

(19)



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

**EP 2 275 342 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:

**19.01.2011 Patentblatt 2011/03**

(51) Int Cl.:

**B63B 39/00** (2006.01)(21) Anmeldenummer: **10004837.0**(22) Anmeldetag: **07.05.2010**

(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 SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

**BA ME RS**(30) Priorität: **10.07.2009 DE 102009032577**(71) Anmelder: **Howaldtswerke-Deutsche Werft GmbH****24143 Kiel (DE)**

(72) Erfinder:

- **Miller, Luitpold**  
**85521 Ottobrunn (DE)**
- **Zheng, Qinghua, Dr.**  
**82024 Taufkirchen (DE)**
- **Dignath, Florian, Dr.**  
**81249 München (DE)**

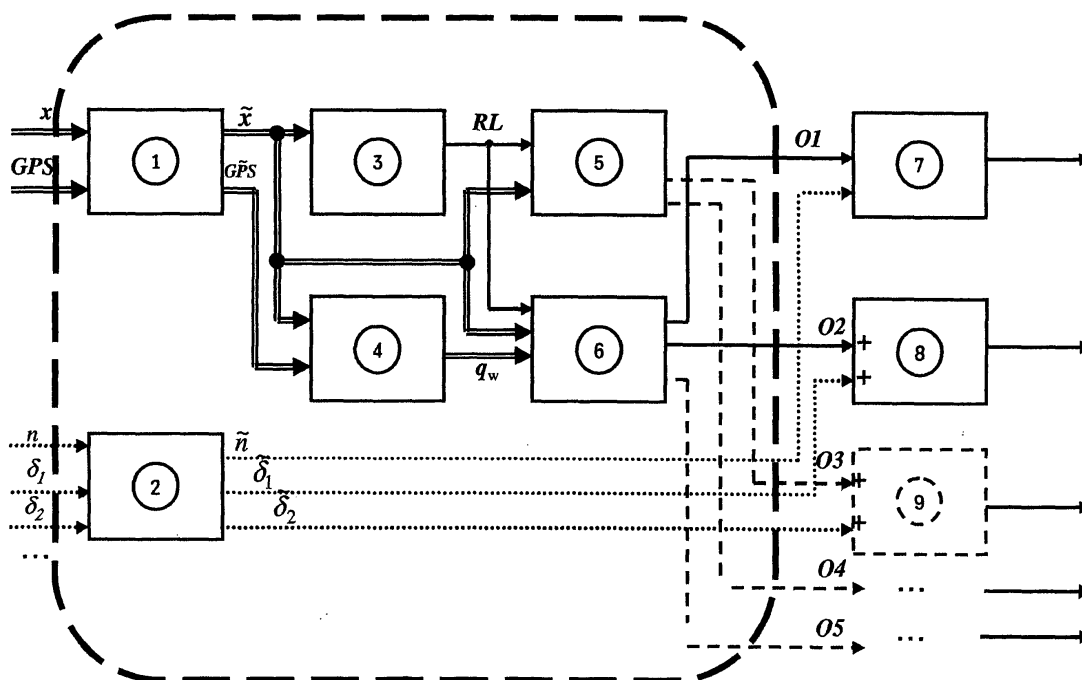
(74) Vertreter: **Vollmann, Heiko**

**Patentanwälte Vollmann & Hemmer**  
**Bei der Lohmühle 23**  
**23554 Lübeck (DE)**

**(54) Verfahren zur Verminderung einer Vertikalbewegung eines Wasserfahrzeugs**

(57) Bei dem Verfahren zur Verminderung einer Vertikalbewegung eines Wasserfahrzeugs wird zunächst ein Vertikalbewegungsresonanzbereich für Bewegungszustände des Wasserfahrzeugs bestimmt, dann während der Fahrt der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs zumindest teilweise erfasst und ermittelt, ob dieser

im Vertikalbewegungsresonanzbereich liegt, wonach dann, wenn festgestellt wird, dass dieser im Vertikalbewegungsresonanzbereich liegt, die Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs und/oder der Kurs geändert wird, bis der Vertikalbewegungsresonanzbereich verlassen ist.

**Fig. 2****EP 2 275 342 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verminderung einer Vertikalbewegung eines Wasserfahrzeugs.

**[0002]** Bei Wasserfahrzeugen, beispielsweise bei Frachtschiffen, aber auch bei Unterseebooten, ist es erforderlich, die Schiffsstabilität während der Fahrt zu gewährleisten. Es ist bekannt, dass bei bestimmten Seegangsbedingungen Schwingungsbewegungen des Wasserfahrzeugs mit vertikalem Bewegungsanteil angeregt werden können, insbesondere Rollschwingungen. Derartige Vertikalbewegungen führen im Resonanzfall zu stark erhöhten Abweichungen von der Solllage des Wasserfahrzeugs. So treten beispielsweise bei parametererregten Rollschwingungen bisweilen Rollwinkel größer als 20° auf. Insbesondere bei Unterseebooten können aufgrund der massengeometrischen Eigenschaften des Schiffsrumpfes starke parametererregte Rollbewegungen auftreten. So sind bei Unterseebooten sogar Rollwinkel von mehr als 40° bekannt geworden.

**[0003]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren bereitzustellen, mit welchem die Vertikalbewegung eines Wasserfahrzeugs vermindert werden kann.

**[0004]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung und der Zeichnung angegeben.

**[0005]** Das erfindungsgemäße Verfahren dient der Verminderung einer Vertikalbewegung eines Wasserfahrzeugs. Hierzu wird zunächst ein Vertikalbewegungsresonanzbereich für Bewegungszustände des Wasserfahrzeugs bestimmt. Dann wird während der Fahrt der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs zumindest teilweise erfasst und ermittelt, ob dieser im Vertikalbewegungsresonanzbereich liegt.

**[0006]** Unter einer Bestimmung des Vertikalbewegungsresonanzbereichs im Sinne dieser Erfindung kann zum einen eine Bestimmung dieses Vertikalbewegungsresonanzbereichs vor Fahrtantritt des Wasserfahrzeugs zu verstehen sein. Zum anderen kann hierunter jedoch auch eine, insbesondere wiederholte bzw. kontinuierliche, Bestimmung des Vertikalbewegungsresonanzbereichs während der Fahrt zu verstehen sein. Der Vertikalbewegungsresonanzbereich kann erfindungsgemäß allerdings auch implizit bestimmt werden, indem festgestellt wird, ob ein Aufklingen der Vertikalbewegung erfolgt, d. h. es wird durch Beobachtung der Bewegung des Wasserfahrzeugs festgestellt, ob der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs mit einem Bewegungszustand im Vertikalbewegungsresonanzbereich übereinstimmt.

**[0007]** Wenn festgestellt wird, dass der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs im Vertikalbewegungsresonanzbereich liegt, wird gemäß der Erfindung die Fahrgeschwindigkeit und/oder der Kurs des Wasserfahrzeugs geändert, bis der Vertikalbewegungsresonanzbereich verlassen ist. Auf diese Weise können Vertikalbe-

wegungen vermindert bzw. ihr Anwachsen vermieden werden. Die verminderte Vertikalbewegung erhöht die Fahrsicherheit enorm. So wird ein Kentern des Wasserfahrzeugs sowie ggf. das Verrutschen bzw. der Verlust von Ladung sicher vermieden. Zudem erhöht sich bei verminderter Vertikalbewegung der Fahrkomfort für die Besatzung.

**[0008]** Ist der Vertikalbewegungsresonanzbereich verlassen, so werden bevorzugt der ursprünglich vorgesehene Kurs und die ursprünglich vorgesehene Geschwindigkeit für das Wasserfahrzeug wieder eingenommen. Auf diese Weise muss von dem geplanten Fahrtverlauf nur kurzzeitig abgewichen werden, so dass sich bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auch die vorgesehene Gesamtfahrdauer allenfalls unwesentlich ändert.

**[0009]** Unter einer Vertikalbewegung im Sinne dieser Erfindung ist jede Dreh- bzw. Versatzbewegung um bzw. entlang einer Haupttrögeitsachse des Wasserfahrzeugs zu verstehen, die einen vertikalen Bewegungsanteil aufweist. So fallen beispielsweise die Hub- sowie die Stampfbewegung unter die Vertikalbewegung.

**[0010]** Insbesondere bildet die Rollbewegung des Wasserfahrzeugs die Vertikalbewegung und ein Rollbewegungsresonanzbereich den Vertikalbewegungsresonanzbereich. Auf diese Weise werden gerade Rollbewegungen vermindert, die Fahrsicherheit und Fahrkomfort besonders häufig gefährden.

**[0011]** Bevorzugt wird bzw. werden bei dem Verfahren der Kurs und/oder die Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs abhängig von der zuvor ermittelten Ausbreitungsgeschwindigkeit und/oder der Ausbreitungsrichtung der Wasserwellen geändert. Auf diese Weise können beispielsweise bestimmte Begegnungsfrequenzen der Wasserwellen mit dem Wasserfahrzeug vermieden werden, bei welchen ein großer Anteil der Bewegungsenergie des Seegangs in die Vertikalbewegung einkoppeln kann.

**[0012]** Vorzugsweise wird bei dem Verfahren zumindest durch Ermittlung der Begegnungsfrequenz der Wasserwellen mit dem Wasserfahrzeug festgestellt, ob der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs im Vertikalbewegungsresonanzbereich liegt. So können Wasserwellen insbesondere dann Vertikalbewegungen im Vertikalbewegungsresonanzbereich anregen, wenn die Begegnungsfrequenz der Wasserwellen mit dem Wasserfahrzeug nahe einer Resonanzfrequenz einer Vertikalbewegungsresonanz liegt. Die Begegnungsfrequenz der Wasserwellen mit dem Wasserfahrzeug kann beispielsweise gemessen werden, indem periodische Bewegungen des Wasserfahrzeugs selbst erfasst werden, etwa durch Messung der Stampfbewegung des Wasserfahrzeugs.

**[0013]** Bevorzugt wird bei dem Verfahren der Vertikalbewegungsresonanzbereichs durch Ermittlung zumindest einer Resonanzfrequenz der Vertikalbewegung bestimmt. Insbesondere stellt der Vertikalbewegungsresonanzbereich ein Frequenzintervall dar, welches die Re-

sonanzfrequenz einschließt. Alternativ oder zusätzlich kann der Vertikalbewegungsresonanzbereich durch einen ganzzahligen Bruchteil, beispielsweise der Hälfte, bzw. durch ein ganzzahliges Vielfaches der Resonanzfrequenz der Vertikalbewegung bestimmt sein. Ferner ist der Vertikalbewegungsresonanzbereich in bevorzugten Weiterbildungen des Verfahrens durch eine oder mehrere Frequenzen gebildet, welche mit zumindest einer Resonanzfrequenz der Vertikalbewegung in einem rationalen Verhältnis stehen.

**[0014]** In einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ggf. die Phase der dem Wasserfahrzeug begegnenden Wasserwellen relativ zu schwingungsartigen Vertikalbewegungen des Wasserfahrzeugs durch Kurs- bzw. Fahrgeschwindigkeitsänderungen des Wasserfahrzeugs geändert. Beispielsweise können schwingungsartige Vertikalbewegungen des Wasserfahrzeugs bei geeigneter Phase durch den Seegang gedämpft werden.

**[0015]** Zweckmäßigerweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs zumindest teilweise erfasst, indem zumindest eine Komponente des Ortes und/oder der Orientierung des Wasserfahrzeugs und/oder ihre - insbesondere erste - zeitliche Ableitung bestimmt wird. In bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung wird alternativ oder zusätzlich zumindest eine weitere, insbesondere die zweite, zeitliche Ableitung der Komponente bestimmt. Unter der Bestimmung der vorgenannten Größen kann erfindungsgemäß zum einen eine rechnerische Bestimmung zu verstehen sein, etwa derart, dass eine zeitliche Ableitung der zu bestimmenden Größen zeitlich integriert wird. Eine alternative rechnerische Bestimmung kann derart erfolgen, dass die zu bestimmende Größe selbst eine zeitliche Ableitung einer erfassten Größe darstellt und aus dem zeitlichen Verlauf dieser erfassten Größe errechnet wird. Zum anderen kann unter Bestimmung auch eine Messung zu verstehen sein, beispielsweise mittels Sensoren wie Beschleunigungssensoren oder Rollratenmessern. Besonders bevorzugt wird der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs erfasst, indem zumindest zwei der oben genannten Komponenten zueinander in Beziehung gesetzt werden. Idealerweise werden dazu der Verlauf des Rollwinkels und die Vertikalposition des Wasserfahrzeugs miteinander verknüpft.

**[0016]** Bevorzugt werden zur zumindest teilweisen Erfassung des Bewegungszustandes des Wasserfahrzeugs und/oder der Ausbreitungsrichtung und/oder -geschwindigkeit der Wasserwellen Daten eines satellitengestützten Navigationssystems herangezogen. Somit können die erfassten Daten zum Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs bzw. der Bewegung der Wasserwellen beispielsweise ins erdfeste Koordinatensystem transformiert werden. Auf diese Weise kann der Einfluss von Kurs- und/oder Geschwindigkeitsänderungen des Wasserfahrzeugs aus den Daten zum Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs bzw. zur Bewegung der Wasserwellen herausgerechnet werden. Beispielsweise

können dann diese Daten mit einem Hochpassfilter gefiltert werden, dessen Zeitkonstante nicht durch Zeitskalen, auf welchen Kursänderungen geschehen, nach oben begrenzt ist. Beispielsweise kann eine Filterung auf langen Zeitskalen zweckmäßig sein, um eine möglichst genaue Bestimmung der Ausbreitungsrichtung der Wasserwellen zu erreichen.

**[0017]** Zweckmäßigerweise erfolgt bei dem Verfahren die Änderung von Kurs und/oder Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs mittels zumindest einer Maschine und/oder zumindest eines Aktors des Wasserfahrzeugs selbsttätig. Beispielsweise handelt es sich bei diesen Aktoren um das oder die Seitenruder, insbesondere bei Kreuzfahrtschiffen und Yachten um seitlich angebrachte Flossen zur Rollstabilisierung, sowie bei Unterseebooten zusätzlich oder alternativ um das bzw. die Tiefenruder. Bevorzugt werden sämtliche verfügbaren Aktoren und/oder die Maschine des Wasserfahrzeugs zu diesem Zweck eingesetzt.

**[0018]** In einer vorteilhaften Weiterbildung wird bei dem Verfahren die Vertikalbewegungs-dämpfung erhöht, sofern der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs innerhalb des Vertikalbewegungsresonanzbereichs gelegen ist. Beispielsweise wird die Vertikalbewegungs-dämpfung über ein unterlagertes Regelungsverfahren erhöht, welches der Vertikalbewegung entgegenwirkt.

**[0019]** Zweckmäßigerweise wird die Vertikalbewegungs-dämpfung mittels zumindest einer oder mehrerer Einrichtungen aus der Gruppe Maschine, Seitenflossen, Seitenruder, Tiefenruder beispielsweise geteilte, gegenläufig bewegte Tiefenruder und/oder ggf. weitere Aktoren erhöht. Diese Aktoren müssen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht allein zur Dämpfung der Vertikalbewegung zur Verfügung stehen, sondern können zugleich auch zur Änderung von Kurs und/oder Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs wie oben beschrieben eingesetzt werden. Dazu werden ggf. die Ansteuerungen der Maschine bzw. der Aktoren - beispielsweise zur Einstellungen von Ruder-/Flossenwinkeln, Maschinenleistung, etc. - zwecks Änderung von Kurs bzw. Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs sowie zwecks Vertikalbewegungs-dämpfung geeignet überlagert. Beispielsweise kann die Dämpfung durch die Maschine bzw. durch die Aktoren in Regelkreisen berücksichtigt werden, welche zur Änderung von Kurs bzw. Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs ausgebildet sind. Umgekehrt können die Ansteuerungen zur Änderung von Kurs bzw. Fahrgeschwindigkeit auch in unterlagerten Regelkreisen zur Dämpfung der Vertikalbewegung mittels der Maschine bzw. der Aktoren erfolgen. Beispielsweise können die jeweiligen Ansteuerungen in einer entsprechenden Regelung addiert werden.

**[0020]** Vorteilhafterweise wird bei dem Verfahren die Stärke der Erregung der Vertikalbewegung bei einem Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs innerhalb des Vertikalbewegungsresonanzbereichs durch die Änderung der Stampfamplitude des Wasserfahrzeugs verringert, vorzugsweise durch ein unterlagertes Regelungs-

verfahren, welches der Stampfbewegung entgegenwirkt. Relevant ist dies insbesondere in dem Fall, in welchem der Vertikalbewegungsresonanzbereich durch einen Rollbewegungsresonanzbereich gebildet ist. Gerade Stampfbewegung und Rollbewegung koppeln untereinander häufig stark, so dass Stampfbewegungen bei entsprechender Frequenz Rollbewegungen resonant treiben können. Ferner bevorzugt wird bei einem Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs innerhalb des Vertikalbewegungsresonanzbereichs die Stärke der Erregung der Vertikalbewegung durch die Änderung des Gierwinkels des Wasserfahrzeugs verringert, vorzugsweise durch eine unterlagerte Regelung.

**[0021]** Zweckmäßigerweise wird die Stampfamplitude mittels zumindest eines Tiefenruders des Wasserfahrzeugs beeinflusst.

**[0022]** Geeigneterweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs über eine Trägheitsplattform ermittelt.

**[0023]** Vorzugsweise wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Verminderung der Vertikalbewegung eines Unterseebootes ausgeführt. Gerade bei Unterseebooten können bei Überwasserfahrt insbesondere parametererregte Rollschwingungen in verstärkter Form auftreten, da ihr Schiffsrumpf regelmäßig nicht zur Vermeidung von Rollbewegungen optimiert ist. Vielmehr weisen Unterseeboote für das Rollverhalten ungünstige masse geometrische Verhältnisse auf. Diese ungünstigen Umstände werden durch das erfindungsgemäße Verfahren geeignet kompensiert.

**[0024]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient zur Ausführung des Verfahrens wie zuvor beschrieben. Die Vorrichtung weist Mittel zur Erfassung zumindest eines Teils des Bewegungszustandes des Wasserfahrzeugs auf. Ferner sind Mittel zur Steuerung des Kurses und/oder der Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs vorgesehen. Zudem ist eine elektronische Regeleinrichtung vorhanden, welche zum Vergleich des Bewegungszustandes des Wasserfahrzeugs mit einem Vertikalbewegungsresonanzbereich und zur Änderung des Kurses und/oder der Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs in Abhängigkeit vom Ergebnis dieses Vergleichs ausgebildet ist.

**[0025]** Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch ein Signalschaltbild einer Regelung zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und

Fig. 2 schematisch ein Signalschaltbild einer alternativen Regelung.

**[0026]** Das in den Signalschaltbildern dargestellte Verfahren vermindert die Rollbewegung eines Schiffes. Beispielsweise handelt es sich dabei um ein Kreuzfahrtschiff, ein Frachtschiff oder ein Unterseeboot. Ferner

kann das beschriebene Verfahren in entsprechender Weise auch zur Verminderung der Stampfbewegung eingesetzt werden.

**[0027]** Bei dem Verfahren wird zunächst der Bewegungszustand des Schiffes erfasst. Hierzu sind Sensoren vorgesehen, welche den Bewegungszustand des Schiffes hinsichtlich seiner sechs Freiheitsgrade vermessen, d. h. die Lage des Schiffes in den drei Raumrichtungen sowie die Orientierung des Schiffes werden mittels der Sensoren bestimmt. Darüber hinaus werden die zeitlichen Ableitungen der vorgenannten Größen ermittelt, d. h. es werden die Geschwindigkeit des Schiffes entlang der drei Raumrichtungen sowie die Winkelgeschwindigkeiten der Drehbewegungen des Schiffes um seine Hauptträgheitsachsen bestimmt. Die Bestimmung dieser zeitlichen Ableitungen geschieht entweder durch eine direkte Messung über eigens zu diesem Zweck vorgesehene Sensoren oder aber rechnerisch aus jeweils zeitlich aufeinander folgend gemessenen Werten von Position und/oder Orientierung des Schiffes. Beispielsweise können die Eingangsdaten zur Position bzw. zur Orientierung des Schiffes auch aus der zeitlichen Integration der zeitlichen Ableitungen von Position und Orientierung des Schiffes gewonnen werden. Über Beschleunigungssensoren werden ferner die zweiten zeitlichen Ableitungen der Position und der Orientierung des Schiffes gemessen, so dass die Beschleunigung des Schiffes entlang der drei Raumrichtungen sowie die Winkelbeschleunigungen um die Hauptträgheitsachsen des Schiffes Bestandteil der Eingangsdaten sind.

**[0028]** Der vorgenannte Satz von Eingangsdaten bildet einen Zustandsvektor  $\mathbf{x}$ , der den Bewegungszustand des Schiffes beschreibt. Zusätzlich werden bei dem Verfahren Positionsdaten aus den Daten eines satellitengestützten Navigationssystems, wie beispielsweise dem Global Positioning System (GPS), bestimmt. Diese Positionsdaten bilden einen weiteren Satz von Eingangsdaten, der in einem Vektor  $\mathbf{GPS}$  zusammengefasst ist. Die beiden vorgenannten Sätze von Eingangsdaten  $\mathbf{x}$  und  $\mathbf{GPS}$  werden einer Filtereinrichtung 1 zugeführt. In der Filtereinrichtung 1 werden die Datensätze  $\mathbf{x}$  und  $\mathbf{GPS}$  geeignet gefiltert und somit von Störungen befreit. Ferner stehen der Filtereinrichtung 1 über weitere Sensoren ermittelte, redundante Daten zu den Eingangsdaten  $\mathbf{x}$  und  $\mathbf{GPS}$  zur Verfügung, mit welchen die Filtereinrichtung 1 Mittelwertbildungen zu den Eingangsdaten vornimmt. Die derart durch Filterung bzw. Mittelung bereinigten Eingangsdaten stehen als Datensätze  $\tilde{\mathbf{x}}$  und  $\tilde{\mathbf{GPS}}$  zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung.

**[0029]** Auf ähnliche Weise werden in einer zweiten Filtereinrichtung 2 von weiteren, unterlagerten Regeleinrichtungen vorgegebene Sollgrößen für Aktoren des Schiffes bereinigt. Diese Sollgrößen umfassen u. a. die Solldrehzahl einer Maschine  $n$ , den Sollwinkel einer Seitenruderfläche  $\delta_1$ , im Falle eines Unterseebootes den Sollwinkel des Tiefenruders  $\delta_2$  sowie Sollgrößen weiterer Aktoren. Die Filtereinrichtung 2 stellt die bereinigten Sollgrößen  $\tilde{n}$ ,  $\tilde{\delta}_1$  und  $\tilde{\delta}_2$  zur weiteren Verarbeitung zur Ver-

fügung.

[0030] In der Auswerteinrichtung 3 wird anhand eines oder mehrerer definierter Kriterien die Nähe des bereinigten Bewegungszustands  $\tilde{x}$  zum Zustand einer parametererregten Rollschwingung ermittelt. Die Nähe des Bewegungszustands zum Rollresonanzzustand wird durch einen als Resonanzlevel **RL** bezeichneten Datensatz gekennzeichnet.

[0031] In einer zweiten Auswerteinrichtung 4 werden aus dem bereinigten Bewegungszustand  $\tilde{x}$  die Ausbreitungsrichtung der Wasserwellen relativ zum Schiff, die Wellenausbreitungsgeschwindigkeit sowie weitere charakteristische Größen der Wellenanregung bestimmt. Diese Parameter werden in einem Datensatz zusammengefasst, der hier als Wellenanregung  $q_w$  bezeichnet ist. Ferner werden der Auswerteinrichtung 4 die bereinigten GPS-Daten **GPS** übergeben, auf deren Basis die Wellenanregung  $q_w$  in ein erdfestes Koordinatensystem transformiert wird, so dass der Einfluss von Kurs und Geschwindigkeit des Schiffes herausgerechnet wird. In diesem erdfesten Koordinatensystem wird die Wellenanregung  $q_w$  gefiltert. Insbesondere erlaubt diese Filterung eine erhöhte Genauigkeit bei der Bestimmung der Ausbreitungsrichtung der Wasserwellen.

[0032] Der Resonanzlevel **RL**, der bereinigte Bewegungszustand des Schiffes  $\tilde{x}$  sowie die Wellenanregung  $q_w$  werden einer Regeleinrichtung 6 übergeben, die den Resonanzlevel **RL** daraufhin überprüft, ob der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs  $\tilde{x}$  eine kritische Nähe zur parametererregten Rollschwingung aufweist, d. h. ob der Bewegungszustand innerhalb eines Rollresonanzbereichs gelegen ist. Falls der Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs im Rollresonanzbereich liegt, wird mittels eines Regelgesetzes die Geschwindigkeit sowie der Gierwinkel des Schiffes derart geändert, dass der Abstand des Bewegungszustands  $\tilde{x}$  zum Zustand der parametererregten Rollschwingung wächst. Eine geeignete Vorgabe zur Änderung des Gierwinkels hängt dabei wesentlich von der Wellenanregung  $q_w$  ab, insbesondere von der Ausbreitungsrichtung der Wasserwellen. Bei dem Regelgesetz stellt damit der Bewegungszustand  $\tilde{x}$  die Regelgröße dar. Die Stellgrößen zur Geschwindigkeits- und Gierwinkeländerung sind durch Sollgrößen **O1** für die Maschine sowie Sollgrößen **O2** für ein Seitenruder gebildet, welche den bereits an Bord vorhandenen, unterlagerten Aktorreglern 7 und 8 zur Bedienung dieser Aktoren zugeführt werden. Auch den weiteren Aktoren werden durch die Regeleinrichtung 6 Sollgrößen **O5** vorgegeben.

[0033] Resonanzlevel **RL** und bereinigter Bewegungszustand  $\tilde{x}$  werden zudem einer weiteren Regeleinrichtung 5 übermittelt. Die Regeleinrichtung 5 ermittelt zunächst anhand des Resonanzlevels **RL**, ob der Bewegungszustand des Schiffes  $\tilde{x}$  derart nah an einem Zustand einer parametererregten Rollschwingung liegt, dass die Schiffsbewegung gedämpft werden muss. Sofern dies der Fall ist, werden auf Basis des Bewegungszustandes  $\tilde{x}$  gemäß einem Regelgesetz Sollwerte für Ak-

toren des Schiffes berechnet, welche zur Dämpfung eingesetzt werden. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind dies z. B. Sollgrößen **O3** für die Seitenflossen. Zudem ermittelt die Regeleinrichtung 5 Sollgrößen **O4** für weitere direkt auf das Roll- und Stampfverhalten des Schiffes wirkende Aktoren, im Falle von Unterseebooten beispielsweise die Tiefenruder.

[0034] Die zuvor beschriebenen Aktorsollgrößen  $\tilde{n}$ ,  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  werden in dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel intern in den Reglern 5 und 6 berücksichtigt. Alternativ (Fig. 2) können die Sollgrößen **O1**, **O2**, ..., **O5** für die Aktoren auch in den unterlagerten Aktorreglern 7, 8 und 9 hinzu addiert werden, wobei die Filterung der Aktorsollgrößen  $\tilde{n}$ ,  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  über die Filtereinrichtung 2 vollständig separat erfolgen kann.

## Bezugszeichenliste

### [0035]

$x$ -	gemessener Bewegungszustand des Schiffes
$\tilde{x}$ -	bereinigter Bewegungszustand des Wasserfahrzeugs
<b>GPS</b> -	GPS-Daten
$\tilde{GPS}$ -	bereinigte GPS-Daten
<b>RL</b> -	Resonanzlevel
$q_w$ -	Wellenanregung
$n$ -	Solldrehzahl Maschine
$\delta_1$ -	Sollwinkel Seitenruder
$\delta_2$ -	Sollwinkel Tiefenruder
$\tilde{n}$ -	bereinigte Solldrehzahl Maschine
$\delta_1$ -	bereinigter Sollwinkel Seitenruder
$\delta_2$ -	bereinigter Sollwinkel Tiefenruder
<b>O1</b> -	Sollgrößen Maschine
<b>O2</b> -	Sollgrößen Seitenruder
<b>O3</b> -	Sollgrößen Seitenflossen
<b>O4</b> -	Sollgrößen Tiefenruder
<b>O5</b> -	Sollgrößen
1 -	Filtereinrichtung
2 -	Filtereinrichtung
3 -	Auswerteinrichtung
4 -	Auswerteinrichtung
5 -	Regeleinrichtung
6 -	Regeleinrichtung
7 -	Unterlagerter Aktorregler
8 -	Unterlagerter Aktorregler
9 -	Unterlagerter Aktorregler

## Patentansprüche

- Verfahren zur Verminderung einer Vertikalbewegung eines Wasserfahrzeugs, bei welchem zunächst ein Vertikalbewegungsresonanzbereich für Bewegungszustände ( $x$ ) des Wasserfahrzeugs bestimmt wird, bei dem dann während der Fahrt der Bewegungszustand ( $x$ ) des Wasserfahrzeugs zumindest teilweise erfasst wird und ermittelt wird, ob

- dieser im Vertikalbewegungsresonanzbereich liegt, wonach dann, wenn festgestellt wird, dass dieser im Vertikalbewegungsresonanzbereich liegt, die Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs und/oder der Kurs geändert wird bis der Vertikalbewegungsresonanzbereich verlassen ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem Rollbewegung die Vertikalbewegung bildet und der Vertikalbewegungsresonanzbereich durch einen Rollbewegungsresonanzbereich gebildet ist.
  3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem Kurs und/oder Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs abhängig von der zuvor ermittelten Ausbreitungsgeschwindigkeit und/oder Ausbreitungsrichtung der Wasserwellen geändert wird bzw. werden.
  4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, bei welchem zumindest durch Ermittlung der Begegnungsfrequenz der Wasserwellen mit dem Wasserfahrzeug festgestellt wird, ob der Bewegungszustand (x) des Wasserfahrzeugs im Vertikalbewegungsresonanzbereich liegt.
  5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei welchem der Vertikalbewegungsresonanzbereich durch Ermittlung zumindest einer Resonanzfrequenz der Vertikalbewegung bestimmt wird.
  6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem der Bewegungszustand (x) des Wasserfahrzeugs zumindest teilweise erfasst wird, indem zumindest eine Komponente des Orts und/oder der Orientierung des Wasserfahrzeugs und/oder ihre, insbesondere erste, zeitliche Ableitung bestimmt wird.
  7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem zur zumindest teilweisen Erfassung des Bewegungszustandes (x) des Wasserfahrzeugs und/oder der Ausbreitungsrichtung und/oder -geschwindigkeit der Wasserwellen Daten (GPS) eines satellitengestützten Navigationssystems herangezogen werden.
  8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Änderung von Kurs und/oder Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs mittels zumindest einer Maschine und/oder zumindest eines Aktors des Wasserfahrzeugs selbsttätig erfolgt.
  9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem bei einem Bewegungszustand (x) des Wasserfahrzeugs innerhalb des Vertikalbewegungsresonanzbereichs die Vertikalbewegungs-dämpfung erhöht wird, vorzugsweise über ein unter-
- lagertes Regelungsverfahren, welches der Vertikalbewegung entgegenwirkt.
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei welchem die Vertikalbewegungs-dämpfung mittels zumindest einer oder mehrerer der folgenden Einrichtungen erhöht wird: Maschine, Seitenflossen, Seitenruder, Tiefenruder und/oder weiterer Aktoren des Wasserfahrzeugs.
  11. Verfahren nach Anspruch 8 und 10, bei welchem bei einem Bewegungszustand (x) des Wasserfahrzeugs innerhalb des Vertikalbewegungsresonanzbereichs ein oder mehrere Aktoren und/oder eine oder mehrere Maschinen des Wasserfahrzeugs zugleich sowohl zur Änderung von Kurs und/oder Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs als auch zur Erhöhung der Vertikalbewegungs-dämpfung eingesetzt werden.
  12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem bei einem Bewegungszustand (x) des Wasserfahrzeugs innerhalb des Vertikalbewegungsresonanzbereichs die Stärke der Erregung der Vertikalbewegung durch die Änderung der Stampfamplitude des Wasserfahrzeugs verringert wird, vorzugsweise durch ein unterlagertes Regelungsverfahren, welches der Stampfbewegung entgegenwirkt.
  13. Verfahren nach Anspruch 12, bei welchem die Stampfamplitude mittels zumindest eines Tiefenruders des Wasserfahrzeugs beeinflusst wird.
  14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem der Vertikalbewegungsresonanzbereich während der Fahrt des Wasserfahrzeugs, insbesondere wiederholt, neu bestimmt wird.
  15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem der Bewegungszustand (x) des Wasserfahrzeugs mittels einer Trägheitsplattform ermittelt wird.
  16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches zur Verminderung der Vertikalbewegung eines Unterseebootes ausgeführt wird.
  17. Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit Mitteln zur Erfassung zumindest eines Teils des Bewegungszustandes (x) des Wasserfahrzeugs, mit Mitteln zur Steuerung des Kurses und/oder der Fahrgeschwindigkeit des Wasserfahrzeugs und mit einer elektronischen Regeleinrichtung, welche zum Vergleich des Bewegungszustandes des Wasserfahrzeugs mit einem Vertikalbewegungsresonanzbereich und zur Änderung des Kurses und/oder der Fahrge-

schwindigkeit des Wasserfahrzeuges in Abhängigkeit vom Ergebnis des Vergleichs ausgebildet ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

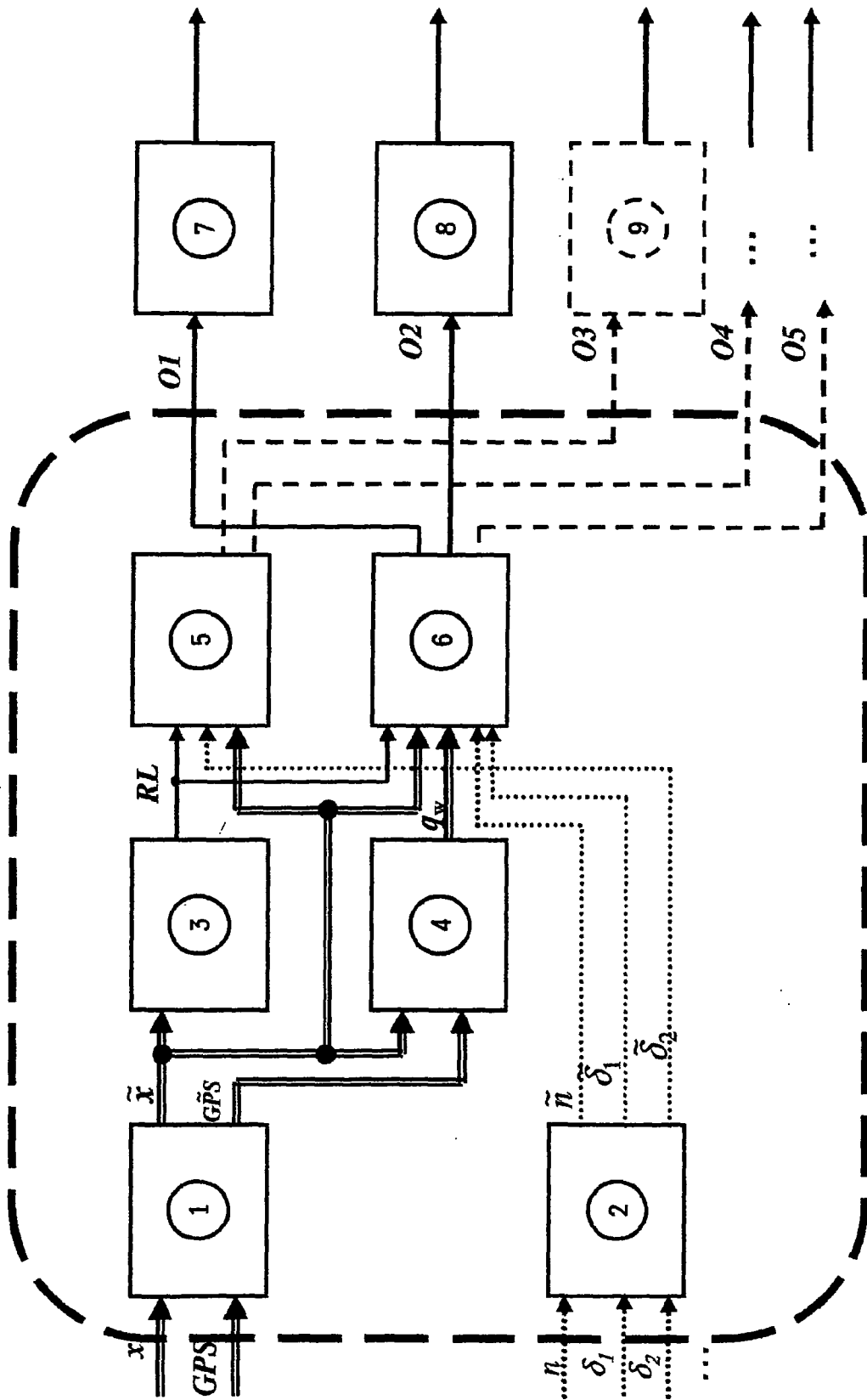


Fig. 1



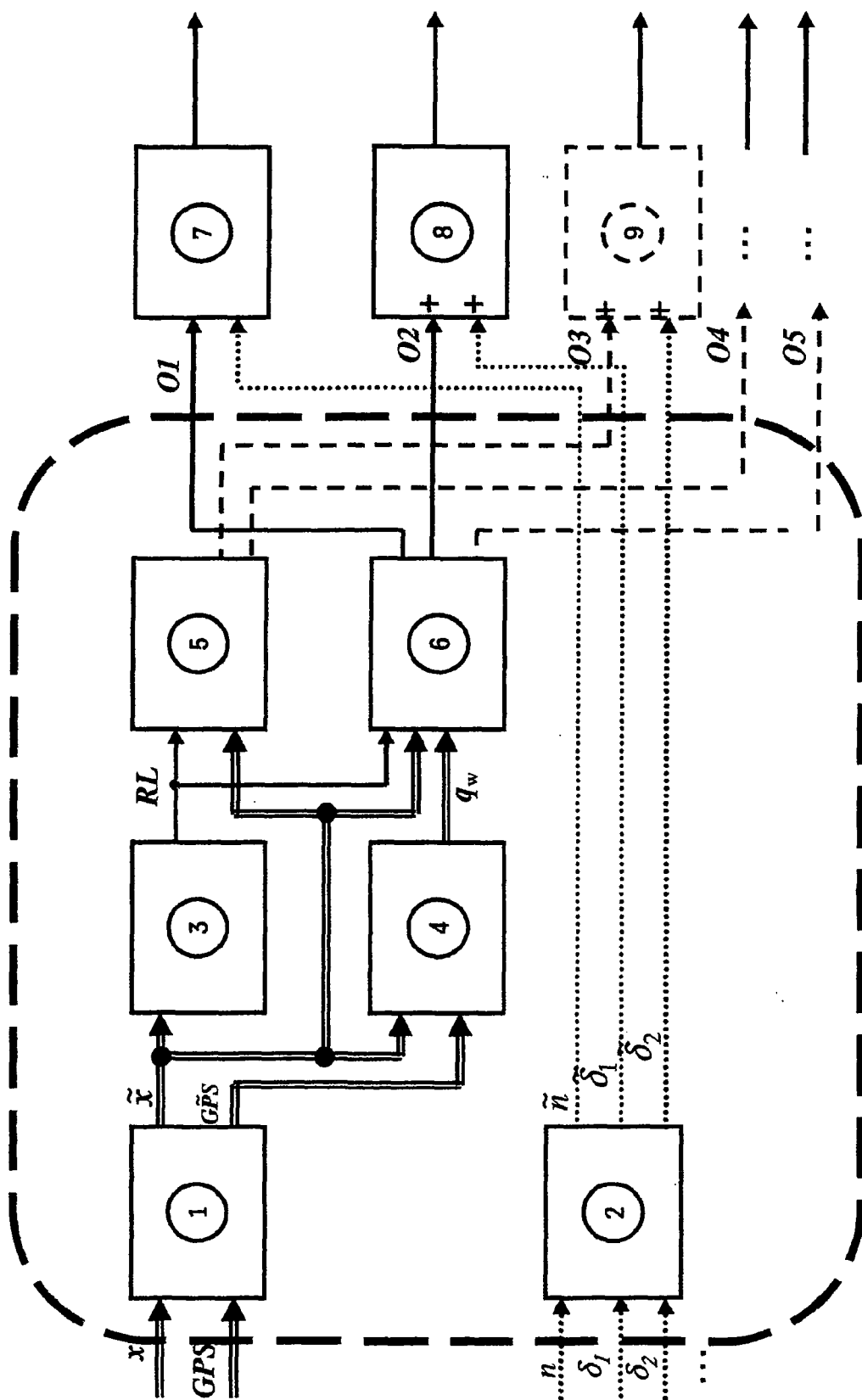


Fig. 2



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 10 00 4837

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung / See-Berufsgenossenschaft: "Richtlinien für die Überwachung der Schiffsstabilität", 31. März 2004 (2004-03-31), Seiten 1-69, XP002612256, Gefunden im Internet: URL: <a href="http://www.dmkn.de/downloads/bf/93/i_file_49880/richtlinie_schiffsstabilitaet.pdf">http://www.dmkn.de/downloads/bf/93/i_file_49880/richtlinie_schiffsstabilitaet.pdf</a> [gefunden am 2010-12-01]	1-7,14,16	INV. B63B39/00
Y	* Seite 54, Zeilen 4-8,20-25,31-35 *  & Verkehrsblatt-Verlag Borgmann GmbH & Co KG: "2004 Schifffahrt Verzeichnis lieferbarer und aktueller Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Merkblätter, technischer Vorschriften und Regelwerke", Bd. 03/04 31. März 2004 (2004-03-31), Seiten 1-4, Gefunden im Internet: URL: <a href="http://www.verkehrsblatt.de/pdf/Schifffahrt.pdf">http://www.verkehrsblatt.de/pdf/Schifffahrt.pdf</a> [gefunden am 2010-12-01] * Seite 4, Zeilen 17-20 *	9,10,12,13,15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)  B63B B63H G05D
X	KR 100 827 396 B1 (SAMSUNG HEAVY IND [KR]) 7. Mai 2008 (2008-05-07) * Absätze [0037], [0039], [0043], [0050], [0116] * * Anspruch 1 *  ----- -/-	17	
1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 6. Dezember 2010	Prüfer Weber, Ingo
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 Patentedokument, 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)



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 10 00 4837

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	RYLE M: "SMOOTHING OUT THE RIDE", MOTORSHIP, NEXUS MEDIA COMMUNICATIONS, SWANLEY, KENT, GB, Bd. 79, Nr. 930, 1. Januar 1998 (1998-01-01), Seiten 23-26, XP000737293, ISSN: 0027-2000 * Spalte 1, Zeilen 26-33 * -----	9,10,12, 13,15	
A	DE 10 2004 020924 A1 (TUHH TECH GMBH [DE]; TUHH [DE]) 7. Juli 2005 (2005-07-07) * Zusammenfassung * -----	9,10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
München		6. Dezember 2010	
		Prüfer	
		Weber, Ingo	
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 Patentedokument, 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			

 1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 10 00 4837

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.

06-12-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
KR 100827396 B1	07-05-2008	KEINE	
DE 102004020924 A1	07-07-2005	KEINE	

EPO FORM P0461

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