

(19)



(11)

**EP 3 705 391 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**09.09.2020 Patentblatt 2020/37**

(51) Int Cl.:  
**B63G 8/36 (2006.01)** **B08B 3/12 (2006.01)**  
**B08B 7/02 (2006.01)** **F28G 7/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **20160533.4**

(22) Anmeldetag: **03.03.2020**

(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**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

• **thyssenkrupp AG**  
**45143 Essen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Scheel, Hans-Joachim**  
**28755 Bremen (DE)**  
• **Buse, Hauke**  
**26736 Krummhörn (DE)**  
• **Ebeling, Bastian**  
**25495 Kummerfeld (DE)**

(30) Priorität: **06.03.2019 DE 102019203069**

(71) Anmelder:  
• **ThyssenKrupp Marine Systems GmbH**  
**24143 Kiel (DE)**

(74) Vertreter: **thyssenkrupp Intellectual Property GmbH**  
**ThyssenKrupp Allee 1**  
**45143 Essen (DE)**

(54) **WASSERFAHRZEUG MIT EINEM WÄRMETAUSCHER UND EINER ULTRASCHALLREINIGUNG DES WÄRMETAUSCHERS**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Wasserfahrzeug mit einem Wärmetauscher 10, wobei der Wärmetauscher 10 einen ersten Bereich für ein erstes Fluid und einen zweiten Bereich für ein zweites Fluid aufweist, wobei der zweite Bereich mit der Bootsumgebung verbindbar ist und das zweite Fluid Umgebungswasser ist, wobei der Wärmetauscher 10 einen ersten Ultraschall-

wandler 20 und einen zweiten Ultraschallwandler 20 aufweist, wobei der erste Ultraschallwandler 20 und der zweite Ultraschallwandler 20 zur Umwandlung von elektrischer Energie in Ultraschall ausgebildet sind, wobei wenigstens der zweite Ultraschallwandler 20 zur Umwandlung von Ultraschall in elektrische Energie ausgebildet ist.

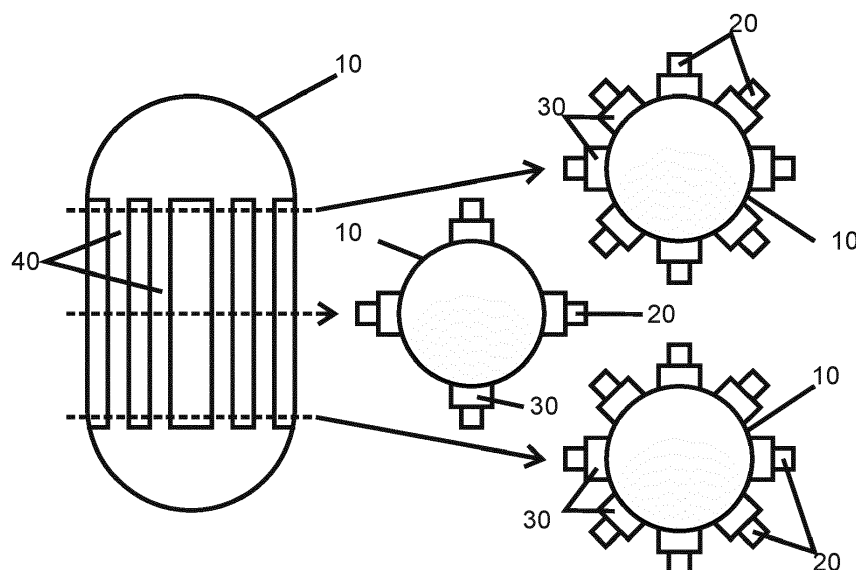


Fig. 4

**EP 3 705 391 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Wasserfahrzeug mit einem Wärmetauscher, wobei der Wärmetauscher als ein Medium Wasser aus der Umgebung verwendet. Hierdurch kommt es regelmäßig zu einer Verunreinigung des Wärmetauschers, was eine Verminderung sowohl der durchfließenden Wassermenge, als auch der übertragenen Wärmemenge bedeutet. Dieses kann zum einen auf Ablagerung, wie zum Beispiel Kalkablagerungen zurückzuführen sein. Wesentlich wichtiger sind jedoch das Festwachsen von Meerestieren, Algen, Pocken und dergleichen.

**[0002]** In einem Wasserfahrzeug scheidet eine chemische Reinigung regelmäßig aus, da die zur Reinigung verwendeten Chemikalien unmittelbar in die Umwelt abgegeben würden und diese das Ökosystem somit unmittelbar belasten würden. Hinzu kommt, dass gerade in geschlossenen Räumen, wie diese an Bord eines Wasserfahrzeugs üblich sind, gefährliche Gasgemische entwickeln können, welche beispielsweise giftig, brennbar und/oder korrosiv sein können. An Bord eines Unterseebootes ist dieses Punkt noch einmal wichtiger, da keine Möglichkeit zur Entlüftung besteht, wenn das Unterseeboot getaucht operiert.

**[0003]** Um diese Ablagerungen aus einem Wärmetauscher zu entfernen muss der Wärmetauscher regelmäßig mechanisch gereinigt werden. Hierzu muss der Wärmetauscher auseinander gebaut werden. Ist das Wasserfahrzeug ein Unterseeboot, so muss der Wärmetauscher dem Tauchdruck des Unterseeboots standhalten. Dieses führt auch dazu, dass nach anschließendem Zusammenbau ein erneuter Drucktest notwendig wird, da der Wärmetauscher eine Schnittstelle zum Umgebungsdruck außerhalb des Unterseeboots darstellt. Somit ist natürlich jede Arbeit an einem Wärmetauscher immer ein gewisses Sicherheitsrisiko für das Unterseeboot und dessen Tauchfähigkeit. Des Weiteren sind diese Arbeiten gerade in einem beengten Unterseeboot extrem schwierig und aufwendig und verlängert die Liegezeiten.

**[0004]** Ein weiteres Problem ergibt sich natürlich dadurch, dass biologisches Material im Kühlwasser des Wärmetauschers aus einem Bereich der Welt in einen anderen transportiert werden kann. Dieses führt zu einer globalen Verbreitung gewisser Spezies und damit regelmäßig zu einer Belastung des Ökosystems.

**[0005]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Wasserfahrzeug mit einem Wärmetauscher bereitzustellen, bei welchem auf ein Öffnen des Wärmetauschers zur Reinigung verzichtet werden kann.

**[0006]** Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Wasserfahrzeug mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen sowie durch ein Verfahren mit den in Anspruch 10 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie den Zeichnungen.

**[0007]** Das erfindungsgemäße Wasserfahrzeug weist einen Wärmetauscher auf. Der Wärmetauscher weist ei-

nen ersten Bereich für ein erstes Fluid und einen zweiten Bereich für ein zweites Fluid auf. Das erste Fluid kann beispielsweise eine Kühlflüssigkeit aus einem Bootsmotor, einer Klimaanlage, einer Elektronik Einrichtung, einer Batterieanlage oder einer anderen beliebigen wärmeabgebenden oder wärmeaufnehmenden Einrichtung an Bord des Wasserfahrzeugs sein. Die wärmeabgebende Einrichtung kann auch ein weiterer Wärmetauscher sein, der an einem weiteren Kühlkreislauf angeschlossen ist, wobei der weitere Kühlkreislauf mit einem dritten Fluid gefüllt ist. Das erste Fluid kann beispielsweise Wasser aber auch ein Öl sein. Das erste Fluid wird regelmäßig innerhalb des Wasserfahrzeugs in einem geschlossenen Kreislauf geführt.

**[0008]** Der zweite Bereich ist mit der Bootsumgebung verbindbar. Regelmäßig ist der zweite Bereich auch von der Bootsumgebung, dem Wasser, trennbar, beispielsweise durch das Schließen eines Ventils. Dieses ist vorteilhaft, wenn das Wasserfahrzeug beispielsweise zu Wartungszwecken oder Reparaturzwecken aus dem Wasser genommen werden muss. Im Regelbetrieb ist der zweite Bereich jedoch fluidtechnisch mit der Bootsumgebung verbunden und stellt somit keinen geschlossenen Kreislauf dar. Das zweite Fluid ist somit Umgebungswasser, beispielsweise und insbesondere Meerwasser. Der Wärmetauscher weist einen ersten Ultraschallwandler und einen zweiten Ultraschallwandler auf. Der erste Ultraschallwandler und der zweite Ultraschallwandler sind zur Umwandlung von elektrischer Energie in Ultraschall ausgebildet. Wenigstens der zweite Ultraschallwandler ist zur Umwandlung von Ultraschall in elektrische Energie ausgebildet.

**[0009]** Durch die Verwendbarkeit des zweiten Ultraschallempfängers sowohl als Sender als auch als Empfänger ist neben der Reinigung auch eine Detektion möglich. Hierdurch kann Reinigungsbedarf insbesondere auch lokal aufgelöst ermittelt werden. Dieses ist wichtig, da der erste Ultraschallwandler und der zweite Ultraschallwandler während einer Mission des Wasserfahrzeugs regelmäßig nicht eingesetzt werden können. Es kann daher auch nicht eine einfache zeitgesteuerte Reinigung durchgeführt werden, wie diese bei handelsüblichen Reinigungssystemen typischerweise vorgesehen ist.

**[0010]** Während in der chemischen Industrie Ultraschallreiniger inzwischen als üblich angesehen werden können, so ist deren Einsatz auf einem Wasserfahrzeug, insbesondere auf einem Unterseeboot, absolut zu vermeiden, da durch den Ultraschall Kavitäten erzeugt und wieder zerstört werden, was mit einer Schallemission verbunden ist. Sowohl die Emission des Ultraschalls an sich als auch insbesondere die Schallemission durch kollabierende Kavitäten sind unbedingt zu vermeiden, um eine Ortung des Wasserfahrzeugs nicht zu erleichtern.

**[0011]** Somit ist zunächst durch die Verwendung des ersten Ultraschallwandlers als Sender und des zweiten Ultraschallwandlers als Empfänger eine Analyse durchführbar, sodass eine Reinigung in Abhängigkeit von der

realen Verschmutzung durchführbar ist.

**[0012]** Bevorzugt handelt es sich bei dem Wasserfahrzeug um ein militärisches Wasserfahrzeug. Besonders bevorzugt handelt es sich bei dem Wasserfahrzeug um ein Unterseeboot.

**[0013]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Wärmetauscher einen zylindrischen Behälter auf, wobei der erste Ultraschallwandler und der zweite Ultraschallwandler außerhalb des Behälters angeordnet sind. Der Behälter und der erste Ultraschallwandler sind schallübertragend mittels eines ersten Schallüberträgers verbunden. Analog sind der Behälter und der zweite Ultraschallwandler schallübertragend mittels eines zweiten Schallüberträgers verbunden. Diese Ausführungsform ist bevorzugt, da der Wärmetauscher eine Verbindung zwischen der Umgebung des Wasserfahrzeugs und dem Inneren des Wasserfahrzeugs darstellt. Damit muss der Wärmetauscher, wenn das Wasserfahrzeug ein Unterseeboot ist, sogar dem maximalen Tauchdrucks des Unterseeboots standhalten können. Dieses bedeutet, dass die zylindrische Außenwand des Behälters entsprechend ausgeführt sein muss. Üblicherweise weist ein Ultraschallwandler eine ebene Fläche des Emitters auf, welche somit nicht direkt auf die runde Wand aufgebracht werden kann. Daher ist ein Bauteil, welches auf der einen Seite sich optimal an die Rundung des zylindrischen Behälters anschmiegt und auf der anderen Seite eine ebene Fläche zur Aufnahme des Schallüberträgers aufweist, optimal. Bevorzugt ist der Schallüberträger aus Metall, da Metall ein sehr guter Schallleiter ist. Aus technischen Gründen ist der Behälter des Wärmetauschers optimaler Weise aus Stahl gefertigt. Der Schallüberträger kann aus einem anderen Metall gefertigt sein, insbesondere da der Schallüberträger nicht in Kontakt mit Wasser kommt. Hier kann das Material des Schallüberträgers zur Optimierung der Bearbeitung gewählt werden, beispielsweise kann der Schallüberträger aus Aluminium gefertigt werden.

**[0014]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Wärmetauscher eine erste Gruppe von ersten Ultraschallwandlern auf, wobei alle ersten Ultraschallwandler über den ersten Schallüberträger mit dem Behälter schallübertragend verbunden sind. Der Wärmetauscher weist ferner eine zweite Gruppe von zweiten Ultraschallwandlern auf, wobei alle zweiten Ultraschallwandler über den zweiten Schallüberträger mit dem Behälter schallübertragend verbunden sind. Beispielsweise und insbesondere sind die Schallüberträger stabförmig ausgebildet und zur Montage in Längsrichtung des Behälters geformt.

**[0015]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Wärmetauscher eine dritte Gruppe von dritten Ultraschallwandlern auf, wobei alle dritten Ultraschallwandler über einen dritten Schallüberträger mit dem Behälter schallübertragend verbunden sind. Die Gruppen von Ultraschallwandlern sind in Längsrichtung des Wärmetauschers angeordnet. Bevorzugt wird zwischen den Gruppen jeweils einen Winkel von  $120^\circ \pm 20^\circ$

gebildet. Die Summe aller Winkel ergibt  $360^\circ$ .

**[0016]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Wärmetauscher ein Rohrbündelwärmetauscher.

**[0017]** In einer weiteren alternativen Ausführungsform der Erfindung sind der erste Ultraschallwandler und der zweite Ultraschallwandler im Inneren des Wärmetauschers angeordnet. Bevorzugt ist der Wärmetauscher ein Rohrbündelwärmetauscher. In diesem Fall kann der erste Ultraschallwandler und der zweite Ultraschallwandler länglich ausgeführt und parallel zwischen den Rohren des Rohrbündelwärmetauschers angeordnet sein. Dieses hat den Vorteil, dass der Ultraschall direkt in den Wärmetauscher eingebracht wird. Nachteilig ist hingegen, dass für die Energiezuführung Druckkörperdurchführungen vorgehalten werden müssen. Zum anderen kann es zu einem Kontakt zwischen den Ultraschallwandler und dem Umgebungswasser kommen.

**[0018]** Selbstverständlich kann ein Wärmetauscher Ultraschallwandler sowohl im Inneren als auch an der Außenseite aufweisen.

**[0019]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Wärmetauscher ein Rohrbündelwärmetauscher, wobei im Bereich der Einlaufzone und der Auslaufzone weitere Ultraschallwandler angeordnet sind. Die Einlaufzone und die Auslaufzone eines Rohrbündelwärmetauschers sind die Bereiche, in welchen Fluid in die parallel nebeneinander liegenden Rohre geleitet beziehungsweise aus diesen entnommen wird. Diese Bereiche weisen ein erhöhtes Potenzial zum Anwachsen von Organismen auf. Somit ist es vorteilhaft gerade in diesen Bereichen mehr Energie einzutragen, was durch eine Erhöhung der Anzahl der Ultraschallwandler leicht realisierbar ist. Beispielsweise und insbesondere wird die Anzahl der Ultraschallwandler im Bereich der Einlaufzone und der Auslaufzone verdoppelt.

**[0020]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die Ultraschallwandler zur Abgabe wenigstens einer Frequenz von Ultraschall im Frequenzbereich von 20 kHz bis 1 MHz, bevorzugt von 20 kHz bis 120 kHz, besonders bevorzugt von 20 kHz bis 50 kHz, ausgebildet.

**[0021]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die Ultraschallwandler zur Abgabe verschiedener Frequenzen ausgebildet, wobei sich die Frequenzen der verschiedenen Ultraschallwandler um höchstens 10 %, bevorzugt um höchstens 2 %, besonders bevorzugt um höchstens 0,5 % unterscheiden. Beispielhaft und bevorzugt unterscheidet sich die Frequenz der verschiedenen Ultraschallwandler um 1 Hz multipliziert mit der Anzahl der Ultraschallwandler. Durch die leicht unterschiedlichen Frequenzen kommt es zu Schwebungen, wodurch das Überlagerungsmuster der verschiedenen Ultraschallwellen sich ändert und jeweils in anderen räumlichen Bereichen zu Energiespitzen und damit zu Kavitäten und damit zum Reinigungseffekt führt. Hierdurch kann eine Vergleichmäßigung der Reinigungswirkung über alle Bereiche des Wärmetauschers erreicht werden.

**[0022]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der erste Ultraschallwandler zur Abgabe einer ersten festen Frequenz und der zweite Ultraschallwandler zur Abgabe einer zweiten, veränderlichen Frequenz ausgebildet.

**[0023]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die Ultraschallwandler zur Abgabe verschiedener Frequenzen ausgebildet, wobei die Frequenzen der einzelnen Ultraschallwandler zyklisch rotierend verändert werden.

**[0024]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die Ultraschallwandler derart ansteuerbar, so dass die Phase der emittierten Ultraschallwellen einstellbar ist.

**[0025]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das Wasserfahrzeug einen ersten Drucksensor und einen zweiten Drucksensor im zweiten Fluid auf, wobei der erste Drucksensor vor dem Wärmetauscher und der zweite Drucksensor hinter dem Wärmetauscher angeordnet sind. Hierdurch ist der Druckverlust über den Wärmetauscher ermittelbar. Anwachsen von Kalkschichten oder Mikroorganismen führen zu einer Verringerung des durchströmten Querschnitts und damit einem erhöhten Druckverlust.

**[0026]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das Wasserfahrzeug eine Ansteuervorrichtung zur Ansteuerung des ersten Ultraschallwandler und des zweiten Ultraschallwandler auf, wobei die Steuervorrichtung zur Änderung der Phasenlage der emittierten Ultraschallwellen des ersten Ultraschallwandler das relativ zu den emittierten Ultraschallwellen des zweiten Ultraschallwandler ausgebildet ist. Je nach Phasenlage der emittierten Ultraschallwellen bilden sich verschiedene Interferenzmuster aus wobei an verschiedenen Stellen maximal erreicht werden, in welchen sich besonders Kavitäten bilden und somit es zu einer Erhöhung der Reinigungswirkung kommt. Durch die Veränderung der Phasenlage verändert man das Interferenzmuster und somit den Bereich in dem eine maximale Reinigungswirkung erzielt wird.

**[0027]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Wärmetauscher eine Länge von 2 m bis 4 m und einen Durchmesser von 0,5 m bis 1 m auf.

**[0028]** Besonders bevorzugt ist das Unterseeboot ein militärisches Unterseeboot.

**[0029]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Reinigung eines Wärmetauschers an Bord eines erfindungsgemäßen Wasserfahrzeugs, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- a) Feststellen einer Verschmutzung des Wärmetauschers,
- b) Emittieren von Ultraschall mittels des ersten Ultraschallwandlers und des zweiten Ultraschallwandlers zur Reinigung des Wärmetauschers.

**[0030]** Da an Bord eines Wasserfahrzeugs, insbesondere eines Unterseeboots eine automatische oder regel-

mäßige Reinigung nicht möglich ist, um im Falle einer Mission Position des Wasserfahrzeug, insbesondere des Unterseebootes, nicht durch die Geräuschemission zu verraten, ist daher der Verschmutzungsgrad des Wärmetauschers zu Beginn einer Reinigung unbekannt. Es ist daher zu Beginn der Reinigung nicht erkennbar, ob eine Reinigung benötigt wird oder in welchem Umfang eine Reinigung benötigt wird. Daher ist zunächst das Feststellen einer Verschmutzung, der Grad der Verschmutzung oder auch die Position einer Verschmutzung notwendig.

**[0031]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das Feststellen einer Verschmutzung des Wärmetauschers in Schritt a) die folgenden Schritte auf:

- c) Emittieren eines ersten Ultraschallsignals mit dem ersten Ultraschallwandler,
- d) Empfangen eines veränderten ersten Ultraschallsignals mit dem zweiten Ultraschallwandler.

**[0032]** Anhaftungen, zum Beispiel Kalk oder Mikroorganismen, beeinflussen den Schall und führen aufgrund verschobener Phasenübergänge auch zu anderen Interferenzen. Hierdurch ist die Detektion mittels Ultraschall vergleichsweise gut möglich. Durch die Verwendung wenigstens eines Ultraschallwandlers als Sender und eines anderen Ultraschallwandler als Empfänger kann so eine Verschmutzung detektiert werden. Bevorzugt kann anschließend die Funktionalität umgedreht werden, sodass der zweite Ultraschallwandler als Emittierer und der erste Ultraschallwandler als Empfänger arbeiten. Weiter bevorzugt wird auch ein dritter Ultraschallwandler als Emittierer und/oder Empfänger verwendet.

**[0033]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das Feststellen einer Verschmutzung des Wärmetauschers in Schritt a) die folgenden Schritte auf:

- e) Messen eines ersten Drucks mittels des ersten Drucksensors,
- f) Messen eines zweiten Drucks mittels des zweiten Drucksensors,
- g) Ermitteln der Differenz zwischen dem ersten Druck und den zweiten Druck,
- h) Vergleichen der Differenz mit einer Toleranzschwelle.

**[0034]** Dieses Verfahren hat den großen Vorteil, dass kontinuierlich und ohne Geräuschemission durchführbar ist. Insbesondere kann dieses zusätzlich zu den vorgenannten Verfahrensschritten durchgeführt werden.

**[0035]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird in Schritt b) Ultraschall mittels eines dritten Ultraschallwandler zur Reinigung des Wärmetauschers emittiert, wobei die Phasenbeziehung der durch den ersten Ultraschallwandler, den zweiten Ultraschallwandler und den dritten Ultraschallwandler emittierten Ultraschallwellen variiert wird. Durch diese Variation der Phasenbeziehung ist es möglich, Energiemaxima durch die

Überlagerung der Ultraschallwellen örtlich zu variieren und somit die Bereiche optimaler Reinigung zu verändern und somit alle Bereiche des Wärmetauschers vollständig zu reinigen.

**[0036]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung erfolgt in Schritt b) ein höherer Energieeintrag in die Einlaufzone und oder Auslaufzone des Wärmetauschers mittels Ultraschall erfolgt. Da hier ein erhöhter Reinigungsbedarf zu erwarten ist, ist es zielführend diese Bereiche besonders viel Energie einzutragen, um eine Beschleunigung der Reinigung zu erzielen.

**[0037]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird vor oder während Schritt b) ein Reinigungsfluid dem zweiten Fluid zugegeben. Besonders bevorzugt handelt es sich um ein vollständig umweltverträgliches Reinigungsfluid, da dieses unverändert an die Umgebung abgegeben wird.

**[0038]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird das Verfahren zu missionsunkritischer Zeit, insbesondere bei Überführungsfahrten oder Liegezeiten, durchgeführt. Eine Durchführung während einer Überführungsfahrt hat zusätzlich den weiteren Vorteil, dass auch Mikroorganismen abgetötet werden, welche durch das aufgenommene Umgebungswasser ansonsten in andere Bereiche transportiert werden könnten. Durch die Aufnahme von Meerwasser ist ein ungewollter Transport von biologischen Material und damit die Überführung von Arten in nicht artspezifische Bereiche möglich. Durch die Ultraschallreinigung wird dieses Material abgetötet, eine Kontamination kann dadurch vermieden werden.

**[0039]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das Verfahren zusätzlich die folgenden Schritte auf:

- i) Emittieren eines dritten Ultraschallsignals mit einem dritten Ultraschallwandler,
- j) Empfangen eines veränderten dritten Ultraschallsignals mit dem zweiten Ultraschallwandler,
- k) lokalisieren einer Verunreinigung aus den in Schritt d) und Schritt j) empfangenen Daten.

**[0040]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung des Verfahrens werden Frequenz und/oder Phase der von den Ultraschallern emittierten Ultraschallwellen mit der Zeit verändert und die Verunreinigung in Abhängigkeit von Frequenz und/oder Phase bestimmt. Durch Variationen, insbesondere durch zufällige Variationen, wird die Reinigungswirkung in Abhängigkeit von Frequenz und/oder Phase bestimmt und gespeichert. Beim nächsten Reinigungszyklus verwendet das System den optimalen Betriebspunkt der letzten Reinigung als Startpunkt. Optional und bevorzugt erfolgt anschließend erneut eine zufällige Anpassung von Frequenz und/oder Phase und das Ergebnis der Reinigungswirkung bestimmt und die Abhängigkeit gespeichert. Auf diese Weise kann das System sich selber anpassen. Besonders bevorzugt wird zusätzlich auch die geografische Position

des Wasserfahrzeugs gespeichert und berücksichtigt. Da in verschiedenen Meeresbiotopen unterschiedliche Bedingungen vorliegen, kann sich insbesondere der Bewuchs stark unterscheiden und somit unterschiedliche Reinigungsprozeduren bevorzugen.

**[0041]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird das Verfahren automatisiert durchgeführt, insbesondere wird das Verfahren auf einem selbstlernenden System durchgeführt.

**[0042]** Nachfolgend ist der erfindungsgemäße Wärmetauscher anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Fig. 1 Wärmetauscher im Längsschnitt

Fig. 2 Schallüberträger im Querschnitt

Fig. 3 Rohrbündelwärmetauscher im Querschnitt

Fig. 4 Rohrbündelwärmetauscher mit drei Querschnitten

Fig. 5 Rohrbündelwärmetauscher mit internen Ultraschallwandlern

**[0043]** In Fig. 1 ist ein Wärmetauscher 10 im Längsschnitt gezeigt. Seitlich an der Außenwand befinden sich zwei Schallüberträger 30, an welchen jeweils eine Gruppe von jeweils vier Ultraschallwandlern 20 angeordnet sind.

**[0044]** Fig. 2 zeigt einen Schallüberträger 30 im Querschnitt mit einem Ultraschallwandler 20. Gut erkennbar ist die Krümmung des Schallüberträgers 30, mit welcher dieser sich an die Außenwand des Wärmetauschers 10 anschließen kann.

**[0045]** In Fig. 3 ist ein Querschnitt eines Wärmetauschers 10 in Form eines Rohrbündelwärmetauschers gezeigt. Hier sind vier Gruppen von Ultraschallwandler 20 auf vier Schallüberträger 30 rechtwinklig zueinander angeordnet. Im Inneren des Wärmetauschers 10 sind verschiedene Rohre 40 angeordnet. Zwischen dem in den Rohren 40 fließenden zweiten Fluid und den innerhalb des Wärmetauschers 10 außerhalb der Rohre 40 fließenden ersten Fluid kommt es zu einer Wärmeübertragung.

**[0046]** Fig. 4 zeigt drei getrennte Querschnitte durch einen Wärmetauscher 10. Der obere Querschnitt zeigt den Einlauf, der untere Querschnitt zeigt den Auslauf in die Rohre 40. Da hier mit einer verstärkten Verschmutzung zu rechnen ist, ist die Anzahl der Ultraschallwandler 20 in diesen Bereichen verdoppelt. Zur Montage der Ultraschallwandler 20 in diesen Bereichen ist dem entsprechend auch die Anzahl der Schallüberträger 30 verdoppelt.

**[0047]** Die in Fig. 3 und Fig. 4 gezeigten Beispiele weisen einen Winkel von jeweils 90 ° zwischen den vier Ultraschallwandlern 20, beziehungsweise einen Winkel von jeweils 45 ° bei acht Ultraschallwandlern 20 auf. Es können jedoch auch bevorzugt drei Ultraschallwandler 20 in einem Winkel von 120 °, beziehungsweise sechs Ultraschallwandler 20 in einem Winkel von 60 ° eingesetzt werden.

**[0048]** Fig. 5 zeigt in einem Beispiel, in welchem drei Ultraschallwandler 20 im Inneren des Wärmetauschers 10 zwischen den Rohren 40 angeordnet sind.

**[0049]** Bezugszeichen

- 10 Wärmetauscher
- 20 Ultraschallwandler
- 30 Schallüberträger
- 40 Rohr

#### Patentansprüche

1. Wasserfahrzeug mit einem Wärmetauscher (10), wobei der Wärmetauscher (10) einen ersten Bereich für ein erstes Fluid und einen zweiten Bereich für ein zweites Fluid aufweist, wobei der zweite Bereich mit der Bootsumgebung verbindbar ist und das zweite Fluid Umgebungswasser ist, wobei der Wärmetauscher (10) einen ersten Ultraschallwandler (20) und einen zweiten Ultraschallwandler (20) aufweist, wobei der erste Ultraschallwandler (20) und der zweite Ultraschallwandler (20) zur Umwandlung von elektrischer Energie in Ultraschall ausgebildet sind, wobei wenigstens der zweite Ultraschallwandler (20) zur Umwandlung von Ultraschall in elektrische Energie ausgebildet ist.
2. Wasserfahrzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher (10) einen zylindrischen Behälter aufweist, wobei der erste Ultraschallwandler (20) und der zweite Ultraschallwandler (20) außerhalb des Behälters angeordnet sind, wobei der Behälter und der erste Ultraschallwandler (20) schallübertragend mittels eines ersten Schallüberträgers (30) verbunden sind, wobei der Behälter und der zweite Ultraschallwandler (20) schallübertragend mittels eines zweiten Schallüberträgers (30) verbunden sind.
3. Wasserfahrzeug nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher (10) eine erste Gruppe von ersten Ultraschallwandler (20) aufweist, wobei alle ersten Ultraschallwandler (20) über den ersten Schallüberträger (30) mit dem Behälter schallübertragend verbunden sind, wobei der Wärmetauscher (10) eine zweite Gruppe von zweiten Ultraschallwandlern (20) aufweist, wobei alle zweiten Ultraschallwandler (20) über den zweiten Schallüberträger (30) mit dem Behälter schallübertragend verbunden sind.
4. Wasserfahrzeug nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher (10) eine dritte Gruppe von dritten Ultraschallwandlern (20) aufweist, wobei alle dritten Ultraschallwandler (20) über einen dritten Schallüberträger (30) mit dem Behälter schallübertragend verbunden sind, wobei die

Gruppen von Ultraschallwandlern (20) in Längsrichtung des Wärmetauschers (10) angeordnet sind, wobei zwischen den Gruppen jeweils ein Winkel von  $120^\circ \pm 20^\circ$  gebildet wird.

5. Wasserfahrzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Ultraschallwandler (20) und der zweite Ultraschallwandler (20) im Inneren des Wärmetauschers (10) angeordnet sind.
6. Wasserfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher (10) ein Rohrbündelwärmetauscher ist, wobei der erste Ultraschallwandler (20) und der zweite Ultraschallwandler (20) länglich ausgeführt sind, wobei der erste Ultraschallwandler (20) und der zweite Ultraschallwandler (20) parallel zwischen den Rohren des Rohrbündelwärmetauschers angeordnet sind.
7. Wasserfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Wasserfahrzeug einen ersten Drucksensor und einen zweiten Drucksensor im zweiten Fluid aufweist, wobei der erste Drucksensor vor dem Wärmetauscher (10) und der zweite Drucksensor hinter dem Wärmetauscher (10) angeordnet sind.
8. Wasserfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Wasserfahrzeug eine Ansteuervorrichtung zur Ansteuerung des ersten Ultraschallwandler (20) und des zweiten Ultraschallwandler (20) aufweist, wobei die Steuervorrichtung zur Änderung der Phasenlage der emittierten Ultraschallwellen des ersten Ultraschallwandler (20) das relativ zu den emittierten Ultraschallwellen des zweiten Ultraschallwandler (20) ausgebildet ist.
9. Verfahren zur Reinigung eines Wärmetauschers (10) an Bord eines Wasserfahrzeugs nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
  - a) Feststellen einer Verschmutzung des Wärmetauschers (10),
  - b) Emittieren von Ultraschall mittels des ersten Ultraschallwandlers und des zweiten Ultraschallwandlers (20) zur Reinigung des Wärmetauschers (10).
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Feststellen einer Verschmutzung des Wärmetauschers (10) in Schritt a) die folgenden Schritte aufweist:
  - c) Emittieren eines ersten Ultraschallsignals mit

dem ersten Ultraschallwandler (20),  
 d) Empfangen eines veränderten ersten Ultraschallsignals mit dem zweiten Ultraschallwandler (20).

5

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Feststellen einer Verschmutzung des Wärmetauschers (10) in Schritt a) die folgenden Schritte aufweist:

10

e) Messen eines ersten Drucks mittels des ersten Drucksensors,  
 f) Messen eines zweiten Drucks mittels des zweiten Drucksensors,  
 g) Ermitteln der Differenz zwischen dem ersten Druck und den zweiten Druck,  
 h) Vergleichen der Differenz mit einer Toleranzschwelle.

15

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt b) Ultraschall mittels eines dritten Ultraschallwandler (20) zur Reinigung des Wärmetauschers (10) imitiert wird, wobei die Phasenbeziehung der durch den ersten Ultraschallwandler (20), den zweiten Ultraschallwandler (20) und den dritten Ultraschallwandler (20) emittierten Ultraschallwellen variiert wird.

20

25

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt b) ein höherer Energieeintrag in die Einlaufzone und oder Auslaufzone des Wärmetauschers (10) mittels Ultraschall erfolgt.

30

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor oder während Schritt b) ein Reinigungsfluid dem zweiten Fluid zugegeben wird.

35

15. Verfahren nach Anspruch 10 und einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren zusätzlich die folgenden Schritte aufweist:

40

i) Emittieren eines dritten Ultraschallsignals mit einem dritten Ultraschallwandler (20),  
 j) Empfangen eines veränderten dritten Ultraschallsignals mit dem zweiten Ultraschallwandler (20),  
 k) lokalisieren einer Verunreinigung aus den in Schritt d) und Schritt j) empfangenen Daten.

45

50

55

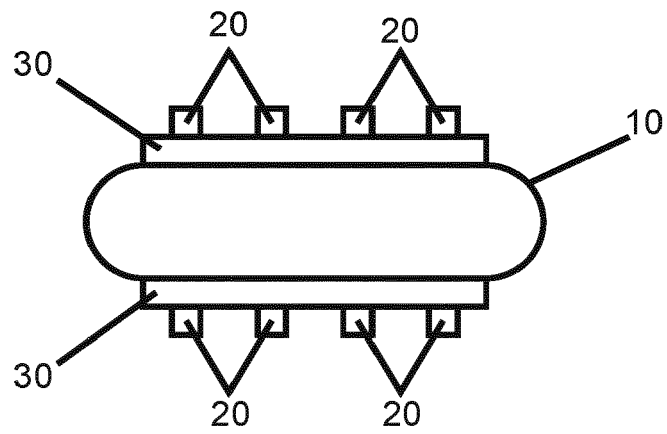


Fig. 1

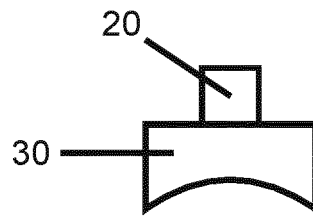


Fig. 2

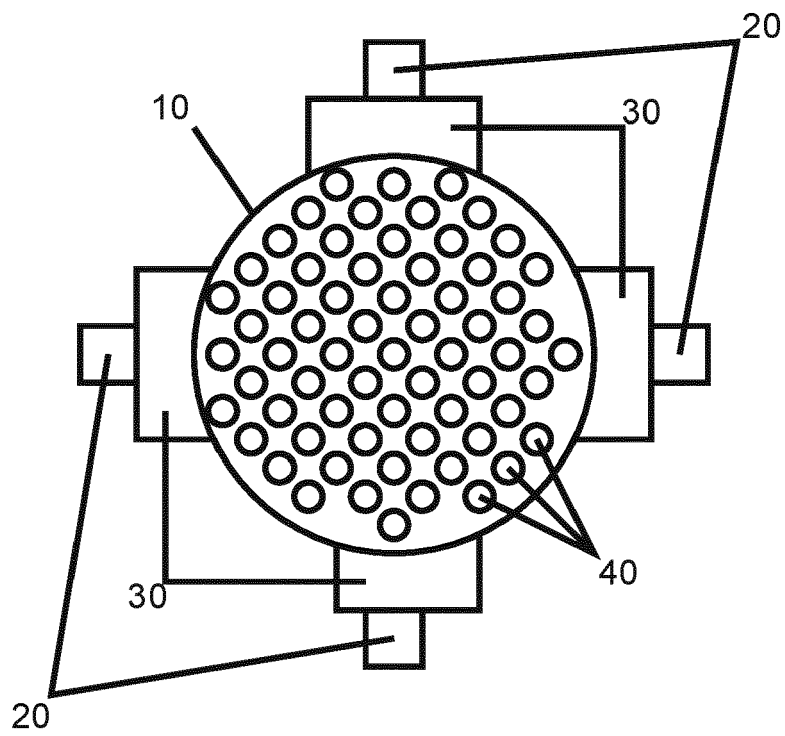


Fig. 3



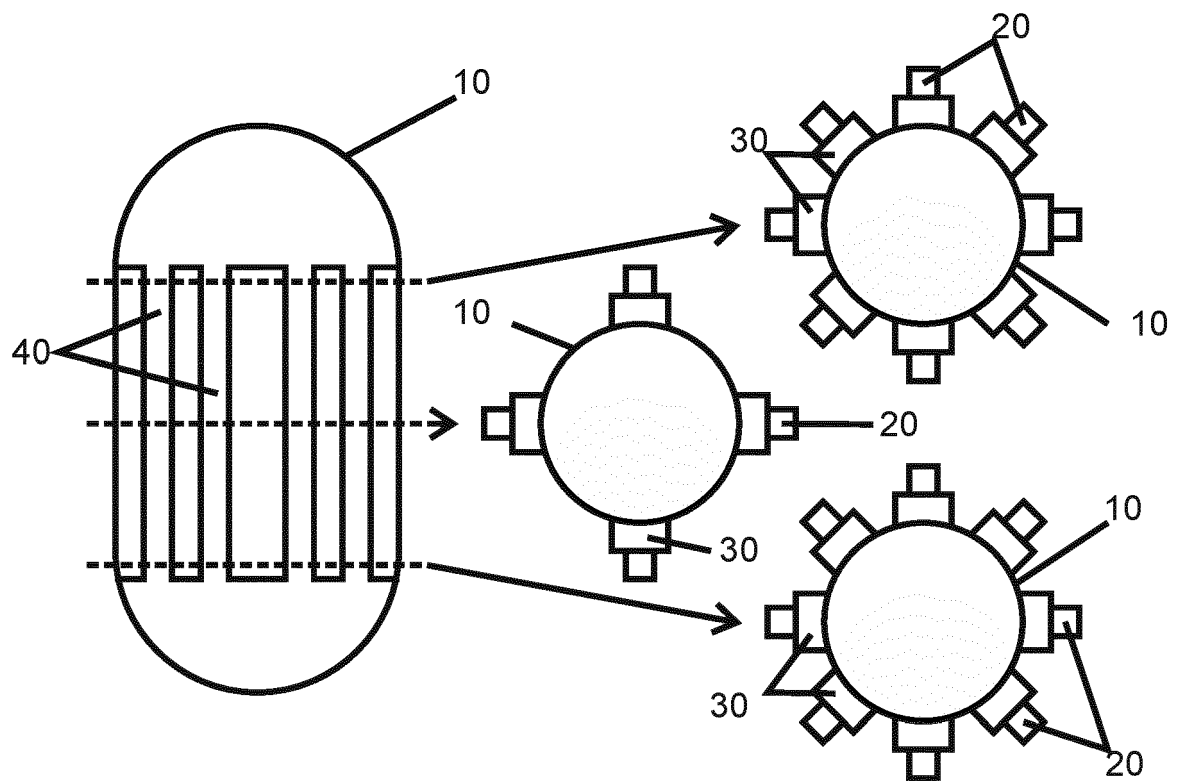


Fig. 4

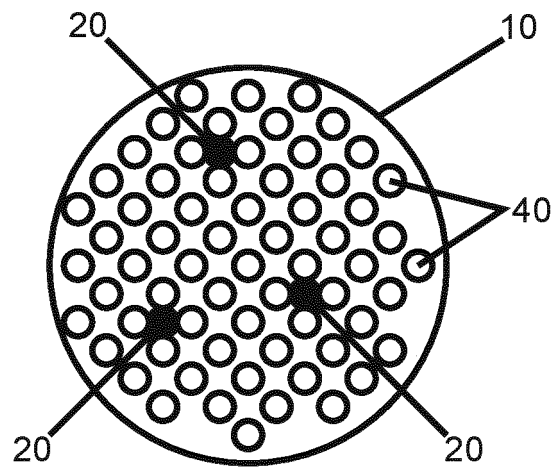


Fig. 5



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
 EP 20 16 0533

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	DE 39 08 573 A1 (LAUKIEN GUENTHER [DE]) 20. September 1990 (1990-09-20) * Spalte 1, Zeile 6 - Zeile 8 * * Spalte 3, Zeilen 12-18 * * Ansprüche 1,3,4 * * Abbildungen *	1-15	INV. B63G8/36 B08B3/12 B08B7/02 F28G7/00
Y	WO 2017/194839 A1 (ALTUM TECH OY [FI]) 16. November 2017 (2017-11-16) * Seite 8, Zeile 30 - Seite 9, Zeile 6 * * Ansprüche 1, 4, 9 * * Seite 2, Zeilen 14-20 *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B63G B08B F28F F28G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>9. Juli 2020</b>	Prüfer <b>Barré, Vincent</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 16 0533

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-07-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 3908573	A1	20-09-1990	KEINE	
	-----				
15	WO 2017194839	A1	16-11-2017	CA 3024164 A1	16-11-2017
				CN 109564078 A	02-04-2019
				EP 3455576 A1	20-03-2019
				FI 127711 B	31-12-2018
				JP 2019522173 A	08-08-2019
20				US 2019111457 A1	18-04-2019
				WO 2017194839 A1	16-11-2017
	-----				
25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82