

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. August 2013 (08.08.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/113681 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B63H 1/18 (2006.01) *B63H 3/00* (2006.01)
B63H 21/22 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/051636

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Januar 2013 (29.01.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102012201539.6 2. Februar 2012 (02.02.2012) DE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: HOFFMANN, Joachim; Kanalweg 32 B, 90559 Burgthann (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,

KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

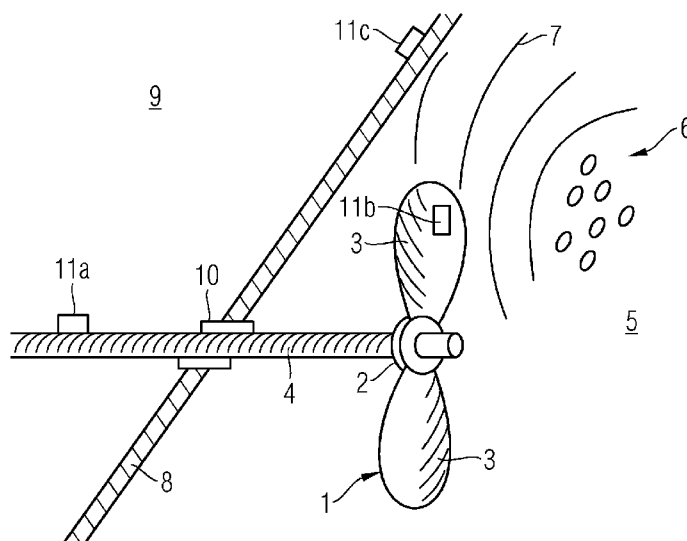
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(54) Title: METHOD FOR THE OPERATION OF A MARINE PROPELLER

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES SCHIFFSPROPELLERS

FIG 2



(57) Abstract: The invention relates to a method for the operation of a marine propeller (1) comprising the following steps: - detection, by means of a sensor (11), of noise on a solid body (1, 4, 8) caused by gas cavitation and/or pseudocavitation, - transmission of a measurement signal of the sensor (11) by means of a contactless transmission method from the sensor (11) to a signal processing unit, and - generation of control commands by the signal processing unit depending on the received measurement signal to change the propeller speed by means a drive motor and/or to change the angle of attack of the blade of the marine propeller (1) by means of an actuator.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Schiffspropellers (1), umfassend folgende Schritte: - Detektieren, mittels eines Sensors (11), eines durch Gaskavitation und/oder Pseudokavitation hervorgerufenen Rauschens an einem Festkörper (1, 4, 8), - Übertragen eines Messsignals des Sensors (11) durch ein kontaktloses Übertragungsverfahren von dem Sensor (11) zu einer Signalverarbeitungseinheit, und - Erzeugen von Steuerbefehlen, durch die Signalverarbeitungseinheit und in Abhängigkeit vom empfangenen Messsignal, zur Veränderung der Propeller-Drehzahl durch einen Antriebsmotor und/oder zur Veränderung des

Blattanstellwinkels des Schiffspropellers (1) durch einen Stellmotor.

WO 2013/113681 A1

Beschreibung

Verfahren zum Betreiben eines Schiffspropellers

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Schiffspropellers.

10 Unter Kavitation versteht man im Allgemeinen die Bildung von Hohlräumen in einer Flüssigkeit. Im Falle der hydrodynamischen Kavitation wird diese Hohlräum-
bildung durch eine strömungsbedingte Änderung des statischen Drucks in der Flüssigkeit verursacht.

15 Jedes durch Wasser bewegte Objekt ruft ab einer bestimmten Geschwindigkeit Kavitation hervor. Beim Betrieb eines Schiffspropellers, im Allgemeinen auch als „Schiffsschraube“ bezeichnet, wird ab einer bestimmten Drehzahl Kavitation beobachtet. Kavitation stellt in den meisten Fällen ein Problem dar, da die daraus resultierenden Druckstöße im Wasser Korrosion und Erosion der Propellerblätter zur Folge haben können.
20 Außerdem kann das Kavitationsgeräusch bei verschiedenen Anwendungen stören und zu betrieblichen Einschränkungen führen. So kann bei einem Einsatz eines propellergetriebenen Schiffes als Forschungsschiff das Kavitationsgeräusch Messungen im
25 Wasser stören. Weiterhin kann dieses Geräusch Meerestiere stören, wodurch beispielsweise der Bewegungsradius von Kreuzfahrtschiffen oder Fähren eingeschränkt sein kann. Das Kavitationsgeräusch erlaubt auch eine akustische Ortung eines Schiffes, was z.B. bei einem Unterseeboot unerwünscht sein
30 kann.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Verfahren zum Betreiben eines Schiffspropellers anzugeben.

35 Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und eine Vorrichtung nach Anspruch 4.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben eines Schiffspropellers umfasst folgende Schritte: Detektieren eines durch Gaskavitation und/oder Pseudokavitation hervorgerufenen Rauschens an einem Festkörper durch einen Sensor; Übertragen eines Messsignals des Sensors durch ein kontaktloses Übertragungsverfahren von dem Sensor zu einer Signalverarbeitungseinheit, d.h. eine Auswerteeinheit; und Erzeugen von Steuerbefehlen zur Veränderung der Drehzahl des Propellers durch einen Antriebsmotor und/oder zur Veränderung des Blattanstellwinkels des Schiffspropellers durch einen Stellmotor. Die Steuerbefehle werden dabei durch die Signalverarbeitungseinheit erzeugt, und zwar in Abhängigkeit vom empfangenen Messsignal.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Betreiben eines Schiffspropellers umfasst eine Sensoreinheit, eine Signalübertragungseinheit und eine Signalverarbeitungseinheit. Der Sensor ist in der Lage, ein durch Gaskavitation und/oder Pseudokavitation hervorgerufenes Rauschen an einem Festkörper zu detektieren. Die Signalübertragungseinheit ist zur kontaktlosen Übertragung eines Messsignals von dem Sensor zu einer Signalverarbeitungseinheit geeignet. Die Signalverarbeitungseinheit ist zum Erzeugen von Steuerbefehlen an einen Antriebsmotor zur Veränderung der Propeller-Drehzahl und/oder an einen Stellmotor zur Veränderung des Blattanstellwinkels des Schiffspropellers geeignet, wobei die Steuerbefehle in Abhängigkeit vom empfangenen Messsignal generiert werden.

Die vorliegende Erfindung nutzt die Tatsache, dass bei der hydrodynamischen Kavitation in der Regel drei verschiedene Arten von Kavitation beobachtet werden: einerseits die als „harte Kavitation“ oder „kaltes Sieden“ bezeichnete Dampfkavitation, andererseits die unter dem Begriff „weiche Kavitation“ zusammengefassten Arten der Gaskavitation und der Pseudokavitation; siehe z.B. Sauer, Jürgen: Instationär kavitierende Strömungen - Ein neues Modell, basierend auf Front Capturing (VoF) und Blasendynamik; Dissertation, Fakultät für

Maschinenbau, Universität Karlsruhe (TH), 2000,
<http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/3122000>.

Dampfkavitation beschreibt die Bildung dampfgefüllter Hohlräume (= Dampfblasen) aufgrund einer Abnahme des statischen Drucks der Flüssigkeit: Nach dem Gesetz von Bernoulli ist der statische Druck einer Flüssigkeit umso geringer, je höher die Geschwindigkeit der strömenden Flüssigkeit ist. Fällt der statische Druck der Flüssigkeit unter deren Verdampfungsdruck, bilden sich Dampfblasen. Die Dampfblasen werden anschließend meist mit der strömenden Flüssigkeit in Gebiete höheren Druckes mitgerissen. Überschreitet der statische Druck den Dampfdruck wieder, brechen die Dampfblasen implodionsartig, praktisch mit Schallgeschwindigkeit, zusammen.

15 Durch einen zusammenstürzenden Hohlraum können sehr hohe Druckstöße entstehen. Daneben tritt beim Implodieren in der Regel ein Kavitationsgeräusch auf, da ein Teil der freiwerdenden Energie in Form von Schallwellen abgegeben wird.

20 Der Gaskavitation dagegen liegt ein anderes Phänomen zugrunde: Mit der Abnahme des statischen Drucks der Flüssigkeit verringert sich auch die Löslichkeit eines in der Flüssigkeit gelösten Gases, z.B. von Luft. Beim Übergang von gelöstem Gas durch Diffusion in den ungelösten Zustand bilden sich in der Flüssigkeit kleine gasgefüllte Hohlräume. Bei der Gaskavitation erfolgt also eine vom Sättigungsdruck abhängige Ausdiffusion der in der Flüssigkeit gelösten Gase.

Bei der Pseudokavitation, bei der es sich - wie bereits die Vorsilbe „pseudo“ andeutet - im eigentlichen Sinne um keine „Bildung“ von Hohlräumen in einer Flüssigkeit handelt, vergrößern in der Flüssigkeit bereits vorhandene, durch ihre mikroskopisch geringe Ausdehnung aber bisher unbemerkt gebliebene Gasbläschen aufgrund einer Abnahme des statischen Drucks der Flüssigkeit ihr Volumen. Die Pseudokavitation bezeichnet also keine „Bildung“ von Hohlräumen, sondern eine „Aufweitung“ von Gasblasen der in der Flüssigkeit ungelösten Gase infolge einer Druckabsenkung.

Nur bei völlig entgasten und gereinigten Flüssigkeiten füllen sich die Hohlräume ausschließlich mit Dampf. In der Praxis, d.h. in realen Strömungen, tritt Kavitation in der Regel als
5 eine Kombination von Gas-, Pseudo- und Dampf-Kavitation auf. Insbesondere treten die Gas- und die Dampfkavitation in einer Mischform auf. Zunächst wachsen an den sogenannten Kavitationskeimen Blasen durch Gaskavitation und Pseudokavitation bis zu einem kritischen Radius an, mit dessen Erreichen und dem
10 damit einhergehenden Unterschreiten der Dampfdruckkurve dann Dampfkavitation einsetzt.

Obwohl alle drei genannten Kavitationsformen - Dampf-, Gas- und Pseudokavitation - praktisch gleichzeitig auftreten, haben sie eine sehr unterschiedliche Bedeutung in der Technik,
15 z.B. für den Schiffsbetrieb.

Im Hinblick auf ihr Schädigungspotential gegenüber einem Werkstoff, z.B. einem Metall, aus welchem der Schiffspropeller hergestellt ist, ist zu berücksichtigen, dass es sich bei
20 der Gaskavitation, verglichen mit der Dampfkavitation und der Pseudokavitation, um einen sehr langsamen Vorgang handelt. Bei der Gaskavitation erfolgt die erneute Lösung der Gasblasen in Bereichen höheren Druckes nicht schlagartig. Deshalb
25 führt die Gaskavitation in der Regel zu keiner Werkstoffschädigung; die Gasblasen wirken sogar wie eine Art Dämpfer, der den hochfrequenten Schlägen der Dampfkavitation entgegen wirkt, siehe Vortmann, Claas: Untersuchungen zur Thermodynamik des Phasenübergangs bei der numerischen Berechnung kavitierender Düsenströmungen; Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Karlsruhe (TH), 2001,
30 <http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/3202001>.

Ähnlich wie die Gaskavitation führt auch die Pseudokavitation
35 in der Regel zu keiner Schädigung eines Schiffspropellers, da die gasgefüllten Hohlräume lediglich wachsen und schrumpfen, aber nicht implodieren.

Auch im Hinblick auf die Geräuscentwicklung unterscheidet sich die Dampfkavitation erheblich von der Gas- und Pseudokavitation. Während die Druckstöße bei der Dampfkavitation zu einer relativ starken Geräuscentwicklung, dem charakteristischen Kavitationsgeräusch führen, rufen die beiden anderen Kavitationsarten, die Gas- und die Pseudokavitation, lediglich ein relativ leises Rauschen hervor.

Dampfkavitation und Gas-/Pseudokavitation unterscheiden sich in dem folgenden Punkt: Dampfkavitation tritt nur auf, wenn der statische Druck die Siedelinie in Richtung von der flüssigen Phase zu der gasförmigen Phase überschreitet. Gas- und Pseudokavitation, und damit deren „Rauschen“, tritt dagegen prinzipiell immer auf, wenn sich der Druck im Wasser ändert. Allerdings sind der Siedepunkt und die Gaslöslichkeit miteinander gekoppelt: In der Vorstufe zur Dampfkavitation verringert sich die Gaslöslichkeit, so dass das gelöste Gas entmischt wird. Die Gaslöslichkeit wird kurz vor dem Erreichen des Siedepunkts so stark herabgesetzt, dass eine starke Blasenbildung einsetzt, und damit ein detektierbares Rauschen. Der Entmischungsprozess führt also zum Rauschen, das detektiert werden soll.

Die Erfindung erlaubt es somit, ein drohendes, d.h. unmittelbar bevorstehendes Einsetzen der Dampfkavitation zu detektieren. Somit können rechtzeitig Gegenmaßnahme ergriffen und die unvorteilhaften Begleiterscheinungen der Dampfkavitation vermieden werden.

Dabei wird die Messung des durch die Gas- und/oder Pseudokavitation hervorgerufenen Rauschens nicht durch eine akustische oder Druckmessung in der den Schiffspropeller umgebenden flüssigen Phase durchgeführt, sondern durch ein Abgreifen akustischer Signale an einem Festkörper wie dem Propeller selbst, an einer Propellerwelle oder an einer den Schiffsrumpf betreffenden Schiffshaut, d.h. an einem Festkörper in der Umgebung der flüssigen Phase. Das durch die Gas- und/oder Pseudokavitation hervorgerufene Rauschen wird auf einem als

akustischer Leiter wirkendem Festkörper, z.B. der Antriebswelle, akustisch gemessen; dabei werden Gas- und/oder Pseudokavitation durch eine Rotation des Schiffspropellers in der flüssigen Phase hervorgerufen.

5

Im Gefahrenfall, z.B. in der Nähe eines feindlichen Ortungsschiffes, muss ein Wasserfahrzeug, z.B. ein U-Boot, so schnell wie möglich den gegenwärtigen, eventuell bereits georteten Standort verlassen können, ohne Geräusche zu erzeugen, die eine Ortung des Wasserfahrzeugs ermöglichen. In einer solchen Situation bietet die Erfindung die Möglichkeit, die Geschwindigkeit des Wasserfahrzeugs, d.h. die Drehzahl des Schiffspropellers, unter Vermeidung von Dampfkavitation und einem damit einhergehenden Kavitationsgeräusch zu optimieren.

10
15

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen. Dabei kann das erfindungsgemäße Verfahren auch entsprechend den abhängigen Vorrichtungsansprüchen weitergebildet sein, und umgekehrt.

20

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens ist der Festkörper der Schiffspropeller und/oder eine zum Antreiben des Schiffspropellers dienende Propellerwelle und/oder eine Schiffshaut.

25

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens nutzt das kontaktlose Übertragungsverfahren elektromagnetische Wellen, vorzugsweise Radiowellen oder optische Wellen.

30

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens kann die Sensoreinheit an einem Wasserfahrzeug angeordnet werden, insbesondere an dem Schiffspropeller und/oder an einer zum Antrieb des Propellers dienenden Antriebswelle und/oder an einem Rumpf des Wasserfahrzeugs.

35

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird ein Sensor bereitgestellt, der zur Detektion eines durch Gaskavitation und/oder Pseudokavitation hervorgerufenen Rauschens in der Flüssigkeit geeignet ist, wird bei einer Detektion des besagten Rauschens ein Messsignal vom Sensor zu einer Signalverarbeitungseinheit gesendet, und erzeugt die Signalverarbeitungseinheit, ausgelöst durch einen Eingang des Messsignals, Daten, welche die Änderung mindestens einer Betriebsgröße des Schiffspropellers betreffen.

10

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird die besagte Detektion als ein Anzeiger für eine Änderung des statischen Druck in der Flüssigkeit genutzt.

15

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird die besagte Detektion zur Ermittlung eines Wertebereichs genutzt wird, innerhalb dessen ein Gehalt eines in der Flüssigkeit gelösten Gases liegt.

20

Auf der Vorderseite der Propellerblätter entsteht ein Überdruck (Schub), während auf der Rückseite der Propellerblätter ein Unterdruck (Hub) auftritt. Der Begriff „Schiffspropeller“ umfasst dabei alle Propeller, die zum Antrieb eines Wasserfahrzeugs dienen, z.B. eines Schiffes oder eines U-Boots. Im Fall des Betriebs eines Schiffspropellers dient das Rauschen der Gas- und Pseudokavitation als ein Hinweis dafür, dass sich der statische Druck der Flüssigkeit im Bereich des Propellers ändert. Insbesondere eine Verringerung des statischen Drucks ist dabei von Bedeutung, da dies ein bevorstehendes Einsetzen von Dampfkavitation bedeuten kann.

30

Wird das Rauschen detektiert und somit festgestellt, dass sich der statische Druck in der Flüssigkeit, insbesondere in dem das Wasserfahrzeug tragenden Wasser, verringert, kann beim Betrieb eines Schiffspropellers als eine mögliche Gegenmaßnahme die Drehzahl des Propellers verringert und/oder der Anstellwinkel zumindest eines Propellerblatts des Schiffspropellers verändert werden, um den Druck auf der Rückseite an-

35

zuheben und somit nicht in den Bereich der Dampfkavitation zu gelangen. Andere Maßnahmen zum Anheben des Drucks auf der Rückseite der Propellerblätter sind ein Einblasen von Wasser oder ein Öffnen von die Propellerblätter durchdringenden Kanälen, durch welche Wasser von der Überdruck- zur Unterdruck-
5 seite strömen kann.

Es ist möglich, dass bei der Anwendung des Verfahrens beim Betrieb eines Schiffspropellers ein Sensor bereitgestellt
10 wird, der das besagte Rauschen an einer Propellerwelle detektieren kann, die dem Antrieb des Schiffspropellers dient. Die Propellerwelle ist mit dem Propeller mechanisch fest verbunden, um ihn in Rotation versetzen zu können. Der Sensor kontaktiert vorzugsweise die Propellerwelle. Es ist auch mög-
15 lich, dass zumindest ein Teil des Sensors an der Welle befestigt ist.

Es ist möglich, dass bei der Anwendung des Verfahrens beim Betrieb eines Schiffspropellers ein Sensor bereitgestellt
20 wird, der das besagte Rauschen an einem Schiffsrumpf detektieren kann. Der Schiffsrumpf bildet dabei die äußere Hülle des Wasserfahrzeugs, das mithilfe des Schiffspropellers bewegt wird. Der Sensor kontaktiert vorzugsweise den Schiffsrumpf. Es ist auch möglich, dass zumindest ein Teil des Sen-
25 sors an dem Schiffsrumpf befestigt ist.

Es ist möglich, dass bei der Anwendung des Verfahrens beim Betrieb eines Schiffspropellers ein Sensor bereitgestellt
wird, der das besagte Rauschen an dem Schiffspropeller detek-
30 tieren kann. Der Sensor kontaktiert vorzugsweise den Propeller. Es ist auch möglich, dass zumindest ein Teil des Sensors an dem Propeller befestigt ist, z.B. an einem Propellerblatt.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Detektorvorrichtung
35 ist die Sensoreinheit an einem Wasserfahrzeug angeordnet, insbesondere an einem Propeller und/oder an einer den Propeller antreibenden Welle und/oder an einem Rumpf des Wasserfahrzeugs.

Da die Kavitationsbildung neben dem statischen Druck p in der Flüssigkeit und der Temperatur T der Flüssigkeit auch von n , d.h. der Anzahl bzw. der Konzentration der gelösten Gase in der Flüssigkeit abhängig ist, lässt sich mit diesem Verfahren der Gehalt bzw. Sättigungszustand von in Flüssigkeiten gelösten Gasen ableiten. Der Propeller provoziert die Gaskavitation und/oder Pseudokavitation und das dadurch hervorgerufene Rauschen in der Flüssigkeit. Hierzu wird die Umdrehungsgeschwindigkeit des Propellers vorzugsweise langsam gesteigert, bis der Punkt erreicht wird, an dem sich dann das typische Rauschen detektieren lässt. Durch den Einbau eines Propellers in ein Kühl- oder Heizsystem, z.B. eine Kühl- oder Heizwasserleitung, kann somit das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung der Gaskavitation und/oder Pseudokavitation eingesetzt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung umfasst diese Anwendung folgende weitere Schritte: Durchführen einer Kalibrierung, bei der zu verschiedenen Werten des Gehalts des in der Flüssigkeit gelösten Gases jeweils eine korrespondierende Grenzgeschwindigkeit ermittelt wird; und Speichern der korrespondierenden Wertepaare von Gasgehalt und Grenzgeschwindigkeit für einen nachfolgenden Schritt des besagten Ableitens. Durch den Schritt des Kalibrierens wird für unterschiedliche Gaskonzentrationen ermittelt, bei welcher Umdrehungsgeschwindigkeit des Propellers die Gas- und/oder Pseudokavitation und das dadurch hervorgerufene Rauschen in der Flüssigkeit auftritt. Die so ermittelten Wertepaare können, optional mit weiteren extra- bzw. interpolierten zusätzlichen Werten, in einer Speichereinheit gespeichert werden. Wird später für eine Flüssigkeit mit einem unbekanntem Gehalt an gelöstem Gas die Grenzgeschwindigkeit ermittelt, bei der die Gas- und/oder Pseudokavitation und das dadurch hervorgerufene Rauschen auftritt, so kann aus den abgespeicherten Wertepaaren der Wertebereich abgeleitet werden, in dem der Gehalt an gelöstem Gas liegt.

Es ist möglich, dass bei dieser Anwendung der Propeller in Intervallen betrieben wird oder nach Erreichen der Grenzschnelligkeit kontinuierlich bei dieser Grenzschnelligkeit betrieben wird. Man kann den Propeller kontinuierlich bei einer Grenzdrehungszahl permanent betreiben; überschreitet der Gasgehalt einen kritischen Grenzwert, kommt es zur Gas- und/oder Pseudokavitation und dem charakteristischen Rauschen.

Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigt jeweils schematisch und nicht maßstabsgetreu

Fig. 1 ein Phasendiagramm von Wasser;

Fig. 2 einen Schiffspropeller;

Fig. 3 eine Signalverarbeitungskette; und

Fig. 4 einen Regelkreis.

25

Fig. 1 zeigt ein p-T-Phasendiagramm von Wasser, in dem die drei verschiedenen Aggregatzustände fest S, flüssig L und gasförmig V durch als Linien gezeichnete Phasengrenzen voneinander getrennt sind. Die Linie zwischen dem Tripelpunkt T_3 und dem kritischen Punkt C, d.h. die Phasengrenze zwischen flüssig L und gasförmig V, bildet die für die Dampfkavitation bedeutende Siedepunktskurve SPK.

30

Ausgehend von einem ersten Zustandspunkt P1 wird der statische Druck p in der Flüssigkeit erniedrigt, z.B. infolge einer Rotation einer Schiffsschraube. Wenn der statische Druck p soweit absinkt, dass er die Siedepunktskurve SPK am zweiten Zustandspunkt P2 erreicht, setzt Dampfkavitation ein, die

35

auch bei einem weiteren Abfall des Drucks p , z.B. bis hin zum dritten Zustandspunkt P_3 , bestehen bleibt.

Bereits bei einer Druckänderung im flüssigen Phasenbereich L
5 zwischen dem ersten Zustandspunkt P_1 und dem zweiten Zustandspunkt P_2 kommt es zu Gaskavitation und/oder Pseudokavitation, mit einem entsprechenden Rauschen. Je weiter der Druck p im flüssigen Phasenbereich L entlang der Strecke P_1 - P_2 sich der Siedepunktskurve SPK annähert, desto deutlicher
10 wird das durch Gaskavitation und/oder Pseudokavitation hervorgerufene Rauschen.

Um die schädlichen Begleiterscheinungen der Dampfkavitation, wie Korrosion und laute Implosionsgeräusche, zu vermeiden,
15 besteht z.B. beim Betrieb einer Schiffsschraube das Bestreben, ein Absinken des statischen Drucks p im Wasser unterhalb des Siededrucks SPK zu vermeiden, d.h. Zustände entlang der gestrichelt gezeichneten Strecke P_2 - P_3 .

20 Fig. 2 zeigt eine Draufsicht auf einen Schiffspropeller 1, der eine Propellernabe 2 und mehrere daran befestigte Propellerblätter 3 umfasst. Der Propeller 1 mit den Propellerblättern 3 wird beim Betrieb des Propellers 1 im Wasser 5 durch eine Welle 4 zur Rotation gebracht. Die Welle 4 ragt durch
25 eine mit einer Dichtung 10 gegen ein Eindringen von Wasser 5 abgedichtete Öffnung in einer Schiffshaut 8 in das Innere 9 eines Schiffsrumpfes hinein, wo sie von einem Antriebsmotor in Drehung versetzt werden kann.

30 Jede Bewegung der Blätter 3 im Wasser 5 ruft Änderungen des statischen Drucks im Wasser 5 hervor. Allerdings werden diese Druckänderungen erst ab einer bestimmten Geschwindigkeit so groß, dass Dampfkavitation auftritt. Im Gegensatz dazu treten
bereits bei kleinen Druckänderungen im Wasser 5 die Kavitationsarten der Gas- und der Pseudokavitation auf, durch welche
35 mit Gas, insbesondere Luft, gefüllte Blasen 6 im Wasser 5 erzeugt werden. Beim Betrieb des Propellers 1 wachsen und schrumpfen diese der Gas- und der Pseudokavitation zugeordne-

te Luftblasen 6 fortwährend. Ein dadurch hervorgerufenen Rauschen breitet sich in Form von Schallwellen 7 durch das Wasser 5 aus.

5 Die von den Blasen 6 ausgehenden Schallwellen 7 erreichen einen auf einem Propellerblatt 3 angeordneten Drucksensor 11b. Die Schallwellen 7 treffen auch auf die Schiffshaut 8 und regen diese zu Schwingungen an. Diese Schwingungen können durch einen Schwingungssensor 11c, der mit der Schiffshaut 8 in
10 Kontakt steht, detektiert werden. Außerdem treffen die Schallwellen 7 auf den Propeller 1 und regen diesen zu Schwingungen an. Über die feste Verbindung des Propellers 1 mit der Welle 4 sind diese Schwingungen auch durch einen Schwingungssensor 11c detektierbar, der mit der Welle 4 in
15 Kontakt steht.

Fig. 3 zeigt eine Signalverarbeitungskette, bestehend aus einem Sensor 11, einer Signalverarbeitungseinheit 12 und einer Steuereinheit 13. Der Sensor 11 ist einer der in Fig. 2 dargestellten Sensoren 11a, 11b und 11c. Wenn der Sensor 11 ein
20 Rauschen detektiert, das durch der Gas- und der Pseudokavitation zugeordnete Luftblasen 6 hervorgerufen wird, sendet er ein entsprechendes Messsignal 14 zu der Signalverarbeitungseinheit 12. Es ist möglich, dass der Sensor 11 erst ein Messsignal 14 zu der Signalverarbeitungseinheit 12 sendet, wenn
25 der Schalldruckpegel des Rauschens einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet. Es ist aber auch möglich, dass der Sensor 11 unabhängig vom Schalldruckpegel des Rauschens Messsignale 14 erzeugt, die er zu der Signalverarbeitungseinheit
30 12 sendet. In diesem Fall kann eine Auswertung bzw. Filterung der Messsignale 14 durch die Signalverarbeitungseinheit 12 erfolgen.

Die Signalübertragung von dem Sensor 11 zu der Signalverarbeitungseinheit 12 erfolgt vorzugsweise leitungsgebunden,
35 z.B. über einen Leitungsdraht, da eine drahtlose Übertragung mittels elektromagnetischer Wellen im Wasser einer relativ hohen Schwächung durch Absorption unterliegen kann. Falls der

Sensor auf dem rotierenden Propeller angeordnet ist, kann die elektrische Verbindung mithilfe von z.B. in der Propellernabe angeordneten Schleifkontakten aufrechterhalten werden.

5 Falls die Signalverarbeitungseinheit 12 ein Messsignal 14 empfängt, das einem Rauschen mit einem Mindest-Schalldruckpegel entspricht, generiert sie Daten 15, welche eine Änderung des statischen Drucks in der Flüssigkeit betreffen. Die Daten 15 können in Form einer flag-Variable vorliegen, welche
10 einfach angibt, ob ein Rauschen detektiert wurde. Alternativ oder zusätzlich können die Daten 15 Information über einen Schallpegel, eine Schwingungsform, eine Frequenz und andere Charakteristiken des Rauschens enthalten. Die Daten 15 können auch Ausgabedaten zur Ausgabe auf einem Ausgabegerät, z.B.
15 einen Bildschirm oder einen Lautsprecher umfassen, um einen Nutzer über das detektierte Rauschen zu informieren.

Im vorliegenden Beispiel enthalten die von der Signalverarbeitungseinheit 12 generierten Daten 15 Eingangsdaten für eine
20 Steuereinheit 13, welche entsprechend den Eingangsdaten z.B. bei einem die Welle 4 antreibenden Motor eine Drehzahlreduktion bzw. bei einer die Propellerblätter 3 ansteuernden Stellvorrichtung eine Änderung eines Anstellwinkels der Propellerblätter 3 veranlasst. Diese Maßnahmen zielen darauf ab,
25 eine durch das Rauschen angezeigte Verringerung des statischen Drucks im Wasser 5 anzuhalten bzw. umzukehren, so dass ein Einsetzen der Dampfkavitation vermieden wird.

Fig. 4 zeigt als ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vor-
30 liegenden Erfindung einen Regelkreis zum Betreiben eines Schiffspropellers. In Feld 30 erfolgt eine Messung eines Schalldrucks oder einer Schwingung durch einen Sensor zur Detektion eines durch Gaskavitation und/oder Pseudokavitation hervorgerufenen Rauschens im Wasser. Bei dem Sensor 11 kann
35 es sich um einen der in Fig. 2 dargestellten Sensoren 11a, 11b und 11c handeln.

In Feld 31 wird geprüft, ob der Sensor ein durch Gaskavitation und/oder Pseudokavitation hervorgerufenen Rauschen im Wasser detektiert hat. Eine Zuordnung eines gemessenen Geräusches zu einer Gaskavitation und/oder Pseudokavitation kann z.B.

5 anhand charakteristischer Eigenschaften des Messwertes, wie Frequenzen, Amplituden, Schwingungsform, etc. erfolgen. Auf diese Weise kann ein durch Gaskavitation und/oder Pseudokavitation hervorgerufenen Rauschen von anderen Geräuschen unterschieden werden.

10

Falls die Prüfung in Feld 31 ergibt, dass der Sensor ein durch Gaskavitation und/oder Pseudokavitation hervorgerufenen Rauschen im Wasser detektiert hat Y, wird in Feld 32 abgefragt, ob dieses Rauschen einen vorgegebenen Schwellwert
15 überschreitet, z.B. anhand eines Schallpegels oder einer Schwingungsamplitude. Ist dies der Fall Y, so wird Feld 34 erreicht, in dem ein Steuersignal 35 generiert wird, z.B. ein an einen Motor zu sendender Befehl zur Reduzierung einer Drehzahl des Propellers oder ein an eine Stellvorrichtung zu
20 sendender Befehl zur Verkleinerung eines Anstellwinkels der Propellerblätter. Da die große Lautstärke des Rauschens anzeigt, dass Gefahr besteht, in den Bereich der Dampfkavitation zu gelangen, muss durch diese Maßnahmen der statische Druck erhöht, und somit der Schub des Propellers erniedrigt
25 werden. Parallel dazu wird über die Schleife 36 zu dem Feld 30 zurückgekehrt, so dass eine erneute Messung stattfinden kann.

Ergibt dagegen die Abfrage in Feld 32, dass das detektierte
30 Rauschen den vorgegebenen Schwellwert nicht überschreitet N, so wird in Feld 33 ein Steuersignal 37 generiert, z.B. ein an den Motor zu sendender Befehl zur Steigerung der Drehzahl des Propellers oder ein an die Stellvorrichtung zu sendender Befehl zur Vergrößerung des Anstellwinkels der Propellerblätter.
35 Da die kleine Lautstärke des Rauschens anzeigt, dass noch keine Gefahr besteht, in den Bereich der Dampfkavitation zu gelangen, kann durch diese Maßnahmen der Schub des Propellers noch weiter erhöht und somit der statische Druck weiter

erniedrigt werden. Parallel dazu wird über die Schleife 38 zu dem Feld 30 zurückgekehrt, so dass eine erneute Messung stattfinden kann.

- 5 Ergibt die Prüfung in Feld 31 andererseits, dass der Sensor kein durch Gaskavitation und/oder Pseudokavitation hervorgerufenes Rauschen im Wasser detektiert hat N, so kann direkt zu dem Feld 33 fortgeschritten werden.
- 10 Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu
- 15 verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Schiffspropellers (1), umfassend folgende Schritte:

- 5 - Detektieren, mittels eines Sensors (11), eines durch Gaskavitation und/oder Pseudokavitation hervorgerufenen Rauschens an einem Festkörper (1, 4, 8);
- Übertragen eines Messsignals (14) des Sensors (11) durch ein kontaktloses Übertragungsverfahren von dem Sensor (11) zu
10 einer Signalverarbeitungseinheit (12); und
- Erzeugen von Steuerbefehlen, durch die Signalverarbeitungseinheit (12) und in Abhängigkeit vom empfangenen Messsignal (14), zur Veränderung der Propeller-Drehzahl durch einen Antriebsmotor und/oder zur Veränderung des Blattstellwinkels
15 des Schiffspropellers (1) durch einen Stellmotor.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Festkörper (1, 4, 8) der Schiffspropeller (1) und/oder eine zum Antreiben des Schiffspropellers (1) dienende Propellerwelle (4) und/oder
20 eine Schiffshaut (8) ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das kontaktlose Übertragungsverfahren elektromagnetische Wellen, vorzugsweise im Radiobereich oder im optischen Bereich, nutzt.
25

4. Vorrichtung zum Betreiben eines Schiffspropellers (1), umfassend eine Sensoreinheit (11), eine Signalübertragungseinheit und eine Signalverarbeitungseinheit (12), wobei der Sensor (11) ein durch Gaskavitation und/oder Pseudokavitation hervorgerufenes Rauschen an einem Festkörper (1, 4, 8) detektieren kann, die Signalübertragungseinheit zur kontaktlosen Übertragung eines Messsignals (14) von dem Sensor (11) zu einer Signalverarbeitungseinheit (12) geeignet ist, und die Signalverarbeitungseinheit (12) in Abhängigkeit vom empfangenen Messsignal (14) zum Erzeugen von Steuerbefehlen an einen Antriebsmotor bzw. einen Stellmotor zur Veränderung der Propeller-Drehzahl und/oder des Blattstellwinkels des Schiffspropellers (1) geeignet ist.
30
35

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
dass die Sensoreinheit (11) an einem Wasserfahrzeug angeord-
net werden kann, insbesondere an dem Schiffspropeller (1)
5 und/oder an einer zum Antrieb des Propellers (1) dienenden
Welle (4) und/oder an einem Rumpf (8) des Wasserfahrzeugs.

FIG 1

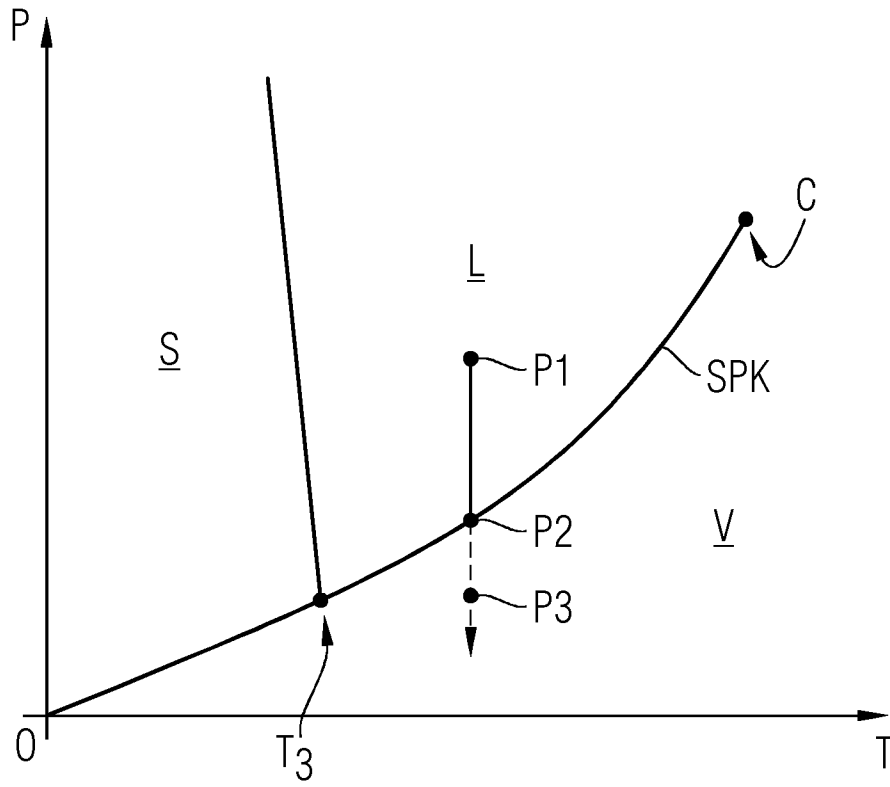


FIG 2

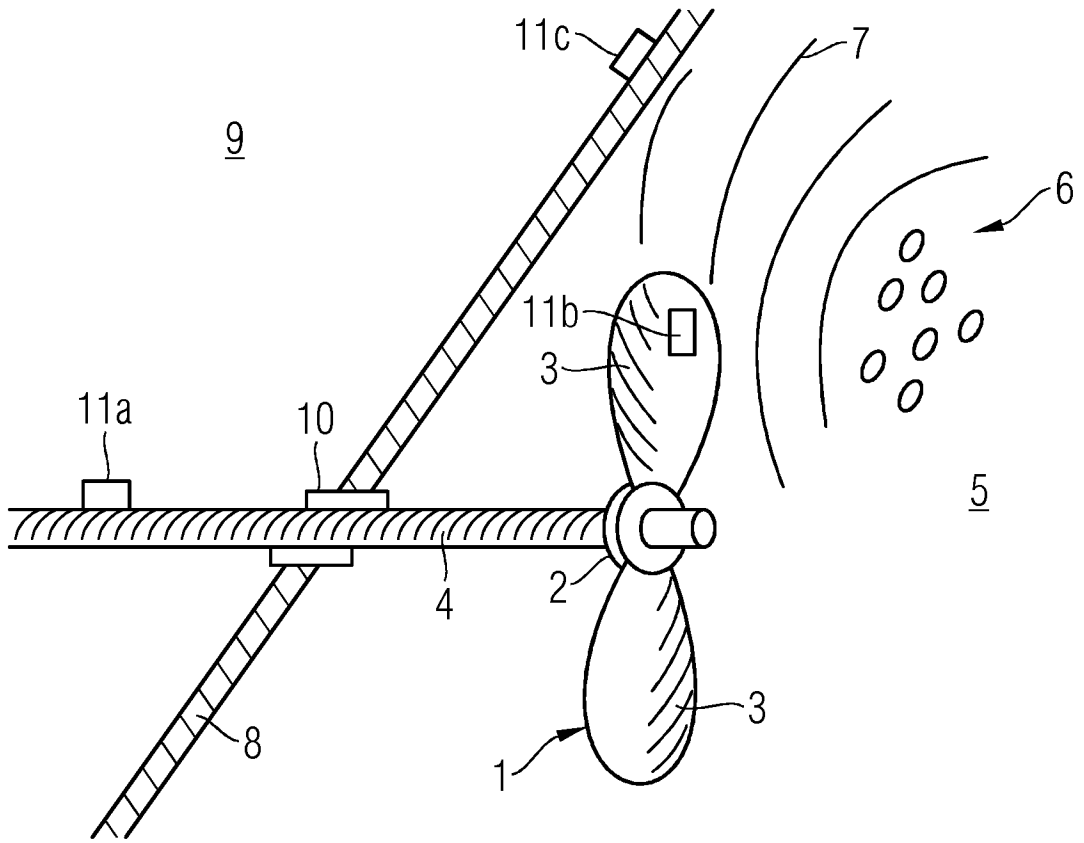


FIG 3

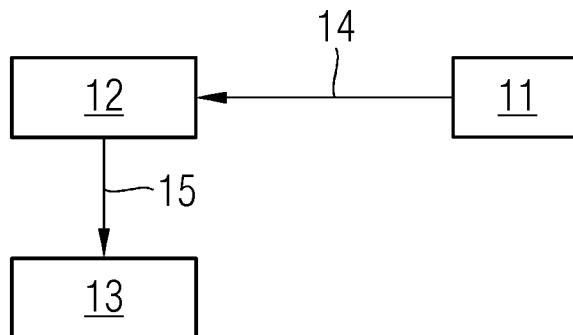
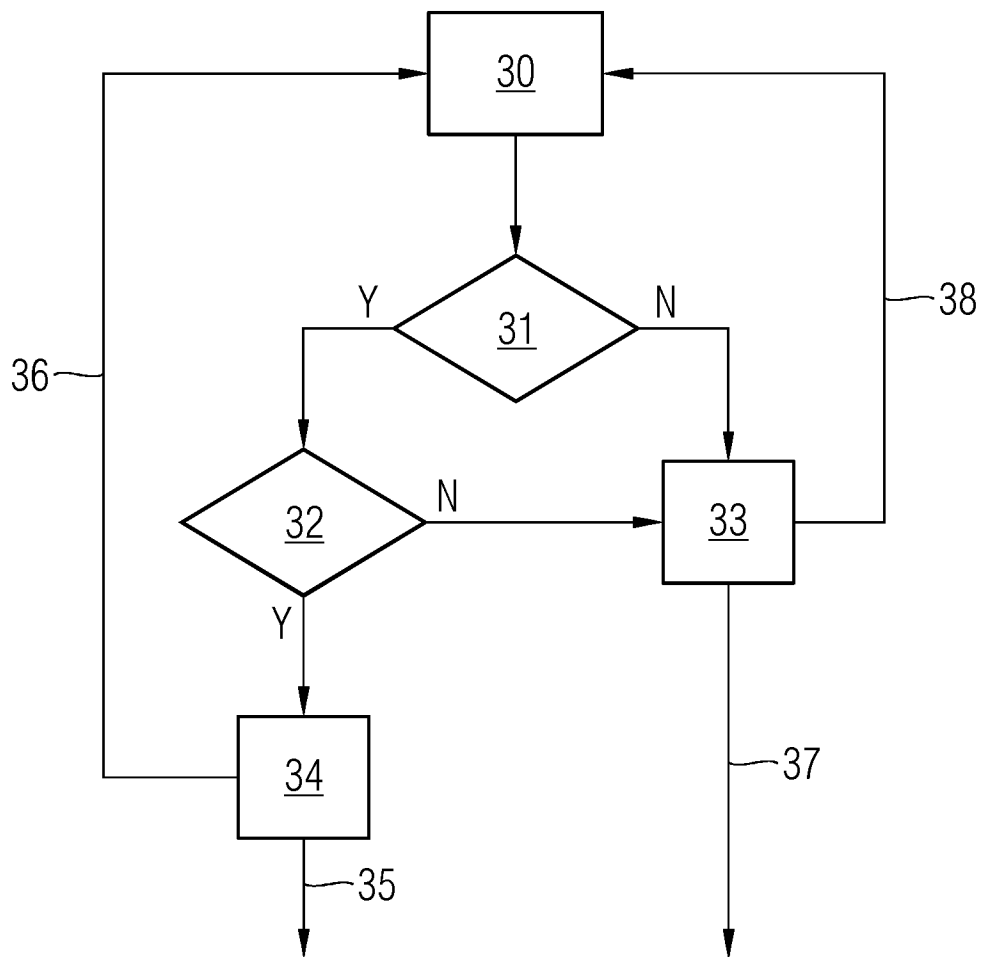


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/051636

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B63H1/18 B63H21/22 B63H3/00
 ADD.
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 B63H
 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004/090195 A1 (MOTSENBOCKER MARVIN A [US]) 13 May 2004 (2004-05-13) paragraphs [0036], [0038], [0039], [0069], [0131] - [0135], [0179] - [0180] figure 11	1-5
A	EP 2 355 539 A2 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 10 August 2011 (2011-08-10) paragraph [0006]	1,4

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 21 May 2013	Date of mailing of the international search report 31/05/2013
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Gardel, Antony
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/051636

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004090195	A1	13-05-2004	NONE

EP 2355539	A2	10-08-2011	EP 2355539 A2 10-08-2011
		US 2011188392 A1	04-08-2011

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/051636

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B63H1/18 B63H21/22 B63H3/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B63H		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2004/090195 A1 (MOTSENBOCKER MARVIN A [US]) 13. Mai 2004 (2004-05-13) Absätze [0036], [0038], [0039], [0069], [0131] - [0135], [0179] - [0180] Abbildung 11	1-5
A	EP 2 355 539 A2 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 10. August 2011 (2011-08-10) Absatz [0006]	1,4
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 21. Mai 2013		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 31/05/2013
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Gardel, Antony

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/051636

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004090195	A1	13-05-2004	KEINE

EP 2355539	A2	10-08-2011	EP 2355539 A2 10-08-2011
		US 2011188392 A1	04-08-2011
