

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50993/2022
(22) Anmeldetag: 22.12.2022
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2024

(51) Int. Cl.: **B63B 35/00** (2006.01)
G01C 13/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2019331778 A1
KR 101033111 B1
KR 101704663 B1
US 2016061951 A1

(73) Patentinhaber:
Ocean Maps GmbH
5020 Salzburg (AT)

(54) **Messeinheit für ein Messboot zum Abtasten eines Untergrunds eines Gewässers**

(57) Die Erfindung betrifft eine Messeinheit (20) für ein Messboot (1) zum Abtasten eines Untergrunds (2) eines Gewässers (3). Die Messeinheit (20) umfasst einen Messgerätekörper (11) mit einem Sonar (14) zum Abtasten des Untergrunds (2) und einen Ortssensor zum Bestimmen des Ortes der Messeinheit (20). Das Sonar (14) ist bezüglich des Ortssensors unterhalb des Ortssensors angeordnet, sodass der Ortssensor bei Benutzung über einer Wasserlinie (9) und das Sonar (14) unterhalb der Wasserlinie (9) angeordnet werden können. Das Sonar (14) ist ein Fächersonar, das den Untergrund (2) entlang einer Linie abtastet. Die Messeinheit (20) zeichnet sich dadurch aus, dass zumindest zwei in Horizontalrichtung beabstandet voneinander angeordnete Ortssensoren zum Messen der Drehung der Messeinheit (20) um eine vertikale Achse (19) der Messeinheit (20) vorgesehen sind.

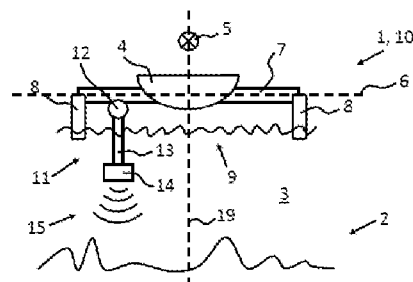


Fig. 1

Beschreibung

MESSEINHEIT FÜR EIN MESSBOOT ZUM ABTASTEN EINES UNTERGRUNDS EINES GEWÄSSERS

[0001] Die Erfindung betrifft eine Messeinheit für ein Messboot, insbesondere einen Katamaran, zum Abtasten eines Untergrundes eines Gewässers.

[0002] Derartige Vermessungsvorrichtungen weisen für gewöhnlich einen Multi-Beam-Ultraschallsensor und eine Positionierungseinrichtung auf. Der Ultraschallsensor ist zum Abtasten eines Untergrundes im Wasser ausgebildet. Die Positionierungseinrichtung dient zum Detektieren der Position der Vermessungsvorrichtung. Die Positionierungseinrichtung kann beispielsweise eine satellitengestützte Positionierungseinrichtung, wie zum Beispiel ein GPS-Gerät sein.

[0003] Mit dieser Kombination aus einem Ultraschallsensor und einer Positionierungseinrichtung kann der Untergrund eines Gewässers abgetastet werden, um eine entsprechende Karte des Untergrundes zu erzeugen. Eine solche Vermessung des Untergrundes eines Gewässers fällt unter den Begriff der Topographie. Der Ultraschallsensor ist normalerweise so angeordnet, dass er sich im Wasser befindet, und die Positionierungseinrichtung befindet sich über der Wasseroberfläche im Trocknen. Daher wird der Ultraschallsensor häufig am Rand oder der Unterseite eines Bootes angebracht und die Positionierungseinrichtung an einer an sich beliebigen Stelle auf dem Boot. Es sind sogenannte IMU (Inertial Motion Units) bekannt, mit denen anhand der mittels der Positionierungseinrichtung gemessenen Position die tatsächliche Position und Ausrichtung des Sensors berechnet werden kann.

[0004] So betrifft die KR 2020 0106598 A ein Wasserfahrzeug, insbesondere einen Katamaran, zur Vermessung der Unterwassertopographie in flachen Gewässern, insbesondere in Gewässern mit einer Tiefe von etwa 1 m. Hierfür weist das Wasserfahrzeug eine Echoloteinrichtung zur Messung der Tiefe mit einer Unterwasserkamera auf. Mittels der Unterwasserkamera sollen Kollisionen vermieden werden. Weiterhin ist am Wasserfahrzeug eine GPS-Einrichtung vorgesehen, um die Position des Wasserfahrzeugs zu ermitteln und es zu steuern.

[0005] Aus der JP 2010 030 340 A geht ein Boot zur Vermessung der Tiefe eines Gewässers hervor, um Informationen zur Topographie des Gewässeruntergrundes und Sedimenten am Untergrund zu erhalten. Das Boot weist hierfür eine Einrichtung zur Ultraschallmessung und ein GPS-Positionsmessgerät auf.

[0006] Die CN 211 969 684 U zeigt ein Unterwasservermessungsschiff, wobei das Schiff einen mit dem Schiffsrumpf lösbar verbundenen Messstab aufweist. Der Messstab weist an einem oberen Ende eine GPS-Positionierungseinrichtung und an einem unteren Ende eine Detektionssonde zur Detektion von Ultraschallwellen auf.

[0007] In der JP H09 133 759 A wird eine stabförmige Vorrichtung zur Vermessung des Meeresbodens beschrieben, wobei die Vorrichtung einen GPS-Transponder und eine Echoloteinrichtung aufweist. Die Vorrichtung ist zur seitlichen Anbringung an einem Boot vorgesehen und ist so angebracht, dass Bewegungen des Bootes ausgeglichen werden und sie sich immer in einer vertikalen Position befindet.

[0008] Die US 2019 331 778 A1 betrifft ein Schiff zur Unterwasser-Sonarbildgebung. Hierfür umfasst das Schiff mehrere Sonareinrichtungen im Bereich der Backbord- und Steuerbordseite des Schiffes, um gleichzeitig mehrere Bereiche seitlich und unterhalb des Schiffes mittels Sonar abtasten zu können.

[0009] Aus der KR 101 033 111 B geht ein akustisches Mehrstrahl-Echolot zur Messung der Meerestiefe hervor, das am Rumpf eines Schiffes angebracht ist. Das Mehrstrahl-Echolot ist so ausgebildet, dass es gut geschützt vor äußeren Einflüssen ist.

[0010] Die KR 101 704 663 B zeigt eine Vorrichtung zur Vermessung der Unterwassertopographie. Die Vorrichtung umfasst unter anderem eine Echolotvorrichtung. Es werden mehrere Ver-

messungen herangezogen, um ein Bild der Unterwassertopographie zu verbessern.

[0011] In der US 2016 061 951 A1 wird ein Sonarsystem für ein Wasserfahrzeug beschrieben. Das Sonarsystem umfasst unter anderem ein Anzeigegerät, wobei mittels dem Anzeigegerät direkt eine Karte der Unterwasserumgebung um das Wasserfahrzeug herum angezeigt werden kann.

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Messeinheit für ein Messboot zum Abtasten eines Untergrunds eines Gewässers bereitzustellen, mit dem der Untergrund sehr präzise abgetastet werden kann.

[0013] Eine oder mehrere der Aufgaben werden durch eine Messeinheit für ein Messboot zum Abtasten eines Untergrunds eines Gewässers gelöst, wie es im unabhängigen Patentanspruch 1 definiert ist. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Messeinheit für ein Messboot zum Abtasten eines Untergrunds eines Gewässers sind in den davon abhängigen Unteransprüchen angegeben.

[0014] Erfindungsgemäß ist eine Messeinheit für ein Messboot zum Abtasten eines Untergrunds eines Gewässers vorgesehen. Die Messeinheit umfasst einen Messgerätekörper mit einem Sonar zum Abtasten des Untergrunds und einen Ortssensor zum Bestimmen des Ortes der Messeinheit. Das Sonar ist bezüglich des Ortssensors unterhalb des Ortssensors angeordnet, sodass der Ortssensor bei Benutzung über einer Wasserlinie und das Sonar unterhalb der Wasserlinie angeordnet werden können.

[0015] Das Sonar ist ein Fächersonar, das den Untergrund entlang einer Linie abtastet. Die Messeinheit zeichnet sich dadurch aus, dass zumindest zwei in Horizontalrichtung beabstandet voneinander angeordnete Ortssensoren zum Messen der Drehung der Messeinheit um eine vertikale Achse der Messeinheit vorgesehen sind.

[0016] Mit den zwei Ortssensoren, die in Horizontalrichtung voneinander beabstandet sind, kann sehr präzise die Drehung der Messeinheit um die vertikale Achse erfasst werden. Wie es unten stehend näher ausgeführt wird, liegt die größte Fehlerquelle beim Abtasten des Untergrundes mittels eines Fächersonars in der Drehung der Messeinheit um die vertikale Achse und nicht in der Neigung der Messeinheit um eine Längsachse bzw. eine Querachse. Dies haben die Erfinder der vorliegenden Erfindung erkannt. Durch eine Erfassung der Drehung der Messeinheit um die vertikale Achse und eine starre bzw. kompakte Bauweise des Messgerätekörpers der Messeinheit, an dem die Ortssensoren und das Sonar angeordnet sind, kann die mit den Ortssensoren erfasste Drehung der Messeinheit sehr präzise auf die entsprechende Drehung des Sonars übertragen werden. Hierdurch können die mit dem Sonar erfassten Daten, die in der Regel Zeileninformationen bzw. Zeilenbilder sind, sehr präzise ausgewertet und zusammengesetzt werden. Hierbei ist der Fehler, den eine Abtastzeile der Sonars unter einem vorbestimmten Winkel bei einer Drehung der Messeinheit um die vertikale Achse erfährt, größer je weiter man sich vom Lotpunkt unter dem Sonar entlang der Abtastzeile nach außen bewegt.

[0017] Durch ein zeilenförmiges Abtasten des Untergrunds wird pro Zeiteinheit ein klar definierter Bereich des Untergrunds abgetastet. Dies ermöglicht es später einfacher, durch eine Zusammenfügen der einzelnen Zeilen, ein Gesamtbild der Untergrunds zu erhalten.

[0018] Vorzugsweise ist die Messeinheit an einem Messboot angeordnet. Eine Drehung der Messeinheit um die vertikale Achse resultiert aus einer Drehung des Messbootes um diese Achse. Eine solche Drehung wird auch als Gieren bezeichnet und kommt häufig durch ungewollte Bewegungen des Messbootes auf unruhigem Wasser zustande.

[0019] Das Sonar kann einen integrierten Bewegungssensor aufweisen, mit dem die Orientierung des Sonars entlang der drei Raumrichtungen erfasst wird. Dies umfasst neben dem Gieren auch eine Neigung des Messbootes bzw. des Sonars um eine Längsachse (Rollen) und eine Neigung um eine Querachse (Stampfen). Ein solcher in dem Sonar integrierter Bewegungssensor unterliegt immer einem gewissen Drift, sodass das Gieren auf Dauer unzureichend zur Auswertung der Sonardaten erfasst wird. Mit den zwei an der Messeinheit angeordneten Ortssensoren kann diese Ungenauigkeit ausgeglichen werden und das Gieren und auch optional eine Drehung um eine Achse, die senkrecht zur Linie verläuft, die sich durch die beiden Ortssensoren erstreckt,

präzise bestimmt werden.

[0020] Grundsätzlich ist jedoch kein Bewegungssensor am Sonar notwendig, denn mit den beiden Ortssensoren kann das Gieren und ein Stampfen zuverlässig erfasst werden, wenn die beiden Ortssensoren in Längsrichtung des Bootes voneinander beabstandet sind. Ein Rollen des Bootes bzw. des Sonars, wodurch das Sonar um eine Längsachse des Bootes geschwenkt wird, kann auch bei der nachträglichen Auswertung kompensiert werden, wenn die Abtastrichtung des Fächersonars etwa quer zur Längsrichtung des Bootes ausgerichtet ist. Dies wird unten stehend näher erläutert.

[0021] Ein Messboot, an dem die erfindungsgemäße Messeinheit angeordnet ist, kann im Vergleich zu herkömmlichen Messbooten relativ klein ausgebildet sein, wodurch es bei Wellen stärkeren Schwankungen als größere Boote unterliegen kann. Dies ist grundsätzlich nachteilig für das Abtasten des Untergrundes mit einem Sonar. Es hat sich jedoch in der Praxis gezeigt, dass, obwohl lediglich ein kleines Boot verwendet wird, das starken Schwankungen unterliegt, der Untergrund präziser als mit herkömmlichen Messbooten erfasst werden kann, da aufgrund der präzisen und eindeutigen Zuordnung der Ortsdaten, eine sehr präzise Korrektur beim Zusammensetzen der mit dem Sonar erfassten Daten des Untergrundes möglich ist.

[0022] Es handelt sich bei der Messeinheit um eine unabhängige Einheit, die an unterschiedlichen Messbooten oder auch anderen Plattformen befestigt werden kann und unabhängig von diesen transportiert werden kann. So kann die Messeinheit mechanisch an die jeweilige Plattform angekoppelt bzw. von dieser entkoppelt werden und ist elektronisch und informationstechnisch unabhängig davon.

[0023] Das Fächersonar kann ein Multi-Beam-Sonar sein, das mit mehreren Strahlen an Ultraschallwellen arbeitet. So kann gleichzeitig eine größere Fläche des Untergrundes abgetastet werden. Das Sonar kann je nach Tiefe eine Abtastfrequenz von 1 bis 60 Hz aufweisen. Eine Abtastzeile des Sonars ist vorzugsweise im Wesentlichen quer zur Längsrichtung des Messbootes ausgerichtet.

[0024] Die Ortssensoren dienen dazu die Position und die Fahrtrichtung des Messbootes zu bestimmen. Die Sensoren können beispielsweise satellitengestützte Sensoren, wie zum Beispiel GPS-Geräte, oder sonstige Sensoren, wie beispielsweise sonstige Funksignale empfangende und auswertende Sensoren, sein.

[0025] Die Ortssensoren können auch als passive oder aktive Reflektoren (Prismen) an der Messeinheit ausgebildet sein, die die Positionsermittlung mittels externen Messsystemen (z.B. Polarortungssysteme) ermöglichen. Diese Ortssensoren können somit mittels einer Winkel/Strecken-Messung von einer am Land angeordneten Basisstation abgetastet werden.

[0026] Das Sonar sowie auch die Ortssensoren sind am selben Messgerätekörper befestigt. Der Messgerätekörper ist kompakt und starr ausgebildet. So sind das Sonar und die Sensoren in unmittelbarer Nähe zueinander angeordnet und die kompakte und starre Ausgestaltung des Messgerätekörpers bewirkt einen starren örtlichen Bezug des Sonars zu den Sensoren. Hierdurch lassen sich die Positionsdaten, die von den Ortssensoren erfasst werden, unmittelbar auf die Position des Sonars übertragen und somit sehr exakt mit den Daten vom Sonar in Bezug setzen, wodurch die Genauigkeit der Vermessung des Untergrundes erhöht wird.

[0027] Mittels der Daten vom Sonar und den Informationen zur Position und Fahrtrichtung des Messbootes lässt sich ein Höhenprofil des Untergrundes erstellen. Die Daten vom Sonar und von den Sensoren können einerseits erst einmal nur als Rohdaten auf einem Speichermedium an Bord des Messbootes gespeichert werden und später ausgelesen und verarbeitet werden. Andererseits können die Daten direkt an Bord automatisch verarbeitet werden. So müssen später nur die Ergebnisse ausgelesen werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die aufgenommenen Daten in Echtzeit mittels drahtloser Datenkommunikation vom Messboot an eine Basisstation versendet werden, um dort entweder gespeichert oder direkt verarbeitet zu werden. Eine Kombination dieser Möglichkeiten ist ebenfalls möglich.

[0028] Bei durchgeführten Messungen der Erfinder hat sich gezeigt, dass sich durch die Anord-

nung des Sonars sowie der Sensoren am selben kompakten und starren Messgerätekörper die Ungenauigkeit der Messung von beispielsweise 5 cm auf 2 cm reduzieren lässt. Dies entspricht einer Verbesserung der Messgenauigkeit von 60%.

[0029] Das Sonar kann von dem bzw. den Ortssensoren nicht mehr als 1 m und insbesondere nicht mehr als 80 cm beabstandet sein.

[0030] Die Messeinheit ist vorzugsweise in einer Längsrichtung nicht größer als 2 m, insbesondere nicht größer als 1,5 m und vorzugsweise nicht größer als 1,2 m und vor allem nicht größer als 1 m ist und/oder ist in einer Querrichtung nicht größer als 1 m, insbesondere nicht größer als 0,8 m und vorzugsweise nicht größer als 0,6 m und vor allem nicht größer als 0,5 m.

[0031] Mit der Starrheit des Messgerätekörpers ist gemeint, dass der Messgerätekörper eine hohe Torsionsfestigkeit, sowie eine hohe Toleranz gegenüber Durchbiegungen, Verwindungen und Verwölbungen aufweist.

[0032] Ein beliebiger Punkt des Messgerätekörpers kann bei einem auf diesen Punkt wirkenden Drehmoment von 600 Nm bzw. von 1000 Nm bzw. von 1500 Nm eine maximale Durchbiegung von maximal 0,1° bezüglich einer Verbindungslinie zu einem weiteren beliebigen Punkt des Messgerätekörpers erfahren.

[0033] Der Messgerätekörper kann aus einem Faserverbundmaterial, insbesondere aus Carbon-Faserverbundmaterial, ausgebildet sein.

[0034] Ist der Messgerätekörper aus Carbon-Faserverbundmaterial ausgebildet, dann sind zum einen die Anforderungen an eine hohe Starrheit des Messgerätekörpers erfüllt. Außerdem weist Carbon-Faserverbundmaterial eine geringe Temperaturabhängigkeit auf, wodurch es sich bei Temperaturänderungen wenig ausdehnt bzw. zusammenzieht. Hierdurch bleibt der Messgerätekörper in seiner Form und Ausdehnung relativ konstant, sodass der Abstand vom Sonar zu den Sensoren ebenfalls konstant bleibt. Dies sorgt für präzise Messergebnisse.

[0035] Es kann vorgesehen sein, dass neben dem Messgerätekörper der gesamte Bootskörper des Messbootes aus einem Faserverbundmaterial, insbesondere aus Carbon-Faserverbundmaterial, ausgebildet sind. So ist das Messboot in seiner Gesamtheit leicht und trotzdem stabil ausgebildet.

[0036] Der Messgerätekörper kann einen sich etwa in Horizontalrichtung erstreckenden Träger aufweisen, an dem ein sich nach unten erstreckendes Schwert befestigt ist, an dessen unterem Ende das Sonar angeordnet ist.

[0037] Weist der Messgerätekörper einen sich etwa in Horizontalrichtung erstreckenden Träger auf, dann kann der Messgerätekörper mittels dem Träger durch eine Fixierung an zwei Punkten stabil am Messboot angebracht werden. Durch ein sich nach unten erstreckendes Schwert, das am Träger befestigt ist und an dessen unterem Ende das Sonar angeordnet ist, wird sichergestellt, dass sich das Sonar unter der Wasserlinie befindet. Eine Längsachse des Trägers kann in Längsrichtung des Messbootes oder in Querrichtung des Messbootes ausgerichtet sein.

[0038] Das Schwert ist parallel zur Fahrtrichtung des Messbootes angeordnet und trägt neben dem Niederhalten des Sonars zu einer Verminderung des Abdriftens des Bootes bei bzw. setzt es den Abdrift in Vortrieb um.

[0039] Am Träger kann das Schwert lösbar befestigt sein. Das Schwert und der Träger können Zentrierelemente aufweisen, sodass eine exakte Positionierung des Schwerts am Träger sichergestellt ist.

[0040] Die Zentrierelemente sind so ausgebildet, dass die Austauschbarkeit des Schwertes so präzise erfolgen kann, dass die Systemkalibrierung bzw. die Abstimmung von Sonar zu den Ortssensoren exakt beibehalten bleibt, wenn das Schwert 13 vom Träger 12 getrennt und mit diesem wieder verbunden wird. Die Messeinheit kann somit ausgetauscht werden, ohne dass eine neue Kalibrierung notwendig ist.

[0041] An den Enden des Trägers kann jeweils eine Antenne eines der beiden Ortssensoren

angeordnet sein.

[0042] Die Antennen der Ortssensoren sind vorzugsweise 0,5 m bzw. vorzugsweise 0,8 m bzw. vorzugsweise 1,1 m bzw. vorzugsweise 1,4 m bzw. vorzugsweise 1,7 m bzw. vorzugsweise 2 m voneinander beabstandet.

[0043] Sind die Antennen der beiden Ortssensoren jeweils an einem der Enden des horizontalen Trägers angeordnet, resultiert dies darin, dass sie beabstandet zueinander angeordnet sind und die Position der Messeinheit nicht in einem Punkt, sondern in zwei Punkten bzw. entlang einer Linie bestimmt wird. Die Linie wird durch den Träger ausgebildet. So kann einerseits die Position der Messeinheit durch eine Mittelwertbildung der zwei gemessenen Positionen und unter Berücksichtigung des Abstands der beiden Ortssensoren zueinander bestimmt werden. Die Positionsbestimmung auf Basis von Satellitennavigationsdaten ist absolut gesehen nicht sehr genau. Die relative Position der Messeinheit zwischen zwei Messungen oder nach definierten Zeitpunkten hingegen kann sehr genau bestimmt werden.

[0044] Andererseits erhält man durch die zwei Messpunkte eine zusätzliche Information über die Orientierung der Messeinheit und vor allen Dingen des Sonars. Es kann eine Bewegung der Messeinheit bzw. des Sonars um die vertikale Achse der Messeinheit erkannt werden. Zudem kann eine Drehung der Messeinheit um die eine der beiden Achsen, die senkrecht zum Träger verläuft, bestimmt werden.

[0045] Die Drehung der Messeinheit bzw. des Sonars um die vertikale Achse und die eine weitere Achse, die senkrecht zum Träger verläuft, kann aus folgenden Gründen sehr präzise erfasst werden:

1. Das Messen zweier Positionen an der Messeinheit, die voneinander beabstandet sind, ergibt eine präzise Messung der Drehung des Trägers.
2. Die starre und sehr kompakte Ausgestaltung des Messgerätekörpers, der den Träger und das Schwert mit dem daran angeordneten Sonar umfasst, bewirkt, dass es keine oder kaum Verwindungen des Schwerts gegenüber dem Träger gibt und die Drehung des Sonars sehr präzise aus der Drehung des Trägers bestimmt werden kann.

[0046] Durch das Erfassen der Drehung um die vertikale Achse kann bestimmt werden, wie weit eine Abtastzeile des Sonars gedreht wurde, und bei der Auswertung der Messdaten berücksichtigt werden.

[0047] Durch das Erfassen der Drehung um die senkrecht zum Träger stehende Achse kann hingegen bestimmt werden, wie weit eine Abtastzeile des Sonars bezüglich des Untergrunds verschoben wurde, und ebenfalls bei der Auswertung der Messdaten berücksichtigt werden.

[0048] Die Bewegung um die dritte Achse, die parallel zum Träger verläuft und dadurch nicht erfasst werden kann, entspricht vorzugsweise der Längsrichtung der Abtastzeile des Sonars, das den Untergrund zeilenförmig abtastet. Dadurch wird bei einem Schwanken der Messeinheit um diese dritte Achse die Abtastzeile des Sonars lediglich ein Stück in Längsrichtung der Abtastzeile verschoben, wobei der gleiche Bereich des Untergrundes in Längsrichtung der Abtastzeile ein Stück versetzt abgetastet wird. Dieser Versatz in Längsrichtung der Abtastzeile kann beim Zusammensetzen der einzelnen mit dem Sonar erfassten Zeileninformationen bzw. Zeilenbilder bei der Auswertung einfach korrigiert werden, indem die Profile der einzelnen Zeileninformationen bzw. Zeilenbilder zueinander ausgerichtet werden (SLAM - Simultaneous Localization and Mapping).

[0049] Das Messboot kann ein Katamaran mit zwei Schwimmkörpern sein, die mit zumindest zwei Querstreben miteinander verbunden sind, und der Messgerätekörper an den Querstreben befestigt ist. Bei dem Messboot kann es sich aber grundsätzlich um ein Boot mit einer beliebigen Rumpf- bzw. Bauform handeln.

[0050] Ein Katamaran ist aufgrund der zwei seitlich angeordneten Schwimmkörpern, die mittels der Querstreben miteinander verbunden sind, ein Zweirumpfbboot. Dies sorgt dafür, dass ein Katamaran einen geringeren Tiefgang hat und in der Folge einen geringeren Wasserwiderstand aufweist. Hierdurch ist er schneller. Durch die beabstandeten Schwimmkörper zeichnen sich Ka-

tamarane weiterhin dadurch aus, dass sie stabil auf dem Wasser liegen.

[0051] Im Falle des Katamarans umfasst der Bootskörper neben einem zentralen Grundkörper auch die Schwimmkörper und die Querstreben. Ist der Katamaran aus Carbon-Faserverbundmaterial ausgebildet, dann ist er in seiner Gesamtheit leicht und trotzdem stabil ausgebildet und kann noch schneller über das Wasser gleiten.

[0052] Das Messboot kann ein unbemanntes Boot sein, das eine maximale Länge von 2 m aufweist.

[0053] Das Messboot weist vorzugsweise eine Länge von zumindest 1 m bzw. zumindest 1,25 m bzw. zumindest 1,5 m und/oder eine Länge von höchstens 2 m bzw. höchstens 1,75 m bzw. höchstens 1,5 m auf.

[0054] Ein unbemanntes Boot bietet den Vorteil, dass es sehr viel kleiner und kompakter ausgebildet sein kann, als ein Boot auf dem noch eine Person Platz finden muss. Es muss nur genügend Platz für die Messinstrumente vorhanden sein und die Größe des Bootes kann einzig auf die Dimension der Messinstrumente, die man verwendet, abgestimmt sein.

[0055] Das Boot kann dauerhaft von einer Person oder nur per Computer ferngesteuert wird. So ist es möglich, dass sich das Boot vollständig autonom bewegt und das zu vermessende Gewässer vermisst. Die Position des Bootes wird über die Ortssensoren bestimmt. Eine Karte des zu vermessenden Gewässers kann beispielsweise über Satellitenbilder bereitgestellt werden.

[0056] Am Messgerätekörper kann ein Beschleunigungssensor bzw. ein Inertialsensor angeordnet ist.

[0057] Der Beschleunigungssensor bzw. Inertialsensor ist vorzugsweise am Messgerätekörper und unterhalb der Wasserlinie benachbart zum Sonar angeordnet.

[0058] Ist am Messgerätekörper zusätzlich ein Beschleunigungssensor bzw. ein Inertialsensor angeordnet, kann neben der Position auch die Geschwindigkeit des Bootes und die Beschleunigung, die das Boot erfährt, erfasst werden.

[0059] Weiterhin ist ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Abtasten des Untergrunds eines Gewässers mit einer vorstehend erläuterten Messeinheit an einem Messboot vorgesehen. Hierbei wird das Messboot an der Wasseroberfläche verfahren, wobei mit dem Sonar der Untergrund abgetastet wird und gleichzeitig mittels der Ortssensoren die Position und Richtung des Messbootes erfasst werden, sodass die Position des Sonars bestimmt wird, womit die mit dem Sonar erfassten Daten des Untergrundes zusammengefügt werden können.

[0060] Weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der Beschreibung und dem beispielhaften Ausführungsbeispiel ersichtlich, das in den beigefügten Figuren dargestellt ist. Diese zeigen in:

[0061] Figur 1 eine schematische Darstellung eines Messbootes in einer Ansicht von vorne, und in

[0062] Figur 2 eine schematische Darstellung eines Trägers des Messbootes aus Figur 1 in einer seitlichen Ansicht.

[0063] Im Folgenden wird eine Messeinheit 20 für ein Messboot 1 zum Abtasten eines Untergrunds 2 eines Gewässers 3 gemäß eines Ausführungsbeispiels der Erfindung näher beschrieben (Fig. 1 und 2). Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Messeinheit 20 an einem Messboot 1 angeordnet, wobei das Messboot 1 ein unbemannter Katamaran ist.

[0064] Das Messboot 1 weist eine Länge von zumindest 1 m bzw. zumindest 1,25 m bzw. zumindest 1,5 m und/oder eine Länge von höchstens 2 m bzw. höchstens 1,75 m bzw. höchstens 1,5 m auf.

[0065] Das Messboot 1 umfasst einen im Wesentlichen langgestreckten Mittelkörper 4, der in Längsrichtung des Messbootes 1 ausgerichtet ist, mit einer Längsachse 5 und einer Querachse 6. Der Mittelkörper 4 ist aerodynamisch geformt, sodass er einen möglichst geringen Luftwider-

stand aufweist. Eine Ebene, in der die Längsachse 5 und die Querachse 6 liegen wird im Folgenden als Bootebene bezeichnet und ist die Ebene, die bei ruhigem Wasser horizontal und damit parallel zur Wasseroberfläche verläuft.

[0066] Der Mittelkörper 4 weist an seiner unteren, dem Gewässer 3 zugeneigten, Seite zwei parallel zur Querachse 6 des Mittelkörpers 4 verlaufende Querstreben 7 auf. Die Querstreben 7 sind in Längsrichtung des Messbootes 1 beabstandet zueinander angeordnet, wobei eine der Querstreben 7 in einem in etwa vorderen Bereich des Mittelkörpers 4 und die andere Querstrebe 7 in einem in etwa hinteren Bereich des Mittelkörpers 4 angeordnet ist. Die Querstreben 7 sind fest mit dem Mittelkörper 4 verbunden.

[0067] An den Enden der Querstreben 7 ist zu beiden Seiten des Mittelkörpers 4 jeweils ein langgestreckter Schwimmkörper 8 angeordnet, wie es bei einem Katamaran üblich ist. Die Schwimmkörper 8 sind jeweils fest mit beiden Querstreben 7 verbunden und so angeordnet, dass sie sich bei einer glatten Wasseroberfläche etwas oberhalb der Wasseroberfläche befinden. Die Längsachsen der Schwimmkörper 8 sind parallel zur Längsachse 5 des Mittelkörpers 4 ausgerichtet. Die Schwimmkörper 8 sind der Teil des Messbootes 1, der mit dem Wasser in Kontakt steht, und weisen eine Wasserlinie 9 auf, bis zu der sie sich bei regulärem Betrieb im Wasser befinden. Die Schwimmkörper 8 sind hydrodynamisch geformt, sodass sie einen möglichst geringen Wasserwiderstand aufweisen.

[0068] Der Mittelkörper 4, die Querstreben 7 und die Schwimmkörper 8 bilden zusammen einen Bootskörper 10 aus.

[0069] An den Querstreben 7 und zu einer Seite des Mittelkörpers 4 und etwas beabstandet zu diesem ist ein Messgerätekörper 11 am Messboot 1 angeordnet. Hierfür weist der Messgerätekörper 11 einen sich in Horizontalrichtung erstreckenden Träger 12 auf, wobei der Träger 12 mit zumindest einer der Querstreben 7 verbunden ist. Die Verbindung zwischen dem Träger 12 und zumindest einer der Querstreben 7 kann Toleranzen bezüglich der Beweglichkeit des Trägers 12 an der Querstrebe 7 aufweisen. Der Träger 12 ist lösbar mit der zumindest einen Querstrebe 7 verbunden.

[0070] An dem Träger 12 ist ein sich nach unten erstreckendes Schwert 13 befestigt. An einem unteren Ende des Schwerts 13 ist ein Sonar 14 angeordnet. Die Länge des Schwerts 13 ist so bemessen dass sich das Sonar 14 im normalen Betrieb dauerhaft unterhalb der Wasserlinie 9 befindet. Das Sonar 14 ist zum Aussenden und Detektieren von Ultraschallwellen 15 ausgebildet, um den Untergrund 2 abzutasten. Das Sonar 14 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein Fächersonar, das zum zeilenförmigen Abtasten des Untergrunds 2 ausgebildet ist, wobei eine entsprechende Abtastzeile quer zur Längsachse 5 des Messbootes 1 ausgerichtet ist. Das Sonar 14 kann dabei mit seiner Abtastrichtung in Richtung zum Untergrund 2 senkrecht zur Bootebene oder unter einem vorbestimmten Winkel relativ zur Senkrechten zur Bootebene ausgerichtet sein.

[0071] Der Messgerätekörper 11 ist starr ausgebildet. Mit Starrheit ist gemeint, dass der Messgerätekörper 11 eine hohe Torsionsfestigkeit, sowie eine hohe Toleranz gegenüber Durchbiegungen, Verwindungen und Verwölbungen aufweist.

[0072] Ein beliebiger Punkt des Messgerätekörpers 11 kann bei einem auf diesen Punkt wirkenden Drehmoment von 600 Nm bzw. von 1000 Nm bzw. von 1500 Nm eine maximale Durchbiegung von maximal $0,1^\circ$ bezüglich einer Verbindungslinie zu einem weiteren beliebigen Punkt des Messgerätekörpers 11 erfahren.

[0073] Der Bootskörper 10 und der Messgerätekörper 11 sind vorzugsweise aus Carbon-Faserverbundmaterial ausgebildet. So sind sie stabil und gleichzeitig leicht.

[0074] Direkt angrenzend an das Sonar 14 ist ein Bewegungssensor 21 am Sonar 14 angeordnet. Die Verbindung zwischen dem Bewegungssensor 21 und dem Sonar 14 ist fest und starr. Der Bewegungssensor 21 kann auch in das Sonar 14 integriert sein. Mit dem Bewegungssensor 21 kann die Orientierung des Sonars 14 entlang der drei Raumrichtungen erfasst werden. Dies umfasst eine Drehung des Messbootes 1 und des Sonars 14 um eine vertikale Achse 19 (Gieren), eine Neigung des Messbootes 1 um seine Längsachse 5 (Rollen) und eine Neigung des Mess-

bootes 1 um sein Querachse 6 (Stampfen).

[0075] Grundsätzlich kann das Gieren, das Stampfen und das Rollen des Messbootes 1 mithilfe des Bewegungssensors 21 am Sonar 14 erfasst werden. Ein solcher im Sonar 14 integrierter Bewegungssensor 21 unterliegt jedoch immer einem gewissen Drift, sodass insbesondere das Gieren auf Dauer unzureichend zur Auswertung der Sonardaten erfasst wird. So ist der Drehwinkel des Messbootes 1 um die vertikale Achse 19 die größte Fehlerquelle bei der Vermessung des Untergrunds 2. Die vom Bewegungssensor 21 am Sonar 14 erfassten Daten werden mit zunehmender Dauer der Messung und der Fahrt des Messbootes 1 auf dem Wasser mit einem immer größer werdenden Fehler behaftet.

[0076] Der Messgerätekörper 11 weist zwei Ortssensoren auf. Die Ortssensoren umfassen jeweils eine Antenne 17. Je eine der Antennen 17 ist an einem der Enden des Trägers 12 in einer dafür vorgesehenen Antennenkammer 16 angeordnet. Die Antennenkammern 16 umschließen die Antennen 17, sodass diese vor äußeren Einflüssen geschützt sind und nicht mit Wasser in Kontakt geraten, auch wenn das Messboot 1 bis zum Träger 12 ins Wasser eintauchen sollte. Die Antennen 17 dienen zum Empfangen von Daten zur Positionsbestimmung des Messbootes 1. Dies können beispielsweise GPS-Daten oder Daten anderer Satellitennavigationssysteme oder anderer Funknavigationssysteme, insbesondere Richtfunknavigationssysteme, sein. Anstelle der zwei Ortssensoren mit jeweils einer Antenne 17, kann auch ein Ortssensor mit zwei Antennen 17 vorgesehen sein, die an den Enden des Trägers 12 in den Antennenkammern 16 angeordnet sind.

[0077] Die Antennen 17 der Ortssensoren sind vorzugsweise 0,5 m bzw. vorzugsweise 0,8 m bzw. vorzugsweise 1,1 m bzw. vorzugsweise 1,4 m bzw. vorzugsweise 1,7 m bzw. vorzugsweise 2 m voneinander entfernt.

[0078] Durch ein Zusammenfügen der Daten des Sonars 14 und der Daten zur Positionsbestimmung des Messbootes 1 kann ein Höhenprofil des Gewässers 3 erhalten werden.

[0079] Der Messgerätekörper 11 mit dem Träger 12 und dem am Schwert 13 angeordneten Sonar 14 bildet zusammen mit den Ortssensoren die Messeinheit 20 aus. Es handelt sich somit bei der Messeinheit 20 um eine unabhängige Einheit, die an unterschiedlichen Messbooten oder auch anderen Plattformen befestigt werden kann und unabhängig von diesen transportiert werden kann. So kann die Messeinheit 20 mechanisch an die jeweilige Plattform angekoppelt bzw. von dieser entkoppelt werden und ist elektronisch und informationstechnisch unabhängig davon.

[0080] Das Schwert 13 und der Träger 12 weisen Zentrierelemente (nicht dargestellt) auf, sodass eine exakte Positionierung des Schwerts 13 am Träger 12 sichergestellt ist.

[0081] Die Zentrierelemente sind so ausgebildet, dass die Austauschbarkeit des Schwertes 13 so präzise erfolgen kann, dass die Systemkalibrierung bzw. die Abstimmung von Sonar 14 und den Ortssensoren exakt beibehalten bleibt. Die Messeinheit 20 kann somit ausgetauscht werden, ohne dass eine neue Kalibrierung notwendig ist.

[0082] Da die Antennen 17 beabstandet zueinander angeordnet sind, wird die Position des Messbootes 1 mittels der zwei Ortssensoren an zwei unterschiedlichen Orten bestimmt.

[0083] So kann die Position des Messbootes 1 durch eine Mittelwertbildung der zwei gemessenen Positionen und unter Berücksichtigung des Abstands der beiden Antennen 17 zueinander bestimmt werden. Die Positionsbestimmung auf Basis von Satellitennavigationsdaten ist absolut gesehen nicht sehr genau. Die relative Position des Messbootes 1 zwischen zwei Messungen oder nach definierten Zeitpunkten hingegen kann sehr genau bestimmt werden.

[0084] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die in Horizontalrichtung voneinander beabstandeten Antennen 17 der beiden Ortssensoren in Längsrichtung der Messbootes 1 voneinander beabstandet angeordnet. So kann mittels der Ortssensoren zum einen eine Drehung des Messbootes 1 um eine vertikale Achse 19 des Messbootes 1 (Gieren) sehr präzise bestimmt werden. Eine solche Drehung erfährt das Messboot 1 durch Wellen und das unruhige Gewässer. Beim Drehen des Messbootes 1 um die vertikale Achse 19 wird das Sonar 14 entsprechend gedreht

und die Abtastzeile des Sonars 14 wird bezüglich des Untergrundes 2 dementsprechend ein Stück gedreht und tastet den Untergrund 2 unter einem anderen Winkel ab. Zum anderen kann bei dieser Anordnung der Ortssensoren eine Drehung des Messbootes 1 um die Querachse 6 (Stampfen) bestimmt werden. Bei solch einer Drehung wird die Abtastzeile des Sonars 14 bezüglich des Untergrundes 2 ein Stück nach vorne oder hinten verschoben.

[0085] Die mittels der Ortssensoren präzise bestimmten Drehungen des Messbootes 1 um die vertikale Achse 19 und um die Querachse 6 können zusätzlich zu den vom Bewegungssensor 21 am Sonar 14 bestimmten Drehungen bei der späteren Auswertung der vom Sonar 14 gemessenen Daten berücksichtigt werden, wodurch eine präzise Korrektur beim Zusammensetzen der mit dem Sonar 14 erfassten Daten des Untergrundes 2 möglich ist.

[0086] Das Messboot 1 schwankt bei Wellen selbstverständlich auch um seine Längsachse 5 (Rollen). Mittels der Ortssensoren kann diese Drehung um die Längsachse jedoch nicht bestimmt werden. Ein Schwanken des Messbootes 1 um seine Längsachse 5 sorgt dafür, dass die Abtastzeile des Sonars 14 in Querrichtung des Messbootes 1 ein Stück verschoben wird.

[0087] Die Querrichtung des Messbootes 1 entspricht jedoch der Längsrichtung der Abtastzeile, womit beim Schwenken des Messbootes 1 alleine um die Längsachse 5 der gleiche Bereich des Untergrundes 2 in Längsrichtung der Abtastzeile ein Stück versetzt abgetastet wird. Dieser Versatz in Längsrichtung der Abtastzeile kann beim Zusammensetzen der einzelnen mit dem Sonar 14 erfassten Zeileninformationen bzw. Zeilenbilder einfach korrigiert werden, indem die Profile der einzelnen Zeileninformationen bzw. Zeilenbilder zueinander ausgerichtet werden (SLAM - Simultaneous Localization and Mapping). Die durch ein Schwenken um die Längsachse 5 des Messbootes 1 verursachten Abweichungen der mit dem Sonar 14 erfassten Daten kann somit sehr einfach und präzise beim Zusammensetzen der einzelnen Zeileninformationen bzw. Zeilenbilder mittels entsprechender Software korrigiert werden.

[0088] Dies gilt nicht für ein Schwenken des Messbootes 1 um die vertikale Achse 19 bzw. die Querachse 6. Der Drehwinkel des Messbootes 1 um die vertikale Achse 19 ist daher die größte Fehlerquelle bei der Vermessung des Untergrundes 2, da insbesondere wenn man sich vom Lotpunkt unter dem Sonar 14 entlang der Abtastzeile nach außen bewegt, der Fehler, den eine Abtastzeile der Sonars 14 unter einem vorbestimmten Winkel bei einer Drehung des Messbootes 1 um die vertikale Achse 19 erfährt, immer größer wird.

[0089] Mit dem Messboot 1 gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird der Drehwinkel des Messbootes 1 und damit des Sonars 14 um die vertikale Achse 19 und eine Drehung des Messbootes 1 um die Querachse 6 aus folgenden Gründen sehr präzise erfasst:

1. Das Messen zweier Positionen am Messboot 1, die voneinander beabstandet sind, ergibt eine präzise Messung der Drehungen des Trägers 12.
2. Die starre und sehr kompakte Ausgestaltung des aus dem Träger 12 und dem das Sonar 14 tragenden Schwerts 13 bestehenden Messgerätekörpers 11 bewirkt, dass es keine oder kaum Verwindungen des Schwerts 13 gegenüber dem Träger 12 gibt und die Drehung des Sonars 14 sehr präzise aus der Drehung des Trägers 12 bestimmt werden kann.

[0090] Die Kompaktheit des Messgerätekörpers 11, der in Längsrichtung nicht größer als 2 m, insbesondere nicht größer als 1,5 m und vorzugsweise nicht größer als 1,2 m und vor allem nicht größer als 1 m ist und/oder in Vertikalrichtung zur Bootebene nicht größer als 1 m, insbesondere nicht größer als 0,8 m und vorzugsweise nicht größer als 0,6 m und vor allem nicht größer als 0,5 m ist, bewirkt einen starren örtlichen Bezug des Sonars 14 zu den Ortssensoren. Dies wird durch die starre Ausbildung des Trägers 12 und des Schwerts 13 noch weiter unterstützt.

[0091] In einem zentralen Bereich des Trägers 12, an dem das Schwert 13 am Träger 12 befestigt ist, ist innerhalb des Trägers 12 eine Datenverarbeitungseinrichtung 18 vorgesehen. Die Datenverarbeitungseinrichtung 18 ist mit dem Sonar 14 und den Antennen 17 jeweils mit Datenleitungen verbunden, um deren Daten einzulesen und zu verarbeiten.

[0092] Die Daten vom Sonar 14 und von den Sensoren können einerseits erst einmal nur als Rohdaten auf einem Speichermedium an Bord des Messbootes 1 gespeichert werden und später

ausgelesen und verarbeitet werden. Andererseits können die Daten direkt an Bord automatisch verarbeitet werden. So müssen später nur die Ergebnisse ausgelesen werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die aufgenommenen Daten in Echtzeit mittels drahtloser Datenkommunikation, beispielsweise mittels dem Mobilfunknetz, vom Messboot 1 an eine Basisstation (nicht dargestellt) versendet werden, um dort entweder gespeichert oder direkt verarbeitet zu werden. Hierfür kann eine Antenneneinrichtung 22 im Bereich der Datenverarbeitungseinrichtung 18 am Träger 12 vorgesehen sein. Eine Kombination dieser Möglichkeiten ist ebenfalls möglich.

[0093] Eine weitere Ausführungsform wird im Folgenden erläutert. Gleiche Teile besitzen weiterhin gleiche Bezugszeichen. Außerdem gelten die obigen Erläuterungen gleichermaßen für die entsprechenden Teile der weiteren Ausführungsform. Die weitere Ausführungsform unterscheidet sich von der vorherigen Ausführungsform dahingehend, dass kein Bewegungssensor 21 am Sonar 14 vorgesehen ist.

[0094] Bei dieser Ausführungsform ist es zweckmäßig, dass die in Horizontalrichtung voneinander beabstandeten Antennen 17 der beiden Ortssensoren in Längsrichtung der Messbootes 1 voneinander beabstandet angeordnet. So kann mittels der Ortssensoren die Drehung des Messbootes 1 um die vertikale Achse 19 und die Drehung des Messbootes 1 um die Querachse 6 bestimmt werden.

[0095] Weiterhin ist es zweckmäßig, dass die Längsrichtung der Abtastzeile des Sonars 14 der Querrichtung des Messbootes 1 entspricht. So kann das Drehen des Messbootes 1 um die Längsachse 5 (Rollen), das aufgrund der in Längsrichtung beabstandeten Ortssensoren nicht von diesen erfasst werden kann, berücksichtigt werden, indem der dadurch entstehende Versatz in Längsrichtung der Abtastzeile beim Zusammensetzen der einzelnen mit dem Sonar 14 erfassten Zeileninformationen bzw. Zeilenbilder korrigiert wird, indem die Profile der einzelnen Zeileninformationen bzw. Zeilenbilder zueinander ausgerichtet werden, wie es oben erläutert ist (SLAM - Simultaneous Localization and Mapping).

[0096] Weiterhin ist ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Abtasten eines Untergrunds 2 eines Gewässers 3 mit einer vorstehend anhand des Ausführungsbeispiels erläuterten Messeinheit 20 an einem Messboot 1 vorgesehen.

[0097] Das Messboot 1 wird auf dem Gewässer 3 bereitgestellt. Das Messboot 1 wird an der Wasseroberfläche des Gewässers 3 verfahren. Dies kann ferngesteuert oder autonom geschehen.

[0098] Während des Fahrens des Messbootes 1 auf der Wasseroberfläche des Gewässers 3 werden mittels eines Sonars 14 Ultraschallwellen 15 ausgesendet und wieder detektiert. So wird mittels dem Sonar 14 der Untergrund 2 abgetastet und es werden Daten zum Höhenprofil des Untergrunds 2 gesammelt. Das Sonar 14 ist zum zeilenförmigen Abtasten des Untergrunds 2 ausgebildet, wobei eine entsprechende Abtastzeile quer zu einer Längsachse 5 des Messbootes 1 ausgerichtet ist.

[0099] Gleichzeitig wird mittels Ortssensoren die Position des Messbootes 1 erfasst. Dies geschieht vorzugsweise über GPS-Signale oder Signale anderer Satellitennavigationssysteme oder anderer Funknavigationssysteme, insbesondere Richtfunknavigationssysteme.

[00100] Die Daten vom Sonar 14 und von den Ortssensoren können dann zusammengefügt werden, um ein ortsgenaueres Höhenprofil des Untergrunds 2 des Gewässers 3 zu erhalten.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Messboot
- 2 Untergrund
- 3 Gewässer
- 4 Mittelkörper
- 5 Längsachse
- 6 Querachse
- 7 Querstrebe
- 8 Schwimmkörper
- 9 Wasserlinie
- 10 Bootskörper
- 11 Messgerätekörper
- 12 Träger
- 13 Schwert
- 14 Sonar
- 15 Ultraschallwellen
- 16 Antennenkammer
- 17 Antenne
- 18 Datenverarbeitungseinrichtung
- 19 vertikale Achse
- 20 Messeinheit
- 21 Bewegungssensor
- 22 Antenneneinrichtung

Patentansprüche

1. Messeinheit (20) für ein Messboot (1) zum Abtasten eines Untergrunds (2) eines Gewässers (3), umfassend
einen Messgerätekörper (11) mit einem Sonar (14) zum Abtasten des Untergrunds (2) und einen Ortssensor zum Bestimmen des Ortes der Messeinheit (20),
wobei das Sonar (14) bezüglich des Ortssensors unterhalb des Ortssensors angeordnet ist, sodass der Ortssensor bei Benutzung über einer Wasserlinie (9) und das Sonar (14) unterhalb der Wasserlinie (9) angeordnet werden können, und
wobei das Sonar (14) ein Fächersonar ist, das den Untergrund (2) entlang einer Linie abtastet,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest zwei in Horizontalrichtung beabstandet voneinander angeordnete Ortssensoren zum Messen der Drehung der Messeinheit (20) um eine vertikale Achse (19) der Messeinheit (20) vorgesehen sind.
2. Messeinheit (20) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass das Sonar (14) von den Ortssensoren nicht mehr als 1 m und insbesondere nicht mehr als 80 cm beabstandet ist.
3. Messeinheit (20) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein beliebiger Punkt des Messgerätekörpers (11) bei einem auf diesen Punkt wirkenden Drehmoment von 600 Nm bzw. von 1000 Nm bzw. von 1500 Nm eine maximale Durchbiegung von maximal $0,1^\circ$ bezüglich einer Verbindungslinie zu einem weiteren beliebigen Punkt des Messgerätekörpers (11) erfährt.
4. Messeinheit (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Messgerätekörper (11) aus einem Faserverbundmaterial, insbesondere aus Carbon-Faserverbundmaterial, ausgebildet ist.
5. Messeinheit (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Messgerätekörper (11) einen sich etwa in Horizontalrichtung erstreckenden Träger (12) aufweist, an welchem ein sich nach unten erstreckendes Schwert (13) befestigt ist, an dessen unterem Ende das Sonar (14) angeordnet ist.
6. Messeinheit (20) nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Schwert (13) lösbar am Träger (12) befestigt ist.
7. Messeinheit (20) nach Anspruch 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Schwert (13) und der Träger (12) Zentrierelemente aufweisen, sodass eine exakte Positionierung des Schwerts (13) am Träger (12) sichergestellt ist.
8. Messeinheit (20) nach einem der Ansprüche 5 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass an den Enden des Trägers (12) jeweils eine Antenne (17) eines der beiden Ortssensoren angeordnet ist.
9. Messeinheit (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Messboot (1) ein Katamaran mit zwei Schwimmkörpern (8) ist, welche mit zumindest zwei Querstreben (7) miteinander verbunden sind, und der Messgerätekörper (11) an den Querstreben (7) befestigt ist.

10. Messeinheit (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Messboot (1) ein unbemanntes Boot ist, das eine maximale Länge von 2 m aufweist.
11. Messeinheit (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass am Messgerätekörper (11) ein Beschleunigungssensor bzw. ein Inertialsensor angeordnet ist.
12. Verfahren zum Abtasten eines Untergrunds (2) eines Gewässers (3), wobei eine Messeinheit (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 verwendet wird, wobei mit einem Sonar (14) der Untergrund (2) abgetastet wird und gleichzeitig mittels Ortssensoren die Position und Richtung der Messeinheit (20) erfasst wird, sodass die Position des Sonars (14) bestimmt wird, womit die mit dem Sonar (14) erfassten Daten des Untergrundes (2) zusammengefügt werden können.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

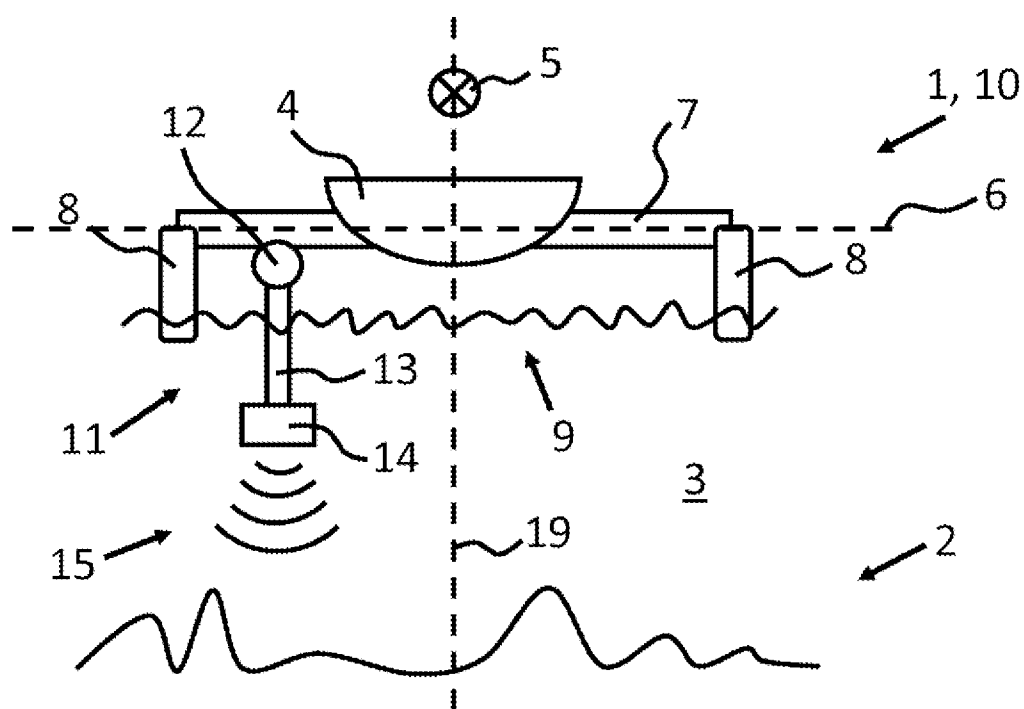


Fig. 1

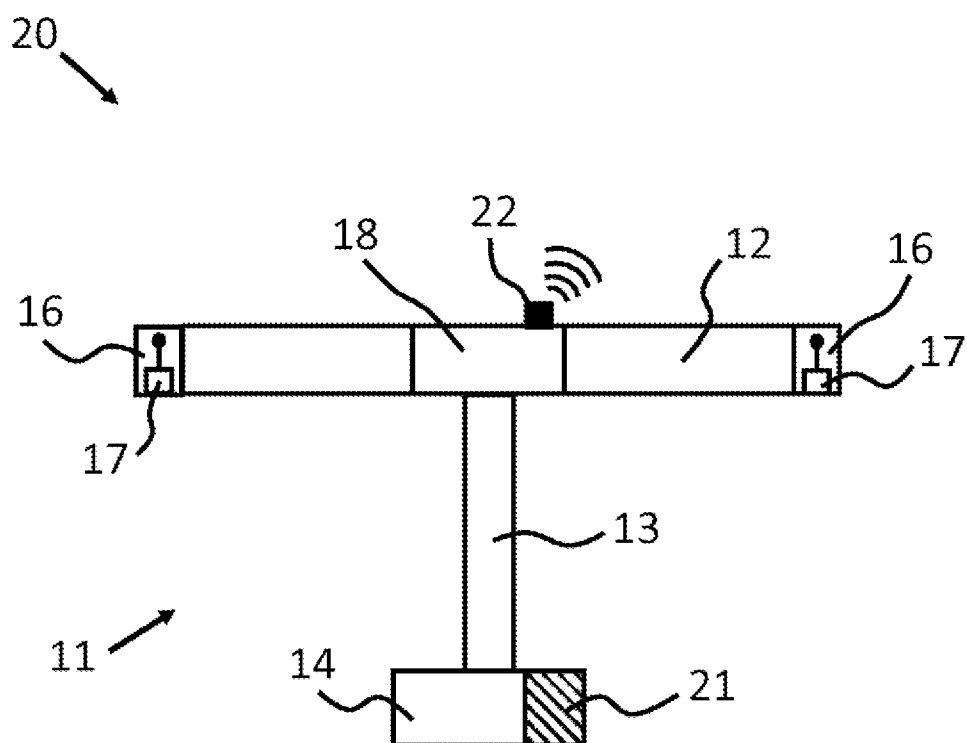


Fig. 2