



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11) EP 2 423 101 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
29.02.2012 Patentblatt 2012/09

(51) Int Cl.:
B63C 11/42 (2006.01) **B63G 8/38** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 11178897.2

(22) Anmeldetag: 25.08.2011

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: 31.08.2010 DE 102010035898

(71) Anmelder: **ATLAS Elektronik GmbH**
28309 Bremen (DE)

(72) Erfinder: **Kalwa, Jörg**
28844 Weyhe (DE)

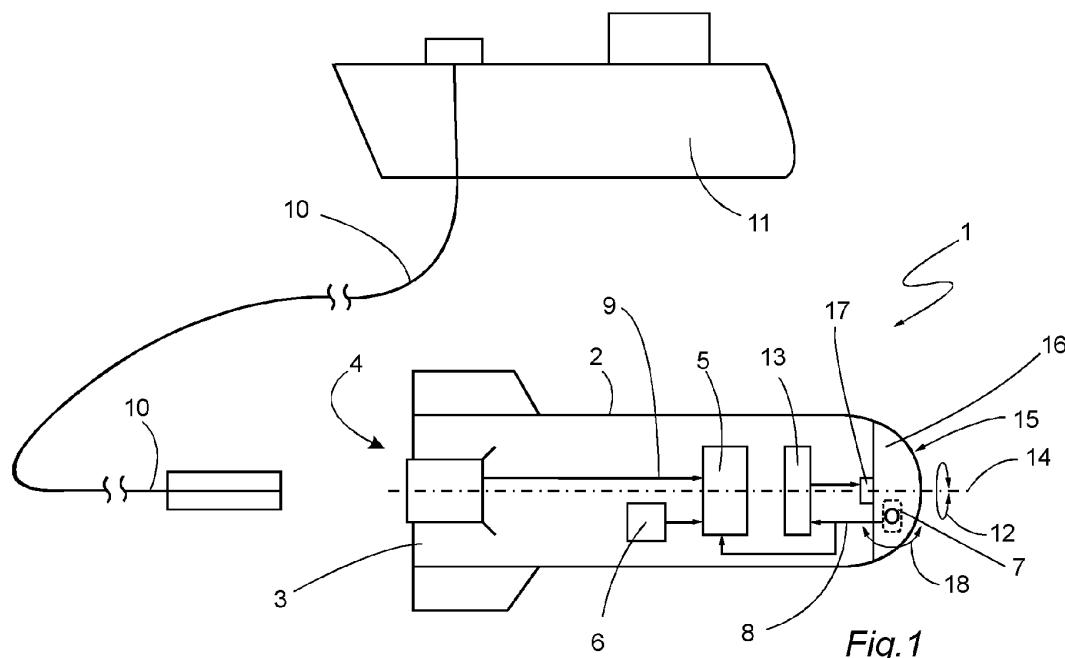
(74) Vertreter: **Wasiljeff, Johannes M.B.**
Jabbusch Siekmann & Wasiljeff
Patentanwälte
Otto-Lilienthal-Strasse 25
28199 Bremen (DE)

(54) Unbemanntes Unterwasserfahrzeug und Verfahren zum Betrieb eines unbemannten Unterwasserfahrzeugs

(57) Die Erfindung betrifft ein unbemanntes Unterwasserfahrzeug mit mindestens einer Sensoreinheit (7), mittels welcher Sensorinformationen (8) über Gegenstände in der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs (1) erfassbar sind. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betrieb eines unbemannten Unterwasserfahrzeugs (1).

Um Strukturen und Konturen von Gegenständen un-

ter Wasser möglichst schnell und genau zu erfassen ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die mindestens eine Sensoreinheit (7) in einer Tangentialrichtung (12) des Unterwasserfahrzeugs, d.h. tangential zur der Längsachse (14) des Unterwasserfahrzeugs (1) oder eine parallel zur Längsachse verlaufenden Achse, beweglich angeordnet ist und von einer Positioniereinrichtung (13), der die Sensorinformationen (8) vorgebbar sind, in der Umfangsrichtung (12) positionierbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein unbemanntes Unterwasserfahrzeug mit mindestens einer Sensoreinheit gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betrieb eines unbemannten Unterwasserfahrzeugs gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 9.

[0002] Unbemannte Unterwasserfahrzeuge können im Unterschied zu bemannten Missionen größere Arbeitstiefen erreichen und in Umgebungen arbeiten, die zu gefährlich für Taucher oder bemannte Unterwasserfahrzeuge sind. Unbemannte Unterwasserfahrzeuge sind zudem in der Lage die meisten Aufgaben zu erfüllen, die zuvor von größeren Forschungsschiffen wahrgenommen wurden. Dadurch bieten unbemannte Unterwasserfahrzeuge einen hohen Kostenvorteil gegenüber bemannten Systemen. Unbemannte Unterwasserfahrzeuge können grob unterteilt werden in ferngelenkte Unterwasserfahrzeuge (ROV = Remotely Operated Vehicle) und autonome Unterwasserfahrzeuge (AUV = Autonomous Underwater Vehicle).

[0003] Ferngesteuerte Unterwasserfahrzeuge (ROV) werden in der Regel über ein Verbindungskabel ferngesteuert, meistens von einer menschlichen Bedienperson. Ferngelenkte Unterwasserfahrzeuge werden bevorzugt für Missionen mit örtlich begrenzten, näheren Untersuchungen unter Echtzeitbedingungen eingesetzt, wobei das Unterwasserfahrzeug oft auch auf einen Gegenstand unter Wasser einwirken muss, bspw. zu Reparaturzwecken.

[0004] Autonome Unterwasserfahrzeuge (AUV) erfüllen ihre jeweilige Mission ohne ständige Überwachung durch menschliche Bedienpersonen und folgen vielmehr einem vorgegebenen Missionsprogramm. Autonome Unterwasserfahrzeuge umfassen eine eigene Stromversorgung und erfordern keine externe Kommunikation während der Mission. Nach Durchführung des Missionsprogramms taucht das autonome Unterwasserfahrzeug selbstständig auf und wird anschließend geborgen. Ein autonomes Unterwasserfahrzeug eignet sich insbesondere für weiträumige Aufklärung unter Wasser und untersucht die Unterwasserumgebung in der Regel ohne Berührung mit erfassten Gegenständen unter Wasser.

[0005] Unbemannte Unterwasserfahrzeuge, also sowohl ferngelenkte Unterwasserfahrzeuge (ROV) als auch autonome Unterwasserfahrzeuge (AUV), umfassen wenigstens eine Sensoreinheit, mittels welcher Sensorinformationen über Gegenstände in der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs erfassbar sind. Ferngelenkte Unterwasserfahrzeuge nehmen oft mit einer Kamera als Sensoreinheit Bilder unter Wasser auf, welche der Bedienperson angezeigt werden, um der Bedienperson anhand von Bildern eines Gegenstandes eine Inspektion oder Manipulationen unter Echtzeitbedingungen zu ermöglichen. Autonome Unterwasserfahrzeuge benötigen Sensoreinheiten zur Erfassung von Gegenständen in der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs für verschiedene Aufgaben. Unter Anderem werden die Sensorinformationen für die Navigation herangezogen. Die Sensorinformationen werden außerdem für die Ortung von Gegenständen herangezogen oder zur Berechnung von Manövern zur näheren Inspektion von aufgefundenen Unterwasser-Gegenständen.

[0006] DE 10 2004 062 122 B3 offenbart ein Verfahren zum Detektieren und Neutralisieren von Unterwasserobjekten, insbesondere Minen, mittels optischer und/oder akustischer Sensoren eines unbemannten Unterwasserfahrzeugs.

[0007] WO 87/00501 offenbart ein Fenster für ein Unterwasserfahrzeug, welches einen Teil des sphärischen Druckkörpers des Unterwasserfahrzeugs bildet und einen transparenten Ring umfasst, der den Druckkörper umgibt. Eine Kamera ist derart drehbar im Druckkörper aufgenommen, dass eine Drehung der Kamera mit Blick durch das Fenster ermöglicht ist.

[0008] Bei einer Vielzahl von Unterwassermisionen sind sowohl weiträumige Aufklärung oder Untersuchung als auch örtlich begrenzte Arbeiten unter Echtzeitbedingungen erforderlich, bspw. bei der Inspektion und ggf. Reparatur von Offshore-Installationen wie bspw. Pipelines. Oft sind Wände, insbesondere senkrechte Wände, unter Wasser zu untersuchen, wobei die Wände entsprechend ihrer Länge unter Wasser über einen langen Inspektionsbereich abzufahren sind. Bei Feststellung von Schäden müssen die Schäden näher diagnostiziert und ggf. repariert werden. Derartige Einsatzgebiete für unbemannte Unterwasserfahrzeuge sind bspw. Hafeninspektionen einschließlich der Inspektion von Kanalwänden, Kaimauern, Spundwänden usw., insbesondere im Hinblick auf die Unterspülung solcher Unterwasserwände. Hafeninspektionen können auch die Untersuchung und ggf. Manipulation von Schiffskörpern betreffen. Bei derartigen Unterwassermisionen sind Gegenstände mit großflächigen Strukturen und Konturen zu untersuchen und müssen von den Sensoren des Unterwasserfahrzeugs umfassend abgetastet werden. Dabei können sich die Strukturen und Konturen des untersuchten Objekts ändern, so dass die Sensoreinheit die Strukturen und Konturen des Gegenstands nur unzureichend oder gar nicht erfassen kann.

[0009] Bei bekannten unbemannten Unterwasserfahrzeugen sind die Sensoreinheiten fest montiert, wobei jedoch keine Adaption der Sensoreinheit auf wechselnde Strukturen und Konturen des zu untersuchenden Gegenstandes möglich ist. Es sind daher regelmäßig Steuermanöver des Unterwasserfahrzeugs nötig, um die Sensoren in neue Positionen gegenüber dem zu untersuchenden Unterwasserkörper zu bringen, um geeignete Sensorinformationen zu erhalten. Oft sind daher bei der Untersuchung von großflächigen Unterwasserkörpern wie Unterwasserwänden oder Schiffswänden Justiermanöver von einer Bedienperson vorzunehmen, wodurch die Durchführung der Mission verlangsamt wird.

[0010] Aus der Überwachungstechnik sind sog. Pan-Tilt-Units bekannt, wobei es sich um ein mechanisches Getriebe

handelt, welches koordiniert Nickbewegungen und Schwenkbewegungen ausführen kann und eine Kamera einem Ziel nachführt. Derartige Pan-Tilt-Units werden insbesondere zur Raumüberwachung eingesetzt, wobei die Kamera Bewegungen erfasst, insbesondere von eindringenden Personen. Für einen Einsatz in unbemannten Unterwasserfahrzeugen eignen sich derartige Pan-Tilt-Units nicht, da die Einstellung bzw. Ausrichtung von Kamera und gegebenenfalls Lichtquelle manuell durch einen Bediener erfolgt und daher ein großer Zeitaufwand für die Justierung der Sensoren erforderlich ist. Aufgrund der ferngesteuerten Betätigung der Pan-Tilt-Units eignen sich derartige Systeme insbesondere nicht für autonom operierende Unterwasserfahrzeuge (AUVs).

[0011] Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, Strukturen und Konturen von Gegenständen unter Wasser möglichst schnell und genau zu erfassen.

[0012] Dieses Problem wird erfindungsgemäß mit einem Unterwasserfahrzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 9 gelöst.

[0013] Erfindungsgemäß ist die mindestens eine Sensoreinheit in einer Tangentialrichtung des Unterwasserfahrzeugs beweglich, insbesondere schwenkbar, drehbar oder verschiebbar, angeordnet und von einer Positioniereinrichtung, der die Sensorinformationen vorgebbar sind, in der Tangentialrichtung positionierbar. Eine Beweglichkeit in Tangentialrichtung bezeichnet eine Beweglichkeit tangential zur Längsachse des Unterwasserfahrzeugs oder zu einer parallel zur Längsachse verlaufenden Achse. Die Tangentialrichtung ist insbesondere eine Drehrichtung um diese Längsachse bzw. die parallel zur Längsachse verlaufende Achse. Die Tangentialrichtung, in der die Sensoreinheit beweglich angeordnet ist, liegt in einer Ebene, welche senkrecht zu einer Längsachse des Unterwasserfahrzeugs steht. Die Längsachse entspricht der Geradeausfahrt des Unterwasserfahrzeugs. Durch Bewegen der Sensoreinheit lässt sich die Sensoreinheit sehr rasch auf einen zu untersuchenden Bereich ausrichten und an die Struktur des zu untersuchenden Gegenstands anpassen. Die erfindungsgemäße Ausrichtung der Sensoreinheit kann dabei automatisch durch die Positioniereinrichtung erfolgen, ohne dass eine Bedienperson einbezogen sein muss.

[0014] Durch die Ausrichtbarkeit der Sensoreinheit kann die Sensoreinheit einen erheblich größeren Bereich erfassen, indem bei großen Strukturen wie bspw. Kaimauern oder Schiffsrümpfen der Erfassungsbereich der Sensoreinheit verändert wird. Zudem ermöglicht die erfindungsgemäße Ausrichtung die Erfassung von Strukturen und Konturen, die außerhalb des Erfassungsbereichs der Sensoreinheit in einer bestimmten Position liegen. Bspw. kann eine Ausrichtung der Sensoreinheit auch Überhänge, insbesondere an Steilhängen oder allgemein von Gegenständen unter Wasser erfassen. Bei der Erfassung großer Strukturen mit der erfindungsgemäßen Positionierung der Sensoreinheit werden vorteilhaft die erfassten Strukturen abgespeichert, um die somit abgespeicherten Daten dieser Strukturen mit den Sensorinformationen einer späteren Untersuchung der gleichen Struktur zu vergleichen. Sobald Änderungen oder Besonderheiten der Struktur erfasst werden, erfolgt eine Positionierung der Sensoreinheit in die Richtung der aufgefundenen Besonderheit, bspw. eines Schadens an einer Hafenmauer oder Auffälligkeiten an einem Schiffsrumpf.

[0015] Vorteilhaft ist die Sensoreinheit auf einem Sensorträger angeordnet, welcher in der Tangentialrichtung drehbar an einem Bootskörper des Unterwasserfahrzeugs angeordnet ist, d.h. der Sensorträger ist um die Längsachse oder eine parallel zur Längsachse verlaufende Achse drehbar. Über einen Stellantrieb des Sensorträgers kann die Positioniereinrichtung den Sensorträger verdrehen, so dass die Sensoreinheit in der Tangentialrichtung des Unterwasserfahrzeugs verschwenkt und somit positioniert wird. In der Tangentialrichtung wird bei der Positionierung die Drehwinkellage eines drehbaren Sensorträgers verändert.

[0016] In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist der Sensorträger als drehbarer Sensorkopf ausgebildet, welcher an einem Bug des Unterwasserfahrzeugs angeordnet ist. Auf diese Weise wird der voraus liegende Bereich des Unterwasserfahrzeugs optimal erfasst und darüber hinaus die Sensoreinheit an einem strömungsmechanisch günstigen Ort vorgesehen.

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der Sensorträger als Sensorring ausgebildet, welcher am Umfang des Bootskörpers drehbar angeordnet ist.

[0018] Vorteilhaft ist die Sensoreinheit in einer Schwenkrichtung tangential zu einer Achse schwenkbar angeordnet, die senkrecht zur Längsachse oder senkrecht zu einer parallel zur Längsachse verlaufenden Achse verläuft. In dieser Schwenkrichtung ist die Sensoreinheit von der Positioniereinrichtung positionierbar. Auf diese Weise kann die Sensoreinheit von der Positioniereinrichtung sowohl in Tangentialrichtung als auch in Schwenkrichtung, d.h. mit einer Bewegung über zwei Drehachsen, genau und schnell auf den zu untersuchenden Gegenstand bzw. den Abschnitt einer Struktur ausgerichtet werden.

[0019] Bei einer bevorzugten automatischen Ausrichtung der Sensoreinheit positioniert die Positioniereinrichtung die Sensoreinheit nach einem auf die Sensorinformationen bezogenen Kriterium. Die von der Sensoreinheit ermittelten Sensorinformationen werden dabei ausgewertet und wirken während einer Verschiebung der Sensoreinheit auf sich selbst zurück, so dass die Sensoreinheit sehr rasch nach einem bestimmten Kriterium positioniert werden kann.

[0020] Vorteilhaft wird zu jeder erfassten Sensorinformation eine Entfernung von einem Gegenstand ermittelt und als Kriterium für die Positionierung der Sensoreinheit die Größe der ermittelten Entfernung herangezogen. Die Information zur Entfernung des Gegenstandes lässt sich dabei aus der jeweiligen Sensorinformation in jeder Drehwinkellage der Sensoreinheit herleiten. Zur Erfassung der Sensorinformationen über Gegenstände in der Umgebung des Unterwas-

serfahrzeugs ist vorteilhaft eine aktive Sensoreinheit vorgesehen, welche eine Sendeeinheit und eine Empfängereinheit umfasst, mit der reflektierte Sensorinformationen erfassbar sind. Auf diese Weise lässt sich aus der Sensorinformation die Entfernung zum Ziel bestimmen. Die aktive Sensoreinheit erfasst dabei auch emissionslose Gegenstände, bspw. Gegenstände, die keine Geräusche abstrahlen.

5 [0021] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung umfasst die aktive Sensoreinheit optische Sensoren, deren Kamera Bilder als Sensorinformationen zur Verfügung stellt. Aus den Aufnahmen der Kamera sind die Struktur des zu untersuchenden Objekts und auch lokale Zonen von besonderem Interesse, wie bspw. Schäden, leicht ersichtlich bzw. herleitbar.

10 [0022] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die Sensoreinheit akustische Sensoren. Mittels einer Sonar-Sensoreinheit lassen sich Entfernung zu einem Gegenstand sowie die Richtung zu diesem Gegenstand bestimmen.

15 [0023] Vorteilhaft wird aus den erfassten Sensorinformationen eine Kontur eines Gegenstands in der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs ermittelt und die Sensoreinheit in eine für die ermittelte Kontur vorgegebene Richtung ausgerichtet. Dabei erfasst die Positioniereinrichtung eine Variation von Sensorinformationen aus unterschiedlichen Richtungen und ermittelt die jeweilige Entfernung zum Gegenstand in der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs. Aus der so erhaltenen Variation von Entfernung ist die Kontur des Gegenstandes in der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs herleitbar. Die Sensoreinheit wird anschließend in Richtung einer der Sensorinformationen ausgerichtet, welche nach einem für die ermittelte Kontur vorgegebenen Kriterium aus der Variation von Sensorinformationen ausgewählt wird. Vorgaben zur Ausrichtung der Sensoreinheit sind in einer vorteilhaften Ausführungsform für bestimmte Konturen in der Positioniereinrichtung elektronisch abgespeichert bzw. abspeicherbar.

20 [0024] Vorteilhaft werden die Sensorinformationen von einem Multibeam-Aktivsonar, d.h. einem Sonar mit einer Vielzahl von Empfangsrichtcharakteristiken, welche in unterschiedliche Richtungen weisen, bereitgestellt. Das Multibeam-Aktivsonar liefert in einem Erfassungssektor eine Vielzahl von Sensorinformationen, denen jeweils eine Richtung und eine Entfernung zugeordnet wird. Bei geeigneter Abstimmung des Aktivsonars und entsprechender Auswertung werden aus den akustischen Sensorinformationen Konturen hergeleitet, welche bei Bedarf auch optisch darstellbar sind, bspw. auf Monitoren. Mit einem Sonar werden auch in Situationen, in denen optische Sensoreinheiten weniger wirksam sind wie bspw. in trüben Gewässern, genaue Positionierungen des Sensorträgers und Anpassungen an wechselnde Konturen und Strukturen möglich.

25 [0025] Das Kriterium für die Ausrichtung der Sensoreinheit ist bevorzugt die Größe der ermittelten Entfernung. Dabei kann für die jeweilige Kontur eine Ausrichtung nach der größten ermittelten Entfernung oder der kleinsten Entfernung vorgegeben sein. Auch bestimmte Entfernung entsprechend bestimmter Winkelverhältnisse zwischen Sensoreinheit und der zu untersuchenden Struktur oder Kontur können als Kriterium für die Ausrichtung vorgegeben sein.

30 [0026] Bei flächigen Konturen wie Unterwasserwänden wird die Sensoreinheit vorteilhaft in die der kürzesten Entfernung von einem Gegenstand entsprechende Richtung ausgerichtet, so dass der Erfassungsbereich der Sensoreinheit optimal genutzt ist. Bei anderen Konturen können andere Kriterien für die Entfernung zur Positionierung der Sensoreinheit vorgegeben sein. Bspw. wird vorteilhaft bei Eckenstrukturen, bspw. bei der Untersuchung einer Ecke, die von einer Wand auf einem Boden eingeschlossen wird, die Sensoreinheit auf die weiteste Entfernung positioniert, welche zuvor bei der Auswertung der Sensorinformationen ermittelt wurde.

35 [0027] Wird im Betrieb des Unterwasserfahrzeugs festgestellt, dass die augenblickliche Position der Sensoreinheit nicht mehr dem für die Kontur vorgegebenen Kriterium entspricht, so wird die Position der Sensoreinheit dem Kriterium nachgeführt. Der drehbare Sensorträger wird mit der mindestens einen Sensoreinheit in einem automatisierten Vorgang so lange bewegt, bis die Ausrichtung dem vorgegebenen Kriterium entspricht. So erfolgt beispielsweise beim Betrieb eines ferngelenkten Unterwasserfahrzeugs eine selbsttätige Ausrichtung, ohne dass eine Bedienperson eingreifen muss.

40 [0028] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, zur Ausrichtung einer Sensoreinheit gegenüber einem zu untersuchenden Gegenstand ein Lichtbild zu senden, wobei die Sensoreinheit eine Projektion des Lichtbilds auf dem Gegenstand erfasst. Bei einer Auswertung der Sensorinformation wird die Projektion mit dem gesendeten Lichtbild verglichen und eine Inkongruenz der Projektion von dem originalen Lichtbild ermittelt und die Geometrie des originalen Lichtbilds als Kriterium für die Positionierung der Sensoreinheit herangezogen. Der Sensorträger und damit die Sensoreinheit wird durch Bewegung in Umfangsrichtung und/oder Schwenkrichtung entsprechend einer ermittelten Abweichung derart ausgerichtet, dass die mithin erfasste Projektion möglichst kongruent zu dem Lichtbild ist. Dieser Vorgehensweise liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei einem nicht senkrechten Auftreffen des Lichtbilds auf eine Fläche die Projektion entsprechend der geneigten Struktur des Gegenstands verzerrt ist.

45 [0029] Vorzugsweise wird das Lichtbild mit Laserlicht erzeugt, so dass eine hohe Reichweite gegeben ist. Hierzu ist in dem Sensorträger, bspw. dem Sensorkopf, ein Laserprojektionssystem vorgesehen.

50 [0030] Durch Veränderung der Ausrichtung der Sensoreinheit ändert sich auch die Geometrie der Projektion, woraus sich Rückschlüsse auf die Abweichung der IstPosition der Sensoreinheit gegenüber der optimalen Soll-Sensoreinheit ziehen lassen. Vorteilhaft wird ein Lichtbild mit parallelen Linien eingesetzt, wobei sich bei einer nicht frontal Position der Sensoreinheit eine schräge, das heißt nicht mehr parallele Lage der Linien auf der Projektion ergeben. Bevorzugt

wird ein Lichtbild mit gekreuzten Linienbündeln mit jeweils parallelen Linien gesendet, so dass Rückschlüsse auf die Ausrichtung der Sensoreinheit in zwei Dimensionen möglich sind.

[0031] Vorteilhaft umfasst der bewegliche Sensorträger sowohl ein Laserprojektionssystem mit Kamera als optische Sensoreinheit als auch ein Aktivsonar (Multibeam-Sonar). Beide Systeme können dabei bei Bedarf gemeinsam eingesetzt werden.

[0032] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen sowie aus den Ausführungsbeispielen, die nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert sind. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht eines unbemannten Unterwasserfahrzeugs,
 Fig. 2 eine schematische Seitenansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels eines unbemannten Unterwasserfahrzeugs,
 Fig. 3 ein Flussbild einer Ausrichtung einer Sensoreinheit,
 Fig. 4 und Fig. 5 Draufsichten eines drehbaren Sensorträger eines unbemannten Unterwasserfahrzeugs gemäß Fig. 1 oder Fig. 2 in der Umgebung eines Unterwasserkörpers und
 Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Gegenstandes mit der Projektion einer optischen Sensoreinheit des Unterwasserfahrzeugs gemäß Fig. 1 oder Fig. 2.

[0033] Fig. 1 zeigt ein unbemanntes Unterwasserfahrzeug 1 mit einem zumindest abschnittsweise zylindrischen, insbesondere röhrenförmigen bzw. torpedoförmigen, Bootskörper 2, an dessen Heck 3 ein Hauptantrieb 4 angeordnet ist. Das unbemannte Unterwasserfahrzeug 1 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel ein autonomes Unterwasserfahrzeug, welches seine Mission ohne Kommunikation ausführt. Hierzu ist in dem Bootskörper 2 eine Steuereinrichtung 5 angeordnet, der von einer Betriebssoftware und/oder einem Missionsprogramm, welches in einem Speicher 6 abgelegt ist, Steuerinformationen vorgegeben wird.

[0034] Das Unterwasserfahrzeug 1 weist mindestens eine Sensoreinheit 7 auf, deren Sensorinformationen 8 der Steuereinrichtung 5 eingegeben werden. Die Steuereinrichtung 5 ermittelt auf der Grundlage der ihr vom Missionsprogramm 6 vorgegebenen Steuerinformationen sowie der Sensorinformationen 8 mit ihrer Betriebssoftware autonom Steuerbefehle für die Betriebseinrichtungen des Unterwasserfahrzeugs 1, bspw. für die Navigation oder zur Steuerung des Antriebs 4 und Lenkung des Unterwasserfahrzeugs 1.

[0035] In einem alternativen Ausführungsbeispiel ist das unbemannte Unterwasserfahrzeug 1 fernlenkbar und erhält Steuerinformationen 9 über ein Verbindungskabel 10 von einer Systemplattform, welche in Fig. 1 als Seeschiff 11 dargestellt ist. Die Systemplattform 11 kann auch ortsgebunden sein, um mit einem ferngelenkten Unterwasserfahrzeug (ROV) örtlich gebundene Unterwasserinspektionen durchzuführen.

[0036] Die mindestens eine Sensoreinheit 7 ist einer Tangentialrichtung 12 des Unterwasserfahrzeugs beweglich angeordnet und ist von einer Positioniereinrichtung 13 in der Tangentialrichtung 12 positionierbar. Die Positioniereinrichtung 13 umfasst eine elektronische Rechnereinheit, mit der die empfangenen Sensorinformationen 8 nach einer Betriebssoftware ausgewertet werden und Ausgabewerte ermittelt werden. Die Positioniereinrichtung 13 kann eine eigenständige Rechnereinheit sein oder auch in die Steuereinrichtung 5 integriert sein.

[0037] Die Tangentialrichtung 12, in der die Sensoreinheit 7 positionierbar ist, liegt dabei tangential zur Längsachse 14 des Unterwasserfahrzeugs 1. Die Längsachse 14 entspricht dabei der Geradeausfahrt des Unterwasserfahrzeugs 1 und verläuft zwischen seinem Heck 3 und seinem Bug 15.

[0038] Eine Beweglichkeit der Sensoreinheit 7 in Umfangsrichtung 12 ist dadurch gegeben, dass die Sensoreinheit 7 auf einem Sensorträger angeordnet ist, welcher in der Tangentialrichtung 12 drehbar an dem Bootskörper 2 angeordnet ist. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Sensorträger als drehbarer Sensorkopf 16 ausgebildet, welcher an dem Bug 15 des Unterwasserfahrzeugs 1 angeordnet ist. Der Bug 15 bietet einen strömungsmechanisch günstigen Ort zur Anordnung der Sensoreinheit 7.

[0039] Der Sensorkopf 16 ist von einem Stellantrieb 17 in Umfangsrichtung 12 drehbar, wobei der Stellantrieb 17 zur Einstellung der Drehwinkelstellung des Sensorkopfs 16 und der damit verbundenen Positionierung der Sensoreinheit 7 Stellbefehle von der Positioniereinrichtung 13 empfängt.

[0040] Die Sensoreinheit 7 ist zusätzlich zu der Tangentialrichtung 12 noch in einer Schwenkrichtung 18 beweglich angeordnet, d.h. schwenkbar um eine senkrecht zur Längsachse 14 oder senkrecht zu einer parallel zur Längsachse 14 des Unterwasserfahrzeugs 1 liegenden Achse. Die Sensoreinheit 7 ist in der Schwenkrichtung 18 von der Positioniereinrichtung 13 positionierbar. Zur Positionierung in der Schwenkrichtung 18 umfasst der Sensorkopf 16 hier nicht dargestellte Stellmittel, welche von der Positioniereinrichtung 13 angesteuert werden. Als Mittel zur Positionierung in Schwenkrichtung 18 kann ebenfalls ein Stellantrieb vorgesehen sein, welcher von der Positioniereinrichtung 13 über

Stellbefehle angesteuert wird.

[0041] In dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 ist der drehbare Sensorträger als Sensorring 19 ausgebildet ist, welcher am Umfang des Bootskörpers 2 drehbar angeordnet ist. Der drehbare Sensorring 19 ist anstelle des drehbaren Sensorkopfs 16 in dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 vorgesehen. Der Sensorring 19 ist in Tangentialrichtung 12 des Unterwasserfahrzeugs 1 drehbar, wobei die Sensoreinheiten 7 des Sensorrings 19 - wie bereits zu Fig. 1 beschrieben - in einer Schwenkrichtung 18 positionierbar sind. Der Sensorring ist vorteilhaft drehbandgelagert und umfasst ein Gehäuse aus einem Material, welches für das Arbeitssignal der Sensoreinheit 7 durchlässig ist. Der Sensorring 19 besteht vorteilhaft aus Glas, welches lichtdurchlässig ist, und/oder aus einem Material, das schalldurchlässig ist.

[0042] Das unbemannte Unterwasserfahrzeug 1' gemäß Fig. 2 entspricht im Übrigen dem bereits zu Fig. 1 beschriebenen Aufbau. Insbesondere werden die Sensoreinheiten 7 von einer in Fig. 2 nicht dargestellten Positioniereinrichtung in Tangentialrichtung 12 und in Schwenkrichtung 18 positioniert, so dass eine optimale Ausrichtung auf einen zu untersuchenden Gegenstand erfolgt.

[0043] Die Sensoreinheit 7 ist ein aktiver Sensor, welcher eine Sendeeinheit und eine Empfängereinheit umfasst, so dass die Sensoreinheit von ihr aus gesendete Signale nach einer Reflexion an einem Gegenstand erfassen kann und entsprechende Sensorinformationen 8 über den Gegenstand zur Verfügung stellen kann. Insbesondere lässt sich aus den Sensorinformationen 8 einer aktiven Sensoreinheit die jeweilige Entfernung zum Ziel herleiten. Die Sensoreinheit 7, welche zur Positionierung des Sensorkopfs 16 herangezogen wird, kann eine optische Sensoreinheit oder eine Sonar-Sensoreinheit sein.

[0044] Der Sensorkopf 16 kann mehrere Sensoreinheiten 7 aufweisen, welche in Tangentialrichtung verteilt sind, so dass Drehbewegungen des Sensorkopfs 16 bei der Positionierung reduziert sind. In einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel sind an dem Sensorkopf 16 sowohl optische Sensoreinheiten als auch Sonar-Sensoreinheiten angeordnet oder auch weitere Sensoreinheiten zur Untersuchung der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs 1 vorgesehen. Von den am Sensorkopf 16 angeordneten Sensoreinheiten wird mindestens eine zur Positionierung des Sensorkopfs 16 herangezogen und mit der Positioniereinrichtung 13 verbunden. Dabei kann über die Sensorsignale 8 der zur Positionierung herangezogenen Sensoreinheit 7 auch eine Ausrichtung anderer am Sensorkopf 16 angeordneter Sensoreinheiten erfolgen. Entsprechende Algorithmen können in der Positioniereinrichtung abgelegt sein.

[0045] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst der Sensorkopf 16 eine Kamera und ein Laserprojektionsystem sowie ein Aktivsonar (Multibeam-Sonar).

[0046] Da die Sensorinformationen 8 der Positioniereinrichtung 13 vorgegeben werden und die Positioniereinrichtung 13 die Sensoreinrichtung 7 verstellt und positioniert, wirken die Steuerinformationen auf sich zurück, so dass während der Positionierungsvorgänge eine Optimierung der Sensorausrichtung erfolgt.

[0047] Ein Ausführungsbeispiel zur Positionierung der Sensoreinheit 7 ist nachstehend anhand des Flussdiagramms gemäß Fig. 3 erläutert. Ausgehend vom Start erfasst die Positioniereinrichtung die Sensorinformation 8, die Informationen über einen Gegenstand in der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs enthalten kann bzw. in der Umgebung eines Gegenstandes enthält. In einer Rechenoperation zur Entfernungsbestimmung 20 wird die Entfernung 21 zu dem Gegenstand ermittelt. Die ermittelte Entfernung 21 wird in einem Vergleichsschritt 22 mit einem vorgegebenen Kriterium 23 bezüglich der Größe der Entfernung verglichen. Das vorgegebene Kriterium 23 kann dabei eine möglichst kleine Entfernung oder eine möglichst große Entfernung oder aber eine andere Angabe zur Entfernung sein. Im Vergleichsschritt 22 wird die Entfernung der aktuellen Sensorinformation 8 mit vorher erfassten Werten verglichen. Entspricht die Veränderung der ermittelten Entfernung dem Kriterium nicht, wird ein Stellbefehl 24 an den Stellantrieb 17 gesendet. In dem Fall wird der drehbare Sensorträger weiter verdreht, so dass die Sensoreinheit anders positioniert wird. Sobald die ermittelte Entfernung dem Kriterium genügt, ist die Sensoreinheit optimal positioniert.

[0048] Das Kriterium 23 wird auf die jeweilige Kontur eines Gegenstands bezogen vorgegeben. Hier wird die Entfernung 21 neben dem Vergleichsschritt 22 in einer Konturermittlung 25 herangezogen. Während des Positionierungsvorganges, d.h. wenn sich der Sensorträger bewegt, erfasst die Positioniereinrichtung eine Variation von Sensorinformationen 8 aus unterschiedlichen Richtungen. Aus den Sensorinformationen 8 die jeweilige Entfernung 21 zum Gegenstand in der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs ermittelt. Aus der so erhaltenen Variation von Entfernungen lässt sich eine Kontur 26 des Gegenstandes in der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs herleiten. Eine Kriteriumsvorgabe 27 ermittelt das passende Kriterium 23 der Größe der Entfernung für die ermittelte Kontur 26. Für bestimmte Konturen 26 sind entsprechende Kriterien 23 im Voraus ermittelt und abgespeichert.

[0049] Durch die Positionierung entsprechend der vorgegebenen Größe der Entfernung 21 wird die Sensoreinheit automatisch in Richtung derjenigen Sensorinformationen 8 ausgerichtet, welche nach dem für die ermittelte Kontur 26 vorgegebenen Kriterium 23 aus der Variation von Sensorinformationen ausgewählt wird. Ausführungsbeispiele für die Ausrichtung der Sensoreinheit nach der ermittelten Entfernung zeigen Fig. 4 und Fig. 5, in denen jeweils eine Draufsicht auf den Sensorkopf 16 eines Unterwasserfahrzeugs dargestellt ist. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 befindet sich das Unterwasserfahrzeug vor einer flächigen Kontur, bspw. einer senkrechten Hafenwand 28. Sobald die Sensoreinheit 7 des Sensorkopfs 16 die Hafenwand 28 ortet, wird die Sensoreinheit 7 positioniert. Zur Positionierung der Sensoreinheit 7 gegenüber der Wand 28 wird der Sensorkopf 16 in Umfangsrichtung 12 gedreht, wodurch die Sensoreinheit 7 in

unterschiedlichen Drehwinkellagen Signale sendet und empfängt und daher die Positioniereinrichtung eine Variation von Sensorinformationen 8, 8', 8", 8"" von der Sensoreinheit 7 aus unterschiedlichen Richtungen erfasst.

[0050] Zu jeder erfassten Sensorinformation 8, 8', 8", 8"" wird eine Entfernung zu dem Gegenstand, hier der Wand 28, ermittelt. Aus den unterschiedlichen Entfernungen in verschiedenen Richtungen lässt sich die Kontur der Wand 28 in dem Erfassungsbereich der Sensoreinheit bestimmen. Nach der Bestimmung der Kontur des Gegenstands, nämlich hier die ebene Fläche einer Wand 28, wird die Sensoreinheit 7 in eine Drehwinkellage gebracht, welche der Richtung derjenigen Sensorinformation 8, 8', 8", 8"" entspricht, deren ermittelte Entfernung dem vorgegebenen Kriterium für die Größe der Entfernung entspricht, bspw. dem Kriterium der größten Entfernung entspricht. Im gezeigten Ausführungsbeispiel einer ebenen Fläche wird für die Positionierung der Sensoreinheit 7 die kürzeste Entfernung als Kriterium für die Größe der Entfernung vorgegeben.

[0051] Solange die Entfernungen der aktuellen Sensorinformationen kleiner werden, setzt der Sensorkopf seine Positionierbewegung fort. Das Erreichen des Kriteriums der kleinsten Entfernung wird festgestellt, sobald erstmals eine größer werdende Entfernung festgestellt wird. Die Sensoreinheit 7 wird somit genau frontal vor der Wand positioniert und erfasst dabei einen größtmöglichen Bereich.

[0052] Die Positionierung der Sensoreinheit 7 erfolgt automatisch und dadurch sehr rasch. Mit der automatischen Positionierung und Justierung der Sensoreinheit lassen sich wechselnde Strukturen erfassen und mehrere Strukturen in kürzerer Zeit abbilden, bspw. senkrechte Wände mit unterschiedlichen Strukturen, Schiffsrämpfe oder auch Überhänge an Unterwassergebirgen. Dabei kann durch die Positionierung des Sensorkopfes auch ein Sektor in der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs untersucht werden, welcher in der bisherigen Ausrichtung der Sensoreinheit schlecht erfassbar war. So kann bspw. bei der Untersuchung von Überhängen der Sensor von einer nach unten gerichteten Stellung nach oben gedreht werden. Darüber hinaus sind durch die automatische Positionierung größere Sensorbereiche erfassbar, da die Sensoreinheit selbsttätig in die jeweils optimale Position gegenüber der zu untersuchenden Oberfläche ausgerichtet wird.

[0053] Die Positionierung der Sensoreinheit 7 erfolgt selbsttätig und unabhängig von einer Bedienperson, so dass bei einem ferngelenkten Unterwasserfahrzeug (ROV) das Fahrzeug weiterhin manuell gesteuert werden kann, während gleichzeitig bei wechselnden Oberflächenstrukturen der zu untersuchenden Gegenstände die Sensoreinheit selbsttätig positioniert wird.

[0054] Ist die Sensoreinheit 7 ein Sonar, so kann eine Positionierung in einer einfachen Ausgestaltung mit einer Dreipunktmessung erfolgen, wobei Sensorinformationen in drei unterschiedlichen Stellungen des Sensorträgers aufgenommen werden, daraus die jeweilige Entfernung des reflektierenden Gegenstands ermittelt wird. Aus der Variation von drei Entfernungen wird nach dem für die Kontur vorgegebenen Kriterium, also bei einer ebenen Fläche die kürzeste Entfernung, die Richtung der kürzesten Entfernung für die Positionierung der Sensoreinheit ausgewählt. Vorzugsweise werden die Sensorinformationen von einem Multibeam-Aktivsonar erfasst, so dass eine Variation vieler Sensorinformationen aus unterschiedlichen Richtungen für die Bestimmung der Kontur bereitgestellt sind.

[0055] Für unterschiedliche Konturen sind der Positioniereinrichtung unterschiedliche Kriterien für die Bestimmung der Richtung aus der Variation der ermittelten Sensorinformationen und zugeordneten Entfernungen vorgegeben. In Fig. 5 ist beispielhaft eine Situation gezeigt, bei der ein zu untersuchender Gegenstand eine Ecke 29 ausbildet. Diese Situation ist typisch für die Untersuchung von Hafeninstallationen, wo bspw. senkrechte Wände 28 auf einem Grund 30 errichtet sind. Eine genaue Untersuchung und schnelle und präzise Positionierung ist gerade im Bereich des Grundes 30 wünschenswert, um Unterspülungen der Wand 28 festzustellen. Bei der Untersuchung von Ecken 29 wird für diese Kontur die längste Entfernung als Kriterium für die Größe der Entfernung vorgegeben, nach dem die Sensoreinheit 7 positioniert wird.

[0056] In der bereits zu Fig. 4 beschriebenen Weise wird während einer Bewegung des Sensorkopfes 16 in Umfangsrichtung 12 eine Variation von Sensorinformationen 8, 8', 8" erfasst. Ergibt sich aus einer Auswertung der Sensorinformationen 8, 8', 8" das Vorliegen einer Eckenkontur, so wird als Kriterium für die Positionierung der Sensoreinheit 7 die größte Entfernung vorgegeben. Die Sensoreinheit 7 wird automatisch in die Richtung der Sensorinformation 8 mit der längsten Entfernung zum Unterwassergegenstand positioniert, was genau der Ausrichtung auf die Ecke 29 entspricht.

[0057] Fig. 6 veranschaulicht die Positionierung einer optischen Sensoreinheit, wobei die Sensoreinheit 7 (Fig. 1 bis 4) ein Lichtbild 31 sendet und eine Projektion 32 des Lichtbilds 31 auf einer zu untersuchenden Wand 28 erfasst. Die Sensoreinheit umfasst hierfür ein Laserprojektionssystem und eine Kamera. Mit der hohen Energiedichte vom Laserlicht lassen sich auch in trüben Gewässern Lichtbilder 31 auf die zu untersuchenden Strukturen projizieren.

[0058] Steht die Wand 28 nicht frontal vor der Sensoreinheit, so wird die Projektion 32 verzerrt. Um die Sensoreinheit optimal auf den zu untersuchenden Bereich der Wand 28 auszurichten, wird eine Abweichung der Geometrie der Projektion 32 von dem gesendeten Lichtbild ermittelt und die Sensoreinheit derart positioniert, dass die Projektion 32 möglichst kongruent zu dem ursprünglichen Lichtbild 31 ist. Die (originale) Geometrie des Lichtbilds 31 wird von der Positioniereinrichtung als Kriterium für die Ausrichtung der Sensoreinheit 7 herangezogen.

[0059] Im gezeigten Ausführungsbeispiel weist das Lichtbild 31 zwei gekreuzte Linienbündel mit jeweils parallelen Linien 33, 34 auf. Diese Liniensstrukturen lassen sich präzise mit dem Laserlicht des Laserprojektionssystems darstellen.

Bei einer Projektion des Lichtbilds 31 auf eine schräg zur Sensoreinheit liegende Wand 28 wird die Projektion 32 die gekreuzten Linienbündel nicht parallel, sondern schief oder windschief wiedergeben. Aus dem Winkel zwischen den originär parallelen Linien lässt sich die geeignete Ausrichtungsmaßnahme herleiten. Mit dem Lichtbild 31 mit gekreuzten Linienbündeln und der damit erhaltenen zweidimensionalen Information über die Oberfläche der zu untersuchenden

5 Wand 28 kann die Sensoreinheit präzise durch Positionierung im Tangentialrichtung 12 und in Schwenkrichtung 18 (Fig. 1) auf die Struktur der Wand 28 abgestimmt und angepasst werden.

[0060] 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 Offenbarung der Erfindung ist daher nicht auf die beschriebenen bzw. beanspruchten Merkmalskombinationen beschränkt. Vielmehr sind

10 alle Merkmalskombinationen als offenbart zu betrachten.

Patentansprüche

- 15 1. Unbemanntes Unterwasserfahrzeug mit mindestens einer Sensoreinheit (7), mittels welcher Sensorinformationen (8, 8', 8", 8'') über Gegenstände (28, 29, 30) in der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs (1, 1') erfassbar sind, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die mindestens eine Sensoreinheit (7) in einer Tangentialrichtung (12) des Unterwasserfahrzeugs (1, 1') tangential zu einer Langsachse (14) des Unterwasserfahrzeugs (1, 1') oder eine parallel zur Langsachse (14) verlaufenden Achse beweglich angeordnet ist und von einer Positioniereinrichtung (13), der die Sensorinformationen (8, 8', 8", 8'') vorgebar sind, in der Tangentialrichtung (12) positionierbar ist.
- 20 2. Unbemanntes Unterwasserfahrzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Sensoreinheit (7) auf einem Sensorträger (16, 19) angeordnet ist, welcher in der Tangentialrichtung (12) drehbar an einem Bootskörper (2) des Unterwasserfahrzeugs (1, 1') angeordnet ist, wobei ein Stellantrieb (17) des Sensorträgers (16, 19) an die Positioniereinrichtung (13) steuerbar angeschlossen ist.
- 25 30 3. Unbemanntes Unterwasserfahrzeug nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**
der Sensorträger als drehbarer Sensorkopf (16) ausgebildet ist, welcher an einem Bug (15) des Unterwasserfahrzeugs (1, 1') angeordnet ist.
- 35 4. Unbemanntes Unterwasserfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
der Sensorträger als Sensorring (19) ausgebildet ist, welcher am Umfang des Bootskörpers (2) drehbar angeordnet ist.
- 40 5. Unbemanntes Unterwasserfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Sensoreinheit (7) in einer Schwenkrichtung (18) tangential zu einer Achse positionierbar ist, die senkrecht zur Langsachse (14) oder senkrecht zu einer parallel in Langsachse (14) verlaufenden Achse verläuft.
- 45 6. Unbemanntes Unterwasserfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
eine aktive Sensoreinheit (7) vorgesehen ist, welche eine Sendeeinheit und eine Empfängereinheit umfasst.
- 50 7. Unbemanntes Unterwasserfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Sensoreinheit (7) optische Sensoren aufweist.
- 55 8. Unbemanntes Unterwasserfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Sensoreinheit (7) akustische Sensoren aufweist.
9. Verfahren zum Betrieb eines unbemannten Unterwasserfahrzeugs (1, 1'), wobei mit mindestens einer Sensoreinheit (7) Sensorinformationen (8, 8', 8", 8'') über Gegenstände (28, 29, 30) in der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs (1, 1') erfasst werden,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Sensorinformationen (8, 8', 8", 8'') einer Positioniereinrichtung (13) vorgegeben werden und die Positioniereinrichtung (13) die Sensoreinheit (7) durch Bewegen der Sensoreinheit in einer Tangentialrichtung (12) des Unterwasserfahrzeugs (1, 1') tangential zur Längsachse (14) des Unterwasserfahrzeugs (1, 1') oder eine parallel zur Längsachse (14) verlaufenden Achse positioniert.

5 **10.** Verfahren nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Positioniereinrichtung (13) die Sensoreinheit (7) in einer Schwenkrichtung (18) tangential zu einer Achse positioniert, die senkrecht zur Achse (14) oder senkrecht zu einer parallel zur Längsachse (14) verlaufenden Achse verläuft.

10 **11.** Verfahren nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

15 **dass** die Positioniereinrichtung (13) die Sensoreinheit (7) nach einem auf die Sensorinformationen (8, 8', 8", 8'') bezogenen Kriterium (23) positioniert.

20 **12.** Verfahren nach Anspruch 11,

dadurch gekennzeichnet, dass

25 die Positioniereinrichtung (13) eine Variation von Sensorinformationen (8, 8', 8", 8'') aus unterschiedlichen Richtungen erfasst, die jeweilige Entfernung (21) zum Gegenstand (28, 29, 30) in der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs (1, 1') ermittelt und aus der so erhaltenen Variation von Entfernungen (21) eine Kontur (26) des Gegenstandes (28, 29, 30) in der Umgebung des Unterwasserfahrzeugs (1, 1') ermittelt, wobei die Sensoreinheit (7) in Richtung einer der Sensorinformationen (8, 8', 8", 8'') positioniert wird, welche nach einem für die ermittelte Kontur (26) vorgegebenen Kriterium (23) ausgewählt wird.

30 **13.** Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,

dadurch gekennzeichnet, dass

35 als Kriterium für die Ausrichtung der Sensoreinheit (7) die Größe der ermittelten Entfernungen (21) herangezogen wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11,

dadurch gekennzeichnet, dass

35 die Sensoreinheit (7) ein Lichtbild (31) sendet und eine Projektion (32) des Lichtbilds (21) auf einem Gegenstand (28, 29, 30) erfasst, wobei eine Inkongruenz der Projektion (32) von dem Lichtbild (31) ermittelt und die Geometrie des Lichtbilds (31) als Kriterium für die Positionierung der Sensoreinheit (7) herangezogen wird.

40 **15.** Verfahren nach Anspruch 14,

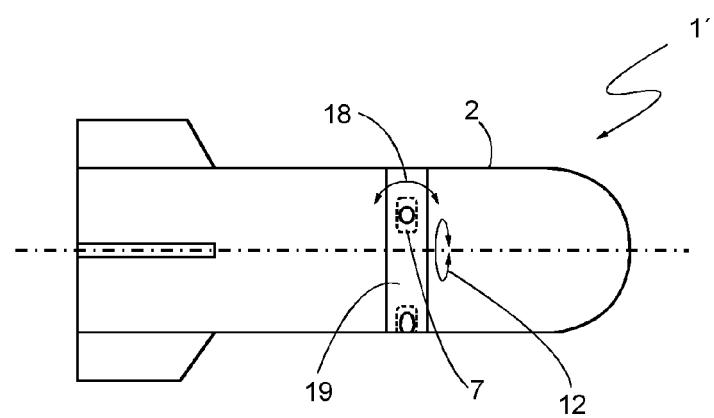
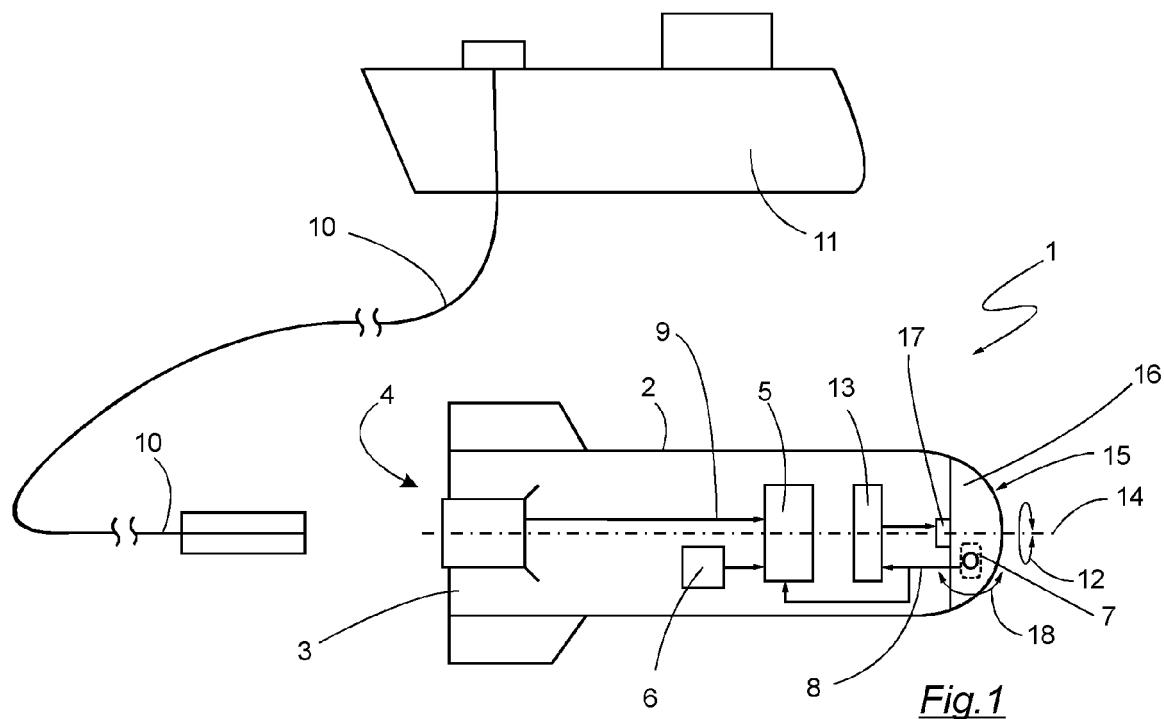
gekennzeichnet durch

ein Lichtbild (31) mit gekreuzten Linienbündeln mit jeweils parallelen Linien (33, 34).

45

50

55



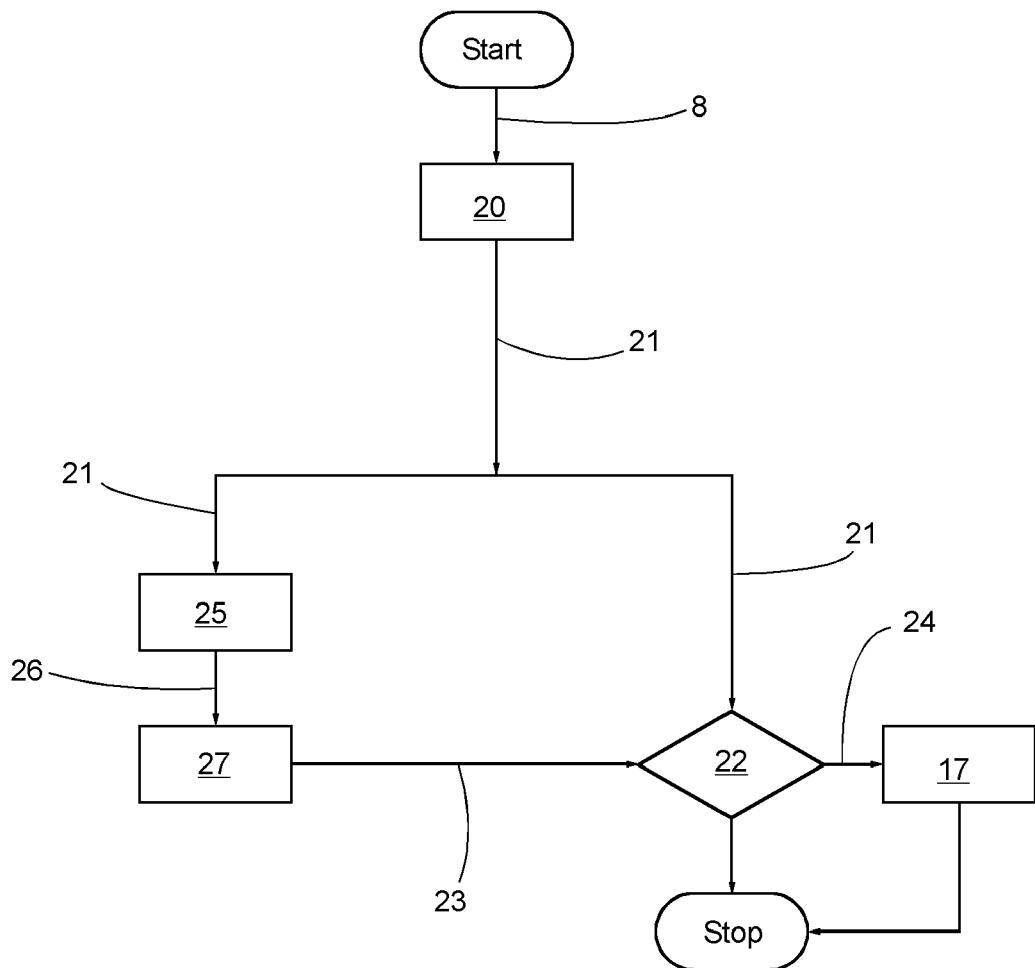
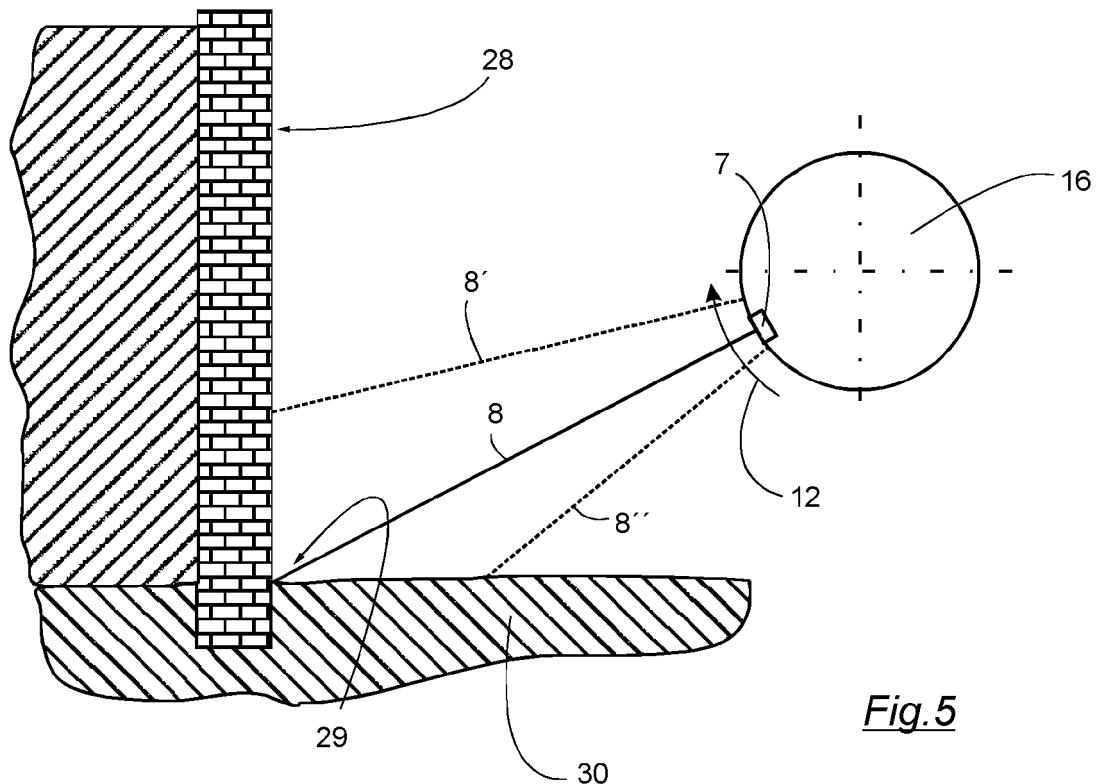
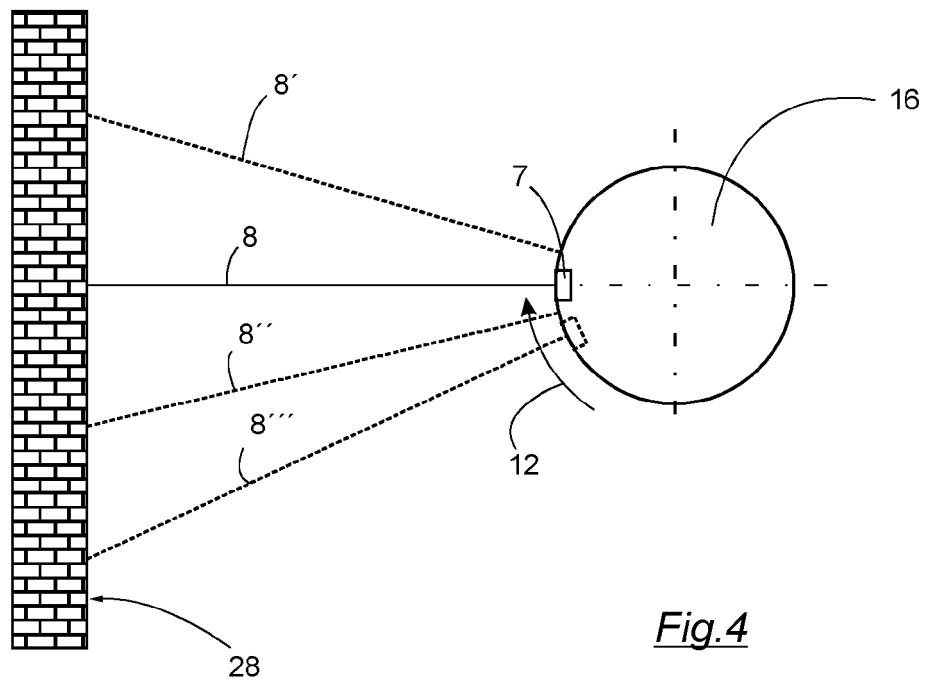


Fig.3



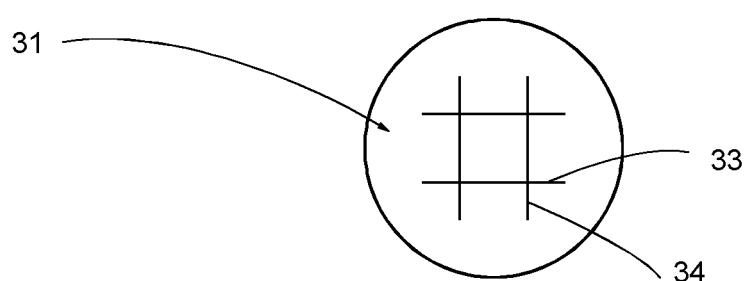
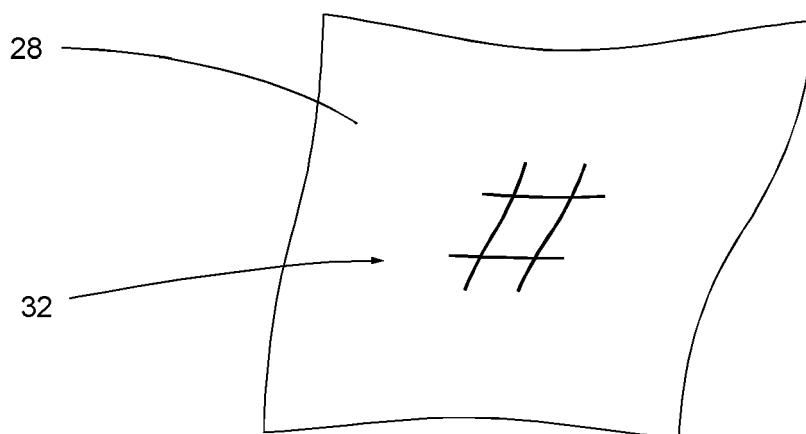


Fig. 6

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102004062122 B3 [0006]
- WO 8700501 A [0007]