 24.2) aus dem gleichen nichtmetallischen Material bestehen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper (1), die Halterungsplatten (10, 13), die zweite Vorrichtung (15) zur Halterung und Justierung der Lichtwellenleiterhülse (14), die erste Vorrichtung (16) zur Auskopplung der monochromatischen Strahlung und die Abstandsklötze (24.1, 24.2) aus Materialien mit gleichem thermischen Ausdehnungskoeffizienten bestehen.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper (1), die Halterungsplatten (10, 13), die zweite Vorrichtung (15) zur Halterung und Justierung der Lichtwellenleiterhülse (14), die erste Vorrichtung (16) zur Auskopplung der monochromatischen Strahlung, die Abstandsklötze (24.1, 24.2), der optische Teiler (5) und die kippinvarianten Reflektoren (7, 8) aus optischem Quarzglas bestehen.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Biegekörper (2) aus zwei biegesteifen Teilen (2.3, 2.4), die miteinander durch mehrere Biegeelemente (2.1, 2.2) verbunden sind, besteht.

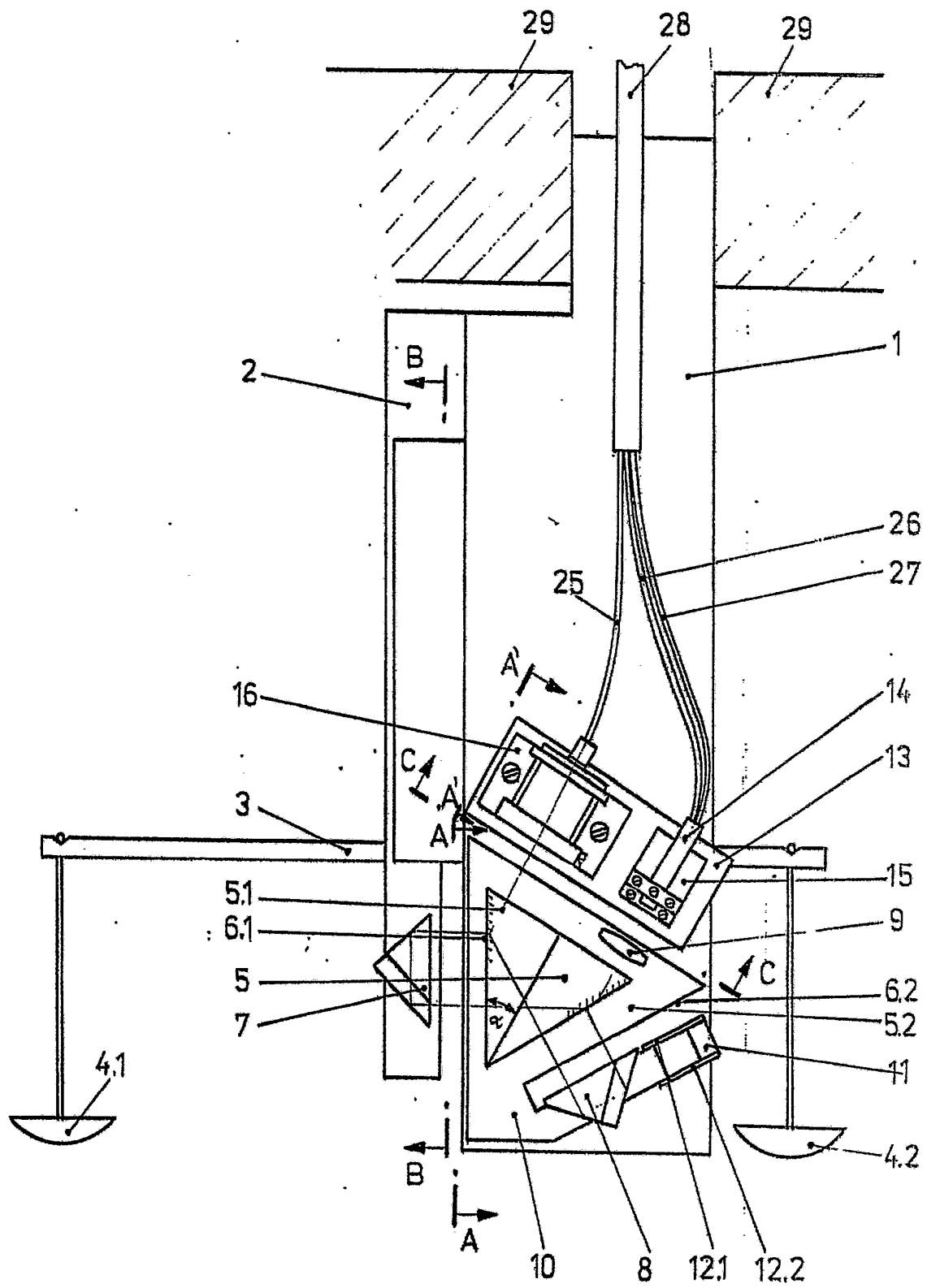


Fig.1

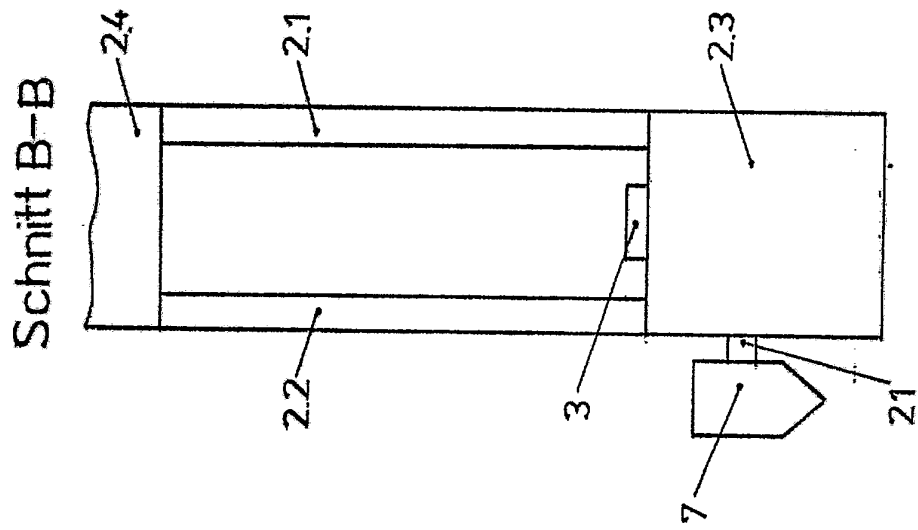


Fig. 3

Schnitt A-A; A'-A"

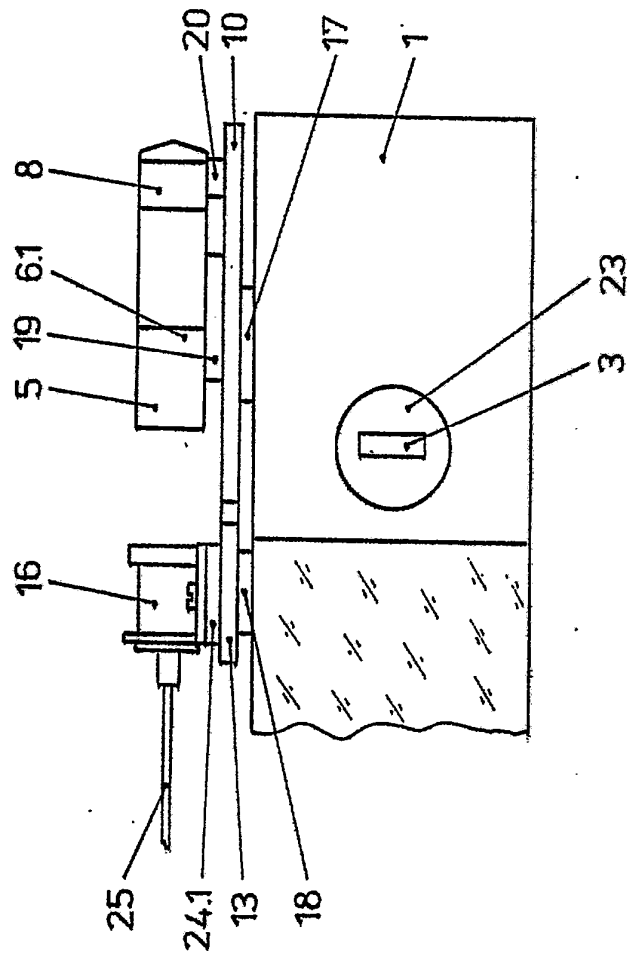


Fig. 2

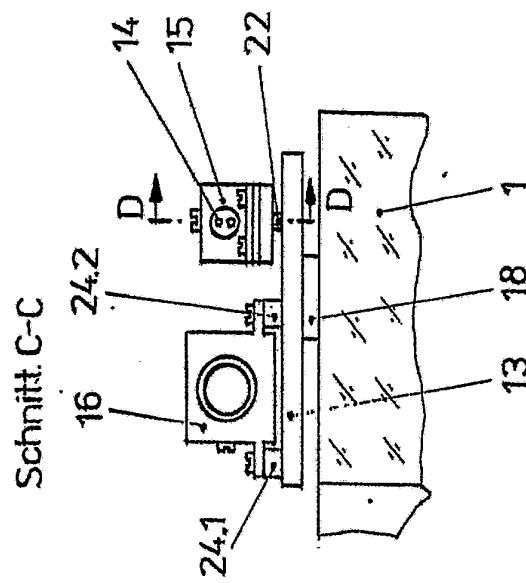


Fig. 4

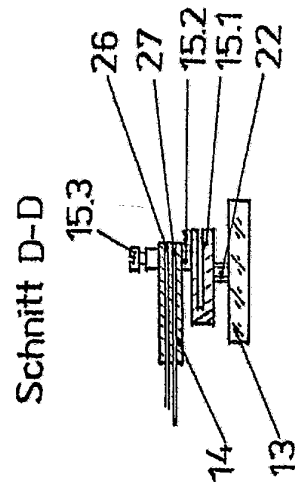


Fig. 5