

(19)



(11)

EP 2 471 707 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.07.2012 Patentblatt 2012/27

(51) Int Cl.:
B63G 8/00 ^(2006.01) **B63C 11/42** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11195753.6**

(22) Anmeldetag: **27.12.2011**

(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

(72) Erfinder: **Kalwa, Dipl.-Ing. Jörg**
28844 Weyhe (DE)

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

(30) Priorität: **29.12.2010 DE 102010056539**

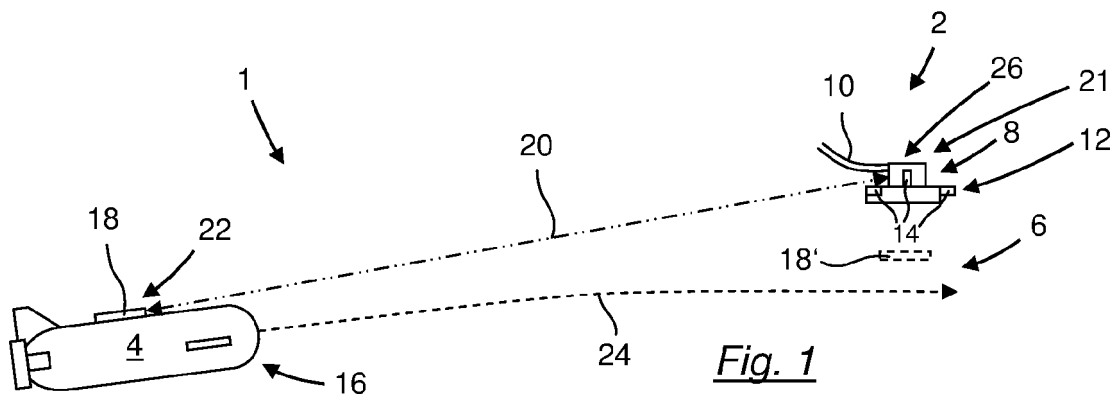
(71) Anmelder: **ATLAS Elektronik GmbH**
28309 Bremen (DE)

(54) **Kopplungskopf, Kopplungseinrichtung mit Kopplungskopf, daran ankoppelbarer Rendezvouskopf, Rendezvouseinrichtung mit Rendezvouskopf, Unterwasserfahrzeug damit, Kopplungssystem, Kopplungsverfahren und Einsatzverfahren für ein Unterwasserfahrzeug**

(57) Beschrieben wird ein Kopplungskopf (8), an den ein autonomes Unterwasserfahrzeug (4) mittels eines Rendezvouskopfes (18) angekoppelt werden kann, und der Rendezvouskopf (18). Der Kopplungskopf (8) weist Lagestabilisierungsmittel (12) zum Stabilisieren seiner Ausrichtung und Lage im Wasser unterhalb der Wasseroberfläche auf. Der Rendezvouskopf (18) ist mit dem Unterwasserfahrzeug (4) verbunden oder verbindbar oder Teil des Unterwasserfahrzeugs (4).

Beschrieben wird weiterhin eine Kopplungseinrichtung (2) mit dem Kopplungskopf (8) und mit einem mit

dem Kopplungskopf (8) mechanisch, elektrisch und signalverbindend verbundenen oder abtrennbar verbindbaren Kabel (10), sowie eine Rendezvouseinrichtung (16) mit dem Rendezvouskopf (18) nebst weiteren Einrichtungen, das Unterwasserfahrzeug (4) mit dem Rendezvouskopf (18) und/oder mit der Rendezvouseinrichtung (16) und ein Kopplungssystem (1), das zumindest den Kopplungskopf (8) und den Rendezvouskopf (18) aufweist. Schließlich wird beschrieben ein Kopplungsverfahren (58) und ein Einsatzverfahren (56) eines autonomen Unterwasserfahrzeugs (4), welches das Kopplungsverfahren (58) umfasst.

**Fig. 1****EP 2 471 707 A2**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kopplungskopf, an den ein autonomes Unterwasserfahrzeug mittels eines Rendezvouskopfes angekoppelt werden kann. Der Rendezvouskopf ist am Unterwasserfahrzeug befestigt oder Teil des Unterwasserfahrzeugs. Der Kopplungskopf ist bspw. an einem wasserseitigen Ende eines als Bergesekabel ausgebildeten Kabels befestigt. Bergesekabel sind traditionell an ihrer anderen Seite an einem Basisschiff befestigt. Auf diesem Basisschiff ist üblicherweise eine Bergewinde angeordnet, von der das Bergesekabel abgerollt und auf die das Bergesekabel wieder aufgerollt werden kann.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner eine Kopplungseinrichtung, die den Kopplungskopf und ein Kabel aufweist. Weiter betrifft die Erfindung den Rendezvouskopf für ein autonomes Unterwasserfahrzeug. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Rendezvouseinrichtung mit diesem Rendezvouskopf. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Unterwasserfahrzeug mit dem Rendezvouskopf und/oder mit der Rendezvouseinrichtung. Ferner betrifft die Erfindung ein Kopplungssystem mit dem Kopplungskopf und mit dem Rendezvouskopf. Außerdem betrifft die Erfindung ein Kopplungsverfahren zum Aneinanderkoppeln eines Kopplungskopfes mit einem Rendezvouskopf und ein Einsatzverfahren eines autonomen Unterwasserfahrzeugs mit dem Kopplungsverfahren.

[0003] Ein autonomes Unterwasserfahrzeug (AUV = Autonomous Underwater Vehicle) soll autonom im Wasser eines Gewässers, wie bspw. eines Meeres oder Binnengewässers, agieren und weist daher in der Regel, während es eine Mission im Wasser durchführt, keine kabelgebundene Verbindung zu einem Basisschiff auf. Daher ist es nach Abschluss der Mission schwer zu bergen. In der Regel lässt man das Unterwasserfahrzeug nach einem Einsatz an die Wasseroberfläche aufschwimmen. Zum Bergen wird das Bergesekabel mit dem Haken in den Bereich der Wasseroberfläche hinabgelassen und manuell bspw. von der Besatzung eines kleinen hierfür vom Basisschiff zu Wasser gelassenen Bootes am Unterwasserfahrzeug befestigt. Erst danach kann das Unterwasserfahrzeug mittels der Bergewinde zum Basisschiff gezogen und an Bord gehievt werden.

[0004] Dieses bekannte Verfahren zum Bergen eines Unterwasserfahrzeugs ist gefährlich und zudem stark wetterabhängig. Insbesondere bei Seegang und schlechter Sicht wie bspw. Nebel ist das Bergen eines Unterwasserfahrzeugs auf diese bekannte Weise ein gefährliches Manöver sowohl für die Besatzung des Bootes, die das Bergesekabel am Unterwasserfahrzeug befestigt, als auch für das Unterwasserfahrzeug, das bei diesem Bergemanöver mit diesem Boot oder gar mit dem Basisschiff kollidieren und dabei beschädigt werden könnte.

[0005] Darüber hinaus ist es bekannt, eine Leine vom Unterwasserfahrzeug abzusondern und diese Leine mittels eines Wurfankers einzufangen, um das Unterwasserfahrzeug dann mittels der eingefangenen Leine zu bergen. Das Einfangen der Leine mittels des Wurfankers ist jedoch stark vom Geschick der den Wurfanker werfenden Besatzung abhängig. Außerdem kann der Wurfanker das Unterwasserfahrzeug beschädigen.

[0006] Das Bergen des Unterwasserfahrzeugs nach den beschriebenen Verfahren ist zudem zeitaufwändig. Zum Einen dauert es eine gewisse Zeit, das Unterwasserfahrzeug manuell "einzufangen" und mittels des Bergesekabels und der Bergewinde in eine Ruheposition am Deck des Basisschiffs zu heben sowie für eine neue Mission wieder mittels des Bergesekabels zu Wasser zu lassen. Zum Anderen müssen an Bord des Basisschiffs regelmäßig Batterien des Unterwasserfahrzeugs getauscht oder neu aufgeladen werden. Ferner werden in der Ruheposition Messdaten der vorherigen Mission, die im Unterwasserfahrzeug gespeichert sind, auf Speichereinrichtungen am Basisschiff übertragen. Umgekehrt wird das Unterwasserfahrzeug an Bord des Basisschiffs mit neuen Missionsdaten für die bevorstehende Mission versorgt. Insgesamt vergeht zwischen zwei Missionen somit viel Zeit, in der das Unterwasserfahrzeug für eine Mission nicht eingesetzt werden kann.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Bergen und/oder Versorgen eines autonomen Unterwasserfahrzeugs zu verbessern.

[0008] Die Erfindung löst diese Aufgabe dadurch, dass sie den Kopplungsvorgang automatisiert und in einen Bereich unterhalb der Wasseroberfläche verlagert. Vorzugsweise findet der Kopplungsvorgang in einer Wassertiefe zwischen 10 und 20 Meter unterhalb der Wasseroberfläche statt. In dieser Wassertiefe ist das Wasser nämlich im Gegensatz zum Wasser im Bereich der Wasseroberfläche vergleichsweise ruhig. Insbesondere sind Auswirkungen von Seegang in dieser Wassertiefe vernachlässigbar gering.

[0009] Der erfindungsgemäße Kopplungskopf weist Lagestabilisierungsmittel zum Stabilisieren seiner Ausrichtung und Lage im Wasser, insbesondere in der Wassertiefe von 10 bis 20 Meter, unterhalb der Wasseroberfläche auf. Unter einer stabilisierten Ausrichtung des Kopplungskopfes ist vorliegend zu verstehen, dass im Wesentlichen keine Rotationen des Kopplungskopfes stattfinden oder geringfügige Verdrehungen wieder rückgängig gemacht werden. Unter einer stabilisierten Lage des Kopplungskopfes ist zu verstehen, dass zumindest evtl. Bewegungen des Kopplungskopfes in der Horizontalen im Wesentlichen gleichförmig verlaufen und evtl. kurzzeitige Abweichungen von einer festen oder gleichförmig bewegten Lage wieder rückgängig gemacht werden.

[0010] Die Lagestabilisierungsmittel halten den Kopplungskopf so beruhigt im Wasser, dass er vorteilhaft vom Unterwasserfahrzeug angesteuert werden kann. Insbesondere wirken die Lagestabilisierungsmittel evtl. Beschleunigungen sowie evtl. Kipp- oder Rotationsbewegungen des Kopplungskopfes durch das umgebende Wasser entgegen. Vorteil-

hafterweise bewirken die Lagestabilisierungsmittel somit, dass der Kopplungskopf eine absolute Position im Wasser hält oder sich zumindest im Wesentlichen gleichförmig entlang einer Trajektorie bewegt, die vorzugsweise eine Gerade ist, alternativ jedoch auch gekrümmt sein kann. Unter der Position des Kopplungskopfes ist vorliegend seine Lage, ergänzt um eine Höhen- bzw. Tiefeninformation, zu verstehen.

[0011] Die Lagestabilisierungsmittel wirken in einer besonderen Ausführungsform sowohl einem Aufsteigen als auch ein Absinken des Kopplungskopfes im Wasser entgegen und wirken damit als Positionsstabilisierungsmittel. Insbesondere sorgen die Lagestabilisierungsmittel dafür, dass der Kopplungskopf seine Tiefe im Wasser bzw. seinen Abstand zur Wasseroberfläche im Wesentlichen hält. Dadurch kann das Unterwasserfahrzeug besonders gut eine Rendezvousposition, insbesondere unterhalb des Kopplungskopfes, ansteuern und nachfolgend von unten an den Kopplungskopf angekoppelt werden. Zum Ankoppeln kann der Kopplungskopf seine Position im Wasser unter Beibehaltung seiner stabilisierten Ausrichtung und Lage ändern, nämlich zum Unterwasserfahrzeug hinabsinken.

[0012] Der erfindungsgemäße Rendezvuskopf ist mit dem erfindungsgemäßen Kopplungskopf koppelbar oder gekoppelt. Der Kopplungskopf und der Rendezvuskopf wirken somit zusammen wie bspw. ein Stecker und eine Steckdose. Dabei ist der Rendezvuskopf insbesondere derart ausgebildet, dass ein automatisches Ankoppeln des Kopplungskopfes an den Rendezvuskopf und vorzugsweise auch ein automatisches Abkoppeln des Kopplungskopfes vom Rendezvuskopf im Wasser unterhalb der Wasseroberfläche, insbesondere in einer Tiefe zwischen 10 und 20 Meter unterhalb der Wasseroberfläche, möglich ist.

[0013] Bei dem erfindungsgemäßen Kopplungsverfahren zum Aneinanderkoppeln eines Kopplungskopfes mit einem Rendezvuskopf wird daher der Kopplungskopf im Wasser unterhalb der Wasseroberfläche in seiner Ausrichtung und Lage stabilisiert und an den Rendezvuskopf angekoppelt wird. Der Kopplungskopf ist vorliegend weiterhin als in seiner Ausrichtung und Lage stabilisiert zu verstehen, wenn er in Richtung des Rendezvuskopfes beschleunigt bzw. zum Rendezvuskopf abgesenkt wird und/oder wenn er sich gewollt aktiv über dem Rendezvuskopf oder einer vom Rendezvuskopf angesteuerten Zielposition ausrichtet und positioniert.

[0014] Die Lagestabilisierungsmittel des Kopplungskopfes weisen bevorzugt wenigstens einen steuerbaren Antrieb zum aktiven Ausrichten und Positionieren des Kopplungskopfes im Wasser auf. Unter dem Ausrichten des Kopplungskopfes ist vorliegend zu verstehen, dass Kipp- bzw. Drehwinkel des Kopplungskopfes eingestellt werden. Insbesondere werden die Längs-, Quer- und Seitenneigung des Kopplungskopfes im Wasser eingestellt. Vorzugsweise kann der Kopplungskopf mittels des steuerbaren Antriebs derart ausgerichtet und positioniert werden, dass der Kopplungskopf und der Rendezvuskopf sich zum Aneinanderkoppeln in im Wesentlichen vertikaler und/oder horizontaler Richtung aufeinander zu bewegen.

[0015] Unter dem Positionieren des Kopplungskopfes im Wasser ist vorliegend zu verstehen, dass eine Position des Kopplungskopfes im Wasser eingestellt wird. Diese Position kann eine absolute Position sein, wobei bspw. eine Länge und eine Breite durch absolute Koordinaten und eine Tiefe relativ zum Meeresgrund oder zur Wasseroberfläche angegeben werden kann. Alternativ ist die Position des Kopplungskopfes relativ zu einer sich entlang einer Trajektorie bewegend Referenzposition angegeben. Die Referenzposition kann bspw. durch ein Basisschiff oder ein Unterwasserfahrzeug, insbesondere Unterseeboot, vorgegeben sein, das den Kopplungskopf mittels eines Kabels bzw. Bergesekabels hinter sich herzieht.

[0016] Der Antrieb der Lagestabilisierungsmittel ist vorzugsweise durch mehrere Propeller realisiert, die vorzugsweise Drehachsen in mehreren unterschiedlichen Richtungen und/oder verstellbare Drehachsen aufweisen, um eine vorteilhafte Manövrierbarkeit des Kopplungskopfes zu ermöglichen. Alternativ oder zusätzlich treibt der Antrieb Ruder wie bspw. Höhen- oder Querruder an, welche insbesondere dann ein Ausrichten und Positionieren des Kopplungskopfes im Wasser ermöglichen, wenn dieser Kopplungskopf durch das Wasser gezogen wird oder sich auf andere Weise relativ zum umgebenden Wasser bewegt. Alternativ oder zusätzlich weist der Antrieb andere Mittel auf, die ein Ausrichten und Positionieren des Kopplungskopfes relativ zu dem Kopplungskopf umgebenden Wasser ermöglichen.

[0017] Der Antrieb ist steuerbar und ermöglicht das aktive Ausrichten und Positionieren des Kopplungskopfes. Zum Steuern des Antriebs ist daher am Kopplungskopf oder an einer anderen Stelle, von der Steuersignale bzw. Steuerbefehle an den Kopplungskopf sendbar sind, eine Steuereinrichtung zum Steuern des aktiven Ausrichtens und Positionierens des Kopplungskopfes im Wasser vorgesehen.

[0018] Aufgrund des steuerbaren Antriebs kann vorteilhaft die Tiefe des Kopplungskopfes im Wasser gehalten oder eine gewünschte Tiefe angesteuert werden. Ferner kann ein Querversatz des Kopplungskopfes zu einer Bewegungsrichtung des Rendezvuskopfes bzw. des den Rendezvuskopf aufweisenden Unterwasserfahrzeugs mittels des steuerbaren Antriebs ausgeglichen werden. Schließlich ermöglicht der steuerbare Antrieb ein Absenken des Kopplungskopfes in Richtung des Rendezvuskopfes zum Aneinanderkoppeln.

[0019] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kopplungsverfahrens wird daher wenigstens ein Antrieb des Kopplungskopfes gesteuert, wobei dieser Antrieb den Kopplungskopf im Wasser aktiv, insbesondere relativ zu einer festen oder gleichförmig bewegten Position, ausrichtet und positioniert.

[0020] Der Kopplungskopf und der Rendezvuskopf weisen zusammen vorzugsweise einen Koppelmechanismus auf, mittels dem der Kopplungskopf und der Rendezvuskopf mechanisch einander gekoppelt werden können. Dieser

Koppelmechanismus ist bevorzugt zweiteilig ausgebildet, wobei der Kopplungskopf einen ersten Teil des Koppelmechanismus und der Rendezvouskopf einen zweiten Teil des Koppelmechanismus aufweist.

[0021] Vorzugsweise stellt der Koppelmechanismus eine kraftschlüssige und/oder formschlüssige Verbindung zwischen dem Kopplungskopf und dem Rendezvouskopf her. Zum Ankoppeln wird der Kopplungskopf daher verfahrensgemäß mittels des Koppelmechanismus kraftschlüssig und/oder formschlüssig mit dem Rendezvouskopf gekoppelt. Der erste und der zweite Teil des Koppelmechanismus greifen dabei vorzugsweise ineinander.

[0022] Vorzugsweise wird der Kopplungskopf zum Abkoppeln mittels eines Lösemechanismus vom Rendezvouskopf abgekoppelt, wobei der Lösemechanismus vorteilhafterweise in den Koppelmechanismus integriert ist. Der Lösemechanismus ist vorzugsweise zweiteilig ausgebildet. Der Kopplungskopf weist einen ersten Teil des Lösemechanismus auf, wohingegen der Rendezvouskopf einen zweiten Teil des Lösemechanismus aufweist. Mittels des Lösemechanismus können der Kopplungskopf und der Rendezvouskopf vorzugsweise auch unter Wasser voneinander abgekoppelt werden. Dabei kann der Lösemechanismus vorzugsweise sowohl vom Kopplungskopf als auch vom Rendezvouskopf ausgelöst werden. Insbesondere kann das Unterwasserfahrzeug autonom den Lösemechanismus auslösen, bspw. um eine Mission zu beginnen. Alternativ oder zusätzlich kann der Lösemechanismus von einer signalverbindend bzw. datenverbindend mit dem Kopplungskopf verbundenen Einrichtung ausgelöst werden.

[0023] Der Kopplungskopf weist vorzugsweise eine mit dem Rendezvouskopf abtrennbar verbindbar Energieübertragungsschnittstelle auf. Über diese Energieübertragungsschnittstelle kann das Unterwasserfahrzeug über den Rendezvouskopf mit elektrischer Energie versorgt werden. Batterien des Unterwasserfahrzeugs lassen sich somit aufladen, sobald der Kopplungskopf und der Rendezvouskopf miteinander gekoppelt sind. Das Unterwasserfahrzeug muss somit nicht zum Aufladen der Batterien aus dem Wasser gehoben werden, sondern kann im Wasser verbleiben und nach einer kurzen Ladezeit der Batterien vergleichsweise schnell zu einer neuen Mission aufbrechen.

[0024] Bevorzugt wird die Energieübertragungsschnittstelle zugleich beim Herstellen der Kopplung mittels des o.g. Koppelmechanismus mit dem Rendezvouskopf verbunden. Insbesondere stellt der Koppelmechanismus die kraftschlüssige und/oder formschlüssige Verbindung zwischen dem Koppelkopf und dem Rendezvouskopf her und stellt dabei zugleich eine leitende Verbindung der Energieübertragungsschnittstelle des Koppelkopfes mit dem Rendezvouskopf bzw. mit einer korrespondierenden Schnittstelle am Rendezvouskopf her. Die Verbindung ist abtrennbar und kann insbesondere mittels des o.g. Lösemechanismus wieder gelöst werden.

[0025] Bevorzugt erfolgt die Energieübertragung über die Energieübertragungsschnittstelle galvanisch, d.h. über einen oder mehrere galvanische Kontakte. Die Energieübertragung erfolgt bei einer besonderen Ausführung jedoch kontaktlos, insbesondere mittels Induktion. Die Energieübertragungsschnittstelle weist in diesem Fall induktiv arbeitende Energieübertragungsmittel auf.

[0026] Vorzugsweise weist der Kopplungskopf alternativ oder vorteilhafterweise zusätzlich eine mit dem Rendezvouskopf abtrennbar verbindbare Datenübertragungsschnittstelle auf. Verfahrensgemäß wird, insbesondere beim Aneinanderkoppeln, die Datenübertragungsschnittstelle des Kopplungskopfes abtrennbar mit dem Rendezvouskopf verbunden. Auf diese Weise wird eine Datenverbindung, die auch eine Signalverbindung sein kann, zwischen dem Koppelkopf und Rendezvouskopf hergestellt. Mittelbar können auf diese Weise Daten, insbesondere Messdaten, vom Unterwasserfahrzeug an eine signalverbindend bzw. datenverbindend mit dem Kopplungskopf verbundene Einrichtung gesendet werden. Alternativ oder zusätzlich können umgekehrt Daten, insbesondere Missionsdaten für eine neue Mission, über die Datenübertragungsschnittstelle des Kopplungskopfes an den Rendezvouskopf und weiter an das Unterwasserfahrzeug übertragen werden. Hierfür kann das Unterwasserfahrzeug jeweils im Wasser verbleiben, so dass Ruhezeiten bzw. Ausfallzeiten reduziert werden und das Unterwasserfahrzeug vergleichsweise schnell wieder zu einer neuen Mission aufbrechen kann.

[0027] Bevorzugt erfolgt die Datenübertragung über die Datenübertragungsschnittstelle galvanisch, d.h. über einen oder mehrere galvanische Kontakte. Die Datenübertragung erfolgt bei einer besonderen Ausführung jedoch kontaktlos, insbesondere über Funk oder über Lichtwellen. Die Datenübertragungsschnittstelle weist in diesem Fall elektromagnetisch und/oder optisch arbeitende Datenübertragungsmittel, bspw. elektromagnetisch arbeitende Sender/Empfänger und/oder Optokoppler auf.

[0028] Die erfindungsgemäße Rendezvouseinrichtung weist den erfindungsgemäßen Rendezvouskopf auf. Vorteilhafterweise weist die Rendezvouseinrichtung ferner ein Unterwassermodem mit einer Empfangsvorrichtung für vom Kopplungskopf gesendete und als Positionierungshilfe verwendbare Signale oder Daten auf. Bspw. werden mittels des Unterwassermodems eine absolute oder relative Position des Kopplungskopfes relativ zu einer festen oder bewegten Referenzposition oder relativ zu einer Position des Rendezvouskopfes bzw. des Unterwasserfahrzeugs mit dem Rendezvouskopf empfangen. Alternativ oder zusätzlich werden sensierte Änderungen der Position des Kopplungskopfes oder einer Entfernung des Kopplungskopfes, bspw. zum Rendezvouskopf oder ein Kurs des Kopplungskopfes vom Kopplungskopf gesendet und vom Unterwassermodem empfangen.

[0029] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kopplungsverfahrens kommuniziert daher der Kopplungskopf mittels einer Kommunikationseinrichtung des Kopplungskopfes mit der Rendezvouseinrichtung, wobei der Kopplungskopf Signale sendet, welche die Rendezvouseinrichtung empfängt und als Positionierungshilfe des Rendezvous-

kopfes relativ zum Kopplungskopf und/oder zur Berechnung einer Anlauftrajektorie zum Fahren des Unterwasserfahrzeugs in Richtung einer Rendezvousposition verwendet. Dabei nähert sich der Rendezvouskopf mittels des von diesem Signal gesteuerten Unterwasserfahrzeugs an die Rendezvousposition an.

[0030] Die Rendezvousposition wird vorzugsweise während dieser Annäherung durch die jeweilige Position des Kopplungskopfes definiert. Insbesondere ist die Rendezvousposition bevorzugt eine Position, die in einem definierten Abstand unterhalb des ausgerichteten und auf die Annäherung des Rendezvouskopfes wartenden Kopplungskopfes definiert ist. Bspw. liegt die Rendezvousposition ein Meter unterhalb des Kopplungskopfes. Wenn dagegen die Rendezvouseinrichtung die Rendezvousposition erreicht hat, ist die Rendezvousposition im Folgenden durch die Position des Rendezvouskopfes definiert, wobei der Kopplungskopf sich ebenfalls der Rendezvousposition annähert und somit nachfolgend an den Rendezvouskopf ankoppeln kann.

[0031] Die erfindungsgemäße Rendezvouseinrichtung weist vorzugsweise eine Rechenvorrichtung zum Berechnen der Richtung und/oder Entfernung des Rendezvouskopfes zum Kopplungskopf auf. Alternativ oder zusätzlich weist die Rendezvouseinrichtung eine Rechenvorrichtung zum Berechnen der durch die Position des Kopplungskopfes definierten Rendezvousposition auf.

[0032] Durch die Kommunikation des Kopplungskopfes mit der Rendezvouseinrichtung wird erreicht, dass sich der Kopplungskopf und der Rendezvouskopf vorteilhaft so weit einander annähern, dass nachfolgend ein automatisches Aneinanderkoppeln, insbesondere mittels eines automatisch oder fernsteuerbar zuschnappenden Schnappverschlusses, möglich wird.

[0033] Der erfindungsgemäße Kopplungskopf weist hierfür vorzugsweise die genannte Kommunikationseinrichtung zum Senden von Signalen auf, die insbesondere eine akustische, optische oder elektromagnetische Kommunikationseinrichtung ist. Bspw. werden Schallsignale, Lichtsignale oder elektromagnetische Signale bzw. Daten in derartigen Signalen als Positionierungshilfe, insbesondere zur Berechnung einer Anlauftrajektorie, mittels der Kommunikationseinrichtung des Kopplungskopfes zur geleiteten Annäherung des Rendezvouskopfes an den Kopplungskopf verwendet.

[0034] Die Rendezvouseinrichtung weist vorzugsweise eine Steuereinrichtung auf. Die Steuereinrichtung ist derart ausgebildet, dass mittels dieser Steuereinrichtung in Abhängigkeit der Richtung und/oder Entfernung des Rendezvouskopfes zum Kopplungskopf eine Anlauftrajektorie zum Fahren des Unterwasserfahrzeugs in Richtung der Rendezvousposition berechenbar ist. Ferner ist vorzugsweise mittels dieser Steuereinrichtung das Unterwasserfahrzeug entlang dieser Anlauftrajektorie zu dieser Rendezvousposition steuerbar.

[0035] Der Kopplungskopf weist vorzugsweise Positionserkennungsmittel auf. Diese Positionserkennungsmittel sind insbesondere Sensoren, vorzugsweise Kameras bzw. eine Kamera und/oder Lichtsensoren. Alternativ kann lediglich ein Sensor als Positionserkennungsmittel vorhanden sein. Mittels der Positionserkennungsmittel kann die relative Position des Rendezvouskopfes relativ zum Kopplungskopf erkannt werden. In einer Ausführungsform wird die erkannte relative Position über akustische und/oder optische und/oder elektromagnetische Signale an die Rendezvouseinrichtung übermittelt.

[0036] Alternativ oder zusätzlich weist der Kopplungskopf Positionskorrekturmittel auf, mittels denen die Lage oder Position des Kopplungskopfes im Wasser relativ zu der erkannten relativen Lage oder Position des Rendezvouskopfes korrigiert werden kann. Bspw. kann es sein, dass der Rendezvouskopf bzw. das Unterwasserfahrzeug mit dem Rendezvouskopf auf seinem Weg in die Rendezvousposition seitlich vom vorgesehenen Kurs abweicht oder nach Erreichen der Rendezvousposition seitlich abtreibt. Unterwasserfahrzeuge, insbesondere dann, wenn sie sich in langsamer Fahrt oder überhaupt nicht bewegen, können nämlich oftmals allenfalls in engen Grenzen seitwärts bewegt werden bzw. eine Korrektur ihrer Position zur Seite vornehmen. Daher ist es vorteilhaft, wenn der Kopplungskopf ein derartiges seitliches Abdriften erkennt und in Erwiderung darauf seine relative Position zum Rendezvouskopf, insbesondere durch eine Lagekorrektur querab zur Bewegungsrichtung des Rendezvouskopfes, anpasst.

[0037] Bei dem erfindungsgemäßen Kopplungsverfahren erkennt der Kopplungskopf somit vorteilhafterweise mit den Positionserkennungsmitteln des Kopplungskopfes die Lage oder Position des Rendezvouskopfes und/oder des Unterwasserfahrzeugs relativ zum Kopplungskopf. Zusätzlich erkennt der Kopplungskopf vorteilhafterweise aus dieser Lage oder Position einen evtl. Querversatz des Rendezvouskopfes relativ zur Anlauftrajektorie des Rendezvouskopfes bzw. des den Rendezvouskopf aufweisenden Unterwasserfahrzeugs. Diese Anlauftrajektorie ist vorzugsweise eine zuvor berechnete Anlauftrajektorie bzw. eine Anlauftrajektorie, welcher der Rendezvouskopf bzw. das Unterwasserfahrzeug mit dem Rendezvouskopf bis zu einem vorherigen Zeitpunkt gefolgt ist.

[0038] Im Falle eines erkannten Querversatzes korrigiert der Kopplungskopf vorzugsweise mittels Positionskorrekturmitteln die Lage oder Position des Kopplungskopfes im Wasser in Abhängigkeit einer erkannten Lage oder Position und/oder eines erkannten Querversatzes des Rendezvouskopfes und/oder des Unterwasserfahrzeugs zueinander. Die Positionskorrekturmittel bedienen sich dabei insbesondere des Antriebs, wobei sie eine aktive Korrektur der Position des Kopplungskopfes bewirken.

[0039] Die Rendezvouseinrichtung weist vorzugsweise ein bildgebendes System, wie bspw. ein Kamerasystem und/oder ein Sonarsystem, auf, mittels dem die Lage oder Position des Kopplungskopfes relativ zum Rendezvouskopf im Nahbereich des Kopplungskopfes optisch erfasst und der Steuereinrichtung übermittelt werden kann. Der Nahbereich

des Kopplungskopfes ist vorzugsweise ein Bereich von bis zu ca. 10 Meter Abstand zum Kopplungskopf. Alle Teile der Rendezvouseinrichtung, so auch das bildgebende System, insbesondere das Kamerasystem, sind entweder am Kopplungskopf oder am Unterwasserfahrzeug angeordnet. Insbesondere dann, wenn sich der Rendezvuskopf oder das Unterwasserfahrzeug und somit auch das bildgebende System, insbesondere das Kamerasystem, in diesem Nahbereich des Kopplungskopfes befindet, kann vorteilhaft in einen Präzisionsmodus gewechselt und optisch geführt der Kopplungskopf bzw. die Rendezvousposition angelaufen werden.

[0040] In einer vorteilhaften Ausführungsform wird der Kopplungskopf über eine Versorgungsleitung eines dauerhaft oder abtrennbar mit dem Kopplungskopf mechanisch verbundenen Kabels, insbesondere Bergekabels, mit elektrischer Energie versorgt. Alternativ oder zusätzlich werden über eine Datenleitung des Kabels Signale oder Daten zum und/oder vom Kopplungskopf übertragen. Insbesondere zum Versorgen des Rendezvuskopfes bzw. des mit dem Rendezvuskopf verbundenen Unterwasserfahrzeugs über den gekoppelten Kopplungskopf kann somit mittels der Versorgungsleitung elektrische Energie dem Unterwasserfahrzeug zugeführt werden und ein Datenaustausch durch die Versorgungsleitung zum und/oder vom Unterwasserfahrzeug stattfinden. Alternativ oder zusätzlich wird der Kopplungskopf mittels des Kabels geborgen und/oder zu Wasser gelassen, wobei das Kabel zum Aushalten hierfür notwendiger Zugbelastungen ausgebildet ist.

[0041] Die Erfindung betrifft weiter eine Kopplungseinrichtung mit dem erfindungsgemäßen Kopplungskopf und mit dem mechanisch mit dem Kopplungskopf verbundenen oder abtrennbar verbindbaren Kabel. Weiter betrifft die Erfindung ein Unterwasserfahrzeug mit dem erfindungsgemäßen Rendezvuskopf und/oder mit der erfindungsgemäßen Rendezvouseinrichtung.

[0042] Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Kopplungssystem mit dem erfindungsgemäßen Kopplungskopf und/oder mit der erfindungsgemäßen Kopplungseinrichtung sowie mit dem erfindungsgemäßen Rendezvuskopf und/oder mit der erfindungsgemäßen Rendezvouseinrichtung und/oder mit dem erfindungsgemäßen Unterwasserfahrzeug. In jedem Fall weist das Kopplungssystem dabei einen Kopplungskopf und einen Rendezvuskopf auf, die aneinander reversibel koppelbar und/oder aneinander gekoppelt sind.

[0043] Schließlich betrifft die Erfindung ein Einsatzverfahren eines autonomen Unterwasserfahrzeugs, wobei das Einsatzverfahren das erfindungsgemäße Kopplungsverfahren einschließt. Gemäß dem erfindungsgemäßen Einsatzverfahren führt das Unterwasserfahrzeug zunächst eine Mission durch. Nach Abschluss der Mission fährt das Unterwasserfahrzeug die Rendezvousposition an. Diese Rendezvousposition kann eine zuvor im Unterwasserfahrzeug abgespeicherte Position sein oder alternativ während der Mission oder nach Abschluss der Mission vom Unterwasserfahrzeug empfangen werden.

[0044] Vorzugsweise hält das Unterwasserfahrzeug nachfolgend seine, insbesondere feste oder gleichförmig bewegte, Position, wobei der Kopplungskopf mittels seines Antriebs optisch und/oder akustisch geleitet derart zum Rendezvuskopf manövriert, dass der Kopplungskopf kraftschlüssig und/oder formschlüssig mechanisch mit dem Rendezvuskopf aneinanderkoppelt.

[0045] Das Einsatzverfahren kann ein Versorgungsverfahren und/oder ein Bergeverfahren sein. Wenn das Einsatzverfahren ein Versorgungsverfahren ist, wird zum Versorgen des Unterwasserfahrzeugs eine elektrische Verbindung hergestellt, über die das Unterwasserfahrzeug über den Kopplungskopf mit elektrischer Energie versorgt wird. Alternativ oder zusätzlich wird eine Datenverbindung hergestellt, über die Messdaten vom Unterwasserfahrzeug über den Kopplungskopf bereitgestellt werden. Alternativ oder zusätzlich werden Missionsdaten für eine neue Mission über den Kopplungskopf an das Unterwasserfahrzeug übermittelt.

[0046] Wenn das Einsatzverfahren alternativ oder zusätzlich ein Bergeverfahren ist, wird das Unterwasserfahrzeug zum Bergen dieses Unterwasserfahrzeugs mittels der Kopplungseinrichtung in eine Ruheposition gezogen und/oder gehoben. Die Ruheposition kann eine Position an Deck oder in einem Container an Bord eines Basisschiffs sein, welches vorzugsweise eine Bergwinde aufweist, auf welche das in diesem Fall als Bergekabel ausgebildete Kabel aufgerollt und damit das Unterwasserfahrzeug aus dem Wasser gehoben wird.

[0047] Die Ruheposition kann bspw. auch eine Garage am Schiffskörper eines Unterseeboots oder eine fest am Meeresgrund installierte Garage sein. Bspw. kann die Erfindung zur Kontrolle von Fundamenten von Offshore-Windkraftanlagen eingesetzt werden. In diesem Fall kann eine Garage am Fundament einer Windkraftanlage installiert sein. Das Kabel ist in diesem Fall fest mit der Garage bzw. mit einer bei der Windkraftanlage installierten Station verbunden. Vorzugsweise beinhaltet das Anfahren der Rendezvousposition, dass der Kopplungskopf eine feste, strömungstechnisch günstige Position hält, wobei der Kopplungskopf und der Rendezvuskopf relative Positionen und Ausrichtungen bzw. Orientierungen des Rendezvuskopfes und/oder des Unterwasserfahrzeugs sowie des Kopplungskopfes zueinander ermitteln. Vorzugsweise wird nachfolgend aus den relativen Positionen und Orientierungen eine Anlauftrajektorie zur relativ zur Position und Orientierung des Kopplungskopfes definierten Rendezvousposition berechnet. Vorzugsweise fährt das Unterwasserfahrzeug selbsttätig bzw. autonom entlang der Anlauftrajektorie zur Rendezvousposition.

[0048] In einer vorteilhaften Ausführungsform wird bei Erreichen einer definierten Entfernung der Rendezvouseinrichtung und/oder das Unterwasserfahrzeug relativ zur Rendezvousposition in einen Präzisionsmodus gewechselt, in dem das Unterwasserfahrzeug unter Berücksichtigung evtl. Strömung sowie unter Heranziehung verfügbarer Sensorinfor-

mationen in die Rendezvousposition manövriert wird. Diese Sensorinformationen können bspw. die mittels der o.g. Kameras ermittelten Informationen sein.

[0049] Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den Ansprüchen sowie aus den anhand der Zeichnung näher erläuterten Ausführungsbeispielen. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein Kopplungssystem mit einer einen Kopplungskopf aufweisenden Kopplungseinrichtung und mit einem Unterwasserfahrzeug mit einer einen Rendezvouskopf aufweisenden Rendezvouseinrichtung sowie Teile eines Kopplungsverfahrens, das in einem Einsatzverfahren für ein Unterwasserfahrzeug eingesetzt wird, gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 bis Fig. 4 die Einrichtungen des ersten Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 1 in gegenüber Fig. 1 anderen räumlichen Positionen sowie anderen zeitlichen Positionen im Kopplungsverfahren,

Fig. 5 eine weitere Kopplungseinrichtung mit einem gegenüber dem Kopplungskopf der Fig. 1 bis 4 andersartig ausgebildeten Kopplungskopf gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel und

Fig. 6 ein Diagramm zur Veranschaulichung des Einsatzverfahrens und Kopplungsverfahrens.

[0050] Fig. 1 zeigt ein Kopplungssystem 1 mit einer Kopplungseinrichtung 2 zusammen mit einem Unterwasserfahrzeug 4 in einem Gewässer unterhalb der Wasseroberfläche dieses Gewässers. Das Unterwasserfahrzeug 4 ist ein autonomes Unterwasserfahrzeug (AUV = Autonomous Underwater Vehicle), das eine Mission durchgeführt hat, wobei es während dieser Mission Messdaten gesammelt hat, und nun eine Rendezvousposition 6 ansteuert, in der ein Ankoppeln an einen Kopplungskopf 8 der Kopplungseinrichtung 2 geplant ist.

[0051] Die Kopplungseinrichtung weist außer dem Kopplungskopf 8 ein an diesem Kopplungskopf 8 befestigtes Kabel 10 auf, das als Bergekabel ausgebildet ist. Das nicht dargestellte andere Ende des Kabels 10 ist bspw. an einem nicht dargestellten Basisschiff befestigt, von dem das Kabel einschließlich des Kopplungskopfes 8 mittels einer Bergwinde abgewickelt ist. Sowohl das Kabel 10 als auch der Kopplungskopf 8 weisen in etwa jeweils ein Verhältnis ihrer Masse zu ihrem Volumen auf, das dem entsprechenden Verhältnis von Wasser entspricht. Aus diesem Grunde haben der Kopplungskopf 8 und das Kabel 10 allenfalls eine geringe Tendenz, langsam im Wasser aufzusteigen oder im Wasser abzusinken. Im Wesentlichen hält sich der Kopplungskopf 8 in einer Tiefe von ca. 10 bis 20 Meter unterhalb der Wasseroberfläche im Wasser, auf die er gemäß Fig. 1 herabgelassen ist. Die Massenverteilung im Kopplungskopf 8 ist dabei derart, dass sich der Kopplungskopf 8 allein schon aufgrund dieser Massenverteilung, die somit als Teil von Lagestabilisierungsmitteln 12 wirkt, gegen ein seitliches Wegkippen bzw. gegen eine Rollbewegung in seiner Ausrichtung stabilisiert.

[0052] Zusätzlich weist der Kopplungskopf 8 weitere Mittel als Lagestabilisierungsmittel 12 auf, nämlich mehrere steuerbare Antriebe 14. Diese Antriebe 14 weisen Propeller mit horizontal und vertikal ausgerichteten Drehachsen auf, die Wasser im Wesentlichen in Richtung dieser Drehachsen durch den jeweiligen Propeller befördern und somit eine Relativbewegung des Kopplungskopfes relativ zu dem ihm umgebenden Wasser bewirken können. Anstelle der Antriebe 14 mit Propeller können auch andersartig ausgebildete Antriebe vorgesehen sein, die eine Lage- oder Positionsänderung des Kopplungskopfes relativ zum ihm umgebenden Wasser bewirken können.

[0053] Mittels der Antriebe 14 kann der Kopplungskopf aktiv im Wasser ausgerichtet und positioniert werden, so dass er sich aktiv oberhalb der vorgesehenen Rendezvousposition 6 positioniert und seine Position oberhalb der Rendezvousposition 6 nachfolgend solange hält, bis das Unterwasserfahrzeug 4 diese Rendezvousposition erreicht hat.

[0054] Das Kopplungssystem 1 weist eine am Unterwasserfahrzeug 4 angeordnete Rendezvouseinrichtung 16 mit einem am Unterwasserfahrzeug 4 befestigten Rendezvouskopf 18 auf. Dieser Rendezvouskopf 18 ist lösbar oder fest mit dem Unterwasserfahrzeug 4 verbunden bzw. in das Unterwasserfahrzeug 4 integriert.

[0055] Die Rendezvouseinrichtung 16 steuert das Unterwasserfahrzeug 4 zunächst, insbesondere solange keine Informationen über die tatsächliche aktuelle Position des Kopplungskopfes vorliegen, grob in Richtung der zuvor festgelegten und in der Rendezvouseinrichtung 16 gespeicherten Rendezvousposition 6. Bei der weiteren Annäherung tauschen die Rendezvouseinrichtung 16 und der Kopplungskopf 8 über einen Kommunikationskanal 20 Informationen wie absolute oder relative Positionen zueinander, Richtungen und/oder Geschwindigkeiten miteinander aus. Hierfür weist der Kopplungskopf 8 eine akustische Kommunikationseinrichtung 21 auf, mittels der er über den Kommunikationskanal 20 akustische Signale als Positionierungshilfe für das Unterwasserfahrzeug 4 sendet. Die Rendezvouseinrichtung 16 empfängt diese akustischen Signale mittels am Unterwasserfahrzeug 4 oder am Rendezvouskopf 18 angeordneten Hydrophonen 22 und errechnet mit Hilfe dieser Informationen eine Anlauftrajektorie 24 des Unterwasserfahrzeugs 4 zur Rendezvousposition 6. Die Anlauftrajektorie 24 ergibt sich dabei so, dass der Rendezvouskopf 18 in der Rendezvousposition 6 etwa 1 Meter unterhalb des Kopplungskopfes 8, angedeutet durch den gestrichelten Rendezvouskopf 18', einnimmt.

[0056] Umgekehrt verfügt auch der Kopplungskopf 8, insbesondere die Kommunikationseinrichtung 21, über Hydrophone 26 zum Empfangen von Wasserschallsignalen, die über den Kommunikationskanal 20 vom Unterwasserfahrzeug 4 bzw. vom Rendezvouskopf 18 gesendet werden. Bspw. werden auch aktuelle Positionsdaten sowie Daten bzgl. der Bewegungsrichtung und -orientierung des Unterwasserfahrzeugs sowie die berechnete Anlauftrajektorie 24 über den Kommunikationskanal 20 an den Kopplungskopf 8 übermittelt. Zum Senden der Schallsignale weisen sowohl das Unterwasserfahrzeug 4 bzw. der Rendezvouskopf 18 als auch der Kopplungskopf 8 Mittel zum Erzeugen und zielgerichteten Abstrahlen von Wasserschallsignalen auf. Diese Mittel am Kopplungskopf 8 sind Teil der Kommunikationseinrichtung 21.

[0057] Alternativ oder zusätzlich ist der Kommunikationskanal 20 durch das Senden und Empfangen von optischen und/oder elektromagnetischen Signalen gebildet, wobei entsprechend Mittel zum Senden und Empfangen dieser optischen bzw. elektromagnetischen Signale vorgesehen sind bzw. die Kommunikationseinrichtung 21 diese Mittel aufweist.

[0058] Fig. 2 zeigt, wie auch die Fig. 3 und 4, das Kopplungssystem 1 des ersten Ausführungsbeispiels von Fig. 1 in lediglich gegenüber Fig. 1 unterschiedlicher Anordnung des Unterwasserfahrzeugs 4 relativ zum Kopplungskopf 8. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen also gleiche Teile. Das Unterwasserfahrzeug 4 befindet sich in der Abbildung gemäß Fig. 2 gegenüber der Abbildung gemäß Fig. 1 in einer größeren Nähe relativ zum Kopplungskopf 8. Insbesondere beträgt die Entfernung des Unterwasserfahrzeugs 4 relativ zum Kopplungskopf 8 weniger als 10 Meter. Die Rendezvouseinrichtung 16 ist daher in einen Präzisionsmodus gewechselt, in welchem das Unterwasserfahrzeug 4 unter Heranziehung aller verfügbaren Sensorinformationen in die Rendezvousposition 6 manövriert wird. Dabei werden evtl. Strömungen, die von Sensoren am Unterwasserfahrzeug 4 sensiert werden, berücksichtigt, insbesondere durch entsprechendes Gegensteuern ausgeglichen. Der Kopplungskopf 8 hält dabei weiterhin seine Lage oder Position oberhalb der Rendezvousposition 6.

[0059] Der Kopplungskopf 8 weist mehrere Sensoren als Positionserkennungsmittel 28 auf, mittels denen er die relative Lage oder Position des Rendezvouskopfes 18 bzw. des Unterwasserfahrzeugs 4 zum Kopplungskopf 8 erkennt. Diese Positionserkennungsmittel bzw. Sensoren sind bspw. Kameras und/oder Lichtsensoren. Das Unterwasserfahrzeug 4 bzw. der Kopplungskopf 8 sendet daher ein Lichtsignal aus, das von den Positionserkennungsmitteln 28 empfangen werden kann. Alternativ oder zusätzlich weist der Rendezvouskopf 18 eine eigene Lichtquelle auf, mit der er das Unterwasserfahrzeug 4 zumindest ab einer bestimmten Nähe beleuchtet, so dass die Positionserkennungsmittel 28 vom Unterwasserfahrzeug 4 bzw. vom Rendezvouskopf 18 reflektiertes Licht empfangen können.

[0060] Die Kopplungseinrichtung weist Rechenmittel, Entscheidungsmittel und Steuermittel zur Verarbeitung von Sensorinformationen, zum Bereitstellen von Informationen, die über den Kommunikationskanal 20 an die Kopplungseinrichtung 2 gesendet werden, und zur Ansteuerung der Lagestabilisierungsmittel 12 sowie zur Ansteuerung von Positionskorrekturmitteln 30 auf. Die Antriebe 14 sind in diesem Fall sowohl den Lagekorrekturmitteln 30 als auch den Lagestabilisierungsmitteln 12 zugeordnet. Insbesondere werden die Antriebe 14 nicht nur zum Stabilisieren der Lage, sondern auch zum Korrigieren der Lage oder Position des Kopplungskopfes 8 im Wasser verwendet. Alternativ können jedoch auch von den Lagestabilisierungsmitteln 12 separate Positionskorrekturmittel vorgesehen sein. Die Rechenmittel, Entscheidungsmittel und Steuermittel der Kopplungseinrichtung 2 können ganz oder teilweise im Kopplungskopf 8 vorgesehen sein. Diese Mittel können ferner auch ganz oder teilweise an Bord des o.g. nicht dargestellten Basisschiffs angeordnet sein.

[0061] Die Kopplungseinrichtung 2 berechnet bzw. erkennt, wenn das Unterwasserfahrzeug 4 aufgrund seiner aktuellen tatsächlichen Position, Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit sowie aufgrund vorliegender Strömungsverhältnisse die Rendezvousposition nicht oder nur unter als unzulässig hierfür definierten Fahrmanövern erreichen kann. Ggf. erfolgt diese Berechnung auch ganz oder teilweise durch die Rendezvouseinrichtung 16. Ein Austausch erfasster, vorverarbeiteter oder ausgewerteter Daten erfolgt über den Kommunikationskanal 20.

[0062] Wenn erkannt wird, dass das Unterwasserfahrzeug 4 die Rendezvousposition 6 nicht zulässig erreichen kann, weil bspw. das Unterwasserfahrzeug 4 seitlich abgetrieben ist und seitliche Kurskorrekturen des Unterwasserfahrzeugs, insbesondere in vergleichsweise langsamer Fahrt, nur schwer möglich sind, werden die Positionskorrekturmittel 30 angewiesen, die Lage oder Position des Kopplungskopfes 8 zu ändern und dadurch eine neue Rendezvousposition 6 unterhalb des Kopplungskopfes 8 zu definieren, die in zulässiger Weise vom Unterwasserfahrzeug 4 erreicht werden kann.

[0063] Die Energieversorgung aller am Kopplungskopf 8 angeordneten Einrichtungen, insbesondere der Lagestabilisierungsmittel 12 und der Positionskorrekturmittel 30 einschließlich der Antriebe 14 sowie der angeordneten Sensoren einschließlich der Hydrophone 26 sowie der Sensoren zum Senden von Signalen bzw. der Kommunikationseinrichtung 21, werden über das Kabel 10 mit elektrischer Energie versorgt. Dieses Kabel 10 weist somit eine elektrische Leitung 32 zur Energieversorgung des Kopplungskopfes 8 vom Basisschiff über das Kabel 10 auf. Die elektrische Leitung 32 ist bevorzugt eine Kupferleitung bzw. wenigstens ein Leiter, der Kupfer aufweist. Ferner weist das Kabel 10 wenigstens eine Signalleitung 34 bzw. Datenleitung auf, über die Steuerbefehle und Sensorinformationen oder verarbeitete oder vorverarbeitete Informationen vom Basisschiff zum Kopplungskopf 8 und vom Kopplungskopf 8 zum Basisschiff übermittelt werden können. Insbesondere dann, wenn Teile der Kopplungseinrichtung 2 am Basisschiff angeordnet sind, ist es notwendig, Informationen zwischen dem Kopplungskopf 8 und dem Basisschiff zu übertragen. Die Signalleitung 34

ist bevorzugt eine Glasfaser bzw. Glasfaserleitung bzw. weist wenigstens eine Glasfaser auf.

[0064] Das Kabel 10 ist abtrennbar mit dem Kopplungskopf 8 verbunden. Insbesondere zu Wartungszwecken kann der Kopplungskopf 8 an Bord des Basisschiffs vom wasserseitigen Ende des Kabels 10 abgenommen werden. Auch kann es sinnvoll sein, den Kopplungskopf vom Kabel 10 abzunehmen, um das Kabel 10 für andere Zwecke einzusetzen und hierfür ggf. mit einem anderen Endstück zu versehen.

[0065] Die Rendezvouseinrichtung 16 weist im Unterwasserfahrzeug 4 bzw. im Rendezvouskopf 18 ein Unterwassermodem 36 auf. Dieses Unterwassermodem 36 weist eine Empfangsvorrichtung 38 für die vom Kopplungskopf gesendeten Signale auf. Die o.g. Hydrophone 22 können Teil der Empfangsvorrichtung 38 sein. Die Rendezvouseinrichtung 16 weist ferner eine Rechenvorrichtung 40 auf, mittels der aus den über den Kommunikationskanal 20 empfangenen Signalen und/oder weiteren sensierten Signalen oder Daten die Richtung und/oder die Entfernung des Kopplungskopfes 8 relativ zum Rendezvouskopf 18 bzw. zum Unterwasserfahrzeug 4 berechnet wird. Ferner weist die Rendezvouseinrichtung 16 eine Steuereinrichtung 42 auf, die in Abhängigkeit der Richtung und/oder Entfernung des Rendezvouskopfes 18 zum Kopplungskopf 8 sowie in Abhängigkeit der empfangenen oder berechneten Rendezvousposition 6 das Unterwasserfahrzeug 4 entlang dieser Anlauftrajektorie 24 zu dieser Rendezvousposition 6 steuert bzw. manövriert. Die Berechnung der Anlauftrajektorie 24 kann durch die Steuereinrichtung 42 oder auch durch die Rechenvorrichtung 40 vorgenommen werden. Sowohl die Rechenvorrichtung 40 als auch die Steuereinrichtung 42 können ausschließlich für das erfindungsgemäße Kopplungsverfahren vorgesehen sein oder Teil von Einrichtungen am Unterwasserfahrzeug 4 sein, die zusätzlich für weitere Rechenaufgaben bzw. Steueraufgaben des Unterwasserfahrzeugs 4 genutzt werden.

[0066] Die Rendezvouseinrichtung 16 weist ein als Kamerasystem 44 ausgebildetes bildgebendes System auf, das bspw. Teil des Rendezvouskopfes 18 ist. Dieses Kamerasystem 44 unterstützt im Präzisionsmodus im Nahbereich des Unterwasserfahrzeugs 4 relativ zum Kopplungskopf 8 bzw. in einer Entfernung des Unterwasserfahrzeugs 4 relativ zum Kopplungskopf 8 von weniger als 10 Meter, das exakte Manövrieren zur Rendezvousposition 6. Das Kamerasystem 44 weist wenigstens eine Kamera auf, die optische Abbilder des Kopplungskopfes 8 erfasst. Der Kopplungskopf 8 weist bevorzugt kontraststarke signifikante Muster auf, die optisch besonders gut mittels des Kamerasystems 44 erfasst und mittels der Rechenvorrichtung 40 bzw. der Steuereinrichtung 42 ausgewertet werden können. Insbesondere führt die Rechenvorrichtung 40 oder die Steuereinrichtung 42 eine Bildauswertung der mittels des Kamerasystems 44 erfassten Bilder des Kopplungskopfes 8 durch, anhand derer allein oder unterstützend die Lage des Unterwasserfahrzeugs 4 relativ zum Kopplungskopf 8 bestimmt wird.

[0067] Fig. 3 zeigt das Unterwasserfahrzeug 4 nach Erreichen der Rendezvousposition 6. An dieser Stelle des Kopplungsverfahrens hält der Kopplungskopf 8 seine Lage bzw. seine Position in Längs- und Querrichtung relativ zum Unterwasserfahrzeug 4, wohingegen der Abstand des Kopplungskopfes 8 zum Rendezvouskopf 18 verringert wird, indem der Kopplungskopf 8 sich aktiv in Richtung des Rendezvouskopfes 18 bewegt.

[0068] Das Kamerasystem 44 kontrolliert weiterhin die Position des Unterwasserfahrzeugs 4 relativ zum Kopplungskopf 8. Alternativ oder zusätzlich wird diese Position akustisch oder mittels elektromagnetischer Signale ermittelt. Auch die Kopplungseinrichtung 2 ermittelt separat oder zusammen, insbesondere durch Austausch von Signalen über den Kommunikationskanal 20, mit der Rendezvouseinrichtung 16 die Position des Unterwasserfahrzeugs 4 bzw. des Rendezvouskopfes 18 relativ zum Kopplungskopf 8. Das Unterwasserfahrzeug 4 kann in der Rendezvousposition 6 entweder antriebslos stillstehen oder sich auch angetrieben, insbesondere gleichförmig in einer Vorwärtsrichtung, bewegen, um vorteilhaft aktiv manövrieren und bspw. einem Abtreiben durch Strömungen entgegenwirken zu können. Der Kopplungskopf 8 folgt nach Erreichen der Rendezvousposition 6 durch das Unterwasserfahrzeug 4 der Längsposition und der Querposition des Unterwasserfahrzeugs 4, wobei der Kopplungskopf 8 seinen Höhenabstand zum Rendezvouskopf 18 verringert und sich somit langsam aktiv zum Ankoppeln des Kopplungskopfes 8 an den Rendezvouskopf 18 auf diesen Rendezvouskopf 18 absenkt. Dabei gleicht der Kopplungskopf 8 mittels seiner Antriebe 14 insbesondere einem evtl. vorhandenen und erkannten Querversatz des Kopplungskopfes 8 relativ zum Unterwasserfahrzeug 4 bezogen auf die Fahrtrichtung des Unterwasserfahrzeugs 4 aus. Während das Unterwasserfahrzeug 4 ein Abtreiben in Längsrichtung nämlich noch mittels seiner eigenen Antriebe entgegenwirken kann, ist eine Steuerbarkeit des Unterwasserfahrzeugs 4 in einer Querrichtung relativ zu seiner Hauptbewegungsrichtung vergleichsweise eingeschränkt. Insbesondere der erkannte Querversatz wird daher aktiv durch den Kopplungskopf 8 ausgeglichen.

[0069] Fig. 4 zeigt den Kopplungskopf 8, angekoppelt an den Rendezvouskopf 18. Die Kopplung ist dabei mittels eines zweiteiligen Koppelmechanismus 46 hergestellt, von dem der erste Teil am Kopplungskopf 8 und der zweite Teil am Rendezvouskopf 18 angeordnet ist. Das Koppeln mittels des Koppelmechanismus 46 erfolgt dabei automatisch, vorzugsweise rein mechanisch, wenn der Kopplungskopf 8 ausgehend von seiner in Fig. 3 dargestellten Position seine in Fig. 4 dargestellte Position relativ zum Rendezvouskopf 18 erreicht. Insbesondere weist der Koppelmechanismus 46 einen Schnappverschluss auf, wobei bspw. ein beweglicher Schnappbügel des Schnappverschlusses im ersten Teil des Koppelmechanismus 46 einen daran angepassten zweiten Teil des Koppelmechanismus 46 hintergreift und dort einrastet und dadurch eine formschlüssige Verbindung des Kopplungskopfes 8 mit dem Rendezvouskopf 18 herstellt.

[0070] Der Koppelmechanismus 46 ist vorzugsweise derart ausgebildet, dass die Kopplung, insbesondere die formschlüssige Verbindung, zwischen dem Kopplungskopf 8 und dem Rendezvouskopf 18 lediglich mittels eines Löseme-

chanismus 48 wieder gelöst werden kann. Mittels des Lösemechanismus 48 kann bspw. eine beim Koppeln automatisch eingefangene Arretierung des Koppelmechanismus, insbesondere des Schnapphakens, wieder gelöst werden. Das Lösen der Arretierung erfolgt dabei bspw. elektromagnetisch oder elektromotorisch in Erwiderung auf Steuerbefehle bzw. elektrische Signale, die von der Kopplungseinrichtung 2 oder der Rendezvouseinrichtung 16 bereitgestellt werden.

[0071] Der Lösemechanismus 48 weist wie der Koppelmechanismus 46 einen am Kopplungskopf 8 angeordneten ersten Teil und einen am Rendezvouskopf 18 angeordneten zweiten Teil auf. Das, insbesondere elektrische, Lösen der Kopplung mittels des Lösemechanismus 48 erfolgt entweder am ersten Teil, am zweiten Teil oder an beiden Teilen des Lösemechanismus 48. Auch ein Teil des Koppelmechanismus 46, der bspw. lediglich eine Nut sein kann, in welche der o.g. Schnappverschluss einrastet, wird vorliegend zugleich als Teil des Lösemechanismus angesehen, auch wenn er nicht durch mechanische Bewegung aktiv zum Lösen beiträgt, sondern lediglich die Kopplung aufrecht erhält, bis der Lösemechanismus 48 bspw. die formschlüssige Verbindung aufhebt.

[0072] Der Kopplungskopf 8 weist eine Energieübertragungsschnittstelle 50 und eine Datenübertragungsschnittstelle 52 auf. Die Energieübertragungsschnittstelle 50 stellt automatisch eine elektrische Verbindung zwischen dem Kopplungskopf 8 und dem Rendezvouskopf 18 und somit zwischen der Kopplungseinrichtung 2 und der Rendezvouseinrichtung 16 bzw. dem Unterwasserfahrzeug 4 her, wenn der Kopplungskopf 8 und der Rendezvouskopf 18 aneinander gekoppelt werden. Daher kann mittels der Erfindung das unterhalb der Wasseroberfläche befindliche Unterwasserfahrzeug 4 vom Basisschiff über das Kabel 10, über den Kopplungskopf 8 mit der Energieübertragungsschnittstelle 50 und über den Rendezvouskopf 18 mit elektrischer Energie versorgt werden, so dass bspw. Batterien des Unterwasserfahrzeugs 4 aufgeladen werden können. Darüber hinaus ist es möglich, Antriebe des Unterwasserfahrzeugs 4 direkt über das Kabel 10 mit elektrischer Energie zu versorgen, um bspw. das Unterwasserfahrzeug 4 unterhalb der Wasseroberfläche im Falle einer Schlechtwetterlage, die ein Bergen nicht erlaubt, in einer Parkposition weiter gesteuert führen zu können, auch wenn Batterien des Unterwasserfahrzeugs 4 erschöpft sind.

[0073] Die Datenübertragungsschnittstelle 52 stellt in analoger Weise eine Signalverbindung bzw. Datenverbindung zwischen dem Kopplungskopf 8 und dem Rendezvouskopf 18 her, wenn dieser Kopplungskopf 8 und der Rendezvouskopf 18 aneinander koppeln. Auf diese Weise kann das Unterwasserfahrzeug 4 nicht nur mit elektrischer Energie, sondern auch mit neuen Missionsdaten für eine bevorstehende Mission versorgt werden, ohne hierfür aus dem Wasser gehoben zu werden. Umgekehrt werden in einem Speicher des Unterwasserfahrzeugs 4 abgelegte Messdaten ausgelesen und über die Datenübertragungsschnittstelle 52 und das Kabel 10 an das Basisschiff übermittelt. Das Unterwasserfahrzeug 4 kann folglich zwischen zwei Einsätzen im Wasser verbleiben. Wenn die Kopplung zwischen dem Kopplungskopf 8 und der im Rendezvouskopf 18, insbesondere mittels des Lösemechanismus 48, wieder gelöst wird, trennen auch die Energieübertragungsschnittstelle 50 und die Datenübertragungsschnittstelle 52 automatisch ihre jeweilige Verbindung zum Rendezvouskopf 18.

[0074] Das dem Kopplungskopf 8 gegenüberliegende Ende des Kabels 10 kann alternativ auch an einer festen Station, an einem Unterseeboot oder an einem Hubschrauber befestigt sein. Die feste Station kann ganz oder teilweise unterhalb der Wasseroberfläche angeordnet sein. Bspw. ist in einem nicht gezeigten Ausführungsbeispiel eine Garage am Fundament einer im Wasser installierten Windkraftanlage vorgesehen, in die das Unterwasserfahrzeug 4 mittels des Kabels 10 gezogen wird. Dort werden Messdaten eines vorherigen Einsatzes ausgelesen und ggf. neue Missionsdaten an das Unterwasserfahrzeug übermittelt. Nachfolgend verlässt das Unterwasserfahrzeug entweder nach Abkopplung vom Kopplungskopf oder zunächst zusammen mit dem Kopplungskopf die Garage, um zu einer neuen Mission aufzubrechen. Falls das Unterwasserfahrzeug die Garage zusammen mit dem Kopplungskopf 8 verlassen hat, koppelt dieser Kopplungskopf 8 außerhalb der Garage vom Rendezvouskopf 18 ab und wird vorteilhafterweise mittels des Kabels 10 wieder in die Garage gezogen, bis eine Rückkehr des Unterwasserfahrzeugs 4 erwartet wird.

[0075] Das Unterwasserfahrzeug 4 untersucht nachfolgend autonom bspw. die Fundamente von Windkraftanlagen eines Windparks mittels verschiedener Sensoren. In einer Weiterbildung kann das Unterwasserfahrzeug 4 ferner Mittel aufweisen, mittels denen es aktiv Arbeiten an Objekten unterhalb der Wasseroberfläche verrichtet, insbesondere Reparaturen durchführt.

[0076] Insbesondere dann, wenn das Unterwasserfahrzeug 4 mittels des Kabels 10 geborgen werden soll, ist dieses Kabel 10 zur Beanspruchung auf Zugbelastung ausgebildet, so dass das Unterwasserfahrzeugs 4 auch oberhalb der Wasseroberfläche am Kabel 10 getragen und bspw. an Deck des o.g. Basisschiffs oder zu dem o.g. Hubschrauber aufwärts gezogen werden kann.

[0077] Fig. 5 zeigt eine Kopplungseinrichtung 2' mit einem Kopplungskopf 8' gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dieses Ausführungsbeispiel veranschaulicht, dass der Kopplungskopf 8 bzw. 8' im Rahmen der Erfindung auf vielfältige Weise ausgebildet sein kann. Der Kopplungskopf 8' weist einen kreuzartigen Abschnitt mit an seinen Enden montierten Antrieben 14' auf. Für den Kopplungsvorgang wird dieses Kreuz mittels der Antriebe 14' waagerecht im Wasser ausgerichtet. Im Falle des waagerecht im Wasser ausgerichteten Kreuzes des Kopplungskopfes 8 weist ein Abschnitt des Kopplungskopfes 8' mit einem ersten Teil eines Koppelmechanismus 46', einem ersten Teil eines Lösemechanismus 48', der Energieübertragungsschnittstelle 50 und der Datenübertragungsschnittstelle 52 in vertikaler Richtung von der Mitte des Kreuzes nach unten. In entgegengesetzter vertikaler Richtung ist das Kabel 10 lösbar

am Kopplungskopf 8' montiert.

[0078] Die Antriebe 14' sind um Drehachsen verschwenkbar, deren gedachte Verlängerungen durch längs im Arm des Kreuzes des Kopplungskopfes 8' verlaufen, an dem der jeweilige Antrieb 14' befestigt ist. Durch Steuerung der Geschwindigkeiten, mit denen Propeller 54 der Antriebe 14' drehen und durch geeignetes Verschwenken der Antriebe 14' um die genannten Drehachsen kann sich der Kopplungskopf 8' selbsttätig in jeder beliebigen Lage oder Position und Orientierung im Wasser positionieren. Auch Seitwärtsbewegungen bei horizontal ausgerichtetem Kreuz des Kopplungskopfes 8 sind auf diese Weise einfach möglich.

[0079] Alternativ können jedoch auch einzelne oder alle Antriebe 14' starr am Kreuz des Kopplungskopfes 8' befestigt sein. Seitwärtsbewegungen des Kopplungskopfes 8 im Wasser sind auf diese Weise möglich, wenn der Kopplungskopf 8' durch geeignete Geschwindigkeitsansteuerung der Propeller 54 zeitweilig gekippt und das Kreuz des Kopplungskopfes 8' somit zeitweilig aus der Horizontalen gekippt wird.

[0080] Selbstverständlich sind vielfältige weitere Ausgestaltungen des Kopplungskopfes 8' mit unterschiedlicher Anzahl und unterschiedlich angeordneten Antrieben im Rahmen der Erfindung möglich.

[0081] Fig. 6 zeigt ein erfindungsgemäßes Einsatzverfahren 56 des autonomen Unterwasserfahrzeugs 4 gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dieses Einsatzverfahren 56 beinhaltet ein erfindungsgemäßes Kopplungsverfahren 58 zum Aneinanderkoppeln des Kopplungskopfes 8 mit dem Rendezvouskopf 18 gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Sowohl der Kopplungskopf 8 als auch der Rendezvouskopf 18 befinden sich während des Aneinanderkoppelns im Wasser unterhalb der Wasseroberfläche.

[0082] Insbesondere ist der Rendezvouskopf 18 als Teil der Rendezvouseinrichtung 16 am Unterwasserfahrzeug 4 angeordnet, das vorzugsweise mittels der den Kopplungskopf 8 aufweisenden Kopplungseinrichtung 2 ins Wasser verbracht wird und dort gemäß einem Schritt 60 eine Mission durchführt. Während dieser Mission fährt das Unterwasserfahrzeug 4 bspw. einen zuvor programmierten Kurs autonom ab und führt dabei Messungen durch, solange ein Missionsende nicht erreicht ist. Das Missionsende kann zeitlich, bspw. in Abhängigkeit einer Kapazität von Energiespeichereinrichtungen im Unterwasserfahrzeug 4, festgelegt und in einem Speicher der Rendezvouseinrichtung 16 gespeichert sein oder während der Mission ermittelt werden. Wenn eine Abfrage 62 ergibt, dass das Missionsende erreicht ist, berechnet die Rendezvouseinrichtung 16 in einem Schritt 64 die Anlauftrajektorie 24 von der aktuellen Position des Unterwasserfahrzeugs 4 zur Rendezvousposition 6. Die Rendezvousposition 6 wird in diesem Fall aus einem Speicher der Rendezvouseinrichtung 16 ausgelesen oder ermittelt, falls hierfür bereits Sensorinformationen an der Rendezvouseinrichtung zur Verfügung stehen. Die aktuelle Position des Unterwasserfahrzeugs 4 wird hingegen mittels verschiedener Sensoren selbst ermittelt.

[0083] Ferner wird nach dem Missionsende, entweder automatisch oder manuell veranlasst, in einem Schritt 66 der Kopplungskopf 8 mittels des Kabels 10 im Bereich dieser Rendezvousposition 6 in eine Tiefe zwischen 10 und 20 Meter unterhalb der Wasseroberfläche in das Wasser abgelassen bzw. abgesenkt. Insbesondere nimmt der Kopplungskopf 8 eine Position oberhalb der Rendezvousposition ein - oder eine Position auf gleicher Höhe mit der Rendezvousposition ein, wenn der Kopplungskopf 8 im wesentlichen auf gleicher Höhe mit dem Rendezvouskopf 18 gekoppelt wird - und hält nachfolgend diese Position bzw. hält seine Position, in die er abgelassen wurde und definiert dadurch die Rendezvousposition 6. Bspw. befindet sich die Rendezvousposition in vertikaler Richtung genau 1 Meter unterhalb des Rendezvouskopfes 18 - oder alternativ auf gleicher Höhe falls die Kopplung im wesentlichen horizontal erfolgt. Absolute Koordinaten dieser Rendezvousposition können sich verändern, wenn nämlich der Kopplungskopf 8 gleichförmig im Wasser bewegt wird, weil sich bspw. auch das Basisschiff, an welchem das Kabel 10 befestigt ist im Wasser bewegt. Die Lage des Kopplungskopfes 8 im Wasser bleibt dabei jedoch immer stabilisiert. Insbesondere stabilisiert die Kopplungseinrichtung 2 den Kopplungskopf 8 selbsttätig im Wasser, wobei der Kopplungskopf 8 sich nicht dreht, nicht seitlich wegkippt, nicht unbeabsichtigt seitlich wegdriftet und vorzugsweise auch die Wassertiefe, in der er angeordnet ist, nicht ändert.

[0084] Hierzu erfassen Sensoren die aktuelle Lage des Kopplungskopfes 8 und/oder geringfügige Lageänderungen des Kopplungskopfes 8. Aus der erfassten Lage bzw. aus den erfassten Lageänderungen werden nachfolgend Steuerdaten berechnet, welche die Antriebe 14 des Kopplungskopfes 8 derart ansteuern, dass diese Antriebe 14 einer Lageänderung des Kopplungskopfes 8 entgegenwirken. Dadurch erfährt der Kopplungskopf 8 allenfalls geringfügige Lageänderungen, die jedoch nach ihrem Erkennen sofort kompensiert werden, so dass der Kopplungskopf 8 in seiner Lage stabilisiert bleibt. Somit wird in einem Schritt 68 abgefragt, ob die aktuelle Lage des Kopplungskopfes 8 einer gewünschten Lage entspricht bzw. ob die aktuelle Lage des Kopplungskopfes 8 oberhalb - oder auf gleicher Höhe mit - der als Rendezvousposition 6 gewünschten Position liegt. Im Falle einer Lageabweichung wird gemäß einem Schritt 70 eine Lagekorrektur durchgeführt, so dass die Lage des Kopplungskopfes 8 im Wasser stabilisiert bleibt.

[0085] Zwischen dem Kopplungskopf 8 und dem Rendezvouskopf 18 findet ein Signalaustausch über den Kommunikationskanal 20 statt. Insbesondere sendet die Rendezvouseinrichtung 16 in einem Schritt 72 akustische Signale, die in einem parallel von der Kopplungseinrichtung 2 durchgeführten Schritt 74 empfangen werden. Umgekehrt werden in diesem Schritt 74 auch akustische Signale über den Kommunikationskanal 20 von der Kopplungseinrichtung 2 gesendet und im Schritt 72 von der Rendezvouseinrichtung 16 empfangen. Durch diesen Signalaustausch ermitteln die Kopp-

lungseinrichtung 2 und die Rendezvouseinrichtung 16 relative Positionen zueinander. Der Kopplungskopf 8 hält solange seine Lage im Wasser, bis das Unterwasserfahrzeug 4 die Rendezvousposition 6 erreicht hat. Es werden also in einer Abfrage 76 Positionen des Kopplungskopfes 8, die mittels der eigenen Sensorinformationen und aus den vom Kopplungskopf 8 empfangenen Signalen bestimmt sind, und Positionen des Rendezvouskopfes 18 zueinander abgefragt.

Anhand dieser Positionen wird ermittelt, ob das Unterwasserfahrzeug 4 die Rendezvousposition 6 bereits erreicht hat oder nicht. Bis zum Erreichen der Rendezvousposition 6 werden die Schritte 68, ggf. 70, 72 und 76 mittels der Rendezvouseinrichtung 16 wiederholt durchgeführt.

[0086] Das Unterwasserfahrzeug 4 nähert sich dabei gemäß einem Schritt 78 an die Rendezvousposition 6 an. Falls noch keine Signale vom Kopplungskopf 8 empfangen wurden, die Aufschluss über die durch die Lage des Kopplungskopfes 8 bestimmte tatsächliche Rendezvousposition 6 geben, steuert die Kopplungseinrichtung 2 das Unterwasserfahrzeug 4 zunächst in Richtung einer als Rendezvousposition in der Rendezvouseinrichtung 16 gespeicherten Position bzw. in Richtung einer vermuteten Position. Sobald jedoch durch den Signalaustausch über den Kommunikationskanal 20 genauere Informationen über die Rendezvousposition 6 bereitstehen, verwendet die Rendezvouseinrichtung 16 diese Informationen für die Berechnung der Anlauftrajektorie 24 im Schritt 64.

[0087] Ab einem Abstand von ca. 10 Meter zwischen dem Unterwasserfahrzeug 4 und dem Kopplungskopf 8 wechselt die Rendezvouseinrichtung 16 und ggf. auch die Kopplungseinrichtung 2 in einen Präzisionsmodus. In einem Schritt 80 wird deshalb abgefragt, ob ein Abstand von weniger als 10 Meter zwischen dem Unterwasserfahrzeug 4 und dem Kopplungskopf 8 erreicht ist. Solange ein größerer Abstand vorliegt werden die Schritte 64, 78, 74 und die Abfrage 80 wiederholt durchgeführt. Andernfalls wird in einer Abfrage 82 abgefragt, ob sich die Rendezvouseinrichtung 16 bereits im Präzisionsmodus befindet. Falls dies nicht der Fall ist, nämlich wenn dieser Abstand gerade erreicht ist, wird in einem Schritt 84 in den Präzisionsmodus gewechselt. Schließlich erfolgt nach der Abfrage 82 bzw. nach dem Schritt 84 noch eine Abfrage 86, analog zu der Abfrage 76, ob die Rendezvousposition erreicht ist. Solange die Rendezvousposition 6 nicht erreicht ist, werden die Schritte 86, 78, 74 und die Abfragen 80, 82 und 86 wiederholt ausgeführt, so dass ggf. immer wieder neue Anlauftrajektorien 24 berechnet werden und die Rendezvousposition 6 zielgenau erreicht wird.

Insbesondere wird das Unterwasserfahrzeug im Nahbereich relativ zur Rendezvousposition 6 bzw. relativ zum Kopplungskopf 8 im Präzisionsmodus unter Nutzung mehrerer, insbesondere aller, verfügbarer Sensorinformationen unter Berücksichtigung evtl. Strömung zur Rendezvousposition 6 manövriert.

[0088] Sobald gemäß den Abfragen 76 und 86 die Rendezvousposition erreicht ist, hält das Unterwasserfahrzeug 4 ggf. unter aktivem Einsatz seiner Antriebs- und Steuermittel seine absolute Position oder relative Position relativ zur Kopplungseinrichtung 2 bzw. zum Kopplungskopf 8 bzw. versucht diese Position zu halten. Dies erfolgt zumindest solange, bis gemäß einer Abfrage 90 festgestellt wird, dass der Kopplungskopf 8 und der Rendezvouskopf 18 einander gekoppelt sind, oder festgestellt wird, dass ein Ankoppeln ausgehend von der aktuellen Position nicht möglich ist, was zu einem Abbruch des Ankopplungsmanövers führt.

[0089] In einem Schritt 92 erfolgt ein Absenken bzw. eine vertikale und/oder horizontale Relativbewegung des Kopplungskopfes 8 zum Rendezvouskopf 18 solange, bis analog zur Abfrage 90 in einer Abfrage 94 festgestellt wird, dass der Kopplungskopf 8 und der Rendezvouskopf 18 aneinander gekoppelt sind. Während des Absenkens des Kopplungskopfes gemäß Schritt 92 korrigiert die Kopplungseinrichtung 2 ggf. die Lage des Kopplungskopfes 8, um einem evtl. seitlichen Auseinanderdriften des Kopplungskopfes 8 und des Rendezvouskopfes 18 relativ zueinander entgegen zu wirken. Die Positionskorrekturmittel 30 der Kopplungseinrichtung 2 sorgen somit dafür, dass der Kopplungskopf 8 während des Absenkens immer im Wesentlichen senkrecht über den Rendezvouskopf 18 angeordnet ist, so dass der in der Beschreibung zu Fig. 4 beschriebene erste und zweite Teil des Koppelmechanismus 46 zielgenau aufeinander zubewegt werden und schließlich zur Kopplung miteinander verrasten.

[0090] Zusammen mit der mechanischen Kopplung wird auch eine elektrische Verbindung und eine signalübertragende Verbindung zwischen dem Kopplungskopf und dem Rendezvouskopf 18 und somit zwischen dem Unterwasserfahrzeug 4 und einer mit dem Kabel 10 verbundenen Energieversorgungseinrichtung sowie mit dem Kabel 10 signalübertragend verbundenen Einrichtungen hergestellt, an die das Unterwasserfahrzeug 4 seine während der Mission im Schritt 60 gesammelten Daten überträgt und von der es neue Missionsdaten empfängt. Zusammenfassend erfolgt somit in einem Schritt 96 ein Versorgen des Unterwasserfahrzeugs 4.

[0091] Alternativ oder zusätzlich kann das Unterwasserfahrzeug 4 auch mittels des Kabels 10 aus dem Wasser gehoben und somit geborgen werden. Das Kabel 10 ist daher zur Beanspruchung auf Zugkräfte ausgebildet und weist Stahl und/oder Aramidfasern, bspw. Kevlar, in einer Stärke auf, die diesen Zugkräften standhält. In einer besonderen Variante zum Bergen des Unterwasserfahrzeugs 4, wird das Kabel 10 in einem sog. Moonpool eines Schiffes in das Wasser geführt und das Unterwasserfahrzeug 4 mittels des Kabels 10 durch den Moonpool aus dem Wasser an Bord des Schiffes gehoben. Vorteilhaft daran ist eine weitgehende Unabhängigkeit von Wettereinflüssen wie Seegang, Nebel oder Dunkelheit auf das Bergen durch den Moonpool. Auch das Bergen aus einem von einer Eisschicht bedeckten Gewässer ist auf diese Weise möglich. Für eine neue Mission wird das Unterwasserfahrzeug 4 wieder mittels des Kabels 10 oder nach Lösen der Kopplung zwischen dem Kopplungskopf 8 und der Rendezvouseinrichtung 16 an Bord des Basisschiffs auf andere Weise zu Wasser gelassen. Insbesondere dann, wenn das Unterwasserfahrzeug 4 im Schritt

96 lediglich versorgt und dabei unterhalb der Wasseroberfläche geblieben ist, wird zum Starten einer neuen Mission in einem Schritt 98 der Lösemechanismus 48 ausgelöst und dadurch der Rendezvouskopf 18 zusammen mit dem Unterwasserfahrzeug 4 vom Kopplungskopf 8 abgekoppelt. Das Unterwasserfahrzeug 4 führt nachfolgend gemäß Schritt 60 eine neue Mission durch.

[0092] Alle in der vorstehenden Beschreibung und in den Ansprüchen genannten Merkmale sind sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander einsetzbar. Die Offenbarung der Erfindung ist somit nicht auf die beschriebenen bzw. beanspruchten Merkmalskombinationen beschränkt. Vielmehr sind alle Merkmalskombinationen als offenbart zu betrachten.

Patentansprüche

1. Kopplungskopf, an den ein autonomes Unterwasserfahrzeug (4) mittels eines Rendezvouskopfes (18) ankoppelbar ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Kopplungskopf (8) Lagestabilisierungsmittel (12) zum Stabilisieren seiner Ausrichtung und Lage im Wasser unterhalb der Wasseroberfläche aufweist.
2. Kopplungskopf nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Lagestabilisierungsmittel (12) wenigstens einen steuerbaren Antrieb (14) zum aktiven Ausrichten und Positionieren des Kopplungskopfes (8) im Wasser aufweisen.
3. Kopplungskopf nach Anspruch 1 oder 2,
gekennzeichnet durch
 einen ersten Teil eines zweiteiligen Koppelmechanismus (46) zum kraftschlüssigen und/oder formschlüssigen Aneinanderkoppeln des den zweiten Teil aufweisenden Rendezvouskopfes (18) mit dem Kopplungskopf (8),
 weiter **gekennzeichnet durch**
 einen ersten Teil eines zweiteiligen Lösemechanismus (48) zum Abkoppeln des den zweiten Teil aufweisenden Rendezvouskopfes vom Kopplungskopf und
 weiter **gekennzeichnet durch**
 eine, insbesondere mittels des Koppelmechanismus (46), mit dem Rendezvouskopf abtrennbar verbindbare Energieübertragungsschnittstelle (50) und eine, insbesondere mittels des Koppelmechanismus (46), mit dem Rendezvouskopf (18) abtrennbar verbindbare Datenübertragungsschnittstelle (52).
4. Kopplungskopf nach einem der vorherigen Ansprüche,
gekennzeichnet durch
 eine, insbesondere akustische, optische oder elektromagnetische, Kommunikationseinrichtung zum Senden von Signalen, die als Positionierungshilfe, insbesondere zur Berechnung einer Anlauftrajektorie (24), zur geleiteten Annäherung des Rendezvouskopfes (18) an den Kopplungskopf (8) verwendbar sind, und
 weiter **gekennzeichnet durch**
 Positionserkennungsmittel (28), insbesondere Sensoren, vorzugsweise Kameras und/oder Lichtsensoren, zum Erkennen der relativen Lage oder Position des Rendezvouskopfes (18) relativ zum Kopplungskopf (8) und Positionskorrekturmittel zum Korrigieren der Lage oder Position des Kopplungskopfes (8) im Wasser relativ zu der erkannten relativen Lage oder Position des Rendezvouskopfes (18).
5. Kopplungseinrichtung mit einem Kopplungskopf (8) nach einem der vorherigen Ansprüche, aufweisend ein mit dem Kopplungskopf (8) mechanisch verbundenes oder abtrennbar verbindbares Kabel (10), wobei das Kabel (10) eine mit dem Kopplungskopf (8) elektrisch verbundene oder abtrennbar verbindbare elektrische Versorgungsleitung (32) zur Versorgung des Kopplungskopfes (8) mit elektrischer Energie und wenigstens eine mit dem Kopplungskopf (8) verbundene oder abtrennbar verbindbare Signal- oder Datenleitung (34) zur Übertragung von Signalen oder Daten zum und/oder vom Kopplungskopf (8) aufweist.
6. Rendezvouskopf für ein autonomes Unterwasserfahrzeug (4), der mit einem Kopplungskopf (8) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 und/oder mit dem Kopplungskopf (8) einer Kopplungseinrichtung (2) nach Anspruch 5 koppelbar oder gekoppelt ist, wobei der Rendezvouskopf (18) mit dem Unterwasserfahrzeug (4) verbunden oder verbindbar oder Teil des Unterwasserfahrzeugs (4) ist.

7. Rendezvouskopf nach Anspruch 6,
gekennzeichnet durch
einen zweiten Teil eines zweiteiligen Koppelmechanismus (46) zum kraftschlüssigen und/oder formschlüssigen Aneinanderkoppeln des Rendezvouskopfes (18) mit dem den ersten Teil aufweisenden Kopplungskopf (8) und
5 einen zweiten Teil eines zweiteiligen Lösemechanismus (48) zum Abkoppeln des Rendezvouskopfes (18) von dem den ersten Teil aufweisenden Kopplungskopf (8).
8. Rendezvouseinrichtung mit einem Rendezvouskopf (18) nach Anspruch 6 oder 7,
gekennzeichnet durch
10 ein Unterwassermodem (36) mit einer Empfangsvorrichtung (38) für vom Kopplungskopf (8) gesendete und als Positionierungshilfe verwendbare Signale oder Daten und mit einer Rechenvorrichtung (40) zum Berechnen der Richtung und/oder Entfernung des Rendezvouskopfes (16) zum Kopplungskopf (8) und/oder einer Rendezvousposition (6),
weiter **gekennzeichnet durch**
15 eine Steuereinrichtung (42), mittels der in Abhängigkeit der Richtung und/oder Entfernung des Rendezvouskopfes (18) zum Kopplungskopf (8) eine Anlauftrajektorie (24) zum Fahren des Unterwasserfahrzeugs (4) in Richtung der Rendezvousposition (18) berechenbar und das Unterwasserfahrzeug (4) entlang dieser Anlauftrajektorie (24) zu dieser Rendezvousposition (6) steuerbar ist, und
weiter **gekennzeichnet durch**
20 ein bildgebendes System, insbesondere Kamerasystem (44) und/oder Sonarsystem, zum Erfassen der Position des Kopplungskopfes (8) relativ zum Rendezvouskopf (18) im Nahbereich des Kopplungskopfes (8), insbesondere bei einem Abstand des Rendezvouskopfes (18) und/oder des Unterwasserfahrzeugs (4) zum Kopplungskopf (8) von weniger als 10 m, und zum Übermitteln der erfassten Position an die Steuereinrichtung (42).
- 25 9. Unterwasserfahrzeug mit einem Rendezvouskopf (18) nach Anspruch 6 oder 7 und/oder mit einer Rendezvouseinrichtung (16) nach Anspruch 8.
10. Kopplungssystem mit einem Kopplungskopf (8) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 und/oder einer Kopplungseinrichtung (2) nach Anspruch 5 sowie mit einem Rendezvouskopf (18) nach Anspruch 6 oder 7 und/oder einer Rendezvouseinrichtung (16) nach Anspruch 8 und/oder einem Unterwasserfahrzeug (4) nach Anspruch 9, wobei der
30 Kopplungskopf (8) und der Rendezvouskopf (18) aneinander reversibel koppelbar und/oder aneinander gekoppelt sind.
11. Kopplungsverfahren zum Aneinanderkoppeln eines Kopplungskopfes (8), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 4, oder des Kopplungskopfes (8) einer Kopplungseinrichtung (2), insbesondere nach Anspruch 5, mit einem
35 Rendezvouskopf (18), insbesondere nach Anspruch 6 oder 7, dem Rendezvouskopf (18) einer Rendezvouseinrichtung (16), insbesondere nach Anspruch 8, dem Rendezvouskopf (18) eines Unterwasserfahrzeugs (4), insbesondere nach Anspruch 9, und/oder zum Aneinanderkoppeln des Kopplungskopfes (8) mit dem Rendezvouskopf (18) eines Kopplungssystems (1), insbesondere nach Anspruch 10, wobei die Kopplungseinrichtung (16) den Kopplungskopf
40 im Wasser unterhalb der Wasseroberfläche in seiner Ausrichtung und Lage stabilisiert und an den Rendezvouskopf (18) ankopelt.
12. Kopplungsverfahren nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
45 wenigstens ein Antrieb (14) des Kopplungskopfes (8) gesteuert wird, wobei dieser Antrieb (14) den Kopplungskopf (8) im Wasser aktiv, insbesondere relativ zu einer festen oder gleichförmig bewegten Position, ausrichtet und positioniert.
13. Kopplungsverfahren nach Anspruch 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
50 der Kopplungskopf (8) zum Ankoppeln mittels eines Koppelmechanismus (46) kraftschlüssig und/oder formschlüssig mit dem Rendezvouskopf (18) gekoppelt wird und zum Abkoppeln mittels eines Lösemechanismus (48) vom Rendezvouskopf (18) abgekoppelt wird, eine Energieübertragungsschnittstelle (50) des Kopplungskopfes (8) und eine Datenübertragungsschnittstelle (52) des Kopplungskopfes (8) jeweils abtrennbar mit dem Rendezvouskopf (18)
55 verbunden werden und der Kopplungskopf (8) über eine elektrische Versorgungsleitung (32) eines dauerhaft oder abtrennbar mit dem Kopplungskopf (8) mechanisch verbundenen Kabels (10) mit elektrischer Energie versorgt wird und über eine Signal- oder Datenleitung (34) des Kabels (10) Signale oder Daten zum und/oder vom Kopplungskopf (8) übertragen werden.

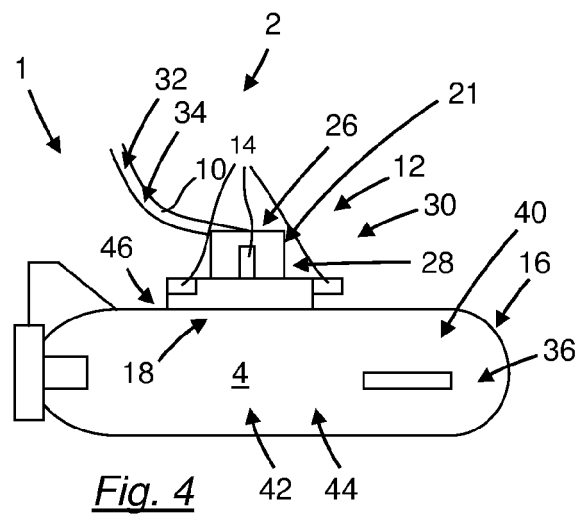
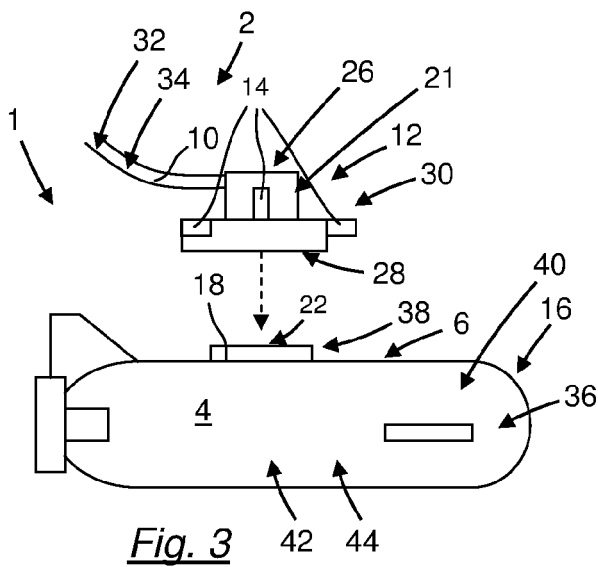
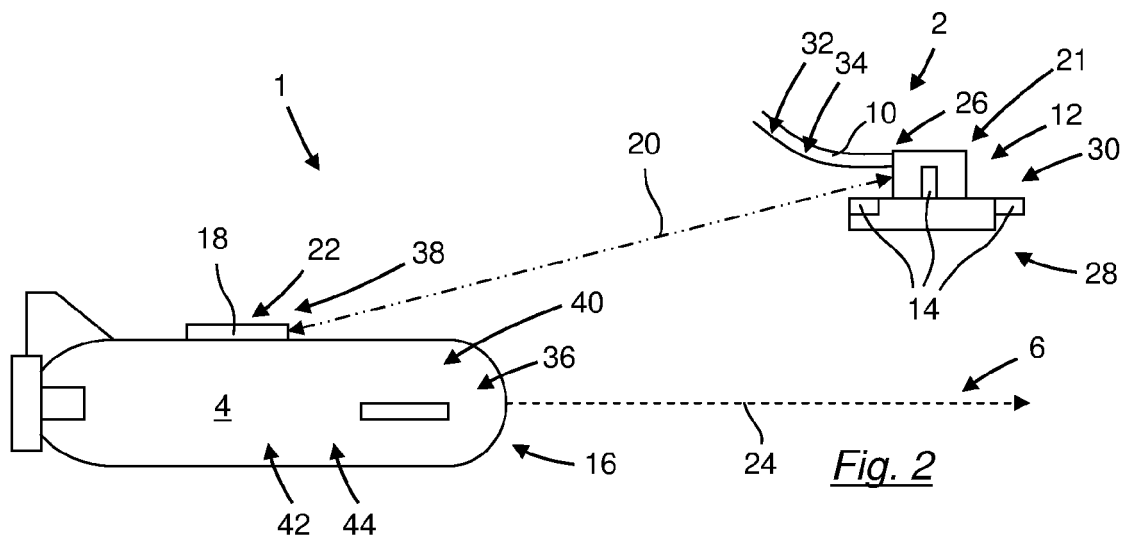
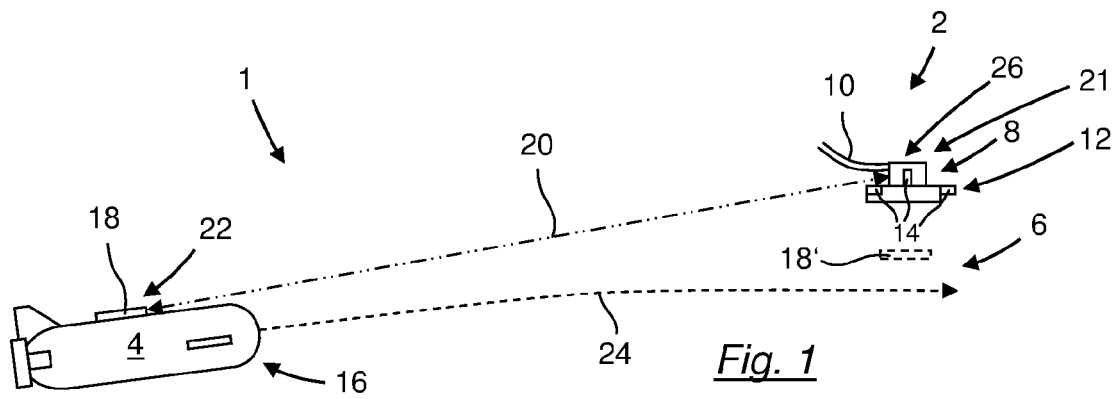
14. Kopplungsverfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Kopplungskopf (8) mittels einer Kommunikationseinrichtung des Kopplungskopfes mit der Rendezvouseinrichtung (16) kommuniziert, wobei der Kopplungskopf (8) Signale sendet, welche die Rendezvouseinrichtung (18) empfängt und als Positionierungshilfe zur Positionierung des Rendezvouskopfes (18) relativ zum Kopplungskopf (8) und/oder zur Berechnung einer Anlauftrajektorie (24) zum Fahren des Unterwasserfahrzeugs (4) in Richtung einer Rendezvousposition (6) verwendet, wobei der Rendezvouskopf (18) sich mittels des von diesen Signalen gesteuerten Unterwasserfahrzeugs (4) an die Rendezvousposition (6) annähert und der Kopplungskopf (8) mittels Positionserkennungsmitteln (28) des Kopplungskopfes (8) die Lage oder Position des Rendezvouskopfes (18) und/oder des Unterwasserfahrzeugs (4) relativ zum Kopplungskopf (8) sowie aus dieser Lage oder Position einen evtl. Querversatz des Rendezvouskopfes (18) relativ zur Anlauftrajektorie (24) erkennt und im Falle eines erkannten Querversatzes mittels Positionskorrekturmitteln (30), insbesondere mittels seines Antriebs (14), die Lage oder Position des Kopplungskopfes (8) im Wasser in Abhängigkeit einer erkannten Lage oder Position und/oder eines erkannten Querversatzes des Rendezvouskopfes (18) und/oder des Unterwasserfahrzeugs (4) korrigiert.

15. Einsatzverfahren (56) eines autonomen Unterwasserfahrzeugs (4), aufweisend ein Kopplungsverfahren (58) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei

- das Unterwasserfahrzeug (4) eine Mission durchführt,
- nachfolgend das Unterwasserfahrzeug (4) eine, insbesondere zuvor abgespeicherte, Rendezvousposition (6) anfährt, wobei der Kopplungskopf (8) eine feste, strömungstechnisch günstige Lage oder Position, insbesondere oberhalb der Rendezvousposition, hält und wobei der Kopplungskopf (8) und der Rendezvouskopf (18) relative Positionen und Orientierungen des Rendezvouskopfes (18) und/oder Unterwasserfahrzeugs (4) sowie des Kopplungskopfes (8) zueinander ermitteln und wobei aus den relativen Positionen und Orientierungen eine Anlauftrajektorie (24) zur Anfahrt des Unterwasserfahrzeugs (4) zu der Rendezvousposition (6) berechnet wird, wobei das Unterwasserfahrzeug (4) selbsttätig entlang der Anlauftrajektorie (24) zur Rendezvousposition (6) fährt, wobei bei Erreichen einer definierten Entfernung des Rendezvouskopfes (18) und/oder des Unterwasserfahrzeugs (4) relativ zur Rendezvousposition (6) in einen Präzisionsmodus gewechselt wird, in dem die Rendezvouseinrichtung (16) das Unterwasserfahrzeug (4) unter Berücksichtigung evtl. Strömung sowie unter Heranziehung verfügbarer Sensorinformationen in die Rendezvousposition (6) manövriert,
- nachfolgend das Unterwasserfahrzeug (4) seine Position hält und der Kopplungskopf (8) mittels seines Antriebs optisch und/oder akustisch geleitet derart zum Rendezvouskopf (18) manövriert, dass der Kopplungskopf (8) kraftschlüssig und/oder formschlüssig mechanisch mit dem Rendezvouskopf (18) aneinanderkoppelt,
- und zum Versorgen des Unterwasserfahrzeugs (4) eine elektrische Verbindung hergestellt wird, über die das Unterwasserfahrzeug (4) über den Kopplungskopf (8) mit elektrischer Energie versorgt wird und/oder eine Datenverbindung hergestellt wird, über die Messdaten vom Unterwasserfahrzeug (4) über den Kopplungskopf bereitgestellt werden und/oder Missionsdaten für eine neue Mission über den Kopplungskopf (8) an das Unterwasserfahrzeug (4) übermittelt werden,
- und/oder wobei das Unterwasserfahrzeugs (4) zu seiner Bergung mittels der Kopplungseinrichtung in eine Ruheposition gezogen und/oder gehoben wird.



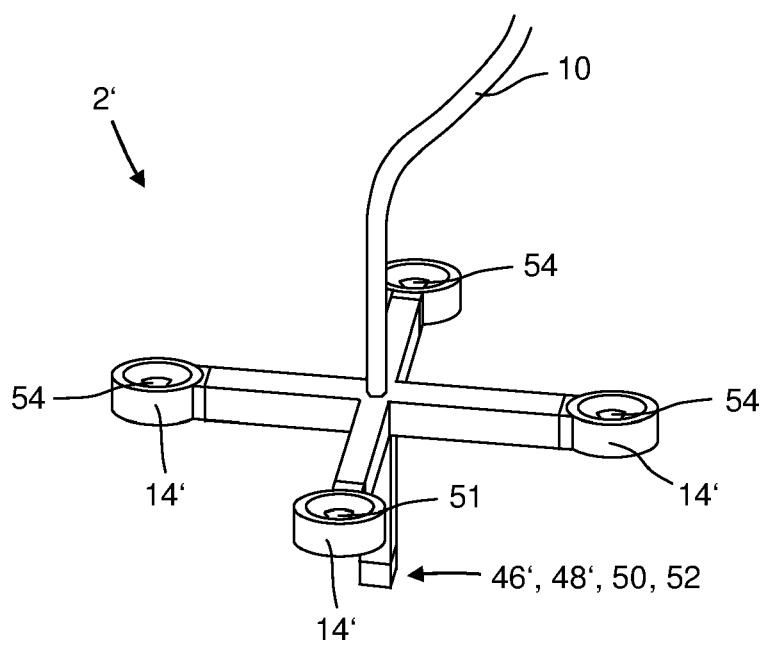


Fig. 5

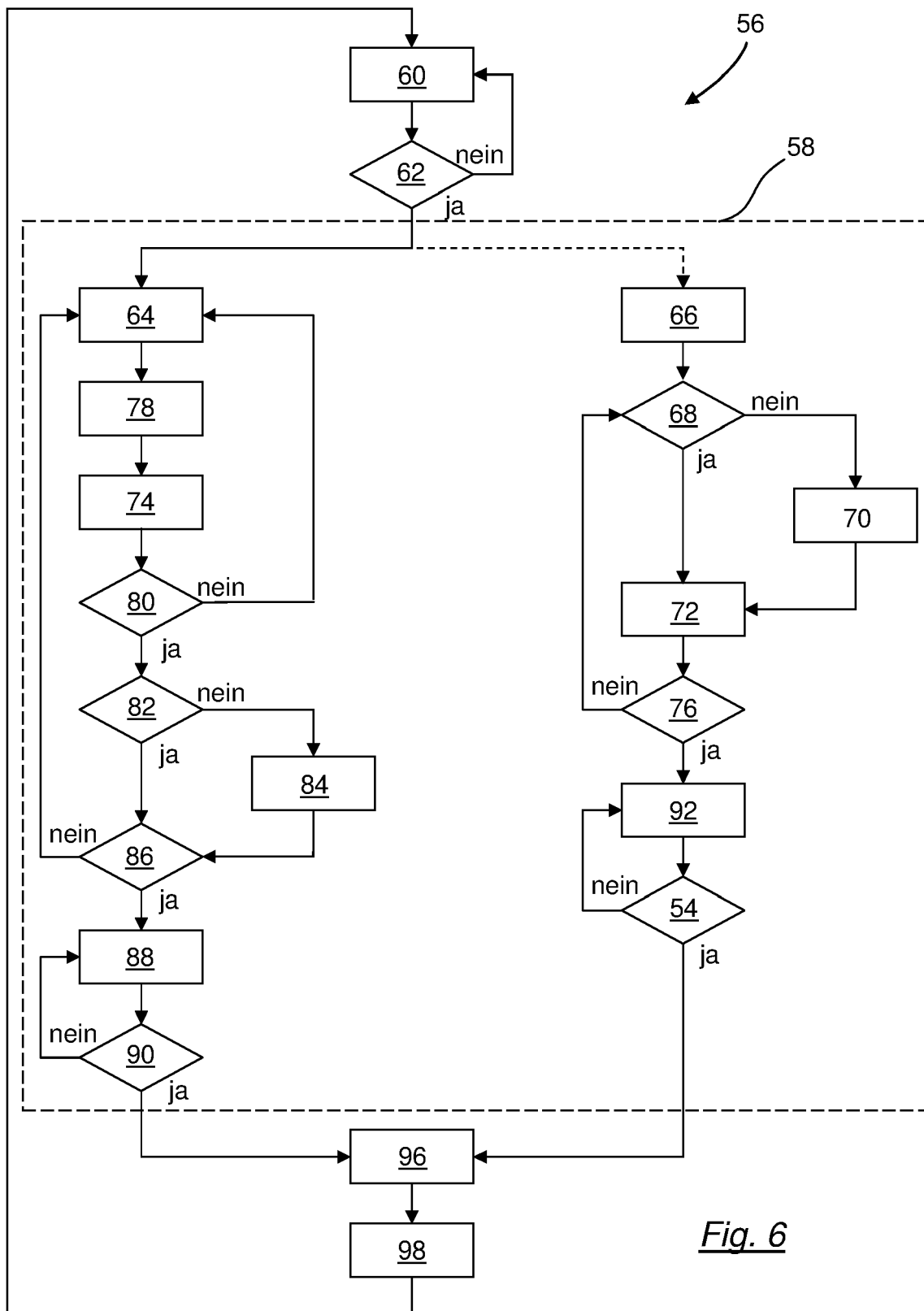


Fig. 6