

(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
14. Dezember 2017 (14.12.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/211960 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
B63G 8/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/063980

(22) Internationales Anmeldedatum:
08. Juni 2017 (08.06.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 210 128.5
08. Juni 2016 (08.06.2016) DE
10 2016 221 597.3
03. November 2016 (03.11.2016) DE

(71) Anmelder: FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder: BRINK, Gunnar; Am Burgweg 1a, 76227 Karlsruhe (DE).

(74) Anwalt: ZIMMERMANN, Tankred et al.; Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler, Schenk & Partner mbB, Radlkofenstr. 2, 81373 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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,

(54) Title: AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE AND STACKING DEVICE

(54) Bezeichnung: AUTONOMES UNTERWASSERFAHRZEUG UND STAPELVORRICHTUNG

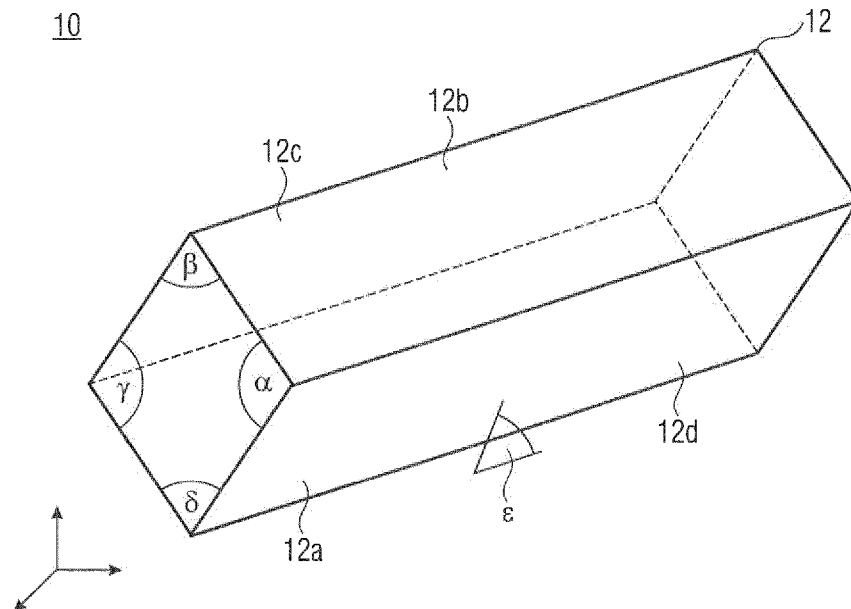


Fig. 1a

(57) Abstract: The invention relates to an autonomous underwater vehicle which has a hull with an angular shape with respect to a cross-section, having an aspect ratio of not more than 1:1.5. Corresponding to a further aspect, an autonomous underwater vehicle for the deep sea use has a hull with a material proportion of greater than 50 % of a polymer material that has a specific weight of less than 1.0.

(57) Zusammenfassung: Ein autonomes Unterwasserfahrzeug weist einen Rumpf mit einer in Bezug auf einen Querschnitt eckigen Form mit einem Aspektverhältnis von maximal 1:1,5 auf. Entsprechend einem weiteren Aspekt weist ein autonomes Unterwasserfahrzeug für den Tiefseeinsatz einen Rumpf mit einem Materialanteil von größer 50 % an einem Polymermaterial, das ein spezifisches Gewicht kleiner 1,0 hat, auf.



WO 2017/211960 A2

GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Autonomes Unterwasserfahrzeug und Stapelvorrichtung

Beschreibung

5

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf ein autonomes Unterwasserfahrzeug mit besonderer Geometrie und auf eine Stapelvorrichtung zur Stapelung der autonomen Unterwasserfahrzeuge. Weitere Ausführungsbeispiele beziehen sich auf ein Unterwasserfahrzeug mit bestimmter Materialcharakteristik.

10

Autonome Unterwasserfahrzeuge (AUVs) werden derart eingesetzt, dass diese selbstständig im Unterwasserbetrieb und hier insbesondere auch im Tiefseebetrieb Missionen, wie z.B. das Kartographieren, durchführen. Bei Stand der Technik AUVs wird zwischen solchen mit einer Druckkammer oder solchen mit einem druckneutralem oder teilweise druckneutralem Aufbau unterschieden; in diesem Zusammenhang sei beispielsweise auf die US 5,995,882 verwiesen. Autonome Unterwasserfahrzeuge haben im Gegensatz zu bemannten Unterwasserfahrzeugen einen ganz erheblichen Kostenvorteil, der es ermöglicht, wesentlich kosteneffizienter Unterseeforschung zu betreiben. Insofern ist es ein allgemein gültiges Ziel, die Technologie von Unterwasserfahrzeugen so voranzutreiben, dass der Einsatz von Unterwasserfahrzeugen kostengünstiger ist.

15

20

AUVs weisen oft eine Außenhülle / Gestell aus Stahl, Aluminium oder Titan mit zusätzlichen Auftriebskörpern (z.B. Schaum) auf. Da syntaktischer Schaum ein spez. Gewicht von 0,5 bis 0,8 hat, braucht man sehr viel Auftriebs-Material, um im Wasser den Abtrieb des Metallkörpers zu kompensieren. Materialien für Auftriebskörper sind beispielsweise in der US 4,021,589, der US 6,153,294 oder der EP 0883648 A1 offenbart.

25

Die heutige fortgeschrittene autonome Tauchroboter-Technologie erfordert Mutterschiffe, die bis zu 60.000 \$ pro Tag kosten und erfordern eine Kapitalinvestition von mehreren \$ 1 Millionen pro Stück, was deren Nutzung auf sehr wenige Branchen und Anwendungen begrenzt. Bestehende Technologien können nicht so großskalig arbeiten, wie es erforderlich wäre, um den Meeresgrund (Tiefsee: mehr als 1000 bis 11000 m Tiefe) aller Ozeane zu explorieren, wenn sie nicht erhebliche Kompromisse bei der Auflösung, Leistung und Gewicht von Sensoren machen. Deshalb besteht der Bedarf nach einen verbesserten Ansatz.

30

35

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein autonomes Unterwasserfahrzeug zu schaffen, das bezüglich Herstellung und Einsatz Vorteile bezüglich der Kosten aufweist.

5 Die Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen ein autonomes Unterwasserfahrzeug mit einem Rumpf, der zumindest in der Querschnittsfläche eine eckige Form mit einem Aspektverhältnis von maximal 1:1,5 oder 1:125 aufweist. Die Bedingung trifft beispielsweise auf eine eckige Form, wie z.B. eine dreieckige, quadratische, sechseckige Form oder eine Rauten-Form, zu.

10

Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass ausgehend von einer eckigen Rumpfform mit kleinem Aspektverhältnis die Stapelbarkeit der AUVs wesentlich verbessert werden kann, so dass bei gleichgroßem Mutterschiff wesentlich mehr AUVs mitgeführt werden können. So ist beispielsweise in einem herkömmlichen 40 Fuß ISO Container das Aussetz- und Bergesystem samt 12 Unterwasserfahrzeuge stapelbar, wenn diese ausgehend von der neuen Form nebeneinander / übereinander geschachtelt werden.

15

20

Auch wurde erkannt, dass diese eckige Form keine großen Nachteile hinsichtlich Strömungswiderstand, insbesondere bei den geringen Geschwindigkeiten von AUVs, bietet. Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen ist das autonome Unterwasserfahrzeug bzw. dessen Rumpf in Leichtbauweise, z.B. aus einem Polymermaterial mit einem spezifische Gewicht kleiner 1,0, wie z.B. Polypropylen oder ungefülltes Polypropylen oder einer Polyethylen/ Polypropylen-Mischung, geformt. Es kann entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen das AUV einen drucklosen (druckneutralen) Aufbau aufweisen, d.h. also ohne äußere Druckpanzerung ausgeführt sein.

25

Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen wird die eckige Form dadurch realisiert, dass der Rumpf mindestens zwei ebene, bevorzugterweise aber mindestens drei ebene Seitenflächen aufweist. Diese sind entsprechend Ausführungsbeispielen gewinkelt, z.B. um einen spitzen Winkel oder um einen 90° Winkel angeordnet. Wenn beispielsweise der Rumpf vier Seitenflächen aufweist, ist die Anordnung der Seitenflächen zueinander im 90° Winkel vorteilhaft, da so ein quadratischer bzw. rechteckiger Querschnitt geschaffen wird. Dieser quadratische bzw. rechteckige Querschnitt kann sehr gut gestapelt werden. Ent-

30

35

sprechend bevorzugten Ausführungsbeispielen sind die Seitenflächen, z.B. die rechteckig zueinander angeordneten Seitenflächen, in Ruhelage gegenüber dem Erdboden bzw. der Wasserfläche derart angeordnet, dass zwei Seitenflächen zu der Wasseroberfläche einen 45° Winkel einschließen. Das heißt also, dass die Seitenflächen nicht parallel zum Erdboden bzw. zur Wasseroberfläche in der Ruhelage verlaufen.

Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen bildet der Rumpf bei der oben diskutierten Anordnung (nicht parallel zur Wasseroberfläche angeordnete Seitenflächen und spitze Winkel zwischen den zwei oder mehr ebenen bzw. geradlinigen Seitenflächen) einen sogenannten Kiel aus, der entsprechend bevorzugten Ausführungsbeispielen einen spitzen Winkel, wie z.B. einen 60° Winkel hat. In diesem Kiel können entsprechend Ausführungsbeispielen Antennen für das Sonar (ein interferometrisches Sonar, ein synthetisches Apertursonar und/oder ein Sidescansonar) vorgesehen sein. Dieser Winkel ist insbesondere im Hinblick auf die Abstrahlung sehr vorteilhaft.

Entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel wird ein autonomes Unterwasserfahrzeug mit einem Rumpf (ohne Formbeschränkung) mit einem Materialanteil von größer 50 % (oder sogar 90%, 99% oder 100%) an einem Polymermaterial mit einem spezifische Gewicht kleiner 1,0 geschaffen. Entsprechend Ausführungsbeispielen wird als Polymermaterial ein Polyolefin, wie Polypropylen oder insbesondere wenig gefülltes oder ungefülltes Polypropylen verwendet.

Kerngedanke dieses Aspekts liegt darin, dass das o.g. Polymermaterial / Polypropylen aufgrund ihrer Materialeigenschaften sowohl als Struktur- als auch als Auftriebsmaterial dient. Diese Materialien sind kostengünstig, leicht zu formen und haben aufgrund ihres spezifischen Gewichts kleiner 1 bzw. um 0,91 hervorragende Auftriebseigenschaften. Diese geringen spezifischen Gewichte werden insbesondere bei reinen (ungefüllten) Polymermaterialen erreicht. Die Bruchfestigkeit eines aus Polypropylen bestehenden Bauteils kann weiterhin durch Beimischung von Polyethylen gesteigert werden, ohne die Dichte wesentlich zu erhöhen.

Weitere Ausführungsbeispiele schaffen eine Stapelvorrichtung zum Stapeln von mindestens zwei autonomen Unterwasserfahrzeugen. Diese Stapelvorrichtung kann Teil eines Containers (ISO Container) sein oder in einem Container integriert werden. Die Stapelvorrichtung weist die Besonderheit auf, dass sie die AUVs derart platzoptimal stapelt, dass die zwei AUVs nebeneinander angeordnet sind und zwar so, dass die eine Seitenfläche

des einen AUV mit der anderen Seitenfläche des anderen AUV parallel verläuft (d.h. leicht beabstandet oder direkt in Eingriff).

Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen definiert. Ausführungsbeispiele der vorlie-
5 genden Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren erläutert. Es zeigt:

Fig. 1a eine schematische Darstellung eines AUVs gemäß einem Basisausführungs-
beispiel;

10 Fig. 1b eine Stapelvorrichtung für das AUV gemäß Ausführungsbeispielen aus Fig. 1a;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines AUVs gemäß einem erweiterten Ausführungs-
beispiel;

15

Fig. 3a eine Bergevorrichtung für das AUV gemäß einem Ausführungsbeispiel; und

Fig. 3b-d eine weitere Bergevorrichtung für das AUV gemäß einem weiteren Ausführungs-
beispiel.

20

Bevor nachfolgend Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand der beilie-
genden Zeichnungen erläutert werden, sei darauf hingewiesen, dass gleichwirkende Ele-
mente und Strukturen mit gleichen Bezugszeichen versehen sind, so dass die Beschrei-
bung derer aufeinander anwendbar bzw. austauschbar ist.

25

Fig. 1a zeigt ein AUV 10 mit einem Rumpf 12. Dieser ist, wenn man den Querschnitt des
Rumpfes 12 betrachtet, viereckig bzw. rautenförmig ausgeführt. Hierdurch bildet sich also
ein Rumpf 12 mit vier ebenen Flächen 12a-d aus, wobei die Fläche 12a um einen Winkel
 α gegenüber der Fläche b gewinkelt angeordnet ist und die Fläche 12b um einen Winkel β
30 gegenüber der Fläche 12c usw., so dass sich die vier Winkel (α , β , γ , δ) einstellen.

In diesem Ausführungsbeispiel können beispielsweise die Winkel β und δ spitze Winkel
sein, d.h. beispielsweise Winkel mit 60° , und die Winkel α und γ stumpfe Winkel, folglich
dann um die 120° . Alternativ hierzu können natürlich alle Winkel α bis δ gleich sein und
35 somit 90° betragen oder auch beliebig anders gewählt sein.

Der Rumpf hat zusätzlich auch noch ein kleines Aspektverhältnis von maximal 1:1,5 oder 1:1,25 bezogen auf den Querschnitt, um die gute Stapelbarkeit zu ermöglichen. Das Aspektverhältnis beschreibt das Verhältnis zwischen der maximalen und der minimalen Querausdehnung. Bei der dargestellten Raute also das Verhältnis der zwei Diagonalen zueinander.

Ferner sei an dieser Stelle angemerkt, dass optionaler Weise die Seitenflächen 12a-d alle so angeordnet sind, dass diese zumindest in Ruhelage des AUVs 10 nicht parallel zum Erdboden bzw. zur Wasseroberfläche verlaufen. In anderen Worten ausgedrückt heißt das, dass die Flächen gewinkelt angeordnet sind. Hierbei können beispielsweise in Ruhelage, d.h. bei normaler Vorrausfahrt, die Flächen 12a und 12d gegenüber dem Erdboden bzw. der Wasserlinie einen Winkel ε im Bereich von 45° , hier 60° , einnehmen.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass unter einer ebenen Fläche auch eine leicht gebogene oder gekrümmte Fläche verstanden werden kann.

Infolge der kantigen Form lassen sich die AUVs 10 sehr gut platzsparend stapeln, wie beispielsweise anhand von Fig. 1b dargestellt ist. Hierbei wird davon ausgegangen, dass jedes Fahrzeug eine maximale Länge von 2,20 m hat, so dass das AUV 10 quer in einen Standard ISO Container (40 Zoll mit Innenmaß 2,352 m) untergebracht werden kann. Bei diesen Abmessungen wird nicht nur eine platzsparende Stapelung, sondern auch eine gut Erreichbarkeit gewährleistet.

Fig. 1b zeigt, wie eine Vielzahl von AUVs 10 mit rechteckigem Querschnitt mittels einer Stapelvorrichtung 20 gestapelt sind. Die Stapelvorrichtung 20 weist hier einer Wabenstruktur 20 auf. Durch diese Stapelvorrichtung 20 können bei den oben erläuterten Abmessungen etwa 12 Fahrzeuge zusammen mit einem Trägersystem (zum Aussetzen und Bergen) in einem einzigen 40 Fuß ISO Container untergebracht werden. Die Anordnung der 12 Tauchfahrzeuge erfolgt quer in den Standardcontainern, so dass auch Zubehör, wie das Bergwerkzeug, in demselben untergebracht werden kann. Somit ist es also möglich mit einem einzigen ISO Container das vollständige Equipment für eine mittelgroße Mission mitzuführen, so dass es nicht zwingend notwendig ist, mit großen und teuren Mutterschiffen auf See zu gehen. Entsprechend Ausführungsbeispielen können die AUVs in einzelnen Transportboxen in dem Container gestapelt werden. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass 12 Tauchfahrzeuge ausgehend von einem interferometrischen

Sonar mit typischen 117 kHz in 14 Stunden eine Kartographierung von 500 km² ermöglichen.

5 Auch in Bezug auf das AUV 10 selbst hat diese rechteckige bzw. allgemein eckige Anordnung Vorteile. In einer solchen Geometrie lassen sich die Batterien gut angeordnet werden können, da sich keine „toten“ Räume durch die Rundungen ausbilden. Lithium-Ionen Batterien haben sich nicht nur bei uns für die Stromversorgung von autonomen Tauchrobotern bewährt. Das Batteriemangement, der Antrieb, der Betrieb der Sensoren und Beleuchtung sowie der Steuerrechner muss möglichst stromsparend erfolgen. Nur so kann
10 gewährleistet werden, dass mit relativ wenig Gewicht und Volumen der Batterien eine Missionsdauer von 16 bis 24 Stunden ermöglicht werden kann. Darüber hinaus ist auch angemerkt, dass hydrodynamischer Sicht diese Rumpfform nicht nachteilig ist, da der Strömungswiderstand nicht übermäßig nachteilig ist.

15 Wenn man nun entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen den Rumpf 12 des AUVs 10 aus Leichtbaumaterial, wie z.B. Polypropylen, einem Copolymer von Polypropylen (z.B. zusammen mit (Poly-)Ethylen mit einer Ethylen-Menge von beispielsweise < 5,0 Gew.-% oder < 1,0 Gew.-%) oder einem anderen inkompressiblen Polymer ausführt, ist auch noch ein großer Gewichtsvorteil je AUV zu verzeichnen. Beim Polypropylen wird im
20 vorliegenden Fall z.B. von einem sogenannten ungefüllten / reinen Polypropylen ausgegangen, da dieses die geforderten Auftriebseigenschaften (spezifische Gewicht) hat. Unter ungefülltem Polypropylen wird ein reines Polypropylen verstanden, das im Gegensatz zu technischem Polypropylen ohne Füllstoffe, wie natürlichem Calciumcarbonat (GCC), synthetischem Calciumcarbonat (PCC) oder Carbon Black (Ruß) auskommt. Ungefülltes
25 Polypropylen ist zwar teurer als gefülltes Polypropylen, aber viel billiger als syntaktischer Schaum und auch viel leichter zu bearbeiten. Durch das geringe Gewicht kann der Antrieb klein dimensioniert werden, was insgesamt zu einem sehr batteriesparenden Betrieb beiträgt.

30 Als Polymermaterial eignen sich entsprechend Ausführungsbeispielen beispielsweise Polyolefine (zugehörig zu der Gruppe der Thermoplaste), wie Polypropylen (PP) oder insbesondere wenig gefülltes (< 1%, 5%, 10% oder 15% Füllstoffanteil) oder ungefülltem Polypropylen. Ungefülltes Polypropylen hat ein spezifisches Gewicht im Bereich von 0,91. Diese Materialien der Gruppe Polyolefine sind kostengünstig, leicht zu formen und haben
35 aufgrund ihres / archimedisches Gewicht kleiner 1 hervorragende Auftriebseigenschaften, sodass das Material selbst als Auftriebskörper wirkt.

Abhängig von der Wassertiefe können auch syntaktische Schäume mit einem spez. Gewicht von 0,4 kg/l verwendet werden, wenn z.B. die hohe Druckfestigkeit nicht benötigt wird. Hintergrund hierzu ist, dass normalerweise sehr druckfeste Schäume umso teurer sind je leichter sie sind.

Alternativ zu Polypropylen kann, wie oben erwähnt, auch ein Copolymer von Polypropylen und Polyethylen verwendet werden. Polyethylen ist dem Polypropylen chemisch sehr ähnlich und hat als Copolymer hat den Vorteil, dass es nicht um 0°C spröde wird und folglich bessere mechanische Eigenschaften über einen breiten Bereich bietet.

Diese Materialien haben auch weiter den Vorteil, dass sie inkompressibel sind bzw., um genau zu sein ein hohes Kompressionsmodul haben. Hier ist das Kompressionsmodul (im Bereich von 10^{11} Pa) hinreichend hoch, sodass dieses im Tiefseeinsatz (mindestens 300 m, bevorzugt größer 1.000 m oder sogar im Bereich von 10.000 m) als Strukturelement eingesetzt werden kann.

An dieser Stelle sei bezüglich der Variante mit (ungefülltem) Polypropylen als Rumpfmateriale angemerkt, dass aufgrund des spezifischen Gewichts des PP ein Gestell / Rumpf aus PP viele Zentimeter stark designt werden kann, da es trotzdem in Wasser leichter ist als mit Metallgestell und Schaum.

Entsprechend Ausführungsbeispielen wird ein druckneutraler Aufbau (Innendruck = Ausendruck) in Verbindung mit der tragenden Außenstruktur, beispielsweise aus dem oben erläuterten ungefüllten Polypropylen eingesetzt, so dass syntaktischer Schaum ganz oder teilweise entfallen kann. Durch die geringen Einsatzgewichte werden weitere Vorteile ermöglicht, nämlich dass eine Vielzahl von Steuerungsmechanismen neben der herkömmlichen Steuerung über Ruder (die durch die Fahrzeugbewegung angeströmt werden) effektiv integriert werden können:

So kann ein Steuerung im Sinne von Manövrieren beispielsweise durch verschiebbarer Trimm, z.B. über Gewichte (im Kiel), welche mittels Zahnriemen bewegbar sind, oder durch Umpumpen von Ballasttanks, realisiert werden. Durch das Umpumpen von Ballastwasser bzw. das Zu- und Abpumpen von Ballastwasser, kann auch das Absenken und Auftauchen des AUVs einfach realisiert werden. Alternativ hier zu der Trimmsteuerung wäre auch ein vorne angebrachtes Seitenstrahlruder (ohne über die Außenform hinausra-

gendes Element) denkbar, das ausgehend von der kleinen Masse auch sehr klein dimensioniert sein kann.

Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen ist die Bezug nehmend auf Fig. 1a gewählte Variante mit den spitzen Winkeln, insbesondere dem spitzen 60° Winkel im Kiel eine Vorteilhaftigkeit; dies gilt beispielsweise, wenn ein Sonar im Kiel angebracht werden soll. Die Antennen im 60° Winkel können sehr gut abstrahlen, was den Einsatz von Sonaren, wie z.B. interferometrischer Sonare, synthetische Apertursonare oder Sidescan-sonare optimiert.

10

Fig. 2 zeigt ein weiteres AUV 10', das einen Rumpf 12' mit quadratischem Querschnitt aufweist, wobei die Nase 12n eine abgerundete Form aufweist und das Heck 12h einen kegelförmigen Auslauf bildet, in welchem dann der Propeller 12p angeordnet ist. Der Propeller 12p kann beispielsweise einflügelig oder zweiflügelig ausgeführt sein. Am Heck 12h sind auch die Ruder 12r vorgesehen.

15

Wie bereits oben erläutert, dient das AUV 10' beispielsweise zur Kartographierung und weist deshalb in diesem Ausführungsbeispiel eine Antenne für ein Sonar auf. Diese ist im Kiel 12k, der separat an den Grundkörper 12' angesetzt ist, vorgesehen. Der Kiel 12k weist einen spitzen Winkel (idealerweise 60°) im Querschnitt auf.

20

Entsprechend Ausführungsbeispielen kann auf jedem Tauchfahrzeug eine Kamera und eine LED-Beleuchtung angebracht sein, um zusätzlich Fotos aufnehmen zu können. LED und Kamera sind voneinander entfernt, so dass Bilder besser werden (Beleuchtung von der Seite). Diese Anordnung wurde bei unserem Partner GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in Kiel bereits erfolgreich entwickelt und in der Tiefsee getestet. Ergänzt wird sie Algorithmen zur automatisierten Optimierung von Unterwasserbildern durch intelligente Elektronik. Die Fotografie wird in Zusammenarbeit mit dem GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in Kiel realisiert, die bereits entsprechende Lösungen entwickelt und getestet haben.

25

30

Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen ist es für die Kartographierung vorteilhaft, wenn eine Positionsbestimmung direkt erfolgt. Die Positionsbestimmung wird beispielsweise über ein eingebautes Inertial-Navigations-System gewährleistet, dass mittels USBL und „inverted“ LBL durch GPS-Signale gestützt wird. Sowohl USBL als auch inverted LBL sind Unterwassernavigationssysteme, die auf Laufzeiten von Wasserschall zwischen dem

35

Objekt und mehreren Bezugspunkten basiert. Sie werden benutzt, um die Position von Objekten oder Geräten unter Wasser zu bestimmen.

Entsprechend Ausführungsbeispielen kann die Elektronik, wie z.B. die Sonarelektronik, BMS, der Steuerrechner, INS usw. in einem separaten Druckkörper, der im Inneren des Rumpfes vorgesehen ist, vorgesehen sein.

Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen können zusätzlich zu den oben erläuterten elektronischen Einheiten auch noch weitere elektronische Einheiten in das autonome Wasserfahrzeug, wie z.B. ein Tiefensensor (Drucksensor) integriert sein.

Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen wird eine Bergevorrichtung in Form eines kleinen Mutterfahrzeuges geschaffen. Beispiele hierfür sind in Fig. 3a – 3d dargestellt.

Fig. 3a zeigt die Bergevorrichtung 50, die hier als sogenanntes SWATH (Small Waterplane Area Twin Hull) ausgeführt ist. Hierbei sind zwei Rümpfe 52a und 52b vorgesehen, zwischen welchen ein Zwischenraum 50z entsteht, mittels welchem das AUV aufgenommen werden kann. In dem Zwischenraum 50z ist entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen ein Träger, hier zwei schräge Platten, derart angeordnet, dass ein maximal großer Oberflächenkontakt zum AUV (z.B. 30% der gesamten AUV-Oberfläche) entsteht, so dass dieses (wenn es aus strukturell schwächeren Leichtbaumaterialien ausgeführt ist) nicht beschädigt wird. Hier sind die Aufnahmemittel 54 durch zwei schräge Platten parallel zu den gewinkelten Außenflächen des Rumpfes des AUVs realisiert.

Die ebenen beschriebenen Elemente, wie die zwei Rümpfe 52a und 52b und damit auch der Zwischenraum 50z sowie die Aufnahmemittel 54 werden beim Bergen entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen unter die Wasseroberfläche abgesenkt. Hierzu weist dann die Bergevorrichtung 50 Schwimmkörper 56a-c auf. Dadurch, dass eine Absenkung erfolgt, ist die Bergevorrichtung, d.h. also das SWATH 50 sowie das zu bergende AUV stabil im Wasser da der Verdrängungsschwerpunkt unter der Wasseroberfläche liegt. Folglich ist auch wenig „Material“ in der Wellenzone, so dass auch starker Wellengang nichts ausmachen kann. Weiter wird ein langes Verweilen des AUVs bzw. ein andauernder Transport durch die Wellenzone vermieden wird, indem die Bergevorrichtung 50 beim Bergen das AUV gegenüber den Wellenfronten abschirmt (z.B. dadurch dass mehr als 50 % der Wasserlinie umringt sind). Entsprechend Ausführungsbeispielen kann das Absenken und Bergen durch Zu- und Abpumpen von Ballastwasser erfolgen.

Entsprechend Ausführungsbeispielen ist das SWATH 50 zerlegbar bzw. weist zumindest ein einklappbares Element auf, so dass das SWATH 50 zusammen mit den AUVs in Container verstaut werden kann.

5

Entsprechend bevorzugten Ausführungsbeispielen wäre es auch denkbar, dass die Zahl der SWATHs 50 an die Zahl der AUVs im Container angepasst sind bzw. gleich sind.

10 An dieser Stelle sei angemerkt, dass das AUV 10 oder 10' nicht nur einen eckigen Querschnitt, sondern auch eine spitz zulaufende Nase und/oder Heck haben kann. Hierdurch stellt sich die sogenannte Pinguinform oder Spindelform ein.

Fig. 3b zeigt eine weitere Bergevorrichtung 50' mit ebenfalls zwei Rümpfen 52a' und 52b'. An jedem der zwei Rümpfe 52a' und 52b' kann entsprechend Ausführungsbeispielen ein Außenborder als Antrieb 53' vorgesehen sein. Die zwei Rümpfe 52a' und 52b' sind mittels gebogenen Elementen 55' miteinander verbunden, so dass wiederum ein Zwischenraum 50z' geschaffen wird. An diesen Elementen 55' sind die Aufnahmemittel 54', hier ein Art Netz vorgesehen.

20 Beim Bergen fährt das AUV in bzw. unter den Zwischenraum 50z', nachdem das Netz 54' unter die Wasseroberfläche abgesenkt wurde. Durch Anheben des Netzes 54' erfolgt dann das eigentliche Bergen.

In Fig. 3c (dreidimensionale Ansicht) und Fig. 3d (Seitenansicht) ist eine weitere Variante eines SWATH 50'' gezeigt. Dies umfasst, zwei Rümpfe 52a'' und 52b'', die über einen Verbindungs-Konstruktion 55'' miteinander verbunden sind. Die Verbindungs-Konstruktion 55'' weist einen Schwimmkörper 55s'' auf, der so angebracht ist, dass unter selben 55s'' ein Zwischenraumbereich 50z'' gebildet wird. Dieser Bereich 50z'' wird seitlich durch die Verbindungs-Konstruktion 55'' und nach unten durch die Rümpfe 52a'' und 52b'' sowie die Aufnahmemittel 54'' begrenzt. Dieser Bereich 50z'' ist auf Bug- oder Heckseiten (hier Bug) geöffnet, so dass das AUV einfahren kann.

35 Beim Bergen wird der untere Bereich 52a'', 52b'' und 54'' des SWATH 50'' unter die Wasseroberfläche abgesenkt, so dass das AUV in den Zwischenraum 50z'' einfahren kann, wobei beim Anheben des untere Bereich 52a'', 52b'' und 54'' des SWATH 50'' das AUV aufgenommen wird.

Das SWATH 50“ kann optional zwei integrierte Antriebe 53“ (je einen je Rumpf 52a“ / 52b“) aufweisen.

- 5 Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele
- 10 hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Patentansprüche

- 5 1. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') mit folgenden Merkmalen:

einem Rumpf (12, 12'), der in Bezug auf einen Querschnitt eine eckige Form mit einem Aspektverhältnis von maximal 1:1,5 aufweist.
- 10 2. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') gemäß Anspruch 1, wobei der Rumpf (12, 12') zumindest zwei ebene Flächen (12a, 12b, 12c, 12d) aufweist.
3. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der Rumpf (12, 12') drehsymmetrisch um kleiner 180°, 90° oder 60° ist.
- 15 4. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Aspektverhältnis maximal 1:1,25 ist.
5. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Rumpf mindestens zwei zueinander mit einem Winkel (α , β , γ , δ) gewinkelte Flächen (12a, 12b, 12c, 12d) aufweist.
- 20 6. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') gemäß Anspruch 5, wobei die Winkel (α , β , γ , δ) spitze Winkel (α , β , γ , δ) sind oder senkrechte Winkel (α , β , γ , δ) sind.
- 25 7. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') gemäß einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei keine der zwei Flächen (12a, 12b, 12c, 12d) in Ruhelage im Wasser parallel zur Wasseroberfläche verläuft.
- 30 8. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Rumpf (12, 12') ein Materialanteil von über 50 % an einem Polymermaterial hat, das ein spezifisches Gewicht kleiner 1,0 hat, oder ein Materialanteil von über 50 % an einem Polyolefine oder an einem Polypropylen oder an einem Copolymer von Polypropylen.

9. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Polymermaterial, das Polyolefine oder das Polypropylen ungefüllt ist oder einen Füllstoffanteil kleiner 10% aufweist.
- 5 10. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Rumpf (12, 12') druckneutral ausgebildet ist.
11. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Rumpf (12, 12') einen Kiel (12k) aufweist, in welchem eine Antenne für ein Sonar, ein interferometrisches Sonar, ein synthetischen Apertursonar und/oder ein Sidescansonar aufweist.
- 10
12. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') gemäß Anspruch 11, wobei der Kiel (12k) einen spitzen Winkel (α , β , γ , δ) aufweist und/oder wobei der Kiel (12k) einen 60° Winkel (α , β , γ , δ) aufweist.
- 15
13. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das autonome Unterwasserfahrzeug (10, 10') ein Steuerungsmechanismus aufweist;
- 20
- wobei der Steuermechanismus einen in Bezug auf seine Lage zum Schwerpunkt des Unterwasserfahrzeuges (10, 10') veränderliches Belastgewicht aufweist.
14. Stapelvorrichtung (20) für mindestens zwei gelagerte autonome Unterwasserfahrzeuge (10, 10') gemäß einem der Ansprüche 2 bis 13, wobei die mindestens zwei autonomen Unterwasserfahrzeuge (10, 10') derart in dem Container gelagert sind, dass eine der mindestens zwei Flächen (12a, 12b, 12c, 12d) des einen autonomen Unterwasserfahrzeuges (10, 10') benachbart und parallel zu einer der Flächen (12a, 12b, 12c, 12d) des anderen autonomen Unterwasserfahrzeuges (10, 10') angeordnet ist.
- 25
- 30
15. Stapelvorrichtung (20) gemäß Anspruch 14, wobei die mindestens zwei autonomen Unterwasserfahrzeuge (10, 10') in je einer Box in dem Container gelagert sind und die Boxen derart stapelbar sind, dass eine der mindestens zwei Flächen (12a, 12b, 12c, 12d) des einen autonomen Unterwasserfahrzeuges (10, 10') be-
- 35

nachbart und parallel zu einer der Flächen (12a, 12b, 12c, 12d) des anderen autonomen Unterwasserfahrzeuges (10, 10') angeordnet ist.

16. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10'), mit folgenden Merkmalen:

5

einem Rumpf (12, 12') mit einem Materialanteil von größer 50 % an einem Polymermaterial, das ein spezifisches Gewicht kleiner 1,0 hat,

10

wobei das Autonome Unterwasserfahrzeug (10, 10') für den Tiefseeinsatz ausgebildet ist.

17. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') gemäß Anspruch 16, wobei das Polymermaterial ein Polyolefine oder Polypropylen oder Copolymer von Polypropylen ist.

15

18. Autonomes Unterwasserfahrzeug (10, 10') gemäß Anspruch 16 oder 17, wobei das Polymermaterial ungefüllt ist oder einen Füllstoffanteil kleiner 10% aufweist.

20

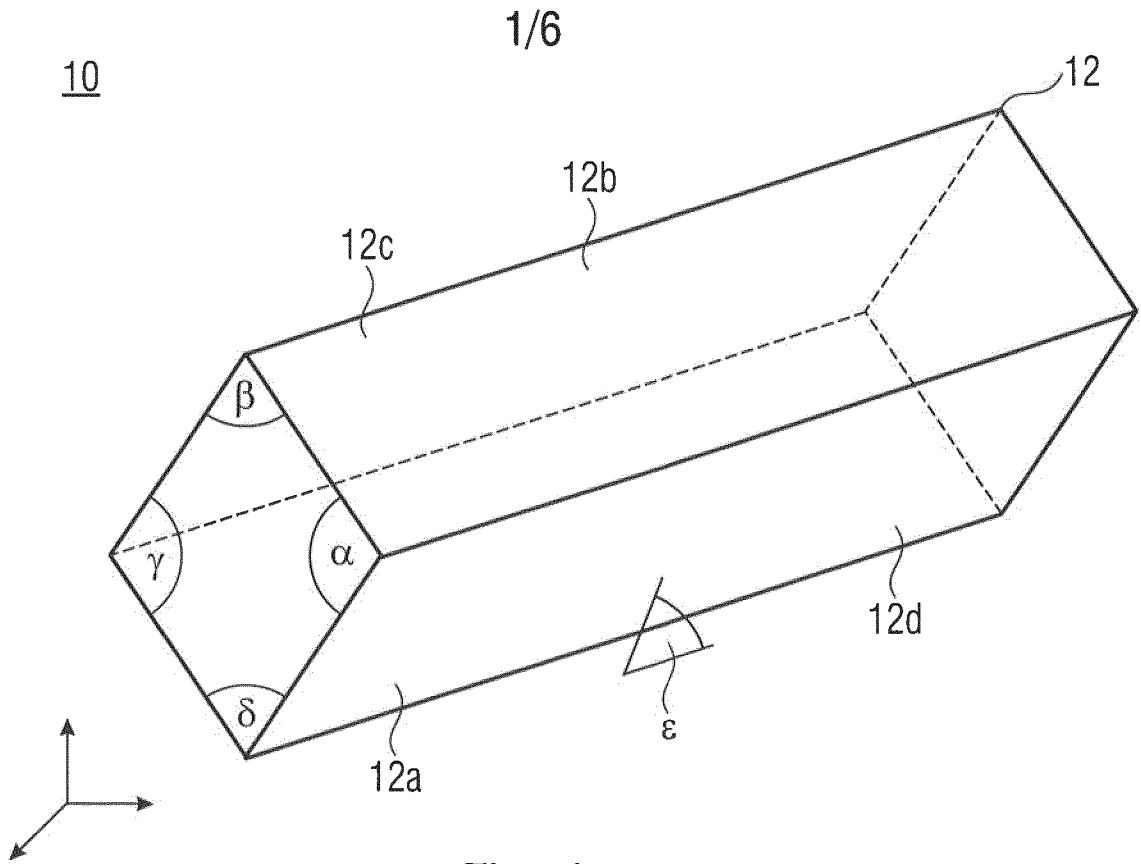


Fig. 1a

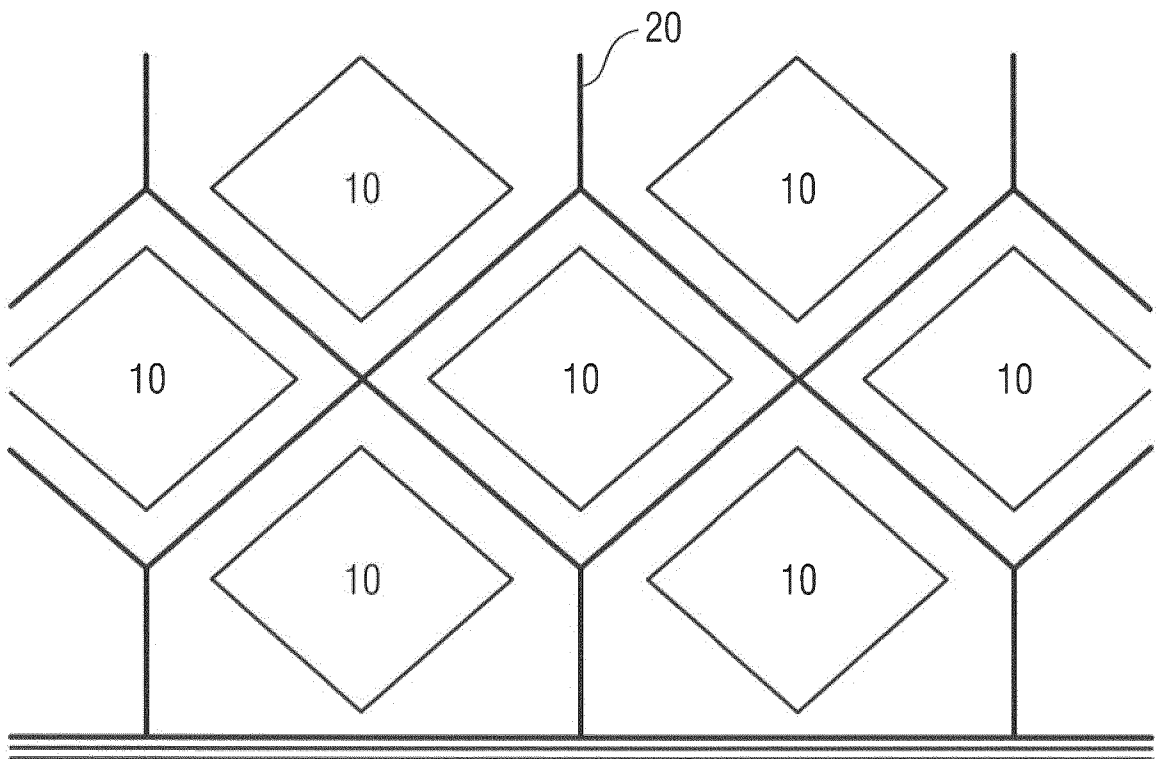


Fig. 1b

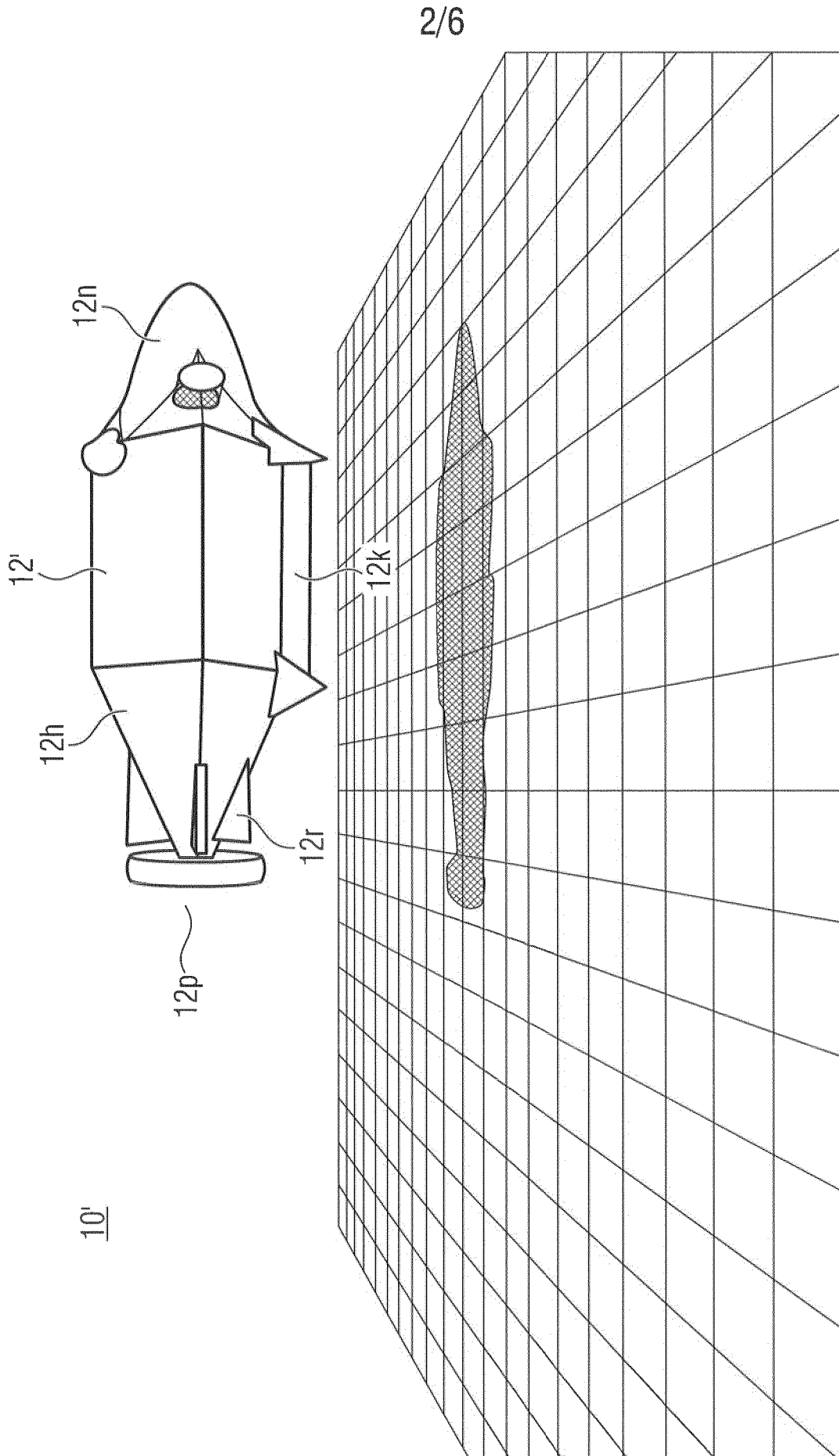


Fig. 2

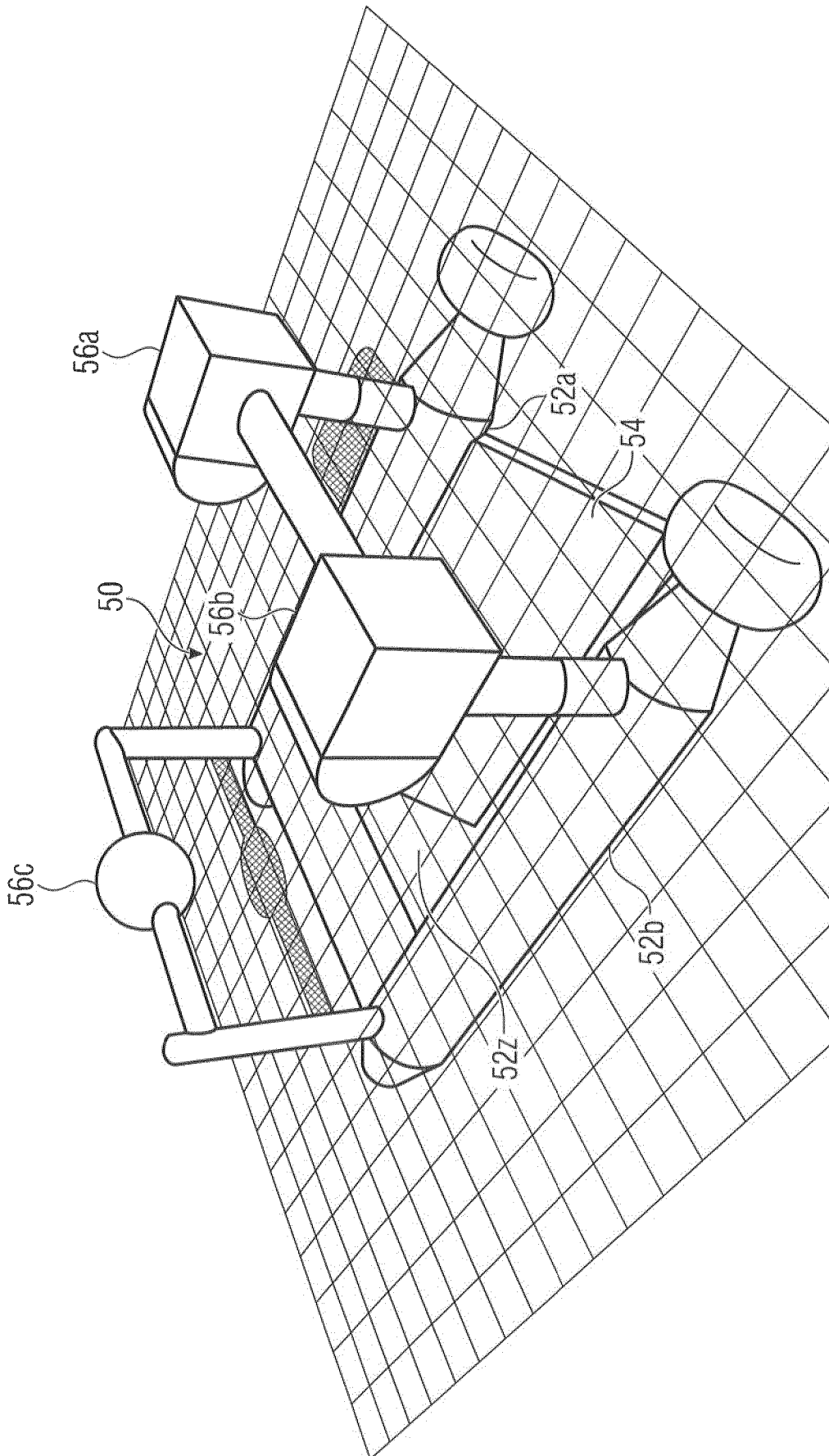


Fig. 3a

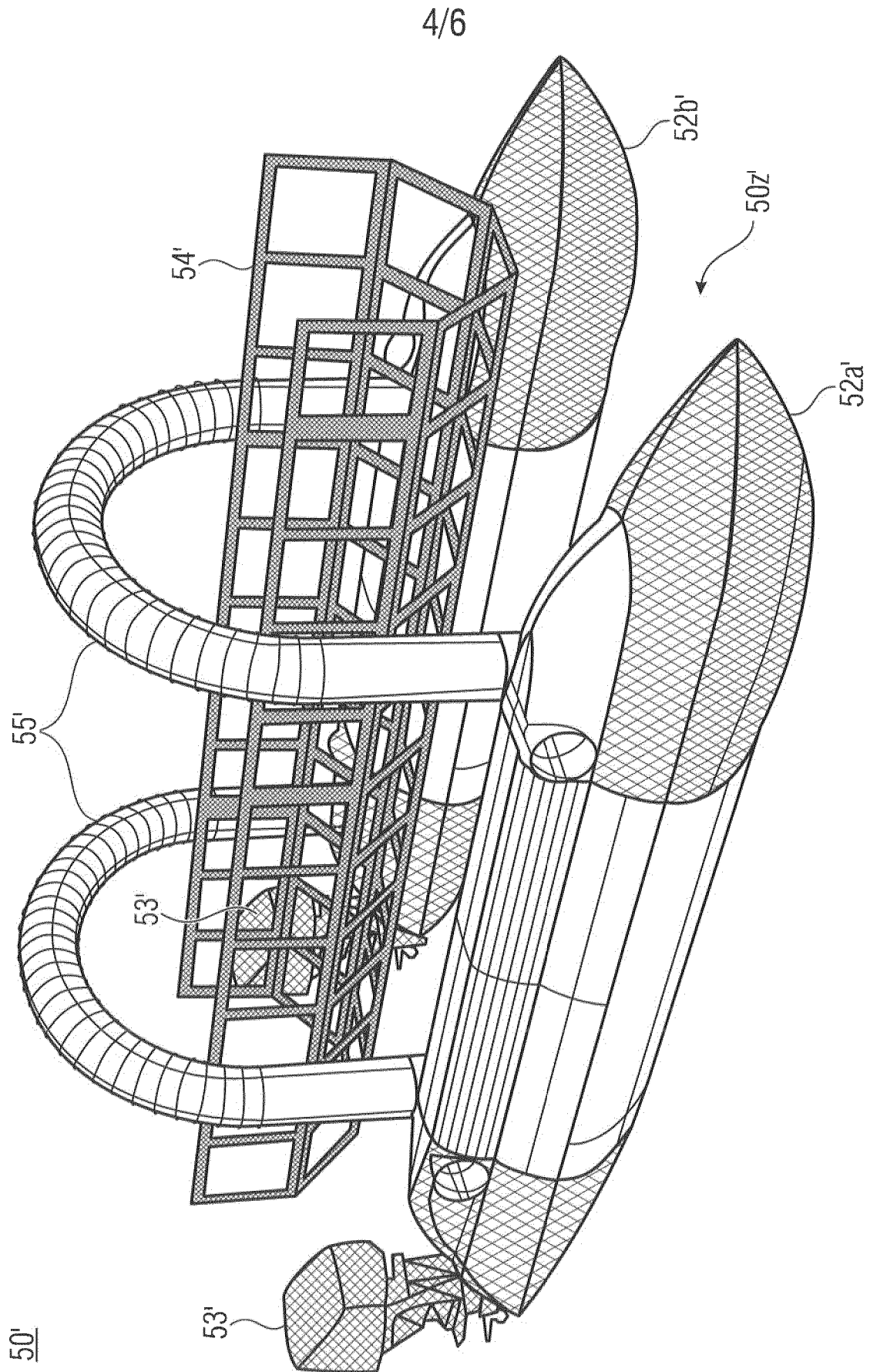


Fig. 3b

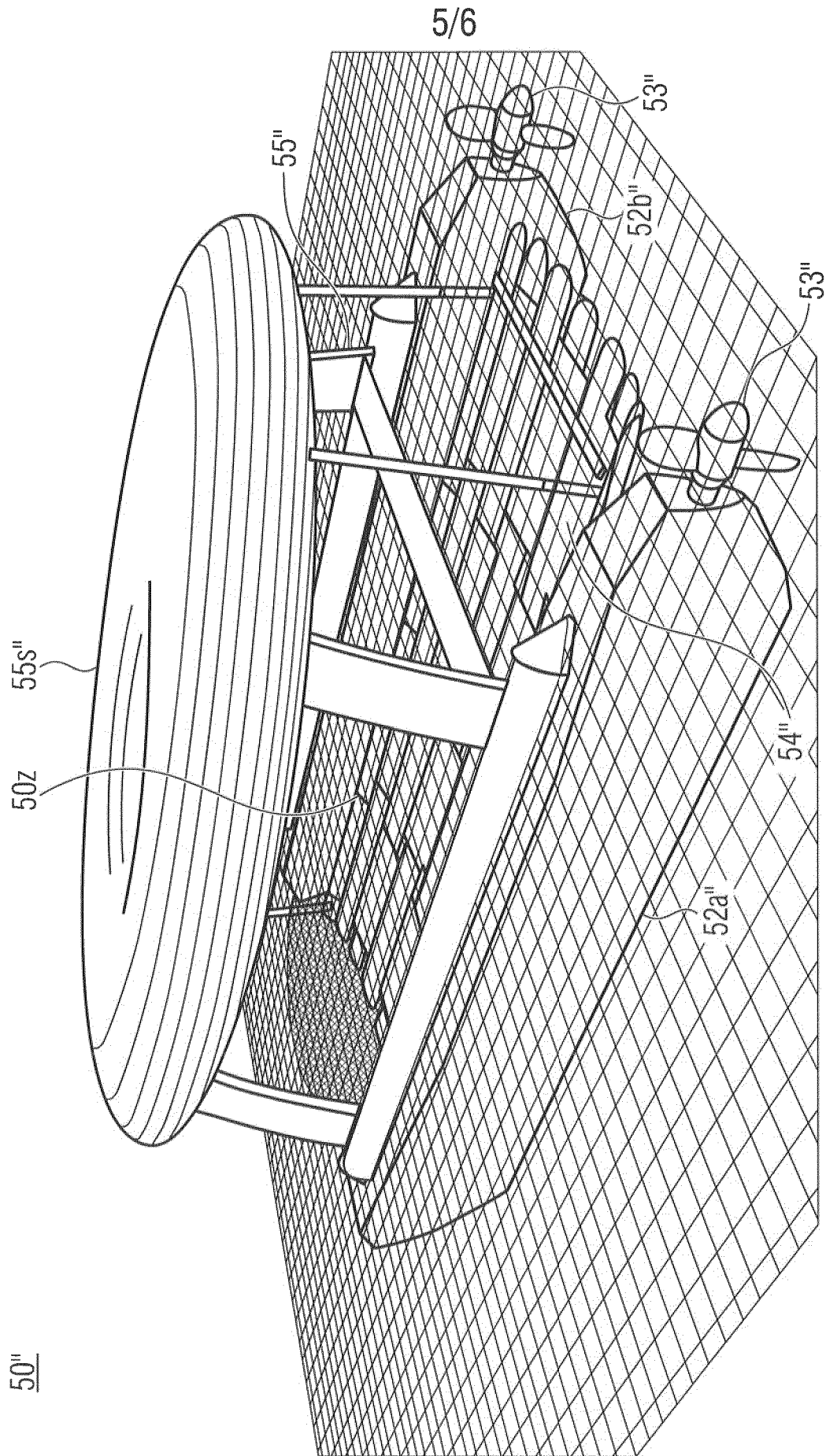


Fig. 3C

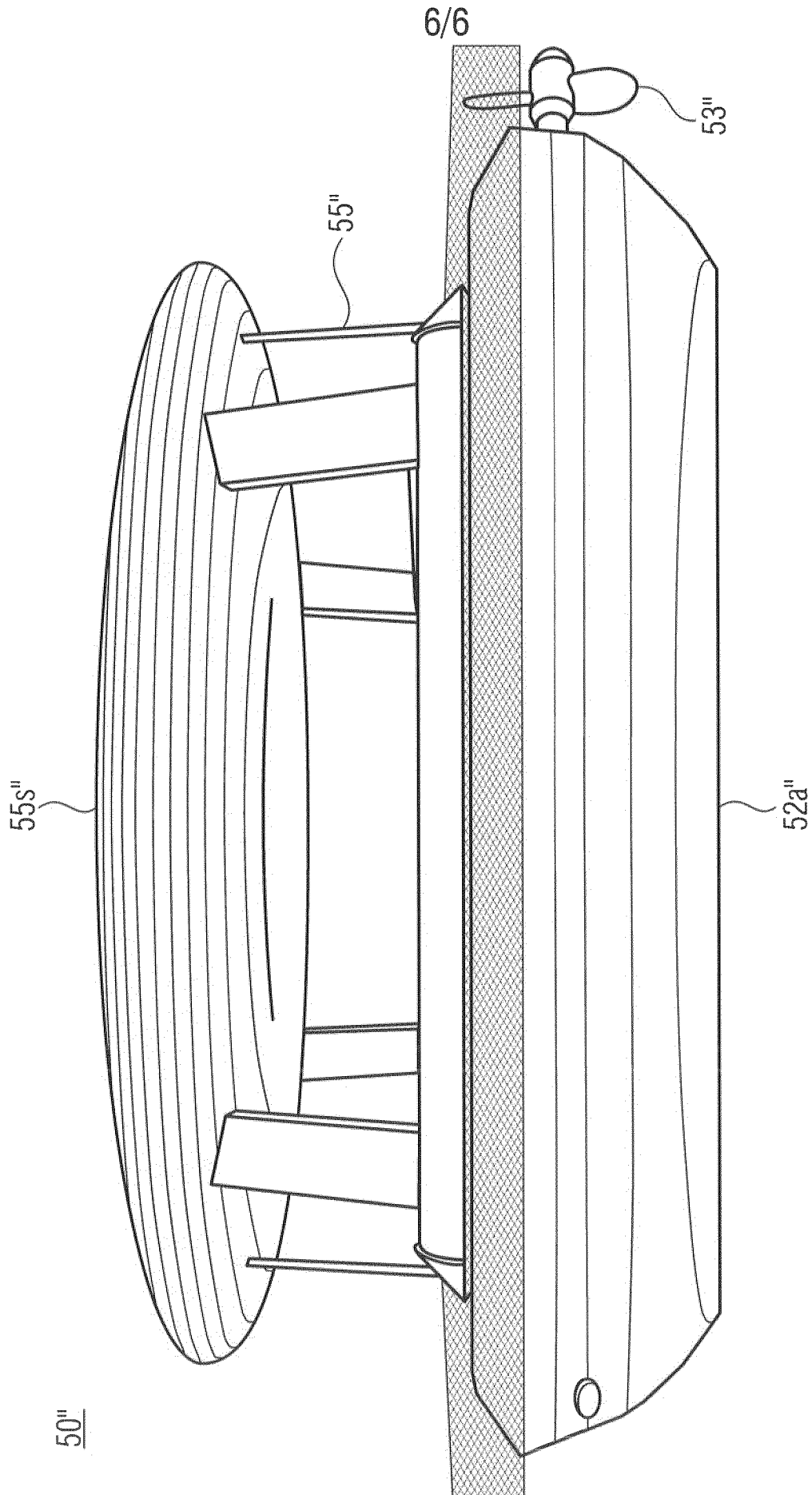


Fig. 3d