

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
31. März 2011 (31.03.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2011/036012 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**G01S 7/52** (2006.01) **G01S 15/88** (2006.01)  
**G01S 7/54** (2006.01)

(74) Anwalt: **WASILJEFF, Johannes M.B.**; Jabbusch Siekmann & Wasiljeff, Otto-Lilienthal-Straße 25, 28199 Bremen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/062346

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. August 2010 (24.08.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2009 042 970.0  
24. September 2009 (24.09.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ATLAS ELEKTRONIK GMBH** [DE/DE]; Sebaldsbrücker Heerstraße 235, 28309 Bremen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FREKING, Benno** [DE/DE]; Dunantstraße 24, 28844 Weyhe-Leeste (DE).

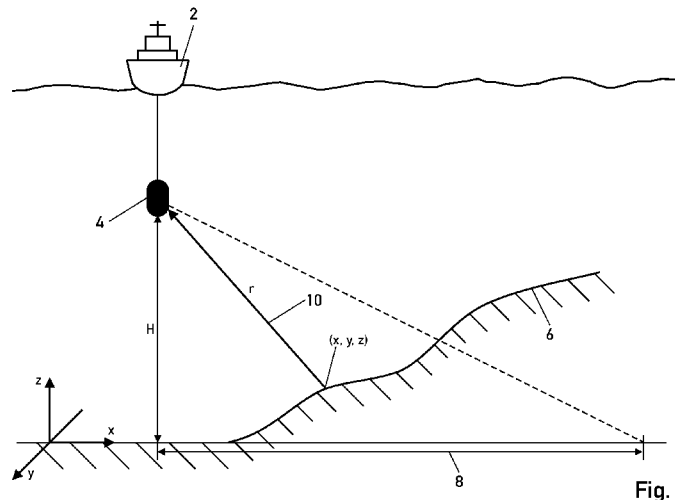
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING A PROFILE OF THE GROUND

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM VERMESSEN EINES BODENPROFILS



(57) Abstract: The invention relates to a method for measuring a profile 6 of the ground by means of a transmitting arrangement 20, which is attached to a watercraft 2, for the directed emission of sound signals into an underwater area 8 and by means of a receiving arrangement 28 comprising at least two transducers for receiving sound waves reflected by the profile 6 of the ground. The transmitting arrangement 20 successively emits a sound signal with a plurality N of predefined frequencies that are different from one another, parts of said sound signal reflected by the profile 6 of the ground being received by means of the receiving arrangement 28. A phase difference  $\Delta\phi$  as well as the path differences resulting therefrom of the received sound waves between two transducers are ascertained for a plurality of predefined sampling times and for the N frequencies. A data density is ascertained from the number of the path differences within a predefined region 84, and the region 84 in which the data density is maximal is selected. A coordinate of incidence on the profile 6 of the ground is determined from the path difference corresponding to said region 84. The invention further relates to a device for carrying out such a method.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2011/036012 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— mit geänderten Ansprüchen gemäss Artikel 19 Absatz 1

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vermessen eines Bodenprofils 6 mittels einer an einem Wasserfahrzeug 2 angebrachten Sendeanordnung 20 zum gerichteten Abstrahlen von Schallsignalen in ein Unterwasserareal 8 und einer Empfangsanordnung 28 mit wenigstens zwei Wandlern zum Empfangen der vom Bodenprofil 6 reflektierten Schallwellen. Die Sendeanordnung 20 strahlt nacheinander mit einer Mehrzahl N vorbestimmter, voneinander verschiedener Frequenzen ein Schallsignal aus, dessen vom Bodenprofil 6 reflektierte Anteile mittels der Empfangsanordnung 28 empfangen werden. Für eine Vielzahl vorbestimmter Abtastzeitpunkte und für die N Frequenzen werden sowohl eine Phasendifferenz  $\Delta\phi$  als auch die daraus resultierenden Gangunterschiede der empfangenen Schallwellen zwischen zwei Wandler ermittelt. Aus der Anzahl der Gangunterschiede innerhalb eines vorbestimmten Bereiches 84 wird eine Datendichte ermittelt und derjenige Bereich 84 ausgewählt, in dem die Datendichte maximal wird. Aus dem zu diesem Bereich 84 gehörenden Gangunterschied wird eine Auftreffkoordinate des Bodenprofils 6 ermittelt. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zum Durchführen eines derartigen Verfahrens.

## Verfahren und Vorrichtung zum Vermessen eines Bodenprofils

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vermessen eines Bodenprofils mittels einer an einem Wasserfahrzeug angebrachten akustischen Sende- und Empfangsanordnung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art sowie eine Vorrichtung zum Ausführen des Verfahrens gemäß Anspruch 6.

5

Die Erfindung wird primär zur Vermessung eines Bodenprofils innerhalb eines vorbestimmten Unterwasserareals angewandt. Herkömmlicherweise werden zur Vermessung eines Bodenprofils innerhalb eines vorbestimmten Unterwasserareals sog. Fächerlotsysteme eingesetzt. Sie erfassen meist einen bis zu 150 Grad großen Winkelsektor quer zur Fahrtrichtung und vermessen diesen im Wesentlichen gleichzeitig. Dazu werden Schallimpulse ausgesendet, welche nach Reflexion an einem Objekt bzw. dem Gewässergrund als Echos mittels der Empfangsanordnung richtungsselektiv empfangen werden. Durch eine im Rahmen einer sog. Richtungsbildung durchgeführten elektronischen Signalverarbeitung einzelner Empfangssignale der Wandler der Empfangsanordnung wird erreicht, dass die Empfangsanordnung in dem vorbestimmten Unterwasserareal einen Fächer von einer Vielzahl gegeneinander verschwenkter Richtcharakteristiken aufweist.

Um bei der Vermessung des Bodenprofils genaue Details der Bodenstruktur oder versunkener Objekte sichtbar zu machen, wird eine hohe Winkelauflösung gefordert. Herkömmlicherweise wird eine hohe Winkelauflösung durch Bündelung der Richtcharakteristik beim Senden und/oder Empfangen erreicht. Eine übliche Maßnahme besteht darin, die Abmessung der Sende- und/oder Empfangsanordnung zu vergrößern, um den Öffnungswinkel ihrer Richtcharakteristik zu verklei-

25

nern. Diese Methode setzt jedoch große Wandlerbasen voraus und ist daher sehr kostenintensiv.

5 Neben dem o.g. Verfahren mittels großer Wandlerbasen als Empfangsanordnung, deren Auflösung durch ihre Bauart beschränkt ist, sind auch sog. hochauflösende Verfahren zur Winkelbestimmung bekannt. Zu diesen Verfahren zählt unter anderem das MUSIC (Multiple Signal Classification)-Verfahren. Die Genauigkeit der Ergebnisse ist jedoch auch bei diesen Verfahren abhängig von der Wandleranzahl der Empfangsanordnung. Je mehr Wandler die Empfangsanordnung besitzt und je länger der verarbeitende Signalblock ist, desto genauer sind  
10 die Ergebnisse. Der Nachteil dieser Verfahren liegt zudem in ihrem Rechenaufwand, der einen Einsatz in Echtzeitsystemen erschwert.

Alternativ sind Sonarsysteme mit interferometrischer Technik bekannt, um die  
15 Auflösung bei der Vermessung des Bodenprofils zu erhöhen. Sie verwenden eine interferometrische Signalverarbeitung mit bspw. einer Differenzphasenmessung. In dem Artikel „Signal Processing Strategies for a Bathymetric Sidescan Sonar“ von Philip N. Denbigh aus IEEE Journal of Oceanic Engineering, 19(3): 382–390, July 1994 sind Prinzipien der direkten Phasendifferenzmessung in in-  
20 terferometrischen Systemen näher beschrieben. Dazu wird eine zweite, unabhängig von der ersten arbeitende Empfangsantenne benötigt. Diese liefert ein weiteres Empfangssignal, welches durch die unterschiedlichen Entfernungen zum Objekt ein zur ersten Antenne zeitverzögertes Signal liefert. Eine gemessene Phasenverschiebung zwischen den Empfangssignalen der verschiedenen  
25 Antennen ist jedoch mehrdeutig. Lediglich bei einem Abstand der Antennen kleiner als  $\lambda/2$  ist die gemessene Phasendifferenz eindeutig. Herkömmlicherweise wird bei direkter Phasendifferenzmessung ein Sonarsystem mit 3 bis 4 Empfangsantennen verwendet. Damit stehen drei Phasendifferenzen zur Verfügung, die dazu verwendet werden, die gemessenen Phasen zu korrigieren. Der Nach-  
30 teil dieses Verfahrens ist der ebenfalls hohe Aufwand an Antennen.

GB 2 197 952 zeigt ein Echolotsystem zur Vermessung eines Gewässergrundes, bei dem ein Bereich des Gewässergrundes mit einem akustischen Signal be-

leuchtet wird, dessen Energie mittels zwei Wandlern empfangen wird. Eine relative Phase der beiden Wandlerausgangssignale zeigt eine Richtung des Bodenkpunktes an, von dem das Echo empfangen wird. Allerdings entstehen Mehrdeutigkeiten bei einer derartigen Richtungsbestimmung in Abhängigkeit vom Abstand der Wandler. Durch die Verwendung von Sendesignalen mit zwei oder mehr Frequenzen wird diese Mehrdeutigkeit aufgelöst, denn bei einer Verwendung von bspw. zwei verschiedenen Frequenzen entstehen auch zwei verschiedene charakteristische Keulenmuster. Idealerweise stimmen lediglich die Hauptkeulen der jeweiligen Muster überein, wodurch sich die zuvor erwähnten Mehrdeutigkeiten bei der Winkelbestimmung auflösen lassen.

EP 1 793 243 A1 zeigt ein weiteres Verfahren zur Auflösung von Phasenmehrdeutigkeiten. Dabei wird zur Ermittlung von Entfernungsinformation mittels eines Phasenmessprinzips ein Signal mit wenigstens zwei verschiedenen Wellenlängen ausgesandt und deren Reflektion empfangen sowie die zugehörigen Phasen ermittelt. Zur Auflösung von Phasenmehrdeutigkeiten wird ein Mehrdeutigkeitsintervall in Zellen definierter Breite diskretisiert. Jeder Zelle werden ein Zähler und eine Distanz zugeordnet. Für die Zellen, welche einer möglichen Zieldistanz zugeordnet sind, erfolgt ein Inkrementieren des Zählerstandes. Aus der Verteilung der Zählerstände wird eine Absolutphase oder eine wahre Zieldistanz zu wenigstens einem Zielobjekt bestimmt.

Der Erfindung liegt nach alledem das Problem zugrunde, ein kostengünstiges Verfahren zum Vermessen eines Bodenprofils zu schaffen.

Die Erfindung löst dieses Problem durch die Merkmale eines Verfahrens zum Vermessen eines Bodenprofils gemäß Anspruch 1 sowie durch eine entsprechende Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 6. Dabei wird nacheinander mittels einer Sendeanordnung mit einer Mehrzahl N vorbestimmten, voneinander verschiedenen Frequenzen ein Schallsignal in das Unterwasserareal abgestrahlt und dessen vom Bodenprofil reflektierten Anteile mittels einer Empfangsanordnung empfangen, wobei die Empfangsanordnung wenigstens zwei Wandler aufweist, die aus den empfangenen Schallwellen jeweils ein elektrisches Empfangssignal erzeugen. Aus den Empfangssignalen sind die N ver-

schiedenen Frequenzen des Sendesignals herausfilterbar. Die Vermessung des Bodenprofils erfolgt anhand dieser gefilterten Empfangssignale unter Verwendung einer reinen Phasenauswertung und einer anschließenden Dichteanalyse.

- 5    Abhängig von dem Abstand der Wandler der Empfangsanordnung und der Frequenz bzw. der Wellenlänge des ausgesendeten Schallsignals liefert eine reine Phasenauswertung möglicherweise vieldeutige Ergebnisse. Das erfindungsgemäße Verfahren berücksichtigt jedoch zunächst diese Vieldeutigkeit bei der Winkelbestimmung nicht.

10

Die durch die vieldeutigen Ergebnisse entstehende Mehrfachmessung mit unterschiedlichen Frequenzen des abgestrahlten Schallsignals wird zur eindeutigen Bestimmung des Bodenprofils unter Verwendung einer Dichteanalyse ausgenutzt. Dabei liefert eine Phasendifferenz zwischen zwei Empfangssignalen zu  
15    einer Vielzahl vorbestimmter Abtastzeitpunkte und zu jeder Frequenz des abgestrahlten Schallsignals abhängig von dem Abstand der Wandler der Empfangsanordnung mehrere vieldeutige Gangunterschiede sowie zu diesen Gangunterschieden zugehörige Empfangswinkel. Mithilfe der Laufzeiten und der Empfangswinkel werden für diese Abtastzeitpunkte und für die Frequenzen Auftreffkoordinaten (x, y, z) ermittelt. Anschließend wird für die Auftreffkoordinaten (x, y, z) eine Datendichte innerhalb eines vorbestimmten, die Auftreffkoordinate (x, y, z) beinhaltendes Flächenelementes ermittelt, wobei die Datendichte ein Maß für die Anzahl der zuvor ermittelten Auftreffkoordinaten innerhalb dieses Flächenelementes darstellt.

25

An der Stelle, an der sich die wahre Auftreffkoordinate (x, y, z) befindet, erhöht sich die Dichte der Messwerte. Die Stellen der weiteren Auftreffkoordinaten, die sich aufgrund der Phasenauswertung ergeben, weisen eine geringere Datendichte auf. Das erfindungsgemäße Verfahren liefert somit eine Methode um festzu  
30    stellen, welches die wahre Auftreffkoordinate (x, y, z) des Schallsignals ist. Daraus lässt sich ein Bodenprofil ermitteln.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, dass trotz einer zuvor erwähnten Vieldeutigkeit der Winkelbestimmung bei Verwendung einer Empfangsanordnung mit nur zwei Wandlern eindeutige Messergebnisse erzielt werden können, indem die Vermessung des Bodenprofils mit unterschiedlichen Frequenzen erfolgt und anschließend eine Dichteanalyse durchgeführt wird.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die Datendichte nicht über die Auftreffkoordinaten (x, y, z) erhoben, sondern über die aus dem Gangunterschied berechneten Auftreffwinkel.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung besitzt die erfindungsgemäße Vorrichtung den Vorteil, dass sie sich unter Verwendung einer Empfangsanordnung mit zwei einzelnen Wandlern mit sehr kleinen Abmessungen herstellen lässt. Sie kann beispielsweise auch von kleinen, autonomen agierenden oder ferngesteuerten Unterwasserfahrzeugen getragen werden. Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt zum Empfangen der von dem Bodenprofil reflektierten Schallwellen eine Empfangsanordnung, welche wenigstens zwei einzelne elektroakustische und/oder optoakustische Wandler aufweist, die in einem beliebigen Abstand angeordnet sein können.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird als Empfangsvorrichtung ein Wandler-Array verwendet. Ein der Empfangsanordnung nachgeschalteter Richtungsbildner, der in dem Unterwasserareal einen Fächer von einer Vielzahl gegeneinander verschwenkter Richtcharakteristiken erzeugt, hat den Vorteil, die Auflösung des Sonarsystems entsprechend der Breite der Richtcharakteristik zu erhöhen.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie aus den anhand der anliegenden Zeichnung näher erläuterten Ausführungsbeispielen. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Wasserfahrzeugs mit dem zu erfassenden Unterwasserareal;

Fig. 2A-B eine schematische Darstellung der Sende- und Empfangsanordnung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Empfangsanordnung;

5

Fig. 4 ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer auf die Wandler treffenden Schallwellenfront;

10

Fig. 6 eine schematische Darstellung von vieldeutigen Gangunterschieden.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines in einem Seegebiet fahrenden Wasserfahrzeugs 2 mit einer Sende- und Empfangsanordnung 4. Mittels einer seitlichen Abstrahlung von gerichteten Schallsignalen werden Messdaten eines Bodenprofils 6 erhoben. Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch nicht auf eine seitliche Schallabstrahlung beschränkt, bspw. durch Verwendung eines sog. Side-Scan-Sonarsystems. Die Sende- und Empfangsanordnung 4 kann ebenso gemäß einem sog. Forward-Looking-Sonarsystem ausgebildet sein und ein Unterwasserareal vor dem Fahrzeug beleuchten.

In Fig. 1 ist eine Messgeometrie gemäß eines Ausführungsbeispiels dargestellt. Die Entfernung  $r$  eines Bodenpunktes  $(x, y, z)$  zur Sende- und Empfangsanordnung 4 lässt sich aus einer gemessenen Signallaufzeit  $\tau$  ermitteln. Ein Schallimpuls benötigt eine gewisse Zeit, bis er den Boden erreicht, reflektiert wird und nach einer weiteren Laufzeit an der Empfangsanordnung eintrifft. Aufgrund dieser messbaren Gesamtlaufzeit  $\tau$  kann mittels einer bekannten Schallgeschwindigkeit die Entfernung  $r$  des Bodenpunktes  $(x, y, z)$  ermittelt werden.

Ferner ist eine Höhe  $H$  in Lotrichtung zu der Sende- und Empfangsanordnung 4 über eine Bezugsebene angegeben.

30



Zur Vermessung des Bodenprofils 6 werden von der Sende- und Empfangsanordnung 4 impulsförmige Schallsignale gerichtet in ein Unterwasserareal 8 abgestrahlt und die reflektierten Schallwellen 10 einzelner Bodenpunkte (x, y, z) empfangen. Dabei weist die Sende- und Empfangsanordnung 4 quer zur Fahrtrichtung eine sehr weite Richtcharakteristik und in Fahrzeuglängsrichtung eine stark gebündelte Schallabstrahlung auf. Dadurch werden nur die Echos eines schmalen Bodenstreifens empfangen.

Die Ausdehnung des beleuchteten Unterwasserareals 8 ist abhängig von der Sende- und Empfangsanordnung 4, welche in Fig. 2 detailliert dargestellt ist.

Fig. 2A-B zeigen eine schematische Darstellung der Sende- und Empfangsanordnung 4. In Fig. 2A ist eine Seitenansicht dargestellt und in Fig. 2B eine Draufsicht der gleichen Anordnung.

Die Sendeanordnung 20 weist eine Vielzahl auf einem Antennenträger angeordneter Wandler auf, welche gerichtete Schallsignale in Form eines Sendebeams 22 in ein vorbestimmtes Unterwasserareal 8 aussenden. Der so entstehende Sendebeam 22 in Form einer Ellipse hat eine Länge 24 und eine Breite 26, wobei die Form und die Maße abhängig sind von der Anzahl und der Anordnung der Wandler der Sendeanordnung 20.

Von dieser Sendeanordnung 20 wird kurz nacheinander mit einer Mehrzahl N vorbestimmten, voneinander verschiedenen Frequenzen ein Schallsignal in das Unterwasserareal 8 gesendet. Die von dem Bodenprofil 6 innerhalb des Unterwasserareals 8 reflektierten Anteile des Schallsignals werden über die Empfangsanordnung 28 empfangen, welche in Fig. 3 detailliert dargestellt ist.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung der Empfangsanordnung 28.

Um zusätzlich zu der Entfernung  $r$  auch eine Höhe  $h$  des Bodenprofils 6 zu ermitteln, wird eine Empfangsanordnung 28, mit wenigstens zwei voneinander beabstandeten Wandlern benötigt. In dieser beispielhaften Ausführungsform der

Erfindung besteht die Empfangsanordnung 28 aus zwei einzelnen Wandlern A und B, wie sie in Fig. 3 dargestellt sind. Sie weisen einen Abstand 30 voneinander auf, der größer ist als die halbe Wellenlänge  $\lambda$  des von der Sendeanordnung 20 abgegebenen Schallsignals.

5

Es ist jedoch gleichwohl möglich eine vorhandene Wandlerbasis zu nutzen, aus der zwei Wandler herausgegriffen werden. Ebenso ist das erfindungsgemäße Verfahren mit zwei Wandler-Arrays, welche übereinander gemäß Fig. 2 angeordnet sind, durchführbar. Erfordert es die Bauart des Wasserfahrzeugs 2, so können die Wandler auch leicht versetzt angeordnet sein. Die Geometrie der Empfangsanordnung 28 wird bei einer Signalverarbeitung der Empfangssignale entsprechend berücksichtigt. Dazu werden die Empfangssignale mittels bekannter Signalverarbeitungsverfahren derart bearbeitet, um eine räumliche Anordnung der Wandler gemäß dem Ausführungsbeispiel zu simulieren.

15

Der Wandler A liefert ein Empfangssignal, welches durch die unterschiedlichen Entfernungen  $r_A$  und  $r_B$  zum Bodenpunkt  $x_0$  gegenüber dem Wandler B zeitverzögert ist. Die vom Punkt  $x_0$  reflektierten Anteile des gesendeten Schallsignals erreichen zuerst den Wandler B und um  $\Delta t$  verzögert den Wandler A. Dadurch lässt sich eine Höhe  $h$  ermitteln, die bezogen ist auf eine Höhe  $H$  der Bezugsebene in Lotrichtung unter der Empfangsanordnung 28.

20

Die Empfangssignale der Wandler A und B werden entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren ausgewertet. Sie weisen eine zur Wegdifferenz  $\Delta r$  proportionale Phasendifferenz  $\Delta \varphi$  auf.

25

Fig. 4 zeigt ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die elektrischen Empfangssignale 40 und 42 der Wandler A und B werden jeweils in einem Verarbeitungsblock 44 bzw. 46 zu vorbestimmten Abtastzeitpunkten abgetastet und digitalisiert. Ferner werden die N voneinander verschiedenen

30

Frequenzen des Sendesignals aus den Empfangssignalen 40 und 42 herausgefiltert.

Die Verarbeitungsblöcke 44 bzw. 46 liefern somit jeweils N Signale:  $48_1, 48_2, \dots, 48_N$  bzw.  $50_1, 50_2, 50_3, \dots, 50_N$ , die parallel für die N verschiedenen Frequenzen weiterverarbeitet werden. In der Berechnungseinheit  $52_1$  werden für eine Vielzahl der Abtastzeitpunkte sowohl die Phasendifferenz  $\Delta\varphi$  zwischen den Signalen  $48_1$  und  $50_1$  als auch die Laufzeiten  $\tau$  dieser Signale ermittelt. Dies erfolgt ebenso in der Berechnungseinheit  $52_2$  für die Signale  $48_2$  und  $50_2$  sowie in der Berechnungseinheit  $52_3$  für die Signale  $48_3$  und  $50_3$ , bis zu der Berechnungseinheit  $52_N$  für die Signale  $48_N$  und  $50_N$ . Auf diese Weise werden für eine Vielzahl der Abtastzeitpunkte und für die N Frequenzen die Phasendifferenzen  $\Delta\varphi$  und die Laufzeiten  $\tau$  der Empfangssignale der Wandler A und B ermittelt. Abhängig von dem Abstand 30 der beiden Wandler sind jedoch Vieldeutigkeiten bei den ermittelten Phasendifferenzen  $\Delta\varphi$  möglich. Dies ist in Fig. 5 detailliert dargestellt.

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung einer auf die Wandler A und B auftretenden Schallwellenfront 64. Ist der Abstand 30 der beiden Wandler A und B größer als die halbe Wellenlänge  $\lambda$  der empfangenen Schallwellenfront 64, so kommt es zu Vieldeutigkeiten bei den ermittelten Phasendifferenzen  $\Delta\varphi$ . Die ermittelte Phasendifferenz  $\Delta\varphi$  der Empfangssignale zwischen den Wandlern A und B wird modulo  $2\pi$  gemessen und liefert somit eine Anzahl vieldeutiger Gangunterschiede  $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3$  in Abhängigkeit vom Abstand 30 der Wandler A und B wie in Fig. 5 beispielhaft dargestellt.

Der Gangunterschied  $\Delta x_3$  entspricht bei dieser beispielhaften Ausführungsform dem wahren Gangunterschied der Empfangssignale zwischen den Wandlern A und B. Dieser Gangunterschied  $\Delta x_3$  liefert im Zusammenhang mit dem Abstand 30 der Wandler einen zugehörigen Empfangswinkel 66 gemäß der Definition des Sinus eines Winkels am rechtwinkligen Dreieck. Da die Gangunterschiede und damit auch der Empfangswinkel 66 abhängig sind von der Wellenlänge  $\lambda$  der

empfangenen Schallwellenfront 64, werden zu jeder der N Frequenzen des Sendesignals verschiedene Gangunterschiede bzw. Empfangswinkel 66 ermittelt.

Das Blockschaltbild aus Fig. 4 zeigt in einem nächsten Verfahrensschritt die Berechnungseinheit 54 in der blockweise  $54_1 \dots 54_N$  für eine Vielzahl der Abtastzeitpunkte und für die N Frequenzen mittels der zuvor ermittelten Phasendifferenzen  $\Delta\varphi$  die vieldeutigen Gangunterschiede ermittelt werden. Diese werden zu den Abtastzeitpunkten und für die N Frequenzen einer weiteren Berechnungseinheit 56 übergeben, die daraus eine Datendichte der Gangunterschiede ermittelt. Die Datendichte stellt dabei ein Maß für die Anzahl der erhobenen Daten dar und wird anhand Fig. 6 näher erläutert.

Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung der vieldeutigen Gangunterschiede beispielhaft für vier verschiedene Wellenlängen bzw. vier verschiedene Frequenzen.

Auf einer horizontal verlaufenden Achse 70 wird der Gangunterschied angegeben. An einer Stelle 72 auf dieser Achse 70 befindet sich der wahre Gangunterschied. Der wahre Gangunterschied ist derjenige Gangunterschied, der zu derjenigen eindeutigen Phasendifferenz  $\Delta\varphi$  der Empfangssignale gehört, welcher die tatsächliche Wegdifferenz  $\Delta r$  der Schallsignale beider Wandler A und B beschreibt. An dieser Stelle 72 liegen die einzelnen Gangunterschiede der vier Frequenzen übereinander. Die Markierungen 74 geben die vieldeutigen Gangunterschiede an, welche sich aus den unterschiedlichen Phasendifferenzen  $\Delta\varphi$  der unterschiedlichen Frequenzen bzw. Wellenlängen 76, 78, 80 und 82 ergeben. An diesen Stellen 74 sind die einzelnen Gangunterschiede der vier Frequenzen etwas versetzt. Um eindeutige Ergebnisse bei der Vermessung des Bodenprofils zu erhalten, ist es notwendig, die eindeutige Phasendifferenz  $\Delta\varphi$  bzw. den wahren Gangunterschied der Empfangssignale zu ermitteln.

30

Dazu wird die Achse 70 in eine Mehrzahl gleichgroßer Intervalle 84 mit einer vorbestimmten, ausreichend kleinen Länge aufgeteilt. Die Länge der Intervalle 84

ist dabei abhängig, wie weit die einzelnen Gangunterschiede minimal versetzt sind. Die Länge der Intervalle 84 darf nicht größer sein, als die geringste Versetzung der Gangunterschiede der kleinsten Wellenlänge zur größten Wellenlänge. Es wird für jedes Intervall 84 eine Datendichte der Gangunterschiede berechnet.  
5 Sie ist ein Maß für die Anzahl der Gangunterschiede innerhalb dieses Intervalls. Dasjenige Intervall 84, in dem sich der wahre Gangunterschied befindet, enthält eine maximale Datendichte, da dieses Intervall 84 die Gangunterschiede aller vier Frequenzen beinhaltet.

10 Die weitere Berechnungseinheit 56 aus Fig. 4 beinhaltet zudem einen Maximum-detektor, um für die Abtastzeitpunkte die maximale Datendichte zu ermitteln. Zu jedem Abtastzeitpunkt, zu dem ein Gangunterschied ermittelt wurde, wird derjenige Gangunterschied, dessen zugehöriges Intervall 84 die größte Datendichte aufweist, für das weitere Verfahren als gültig gekennzeichnet. Die anderen zu  
15 diesem Abtastzeitpunkt zugehörigen vieldeutigen Gangunterschiede werden als ungültig gekennzeichnet.

Anhand des gültigen Gangunterschiedes lässt sich in einem Verarbeitungsblock 58 für die Abtastzeitpunkte eine zugehörige Signallaufzeit  $\tau$  des entsprechenden, empfangenen Signals und ein zugehöriger Empfangswinkel 66, entsprechend Fig. 5, ermitteln. Aus diesen Daten wird für die Abtastzeitpunkte ein dem gültigen Gangunterschied zugehöriger Auftreffwinkel auf dem Bodenprofil ermittelt. Dies erfolgt anhand bekannter Gesetzmäßigkeiten der Trigonometrie der Messgeometrie.

25 Aus den zuvor ermittelten Auftreffwinkeln wird in einem Verarbeitungsblock 60 zu den Abtastzeitpunkten eine zugehörige Auftreffkoordinate (x, y, z) des Bodenprofils 6 bestimmt. Die x-Koordinate lässt sich zu jedem Abtastzeitpunkt mittels der Gesetze der Trigonometrie ermitteln, die y-Koordinate ist abhängig von der Breite 26 des Sendebeams 22 und die z-Koordinate entspricht einer aus dem ermittelten wahren Gangunterschied der Empfangssignale der Wandler A und B ermittelten Höhe  $h$ .  
30

Das Koordinatensystem ist in diesem Ausführungsbeispiel auf das Wasserfahrzeug 2 bezogen. Es ist jedoch ferner möglich ein absolutes Koordinatensystem für die Durchführung des Verfahrens heranzuziehen, wenn es in der Signalverarbeitung entsprechend berücksichtigt wird.

5

Das vorstehend beschriebene Verfahren zur Vermessung eines Bodenprofils 6 kann dahingehend abgewandelt werden, dass die Datendichte nicht über die Gangunterschiede erhoben wird, sondern aus einer aus dem Gangunterschied abgeleiteten Größe. Dies kann bspw. ein Auftreffwinkel oder eine Auftreffkoordinate sein.

10

Dazu werden zu den Abtastzeitpunkten, zu denen eine Phasendifferenz  $\Delta\varphi$  der Empfangssignale ermittelt wurde, und für die N Frequenzen zunächst zu den vieldeutigen Gangunterschieden die zugehörigen Auftreffwinkel und dann die Auftreffkoordinaten bestimmt. Dies liefert für jede der N Frequenzen vieldeutige Bodenprofile. Die vorhergehenden Schritte des vorstehend beschriebenen Verfahrens bleiben unverändert.

15

Diese Daten über die vieldeutigen Bodenprofile für die N Frequenzen werden für die Abtastzeitpunkte gesammelt, um mittels einer Dichteanalyse das eindeutige Bodenprofil 6 zu ermitteln. Es werden jedoch nicht, wie zuvor beschrieben, einzelne Intervalle 84 betrachtet, sondern einzelne sog. Flächenelemente. Für die Abtastzeitpunkte, für die N Frequenzen und für jede vieldeutige Auftreffkoordinate wird die Datendichte innerhalb desjenigen Flächenelementes berechnet, welches die Auftreffkoordinate beinhaltet. Dabei ist die Datendichte ein Maß für die Anzahl der erhobenen Daten innerhalb des Flächenelements. Die Auftreffkoordinaten der gleichen Frequenz werden jedoch nicht mit berücksichtigt bei der Ermittlung der Dichte.

20

25

Die Größe des Flächenelements wird in Abhängigkeit von dem Rechenaufwand festgelegt und ist für alle Auftreffkoordinaten gleich groß.

30

Zu jedem Abtastzeitpunkt wird diejenige Auftreffkoordinate, dessen zugehöriges Flächenelement eine maximale Datendichte besitzt, als gültig gekennzeichnet und entspricht somit dem wahren Bodenpunkt (x, y, z). Die anderen vieldeutigen Auftreffkoordinaten werden als ungültig gekennzeichnet.

5

Eine derartige Dichteanalyse, wie vorstehend beschrieben, ist ebenso unter Verwendung der Auftreffwinkel möglich.

Das vorstehend beschriebene Verfahren kann dahingehend abgewandelt werden, dass anstelle von zwei einzelnen Wandlern als Empfangsanordnung 28 ein Wandler-Array verwendet wird. Der Empfangsanordnung 28 wird ein Richtungs-  
bildner nachgeschaltet, der in dem Unterwasserareal 8 eine Vielzahl von fächer-  
artig aufgespannten Richtcharakteristiken erzeugt, deren horizontale Breite durch  
den horizontalen Öffnungswinkel der Richtcharakteristik bestimmt ist. Dies er-  
möglicht eine höhere Auflösung der Vermessung des Bodenprofils 6 entspre-  
chend der Breite der Richtcharakteristiken.

In Abwandlung des beschriebenen Verfahrens kann das Unterwasserareal 8 auf der Steuer- und Backbordseite des Wasserfahrzeugs 2 aufgespannt werden.  
Dadurch werden gleichzeitig Unterwasserareale 8 auf beiden Seiten in Fahrtrich-  
tung abgetastet. Ferner kann ein Unterwasserareal 8 in Vorausrichtung beleuch-  
tet werden.

Alle in der vorgenannten Figurenbeschreibung, in den Ansprüchen und in der  
Beschreibungseinleitung genannten Merkmale sind sowohl einzeln als auch in  
beliebiger Kombination miteinander einsetzbar. Die Erfindung ist somit nicht auf  
die beschriebenen bzw. beanspruchten Merkmalskombinationen beschränkt.  
Vielmehr sind alle Merkmalskombinationen als offenbart zu betrachten.

Ansprüche

1. Verfahren zum Vermessen eines Bodenprofils (6) mittels einer an einem Wasserfahrzeug (2) angebrachten Sendeanordnung (20) zum gerichteten  
5 Abstrahlen von Schallsignalen in ein Unterwasserareal (8) und einer an diesem Wasserfahrzeug (2) angebrachten Empfangsanordnung (28) mit wenigstens zwei Wandlern zum Empfangen der von dem Bodenprofil (6) innerhalb des Unterwasserareals (8) reflektierten Schallwellen, aus denen die Wandler jeweils ein Empfangssignal (40; 42) erzeugen, welches zu  
10 vorbestimmten Abtastzeitpunkten abgetastet, digitalisiert und gespeichert wird und wobei nacheinander mittels der Sendeanordnung (20) mit einer Mehrzahl N vorbestimmten, voneinander verschiedenen Frequenzen ein Schallsignal in das Unterwasserareal (8) abgestrahlt wird und dessen vom Bodenprofil (6) reflektierten Anteile mittels der Empfangsanordnung (28)  
15 empfangen werden und die N verschiedenen Frequenzen aus dem Empfangssignal (40; 42) herausgefiltert werden und wobei für eine Vielzahl der Abtastzeitpunkte und für die N Frequenzen der Empfangssignale ( $48_1, 48_2, 48_3, \dots, 48_N; 50_1, 50_2, 50_3, \dots, 50_N$ ) sowohl eine Phasendifferenz ( $\Delta\varphi$ ) als auch eine Laufzeit ( $\tau$ ) dieser Empfangssignale ermittelt  
20 werden,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
über die Phasendifferenzen ( $\Delta\varphi$ ) daraus resultierende Gangunterschiede der empfangenen Schallwellen zwischen zwei Wandlern der Empfangsanordnung (28) sowie zugehörige Empfangswinkel (66) ermittelt werden,  
25 für diese Abtastzeitpunkte und für die N Frequenzen mithilfe der Laufzeiten ( $\tau$ ) und der Empfangswinkel (66) Auftreffkoordinaten (x, y, z) ermittelt werden,  
für die Auftreffkoordinaten (x, y, z) eine Datendichte innerhalb eines vorbestimmten, die Auftreffkoordinate (x, y, z) beinhaltendes Flächenelementes  
30 ermittelt wird, wobei die Datendichte ein Maß für die Anzahl der zuvor ermittelten Auftreffkoordinaten (x, y, z) innerhalb dieses Flächenelementes darstellt,



dasjenige Flächenelement ausgewählt wird, in dem die Datendichte maximal wird und die zu diesem Flächenelement gehörende Auftreffkoordinate (x, y, z) als die wahre Auftreffkoordinate (x, y, z) des Bodenprofils (6) ermittelt wird.

5

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass aus den jeweiligen Gangunterschieden Auftreffwinkel berechnet werden und für die Vielzahl der Abtastzeitpunkte und für die N Frequenzen jeweils in einem vorbestimmten Bereich (84) eine Datendichte der Auftreffwinkel der reflektierten Schallwellen auf dem Bodenprofil (6) ermittelt wird.

10

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangsanordnung (28) aus zwei einzelnen elektroakustischen und/oder optoakustischen Wandlern besteht, welche in einem Abstand (30) größer als die halbe Wellenlänge ( $\lambda$ ) des Empfangssignals (40; 42) angeordnet sind.

15

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangsanordnung (28) aus einer Vielzahl von elektroakustischen und/oder optoakustischen Wandlern besteht, wodurch die Schallwellen richtungsselektiv empfangen werden.

20

25

5. Vorrichtung zur Vermessung eines Bodenprofils (6) mittels einer an einem Wasserfahrzeug (2) angebrachten Sendeanordnung (20) zum gerichteten Abstrahlen von Schallsignalen in ein Unterwasserareal (8) und einer an diesem Wasserfahrzeug (2) angebrachten Empfangsanordnung (28) mit wenigstens zwei Wandlern zum Empfangen der von dem Bodenprofil (6) innerhalb des Unterwasserareals (8) reflektierten Schallwellen, aus denen die Wandler jeweils ein Empfangssignal (40;42) erzeugen, welches zu vorbestimmten Abtastzeitpunkten abtastbar, digitalisierbar und speicherbar ist

30

und wobei nacheinander mittels der Sendeordnung (20) mit einer Mehrzahl  $N$  vorbestimmten, voneinander verschiedenen Frequenzen ein Schallsignal in das Unterwasserareal (8) abstrahlbar ist und dessen vom Bodenprofil (6) reflektierten Anteile mittels der Empfangsanordnung (28) empfangbar sind und die  $N$  verschiedenen Frequenzen aus dem Empfangssignal (40; 42) herausfilterbar sind und wobei für eine Vielzahl der Abtastzeitpunkte und für die  $N$  Frequenzen der Empfangssignale ( $48_1, 48_2, 48_3, \dots, 48_N; 50_1, 50_2, 50_3, \dots, 50_N$ ) sowohl eine Phasendifferenz ( $\Delta\varphi$ ) als auch eine Laufzeit ( $\tau$ ) dieser Empfangssignale ermittelbar sind, gekennzeichnet durch

eine weitere Berechnungseinheit (54) zum Ermitteln der aus den Phasendifferenzen ( $\Delta\varphi$ ) resultierenden Gangunterschiede der empfangenen Schallwellen zwischen zwei Wandlern der Empfangsanordnung (28),

eine weitere Berechnungseinheit (58) zum Ermitteln eines dem Gangunterschied zugehörigen Empfangswinkels (66),

eine weitere Berechnungseinheit (60) zum Ermitteln von Auftreffkoordinaten ( $x, y, z$ ) mithilfe der Laufzeiten ( $\tau$ ) und der Empfangswinkel (66) für diese Abtastzeitpunkte und für die  $N$  Frequenzen,

eine weitere Berechnungseinheit (56) zum Ermitteln einer Datendichte jeweils innerhalb eines vorbestimmten, die Auftreffkoordinate beinhaltendes Flächenelementes, wobei die Datendichte ein Maß für die Anzahl der zuvor ermittelten Auftreffkoordinaten ( $x, y, z$ ) innerhalb dieses Flächenelementes darstellt,

einen Maximumdetektor (56) zum Auswählen desjenigen Flächenelementes in dem die Datendichte maximal wird und zum Ermitteln einer zu diesem Flächenelement gehörenden Auftreffkoordinate ( $x, y, z$ ) des Bodenprofils (6).

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch

eine weitere Berechnungseinheit (56) zum Ermitteln einer Datendichte der Auftreffwinkel der reflektierten Schallwellen auf dem Bodenprofil (6) für die-

se Abtastzeitpunkte und für die N Frequenzen jeweils in einem vorbestimmten Bereich (84).

- 5 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Empfangsanordnung (28) aus zwei einzelnen elektroakustischen  
und/oder optoakustischen Wandlern besteht, welche in einem Abstand (30)  
größer als die halbe Wellenlänge ( $\lambda$ ) des Empfangssignals (40; 42) ange-  
ordnet sind.
- 10 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Empfangsanordnung (28) aus einer Vielzahl von elektroakustischen  
und/oder optoakustischen Wandlern besteht, wodurch die Schallwellen  
15 richtungsselektiv empfangbar sind.

**GEÄNDERTE ANSPRÜCHE**  
**beim Internationalen Büro am 21. Januar 2011 (21.01.2011) eingegangen**

1. Verfahren zum Vermessen eines Bodenprofils (6) mittels einer an einem Wasserfahrzeug (2) angebrachten Sendeanordnung (20) zum gerichteten  
5 Abstrahlen von Schallsignalen in ein Unterwasserareal (8) und einer an diesem Wasserfahrzeug (2) angebrachten Empfangsanordnung (28) mit wenigstens zwei Wandlern zum Empfangen der von dem Bodenprofil (6) innerhalb des Unterwasserareals (8) reflektierten Schallwellen, aus denen die Wandler jeweils ein Empfangssignal (40; 42) erzeugen, welches zu  
10 vorbestimmten Abtastzeitpunkten abgetastet, digitalisiert und gespeichert wird und wobei nacheinander mittels der Sendeanordnung (20) mit einer Mehrzahl N vorbestimmten, voneinander verschiedenen Frequenzen ein Schallsignal in das Unterwasserareal (8) abgestrahlt wird und dessen vom Bodenprofil (6) reflektierten Anteile mittels der Empfangsanordnung (28)  
15 empfangen werden und die N verschiedenen Frequenzen aus dem Empfangssignal (40; 42) herausgefiltert werden und wobei, für eine Vielzahl der Abtastzeitpunkte und für die N Frequenzen der Empfangssignale ( $48_1, 48_2, 48_3, \dots, 48_N; 50_1, 50_2, 50_3, \dots, 50_N$ ) sowohl eine Phasendifferenz ( $\Delta\varphi$ ) als auch eine Laufzeit ( $\tau$ ) dieser Empfangssignale ermittelt  
20 werden,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die elektroakustischen und/oder optoakustischen Wandler der Empfangsanordnung (28) in einem Abstand (30) größer als die halbe Wellenlänge ( $\lambda$ ) des Empfangssignals (40; 42) angeordnet sind,  
25 über die Phasendifferenzen ( $\Delta\varphi$ ) daraus resultierende Gangunterschiede der empfangenen Schallwellen zwischen zwei Wandlern der Empfangsanordnung (28) sowie zugehörige Empfangswinkel (66) ermittelt werden,  
für diese Abtastzeitpunkte und für die N Frequenzen mithilfe der Laufzeiten ( $\tau$ ) und der Empfangswinkel (66) Auftreffkoordinaten (x, y, z) ermittelt werden,  
30 den,

für die Auftreffkoordinaten  $(x, y, z)$  eine Datendichte innerhalb eines vorbestimmten, die Auftreffkoordinate  $(x, y, z)$  beinhaltendes Flächenelementes ermittelt wird, wobei die Datendichte ein Maß für die Anzahl der zuvor ermittelten Auftreffkoordinaten  $(x, y, z)$  innerhalb dieses Flächenelementes darstellt,

dasjenige Flächenelement ausgewählt wird, in dem die Datendichte maximal wird und die zu diesem Flächenelement gehörende Auftreffkoordinate  $(x, y, z)$  als die wahre Auftreffkoordinate  $(x, y, z)$  des Bodenprofils (6) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass aus den jeweiligen Gangunterschieden Auftreffwinkel berechnet werden und für die Vielzahl der Abtastzeitpunkte und für die N Frequenzen jeweils in einem vorbestimmten Bereich (84) eine Datendichte der Auftreffwinkel der reflektierten Schallwellen auf dem Bodenprofil (6) ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangsanordnung (28) aus einer Vielzahl von elektroakustischen und/oder optoakustischen Wandlern besteht, wodurch die Schallwellen richtungsselektiv empfangen werden.

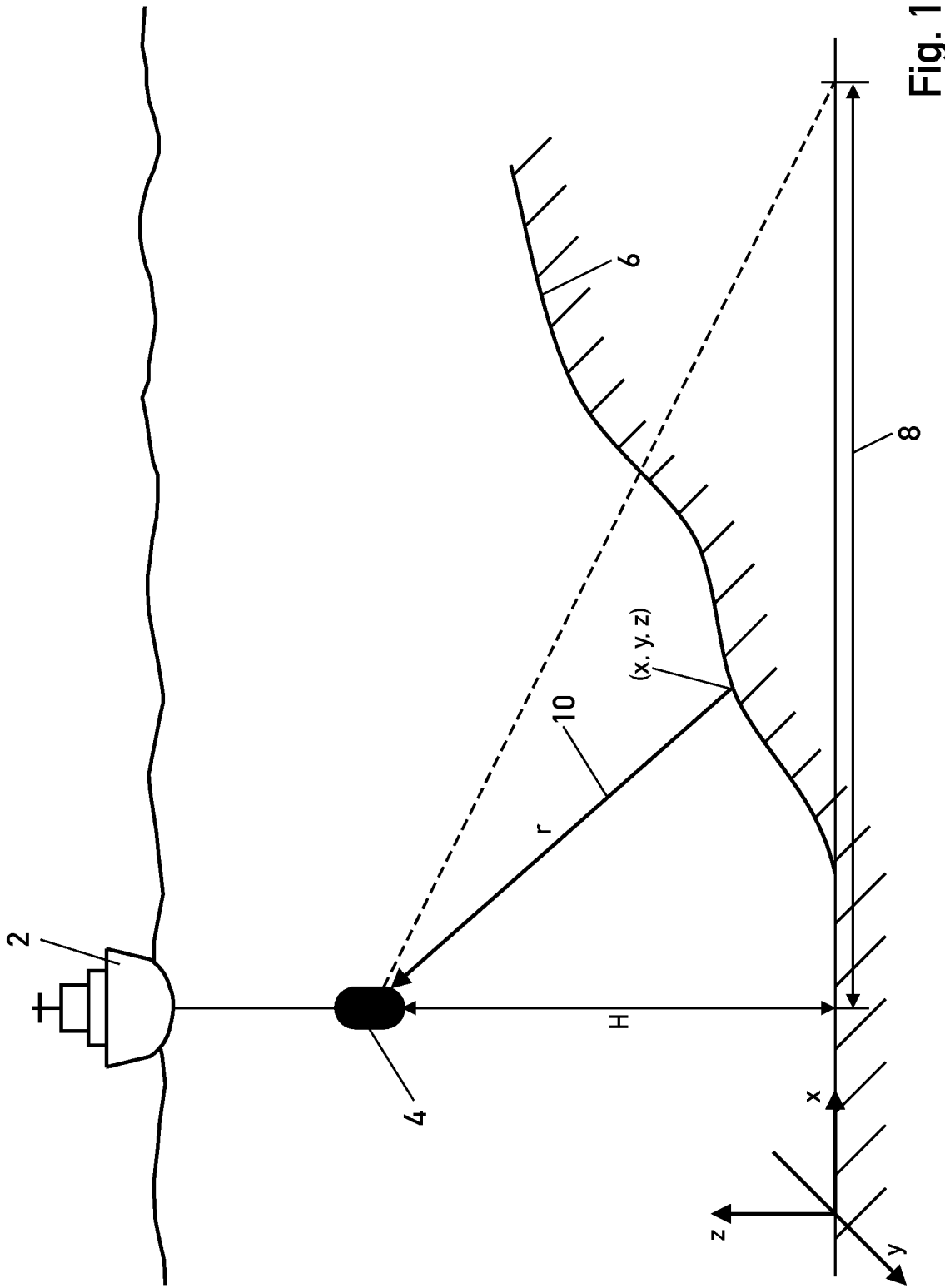
4. Vorrichtung zur Vermessung eines Bodenprofils (6) mittels einer an einem Wasserfahrzeug (2) angebrachten Sendeordnung (20) zum gerichteten Abstrahlen von Schallsignalen in ein Unterwasserareal (8) und einer an diesem Wasserfahrzeug (2) angebrachten Empfangsanordnung (28) mit wenigstens zwei Wandlern zum Empfangen der von dem Bodenprofil (6) innerhalb des Unterwasserareals (8) reflektierten Schallwellen, aus denen die Wandler jeweils ein Empfangssignal (40;42) erzeugen, welches zu vorbestimmten Abtastzeitpunkten abtastbar, digitalisierbar und speicherbar ist und wobei nacheinander mittels der Sendeordnung (20) mit einer Mehrzahl N vorbestimmten, voneinander verschiedenen Frequenzen ein Schall-

- signal in das Unterwasserareal (8) abstrahlbar ist und dessen vom Bodenprofil (6) reflektierten Anteile mittels der Empfangsanordnung (28) empfangbar sind und die N verschiedenen Frequenzen aus dem Empfangssignal (40; 42) herausfilterbar sind und wobei für eine Vielzahl der Abtastzeitpunkte und für die N Frequenzen der Empfangssignale ( $48_1, 48_2, 48_3, \dots, 48_N; 50_1, 50_2, 50_3, \dots, 50_N$ ) sowohl eine Phasendifferenz ( $\Delta\varphi$ ) als auch eine Laufzeit ( $\tau$ ) dieser Empfangssignale ermittelbar sind, gekennzeichnet durch
- eine Anordnung der elektroakustischen und/oder optoakustischen Wandler der Empfangsanordnung (28) in einem Abstand (30) größer als die halbe Wellenlänge ( $\lambda$ ) des Empfangssignals (40; 42),
- eine weitere Berechnungseinheit (54) zum Ermitteln der aus den Phasendifferenzen ( $\Delta\varphi$ ) resultierenden Gangunterschiede der empfangenen Schallwellen zwischen zwei Wandlern der Empfangsanordnung (28),
- eine weitere Berechnungseinheit (58) zum Ermitteln eines dem Gangunterschied zugehörigen Empfangswinkels (66),
- eine weitere Berechnungseinheit (60) zum Ermitteln von Auftreffkoordinaten (x, y, z) mithilfe der Laufzeiten ( $\tau$ ) und der Empfangswinkel (66) für diese Abtastzeitpunkte und für die N Frequenzen,
- eine weitere Berechnungseinheit (56) zum Ermitteln einer Datendichte jeweils innerhalb eines vorbestimmten, die Auftreffkoordinate beinhaltendes Flächenelementes, wobei die Datendichte ein Maß für die Anzahl der zuvor ermittelten Auftreffkoordinaten (x, y, z) innerhalb dieses Flächenelementes darstellt,
- einen Maximumdetektor (56) zum Auswählen desjenigen Flächenelementes in dem die Datendichte maximal wird und zum Ermitteln einer zu diesem Flächenelement gehörenden Auftreffkoordinate (x, y, z) des Bodenprofils (6).
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch

eine weitere Berechnungseinheit (56) zum Ermitteln einer Datendichte der Auftreffwinkel der reflektierten Schallwellen auf dem Bodenprofil (6) für diese Abtastzeitpunkte und für die N Frequenzen jeweils in einem vorbestimmten Bereich (84).

5

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangsanordnung (28) aus einer Vielzahl von elektroakustischen und/oder optoakustischen Wandlern besteht, wodurch die Schallwellen
- 10 richtungsselektiv empfangbar sind.





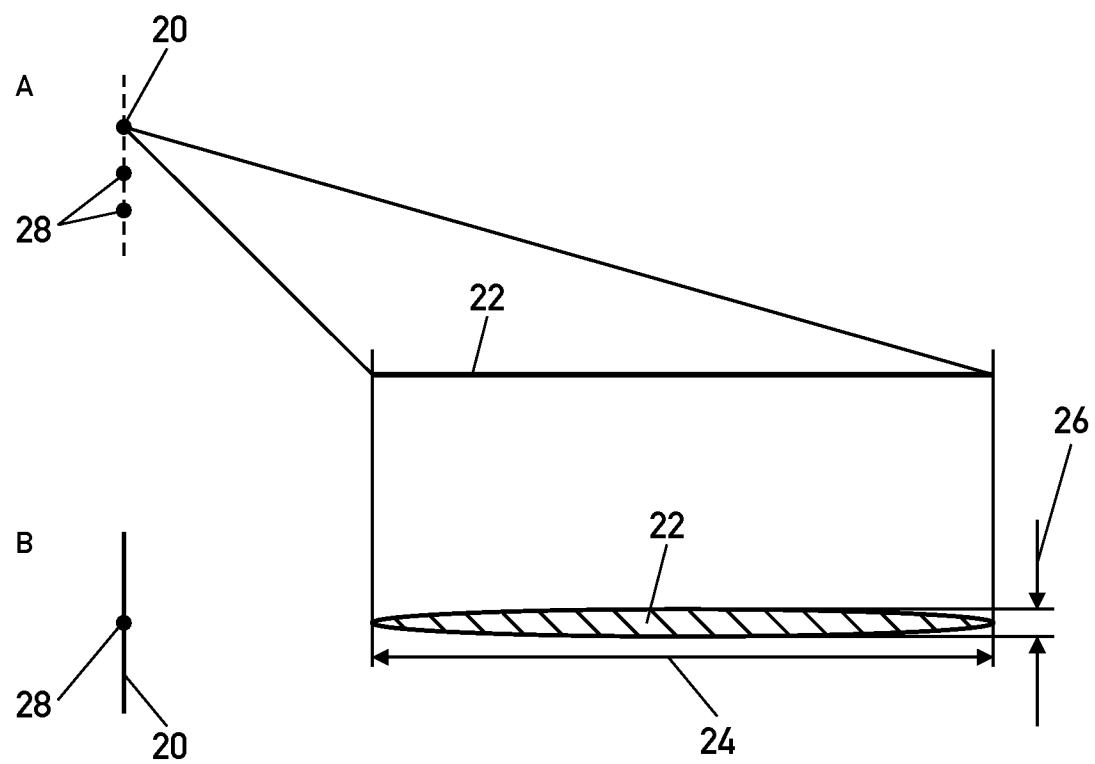


Fig. 2

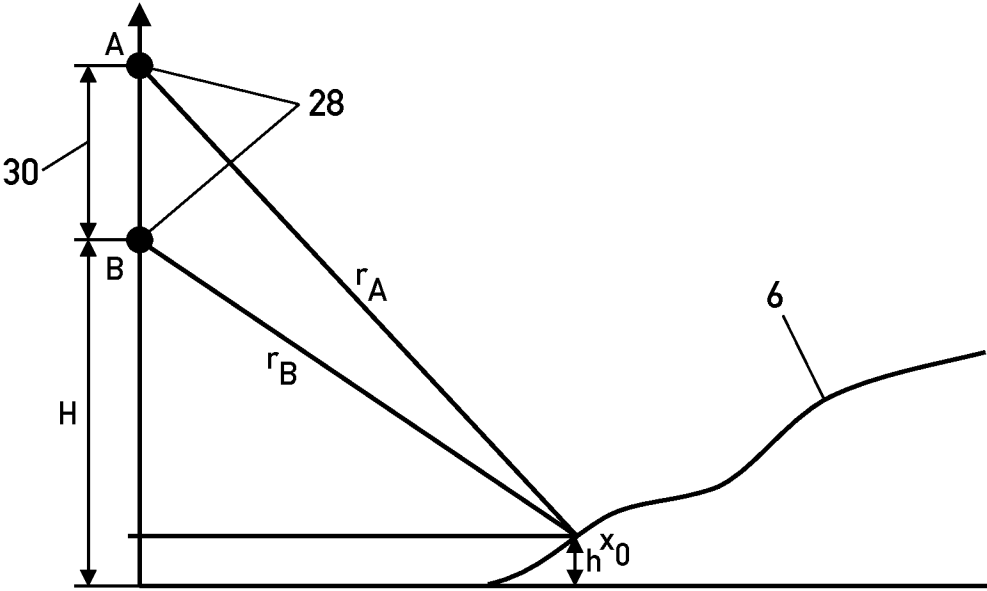


Fig. 3

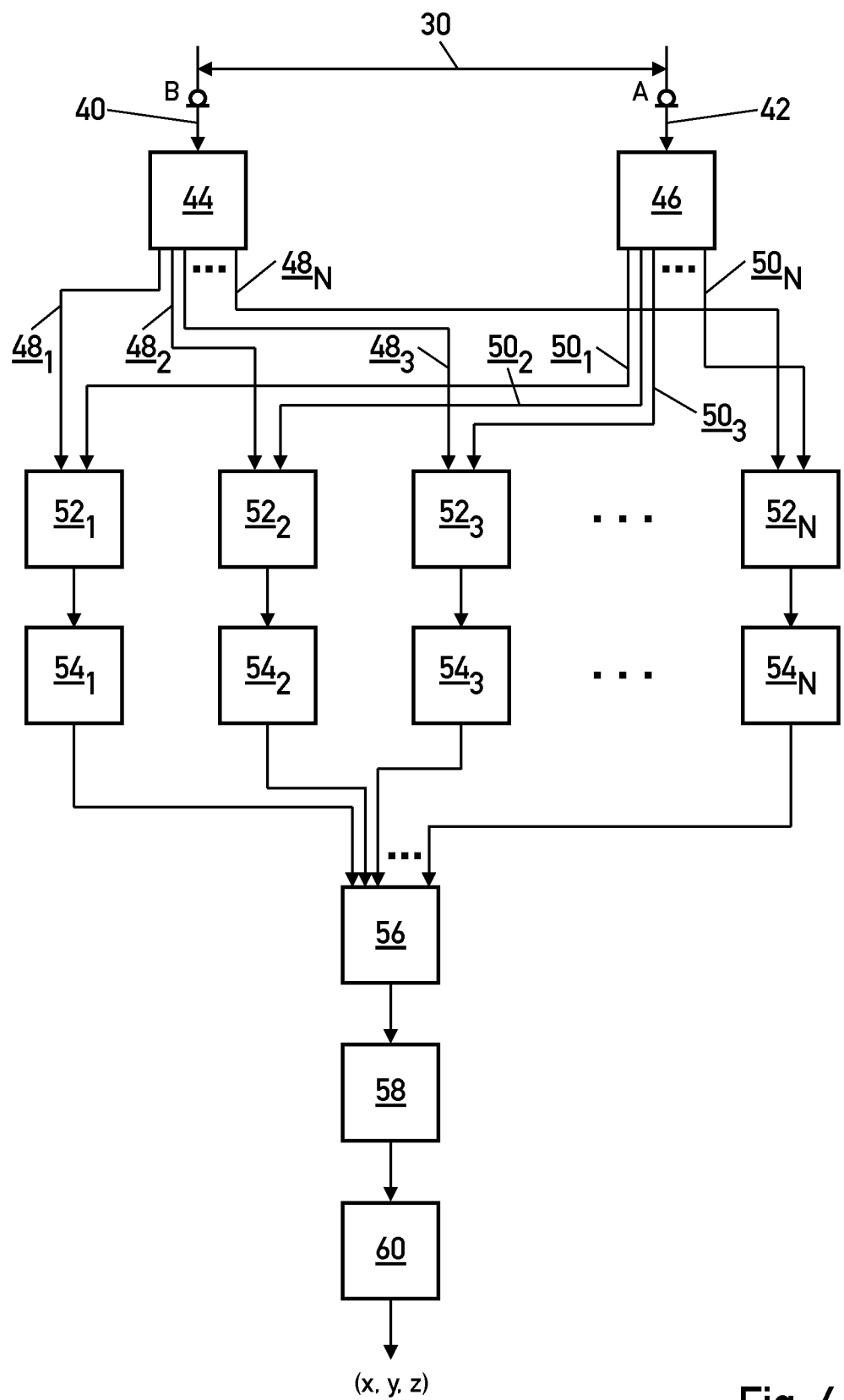


Fig. 4

5/6

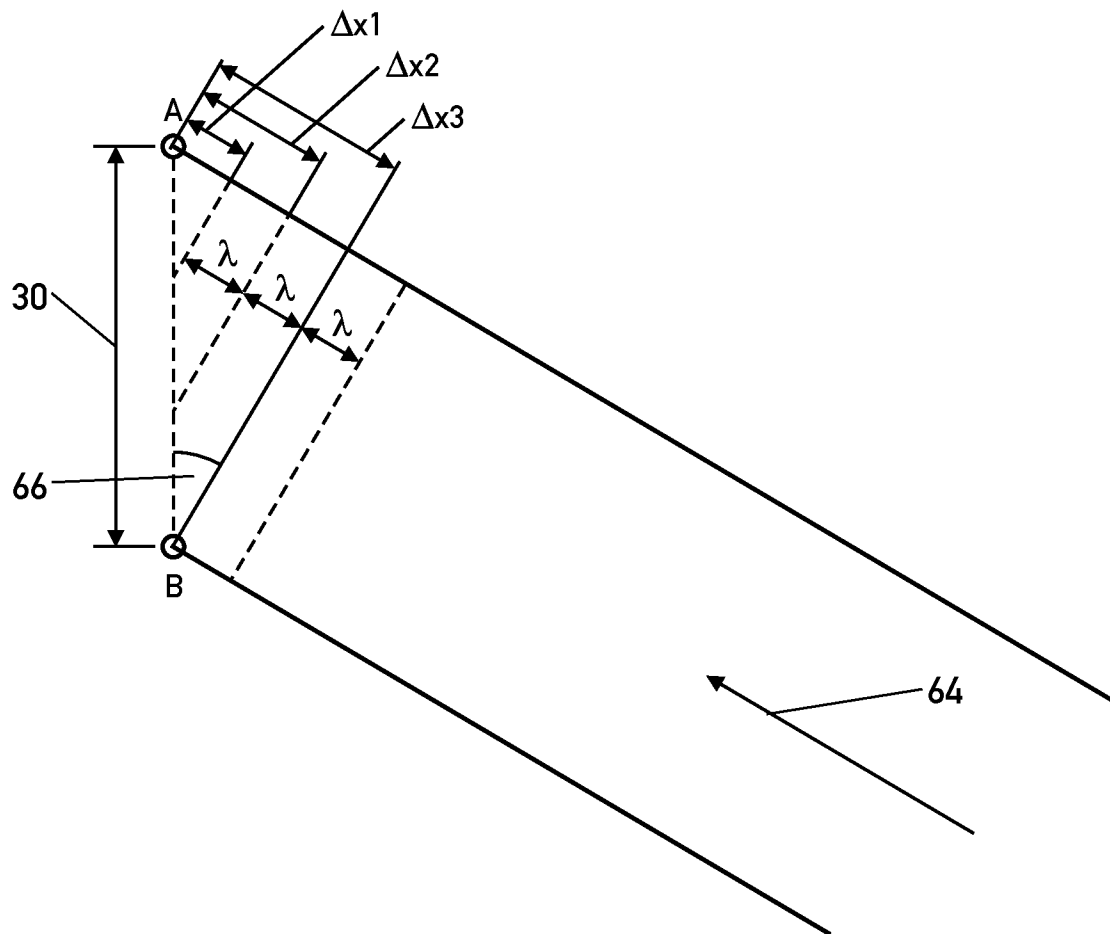


Fig. 5

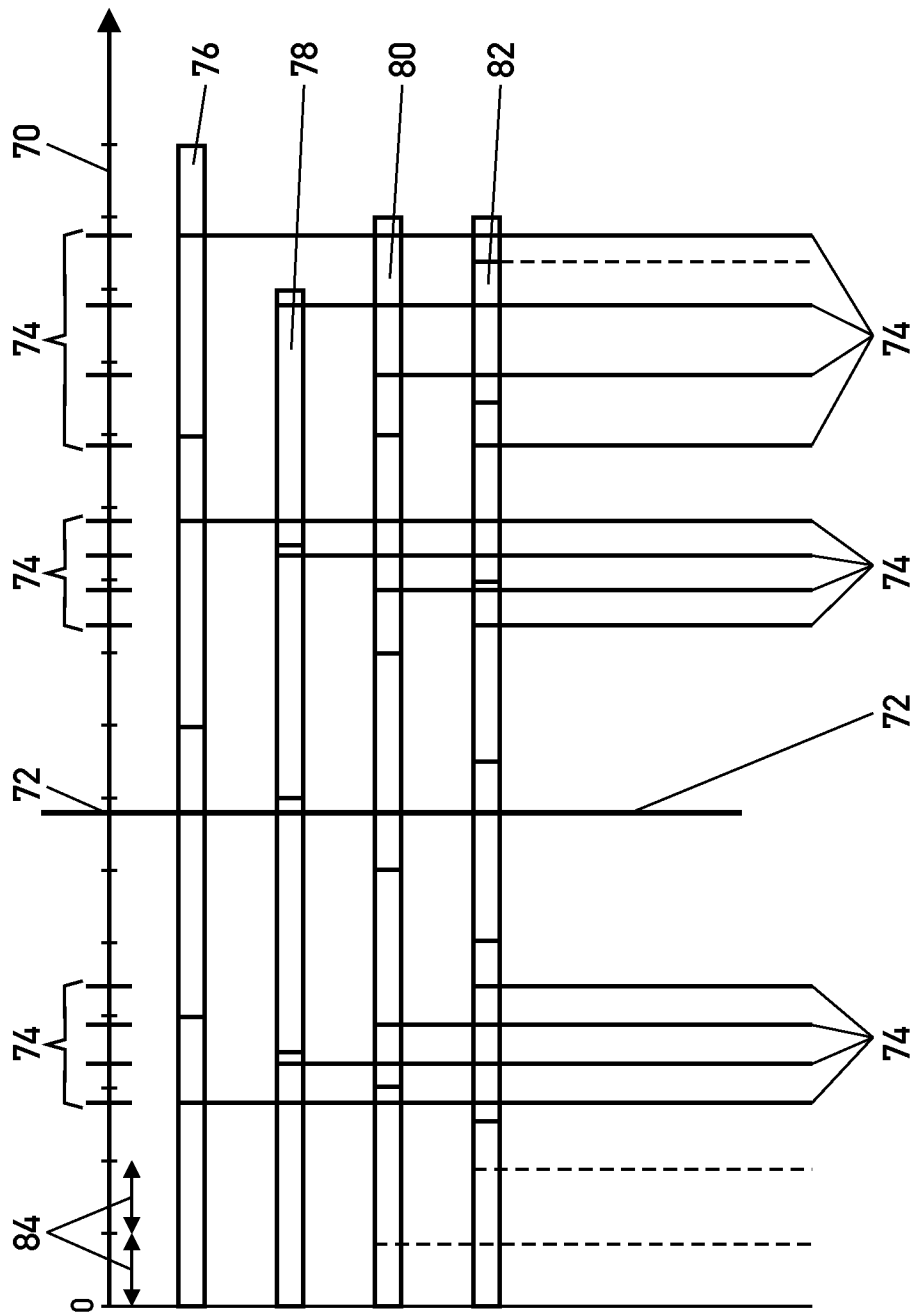


Fig. 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/062346

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01S7/52 G01S7/54 G01S15/88  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 200 931 A (KOSALOS JAMES G [US] ET AL) 6 April 1993 (1993-04-06) figures 1,2A,2B,9,14 * abstract column 2, line 55 - line 58 column 6, line 1 - line 7 column 7, line 4 - line 10	1-8
Y	GB 2 197 952 A (MARCONI CO LTD) 2 June 1988 (1988-06-02) cited in the application * abstract	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 November 2010

Date of mailing of the international search report

24/11/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Alberga, Vito

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/062346

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5200931	A	06-04-1993	AU 1701992 A	24-12-1992
			CA 2069552 A1	19-12-1992
			JP 5249239 A	28-09-1993
			NL 9201060 A	18-01-1993
			NO 922343 A	21-12-1992
<hr/>				
GB 2197952	A	02-06-1988	NONE	
<hr/>				

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01S7/52 G01S7/54 G01S15/88  
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
G01S

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 200 931 A (KOSALOS JAMES G [US] ET AL) 6. April 1993 (1993-04-06) Abbildungen 1, 2A, 2B, 9, 14 * Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 55 - Zeile 58 Spalte 6, Zeile 1 - Zeile 7 Spalte 7, Zeile 4 - Zeile 10 -----	1-8
Y	GB 2 197 952 A (MARCONI CO LTD) 2. Juni 1988 (1988-06-02) in der Anmeldung erwähnt * Zusammenfassung -----	1-8



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. November 2010

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/11/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Alberga, Vito



**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/062346

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5200931	A	06-04-1993	AU	1701992 A	24-12-1992
			CA	2069552 A1	19-12-1992
			JP	5249239 A	28-09-1993
			NL	9201060 A	18-01-1993
			NO	922343 A	21-12-1992
<hr/>					
GB 2197952	A	02-06-1988	KEINE		
<hr/>					