



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 20 2006 013 066 U1** 2006.12.14

(12)

## Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2006 013 066.7**

(22) Anmeldetag: **25.08.2006**

(47) Eintragungstag: **09.11.2006**

(43) Bekanntmachung im Patentblatt: **14.12.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01C 9/20 (2006.01)**  
**G01G 1/02 (2006.01)**

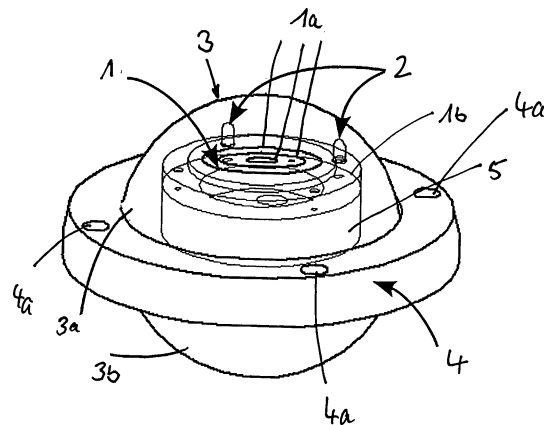
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:  
**Universität Bremen, 28359 Bremen, DE**

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:  
**Fink Numrich Patentanwälte, 80634 München**

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

(54) Bezeichnung: **Neigungswaage für Unterwasser- und Hochdruckerwendungen**

(57) Hauptanspruch: Neigungswaage für Unterwasser- und Hochdruckerwendungen, umfassend ein wasserdichtes und zumindest teilweise transparentes Gehäuse (3), in dem wenigstens eine Neigungsdetektionseinheit (1; 2, 7, 8) zur Detektion einer Neigung der Neigungswaage angeordnet ist, wobei die Neigungsdetektionseinheit (1; 2, 7, 8) eine optische Neigungsanzeigeeinheit (1a; 2) zur Anzeige der Neigung umfasst und die optische Neigungsanzeigeeinheit (1a; 2) derart in dem Gehäuse (3) angeordnet ist, dass sie von außerhalb des Gehäuses (3) zumindest aus einer Betrachtungsrichtung sichtbar ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Neigungswaage für Unterwasser- und Hochdruckanwendungen und insbesondere eine Neigungswaage (Tiefseelibelle) für die schnelle Installation und Kontrolle von Meeresbodenmessgeräten.

**[0002]** Im Bereich der Tiefseeforschung, aber auch zur Überwachung der Stabilität von sog. Offshore-Anlagen, wie z.B. Bohrinseln oder Windenergieanlagen, werden Meeresbodenmessgeräte verwendet, mit denen die Neigung des Meeresgrundes mit Hilfe von hochauflösenden Sensoren gemessen werden kann. Ein Beispiel eines solchen Messgeräts ist das von der Universität Bremen entwickelte "Bremen Ocean Bottom Tiltmeter" (auch als "OBT" abgekürzt). Dieses Messgerät ist für die autonome hochauflösende Messung der Neigung des Meeresbodens in Meerestiefen von bis zu 6000 Metern und mehr geeignet. Das Gerät verbleibt über einen längeren Zeitraum, beispielsweise über ein Jahr, in der Tiefsee. Mit dem Gerät können somit Neigungen des Meeresbodens über lange Zeit erfasst werden. Die erfassten Daten sind im Gerät speicherbar. Die gespeicherten Daten können nach Abschluss der Messperiode und Entfernen des Geräts aus der Tiefsee ausgelesen und ausgewertet werden. Gegebenenfalls ist es auch möglich, dass die Daten in regelmäßigen Abständen von einem Tauchroboter über eine entsprechende Schnittstelle ausgelesen werden oder dass das Gerät in ein vorzugsweise verkabeltes Sensornetzwerk mit Fernabfrage und Steuerung eingebunden wird und die Daten unmittelbar über dieses Netzwerk übertragen werden.

**[0003]** In der physikalischen Erforschung der Ozeane und Gewässer eignen sich Meeresbodenmessgeräte, insbesondere das obige OBT, dazu, sowohl Deformationen des Meeresbodens, insbesondere Hebungen, Senkungen als auch Rutschungen des Meeresbodens, z.B. im Bereich von Offshore-Anlagen zu überwachen. Gerade bei Bohrinseln tritt das Problem auf, dass durch das Fördern der Ressourcen (z.B. Öl oder Gas) aus dem Untergrund Hohlräume entstehen, welche zu einem Absinken des Meeresbodens und zu einer Schädigung der Verankerung der Bohrinself im Boden führen können. Darüber hinaus ist eine Hebung bzw. Senkung des Meeresbodens deshalb problematisch, weil die geförderten Ressourcen über Pipelines im Meeresboden abtransportiert werden, so dass eine Veränderung der Neigung des Meeresbodens zu einem Reißen einer Pipeline führen kann.

**[0004]** Um die hier beschriebenen Meeresbodenmessgeräte am Meeresboden zu installieren, sind aus dem Stand der Technik mehrere Verfahren bekannt. Bei der sog. Freifallmethode wird das Meeresbodenmessgerät mit einem Zusatzgewicht sowie

Auftriebskörpern versehen. Zur Installation wird das Messgerät von einem Schiff aus frei fallengelassen. Es landet dann vorzugsweise mit dem Zusatzgewicht voran, aber grundsätzlich in unbekannter Ausrichtung, auf dem Meeresboden. Nach Beendigung der Messung wird das Zusatzgewicht abgelöst, so dass das Messgerät aufgrund der Auftriebskörper wieder auftaucht und eingesammelt werden kann. Anstatt der Freifallmethode kann ein Meeresbodenmessgerät auch mit Hilfe eines Drahts abgesetzt werden. Das Messgerät wird dabei nicht von der Wasseroberfläche aus frei fallengelassen, sondern es wird an einem Draht befestigt und über diesen zunächst in größere Tiefen abgelassen. Anschließend wird das Gerät von dem Draht ausgeklinkt, so dass es zielgenauer auf dem Meeresboden landet als bei der Freifallmethode. Bei beiden Methoden können Position und Ausrichtung des Meeresbodenmessgeräts z.B. mit einem an dem Meeresbodenmessgerät befestigten akustischen Signalgeber überwacht werden. Mit einer an dem Draht befestigten Kamera kann das Meeresbodenmessgerät auch optisch kontrolliert werden. Bei beiden Methoden ist es jedoch nicht möglich, nach Absetzen des Geräts seine Position und Ausrichtung zu verändern. Bei weichem, unebenem Meeresgrund kann dies ein großer Nachteil sein.

**[0005]** In letzter Zeit hat sich zur Positionierung von Messgeräten am Meeresboden immer mehr die sog. ROV-Technik durchgesetzt (ROV = Remote Operated Vehicle). Bei dieser Technik wird mit Hilfe eines ferngesteuerten Tauchroboters mit Kamera und Roboterarm das Meeresbodenmessgerät in Unterseeregionen transportiert und auf dem Meeresboden positioniert. Aufgrund der Kamera und des Roboterarmes kann der Bediener des Tauchroboters die Positionierung des Meeresbodenmessgeräts interaktiv steuern und überwachen und das Meeresbodenmessgerät in dessen Position und Ausrichtung frei verändern. Die soeben dargestellte ROV-Technik ist beispielsweise in der Druckschrift DE 38 08 956 A1 beschrieben.

**[0006]** Die ROV-Technik ermöglicht gegenüber der Positionierung mit einem Draht oder durch freien Fall ein genaueres Positionieren eines Messgeräts am Meeresboden. Es ist dem Bediener des Tauchroboters bei der Installation von hochgenauen Meeresbodenmessgeräten wie dem o.g. OBT aber trotzdem oft nicht möglich, eine Rückmeldung bei der Positionierung des Geräts dahingehend zu erhalten, ob das Gerät in der Installationsposition auch funktionsfähig ist. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass derartige Meeresbodenmessgeräte hochgenaue Sensoren enthalten, welche nur dann funktionsfähig sind, wenn das Gerät im Wesentlichen horizontal am Meeresboden ausgerichtet ist. Es ist daher wünschenswert, die Horizontierung des Meeresbodenmessgeräts direkt, und zwar auf ca. 0,5° genau überwachen zu können.

**[0007]** Aus dem Stand der Technik sind bisher keine Lösungen bekannt, welche während der Installation vor Ort eine direkte optische Kontrolle der Neigung eines Unterwassermessgeräts ermöglichen. In der Druckschrift EP 0 258 931 A2 ist lediglich ein mit elektrischer Wechselspannung arbeitendes System beschrieben, bei dem mit Hilfe eines Sensors an einem Unterwassergerät die Position des Unterwassergeräts relativ zu einem elektrischen, mit Wechselspannung gespeisten Leiter bestimmt wird.

**[0008]** In Bezug auf die Neigungsbestimmung von Gegenständen an Land sind aus dem Stand der Technik eine Vielzahl von Nivellierhilfen bzw. Justier- vorrichtungen bekannt, wobei keine dieser Vorrichtungen zur Verwendung unter Wasser geeignet ist.

**[0009]** Aus der Druckschrift DE 82 06 509 U1 ist eine Neigungswaage mit differenzierter Neigungsangabe durch eine LED-Anzeige bekannt. Bei dieser Neigungswaage bewegt sich eine Quecksilberperle über elektrische Kontakte, welche durch die Quecksilberperle überbrückt werden. Je nach Lage der Neigungswaage werden unterschiedliche Kontakte überbrückt, was zum Aufleuchten von verschiedenen LEDs führt.

**[0010]** In dem Dokument DE 91 10 140 U1 ist eine elektrische Neigungswaage beschrieben, bei der zur Anzeige des Neigungswinkels zwei leicht gegeneinander geneigte Quecksilberschalter verwendet werden, welche mit LEDs verschaltet sind. Die Anordnung der Quecksilberschalter ist dabei derart, dass durch die LEDs angezeigt wird, in welche Richtung die Neigungswaage geneigt wurde.

**[0011]** Aus dem Dokument DE 103 00 088 A1 ist eine elektronische Fern-Wasserwaage bekannt, bei der die Position einer Gasblase innerhalb einer Tonnenlibelle optisch mit Hilfe einer LED und Photosensoren ermittelt wird. Die Tonnenlibelle mit der Gasblase ist hierbei zwischen der LED und zwei Photosensoren angeordnet. In Abhängigkeit von der Position der Gasblase verändert sich das von den Photosensoren empfangene Licht der LED, worüber die Position der Gasblase und hierdurch die Neigung bestimmt werden können. Die gemessenen Daten werden über eine Funkverbindung an eine Empfangseinheit übermittelt, auf der sich eine Anzeigeeinheit für die ermittelte Neigung befindet.

**[0012]** In dem Dokument DE 199 46 768 A1 ist eine elektronische Wasserwaage beschrieben, bei der die gemessene Neigung drahtlos an einen tragbaren Empfänger übertragen wird, und in dem drahtlosen Empfänger dargestellt wird. Zur Anzeige der Neigung werden hierbei sog. DUO-LEDs verwendet, welche je nach Polung in zwei unterschiedlichen Farben leuchten. Über die LEDs wird insbesondere auch die Neigungsrichtung angezeigt.

**[0013]** Die Druckschrift DE 32 38 915 A1 zeigt eine elektronisch-optische Libelle, bei der eine elektrisch leitende Kugel über Kontaktflächen rollt, so dass je nach Neigungswinkel der Libelle ein entsprechendes elektrisches Signal abgegeben wird. Die Libelle verfügt ferner über eine Beleuchtungseinrichtung in der Form von LEDs, wodurch der Abstand der Kugel zu einem Kontaktring sichtbar wird, in dem sich die Kugel bewegt.

**[0014]** In dem Dokument DE 35 12 133 A1 ist eine Wasserwaage mit elektrischer und akustischer Signalisierung gezeigt. Die Wasserwaage detektiert die Neigung über Quecksilberschalter, die bei bestimmten Neigungswinkeln eine Lampe bzw. einen Summer schalten.

**[0015]** Demgegenüber ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine für Unterwasseranwendungen geeignete Neigungswaage zu schaffen, mit der die Neigung optisch angezeigt wird.

**[0016]** Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

**[0017]** Gemäß der Erfindung wird eine Neigungswaage geschaffen, welche für Anwendungen geeignet ist, in der hoher Druck auf die Waage ausgeübt wird, beispielsweise für Anwendungen unter Wasser oder innerhalb von chemischen bzw. kernphysikalischen Reaktoren. Die Neigungswaage umfasst ein wasserdichtes, druckresistentes und zumindest teilweise, vorzugsweise komplett, transparentes Gehäuse. Unter einem wasserdichten Gehäuse ist hierbei ein Gehäuse zu verstehen, welches derart ausgelegt ist, dass es für Langzeitanwendungen unter Wasser und für Langzeitanwendungen bei erhöhtem Umgebungsdruck geeignet ist, d.h. auch bei Langzeit-Unterwasserbetrieb der Neigungswaage dringt kein Wasser in das Innere des Gehäuses ein. Das Gehäuse hält somit einem Umgebungsdruck bis zu einer entsprechenden vorbestimmten Wassertiefe über nahezu beliebige Zeitspannen hinweg stand. Bis zu welcher Wassertiefe bzw. welchem Außendruck das Gehäuse ausgelegt sein muss, hängt von der spezifischen Anwendung ab. Vorzugsweise sollte das Gehäuse jedoch derart ausgestaltet sein, dass es druckdicht ist bis zu einer Wassersäule von mindestens 10 Meter (bzw. 100 kPa), insbesondere mindestens 30 Meter (bzw. 300 kPa), vorzugsweise mindestens 50 Meter (bzw. 500 kPa) und besonders bevorzugt mindestens 200 Meter (bzw. 2000 kPa), wodurch Anwendungen beispielsweise in Ost- und Nordsee und im Golf (Arabien) möglich sind. Hierdurch lässt sich bereits ein breites Anwendungsspektrum der Neigungswaage abdecken, insbesondere deren Verwendung zur Bestimmung von Neigungen in ufernahen Regionen oder in Flüssen.

**[0018]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform eignet sich die erfindungsgemäße Neigungswaage auch für größere Wassertiefen, insbesondere auch für Gewässertiefen, in denen sich Off-shore-Anlagen (z.B. Bohrinseln) befinden. Demzufolge ist das wasserdichte Gehäuse vorzugsweise auch druckdicht bis zu einer Wassersäule von mindestens 500 Meter (bzw. 5000 kPa), wodurch Anwendungen im Golf von Mexiko und vor der norwegischen Küste möglich werden. Um die erfindungsgemäße Neigungswaage auch in sehr tiefen Ozeanregionen einzusetzen, ist das Gehäuse in einer besonders bevorzugten Ausführungsform derart ausgestaltet, dass es druckdicht ist bis zu einer Wassersäule von mindestens 1000 Meter (bzw. 10000 kPa), vorzugsweise bis zu mindestens 6000 Meter (bzw. 60000 kPa) und besonders bevorzugt bis zu mindestens 12000 Meter (bzw. 120000 kPa).

**[0019]** Zur Ermittlung der Neigung umfasst die erfindungsgemäße Neigungswaage innerhalb des zumindest teilweise transparenten Gehäuses wenigstens eine Neigungsdetektionseinheit, wobei die Neigungsdetektionseinheit eine optische Neigungsanzeigeeinheit zur Anzeige der Neigung umfasst. Erfindungswesentlich ist unter anderem, dass die optische Neigungsanzeigeeinheit auch von außerhalb des Gehäuses abgelesen werden kann. Deshalb ist die optische Neigungsanzeigeeinheit derart in dem Gehäuse angeordnet, dass sie von außerhalb des Gehäuses zumindest aus einer Betrachtungsrichtung sichtbar ist.

**[0020]** Die erfindungsgemäße Neigungswaage eignet sich insbesondere für Unterwasseranwendungen, bei denen hochgenaue Messgeräte möglichst horizontal mit Hilfe eines ferngesteuerten Tauchroboters mit Kamera und Roboterarm abgesetzt werden müssen. Hierzu wird die Neigungswaage an einer geeigneten Stelle an dem Messgerät angebracht, und zwar derart, dass die optische Neigungsanzeigeeinheit über die Kamera des Tauchroboters gesehen werden kann. Der Bediener des Tauchroboters erhält somit bei der Positionierung des Messgeräts durch die optische Anzeige immer die Rückmeldung, in welcher Neigung sich das Gerät befindet. Er kann somit das Messgerät interaktiv positionieren, dass es sich im Wesentlichen in der Horizontalen befindet, so dass mit dem Messgerät auch Messungen durchgeführt werden können.

**[0021]** Die erfindungsgemäße Neigungswaage eignet sich jedoch nicht nur für die Positionierung von Messgeräten mittels Tauchrobotern, sondern sie kann auch dann verwendet werden, wenn die Messeinrichtung direkt von Tauchern oder mit Hilfe eines U-Boots positioniert wird. Es muss auch hier nur sichergestellt sein, dass der Taucher bzw. eine Person vom U-Boot aus die Neigungsanzeigeeinheit sehen kann.

**[0022]** Die Neigungsanzeigeeinheit ist in einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Neigungswaage in zumindest einem halbkugelförmigen Blickwinkelbereich erkennbar, um eine besonders gute Sichtbarkeit der Neigungsanzeigeeinheit zu gewährleisten.

**[0023]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das wasserdichte Gehäuse eine Glaskugel, wobei die Glaskugel vorzugsweise aus optischem Glas besteht, um eine Verzerrung der optischen Signale der optischen Neigungsanzeigeeinheit zu verhindern. Die Glaskugel umfasst hierbei vorzugsweise zwei Halbkugeln, welche haftend aneinander liegen, um hierdurch die Wasserdichtigkeit bis zu sehr großen Tiefen zu gewährleisten. Die Haftung zwischen den Glaskugeln kann dabei zumindest teilweise durch Unterdruck, vorzugsweise ein Vakuum, innerhalb der Glaskugel erzeugt werden, wobei vorzugsweise ein Ventil an wenigstens einer der Halbkugeln vorgesehen ist, über das die Glaskugel evakuiert wird. Dies hat den Vorteil, dass die Glaskugeln durch Öffnen des Ventils auf einfache Weise wieder voneinander getrennt werden können, um gegebenenfalls Reparaturen an der in der Glaskugel befindlichen Neigungsdetektionseinheit durchzuführen. Gegebenenfalls kann die Haftung zwischen den Halbkugeln zumindest teilweise auch durch ein Klebemittel bewirkt werden, insbesondere ein Klebeband, wobei das Klebeband von außen umlaufend um die aufeinander liegenden Haftflächen der Halbkugeln angebracht ist.

**[0024]** Um eine einfache Befestigung der Neigungswaage in den zu vermessenden Objekten zu gewährleisten, ist vorzugsweise umlaufend um die Glaskugel ein Befestigungsring zur Befestigung der Neigungswaage in anderen Vorrichtungen vorgesehen.

**[0025]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die wenigstens eine Neigungsdetektionseinheit mindestens eine elektrische bzw. elektronische Detektionseinheit. Es ist hierbei nicht ausgeschlossen, dass die Neigungsdetektionseinheit mehrere Detektionseinheiten umfasst, welche jedoch nicht alle elektrisch bzw. elektronisch sein müssen. Die elektrische oder elektronische Detektionseinheit erzeugt hierbei bei der Detektion einer Neigung ein oder mehrere elektrische Signale und/oder sie schaltet ein oder mehrere Signale ab, wobei das Erzeugen und/oder Abschalten des oder der Signale eine Anzeige der optischen Neigungsanzeigeeinheit verändert. Es können hierbei beliebige elektrische oder elektronische Detektionseinheiten verwendet werden, insbesondere auch solche, die bei der Diskussion des Standes der Technik beschrieben wurden.

**[0026]** Die elektrische oder elektronische Detektionseinheit umfasst insbesondere eine oder mehrere

unidirektionale und/oder bidirektionale elektrische Neigungsschalter, welche bei einem oder mehreren vorbestimmten Neigungswinkeln an- oder abschalten. Ein unidirektionaler Schalter detektiert dabei nur die Neigung in einer Richtung, wohingegen ein bidirektionaler Schalter die Neigung in zwei, aufeinander senkrecht stehende Richtungen erfasst. Vorzugsweise sind solche Neigungsschalter zumindest teilweise Quecksilberschalter, welche hinlänglich aus dem Stand der Technik bekannt sind und mit Hilfe einer Quecksilberperle die Kontaktierung von einem oder mehreren Kontakten in Abhängigkeit von der Neigung des Schalters ermöglichen. Vorzugsweise sind eine Mehrzahl von Neigungsschaltern in der elektrischen bzw. elektronischen Detektionseinheit vorgesehen, wobei die Neigungsschalter derart ausgestaltet und/oder derart in dem Gehäuse angeordnet sind, dass über jeden Neigungsschalter ein vorbestimmter Neigungswinkel detektiert wird, wobei insbesondere ein Neigungswinkel von 2° und kleiner und/oder ein Neigungswinkel von 5° und kleiner detektiert wird.

**[0027]** Um eine sehr gute Sichtbarkeit der Neigungsanzeige von außerhalb des Gehäuses zu gewährleisten, verwendet die elektrische oder elektronische Detektionseinheit als Neigungsanzeigeeinheit eine über eine Stromversorgung, insbesondere über Batterien, gespeiste LED-Anzeigeeinheit, welche vorzugsweise mehrere LEDs umfasst, die derart verschaltet sind, dass unterschiedliche Neigungswinkel durch die LEDs anzeigbar sind.

**[0028]** Es sind gemäß der Erfindung beliebige Kombinationen von Neigungsschaltern und LEDs möglich. Beispielsweise können zwei Quecksilber-Neigungsschalter verwendet werden. Ein erster Neigungsschalter ist bis zu einem Neigungswinkel von 2° geschlossen und ein zweiter Neigungsschalter bis zu einem Neigungswinkel von 5°. Der erste Neigungsschalter ist hierbei z.B. mit einer grünen Leuchtdiode verbunden, wohingegen der zweite Neigungsschalter mit einer gelben Leuchtdiode verbunden ist. Dies bedeutet, dass bei einer Horizontierung besser als 2° die grüne und die gelbe Leuchtdiode leuchten und bei einer Horizontierung zwischen 5° und 2° nur die gelbe Leuchtdiode leuchtet. Sollte ein Neigungswinkel von mehr als 5° vorliegen, leuchtet keine der Leuchtdioden. Auf diese Weise wird eine einfache Möglichkeit zur Anzeige der Neigung mit Hilfe von zwei Quecksilber-Neigungsschaltern und zwei entsprechenden farbigen Leuchtdioden geschaffen. Vorzugsweise werden hierbei bidirektionale Quecksilber-Neigungsschalter verwendet, welche für beliebige Neigungsrichtungen gegenüber der Horizontalen funktionieren. Insbesondere können eine Vielzahl von bidirektionalen Quecksilber-Neigungsschaltern verwendet werden, die jeweils unterschiedliche Schaltwinkel aufweisen. Jeder Schalter ist jeweils mit einer Leuchtdiode bei eindeutiger Farbzunordnung zwischen Schalter/Schaltwinkel und Leuchtdioden-

farbe elektrisch verbunden. Die Farbabstufung der Leuchtdioden folgt vorzugsweise der des Regenbogens, so dass bei optimaler Horizontierung vorzugsweise eine blaue und alle anderen Leuchtdioden leuchten, bei ungünstigerer, aber noch akzeptabler Horizontierung eine orangene oder rote Leuchtdiode alleine leuchtet, und bei inakzeptablem Neigungswinkel der Neigungswaage keine der Leuchtdioden leuchtet.

**[0029]** Anstatt bidirektionaler Quecksilber-Neigungsschalter kann als Ersatz für einen bidirektionalen Neigungsschalter auch ein Paar von unidirektionalen Neigungsschaltern eingesetzt werden, so dass die Schalter eines Paares jeweils in zueinander senkrechte horizontale Richtungen empfindlich sind und den gleichen Schaltwinkel aufweisen. Die Neigungswaage kann hierbei zwei Reihen von Leuchtdioden umfassen. In jeder Reihe von Leuchtdioden befinden sich jeweils verschiedenfarbige Leuchtdioden. Die Neigungsschalter eines Neigungsschalterpaares sind dabei jeweils mit gleichfarbigen Dioden aus den beiden unterschiedlichen Reihen verbunden. Die Reihen von verschiedenfarbigen Leuchtdioden sind dabei vorzugsweise in einer horizontalen Ebene zueinander senkrecht angeordnet, so dass die Orientierung der jeweiligen Leuchtdiodenreihe der Schaltertrichtung der an den einzelnen Leuchtdioden der Reihe angeschlossenen unidirektionalen Quecksilber-Neigungsschaltern entspricht. Auf diese Weise wird intuitiv sehr einfach sichtbar, in welche Richtung die Neigung der Neigungswaage zu korrigieren ist, um eine Horizontierung eines Meeresbodenmessgerätes zu erreichen.

**[0030]** Verschiedene Kombinationen der Neigungsschalter und der LED-Anzeigeeinheit sind vorstellbar. Insbesondere sind folgende bevorzugte Varianten möglich:

- Die Neigungsschalter sind zwischen der LED-Anzeigeeinheit unter Stromversorgung verschaltet;
- jede Kombination von leuchtenden und/oder abgeschalteten LEDs repräsentiert einen Neigungswinkel;
- die LEDs weisen zumindest teilweise verschiedene Farben aus.

**[0031]** In einer weiteren Variante kann die LED-Anzeigeeinheit ein oder mehrere Segment-Leuchtdiodenelemente, insbesondere 7-Segment-Leuchtdiodenelemente, umfassen, über welche der Neigungswinkel der Neigungswaage durch vorzugsweise numerische Anzeige wiedergegeben werden kann.

**[0032]** Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann die optische Anzeige auch über ein vorzugsweise selbstleuchtendes LCD (Liquid-Crystal-Display) oder einen miniaturisierten Bildschirm erfolgen.

**[0033]** In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die wenigstens eine Neigungsdetektionseinheit eine mechanische Detektionseinheit, insbesondere eine Libelle mit einer beweglichen Gasblase in einer Flüssigkeit. Die mechanische Detektionseinheit kann alternativ zu der oben beschriebenen elektrischen oder elektronischen Detektionseinheit vorgesehen sein. Vorzugsweise ist die mechanische Detektionseinheit jedoch zusätzlich zu der elektrischen oder elektronischen Detektionseinheit vorgesehen. Erst dadurch wird sichergestellt, dass auch bei Ausfall der Stromversorgung der elektrischen Detektionseinheit die Neigungswaage weiterhin funktionsfähig bleibt.

**[0034]** Bei der verwendeten Libelle kann es sich beispielsweise um eine Dosenlibelle oder eine Röhrenlibelle/Tonnenlibelle handeln. Vorzugsweise wird eine Dosenlibelle verwendet, da mit dieser Libelle Neigungen in beliebige Richtungen (bidirektional) detektiert werden können. Bei der Verwendung einer Libelle wird die optische Anzeigeeinheit insbesondere durch Markierungen gebildet, wobei die Position der Gasblase in Bezug auf die Markierungen die Neigung der Neigungswaage anzeigt. Die Libelle ist dabei vorzugsweise als Dosenlibelle mit einer transparenten Haube ausgestaltet, auf deren Innenseite sich die Gasblase bewegt. Die Haube ist an ihrer Unterseite durch einen Boden abgeschlossen, auf dessen Oberseite als Markierungen konzentrische Kreise mit Neigungswinkelangaben vorgesehen sind. Durch die konzentrischen Kreise werden vorzugsweise zumindest die Neigungswinkel von 0° und/oder 2° und/oder 5° zur Horizontalen spezifiziert. Um eine besonders gute Sichtbarkeit der Markierungen zu gewährleisten, sind die Markierungen vorzugsweise schwarze Markierungen auf weißem Grund.

**[0035]** In einer bevorzugten Variante kann die erfindungsgemäße Neigungswaage insbesondere mobil zur Bestimmung der Neigung beliebiger Objekte unter Wasser oder in einer anderen Flüssigkeit verwendet werden. Dabei ist das Gehäuse der Neigungswaage starr mit einem Befestigungsrahmen verbunden, der eine Referenzfläche aufweist. Das Gehäuse ist zur Referenzfläche derart ausgerichtet, dass die Neigungswaage die Neigung der Referenzfläche anzeigt. Die Neigungswaage bzw. der Befestigungsrahmen ist dabei vorzugsweise in kardanischer Aufhängung mit einem weiteren Halterahmen verbunden, der durch eine Bedienperson oder einen Bedienroboter gegriffen werden kann. Hierdurch ist sichergestellt, dass sich beim Transport der Neigungswaage unter Wasser die Waage immer horizontal ausrichtet, solange die Referenzfläche des Befestigungsrahmens keinen Kontakt zu einem anderen Objekt hat.

**[0036]** Ein bevorzugter Anwendungsbereich der Neigungswaage ist die Positionierung von Messeinrichtungen im Tiefseebereich. Die Erfindung umfasst deshalb auch eine Messeinrichtung, insbesondere

zur Bestimmung der Neigung des Meeresbodens mit Hilfe von hochauflösenden Sensoren, wobei an der Messeinrichtung die erfindungsgemäße Neigungswaage angebracht ist.

**[0037]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der beigefügten Figuren detailliert beschrieben.

**[0038]** Es zeigen:

**[0039]** [Fig. 1](#) eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Neigungswaage (Tiefseelibelle);

**[0040]** [Fig. 2](#) eine Schnittansicht der Neigungswaage der [Fig. 1](#);

**[0041]** [Fig. 3](#) eine Explosionsdarstellung der Neigungswaage der [Fig. 1](#);

**[0042]** [Fig. 4](#) eine Ausführungsform der Erfindung, bei der die Neigungswaage in kardanischer Aufhängung in einem Halterahmen integriert ist;

**[0043]** [Fig. 5](#) ein hochauflösendes Messgerät zur Bestimmung der Neigung von Meeresböden, wobei in dem Messgerät die erfindungsgemäße Neigungswaage integriert ist.

**[0044]** Bei der nachfolgend beschriebenen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Neigungswaage wurden acht Anforderungspunkte berücksichtigt, die alle durch diese Neigungswaage erfüllt werden müssen. Die Anforderungspunkte sind:

1. Bestimmung der Neigung eines Meeresbodenmessgeräts, insbesondere bei dessen Installation, mit Hilfe einer Kamera und eines Arms eines ferngesteuerten Roboters auf ca. 0,5° genau und innerhalb von ca. 10°;
2. gute, parallaxenfreie Erkennbarkeit des Neigungswinkelwertes;
3. Tiefseetauglichkeit, d.h. wasserdicht und druckfest bis 120.000 kPa;
4. Funktion auch bei schlechten Sichtverhältnissen unter Wasser;
5. kompakter und kleiner Aufbau, so dass die Neigungswaage an einem Meeresbodenmessgerät einfach angebracht werden kann und sich wieder einfach entfernen und austauschen lässt;
6. eine von dem Meeresbodenmessgerät und von dem bei der Installation verwendeten Tauchroboter unabhängige, völlig autonome Funktion über einen sehr langen Zeitraum;
7. möglichst redundanter Aufbau, d.h. ausfallsicher, da Tauchgänge mit ferngesteuerten Robotern sehr kostspielig sind;
8. kostengünstig und einfach herzustellen.

**[0045]** In [Fig. 1](#) ist eine Neigungswaage gezeigt,

welche alle acht Kriterien erfüllt. Die Neigungswaage umfasst ein transparentes druckfestes Gehäuse in der Form einer Glaskugel **3**, welche aus einer oberen Halbkugelhälfte **3a** und einer unteren Halbkugelhälfte **3b** besteht. Die Glaskugel weist in der hier beschriebenen Variante einen Außendurchmesser von 11 cm auf und kann bis zu einer Meerestiefe von 6000 Meter verwendet werden. Je nach erwünschter Tiefe kann das Glas der Glaskugel dicker oder dünner ausgestaltet sein, so dass die Druckfestigkeit bis zu der gewünschten Tiefe gewährleistet ist. Die beiden Kugelhälften **3a** und **3b** werden dadurch aneinander gehalten, dass die Kugelhälften, welche an ihren Auflageflächen plan geschliffen sind, aufeinander gesetzt werden und anschließend über ein (nicht gezeigtes) Ventil, welches in einer der Kugelhälften vorgesehen ist, evakuiert werden. Durch das Vakuum, welches hierdurch innerhalb der durch die beiden Kugelhälften gebildeten Glaskugel erzeugt wird, haften die Kugelhälften aneinander. Gegebenenfalls kann an der Außenseite der Glaskugel **3** auch noch ein Klebeband entlang der umlaufenden Haftnaht der Glaskugel vorgesehen sein, um hierdurch die Haftung nochmals zu verstärken.

**[0046]** Innerhalb der Glaskugel **3** befinden sich zwei Neigungsdetektionseinheiten, nämlich eine passive, mechanische Detektionseinheit in der Form einer Dosenlibelle **1** und eine elektrische Detektionseinheit mit zwei Leuchtdioden **2** und (nicht aus [Fig. 1](#) ersichtlichen) Batterien und Quecksilber-Neigungsschaltern. Die Leuchtdioden **2** erstrecken sich hierbei über entsprechende Bohrungen durch einen Flansch **1b** der Dosenlibelle **1**.

**[0047]** Als Dosenlibelle kann eine herkömmliche, aus dem Stand der Technik bekannte Dosenlibelle eingesetzt werden, beispielsweise das Modell 2005 der Firma GME-Glas- und Messtechnik GmbH Dieter Eichhorn. Dabei handelt es sich um eine Präzisionsdosenlibelle aus organischem Glas mit Flansch und drei Aufschraubbohrungen. Diese Dosenlibelle ist auch in [Fig. 1](#) gezeigt, wobei von der Libelle insbesondere der Flansch **1b** sowie drei Markierungsringe **1a** innerhalb der Dose ersichtlich sind. In der Dose der Libelle **1** befinden sich eine Flüssigkeit und eine Gasblase, wobei sich die Gasblase durch Auftrieb stets an oberer Position befindet. Bei horizontaler Ausrichtung der Libelle ist die Gasblase in der Dose konzentrisch angeordnet. Beim Verkippen der Libelle verschiebt sich die Gasblase von der konzentrischen Position und in Draufsicht auf die Dosenlibelle kann der Neigungswinkel mit Hilfe der Markierungsringe **1a** optisch abgelesen werden. Die Markierungsringe sind hierzu jeweils mit entsprechenden Neigungswinkelangaben in Grad versehen, beispielsweise mit den Gradangaben 0°, 2° und 5°. Der Flansch **1b** der Libelle ist auf einem internen Halteteil **5** aufgesetzt, welches wiederum mit einer (nicht gezeigten) Vergussmasse in dem Gehäuse im Wesentlichen mittig

zwischen dem höchsten und tiefsten Punkt der Glaskugel vergossen ist.

**[0048]** Entlang des Umfangs der Glaskugel ist ein äußerer Befestigungsring **4** vorgesehen, wobei je nach Anwendung auch zwei oder mehr Befestigungsringe verwendet werden können. Über entsprechende Bohrungen **4a** in dem Befestigungsring kann die Neigungswaage an einem Meeresbodenmessgerät befestigt werden. Das Gewicht der Glaskugel beträgt in der Luft ungefähr 1 kg und im Wasser ungefähr 0,1 kg.

**[0049]** [Fig. 2](#) zeigt eine Schnittansicht der Neigungswaage der [Fig. 1](#). Zusätzlich zu den bereits in [Fig. 1](#) gezeigten Komponenten erkennt man zwei Batterien **6**, welche die Stromversorgung für die Leuchtdioden **2** der elektrischen Neigungsdetektionseinheit darstellen und im unteren Bereich der Glaskugel **3**, unterhalb des Halteteils **5**, angeordnet sind.

**[0050]** [Fig. 3](#) zeigt eine Explosionsdarstellung der Neigungswaage der [Fig. 1](#), woraus alle Bauteile (außer den Stromleitungen und der Vergussmasse) der Neigungswaage hervorgehen. Man erkennt aus [Fig. 3](#) insbesondere, dass sich die Glaskugel aus den zwei Hälften **3a** und **3b** zusammensetzt. Ferner werden die beiden Batterien **6** ersichtlich, bei denen es sich um hochkapazitive Batterien handelt. Beispielsweise können handelsübliche Lithium-Monozellen vom Typ D eingesetzt werden. Aus [Fig. 3](#) geht insbesondere auch die Form des (inneren) Halteteils **5** hervor. Es handelt sich hierbei um ein zylindrisches Kunststoffteil mit einer inneren Aufnahme **5a**, wobei in dem Boden der Aufnahme zwei schematisiert angedeutete Quecksilberschalter **7** angeordnet sind. Die Quecksilberschalter sind mit einer darunter liegenden kreisförmigen Platine **8** verbunden, bei der es sich um einen Schaltkreis handelt, der jeweils einen Quecksilberschalter **7** und eine LED **2** in Reihe mit den Batterien **6** verschaltet. Als Quecksilberschalter können handelsübliche Quecksilberschalter verwendet werden, beispielsweise Quecksilberschalter der Firma Comus Group of Companies mit der Bezeichnung "Tip-Over Switch CM 1702-1". In der hier beschriebenen Ausführungsform ist ein erster Quecksilberschalter vorgesehen, der für einen Winkel kleiner bzw. gleich 2° eine elektrische Verbindung schaltet, sowie ein zweiter Schalter, der für einen Neigungswinkel von kleiner bzw. gleich 5° eine elektrische Verbindung schaltet. Für weitere Winkeleinteilungen können noch weitere Schalter vorgesehen sein.

**[0051]** Der Quecksilberschalter, der bei Winkeln von 2° schaltet, ist hierbei mit einer grünen Leuchtdiode für gute Nivellierung verbunden, und der Quecksilberschalter, der bei Winkeln von 5° schaltet, ist mit einer gelben Diode für hinreichende Nivellierung verbunden. Die beiden in Reihe geschalteten Schalter-



gruppen von Batterien **6**, Quecksilberschalter **7** und Leuchtdiode **2** sind zueinander wiederum parallel geschaltet. Durch eine derartige elektrische Verschaltung wird erreicht, dass die Leuchtdioden anzeigen, innerhalb welchem Verkippungswinkelbereich sich die Neigungswaage befindet. Die Winkelmarkierung der Dosenlibelle **1** und der Schaltwinkel der Quecksilberschalter **7** sind hierbei aufeinander abgestimmt. Ist die Neigungswaage so geneigt, dass sich die Glasblase der Dosenlibelle **1** innerhalb der 2°-Winkelmarkierung der Dosenlibelle befindet, sind beide Leuchtdioden **2** geschaltet. Wird die gesamte Neigungswaage stärker geneigt, so dass sich die Gasblase nur noch im Inneren der 5°-Einteilung der Dosenlibelle befindet, leuchtet auch nur noch die gelbe Leuchtdiode. Bei noch stärkerer Neigung sind beide Leuchtdioden inaktiv.

**[0052]** Gegenüber der Dosenlibelle weist die Neigungsdetektion mit Hilfe der Quecksilberschalter den Vorteil auf, dass sie parallaxenfrei ist und auch bei schlechten Lichtverhältnissen aufgrund der selbstleuchtenden Leuchtdioden gut zu erkennen ist. Die Quecksilberschalter **7** und die LEDs **2** entsprechen den im Vorangegangenen genannten Anforderungspunkten 1, 2, 4, 5 und 8. Demgegenüber erfüllt die Dosenlibelle **1** in der Neigungswaage die Anforderungspunkte 1, 5, 6 und 8. Insbesondere der Anforderungspunkt 6, der die autonome Funktion über einen langen Zeitraum betrifft, wird hierbei durch die Dosenlibelle erfüllt. Wenn die Stromversorgung durch die Batterien erschöpft ist, fallen die Quecksilberschalter aus, so dass dann die Dosenlibelle zur Ableseung genutzt werden muss. Dies tritt bei Dauerbetrieb der Leuchtdioden nach ca. sechs bis acht Wochen ein. Die Zeitspanne von sechs bis acht Wochen sollte jedoch in den allermeisten Fällen ausreichen, um mit einem Batteriesatz die entsprechenden Installationsarbeiten unter Wasser durchzuführen.

**[0053]** Der entscheidende Anforderungspunkt 3 (Tiefseetauglichkeit) wird in der erfindungsgemäßen Neigungswaage durch die o.g. druckfeste Glaskugel erfüllt. Je nach Wandstärke hält die Kugel dabei Drücken stand, die bei der vollen Ozeantiefe (ca. 11000 m) auftreten. Derartige zweischalige Glaskugeln werden in großen Stückzahlen gefertigt und sind in der Meerestechnik Standard. Auch Glaskugeln aus optischem Glas können verwendet werden, wodurch eine noch bessere Sichtbarkeit von Dosenlibelle/Gasblase und Leuchtdioden durch eine Kamera eines ferngesteuerten Roboters gegeben ist.

**[0054]** **Fig. 4** zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Neigungswaage zum mobilen Einsatz. In **Fig. 4** ist die Neigungswaage, die zuvor in Bezug auf **Fig. 1** bis **Fig. 3** beschrieben wurde, in ihrer Gesamtheit mit dem Bezugszeichen **9** bezeichnet. Die Neigungswaage **9** ist hierbei über eine kardalische Aufhängung mit entsprechenden Paaren

von gegenüberliegenden Kardangelenken **10a** und **10b** mit einem Halterahmen **11** verbunden, der einen Griffabschnitt **11a** aufweist. Darüber hinaus ist die Neigungswaage **9** starr über ihren Befestigungsring mit einem quaderförmigen Befestigungsgehäuse **12** verbunden, welches einen Referenzboden **12a** aufweist. Die Neigungswaage ist hierbei derart zu dem Befestigungsboden **12a** ausgerichtet, dass über die Waage der Neigungswinkel des Bodens **12a** ermittelt und angezeigt wird. Die in **Fig. 4** gezeigte Einheit kann durch einen ferngesteuerten Tauchroboter, von einem U-Boot aus oder direkt von Tauchern über den Griff **11a** unter Wasser bewegt werden, wobei bei der Bewegung die Neigungswaage aufgrund der kardalischen Aufhängung im Wesentlichen in horizontaler Lage bleibt. Die Bodenplatte **12a** des Befestigungsgehäuses **12** wird dann mit einem Gerät oder einem Werkstück mechanisch in Kontakt gebracht, um dessen Neigung zu bestimmen.

**[0055]** **Fig. 5** zeigt in perspektivischer Ansicht ein Meeresbodenmessgerät, und zwar das "Bremen Ocean Botton Tiltmeter" (OBT). Dieses Messgerät ist in einem Rahmen **14** angeordnet und umfasst einen metallischen Zylinder **13**, in dem die hochauflösenden Neigungssensoren angeordnet sind. Der Zylinder **13** ist direkt mit einer Grundplatte **16** verbunden, welche im Wesentlichen dreiecksförmig ausgestaltet ist und Füße **16a** aufweist, mit denen der Rahmen auf dem Meeresboden aufgesetzt wird. In einem zweiten metallischen Zylinder **17**, der auf Sockeln **15** auf der Grundplatte **16** aufliegt, befindet sich die Datenerfassung und Batterien. Zylinder **17** und Zylinder **13** sind über ein Tiefseekabel (nicht gezeichnet) verbunden. Zur möglichst horizontalen Positionierung ist in dem Rahmen die erfindungsgemäße Neigungswaage **9** in einer runden Aussparung in der Grundplatte **16** eingelassen, wobei die Unterschale der Glaskugel **3** der Neigungswaage in der Aussparung aufliegt. Die Oberschale der Glaskugel wird über den Kunststoffbefestigungsring **4** der Neigungswaage mit Schrauben in die Grundplatte auf die Unterschale der Glaskugel gepresst. Mit Hilfe der Neigungswaage konnte das OBT mit dem ferngesteuerten Tauchroboter "Quest" der Universität Bremen im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projektes "Logatchev Longterm Hydrothermal Field Environmental Monitoring" innerhalb des Schwerpunktprogramms 1144 in ca. 3000 m Tiefe punktgenau und auf besser als 2° nivelliert im Mittelatlantischen Rückensystem auf geographischer Breite 14° N installiert werden.

**[0056]** Die hier dargelegte erfindungsgemäße Ausführungsform der Neigungswaage weist eine Vielzahl von Vorteilen auf. Es wird ein zuverlässiges, redundantes, einfaches, preiswertes und schnell herzustellendes Nivellierhilfsmittel für Unterwasserarbeiten, insbesondere im Tiefwasser unterhalb 1000 m, zur Verfügung gestellt. Kein anderes zurzeit erhältliches



System erfüllt die oben genannten acht Anforderungspunkte gleichzeitig. Durch die Verwendung von zwei unabhängigen Neigungsdetektionseinheiten in einem druckfesten Gehäuse ist eine hohe Zuverlässigkeit der Neigungswaage gegeben. Neben der Verwendung der Neigungswaage bei Installationen mit Hilfe ferngesteuerter Tauchroboter in der Tiefsee kann die Erfindung auch im Flachwasser bei Tauchereinsätzen hilfreich sein und ganz allgemein in Umgebungen mit hohem Außendruck, wie z.B. in chemischen oder kernphysikalischen Reaktoren, verwendet werden.

### Schutzansprüche

1. Neigungswaage für Unterwasser- und Hochdruckanwendungen, umfassend ein wasserdichtes und zumindest teilweise transparentes Gehäuse (3), in dem wenigstens eine Neigungsdetektionseinheit (1; 2, 7, 8) zur Detektion einer Neigung der Neigungswaage angeordnet ist, wobei die Neigungsdetektionseinheit (1; 2, 7, 8) eine optische Neigungsanzeigeeinheit (1a; 2) zur Anzeige der Neigung umfasst und die optische Neigungsanzeigeeinheit (1a; 2) derart in dem Gehäuse (3) angeordnet ist, dass sie von außerhalb des Gehäuses (3) zumindest aus einer Betrachtungsrichtung sichtbar ist.

2. Neigungswaage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das wasserdichte Gehäuse (3) bis zu mindestens 10 Meter, insbesondere bis zu mindestens 30 Meter, vorzugsweise bis zu mindestens 50 Meter und besonders bevorzugt bis zu mindestens 200 Meter Wassersäule druckdicht ist.

3. Neigungswaage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das wasserdichte Gehäuse (3) bis zu mindestens 500 Meter, insbesondere bis zu mindestens 1000 Meter, vorzugsweise bis zu mindestens 6000 Meter und besonders bevorzugt bis zu mindestens 12000 Meter Wassersäule druckdicht ist.

4. Neigungswaage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Neigungsanzeigeeinheit (1a; 2) in einem zumindest halbkugelförmigen Blickwinkelbereich sichtbar ist.

5. Neigungswaage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (3) eine Glaskugel ist, insbesondere eine Glaskugel aus optischem Glas.

6. Neigungswaage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Glaskugel (3) zwei Halbkugeln (3a, 3b) umfasst, welche haftend aneinander anliegen.

7. Neigungswaage nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Haftung zwischen den

Halbkugeln (3a, 3b) zumindest teilweise durch Unterdruck, vorzugsweise ein Vakuum, innerhalb der Glaskugel (3) erzeugt wird, wobei vorzugsweise ein Ventil an wenigstens einer der Halbkugeln (3a, 3b) vorgesehen ist, über das die Glaskugel (3) evakuiert werden kann.

8. Neigungswaage nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Haftung zwischen den Halbkugeln (3a, 3b) zumindest teilweise durch ein Klebemittel, insbesondere ein Klebeband, erzeugt wird, welches von außen umlaufend um die aufeinander liegenden Haftflächen der Halbkugeln (3a, 3b) angebracht ist.

9. Neigungswaage nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass umlaufend um die Glaskugel (3) ein Befestigungsring (4) zur Befestigung der Neigungswaage in anderen Vorrichtungen vorgesehen ist.

10. Neigungswaage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Neigungsdetektionseinheit (1; 2, 7, 8) eine elektrische oder elektronische Detektionseinheit (2, 7, 8) umfasst, welche bei der Detektion einer Neigung ein oder mehrere Signale erzeugt und/oder abschaltet, wobei das Erzeugen und/oder Abschalten des oder der Signale eine Anzeige der optischen Neigungsanzeigeeinheit (1a; 2) verändert.

11. Neigungswaage nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische oder elektronische Detektionseinheit (2, 7, 8) einen oder mehrere unidirektionale und/oder bidirektionale elektrische Neigungsschalter (7) umfasst, welche bei einem oder mehreren vorbestimmten Neigungswinkeln an- oder abschalten.

12. Neigungswaage nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Neigungsschalter (7) zumindest teilweise Quecksilberschalter sind.

13. Neigungswaage nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mehrzahl von Neigungsschaltern (7) derart ausgestaltet und/oder derart in dem Gehäuse (3) angeordnet sind, dass über jeden Neigungsschalter (7) ein vorbestimmter Neigungswinkel detektierbar ist, wobei insbesondere ein Neigungswinkel von kleiner oder gleich 2 Grad und/oder ein Neigungswinkel von kleiner oder gleich 5 Grad gegenüber der Horizontalen detektierbar ist.

14. Neigungswaage nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische oder elektronische Detektionseinheit (2, 7, 8) als optische Neigungsanzeigeeinheit (2) eine über eine Stromversorgung (6), insbesondere über eine oder mehrere Batterien, gespeiste LED-Anzeigeein-

heit (2) umfasst, welche vorzugsweise mehrere LEDs aufweist, die derart verschaltet sind, dass unterschiedliche Neigungswinkel durch die LEDs anzeigbar sind.

15. Neigungswaage nach Anspruch 11 oder 12 oder nach Anspruch 13 oder 14 in Kombination mit Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Neigungsschalter (7) zwischen der LED-Anzeigeeinheit (2) und der Stromversorgung (6) verschaltet sind.

16. Neigungswaage nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass jede Leuchtkombination von leuchtenden und/oder abgeschalteten LEDs der LED-Anzeigeeinheit (2) einen Neigungswinkel repräsentiert.

17. Neigungswaage nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die LEDs zumindest teilweise verschiedene Farben aufweisen.

18. Neigungswaage nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die LED-Anzeigeeinheit (2) ein oder mehrere Segment-Leuchtdiodenelemente, insbesondere 7-Segment-Leuchtdiodenelemente, umfasst, über die der Neigungswinkel der Neigungswaage anzeigbar ist.

19. Neigungswaage nach einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische oder elektronische Detektionseinheit (2, 7, 8) als optische Neigungsanzeigeeinheit (2) eine vorzugsweise beleuchtete LCD-Anzeige oder einen miniaturisierten Flachbildschirm umfasst.

20. Neigungswaage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Neigungsdetektionseinheit (1; 2, 7, 8) eine mechanische Detektionseinheit (1), insbesondere eine Libelle mit einer beweglichen Gasblase in einer Flüssigkeit, umfasst.

21. Neigungswaage nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Libelle (1) eine Dosenlibelle oder eine Röhrenlibelle oder eine Tonnenlibelle ist.

22. Neigungswaage nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Libelle (1) als optische Anzeigeeinheit Markierungen (1a) aufweist, wobei die Position der Gasblase in Bezug auf die Markierungen (1a) die Neigung der Neigungswaage anzeigt.

23. Neigungswaage nach Anspruch 21 und 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Libelle (1) eine Dosenlibelle mit einer transparenten Haube ist, auf deren Innenseite sich die Gasblase bewegt, wobei die Haube an ihrer Unterseite durch ein Boden abgeschlossen ist, auf dessen Oberseite als Markierung

gen (1a) konzentrische Kreise mit Neigungswinkelangaben vorgesehen sind, wobei durch die konzentrischen Kreise vorzugsweise zumindest die Neigungswinkel von 0 Grad und/oder 2 Grad und/oder 5 Grad zur Horizontalen spezifiziert werden.

24. Neigungswaage nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Markierungen (1a) schwarze Markierungen auf weißem Grund sind.

25. Neigungswaage nach einem der Ansprüche 10 bis 19 in Kombination mit einem der Ansprüche 20 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Neigungswaage sowohl eine oder mehrere elektrische oder elektronische Detektionseinheiten (2, 7, 8) als auch eine oder mehrere mechanische Detektionseinheiten (1) umfasst.

26. Neigungswaage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (3) starr mit einem Befestigungsrahmen (12) verbunden ist, der eine Referenzfläche (12a) aufweist, wobei das Gehäuse (3) zur Referenzfläche (12a) derart ausgerichtet ist, dass die Neigungswaage die Neigung der Referenzfläche (12a) ermittelt.

27. Neigungswaage nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Neigungswaage ferner in kardanischer Aufhängung mit einem Halterahmen (11) verbunden ist, der durch eine Bedienperson oder einem Bedienroboter gegriffen werden kann.

28. Messeinrichtung, insbesondere zur Bestimmung der Neigung des Meeresbodens mit Hilfe von hochauflösenden Sensoren, dadurch gekennzeichnet, dass an der Messeinrichtung wenigstens eine Neigungswaage nach einem der vorhergehenden Ansprüche angebracht ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

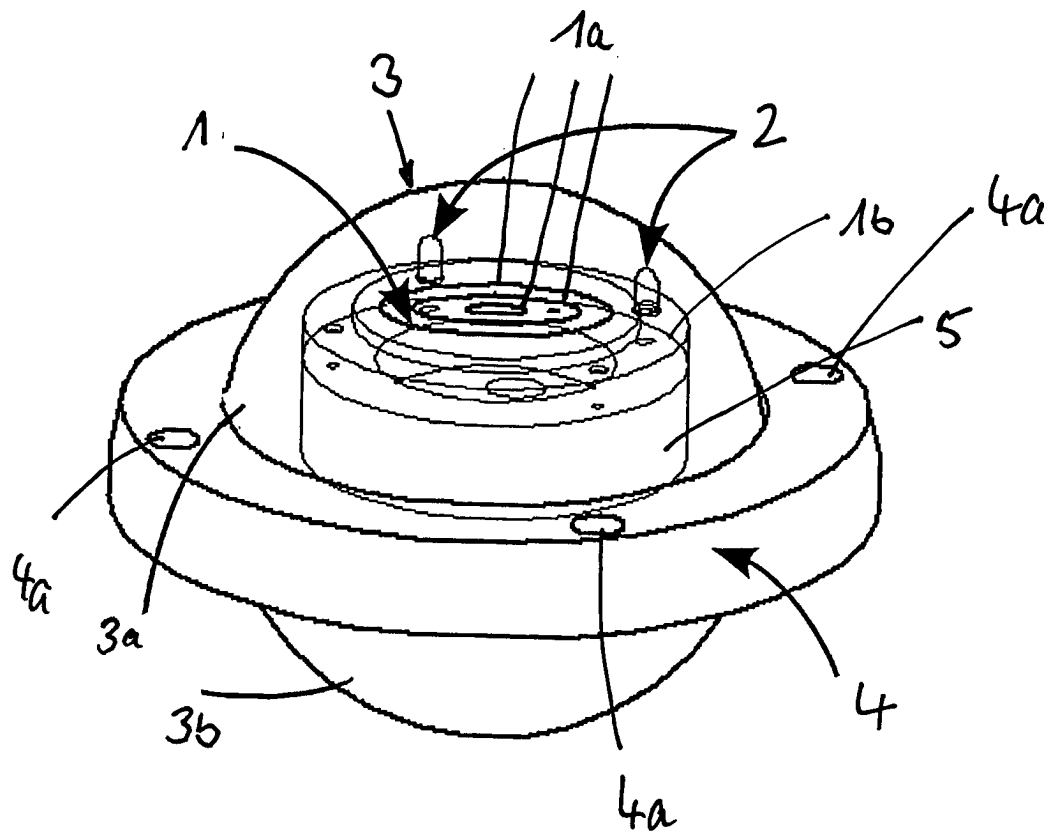


Fig. 1

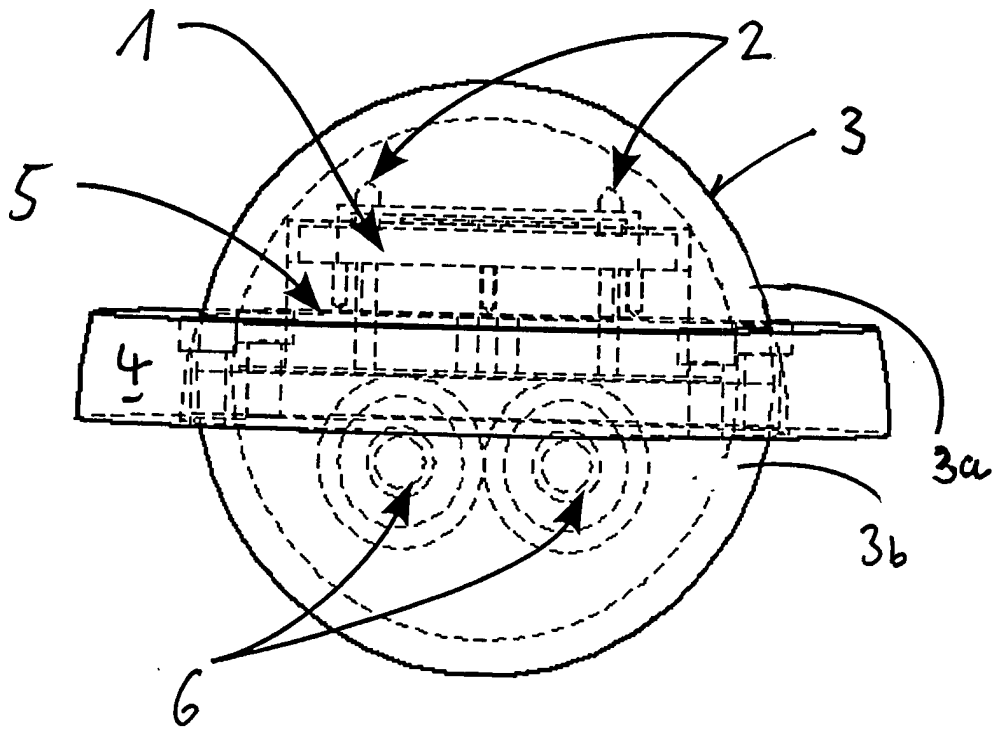


Fig. 2

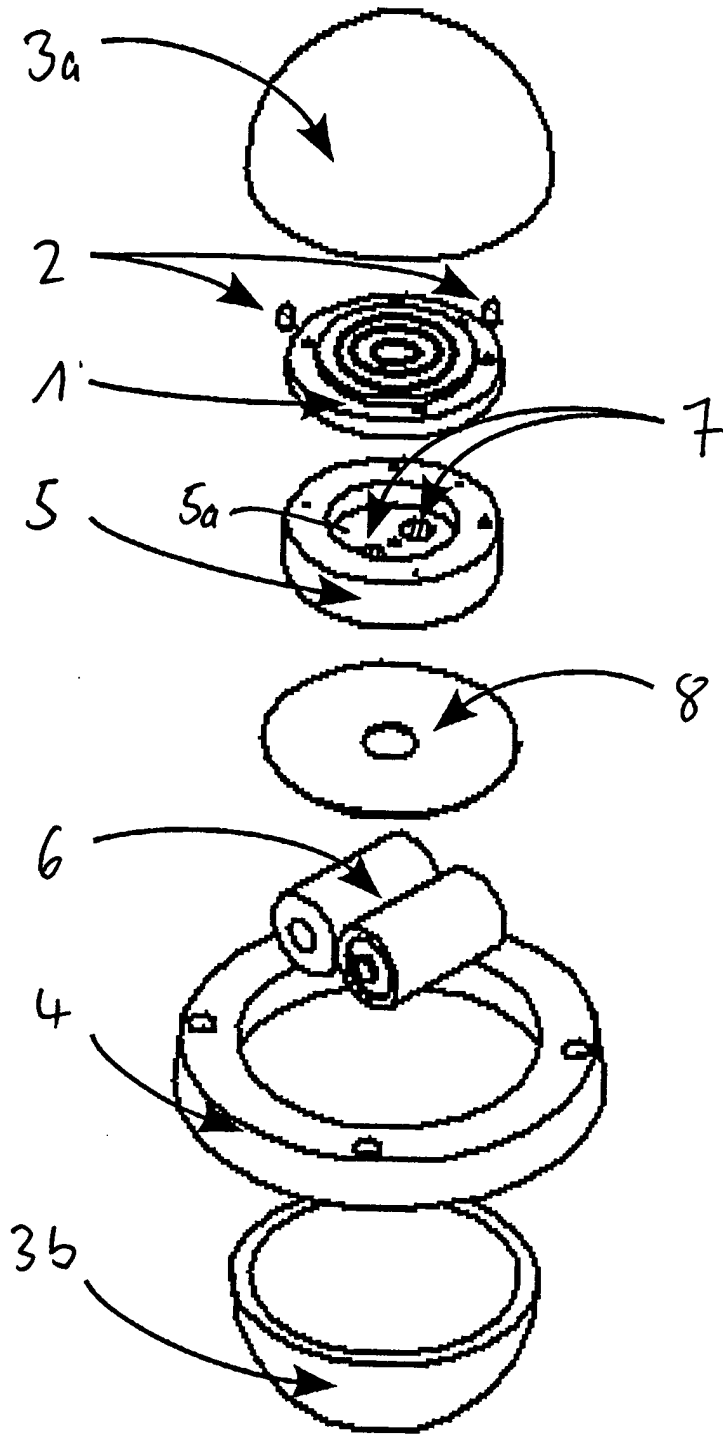


Fig. 3

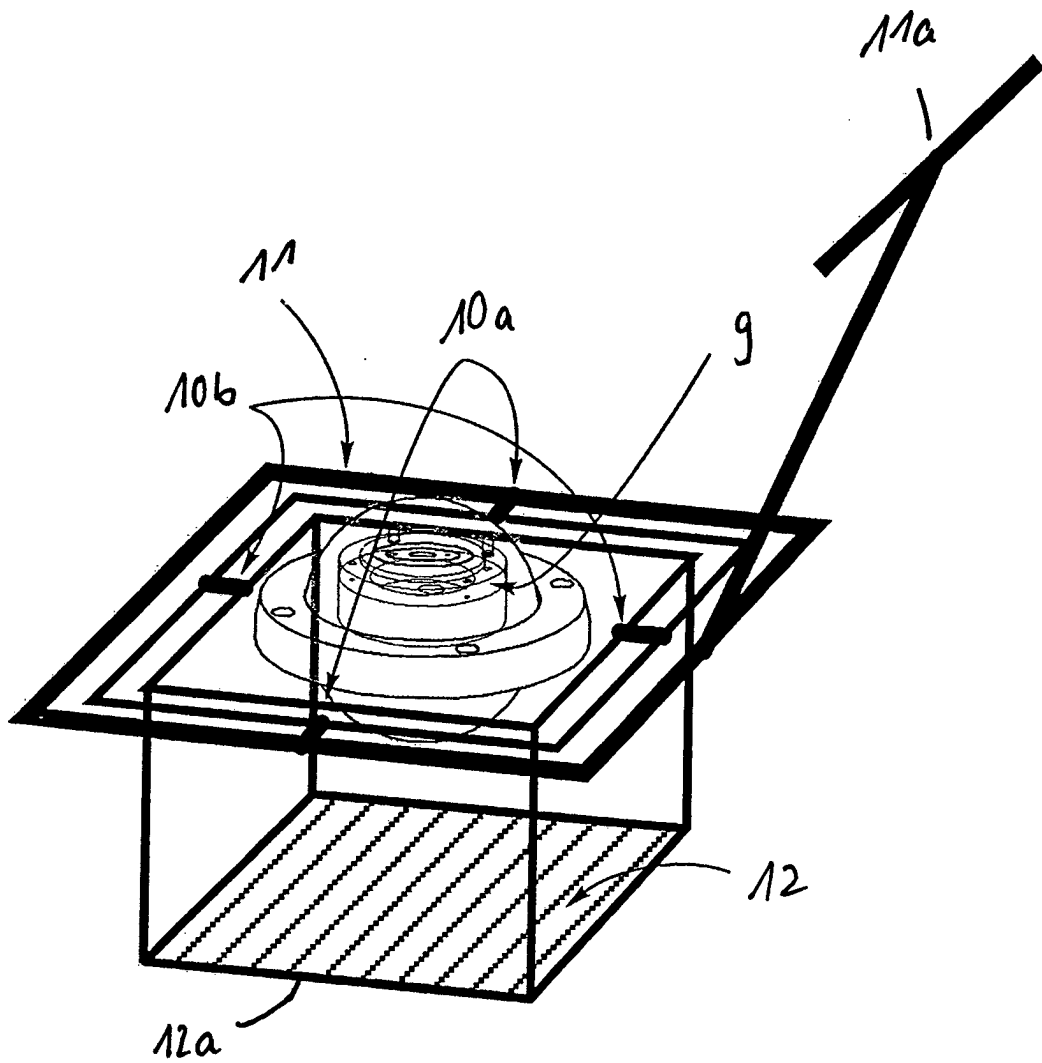


Fig. 4



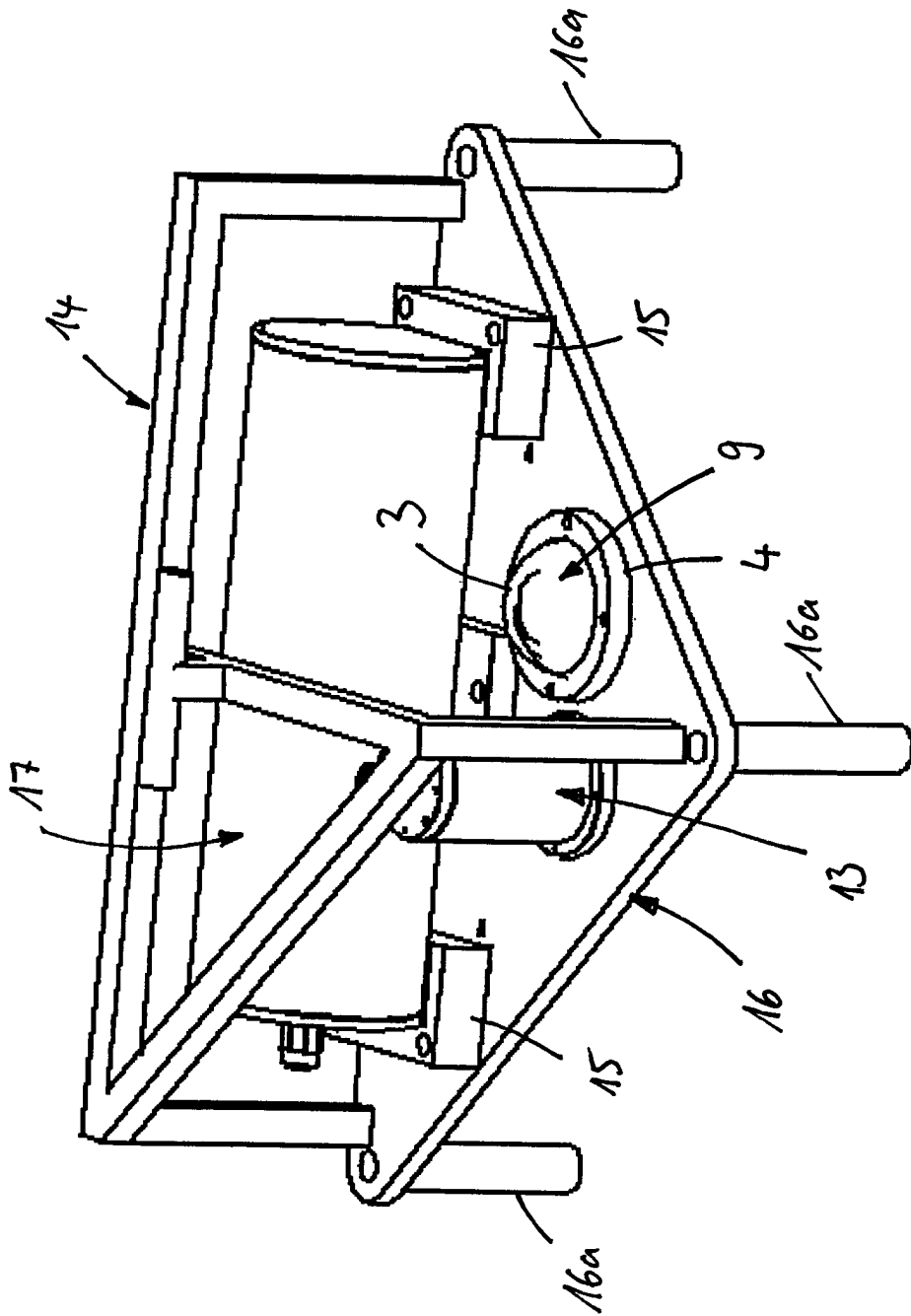


Fig. 5