

(19)



(11)

EP 2 857 308 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.04.2015 Patentblatt 2015/15

(51) Int Cl.:
B63H 25/38 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14187248.1**

(22) Anmeldetag: **01.10.2014**

(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: **Van Buren, Edwin**
2935 VC Ouderkerk aan de Issel (NL)

(74) Vertreter: **Schröder, Christoph et al**
Patentanwälte
Maikowski & Ninnemann
Postfach 15 09 20
10671 Berlin (DE)

(30) Priorität: **01.10.2013 DE 202013104463 U**

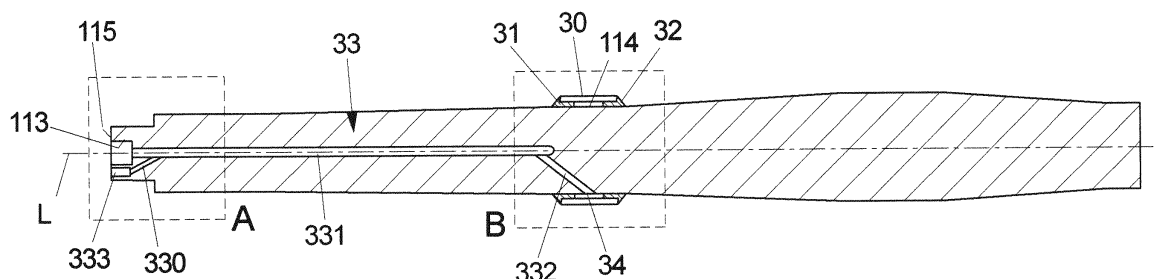
(71) Anmelder: **Damen Marine Technology Holding
B.V.**
2931 AD Krimpen aan de Lek (NL)

(54) **Ruder für Schiffe**

(57) Die Erfindung betrifft ein Ruder für Schiffe, mit einem entlang einer Längsachse erstreckten Ruderschaft, einem an dem Ruderschaft angeordneten Ruderblatt, einer an dem Ruderschaft oder dem Ruderblatt angeordneten Sensoreinrichtung und mindestens einer Leitung, die mit der Sensoreinrichtung zur elektrischen Versorgung der Sensoreinrichtung und/oder zum Über-

tragen von Sensorsignalen verbunden ist oder zum Leiten eines Fluids ausgebildet ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Ruderschaft eine Bohrung aufweist, die sich innerhalb des Ruderschafts erstreckt und in der die mindestens eine Leitung zumindest abschnittsweise verlegt ist.

FIG 2B



EP 2 857 308 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Ruder für Schiffe nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Ein derartiges Ruder umfasst einen entlang einer Längsachse erstreckten Ruderschaft, ein an dem Ruderschaft angeordnetes Ruderblatt und eine an dem Ruderschaft oder dem Ruderblatt angeordnete Sensoreinrichtung. Mindestens eine Leitung ist vorgesehen, die mit der Sensoreinrichtung verbunden ist, um die Sensoreinrichtung elektrisch zu versorgen oder Sensorsignale hin zu einer Auswerteeinheit zu übertragen, oder die ausgebildet ist, ein Fluid, beispielsweise Luft oder ein Hydrauliköl, zu leiten. Die mindestens eine Leitung kann somit als elektrische Leitung oder auch als Fluidleitung dienen.

[0003] Das Ruder eines Schiffes ist im Betrieb, also beim Manövrieren im Hafen oder bei Fahrt des Schiffes auf See, großen Belastungen ausgesetzt, die in Form von Ruderquerkräften, Ruderlängskräften sowie am Ruderschaft oder Ruderblatt wirkenden Momente das Ruderblatt, den Ruderschaft sowie Lager und Gelenke beanspruchen. Ein Ruder muss daher in regelmäßigen Abständen geprüft werden, um insbesondere die mechanische, strukturelle Integrität und Betriebsbereitschaft des Ruders zu gewährleisten.

[0004] Heutzutage werden solche Überprüfungen des Ruders in der Regel durchgeführt, während ein Schiff in einem Dock trocken liegt und das Ruder somit frei zugänglich ist. Möglich ist auch, Unter-Wasser-Überprüfungen (so genannte IW-Kontrollen) durch Taucher bei sich im Wasser befindlichen Schiffen durchzuführen, wobei hierbei in der Regel nur eine äußerliche Inspektion der Ruderanlage möglich ist.

[0005] Bei einem aus der DE 20 2005 019 626 U1 bekannten Ruder ist eine Vorrichtung zum Kontrollieren und Messen eines Halslagerspiels zwischen einem Außenlager und dem Ruderschaft eines Ruders vorgesehen, die eine Unter-Wasser-Prüfung des Halslagerspiels durch einen Taucher ermöglicht. Hierzu ist eine Messschiene vorgesehen, die mit einer Messsonde in einen Spalt zwischen Außenlager und Innenlager von Ruderschaft und Ruderhake eingeführt wird, um auf diese Weise eine spielbreite Messung durchzuführen.

[0006] Am Ruderblatt und/oder am Ruderschaft wirkende Kräfte und Momente können zudem gegebenenfalls als Steuergröße für ein Assistenzsystem zur Steuerung eines Schiffes als Eingangsgrößen herangezogen werden, was jedoch erforderlich macht, Kräfte und Momente am Ruderschaft und/oder am Ruderblatt zu messen.

[0007] Ein Verfahren und eine Einrichtung für ein Assistenzsystem zur Manöverprädiktion von Schiffen ist beispielsweise aus der DE 101 64 701 A1 bekannt. Ein derartiges Assistenzsystem dient zur Manöverprädiktion unter Berücksichtigung aktueller Manöviereigenschaften eines Schiffes und der Umgebung unter Berücksichtigung von (externen) Störungen zur Unterstützung des Manövrierens und soll eine Entscheidungshilfe für die Besatzung zur Steuerung des Schiffes dienen.

[0008] Aus der WO 2012/098150 A1 ist eine Ruderüberwachungsvorrichtung mit mindestens einem an einem Ruderblatt oder Ruderschaft angeordneten Sensor zur Aufnahme eines Messsignals am Ruderschaft oder Ruderblatt und mindestens einer am Ruderblatt angeordneten, mit dem mindestens einen Sensor verbundenen Recheneinheit zur Auswertung und/oder Übertragung eines von dem mindestens einen Sensor aufgenommenen Messsignals bekannt. Die Ruderüberwachungsvorrichtung der WO 2012/098150 A1 dient zur Überwachung des Ruders hinsichtlich seiner mechanischen, strukturellen Integrität und Betriebsbereitschaft. Mit der in der WO 2012/098150 A1 beschriebenen Einrichtung kann ein Ruder im Betrieb ständig überwacht werden, um bei Auftreten von Fehlfunktionen am Ruder unverzüglich eine Rückmeldung zu erhalten.

[0009] Es besteht ein Bedürfnis nach Rudern, die ein Anbringen von Sensorelementen einer Sensoreinrichtung an einem Ruderschaft oder einem Ruderblatt in geschützter Weise ermöglichen. Insbesondere ist bei der Anordnung von Sensorelementen an einem Ruderschaft oder einem Ruderblatt dafür Sorge zu tragen, dass bei der Herstellung des Ruders durch einen Ruderhersteller und bei der Auslieferung des Ruders an einen Schiffbauer, bei der Montage des Ruders an einem Schiff und auch im Betrieb des Schiffes die Gefahr einer Beschädigung von Sensorelementen gering ist. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass Ruderschaften für große Schiffe in der Regel aus Schmiedestahl hergestellt sind und eine beträchtliche Länge (beispielsweise 10 m) und einen beträchtlichen Durchmesser (beispielsweise 1 m) und dementsprechend ein erhebliches Gewicht aufweisen. Gleiches gilt für das Ruderblatt, dass bei großen Schiffen beispielsweise eine Fläche von 100 m² aufweisen kann. Die Herstellung, Auslieferung und Montage eines Ruders ist demzufolge aufwändig. Kommt es beispielsweise bei der Montage des Ruders zu einer Beschädigung von Sensorelementen an dem Ruderschaft oder dem Ruderblatt und wird eine Demontage des Ruders erforderlich, kann dies zu erheblichen Kosten führen.

[0010] Aufgabe der vorliegenden ist es, ein Ruder für Schiffe bereitzustellen, das eine Anordnung von Sensorelementen an einem Ruderblatt oder einem Ruderschaft und eine Verlegung von den Sensorelementen zugeordneten Leitungen an einem Ruderschaft in geschützter Weise ermöglicht.

[0011] Diese Aufgabe wird durch einen Gegenstand mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0012] Demnach weist der Ruderschaft eine Bohrung auf, die sich innerhalb des Ruderschafts erstreckt und in der die mindestens eine Leitung zumindest abschnittsweise verlegt ist.

[0013] Die vorliegende Erfindung geht von dem Gedanken aus, eine Leitung zur elektrischen Versorgung von Sen-

sorelementen einer Sensoreinrichtung an dem Ruderschaft oder dem Ruderblatt, zum Übertragen von Sensorsignalen oder zur Fluidleitung zumindest abschnittsweise durch eine Bohrung innerhalb des Ruderschafts zu verlegen. Die Bohrung kann sich hierbei vorzugsweise entlang der Längsachse im Ruderschaft erstrecken, vorzugsweise entlang der Rotationssymmetrieachse des im Wesentlichen zylindrisch ausgebildeten Ruderschafts, so dass die Bohrung zur Aufnahme von einer oder mehreren Leitungen sich zentral innerhalb des Ruderschafts erstreckt.

[0014] Die Bohrung kann hierbei beispielsweise ausgehen von einem Ende des Ruderschafts, an dem der Ruderschaft mit einer Rudermaschine verbunden ist, und kann sich ausgehend von diesem Ende hin zu der Sensoreinrichtung erstrecken, so dass die Leitung ausgehend von dem der Rudermaschine zugeordneten Ende des Ruderschafts sich innerhalb des Ruderschafts hin zu der Sensoreinrichtung am Ruderschaft oder am Ruderblatt erstreckt.

[0015] Im Sinne der vorliegenden Erfindung werden eine oder mehrere Leitungen zur elektrischen Anbindung von einem oder mehreren Sensorelementen einer Sensoreinrichtung oder zur Leitung eines Fluids, beispielsweise von Luft oder eines Hydrauliköls, innerhalb des Ruderschafts verlegt. Die Leitungen verlaufen innerhalb des Ruderschafts und sind somit nach außen hin geschützt, so dass insbesondere bei der Auslieferung und Montage des Ruderschafts zusammen mit dem daran angeordneten Ruderblatt sowie auch im späteren Betrieb des Schiffes die Gefahr einer Beschädigung der Leitungen gering ist. Insbesondere sind die Leitungen bei Auslieferung und Montage des Ruders sowie auch im Betrieb des Schiffes keinen externen Kräften, die auf das Ruder wirken, ausgesetzt, so dass die an einem Ruder wirkenden Kräfte nicht zu einer Beschädigung der Leitungen führen können.

[0016] Der Ruderschaft besteht vorzugsweise aus Stahl, beispielsweise Schmiedestahl. Die Bohrung ist in den Ruderschaft, vorzugsweise zentral entlang der Längsachse, eingebracht und geht von dem der Rudermaschine zugewandten Ende des Ruderschafts aus. Die Bohrung erstreckt sich hierbei, wenn die Sensoreinrichtung an dem Ruderschaft angeordnet ist, beispielsweise so weit in den Ruderschaft hinein, dass die Leitungen hin zur Sensoreinrichtung innerhalb des Ruderschafts verlegt werden können.

[0017] Der Ruderschaft oder das Ruderblatt weist in einer bevorzugten Ausgestaltung eine Sensoraufnahmeeinrichtung auf, die ein an den Ruderschaft oder das Ruderblatt angesetztes, einen Innenraum einschließendes Abdeckelement aufweist. In dem Innenraum innerhalb der Sensoraufnahmeeinrichtung, der durch das beispielsweise aus Stahl ausgebildete Abdeckelement nach außen hin geschützt ist, können in vorteilhafter Weise ein oder mehrere Sensorelemente der Sensoreinrichtung angeordnet sein, so dass die Sensorelemente innerhalb der Sensoraufnahmeeinrichtung eingefasst und somit gegen Krafteinwirkung von außen geschützt sind.

[0018] Um hierbei eine vorteilhafte Isolierung und einen Schutz vor Feuchtigkeit zu erreichen, kann der Innenraum zusätzlich mit einer Füllmasse, beispielsweise einem geeigneten Gel, befüllt sein, das elektrisch isolierende Eigenschaften aufweist und zudem einen Schutz der Sensorelemente vor gegebenenfalls in die Sensoraufnahmeeinrichtung eindringender Feuchtigkeit bereitstellt.

[0019] Das Abdeckelement kann beispielsweise als ein den Ruderschaft umgreifender, zum Beispiel aus Stahl hergestellter Rohrabschnitt ausgebildet sein. Der Rohrabschnitt erstreckt sich ringförmig um den Ruderschaft herum und ist radial zu einer umfänglichen Mantelfläche des Ruderschafts beabstandet, so dass zwischen der Mantelfläche und dem Rohrabschnitt der Innenraum gebildet wird, in dem Sensorelemente der Sensoreinrichtung angeordnet werden können.

[0020] Das Abdeckelement kann beispielsweise über zwei axial entlang der Längsachse zueinander beabstandete Abstandsringe an der umfänglichen Mantelfläche des Ruderschafts festgelegt sein, wobei zur Abdichtung des Innenraums an den Abstandsringen jeweils Dichtelemente in Form von Dichtringen angeordnet sein können, die den Übergang zwischen den Abstandsringen und dem Abdeckelement feuchtigkeitsdicht abdichten. Ebenso können ein oder mehrere Dichtelemente in Form von Dichtringen zwischen den Abstandsringen und der Mantelfläche des Ruderschafts angeordnet sein, um auch den Übergang zwischen den Abstandsringen und der Mantelfläche feuchtigkeitsdicht abzuschließen.

[0021] Die Abstandsringe können beispielsweise mit dem Ruderschaft verschraubt oder verklemmt sein. Ebenso kann der Rohrabschnitt mit den Abstandsringen verschraubt oder verklemmt sein.

[0022] Bei Anordnung der Sensoreinrichtung an dem Ruderblatt kann das Abdeckelement beispielsweise als Kappe ausgebildet sein, die von außen auf eine Außenwandung des Ruderblatts angesetzt ist.

[0023] Die in dem Ruderschaft erstreckte Bohrung dient zum Verlegen einer oder mehrerer Leitungen innerhalb des Ruderschafts. Die Leitungen können dabei auch unterschiedlich sein. Beispielsweise können sowohl eine oder mehrere elektrische Leitungen zur Anbindung von Sensorelementen als auch eine oder mehrere Fluidleitungen zur Leitung eines Fluids, beispielsweise Luft oder einer hydraulischen Flüssigkeit, in der Bohrung verlegt sein. Erstreckt sich die Bohrung zentral entlang der Längsachse innerhalb des Ruderschafts, so kann zusätzlich eine Verbindungsbohrung vorgesehen sein, die die Bohrung mit dem Innenraum der Sensoraufnahmeeinrichtung verbindet und somit ein Verlegen der einen oder der mehreren Leitungen hin zu dem Innenraum der Sensoraufnahmeeinrichtung ermöglicht. Ebenso kann eine Verbindungsbohrung an dem der Rudermaschine zugeordneten Ende des Ruderschafts vorgesehen sein, die in eine quer zur Längsachse erstreckte Stirnseite des Ruderschafts mündet und ein Verlegen der einen oder der mehreren Leitungen hin zu einer Anschlussstelle zum Verbinden der Leitungen mit einer schiffsseitigen, separat vom Ruder

vorgesehenen Auswerteeinheit oder einer anderen Einrichtung ermöglicht.

[0024] Über die schräg zur Längsachse erstreckten Verbindungsbohrungen und die längs entlang der Längsachse innerhalb des Ruderschafts erstreckte Bohrung wird ein Leitungskanal geschaffen, durch den hindurch Leitungen innerhalb des Ruderschafts hin zu einer Sensoreinrichtung verlegt werden können. Dadurch, dass der Leitungskanal in unterschiedliche Abschnitte, nämlich die zentrale Bohrung sowie die Verbindungsbohrungen, aufgeteilt ist, kann der Leitungskanal durch Einbringen von Bohrungen in den Ruderschaft unter Verwendung von geeignetem Werkzeug gefertigt werden. Die zentrale Bohrung sowie die Verbindungsbohrungen erstrecken sich hierbei jeweils geradlinig und können somit in den Ruderschaft eingebohrt werden. Zusammengesetzt ergibt sich ein Leitungskanal, der ein Verlegen von Leitungen von einem der Rudermaschine zugewandten Ende des Ruderschafts hin zu Sensorelementen an der Mantelfläche des Ruderschafts ermöglicht.

[0025] Der Leitungskanal kann auch derart in den Ruderschaft eingebracht sein, dass darin Leitungen bis hin zum Ruderblatt verlegt werden können. Beispielsweise kann die mindestens eine Leitung durch die Bohrung hin zum Ruderblatt verlegt sein, wobei die Bohrung oder eine an die Bohrung anschließende Verbindungsbohrung in einen Raum des Ruderblatts mündet. Auf diese Weise können am Ruderblatt angebrachte Sensorelemente einer Sensoreinrichtung mittels durch die Bohrung hindurch verlegter Leitungen elektrisch an eine auf dem Schiff angeordnete Auswerteeinheit angeschlossen werden. Oder eine Fluidleitung, beispielsweise eine Hydraulikleitung kann hin zum Ruderblatt verlegt sein. Sensorelemente können hierbei innerhalb eines in dem Ruderblatt angeordneten Raums, der nach außen hin vor Feuchtigkeit geschützt ist, angeordnet sein und beispielsweise als Dehnungsmessstreifen an einer Tragstruktur des Ruderblatts befestigt sein.

[0026] Die Sensoreinrichtung kann beispielsweise Sensorelemente aufweisen, die als Dehnungsmessstreifen ausgebildet sind. Unter Dehnungsmessstreifen versteht man Messeinrichtungen, die zur Erfassung von dehnenden und stauchenden Verformungen ausgebildet sind und bereits bei geringen Verformungen ihren elektrischen Widerstand ändern (auch als Dehnungssensoren - englisch: "strain gauge" - bezeichnet). Solche Dehnungsmessstreifen können beispielsweise als Folienstreifen ausgebildet sein, die auf die Mantelfläche des Ruderschafts oder an geeignete Orte an dem Ruderblatt geklebt werden können derart, dass sie eine Verformung des Ruderschafts und/oder des Ruderblatts aufnehmen können. Eine Verformung eines Dehnungsmessstreifens, beispielsweise eine Längung oder eine Stauchung, führen zu einer Widerstandsänderung, die durch eine geeignete Auswerteeinheit erfasst und ausgewertet werden kann.

[0027] Mehrere Sensorelemente können hierbei beispielsweise in versetzter Weise an dem Ruderschaft oder dem Ruderblatt angeordnet werden, wobei in einer vorteilhaften Ausgestaltung mehrere Sensorelemente in einer Brückenschaltung zusammengeschaltet sind, um in differenzieller Weise Verformungen an dem Ruderschaft oder dem Ruderblatt zu erfassen. Werden Dehnungsmessstreifen beispielsweise derart an einem Ruderschaft oder Ruderblatt angeordnet, dass eine Biegung des Ruderschafts oder Ruderblatts an einem Sensorelement zu einer Stauchung und an einem anderen Sensorelement zu einer Längung führt, so kann anhand einer Messbrücke eine Spannungsänderung zwischen Brückenzweigen der Messbrücke gemessen werden, um anhand der Spannungsänderung auf die Verformung des Ruderschafts zurückzuschließen.

[0028] In einer vorteilhaften Ausgestaltung weist die Sensoreinrichtung eine Auswerteeinrichtung und mehrere Sensorelemente auf. Die Sensorelemente teilen sich hierbei in zwei Gruppen: Eine erste Gruppe von Sensorelementen ist über durch die Bohrung hindurch verlegte Leitungen mit der Auswerteeinrichtung verbunden und dient im Betrieb des Ruders zum Aufnehmen von Kräften und Momenten an dem Ruderschaft oder dem Ruderblatt (aktive Sensorelemente). Eine zweite Gruppe von Sensorelementen hingegen dient als redundante Sensorelemente, die in redundanter Weise als Ersatz für die Sensorelemente der ersten Gruppe vorgesehen sind. Die Sensorelemente der zweiten Gruppe sind zwar mit Leitungen verbunden, die durch die Bohrung hindurch verlegt sind, sind aber nicht an die Auswerteeinrichtung angeschlossen. Die Sensorelemente der zweiten Gruppe sind somit nicht mit der Auswerteeinrichtung verbunden und stellen somit im Betrieb des Ruders keine Sensorsignale zur Verfügung.

[0029] Vorteilhafterweise ist hierbei jedem Sensorelement der ersten Gruppe genau ein redundantes Sensorelement der zweiten Gruppe zugeordnet, so dass bei Ausfall eines Sensorelements der ersten Gruppe das zugeordnete Sensorelement der zweiten Gruppe an die Auswerteeinrichtung angeschlossen werden kann und nunmehr durch das bisher redundante Sensorelement Sensorsignale aufgenommen und der Auswerteeinrichtung zugeführt werden können. Der Ausfall eines Sensorelements führt damit nicht zu einem Ausfall der Sensoreinrichtung insgesamt. Insbesondere muss bei Ausfall eines Sensorelements das Ruder nicht demontiert werden, um das Sensorelement auszutauschen. Vielmehr kann bei Ausfall eines Sensorelements das zugeordnete, redundante Sensorelement aktiv geschaltet werden, indem seine Leitungen mit der Auswerteeinrichtung verbunden werden. Dies erhöht die Betriebsfestigkeit der Sensoreinrichtung und ermöglicht insbesondere in einfacher, kostengünstiger Weise im Betrieb und ohne Demontage des Ruders den Ersatz eines ausgefallenen Sensorelements durch ein anderes Sensorelement.

[0030] Mit der Sensoreinrichtung am Ruderschaft oder am Ruderblatt können am Ruder anliegende Kräfte und Momente bestimmt werden. Die auf das Ruderblatt und den Ruderschaft wirkenden Kräfte und Momente können jeweils im Betrieb des Ruders gemessen und als Steuergrößen beispielsweise einem Assistenzsystem eines Schiffs zugeführt werden, so dass die gemessenen Kräfte und Momente zum Steuern des Schiffs berücksichtigt werden können. Auf

diese Weise können automatische Steuerungssysteme oder Manövrierassistenzsysteme verbessert werden, und zudem kann die Bewegung eines Ruders zum Kurshalten oder zum Manövrieren optimiert werden, was ein erhebliches Potential zur Energieeinsparung im Betrieb des Schiffes mit sich bringt.

[0031] Der der Erfindung zugrunde liegende Gedanke soll nachfolgend anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Ruders eines Schiffes;

Fig. 2A eine Ansicht eines Ruderschafts;

Fig. 2B eine Längsschnittansicht entlang der Längsachse des Ruderschafts;

Fig. 3A eine vergrößerte Ansicht der Längsschnittansicht im Ausschnitt A gemäß Fig. 2B;

Fig. 3B eine vergrößerte Ansicht der Längsschnittansicht im Ausschnitt B gemäß Fig. 2B;

Fig. 3C eine vergrößerte Ansicht im Ausschnitt C gemäß Fig. 3B;

Fig. 4 eine schematische Ansicht eines Ruderschafts mit daran angeordneten Sensorelementen in Form von Dehnungsmessstreifen;

Fig. 5 eine Schaltungsanordnung in Form einer Brückenschaltung zum Verschalten von Sensorelementen;

Fig. 6 eine schematische Ansicht von an einem Ruderschaft angeordneten aktiven und redundanten Sensorelementen; und

Fig. 7 eine schematische Längsschnittansicht durch einen Ruderschaft mit daran angeordnetem Ruderblatt.

[0032] Fig. 1 zeigt in einer schematischen Ansicht ein Ruder 1 eines Schiffes, das einen Ruderschaft 11 und ein an dem Ruderschaft 11 angeordnetes Ruderblatt 10 aufweist. Der Ruderschaft 11 ist über Lager 12, 13 verschwenkbar an einem Schiffsrumpf 2 gelagert und steht an einem dem Ruderblatt 10 abgewandten Ende mit einer Rudermaschine 14 in Wirkverbindung. Die Rudermaschine 14 dient dazu, im Betrieb des Schiffes den Ruderschaft 11 um seine Längsachse L zu verschwenken und auf diese Weise das Ruderblatt 10 zum Steuern des Schiffes zu verstellen.

[0033] Am Schiffsrumpf 2 ist ein Propeller 20 mit einem Propellerschaft 21 angeordnet. Der Propeller 20 dient in an sich bekannter Weise zum Antreiben des Schiffes.

[0034] Der Ruderschaft 11 ist beispielsweise aus Schmiedestahl hergestellt und kann bei großen Schiffen eine beträchtliche Länge von beispielsweise 10 m bei einem Durchmesser von beispielsweise 1 m aufweisen. Das Ruderblatt 10 kann bei großen Schiffen eine Fläche von beispielsweise 100 m² oder auch mehr aufweisen.

[0035] Fig. 2A und 2B sowie Fig. 3A bis 3C zeigen Ansichten eines Ausführungsbeispiels eines Ruderschafts 11, an dem eine Sensoreinrichtung 4 mit mehreren Sensorelementen 40, 41, beispielsweise in Form von Dehnungsmessstreifen, zum Messen von Verformungen des Ruderschafts 11 angeordnet ist. Die Sensorelemente 40, 41 sind an einer umfänglichen Mantelfläche 114 des Ruderschafts 11 und somit außenseitig an dem im Wesentlichen zylindrisch geformten Ruderschaft 11 angeordnet, indem die beispielsweise als Folienstreifen ausgebildeten Sensorelemente 40, 41 zum Beispiel auf die Mantelfläche 114 aufgeklebt sind.

[0036] Die Sensorelemente 40, 41 der Sensoreinrichtung 4 sind innerhalb eines Innenraums 34 einer Sensoraufnahmeeinrichtung 3 angeordnet und mittels eines Abdeckelements 30 in Form eines zylindrischen, aus Stahl gefertigten Rohrabschnitts nach außen hin geschützt. Das rohrförmige Abdeckelement 30 erstreckt sich um den Ruderschaft 11 herum und ist über Abstandsringe 31, 32, die sich ebenfalls um den Ruderschaft 11 herum erstrecken, an dem Ruderschaft 11 befestigt.

[0037] Die beispielsweise aus Stahl gefertigten Abstandsringe 31, 32 sind durch geeignete Befestigungsmittel 310, 320, beispielsweise Schrauben, an dem Ruderschaft 11 festgelegt und sind derart geformt, dass sie eine Durchmesseränderung des Ruderschafts 11 im Bereich der Sensoraufnahmeeinrichtung 3 ausgleichen und somit ein Befestigen des rohrförmigen, zylindrischen, einen konstanten Durchmesser aufweisenden Abdeckelements 30 an dem Ruderschaft 11 ermöglichen.

[0038] Das Abdeckelement 30 ist über geeignete Befestigungsmittel, beispielsweise Schrauben, an den Abstandsringen 31, 32 festgelegt. In montiertem Zustand fasst das Abdeckelement 30 zusammen mit den Abstandsringen 31, 32 und der Mantelfläche 114 den Innenraum 34 ein, so dass der Innenraum 34 nach außen hin geschützt ist und damit einen geschützten Raum zur Anordnung von Sensorelementen 40, 41 an dem Ruderschaft 11 bereitstellt.

[0039] Zwischen den Abstandsringen 31, 32 und der Mantelfläche 114 des Ruderschafts 11 einerseits und zwischen den Abstandsringen 31, 32 und dem Abdeckelement 30 andererseits sind Dichtelemente in Form von ringförmig den Ruderschaft 11 umgreifenden Dichtringen 350-355 (so genannte O-Ring-Dichtungen) vorgesehen, die den Übergang zwischen den Abstandsringen 31, 32 und dem Ruderschaft 11 einerseits und den Abstandsringen 31, 32 und dem Abdeckelement 30 andererseits feuchtigkeitsdicht abdichten, so dass Feuchtigkeit nicht in den Innenraum 34 gelangen kann. Die in dem Innenraum 34 angeordneten Sensorelemente 40, 41 sind somit vor Feuchtigkeit geschützt.

[0040] Zusätzlich kann der Innenraum 34 mit einer Füllmasse, beispielsweise einem elektrisch isolierenden Gel, das wasserabweisende Eigenschaften aufweist, gefüllt sein.

[0041] Die Sensorelemente 40, 41 der Sensoreinrichtung 4 sind über Leitungen 400, 410 mit einer externen Auswerteeinrichtung 5 (siehe Fig. 3A) verbunden. Über die Leitungen 400, 410 können Sensorsignale zwischen der Auswerteeinrichtung 5 und den Sensorelementen 40, 41 übertragen werden. Zudem ist gegebenenfalls eine elektrische Versorgung der Sensorelemente 40, 41 über geeignete Leitungen 400, 410 möglich.

[0042] Die Leitungen 400, 410 sind durch einen Leitungskanal 33 innerhalb des Ruderschafts 11 verlegt. Der Leitungskanal 33 ist gebildet durch eine zentrale Bohrung 331, die entlang der der Längsachse L entsprechenden Rotationsachse des Ruderschafts 11 in den Ruderschaft 11 eingebracht ist, sowie in die zentrale Bohrung 331 einmündende Verbindungsbohrungen 330, 332 gebildet. Eine erste Verbindungsbohrung 332 dient hierbei zur Verbindung des Innenraums 34 mit der Bohrung 331. Eine zweite Verbindungsbohrung 330 dient zur Verbindung der Bohrung 331 mit einer Anschlussstelle 333 an einem der Rudermaschine 14 zugewandten Ende 110 des Ruderschafts 11 (der Ruderschaft 11 wird an seinem rudermaschinenseitigen Ende 110 über einen Befestigungshaken 112 mit der Rudermaschine 14 und an seinem anderen Ende 111 mit dem Ruderblatt 10 verbunden). Die Anschlussstelle 333 ist hierbei in Form eines Sacklochs in eine Stirnseite 115 des Ruderschafts 11 eingebracht und ist exzentrisch zur Längsachse L und beabstandet zu einer zentrisch an der Stirnseite 115 angeordneten Befestigungsbohrung 113, in die der Befestigungshaken 112 eingesetzt wird (siehe Fig. 2B und 3A), angeordnet.

[0043] An der Anschlussstelle 333 kann eine geeignete Verschlusskappe 334 vorgesehen sein, die ein Herausleiten von Leitungen 400, 410 aus der Verbindungsbohrung 330 ermöglicht, gleichzeitig die Verbindungsbohrung 330 und somit den Leitungskanal 33 jedoch feuchtigkeitsdicht abschließt, um ein Eindringen von Feuchtigkeit von außen in den Leitungskanal 33 zu verhindern.

[0044] Zusätzlich oder alternativ kann an der Anschlussstelle 333 auch ein Steckverbinder in Form eines Verbindungssteckers oder einer Verbindungsbuchse vorgesehen sein, der mit einem zugeordneten Steckverbinderteil steckend verbunden werden kann, um die Auswerteeinheit 5 mit den Leitungen 400, 410 (lösbar) zu verbinden. Bei Öffnen der Verschlusskappe 334 kann auf den Steckverbinder zugegriffen und die Verbindung mit der Auswerteeinheit 5 hergestellt werden.

[0045] Während die zentrale Bohrung 331 sich zentrisch entlang der Längsachse L innerhalb des Ruderschafts 11 erstreckt, sind die Verbindungsbohrungen 330, 332 schräg zur Längsachse L in den Ruderschaft 11 eingebracht und stellen auf diese Weise eine exzentrische Verbindung zur Anschlussstelle 333 einerseits und zum Innenraum 34 der Sensoraufnahmeeinrichtung 3 andererseits her.

[0046] Die zentrale Bohrung 331 mündet hierbei, wie aus Fig. 2B und 3A ersichtlich, in die Befestigungsbohrung 113 des Befestigungshakens 112 an der Stirnseite 115 des Ruderschafts 11. Die Bohrung 331 kann somit entlang der Längsachse L von der Stirnseite 115 aus mittels eines geeigneten Bohrwerkzeugs in den aus Schmiedestahl gefertigten Ruderschaft 11 eingebracht werden. Die Verbindungsbohrungen 330, 332 hingegen können von der Stirnseite 115 bzw. der Mantelfläche 114 schräg hin zur Bohrung 331 in den Ruderschaft 11 eingebohrt werden.

[0047] Die Sensorelemente 40, 41 sind vorzugsweise als Dehnungsmessstreifen, die als Folienstreifen auf die Mantelfläche 114 des Ruderschafts 11 aufgeklebt sind, ausgebildet. Mehrere Sensorelemente 40, 41 sind hierbei vorzugsweise versetzt zueinander, wie in Fig. 4 dargestellt, an dem Ruderschaft 11 angeordnet, wobei axial oder umfänglich versetzt weitere Sensorelemente an dem Ruderschaft 11 platziert sein können. Mittels der Sensorelemente 40, 41 kann somit eine Verformung, beispielsweise eine Biegung oder eine Torsion des Ruderschafts 11 erfasst und ausgewertet werden, um anhand der Verformung des Ruderschafts 11 auf am Ruderschaft 11 und am Ruderblatt 10 anliegende Kräfte zurückschließen zu können.

[0048] Beispielsweise können den Sensorelementen 40, 41 gemäß Fig. 4 diametral gegenüberliegend weitere Sensorelemente 42, 43 (siehe Fig. 5) am Ruderschaft 11 angeordnet sein, wobei die Sensorelemente 40-43 in einer Schaltungsanordnung 4 zur Verwirklichung einer in Fig. 5 dargestellten Brückenschaltung zusammengeschaltet sein können. Mittels einer solchen Brückenschaltung können Widerstandsänderungen an den als Dehnungsmessstreifen ausgebildeten Sensorelementen 40-43 in differenzieller Weise erfasst werden, wobei Widerstandsänderungen an den Dehnungsmessstreifen zu einer Spannungsänderung zwischen Knoten 442, 443 der Brückenschaltung führen, die gemessen werden kann und eine Bestimmung einer Verformung erlaubt.

[0049] Zu Fig. 4 ist anzumerken, dass die Anordnung und Orientierung der Sensorelemente 40, 41 nur beispielhaft zu verstehen ist. Die Sensorelemente 40, 41 können auch anders angeordnet und orientiert sein. Beispielsweise können die als Dehnungsmessstreifen ausgebildeten Sensorelemente 40, 41 auch jeweils entlang der Längsachse L des Ru-

derschafts 11 an der Oberfläche des Ruderschafts 11 längs befestigt sein.

[0050] Konkret sind bei der Schaltungsanordnung 4 gemäß Fig. 5 Knoten 441, 444 mit einer Spannungsquelle 440 verbunden. Je ein Sensorelement 40-43 in Form eines Dehnungsmessstreifens ist in einem Brückenarm zwischen den Knoten 441, 442, 443, 444 geschaltet, wobei mit den mittigen Knoten 442, 443 ein Spannungsmessgerät 445 verbunden ist, so dass die Spannung zwischen den Knoten 442, 443 gemessen werden kann. Bei nichtverformtem Ruderschaft 11 und demzufolge identischen elektrischen Widerständen der als Dehnungsmessstreifen ausgebildeten Sensorelemente 40-43 ist die Spannung zwischen den Knoten 442, 443 zumindest näherungsweise Null. Kommt es infolge einer Verformung des Ruderschafts 11 zu einer Verformung eines oder mehrerer der Sensorelemente 40-43 und demzufolge zu einer Widerstandsänderung an einem oder mehreren der Sensorelemente 40-43, so führt dies zu einer Spannungsänderung zwischen den Knoten 442, 443, die durch das Spannungsmessgerät 445 erfasst werden kann.

[0051] Die Schaltungsanordnung 4 gemäß Fig. 5 ist nur ein Beispiel einer sinnvollen Schaltungsanordnung. Die Schaltungsanordnung 4 verwirklicht eine so genannte Vollbrücke (engl. "Full Bridge"). Stattdessen kann ebenso auch eine so genannte Halbbrücke (engl. "Half Bridge") zum Einsatz kommen, und auch andere Schaltungsanordnungen zur Verschaltung von einem oder mehreren Sensorelementen 40-43 sind denkbar und möglich.

[0052] In konkreter Ausgestaltung wird im Ergebnis der Sensorsignalerfassung an den Sensorelementen 40-43 eine Widerstandsänderung an den einzelnen Sensorelementen 40-43 erfasst und bestimmt. Aus den Widerstandsänderungen kann dann auf die Verformung des Ruderschafts 11 und daraus auf die an dem Ruderschaft 11 wirkende Kraft zurückgeschlossen werden. Diese Auswertung erfolgt durch eine Auswerteeinheit 5, die beispielsweise in eine Rechereinrichtung auf der Brücke des Schiffs integriert sein kann und deren Ergebnisse an einer geeigneten Anzeigeeinrichtung auf der Brücke angezeigt werden können.

[0053] Insofern dient das in Fig. 5 dargestellte Spannungsmessgerät 445 lediglich zum Zwecke der Illustration. Die eigentliche Messung und Auswertung kann erheblich komplexer sein.

[0054] Denkbar ist in diesem Zusammenhang, die Schaltungsanordnung 4 innerhalb des Innenraums 34 an dem Ruderschaft 11 anzuordnen, wobei die Spannungsquelle 440 und die Spannungsmesseinrichtung 445 auch getrennt vom Ruderschaft 11 im Schiff angeordnet und über Leitungen mit den zu einer Brückenschaltung verschalteten Sensorelementen 40-43 verbunden sein können.

[0055] Denkbar ist aber auch, für jedes Sensorelement 40-43 zwei Leitungen durch den Leitungskanal 33 zu verlegen und die Sensorelemente 40-43 außerhalb des Ruderschafts 11 zu einer Brückenschaltung zu verschalten.

[0056] In einer vorteilhaften Ausgestaltung, dargestellt in Fig. 6, können an dem Ruderschaft 11 mehrere Sensorelemente 40, 41, 40', 41' angeordnet sein, von denen jedoch nur eine Untergruppe mit der Auswerteeinrichtung 5 über Leitungen 400, 410 verbunden ist. Die übrigen Sensorelemente 40', 41' dienen als redundante Sensorelemente und sind mit durch den Leitungskanal 33 hindurch verlegten Leitungen 400', 410' verbunden, nicht aber an die Auswerteeinrichtung 5 angeschlossen. Diese redundanten Sensorelemente 40', 41' dienen als Ersatz bei Ausfall eines der aktiven Sensorelemente 40, 41: Wird festgestellt, dass eins der mit der Auswerteeinrichtung 5 verbundenen Sensorelemente 40, 41 nicht mehr funktionstüchtig ist, so kann eins der redundanten Sensorelemente 40', 41' anstelle des funktionsuntüchtigen Sensorelements 40, 41 mit der Auswerteeinrichtung 5 verbunden werden.

[0057] Vorzugsweise ist hierzu jedem aktiven Sensorelement 40, 41 genau ein redundantes Sensorelement 40', 41' zugeordnet, so dass das Sensorelement 40, 41 und das zugeordnete redundante Sensorelement 40', 41' im Wesentlichen dieselben Sensorsignale erfassen und somit die Funktion des Sensorelements 40, 41 durch sein zugeordnetes, redundantes Sensorelement 40', 41' übernommen werden kann.

[0058] Das Vorsehen von redundanten Sensorelementen 40', 41' zu den verschalteten, aktiven Sensorelementen 40, 41 hat den Vorteil, dass bei Ausfall eines Sensorelements 40, 41 kein Austausch des Sensorelements 40, 41 notwendig ist und insbesondere nicht auf den Ruderschaft 11 zugegriffen werden muss, was ansonsten gegebenenfalls eine Demontage des Ruders 1 erforderlich machen könnte. Fällt ein Sensorelement 40, 41 aus, kann das zugeordnete, redundante Sensorelement 40', 41' anstelle des ausgefallenen Sensorelements 40, 41 verschaltet werden, so dass die Sensoreinrichtung 4 ohne weiteres wieder in einen betriebsbereiten Zustand versetzt werden kann.

[0059] Fig. 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Anordnung, bei der Leitungen bis hin zum Ruderblatt 10 verlegt sind. Im Ruderschaft 11 erstreckt sich hierzu eine zentrale Bohrung 331, die ausgehend von der Stirnseite 115 am dem Ruderblatt 10 abgewandten Ende des Ruderschafts 11 sich bis nahezu zu dem Ort des Ruderschafts 11 erstreckt, an dem das Ruderblatt 10 an den Ruderschaft 11 anschließt. Von der zentral entlang der Längsachse L erstreckten Bohrung 331 erstreckt sich eine Verbindungsbohrung 332 schräg zur Längsachse bis hin zu einem Raum 101 des Ruderblatts 10, der nach außen hin von einer Außenwandung 100 des Ruderblatts 10 umgeben und somit nach außen hin geschützt ist. In dem Raum 101 können beispielsweise Sensorelemente angeordnet sein, wobei Leitungen zur Anbindung der Sensorelemente durch den Leitungskanal 33 in der Verbindungsbohrung 332, der Bohrung 331 und einer in die Bohrung 331 mündende Verbindungsbohrung 330 hin zu einer Anschlussstelle 333 an der Stirnseite 115 des Ruderschafts 11 verlegt sind.

[0060] Über den Leitungskanal 33 wird somit ein Innenraum 101 des Ruderblatts 10 an das Schiffsinne angeschlossen, so dass durch den Ruderschaft 11 hindurch Leitungen hin zum Ruderblatt 10 verlegt werden können.

[0061] Der der Erfindung zugrunde liegende Gedanke ist nicht auf die vorangehend geschilderten Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern lässt sich auch bei gänzlich anders gearteten Ausführungsformen verwirklichen.

[0062] Insbesondere kann eine Sensoreinrichtung grundsätzlich auch an einem Ruderblatt angeordnet sein, wobei auch denkbar ist, mehrere Sensoreinrichtungen mit jeweils mehreren Sensorelementen am Ruderschaft und am Ruderblatt vorzusehen.

[0063] Die Sensoreinrichtung am Ruderschaft und/oder am Ruderblatt dient zur Messung von Verformungen des Ruderschafts und/oder des Ruderblatts und somit zur Messung von Kräften und Momenten am Ruderschaft und/oder am Ruderblatt. Anhand der so gemessenen Kräfte und Momente können Belastungen des Ruders im Betrieb erfasst werden, wobei die erfassten Kräfte und Momente als Steuergröße auch einem Assistenzsystem eines Schiffes zugeführt werden können, um die auf ein Ruder wirkenden Kräfte und Momente für die Steuerung des Schiffes zu berücksichtigen.

[0064] Die mindestens eine im Ruderschaft verlegte Leitung ist nicht notwendigerweise als elektrische Leitung ausgestaltet, sondern kann beispielsweise auch als Fluidleitung zum Leiten eines Fluids, wie Luft oder eines Hydrauliköls, dienen.

[0065] Grundsätzlich können Sensorelemente am Ruderschaft und am Ruderblatt angeordnet sein. Die Bohrung zum Verlegen einer oder mehrerer Leitungen kann somit auch so ausgestaltet sein, dass Leitungen sowohl zu einer Sensoreinrichtung an dem Ruderschaft als auch an zu einer Sensoreinrichtung an dem Ruderblatt verlegt werden können.

[0066] Grundsätzlich können auch mehrere parallel erstreckte Längsbohrungen in den Ruderschaft eingebracht sein.

Bezugszeichenliste

[0067]

1	Ruder
10	Ruderblatt
100	Außenwandung
101	Raum
11	Ruderschaft
110, 111	Ende
112	Befestigungshaken
113	Befestigungsbohrung
114	Mantelfläche
115	Stirnseite
12, 13	Lager
14	Rudermaschine
2	Schiffsrumpf
20	Propeller
21	Propellerschaft
3	Sensoraufnahmeeinrichtung
30	Abdeckelement
301, 302	Befestigungseinrichtung
31, 32	Abstandsring
310, 320	Befestigungseinrichtung
33	Leitungskanal
330	Verbindungsbohrung
331	Bohrung
332	Verbindungsbohrung
333	Anschlussöffnung
334	Verschlusskappe
34	Innenraum
350-355	Dichtring
4	Sensoreinrichtung
40-43, 40', 41'	Sensorelement
400, 410, 4004, 410'	Leitung
44	Schaltungsanordnung
440	Spannungsquelle
441-444	Knoten
445	Spannungsmesseinrichtung
5	Auswerteeinheit

L Längsachse

Patentansprüche

1. Ruder für Schiffe, mit

- einem entlang einer Längsachse erstreckten Ruderschaft,
- einem an dem Ruderschaft angeordneten Ruderblatt,
- einer an dem Ruderschaft oder dem Ruderblatt angeordneten Sensoreinrichtung und
- mindestens einer Leitung, die mit der Sensoreinrichtung zur elektrischen Versorgung der Sensoreinrichtung und/oder zum Übertragen von Sensorsignalen verbunden ist oder zum Leiten eines Fluids ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet,**
- dass** der Ruderschaft (11) eine Bohrung (331) aufweist, die sich innerhalb des Ruderschafts (11) erstreckt und in der die mindestens eine Leitung (400, 410, 400', 410') zumindest abschnittsweise verlegt ist.

2. Ruder nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Bohrung (331) entlang der Längsachse (L) im Ruderschaft (11), insbesondere entlang einer Rotationssymmetrieachse (L) des Ruderschafts (11), erstreckt.

3. Ruder nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Leitung von einem Ende (110) des Ruderschafts (11), an dem der Ruderschaft (11) mit einer Rudermaschine (14) zu verbinden ist, hin zu der Sensoreinrichtung (4) verlegt ist.

4. Ruder nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Bohrung (331) von dem Ende (110) ausgehend in den Ruderschaft (11) hinein erstreckt.

5. Ruder nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Ruderschaft (11) oder dem Ruderblatt (10) eine Sensoraufnahmeeinrichtung (3) angeordnet ist, die ein an den Ruderschaft (11) oder das Ruderblatt (10) angesetztes, einen Innenraum (34) einschließendes Abdeckelement (30) aufweist.

6. Ruder nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Innenraum (34) mindestens ein Sensorelement (40-43) der Sensoreinrichtung (4) angeordnet ist.

7. Ruder nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Innenraum (34) mit einer Füllmasse gefüllt ist.

8. Ruder nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abdeckelement (30) als ein den Ruderschaft (11) umgreifender Rohrabschnitt ausgebildet ist.

9. Ruder nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abdeckelement (30) über zwei axial entlang der Längsachse (L) zueinander beabstandete Abstandsringe (31, 32) an einer umfänglichen Mantelfläche (114) des Ruderschafts (11) befestigt ist.

10. Ruder nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bohrung (331) über eine schräg zur Längsachse (L) erstreckte, erste Verbindungsbohrung (332) mit dem Innenraum (34) verbunden ist.

11. Ruder nach einem der Ansprüche 5 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bohrung (331) über eine schräg zur Längsachse (L) erstreckte, zweite Verbindungsbohrung (330) mit einer Anschlussstelle (333) an einer quer zur Längsachse (L) erstreckten Stirnseite (115) des Ruderschafts (11) verbunden ist.

12. Ruder nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Leitung (400, 410, 400', 410') durch die Bohrung (331) hin zum Ruderblatt (10) verlegt ist, wobei die Bohrung (331) oder eine an die Bohrung (331) anschließende Verbindungsbohrung (332) in einen Raum (101) des Ruderblatts (10) mündet.

13. Ruder nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensoreinrichtung (4) mindestens ein als Dehnungsmessstreifen ausgebildetes Sensorelement (40-43) aufweist.

14. Ruder nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Sensorelemente

(40-43) der Sensoreinrichtung (4) in einer Brückenschaltung (44) zusammengeschaltet sind.

15. Ruder nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensoreinrichtung (4) eine Auswerteeinrichtung (5) aufweist, wobei die Sensoreinrichtung (4)

- 5
- eine erste Gruppe von Sensorelementen (40, 41), die mit durch die Bohrung (331) hindurch verlegten Leitungen (400, 410) und über die Leitungen (400, 410) mit der Auswerteeinrichtung (5) verbunden sind, und
 - eine zweite Gruppe von Sensorelementen (40, 41), die mit durch die Bohrung (331) hindurch verlegten Leitungen (400', 410'), nicht aber mit der Auswerteeinrichtung (5) verbunden sind,
- 10 umfasst,

wobei vorzugsweise die zweite Gruppe von Sensorelementen (400', 410') redundante Sensorelemente verwirklicht und jedem Sensorelement (400, 410) der ersten Gruppe ein redundantes Sensorelement (400', 410') der zweiten Gruppe zugeordnet ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

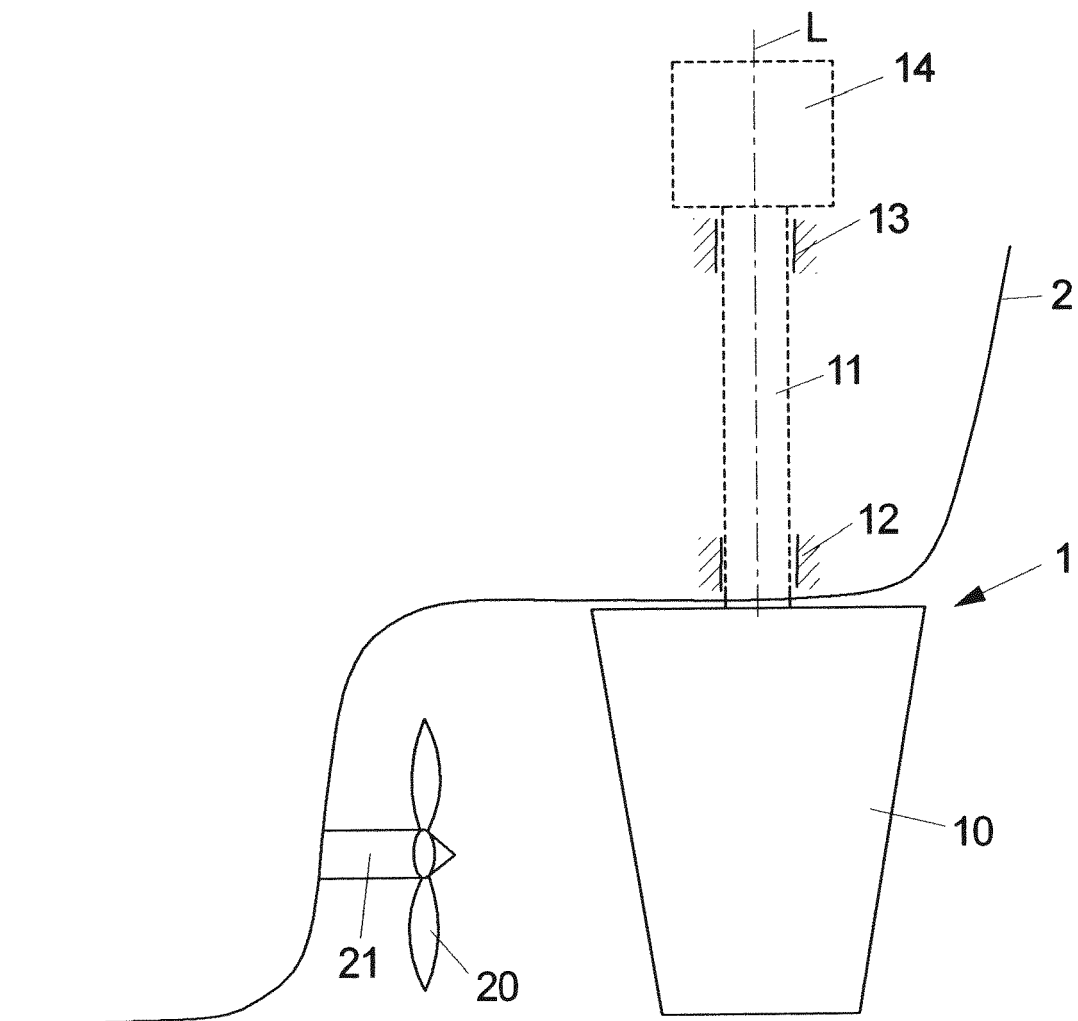


FIG 2A

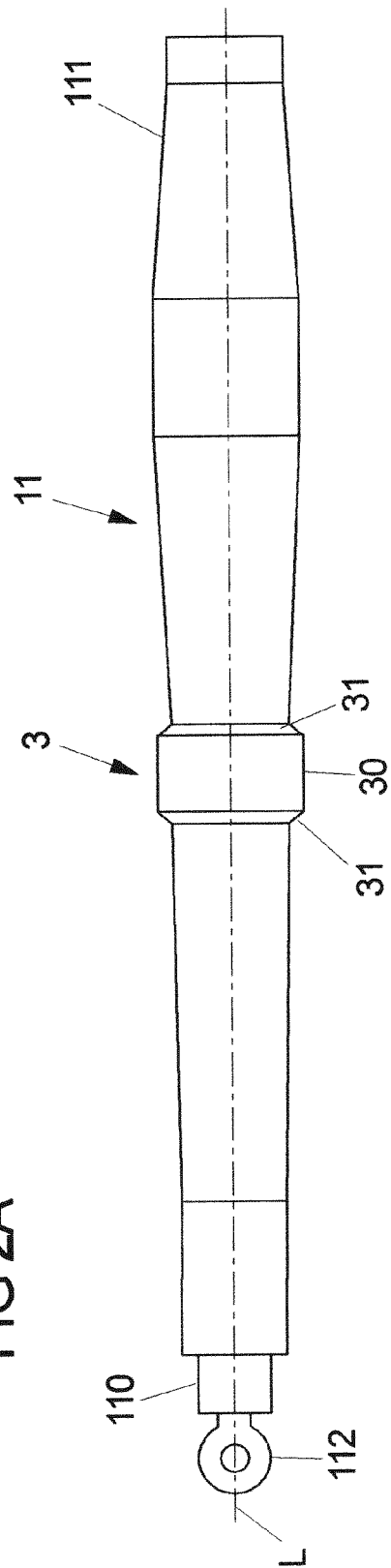


FIG 2B

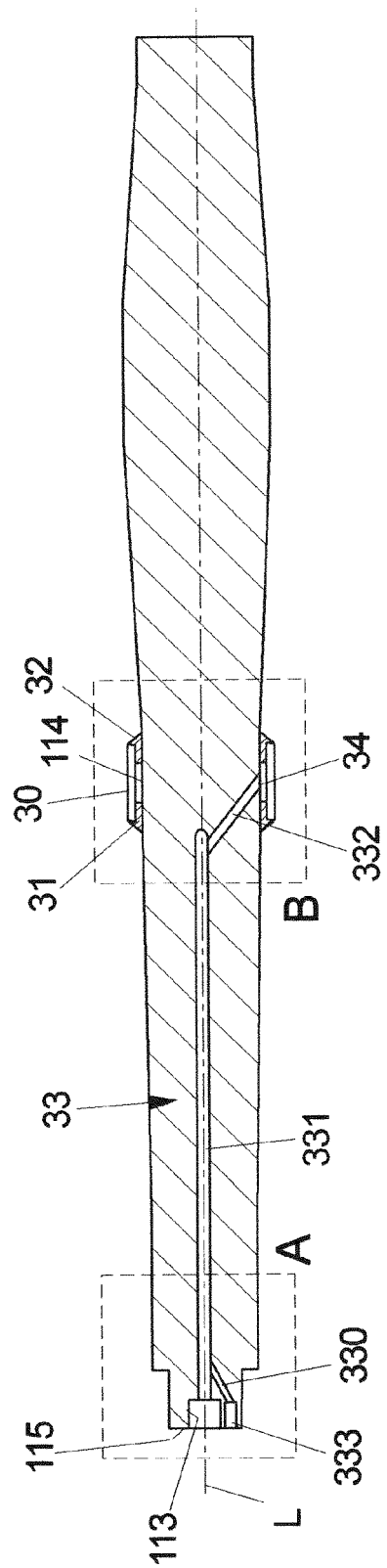


FIG 3A

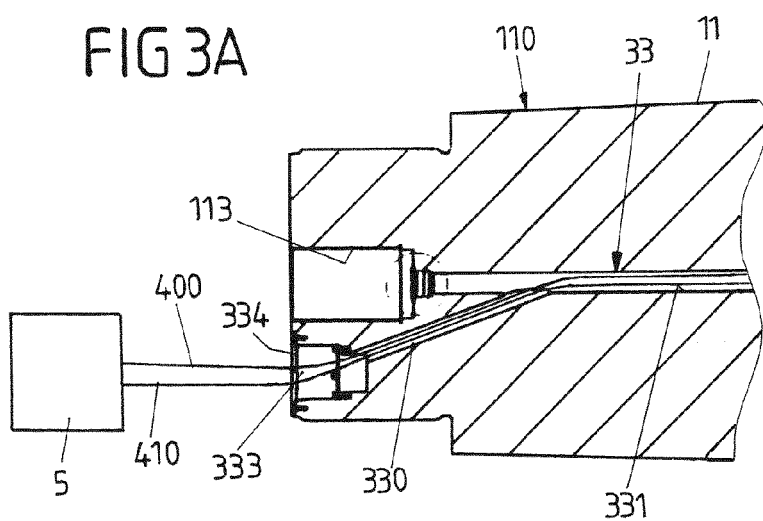


FIG 3B

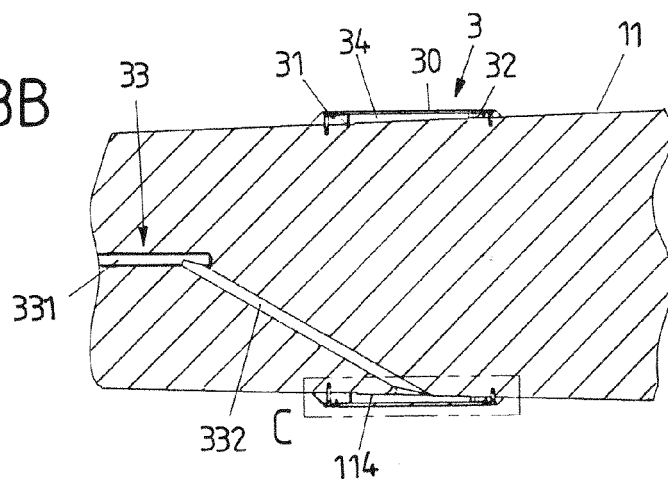


FIG 3C

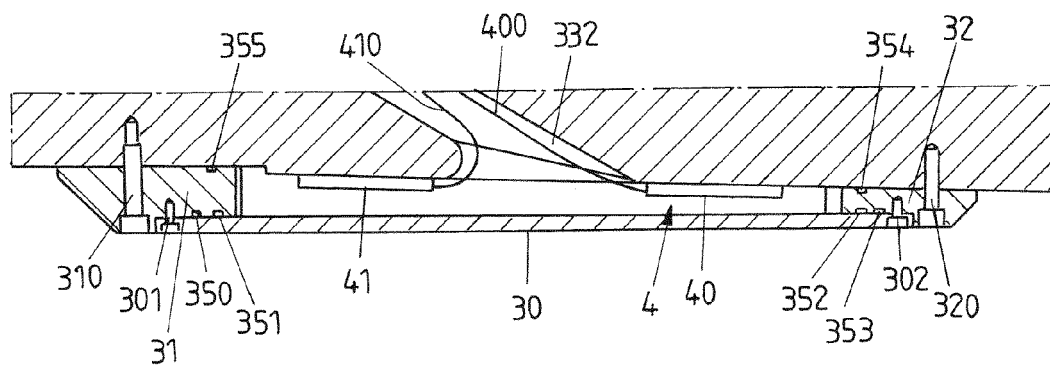


FIG 4

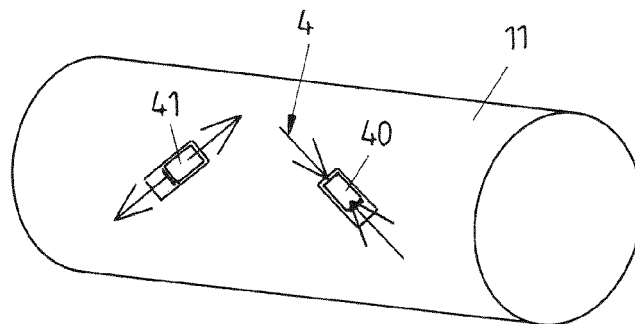
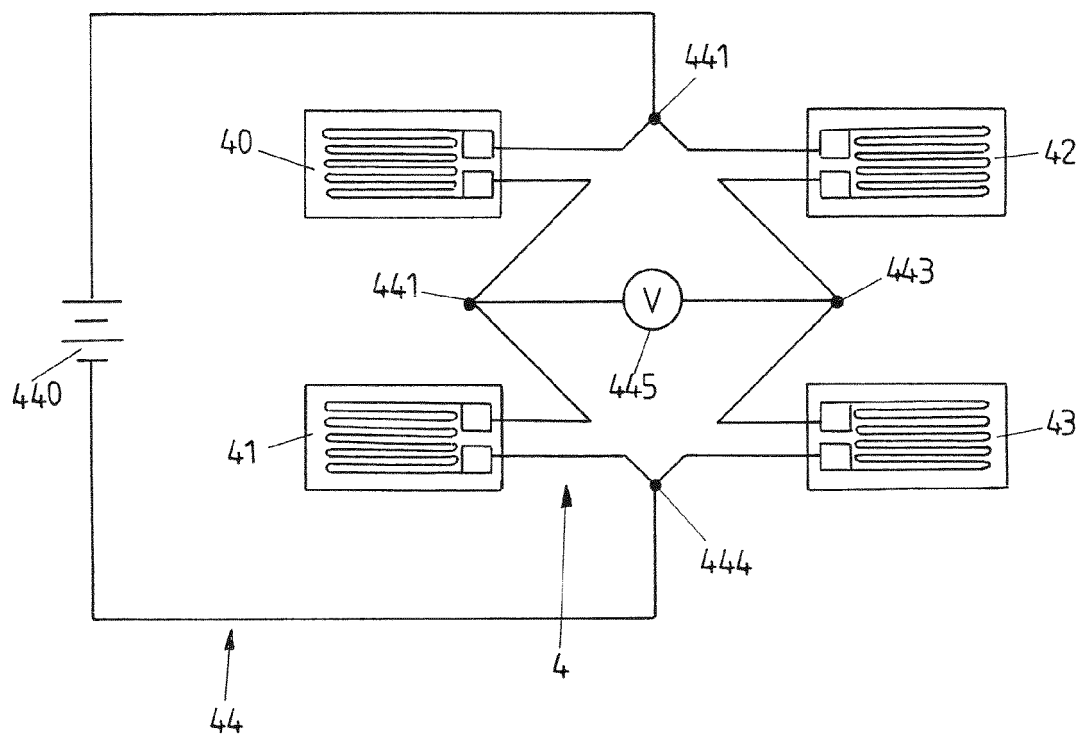


FIG 5



66

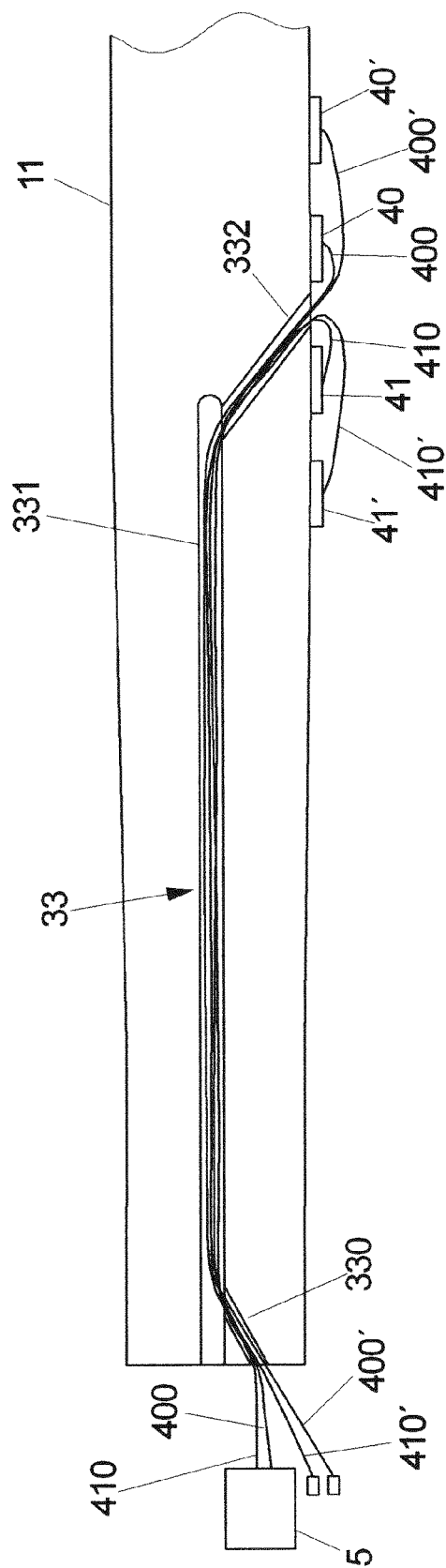
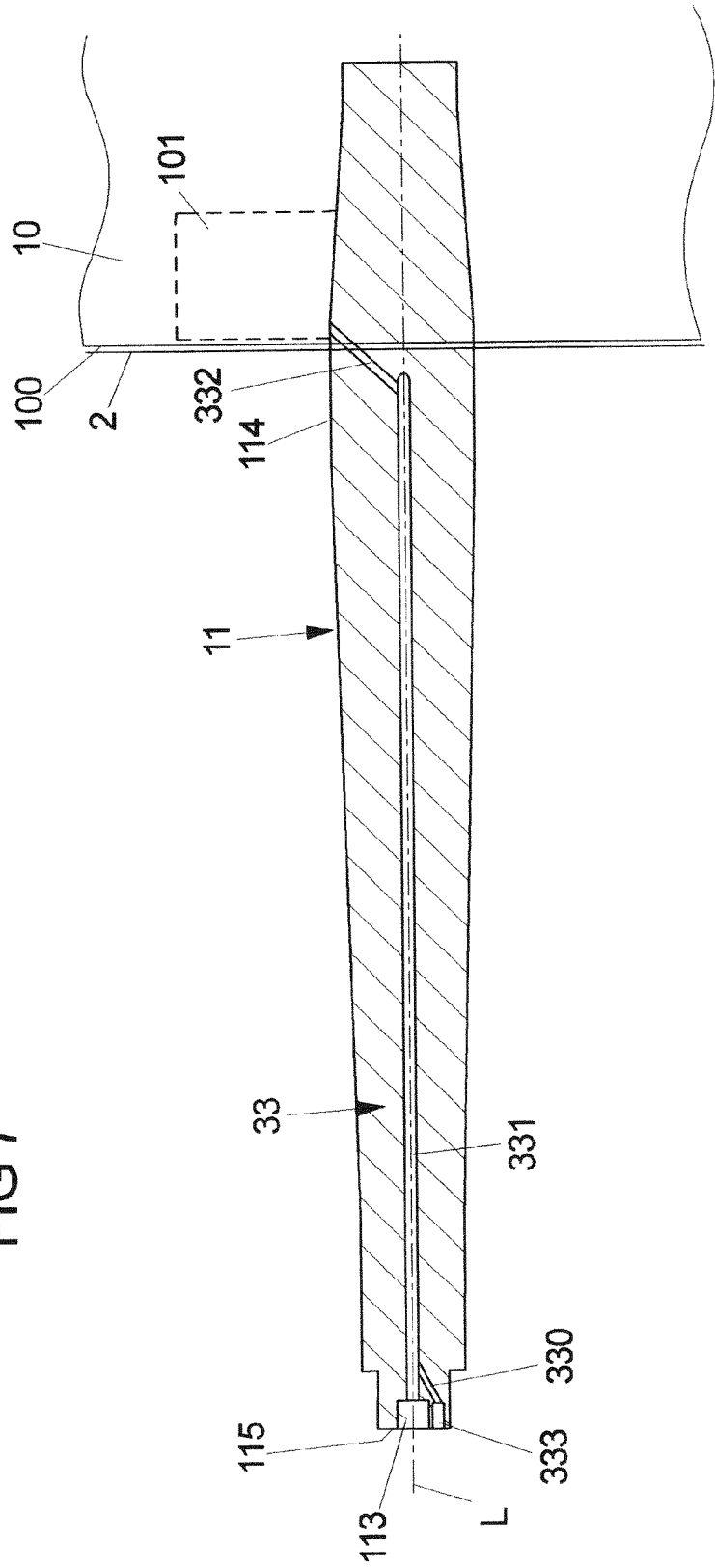


FIG 7



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 202005019626 U1 [0005]
- DE 10164701 A1 [0007]
- WO 2012098150 A1 [0008]