

(19)



(11)

**EP 2 305 557 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**06.04.2011 Patentblatt 2011/14**

(51) Int Cl.:  
**B63H 1/08 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **10401129.1**

(22) Anmeldetag: **09.08.2010**

(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**

(71) Anmelder: **Nescholta, Friedhelm**  
**02957 Krauschwitz (DE)**

(72) Erfinder: **Nescholta, Friedhelm**  
**02957 Krauschwitz (DE)**

(74) Vertreter: **Weissfloh, Ingo**  
**Prellerstrasse 26**  
**01309 Dresden (DE)**

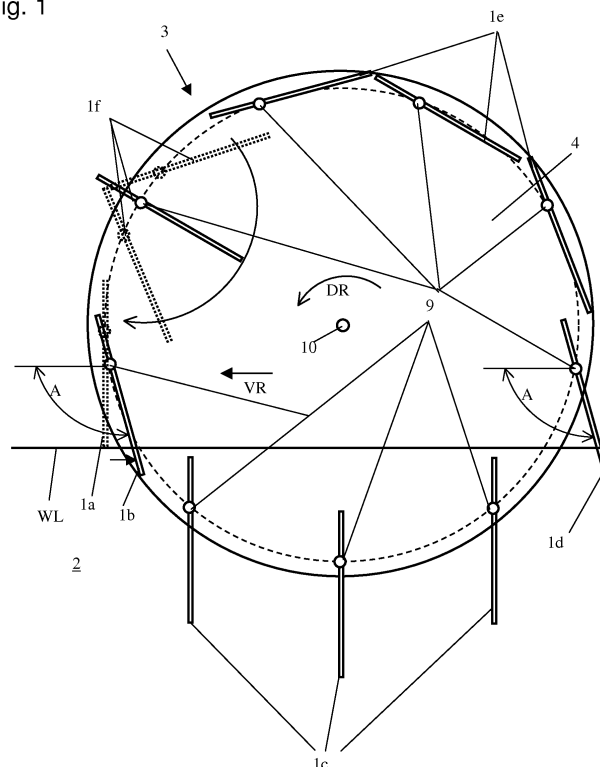
(30) Priorität: **14.08.2009 DE 102009026382**

**(54) Schaufelrad mit drehbaren Schaufeln und Verfahren zur Stellung der Schaufeln**

(57) Die Erfindung offenbart ein Schaufelrad (3) mit verstellbaren schaufeln (1a bis 1f) und ein Verfahren zur Stellung der drehbaren Schaufeln. Die Schaufeln (1c) nehmen im Arbeitsbereich eine senkrechte Stellung ein, wobei sie beim Eintauchen und Auftauchen entgegen der Vortriebsrichtung nachgeben können und so nicht bremsend wirken. Außerhalb des Wassers (2) nehmen die Schaufeln (1e) eine zum Schaufelrad (3) tangetiale Stellung ein und vermeiden so die nachteiligen Wirkun-

gen der Zentrifugalkräfte. Die Führung der Schaufeln (1a bis 1 f) erfolgt durch mit den Schaufeln (1a bis 1f) verbundene Stellhebel (5), die mittels Führungselementen (6) an Führungsschienen (7) ausgerichtet werden. Durch die Führungsschienen (7) lassen sich unterschiedliche Bewegungsprogramme, insbesondere das oben beschriebene, für schaufeln realisieren. Das Anwendungsgebiet der Erfindung ist der Schiffs-und Bootsba.

Fig. 1

**EP 2 305 557 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Schaufelrad mit drehbaren Schaufeln als Antriebsorgan für Binnenschiffe und Verfahren zur Stellung der drehbaren Schaufeln.

**[0002]** Schaufelräder mit beweglichen Schaufeln sind in verschiedenen Ausführungen bekannt.

**[0003]** Als Weiterentwicklung des Wasserrades mit starren Schaufeln wurden die Wasserräder mit beweglichen Schaufeln entwickelt.

**[0004]** So ist aus der DE 20209800 U1 ein Schaufelradantrieb bekannt, bei dem die Schaufeln durch ein zentrales Hebelgestänge verschwenkt werden können, um bei ausschließlichen Schiffsschraubenantrieb den Strömungswiderstand durch das Wasserrad zu reduzieren.

**[0005]** In der DE 20200397 U1 wird ein Wasserrad gezeigt, an dem die an Radarmen befestigten Schaufeln über Radarmgelenke und exzentrisch gelagertem Ring drehbar sind.

**[0006]** Die DE 3544881 C2 beschreibt gleichfalls ein Wasserrad mit beweglichen Schaufeln und drehbar gelagertem Führungsring, bei dem die Schaufeln durch Doppelkurbelgetriebe in senkrechter Position gehalten werden.

**[0007]** In der DE 3040508 C2 wird ein Schaufelradantrieb gezeigt, bei dem die Schaufeln am Umfang des Schaufelrades in unterschiedliche Positionen zum Schaufelrad gebracht werden. Dies erfolgt durch mehrere an den Radarmen angeordneten Stirnrädern.

**[0008]** Aus der DE 911816 ist ein Schaufelrad mit verstellbaren Schaufeln bekannt, bei dem die starr verbundenen Teile miteinander verschweißt sind.

**[0009]** In der DE 460 676 wird ein Schaufelrad mit Vertikalachse und verdrehbaren tragflächenförmigen Schaufeln gezeigt. Dabei werden einerseits die Schaufeln durch Anschläge gehalten. Andererseits geht aus der Anmeldung nicht hervor, wie die die Anschläge haltenden Hebel geführt werden.

**[0010]** Die DE 434768 zeigt ein Schaufelrad, bei dem die Schaufel unterhalb der Mitte drehbar gelagert ist und sich oben zwischen zwei festen Anschlägen bewegen kann. Durch die Verdrehung stellen sich beim Auftauchen aus dem Wasser günstigere Anstellwinkel ein, die zu einem verbesserten Wirkungsgrad führen.

**[0011]** Die DE 709253 betrifft ein Vertikalachs-Schaukelrad mit durch Gestänge verstellbare Schaufeln.

**[0012]** Ein Vertikalachs-Schaukelrad ist ebenso aus der DE 709253 bekannt, wobei Stellmotoren die Schaufelstellung steuern.

**[0013]** In der DE 340898 erfolgt die kontinuierliche Schaufelverstellung durch einen Excenter.

**[0014]** Die US 5,297,933 offenbart ein Schaufelrad, bei dem die Stellung der Schaufeln durch mit den Schaufeln verbundenen Gewichten erfolgt.

**[0015]** Diese bekannten Lösungen führen teilweise zu einer Verbesserung der Schaufelräder, sind jedoch nicht oder nur sehr eingeschränkt in der Lage, die Schaufeln so einzustellen, dass das Schaufelrad den hydrodyna-

mischen und sonstigen Anforderungen gerecht wird und somit einen hohen Wirkungsgrad erzielen kann. Darüber hinaus erfordern die bekannten Schaufelstellvorrichtungen einen teilweise enormen Aufwand.

**[0016]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Schaufelrad zu schaffen, das dafür sorgt, dass die Schaufeln entsprechend der jeweiligen Phase eine den hydrodynamischen Bedingungen optimale Stellung einnehmen. Insbesondere soll vermieden werden, dass die Schaufeln beim Eintauchen Wasser nach unten drücken und beim Auftauchen Wasser über die Wasserlinie heraus heben. Zugleich soll verhindert werden, dass die Schaufeln unmittelbar nach dem Eintauchen und vor dem Auftauchen aus dem Wasser, bedingt durch die dann geringe horizontale Geschwindigkeitskomponente der Schaufeln, eine Abbremsung des Schiffes bewirken. Die Schaufeln können entgegen der Vortriebsrichtung nachgeben. Wenn die relative Strömungsgeschwindigkeit des Wassers größer als die Horizontalgeschwindigkeitskomponente der Schaufeln ist, stellen sich die Schaufeln mit einem Winkel von  $>90$  Grad zur Wasseroberfläche in Vortriebsrichtung ein.

**[0017]** Mit der Erfindung wird im angegebenen Anwendungsfall erreicht, dass eine Abbremsung des Schaufelrades verhindert wird. Aus diesem Vorteil resultiert ein höherer Wirkungsgrad des Schaufelrades. Diese Funktion ist unabhängig von der Strömungsgeschwindigkeit des Flusses und der Drehzahl des Schaufelrades gegeben. Damit können derartige Schaufelräder auch tiefer ins Wasser eintauchen und haben damit eine größere wirksame Schaufelfläche.

**[0018]** Die Schaufelräder können somit bei gleicher Leistung kleiner gebaut werden. Zugleich können die Schaufelräder dadurch und durch das bessere Ablaufverhalten mit höheren Drehzahlen effizient betrieben werden, was die Antriebsleistung weiter erhöht.

**[0019]** Anspruch 2 zeigt eine zu Anspruch 1 alternative Ausgestaltung, die darin besteht, dass die Schaufeln beim Eintauchen und beim Auftauchen in eine nach hinten geneigte Position gebracht werden. Dazwischen nehmen die Schaufeln die zum Vortrieb optimale senkrechte Stellung ein. Diese Lösung mit stetiger Schaufelführung sieht das Freischwingen nach hinten wie in Anspruch 1 nicht vor. Die stetige Führung der Schaufeln soll dem sich von selbst einstellenden Schaufelwinkel gemäß Anspruch 1 möglichst nahe kommen. Die Bremsverluste beim Ein- und Auftauchen werden reduziert und die mechanischen Komponenten für das Freischwingen nach hinten können entfallen. Durch die stetige Führung werden die aus dem Freischwingen der Schaufeln resultierenden Anschlaggeräusche vermieden.

**[0020]** Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens zur Stellung der Schaufeln und des Schaufelrades mit drehbaren Schaufeln ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0021]** Gemäß der Weiterbildung nach Anspruch 3 werden die Schaufeln in eine bezogen auf die Umfangslinie des Schaufelrades tangential Stellung gebracht

und bilden in diesem Bereich einen nahezu geschlossenen Zylindermantel. Durch die tangentielle Stellung wird verhindert, dass an den Schaufeln befindliche Wassertropfen bzw. im Schaufelrad befindliche Luft durch Fliehkräfte beschleunigt werden und diese somit als Antriebsenergie für das Schaufelrad verloren gehen. Durch geringe Veränderung der Stellung der Schaufeln in diesem Bereich können gezielt die Druckverhältnisse innerhalb des Schaufelrades beeinflusst werden. Zugleich wird der Platzbedarf des Schaufelrades verringert.

**[0022]** Der Bewegungsablauf der Schaufeln kann so realisiert werden, dass die Schaufeln immer von derselben Seite oder aber wechselseitig beaufschlagt werden. Bei wechselseitiger Beaufschlagung muss sich die Schaufelwelle in der Mitte der Schaufel befinden. Bei einer vollen Schaufelradumdrehung führen die Schaufelwellen einschließlich Schaufeln nur eine halbe Umdrehung aus.

**[0023]** Nebenanspruch 4 beschreibt die Merkmale eines Schaufelrades gemäß Verfahrensanspruch 1, Anspruch 5 beschreibt die Merkmale eines Schaufelrades gemäß Anspruch 2 und Anspruch 6 die Merkmale eines Schaufelrades gemäß Anspruch 3.

**[0024]** In Nebenanspruch 7 ist das Schaufelrad dadurch gekennzeichnet, dass die drehbar gelagerten Schaufeln durch einen Stellhebel gestellt werden, wobei der Stellhebel mit dem Führungselement an einer gegenüber dem Schaufelrad feststehenden Führungsschiene geführt wird. Die Form der Führungsschiene(n) gibt dabei das Bewegungsprogramm zur Steuerung der Stellung der Schaufeln vor. Damit kommt zur Steuerung der Schaufelstellung das Prinzip eines Kurvengetriebes mit Kurvenscheibe (Führungsschienen) und Rollhebel (Stellhebel mit Führungselement) zur Anwendung. Unter dem Bewegungsprogramm soll verstanden werden, dass die Stellung, also der Winkel der Schaufeln in Abhängigkeit von der tatsächlichen Position am Schaufelrad, beim Eintauchen, im Bereich des vollständigen Eintauchens, beim Auftauchen und in der Rückführphase außerhalb des Wassers vorgegeben wird. Die Schaufelhebel können z.B. direkt mit der Schaufel oder über eine Welle verbunden sein. Dabei kann der Stellhebel so wie die Schaufel ausgerichtet oder auch in einem Winkel zur Schaufel mit dieser verbunden sein. Durch die Formgebung der Führungsschienen ist es möglich, freie Bewegungsprogramme für die Schaufelstellung zu realisieren.

**[0025]** Gemäß der Weiterbildung nach Anspruch 8 sind Führungsschienen auf einer Seite, der dazu gegenüberliegenden Seite bzw. auf beiden Seiten des Führungselementes angeordnet. Dabei ist es möglich, durch eine einseitige Führungsschiene die Beweglichkeit der Schaufeln in einer Richtung zu begrenzen und in der anderen Richtung freizugeben (Anschlag). Durch beidseitig des Führungselements angeordnete Führungsschienen kann die exakte Stellung des Führungselements und damit der Schaufel vorgegeben werden. Die Abstände beider Führungsschienen ermöglichen ein entsprechendes Spiel der Schaufeln proportional zum Abstand der Füh-

rungsschienen.

**[0026]** Mit Weiterbildung nach Anspruch 9 ist das Führungselement eine Führungsrolle. Eine Führungsrolle weist z.B. gegenüber einem Führungsstift den Vorteil auf, dass Reibung und Verschleiß geringer sind.

**[0027]** Gemäß der Weiterbildung nach Anspruch 10 ist das Führungselement eine drehbar mit dem Stellhebel verbundene und mit einer Feder vorgespannte Wippe, wobei an den Enden der Wippe jeweils Führungsrollen angeordnet sind. Durch die Vorspannung wird erreicht, dass eine Führungsrolle an einer der Führungsschienen und die andere Führungsrolle an der anderen Führungsschiene jeweils mit Andruck entlang rollt. Dadurch können die Führungsschienen mit einem Abstand zueinander ausgeführt werden und damit ein Klemmen der Führungsrollen sicher vermieden werden, ohne dass es aufgrund des Spiels zu beliebigen Hin- und Herbewegungen mit entsprechender Geräuscentwicklung kommen kann.

**[0028]** Mit Weiterbildung nach Anspruch 11 sind die Führungsschienen in oder aus dem Wirkungsbereich der Führungselemente verschiebbar. Die Verschiebbarkeit der Führungsschienen bzw. einzelner Abschnitte von Führungsschienen ermöglicht es, das Bewegungsprogramm zu ändern. So können beispielsweise für die Rückwärtsfahrt Schienenabschnitte in den Wirkungsbereich der Führungselemente bewegt werden und somit eine entsprechende Begrenzung für die Rückwärtsfahrt eingerichtet werden. Weiterhin können einzelne Schienenabschnitte für möglicherweise an entsprechende Betriebsbedingungen angepasste Schaufelpositionen verschoben werden.

**[0029]** Gemäß der Weiterbildung nach Anspruch 12 sind mit den Stellhebeln Anschlagelemente verbunden, wobei die Schaufeln an die Anschlagelemente anschlagen. Damit wird verhindert, dass die Kraft, insbesondere im Arbeitsbereich, vollständig durch die Schaufelwellen übertragen werden muss. Somit kann das Schaufelrad mit geringerem Gewicht ausgeführt werden.

**[0030]** Gemäß Weiterbildung nach Anspruch 13 sind die Anschlagelemente schwenkbar, so dass sie aus dem Wirkungsbereich der Schaufeln hinein- bzw. herausgeschwenkt werden können. Damit kann eine Behinderung durch die Schaufelradwangen vermieden werden. Die Steuerung der Anschläge kann durch eine vorhandene bzw. zusätzliche Führungsschiene erfolgen.

**[0031]** Gemäß der Weiterbildung nach Anspruch 14 weisen die Schaufeln und andere Teile mit Wasserkontakt eine hydrophobe Oberfläche auf, die ein schnelles Abfließen des Wassers gewährleistet und dadurch das den Wirkungsgrad mindernde Mitreißen von Wasser verhindert.

**[0032]** Entsprechend der Weiterbildung nach Anspruch 15 ist die Höhe des Schaufelrades bezüglich des Schiffsrumpfs veränderbar. Das bietet die Möglichkeit, die Eintauchtiefe der Schaufeln in Abhängigkeit vom Tiefgang aufgrund des Beladungszustandes des Schiffes zu optimieren. Zugleich ist es möglich, die Eintauchtiefe des

Schaufelrades zu verringern, um bei Niedrigwasser die Gewässer trotzdem, wenn auch nicht mit der optimale Schaufelradtiefe, befahren zu können. Die Höhenverstellbarkeit ist einfach durch eine kurbelartige Schwenkwelle realisierbar.

**[0033]** Anhand von Zeichnungen und Ausführungsbeispielen wird die Erfindung nachfolgend näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 die Seitenansicht des Schaufelrades mit über dem Umfang verteilten Schaufeln in prinziphafter Darstellung,

Fig. 2 das Schaufelrad mit Stellhebeln und Führungsschienen nach Fig. 1,

Fig. 3 Schaufelrad mit über dem Umfang verteilten Schaufeln in einer anderen Ausführung,

Fig. 4 das Schaufelrad mit Stellhebeln und Führungsschienen nach Fig. 3

Fig. 5 das Schaufelrad von hinten,

Fig. 6 das Detail Stellhebel,

Fig. 7 ein Stellhebel mit Wippe in der Seitenansicht und

Fig. 8 ein Stellhebel mit Wippe in der Draufsicht.

Nachfolgend werden das Schaufelrad 3 mit drehbaren Schaufeln 1a bis 1f und das Verfahren zur Stellung der drehbaren Schaufeln 1a bis 1f detaillierter beschrieben. Als Kennzeichen gegenüber der bisherigen Schaufelräder wird den erfindungsgemäßen Schaufelrädern 3 mit drehbaren Schaufeln 1a bis 1f die Bezeichnung N-Rad zugeordnet.

**[0034]** In Figur 1 ist das Schaufelrad 3 in der Seitenansicht dargestellt. Die Schaufeln 1a bis 1f sind oberhalb der Mitte mit einer Schaufelwelle 9 an den beiden Schaufelradwangen 4 des Schaufelrades 3 drehbar befestigt. Ebenso kann die Schaufelwelle 9 jeweils in der Mitte der Schaufeln 1 angeordnet sein. Als Schaufeln 1a bis 1f kommen neben den gezeigten ebenen Schaufeln 1 alle Schaufelausführungen, wie z.B. gewölbte oder aerodynamisch geformte, infrage. Um den Schwerpunkt der außermittig mit dem Schaufelrad 3 verbundenen Schaufeln 1a bis 1f zu verschieben, können die Schaufeln 1a bis 1f im oberen Bereich abgewinkelt oder mit Gewichten versehen sein. Das Schaufelrad 3 dreht sich um die Schaufelradwelle 10. Die Buchstaben a-f bei den Bezugszeichen kennzeichnen die Position der Schaufeln 1 in den einzelnen Phasen der Schaufelraddrehung. Die Stellung der Schaufeln 1a bis 1f entspricht den Ansprüchen 1 bis 4. Die Schaufel 1a taucht etwa senkrecht in das Wasser 2, z.B. eines Flusses, ein. Die folgende Beschreibung orientiert sich an der Drehrichtung DR. Unmittelbar nach dem Eintauchen ist die Horizontalkomponente der Schaufelgeschwindigkeit kleiner als die Relativgeschwindigkeit des Schaufelrades 3 im Bezug zum Wasser 2, so dass die Schaufel 1b durch das Wasser 2 mitbewegt wird, siehe Pfeil, und einen Winkel A zur Wasseroberfläche von >90 Grad einnimmt. Die Schaufel 1c richtet sich aber schnell senkrecht zur Wasseroberfläche

WL aus, wobei sie durch die Stellvorrichtung in Vortriebsrichtung auf 90 Grad begrenzt wird. In diesem Bereich wird die Antriebsleistung des Schaufelrades 3 auf das Wasser 2 übertragen. Kurz vor dem völligen Auftauchen verringert sich die Horizontalkomponente der Geschwindigkeit des Schaufelrades 3, so dass sich wieder ein Winkel A der Schaufel 1d größer 90 Grad einstellt und somit verhindert wird, dass die Schaufeln 1d bremsend wirken. Die relative Strömung des Wassers 2 bewirkt ein Nachgeben der Schaufel 1d. Durch die nahezu gleiche Geschwindigkeit von Wasser 2 und Schaufel 1d wird wirkungsvoll ein Herausschleudern von Wasser auch bei höheren Drehzahlen verhindert. Die ansonsten durch das Herausschleudern von Wasser 2 resultierenden Energieverluste werden vermieden. Die verbleibende geringe Wassermenge läuft schnell ab. Durch eine hydrophobe Ausführung der Oberfläche der Schaufeln 1a bis 1f kann das Abfließen des Wassers noch verbessert werden. Nachdem die Schaufeln 1e ganz aus dem Wasser 2 aufgetaucht sind, bewegen sie sich in eine Tangentialstellung bezogen auf das Schaufelrad 3. Durch diese Stellung wird der Platzbedarf des Schaufelrades 3 verringert. Zugleich werden Energieverluste vermieden, die ansonsten durch Fliehkräfte auf Wasserreste oder die Luft übertragen würden. Es wird de facto eine Kreisel- bzw. Lüfterwirkung des Schaufelrades 3 unterbunden.

Möglichst kurz vor dem Eintauchen dreht sich die Schaufel 1f zu 1a vorzugsweise nach innen um ca. 110 Grad, siehe Pfeil, so dass sie unmittelbar vor dem Eintauchen wieder eine etwa senkrechte Stellung zur Wasseroberfläche WL einnimmt.

**[0035]** Die Darstellung von Figur 2 geht aus Figur 1 hervor und zeigt eine Ausführung der Stellvorrichtung für die Schaufeln 1a bis 1f, bestehend aus Stellhebeln 5a, 5b mit Führungselementen 6 und Führungsschienen 7a bis 7d.

**[0036]** Vom Eintauchen bis zum Auftauchen kann die Schaufel 1b, 1c, 1d einen Winkel A größer-gleich 90 Grad zur Wasseroberfläche WL in Vortriebsrichtung VR einnehmen. Die Schaufeln 1a bis 1f sind durch Schaufelwellen 9 in den Schaufelradwangen 4 drehbar gelagert. Die Schaufeln 1c bis 1e sind mit Stellhebel 5a, 5b verbunden, die jeweils eine Führungsrolle 6 besitzen. Die Stellhebel 5a, 5b und damit die Schaufeln 1a bis 1f werden von im Bezug zum N-Rad 3 feststehenden Führungsschienen 7a bis 7d ausgerichtet. Die wirksamen Stellhebel 5a sind im Arbeitsbereich (im Wasser 2) etwa im rechten Winkel zur Schaufel 1c angeordnet. Die Führungsschiene 7a kann direkt oder indirekt am Schiffsrumpf befestigt sein. Durch die entsprechende Positionierung der Führungsschiene 7a kann der Winkel A der Schaufelstellung auf größer-gleich 90 Grad begrenzt werden. Gegebenenfalls kann die Führungsschiene 7b weggelassen werden so, dass nur eine einseitige Führungsschiene 7a vorhanden ist. In diesem Fall können die Schaufeln 1b, 1c, 1d entgegen der Vortriebsrichtung VR nachgeben. Durch die zu den Schaufeln 1b,

1c etwa rechtwinklig angeordneten Stellhebel 5a kann die Führungsschiene 7a entsprechend der Kraftwirkung optimal positioniert und zugleich eine gute und verklemmungsfreie Führung der Führungselemente 6 entlang der Führungsschiene 7a gewährleistet werden. Die Ausführung der Führungselemente 6 als Führungsrollen 6 verringert Reibung, Verschleiß, Geräusche und verbessert die verklemmungsfreie Führung entlang der Führungsschienen 7a bis 7d so zusätzlich.

**[0037]** Die kürzere Führungsschiene 7b verhindert das Nachgeben der Schaufeln 1c entgegen der Vortriebsrichtung VR, da dies nur beim Eintauchen und Austauchen der Schaufeln 1b und 1d relevant ist. Dadurch dass ein Nachgeben der Schaufeln 1c verhindert wird, ist eine Rückwärtsfahrt entgegen der Vortriebsrichtung VR möglich. Es kann vorteilhaft sein, die Führungsschiene 7b verschiebbar, z.B. senkrecht zur Zeichnungsebene, auszuführen, so dass sie bei Bedarf in den Wirkungsbereich der Führungshebel 5 verschiebbar ist.

Im Bereich des Auftauchens der Schaufel 1d wird ein hier dargestellter, in Richtung der Schaufel 1d angeordneter zweiter Stellhebel 5b wirksam. Da die Schaufel 1d hier eine zum Schaufelradumfang nahezu tangential Position einnimmt, kann die Kraftwirkung besser durch einen in Richtung der Schaufel 1d positionierten Stellhebel 5b und dazu entsprechend angeordnete Führungsschiene 7c, 7d aufgenommen werden. Sowohl die rechtwinklig angeordneten Stellhebel 5a als auch die in Richtung der Schaufeln 1a bis 1f angeordneten Stellhebel 5b können als eine Baueinheit realisiert sein.

**[0038]** Ebenso ist es möglich, die Führungsschienen 7a, 7b mit den zugehörigen Stellhebeln 5a für den Arbeitsbereich von den Führungsschienen 7c, 7d mit den Stellhebeln 5b für den Bereich außerhalb des Wassers 2 räumlich zu trennen und z.B. an verschiedenen Seiten des N-Rades 3 anzuordnen. Nach dem Auftauchen nehmen die Schaufeln 1e eine tangential Position ein, so dass sie in diesem Bereich einen Zylindermantel bilden. Hierzu sind beidseitig der Führungselemente bzw. Führungsrollen 6 Führungsschienen 7c, 7d angeordnet, die eine tangential Zwangsführung der Schaufel 1e realisieren.

**[0039]** Um die Schaufel 1f wieder in die Ausgangsposition 1a zu bringen, muss diese zurückgedreht werden. Dies kann unmittelbar nach dem Auftauchen, nicht dargestellt, oder, wie hier gezeigt, vor dem Eintauchen durch eine Drehung um ca. 110 Grad erfolgen. Die Führungsschienen 7c, 7d sind entsprechend geformt. Hier soll angemerkt werden, dass die hier wirksamen Stellhebel 5b in Schaufelrichtung auch zu den gezeigten gegenüberliegend angeordnet sein können. Dann würden die Führungsschienen 7c, 7d entsprechend anders verlaufen. Nach dem Drehen der Schaufel 1f nimmt diese beim Eintauchen wieder eine etwa senkrechte Position 1a ein. Die äußere Führungsschiene 7d ermöglicht unmittelbar vor dem Eintauchen der Schaufel 1b ein Zurückweichen des Stellhebels 5a, damit die Schaufel 1b aufgrund der geringen Horizontalgeschwindigkeit der Strömung fol-

gen kann und nicht bremsend wirkt. Nachfolgend wird wieder der rechtwinklig angeordnete Stellhebel 5a wirksam. Bis auf die Schaufelposition 1d sind zur Übersichtlichkeit nur die jeweils wirksamen Stellhebel 5a, 5b dargestellt. Die Stellhebel 5a, 5b können als Baueinheit ebenso wie auch auf verschiedenen Seiten des N-Rades 3 angeordnet sein.

**[0040]** Die Anordnung der Stellhebel 5a, 5b und der Führungsschienen 7 zeigt ein mögliches Ausführungsbeispiel. Andere, möglicherweise bessere Anordnungen, die auf diesem Prinzip basieren, werden damit nicht ausgeschlossen.

**[0041]** Die Figur 3 zeigt ein Schaufelrad 3 in der Seitenansicht, das sich um die Schaufelradwelle 10 dreht, wobei die Schaufelradwangen 4 die Schaufelwellen 9 mit den drehbaren Schaufeln 1 halten. Im Unterschied zu Figur 1 werden die Schaufeln 1 hier wechselseitig beaufschlagt. Daher kann die ca. 90 Grad-Drehung vor dem Eintauchen der Schaufel (1f in Figur 1) entfallen.

**[0042]** Beim Eintauchen bzw. Auftauchen bewegen sich die Schaufeln 1a,b und 1d in einem Winkel  $A > 90$  Grad zur

Wasseroberfläche WL nach hinten, da hier die Horizontalkomponente der Schaufelbewegung nicht zum Vortrieb dient, sondern bremsend wirken würde. Die Bewegung der Schaufeln 1a,b und 1d nach hinten kann wiederum passiv durch die sich einstellenden Strömungsverhältnisse oder aktiv durch die Stellhebel mit Führungselement 6 und Führungsschienen 7 (nicht dargestellt) erfolgen.

Bei dieser Ausführung kann das Schaufelrad 3 etwas tiefer in das Wasser 2 eintauchen. Die Schaufelwellen 9 sind hier in der Mitte der Schaufeln 1 angeordnet. Damit ist eine problemlose wechselseitige Beaufschlagung der Schaufeln 1 möglich.

**[0043]** Figur 4 zeigt das Schaufelrad aus Figur 3 mit den Schaufeln 1c im Bereich des Vortriebs und der dazugehörigen Steuereinrichtung aus Stellhebeln 5a, Führungsrollen 6 und Führungsschienen 7. Die in diesem Bereich wirksamen Stellhebel 5a sind etwa im rechten Winkel zur Schaufel 1c beiderseits angeordnet. Die beiderseitige Anordnung ermöglicht eine symmetrischen Aufbau und damit die Möglichkeit, dass die Schaufeln 1c abwechselnd von beiden Seiten beaufschlagt werden. Die Führungsschienen 7a, die beiderseits der Führungsrollen 6 verlaufen, haben eine kreisbogenartige Form, wobei sich die Führungsschienen 7a in der Mitte kreuzen. Diese Anordnung garantiert die senkrechte Stellung der Schaufeln 1c während der Vortriebsphase.

**[0044]** In der Phase, in der sich die Schaufeln 1e oberhalb der Wasserlinie WL befinden, werden sie in eine annähernd tangential Stellung zum Umfang des Schaufelrades 3 gebracht. Hier sind die beiden Stellhebel 5b etwa wie die Schaufeln 1e ausgerichtet. Die Führungsschienen 7b haben eine Kreissegmentbahn. Die Stellhebel 5a sind zu den Stellhebeln 5b um etwa 90 verdreht. Demzufolge müssen die Stellhebel 5a und 5b und entsprechend die Führungsschienen 7a, 7b in unterschied-

lichen Ebenen angeordnet sein. Das kann z.B. durch Anordnung beiderseits des Schaufelrades 3 realisiert werden.

**[0045]** Beim Eintauchen und Auftauchen der Schaufeln 1a,b, 1d werden diese durch die Führungsschienen 7b in eine etwa 30 bis 45 Grad nach hinten geneigte Stellung gebracht. Damit wird die Bremswirkung der Schaufeln 1a,b, 1d in diesen Phasen verringert.

**[0046]** Die stetige Führung der Schaufeln 1a,b, 1d in diesen Phasen sollte der sich von selbst einstellenden Stellung der Schaufeln 1a,b, 1d in Figur 1 und Figur 2 möglichst nahe kommen. Ebenso sind Kombinationen der Schaufelsteuerung aus Figur 2 und Figur 4 realisierbar.

**[0047]** Figur 5 zeigt das Schaufelrad 3 von hinten. Die Schaufeln 1c bis 1e werden über Schaufelwellen 9 in den Schaufelwangen 4 gehalten, die wiederum mit der Schaufelradwelle 10 verbunden sind und durch diese angetrieben werden. Die Schaufeln 1c bis 1e sind zur Verdeutlichung unterschiedlich gemustert dargestellt und verdecken sich teilweise. Im oberen Bereich schmiegen sich die Schaufeln 1e tangential an das Schaufelrad 3 an. Im unteren Bereich sind die mehr oder weniger senkrechten Schaufeln 1c, 1d dargestellt.

**[0048]** Die nicht dargestellten Stellhebel 5 mit Führungselement/ Führungsrolle 6 und Führungsschienen 7 befinden sich in einem Steuerkasten 11. Damit sind sie besser vor Verunreinigung geschützt. Der Steuerkasten 11 ist vorzugsweise strömungstechnisch optimiert. Bei breiten Schaufelrädern 3 können an beiden Seiten Steuerkästen 11 angeordnet sein. Der Steuerkasten 11 kann in den Schiffsrumpf integriert sein. Die Durchführungen der Schaufelwellen 9 durch den Steuerkasten 11 etc. sollen mit Wellendichtungen (nicht dargestellt) abgedichtet sein, um ein Eindringen von Wasser zu verhindern. Zusätzlich kann mit einer Pumpe (nicht dargestellt) in den Steuerkasten 11 eindringendes Wasser entfernt werden. Damit kann der Verschleiß bei Führungselementen, Stellhebeln und Führungsschienen deutlich reduziert werden.

**[0049]** In Figur 6 ist noch einmal ein Stellhebel 5 mit Führungsrollen 6a, 6b als Detail im Bereich des Auftauchens der Schaufel 1d gezeigt. Die Schaufel 1d befindet sich hinter der Schaufelradwange 4, in der sie mit der Schaufelwelle 9 gelagert ist. Der Stellhebel 5 vereinigt in sich den rechtwinklig zur Schaufel 1d und den in Schaufelrichtung angeordneten Stellhebel 5. Entsprechend sind zwei Führungsrollen 6a, 6b angeordnet. Hier ist der in Richtung der Schaufel 1d angeordnete Stellhebel 5b aus Figur 2 diesem gegenüberliegend angeordnet und wird hier durch die Führungsrolle 6b wirksam. Zusätzlich befindet sich ein Anschlag 8 am Stellhebel 5. Der Anschlag 8 sorgt dafür, dass im Arbeitsbereich, im Wasser, in dem die Kraftübertragung groß ist, die Kraft nicht allein durch die Schaufelwelle 9 übertragen werden muss. Der Anschlag 8 muss demzufolge entweder an der Schaufelradwange 4 vorbeiführen oder auf der Innenseite der Schaufelradwange 4 angeordnet sein. Außerhalb des Ar-

beitsbereiches kann der Anschlag 8 durch vorhandene oder zusätzliche Führungsschienen entsprechend aus dem Schaufelbereich bewegt werden.

**[0050]** Figur 7 und Figur 8 zeigen einen Stellhebel 5 mit zwei damit drehbar verbundenen und mit einer Feder 12 belasteten Wippe 13, an der die Führungsrollen 6 angeordnet sind. Durch die Feder 12, hier eine torsionsbelastete Schraubenfeder, werden die beiden Führungsrollen 6 gegen die beiden, sich gegenüberliegenden Führungsschienen 7 gedrückt. Durch den Andruck der Führungsrollen 6 können Klappergeräusche vermieden werden. Zugleich kann damit der Abstand der Führungsschienen 7 größer realisiert werden und damit ein Verklemmen einer einzelnen Führungsrolle 6 sicher vermieden werden. Durch den größeren Abstand der Führungsschienen 7 ist das Spiel der Schaufeln größer. In einer anderen nicht dargestellten Ausführung ist eine Führungsrolle 6 fest mit dem Stellhebel 5 verbunden und die andere Führungsrolle 6 federnd z.B. mit einer Wippe bzw. einem Spannhebel 13 am Stellhebel 5 befestigt. Damit ist eine Führungsrolle 6 starr und die andere drückt federnd an die Führungsschiene 7 womit die gleichen Vorteile, wie oben beschrieben, erzielt werden.

**[0051]** Gleichfalls möglich ist eine Ausführung bei der die Anschläge in der Richtung ohne Kraftübertragung klappbar und/oder durch Federn rückstellbar ausgeführt sind. Da im Wasser in der Regel der rechtwinklig zur Schaufel 1d angeordnete Stellhebel 5 mit Führungsrolle 6a wirksam ist, hat der Stellhebel 5 hier eine für die Kraftübertragung entsprechende vorteilhafte Dreiecksform. Daraus kann abgeleitet werden, dass, soweit zweckmäßig, weitere Führungsrollen 6 am Stellhebel 5 angeordnet sein können. Ebenso kann die Führungsrolle 6b bezogen auf die Schaufelwelle 9 gegenüberliegend (oben) positioniert sein. Die Führungsrollen 6 und Führungsschienen 7a, 7c können in unterschiedlichen Ebenen angeordnet sein, um falsche Führungen zu vermeiden.

**[0052]** Die Führungsschienen 7a, 7c können eine dritte Dimension, z.B. in die Zeichnungsebene heraus bzw. hinein, aufweisen, die z.B. für die Steuerung des Anschlags 11 nutzbar ist.

**[0053]** Durch Verschiebung der Führungsschienen innerhalb der Schaufelradwangenebene als auch senkrecht dazu können die Schaufelstellungen über den Umfang verändert werden. Insbesondere ist so durch eine zusätzlich in den Wirkungsbereich der Führungsrollen 6 gebrachte Führungsschiene, nicht dargestellt, die ein Nachschwenken verhindern, beispielsweise eine Rückwärtsfahrt möglich. Durch verschiebbare bzw. in den Bereich der Führungselemente 6 bzw. Führungsrollen 6 hinein bzw. heraus verschiebbare Führungsschienen 7 können unterschiedliche und variable Bewegungsprogramme der Schaufelstellungen über den Schaufelradumfang realisiert werden. Insofern kommt das Schaufelrad 3 auch für die Wasserkraftnutzung, den Medientransport und ggf. weitere Anwendungen infrage. Bei verankertem bzw. an der Anlegestelle festgemachtem Schiff kann das Schaufelrad 3 entsprechend mit einem Generator gekop-

pelt als Schiffsmühle zur Energieerzeugung genutzt werden.

**[0054]** Der motorische Antrieb, z.B. Elektromotoren oder Verbrennungsmotoren, erfolgt jeweils über die Schaufelradwelle 10. Eine Motoranordnung, ggf. mit Getriebe, im Nabenbereich, vorzugsweise als elektrischer Nabenmotor, des Schaufelrades 3 verringert den Platzbedarf im Wasserfahrzeug. In diesem Zusammenhang kann auch besonders einfach die Höhe des Schaufelrades in Bezug zum Schiffsrumpf verändert werden. Mit der Anpassung der Höhe ist bei verändertem Beladungszustand des Schiffes immer eine optimale Eintauchtiefe der Schaufeln realisierbar. Zugleich ist der Nabenmotor gut zugänglich und im Schadensfall schnell austauschbar.

**[0055]** Für die Praxis ist es von Vorteil, wenn im oder am Antrieb eine Drehmomentbegrenzung, z.B. durch eine entsprechende Rutschkupplung, vorgesehen ist. Damit wird verhindert, dass das Schaufelrad durch Treibgut Schaden nimmt. Bei Ausführung mit Elektromotorantrieb kann die elektrische Leistungsaufnahme des Motors überwacht und ggf. begrenzt werden. Die Drehmomentbegrenzung durch z.B. Rutsch- oder Rastkupplung kann zusätzlich oder alternativ auch für jede Schaufel vorgesehen sein. Damit kann das Schaufelrad weiter betrieben werden, auch wenn einzelne Schaufeln ausfallen, weil sie beispielsweise blockiert sind.

**[0056]** Das Schaufelrad bzw. die Schaufelräder können unterschiedlichst angeordnet sein, z. B. am Bug, Heck, Boden bzw. seitlichen Flanken des Schiffes ganz oder teilweise unterhalb der Wasserlinie WL, wobei die Schaufelradwellen dabei eine waagerechte, senkrechte oder schräge Position zur Wasseroberfläche einnehmen können. Dabei können die Schaufelräder 3 auch teilweise nur mit den für den Vortrieb relevanten Schaufeln aus dem Schiffsrumpf herausragen. Damit sind beispielsweise an den seitlichen Flanken des Schiffsrumpfes angeordnete Schaufelräder 3 mit vertikalen Schaufelradwellen ausführbar, wobei jeweils nur der Teil des Schaufelrades 3 mit den vortriebsrelevanten Schaufeln aus dem Schiffsrumpf herausragt und der andere Teil des Schaufelrades in den Schiffsrumpf integriert ist. Bei dieser Ausführung kann der Steuerkasten auch oberhalb der Wasserlinie angeordnet sein.

**[0057]** Vor dem Schaufelrad 3 kann ein aktivierbarer Rechen angeordnet sein. Im Bedarfsfall wird der Rechen vor dem Schaufelrad in das Wasser gelassen und führt das Treibgut seitlich am Schaufelrad 3 vorbei. Dazu sind die Rechenstäbe horizontal und schräg zur Fahrtrichtung angeordnet. Die Aktivierung des Rechens kann automatisch und/oder von Hand erfolgen.

**[0058]** Die Schaufelstellungen können ebenso durch elektromotorische Stellantriebe realisiert werden.

Für kleinere Boote ist z.B. auch ein Pedalantrieb möglich.

**[0059]** Von Vorteil kann auch die Anordnung eines oder mehrerer Auftriebskörper sein, z.B. das Steuerruder durch eine Ausführung als Hohlkörper aus Aluminium. Durch den Auftrieb kann der Tiefgang des Schiffes ver-

ringert werden.

Zusammenstellung der Bezugszeichen

#### 5 [0060]

|             |                                                                    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1a bis 1f - | Schaufel, Schaufelpositionen                                       |
| 2 -         | Wasser                                                             |
| 3 -         | Schaufelrad, N-Rad                                                 |
| 10 4 -      | Schaufelradwange                                                   |
| 5 -         | Stellhebel                                                         |
| 5a, 5b -    | Stellhebel                                                         |
| 6 -         | Führungselement, Führungsrolle                                     |
| 6a, 6b -    | Führungselement, Führungsrolle                                     |
| 15 7 -      | Führungsschienen                                                   |
| 7a bis 7d - | Führungsschienen                                                   |
| 8 -         | Anschlag, Anschlagelemente                                         |
| 9 -         | Schaufelwelle                                                      |
| 10 -        | Schaufelradwelle                                                   |
| 20 11 -     | Steuerkasten                                                       |
| 12 -        | Feder                                                              |
| 13 -        | Wippe, Spannhebel                                                  |
| WL -        | Wasseroberfläche, Wasserlinie                                      |
| 25 A -      | Winkel zwischen Schaufel und Wasseroberfläche in Vortriebsrichtung |
| VR -        | Vortriebsrichtung                                                  |
| DR -        | Drehrichtung                                                       |

30

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Stellung von drehbaren Schaufeln an einem Schaufelrad,  
35 **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Schaufeln (1a) durch eine Stellvorrichtung unmittelbar beim Eintauchen in das Wasser (2) in eine zur Wasseroberfläche (WL) etwa senkrechte Stellung gebracht werden und die Schaufeln (1b, 1c, 1d) anschließend eine Stellung mit einem Winkel (A) größer oder gleich 90 Grad bezogen auf die Wasseroberfläche (WL) in Vortriebsrichtung (VR) einnehmen können, wobei sich der tatsächliche Winkel (A) aus den jeweiligen Strömungsverhältnissen an der Schaufel (1b, 1c, 1d) ergibt.
2. Verfahren zur Stellung von drehbaren Schaufeln an einem Schaufelrad,  
45 **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Schaufeln (1a, 1b) durch eine Stellvorrichtung unmittelbar vor dem Eintauchen in das Wasser (2) in eine zur Wasseroberfläche (WL) schräg nach hinten geneigte Stellung gebracht werden, die Schaufeln (1c) anschließend in eine senkrechte Stellung bezogen auf die Wasseroberfläche (WL) gebracht werden und die Schaufeln (1d) beim Auftauchen aus dem Wasser in eine etwa 45 Grad nach hinten geneigte Stellung gebracht werden.

3. Verfahren zur Stellung von drehbaren Schaufeln an einem Schaufelrad nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufeln (1e) nach dem Austauschen aus dem Wasser (2) durch die Stellvorrichtung, bestehend aus Führungsschienen (7) und an den Schaufeln (1a bis 1f) befestigten Stellhebeln (5) in eine, bezogen auf die Umfangsline des Schaufelrades (3) tangentielle Stellung bewegt werden.
4. Schaufelrad mit drehbaren Schaufeln, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufeln (1a) mittels einer Stellvorrichtung, bestehend aus Führungsschienen (7) und an den Schaufeln (1a bis 1f) befestigten Stellhebeln (5) unmittelbar beim Eintauchen in das Wasser (2) in eine etwa senkrechte Stellung zur Wasseroberfläche (WL) bringbar sind und durch die Schaufeln (1b, 1c, 1d) nach dem Eintauchen ins Wasser (2) eine Position mit einem Winkel (A) größer oder gleich 90 Grad, bezogen auf die Wasseroberfläche (WL) in Vortriebsrichtung (VR) einnehmbar ist, wobei sich der tatsächliche Winkel (A) jeweils aus den Strömungsverhältnissen an der Schaufel (1b, 1c, 1d) ergibt.
5. Schaufelrad mit drehbaren Schaufeln, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufeln (1a, 1b) mittels einer Stellvorrichtung, bestehend aus Führungsschienen (7) und an den Schaufeln (1a bis 1f) befestigten Stellhebeln (5) unmittelbar beim Eintauchen in das Wasser (2) in eine etwa senkrechte Stellung zur Wasseroberfläche (WL) bringbar sind, nachfolgend die Schaufeln (1c) in eine senkrechte Stellung bringbar sind und die Schaufeln (1d) beim Auftauchen aus dem Wasser in eine nach hinten geneigte Stellung bringbar sind.
6. Schaufelrad nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufeln (1e) nach dem Austauschen aus dem Wasser (2) durch die Stellvorrichtung in eine, bezogen auf den Umfang des Schaufelrades (3), tangentielle Position bringbar sind und die Schaufeln (1f) vor dem Eintauchen ins Wasser (2) so gedreht werden, dass sie in die Ausgangsposition (1a) bringbar sind.
7. Schaufelrad mit drehbaren Schaufeln, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufeln (1a bis 1f) jeweils durch mindestens einen in der Schaufelradwange (4) des Schaufelrades (3) drehbar gelagerten Stellhebel (5a, 5b) stellbar sind, wobei der Stellhebel (5a, 5b) jeweils mittels Führungselement (6) an mindestens einer gegenüber dem Schaufelrad (3) feststehenden Führungsschiene (7a bis 7d) führbar ist und die Form der Führungsschienen (7a bis 7d) das Bewegungsprogramm zu Steuerung der Stellung der Schaufeln (1a bis 1f) vorgibt.
8. Schaufelrad nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Führungsschienen (7) auf einer Seite, der dazu gegenüberliegenden Seite oder auf beiden Seiten des Führungselementes (6) angeordnet sind.
9. Schaufelrad nach Anspruch 7 und 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Führungselement (6) eine Führungsrolle (6) ist.
10. Schaufelrad nach Anspruch 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Führungselement (6) eine mit dem Stellhebel (5) drehbar verbundene und mit einer Feder (12) vorgespannte Wippe (13) ist, an deren Enden jeweils Führungsrollen (6) angeordnet sind.
11. Schaufelrad nach Anspruch 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Führungsschienen (7a bis 7d) in oder aus dem Wirkungsbereich der Führungselemente (6) verschiebbar sind.
12. Schaufelrad nach Anspruch 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit den Stellhebeln (5a, 5b) Anschlagenelemente (8) verbunden sind und die Schaufeln (1) an die Anschlagenelemente (8) anschlagen.
13. Schaufelrad nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anschlagenelemente (8) schwenkbar sind und das Schwenken durch eine zusätzliche oder vorhandene Führungsschiene (7a bis 7d) steuerbar ist.
14. Schaufelrad nach Anspruch 4 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufeln (1a bis 1f) und andere Teile mit Wasserkontakt eine hydrophobe Oberfläche aufweisen.
15. Schaufelrad nach Anspruch 4 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe des Schaufelrades (3) bezüglich des Schiffsrumpfs veränderbar ist.



Fig. 1

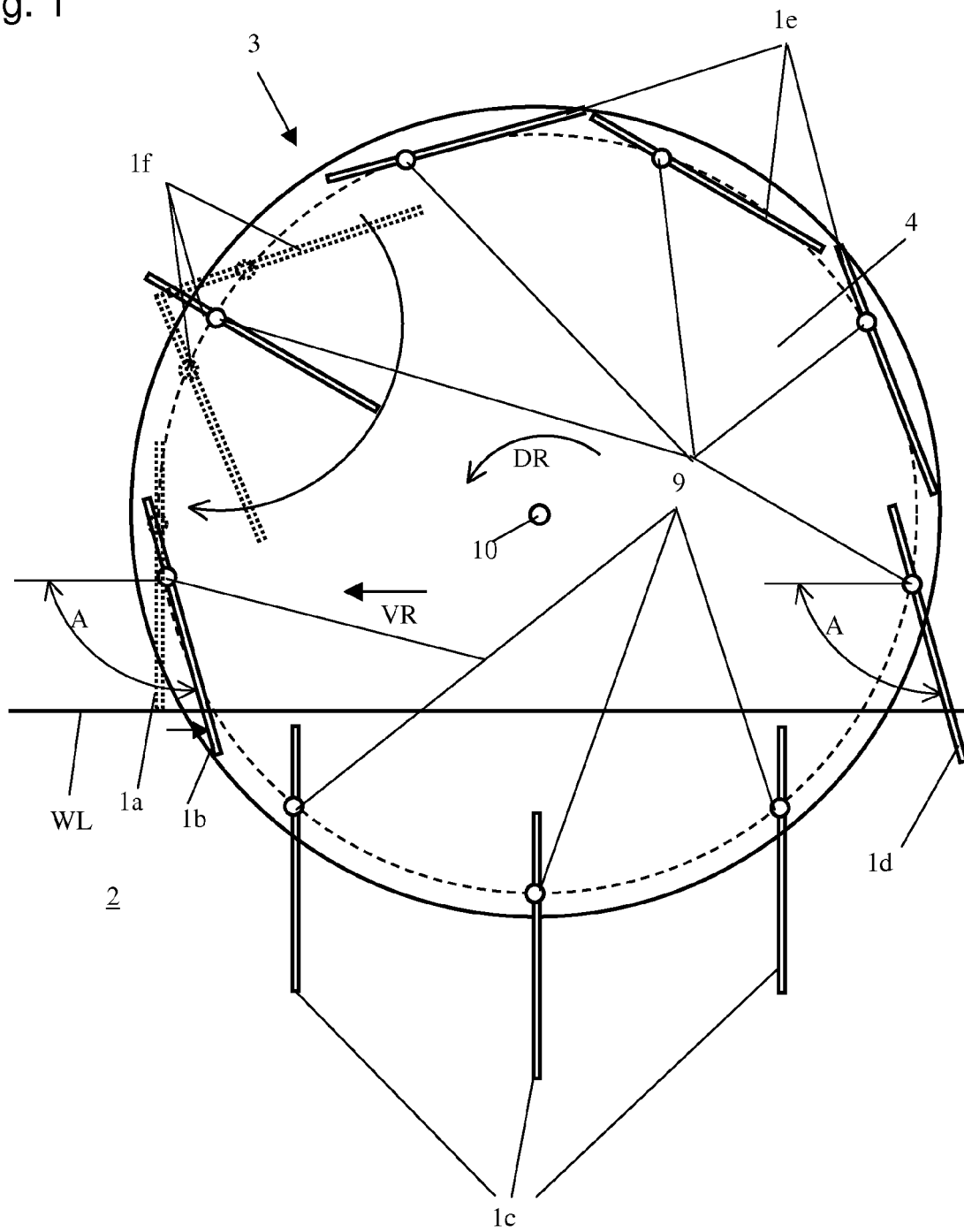


Fig. 2

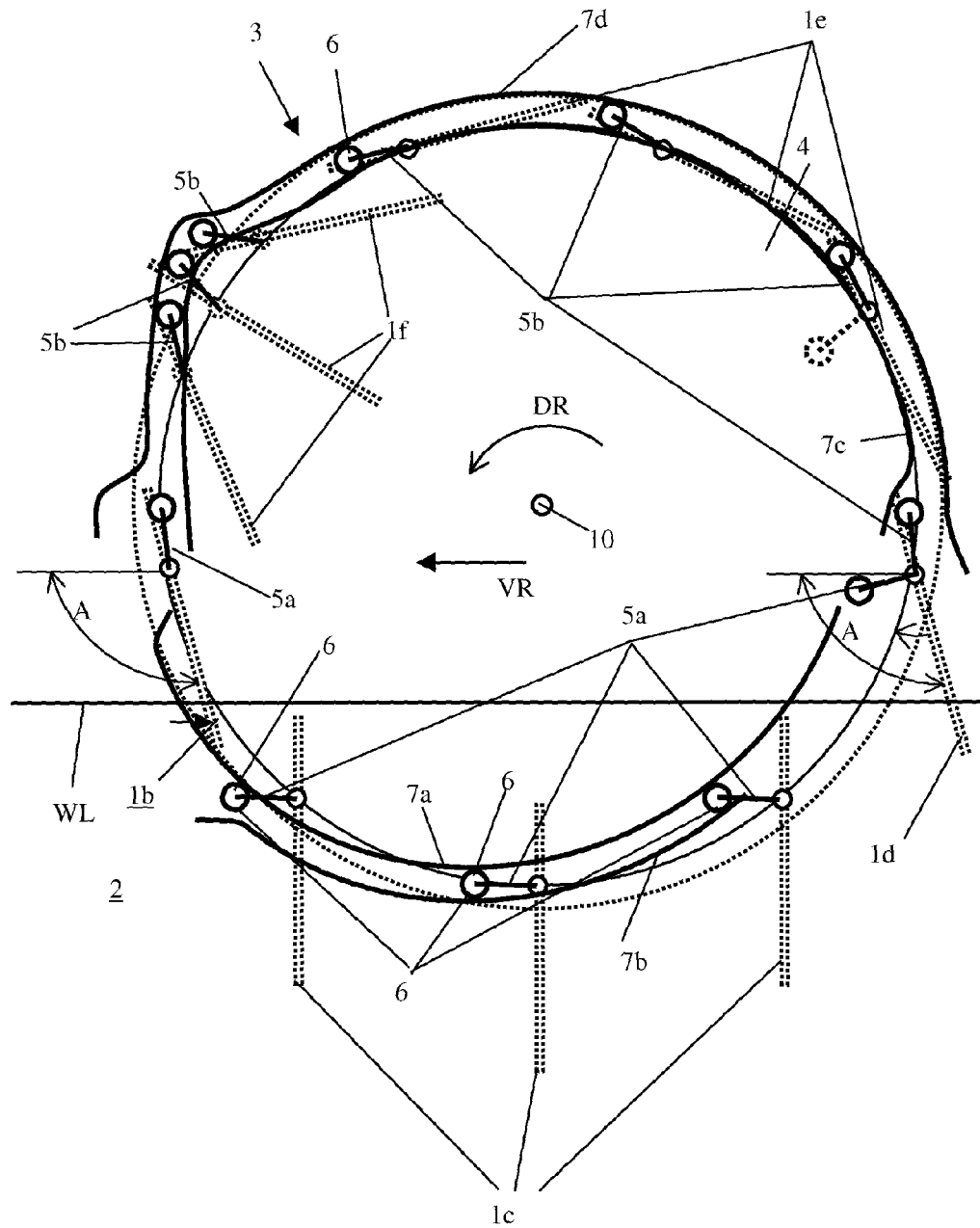


Fig. 3

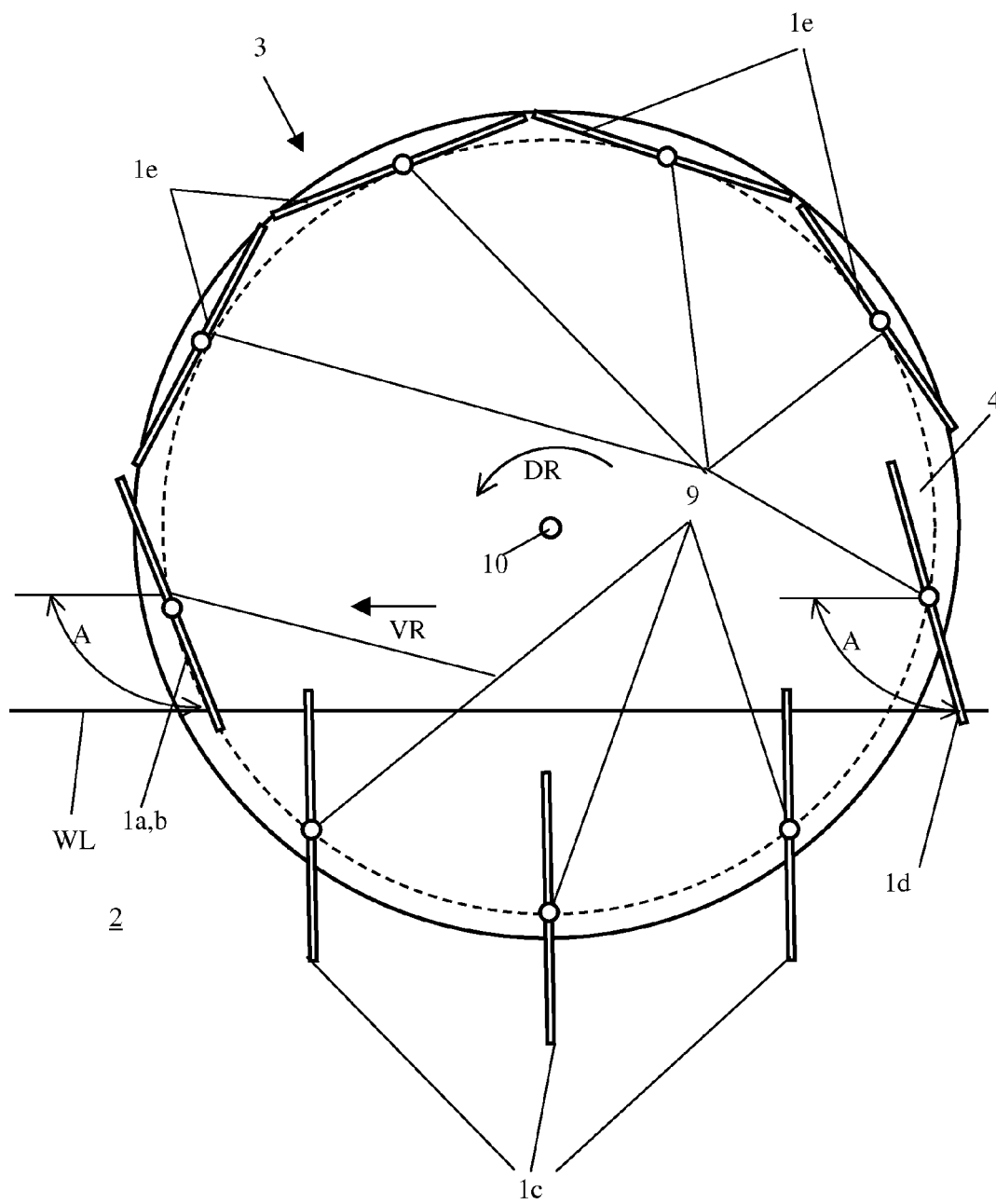


Fig. 4

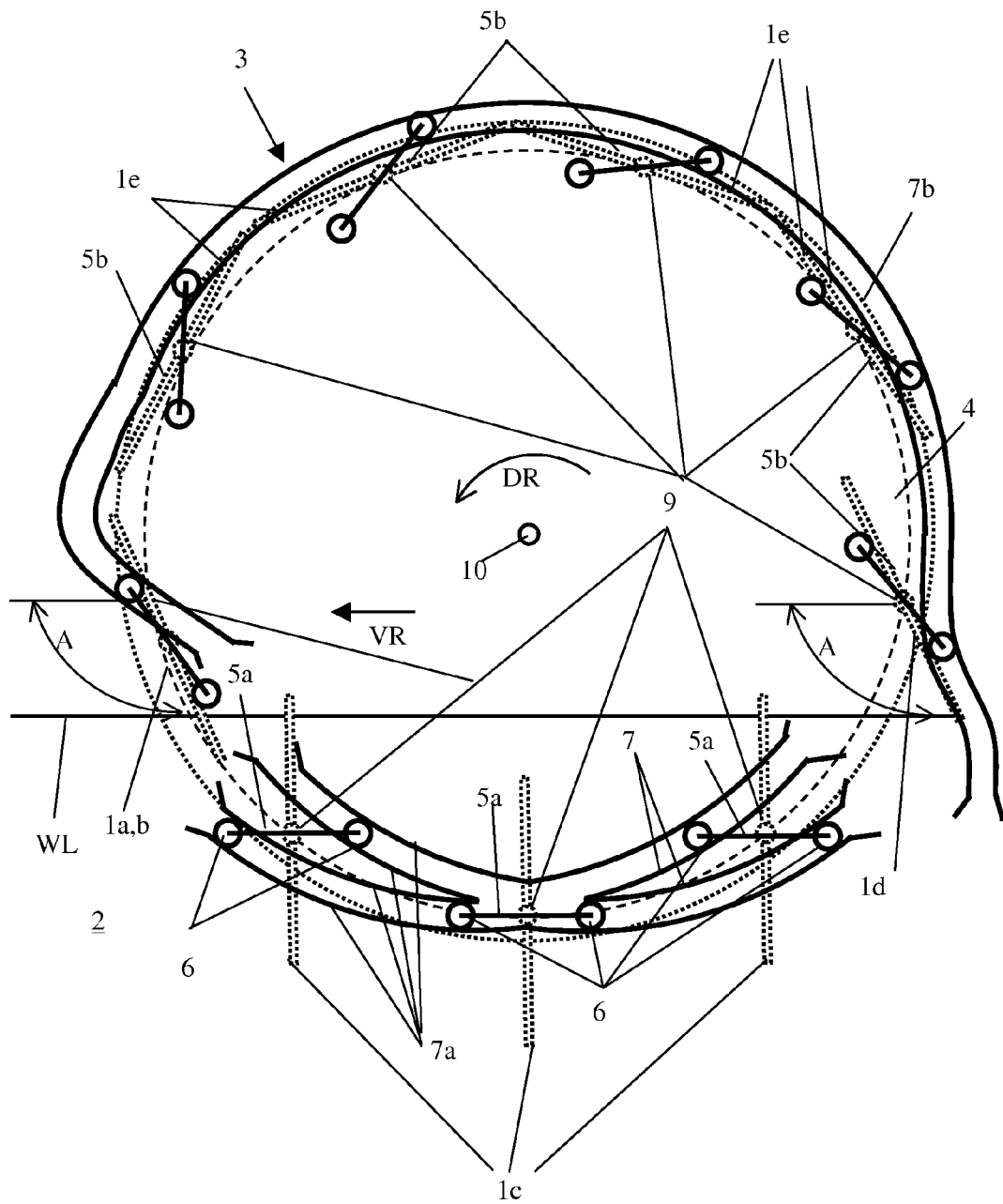


Fig. 5

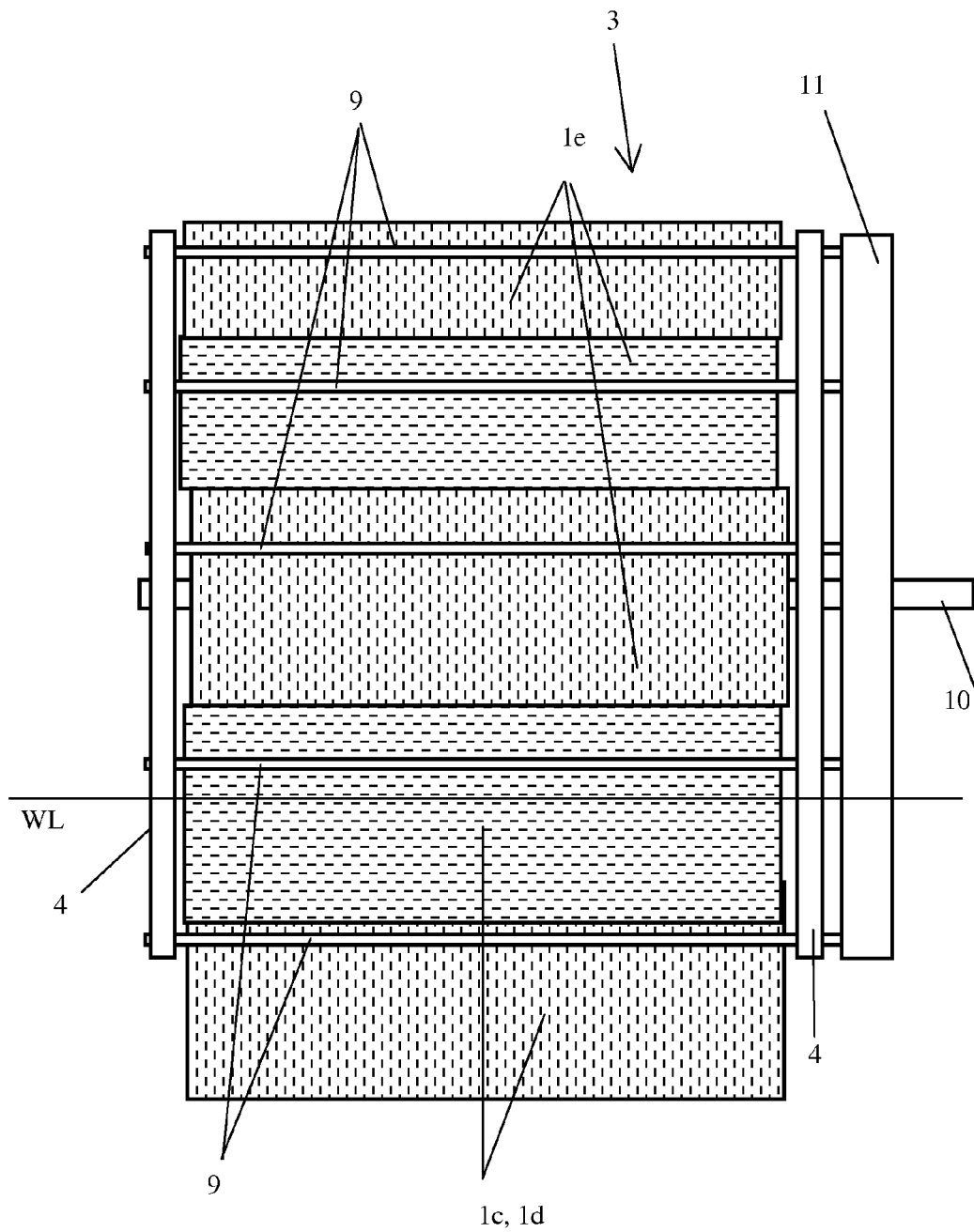


Fig. 6

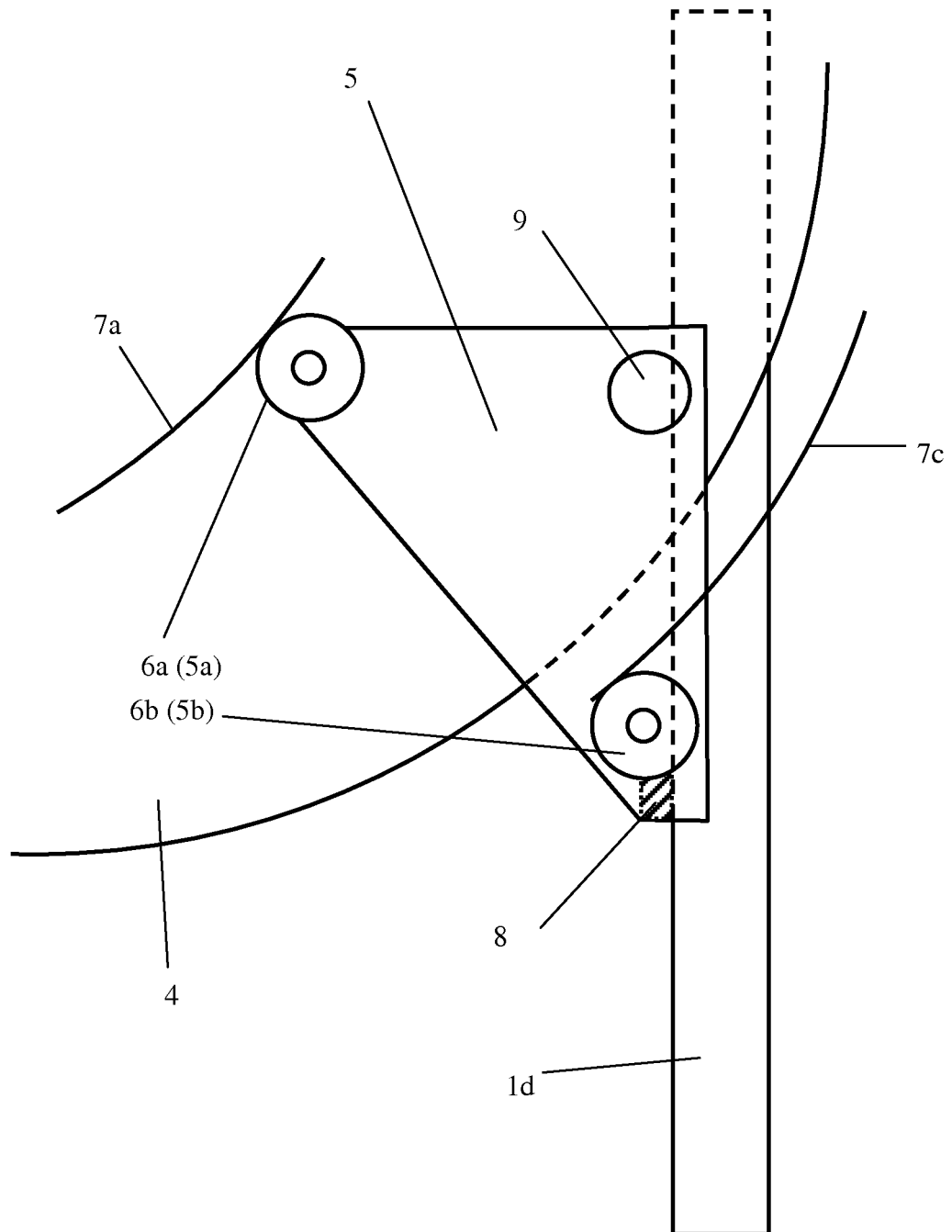


Fig. 7

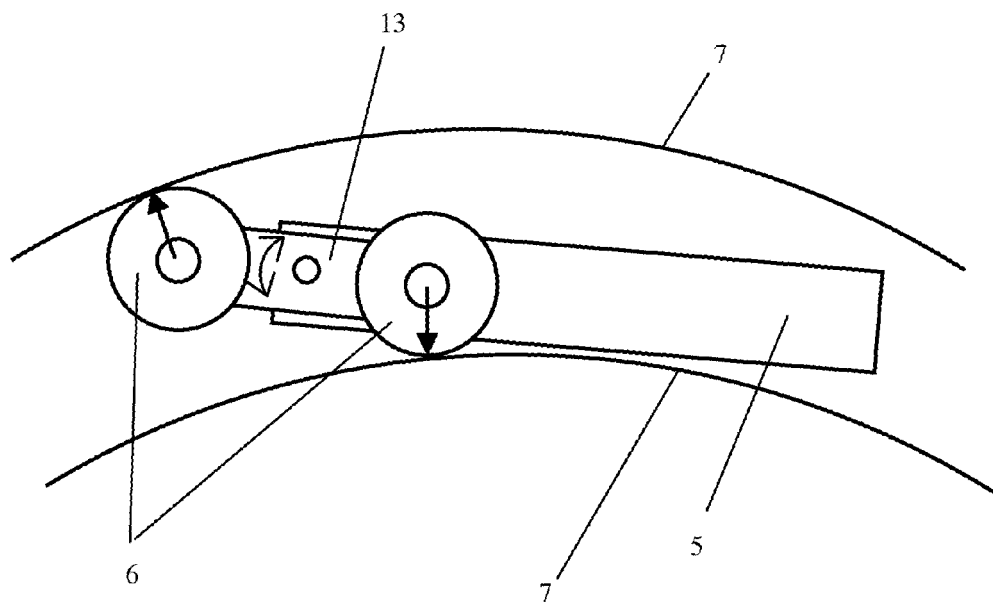
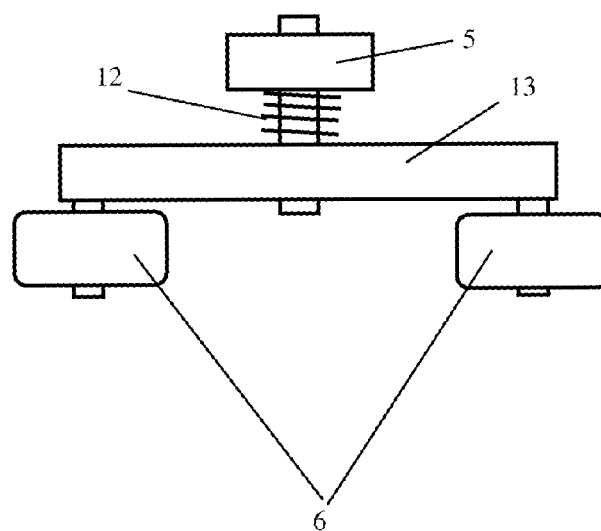


Fig. 8



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 20209800 U1 [0004]
- DE 20200397 U1 [0005]
- DE 3544881 C2 [0006]
- DE 3040508 C2 [0007]
- DE 911816 [0008]
- DE 460676 [0009]
- DE 434768 [0010]
- DE 709253 [0011] [0012]
- DE 340898 [0013]
- US 5297933 A [0014]