



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 34 900 A1** 2005.03.03

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 34 900.6**

(22) Anmeldetag: **29.07.2003**

(43) Offenlegungstag: **03.03.2005**

(51) Int Cl.7: **B63H 1/04**

(71) Anmelder:

**Schmitt Kugelantriebe GmbH, 56626 Andernach,
DE**

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80538 München**

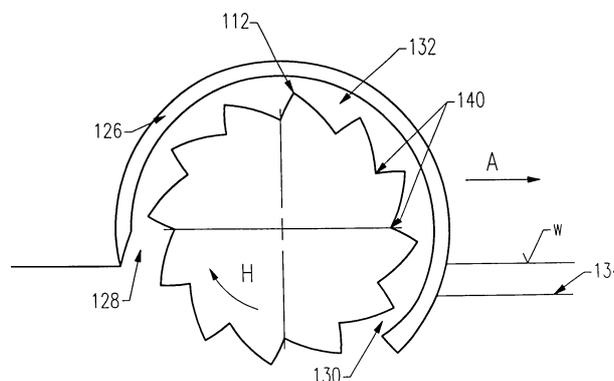
(72) Erfinder:

Schüller, Thomas, 56073 Koblenz, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Schiffsantrieb**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Schiffsantrieb mit einem teilweise in das Wasser eintauchenden angetriebenen gezahnten Vortriebsrad, dessen Drehachse sich im Wesentlichen rechtwinklig zu der Vortriebsrichtung des Schiffsantriebes erstreckt. Der Schiffsantrieb weist ferner eine das Vortriebsrad teilweise umfänglich umgebende Abdeckung auf, die derart in Bezug auf das Vortriebsrad angeordnet ist, dass sich beim Betrieb des Schiffsantriebes zwischen der Umfangsfläche des Vortriebsrades und der Abdeckung eine mit dem Drehsinn des Vortriebsrades umlaufende Strömung ausbildet. Zur Verbesserung des Wirkungsgrades des Schiffsantriebes wird mit der vorliegenden Erfindung zum einen vorgeschlagen, dass die vorlaufende und die nachlaufende Flanke jeder der an dem Vortriebsrad ausgebildeten Zähne eine sphärische, konvexe Oberfläche aufweisen, dass die Zahnspitze eines jeden Zahnes in axialer Richtung konvex gekrümmt ist und dass der Ausgangspunkt der Krümmungsradien der sphärischen Oberflächen und der Kontur der Zahnspitze in einer sich orthogonal zu der Drehachse des Zahnrades erstreckenden Ebene liegt, die auch den Mittelpunkt des Vortriebsrades in axialer Richtung enthält. Gemäß ihrem zweiten Aspekt schlägt die vorliegende Erfindung vor, Zwickelkanäle, die zwischen benachbarten Zähnen des Vortriebsrades auf dessen Umfangsfläche gebildet sind, sich axial nach außen öffnend, auszubilden, so dass diese Zwickelkanäle mit einem zwischen dem Vortriebsrad und den Seitenflächen ...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Schiffsantrieb mit einem teilweise in das Wasser eintauchenden angetriebenen gezahnten Vortriebsrad, dessen Drehachse sich im Wesentlichen rechtwinklig zu der Vortriebsrichtung des Schiffsantriebes erstreckt, und mit einer das Vortriebsrad teilweise umfänglich umgebenden Abdeckung, die derart in Bezug auf das Vortriebsrad angeordnet ist, dass sich beim Betrieb des Schiffsantriebes zwischen der Umfangsfläche des Vortriebsrades und der Abdeckung eine mit dem Drehsinn des Vortriebsrades umlaufende Strömung ausbildet.

Stand der Technik

[0002] Ein derartiger Schiffsantrieb ist aus der PCT/EP02/00562 bekannt. Bei dem gattungsbildenden Schiffsantrieb verschleppt das angetriebene Vortriebsrad, welches sich üblicherweise in einem zur Unterseite des Schiffsrumpfes offenen Gehäuse befindet und in der Ruhestellung aus dem Wasser ragt, das den Rumpf umgebende Wasser. Dieses Wasser läuft zusammen mit dem rotierenden Vortriebsrad in einem zwischen der äußeren Umfangsfläche des Vortriebsrades und der Abdeckung gebildeten Spalt um. Beim Wiedereintritt in das den Rumpf umgebende Wasser gibt das mitgeschleppte Wasser, welches eine abrissfreie Strömung in dem Spalt ausbildet, an das umgebende Wasser einen Impuls ab, der zu einem Vortrieb des mit dem Antrieb ausgerüsteten Schiffes führt.

Aufgabenstellung

[0003] Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zugrunde, den gattungsbildenden Schiffsantrieb weiterzubilden und Maßnahmen anzugeben, mit denen der Wirkungsgrad des Schiffsantriebes verbessert werden kann.

[0004] Zur Lösung des obigen Problems gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung der gattungsbildende Schiffsantrieb derart weitergebildet, dass die vorlaufende und die nachlaufende Flanke jedes der an dem Vortriebsrad ausgebildeten Zähne eine sphärische, konvexe Oberfläche aufweisen, dass bis die Zahnspitze eines jeden Zahnes in axialer Richtung konvex gekrümmt ist und dass der Ausgangspunkt der Krümmungsradien der sphärischen Oberflächen und der Kontur der Zahnspitze in einer sich orthogonal zur Drehachse des Zahnrades erstreckenden Ebene liegen, die auch den Mittelpunkt des Vortriebsrades in axialer Richtung enthält. Es hat sich überraschenderweise herausgestellt, dass eine derart geformte Oberfläche der Vortriebseinrichtung zu recht hohen Wirkungsgraden führt. So hat sich bei einem Pfahlzugversuch gezeigt, dass mit dem erfindungsgemäßen Schiffsantrieb eine Zugkraft von 42 kg/kW Motorleistung zu erzielen ist, wohingegen der entsprechende Wert für einen üblichen Propeller bei zwischen 13 und 15 kg/kW liegt.

[0005] Die relativ hohen Wirkungsgrade des erfindungsgemäßen Schiffsantriebes liegen in der besonderen Ausgestaltung der auf der Außenumfangsfläche des Vortriebsrades ausgeformten Zähne begründet. Bei diesen Zähnen sind in Umfangsrichtung die vorlaufenden und nachlaufenden Flanken sphärisch konvex ausgeformt. Als vorlaufende Flanke wird diejenige Flanke eines Zahnes angesehen, welche bei einer Drehung des Vortriebsrades in Hauptvortriebsrichtung die vordere Flanke eines Zahnes bildet, während die nachlaufende Flanke bei einer Drehung in Hauptvortriebsrichtung die hintere Flanke des entsprechenden Zahnes ist.

[0006] Das nach dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ausgebildete Vortriebsrad zeichnet sich ferner dadurch gegenüber dem Stand der Technik aus, dass die Zahnspitze eines jeden Zahnes in axialer Richtung konvex gekrümmt ist. Schließlich liegen die Ausgangspunkte der Krümmungsradien der sphärischen Oberflächen der Flanken sowie der Kontur der Zahnspitze in einer sich orthogonal zur Drehachse des Zahnrades erstreckende Ebene. Diese Ebene umfasst auch den Mittelpunkt des Vortriebsrades in axialer Richtung, was bedeutet, dass die Flankenflächen wie Flächen eines Kugelsegmentes an der äußeren Umfangsfläche des Vortriebsrades vorgesehen sind, wobei der in axialer Richtung der Oberfläche der Kugelsegmente liegende höchste Punkt jeweils auf der Mitte des Vortriebsrades befindlich ist. Das gleiche Erfordernis wird gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung für die Kontur der Zahnspitze aufgestellt. Auch diese ist symmetrisch zu der axialen Mitte des Vortriebsrades ausgebildet. Die Stirnseiten des Vortriebsrades können aus Gründen einer einfachen Konstruktion eben ausgeformt sein. Alternative Ausgestaltungen, wie sie beispielsweise aus dem gattungsbildenden Stand der Technik bekannt sind, dessen Offenbarung durch die Bezugnahme in die vorliegende Anmeldung einbezogen wird, sind gleichfalls möglich.

[0007] Bevorzugte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Schiffsantriebes gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung sind in den Unteransprüchen 2 bis 8 angegeben.

[0008] Mit ihrem zweiten Aspekt schlägt die vorliegende Erfindung Lösungen des obigen Problems vor, den gattungsbildenden Schiffsantrieb dadurch weiterzubilden, dass Zwickelkanäle, die zwischen benachbarten Zähnen des Vortriebsrades auf dessen Umfangsfläche ausgebildet sind, sich axial nach außen öffnen. Die Zwickelkanäle, die sich axialer Richtung auf der Umfangsfläche des Vortriebsrades und im Wesentlichen über dem Zahngrund erstrecken, kommunizieren dementsprechend mit einem Abstandsraum, der zwischen dem Vortriebsrad und den Seitenflächen eines Gehäuses gebildet ist, welches das Vortriebsrad umgibt und auch die Abdeckung enthält.

[0009] Es hat sich gezeigt, dass insbesondere bei solchen Schiffsantrieben, die keine bevorzugte Hauptvortriebsrichtung haben und in jeder der beiden Drehrichtungen im Wesentlichen den gleichen Schub entwickeln, der Wirkungsgrad des Schiffsantriebes dadurch verbessert werden kann, dass bei Betrieb des Schiffsantriebes Wasser zwischen dem Vortriebsrad und den Seitenflächen der Abdeckung im Wesentlichen entgegen der Schwerkraft gefördert und seitlich in die Zwickelkanäle eingebracht wird. Das entsprechende Wasser wird insbesondere nach Ausbildung einer abrissfreien, mit dem Antriebsrad umlaufenden Strömung durch den Abstandsraum und zu dem zwischen der Außenumfangsfläche des Vortriebsrades und der Abdeckung gebildeten Spalte gefördert, und zwar aufgrund einer Sogwirkung, die sich erst nach Ausbilden einer umlaufenden Strömung einstellt. Es hat sich gezeigt, dass eine derartige Ausgestaltung gegenüber dem als gattungsbildenden angesehenen vorbekannten Lösungsprinzip, bei dem seitliche Wangen den axialen Zugang von außen zu den Zwickelkanälen verhindern, zu einem erhöhten Wirkungsgrad des Schiffsantriebes führt.

[0010] Im Hinblick auf einen gleichförmigen Schub in jeder der beiden Drehrichtungen ist es weiterhin zu bevorzugen, die vor- und nachlaufende Flanke im Wesentlichen geometrisch gleich auszubilden und die Einlass- und Auslassöffnung des Spaltes in etwa auf gleicher Höhe enden zu lassen.

[0011] Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, das Volumen des Abstandsraumes auf das Volumen des Spaltes zwischen der äußeren Umfangsfläche des Vortriebsrades und der Abdeckung abzustimmen.

[0012] Das Volumen des Abstandsraumes berechnet sich bei ebenen und sich parallel zueinander erstreckenden Seitenflächen des Gehäuses einerseits und des Antriebsrades andererseits aus dem Produkt der Grundfläche eines abgeschnittenen Kreises und der Breite des Abstandsraumes, d.h. dem Abstand zwischen der Seitenfläche des Vortriebsrades einerseits und des Gehäuses andererseits. Die abgeschnittene Kreisfläche hat einen Radius, der sich aus einer Addition des größten Außenradius des Vortriebsrades und der kleinsten Höhe des Spaltes ergibt. Die kleinste Höhe des Spaltes wird bei einem in Umfangsrichtung zumindest überwiegend konstanten Spalt bestimmt durch den Abstand zwischen dem höchsten Punkt der Zahnspitze und der Abdeckung. Die Grundfläche des abgeschnittenen Kreises wird ermittelt aus einer Differenz von zwei Flächen, nämlich der Grundfläche des Kreises und einer kappenförmigen Fläche, deren eine Seite durch den äußeren Rand des Kreises und deren andere Seite durch eine Sekante gebildet wird, welche den Kreis an seiner Außenseite genau dort schneidet, wo die Umschlingung des Vortriebsrades durch die Abdeckung endet. Diese Sekante schneidet die Einlass- und die Auslassöffnung also die jeweiligen Enden der Abdeckung. Das Volumen des Spaltes kann durch exakte Berechnung der Spaltgeometrie über den Umschlingungswinkel der Abdeckung um das Vortriebsrad ermittelt werden.

[0013] Als einfache Faustregel zur Auslegung der beiderseitigen Volumina des Abstandsraumes einerseits und des Spaltes andererseits hat sich eine Beziehung zwischen der Breite des Vortriebsrades und der Breite des Abstandsraumes ergeben. Dabei entspricht wenigstens die halbe axiale Erstreckung des Vortriebsrades der axialen Erstreckung des Abstandsraumes.

[0014] Im Hinblick auf die Erzeugung eines gerichteten Impulses parallel zur Fahrtrichtung des Schiffes wird gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen, die Abdeckung für das Vortriebsrad mit einem Umschlingungswinkel von zwischen 200 und vorzugsweise 270° vorzusehen, wobei ein in Hauptantriebsrichtung des Schiffsantriebes die Auslassöffnung für die mit dem Vortriebsrad umlaufenden Strömung bildender Bereich der Abdeckung das Vortriebsrad so weit umgibt, dass die Strömung überwiegend parallel zu der Vortriebsrichtung abgegeben wird. Demgegenüber ist ein in Hauptvortriebsrichtung den Einlass des Strömungsantriebes für die umlaufende Strömung bildender Bereich der Abdeckung derart ausgestaltet, dass die Strömung im Wesentlichen mit einer sich senkrecht zu der Vortriebsrichtung erstreckenden Geschwindigkeit in einen zwischen der Abdeckung und der Umfangsfläche des Vortriebsrades gebildeten Spalt eingezogen wird. Eine derartige, im Hinblick auf einen hohen Wirkungsgrad in der Hauptvortriebsrichtung angepasster Schiffsantrieb weist vorzugsweise Wangen auf, die an der Stirnseite des Vortriebsrades angebracht sind und den Zahngrund überragen, um die in dem Spalt sich ausbildende umlaufende Strömung seitlich zu fassen. Vorzugsweise erstrecken sich bei dieser Ausgestaltung die Wangen bis etwa zu dem höchsten Punkt

der Zahnspitzen.

[0015] Insbesondere bei relativ schnelllaufenden Schiffsantrieben mit einem schnelllaufenden Vortriebsrad ist es weiterhin zu bevorzugen, dass sich der Spalt zur Ausbildung einer umlaufenden Strömung im Bereich der Auslassöffnung in Hauptvortriebsrichtung verjüngt, was dazu führt, dass die umlaufende Strömung beim Ausfordern in dem verjüngten Spalt beschleunigt und somit der Impuls vergrößert wird.

[0016] Das Einziehen der Strömung in den umlaufenden Spalt wird gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung dadurch begünstigt, dass sich der Spalt im Bereich der Einlassöffnung trichterförmig verbreitert.

[0017] Abgesehen von der sich verjüngenden Auslassöffnung und der trichterförmig in Strömungsrichtung zulaufenden Einlassöffnung ist der Spalt darüber hinaus vorzugsweise über etwa 90 bis 95 % des Umschlingungswinkels im Wesentlichen in Umfangsrichtung konstant. Es hat sich als besonders wirkungsvoll herausgestellt, den Spalt in seinem in Umfangsrichtung konstanten Abschnitt mit einer Höhe korrespondierend 0,08 bis 0,12, vorzugsweise 0,09 bis 0,11 des Mittelwertes der drei Krümmungsradien auszubilden. Diese Spalthöhe wird vom radial äußersten Punkt der Zahnspitze bis hin zu der Abdeckung ermittelt.

Ausführungsbeispiel

[0018] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einiger Ausführungsbeispiele in Verbindung mit der Zeichnung. In dieser zeigen:

[0019] **Fig. 1a–1d** den axialen Mittelpunkt enthaltende Schnittansichten verschiedener Ausführungsbeispiele von Antriebsrädern mit 10, 12, 15 bzw. 18 Zähnen;

[0020] **Fig. 2** eine Querschnittsansicht eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Schiffsantriebes; und

[0021] **Fig. 3** eine Querschnittsansicht durch das in **Fig. 2** gezeigte Ausführungsbeispiel.

[0022] Die **Fig. 1a–1c** zeigen verschiedene Ausführungsbeispiele von Vortriebsrädern **100** des erfindungsgemäßen Schiffsantriebes mit 10 Zähnen (**Fig. 1a**), 12 Zähnen (**Fig. 1b**) und 15 Zähnen (**Fig. 1c**). Jeder Zahn **102** weist eine vorlaufende Flanke **104**, eine nachlaufende Flanke **106** sowie jeweils einen Zahngrund **108** zu Beginn der vorlaufenden Flanke **106** und einen weiteren Zahngrund **110** zum Ende der nachlaufenden Flanke **106** auf. Wie der Schnittdarstellung der **Fig. 1a–1c** zu entnehmen ist, sind die vorlaufenden und die rücklaufenden Flanken **104**, **106** jeweils in Umfangsrichtung des Vortriebsrades **100** konvex gekrümmt. Die Oberfläche des gesamten Vortriebsrades **10** ist aber auch in axialer Richtung konvex gekrümmt. Dies bezieht sich sowohl auf die Krümmung im Zahngrund **108**, **110** als auch die Krümmung einer die vorlaufende Flanke **104** und die nachlaufende Flanke **106** verbindenden Zahnspitze **112**.

[0023] Die Krümmungsradien von Zahngrund **108**, **110**, die vorlaufende Flanke **104** sowie die nachlaufende Flanke **106** sind bei den gezeigten Ausführungsbeispielen jeweils identisch. Der Ausgangspunkt der jeweiligen Krümmungsradien (jeweils $R = 75 \text{ mm}$) der in den **Fig. 1a–1c** gezeigten Ausführungsbeispiele ist in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet. Y_G gibt den Abstand des Ausgangspunktes des Krümmungsradius für den Zahngrund von dem Mittel- und Drehpunkt des Vortriebsrades **100** an. X_G ist der korrespondierende Wert auf der X-Achse. Das Gleiche gilt für die vorlaufende Flanke (Y_V, X_V) sowie die nachlaufende Flanke (Y_N, X_N).

Tabelle

	10 Zähne	12 Zähne	15 Zähne	18 Zähne
X_G	4,8	4,0	4,7	0
Y_G	14,3	14,6	15,4	18,2
X_V	28,2	33,2	38,2	18,2
Y_V	8,7	11,6	20,9	54,9
X_N	70,1	70,1	73,2	69,7
Y_N	33,3	33,3	25,8	48,7

[0024] Die Koordinaten für den Grund X_G , Y_G gelten für sowohl den Zahngrund **108** als auch den Zahngrund **110**. Der Krümmungsradius der Zahnspitze in axialer Richtung ergibt sich aus den Schnittpunkten der vorlaufenden und nachlaufenden Flanke **104**, **106**. Das Vortriebsrad **100** mit 18 Zähnen hat sich als besonders vorteilhaft herausgestellt.

[0025] Bei der unter Bezugnahme auf die **Fig. 1a–1c** ausführlich beschriebenen Ausbildung des Vortriebsrades **100** befindet sich der Ausgangspunkt sämtlicher Krümmungsradien für die vorlaufenden Flanken **104** auf einem Kreis, der konzentrisch zu der Drehachse des Vortriebsrades **100** liegt und zwischen einer jeden Zahngrund **108** enthaltenden Kreisfläche und der Drehachse des Vortriebsrades **100** befindlich ist. Der Ausgangspunkt der Krümmungsradien der nachlaufenden Flanken **106**, die relativ steil auf den Zahngrund **108** abfallen, liegt auf einer Umhüllenden, die außerhalb des Zahngrundes **108** liegt und sich vorzugsweise in einem Bereich, in dem sich auch die Oberkante der Zahnspitze **112** befindet.

[0026] Die **Fig. 2** und **3** zeigen das in **Fig. 1b** gezeigte Ausführungsbeispiel eines Vortriebsrades **100** eingebaut als Teil eines Schiffsantriebes mit einer Antriebswelle **114**, das die Seitenflächen **116**, **118** eines Gehäuses **120** durchragt. An der Außenseite der Seitenfläche **116**, **118** sind jeweils Wälzlager **122**, **124** zur Lagerung der Antriebswelle **114** vorgesehen. Diese Wälzlager **122**, **124** sind mit den Seitenflächen **116**, **118** verbunden.

[0027] Das Gehäuse **120** weist eine Abdeckung **126** auf, die sich parallel zu der Antriebswelle **114** erstreckt. Wie insbesondere der **Fig. 3** zu entnehmen ist, bildet die Abdeckung **126** an ihrem hinteren Ende, d.h. zum hinteren Ende in Hauptantriebsrichtung A, eine sich trichterförmig verjüngende Einlassöffnung **128** sowie eine sich verjüngende Auslassöffnung **130** auf. Zwischen der Einlassöffnung **128** und der Auslassöffnung **130** bleibt der Spalt **132** über 90 % seines Umschlingungswinkels konstant. Der Umschlingungswinkel beträgt bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel 220°, wobei die Einlassöffnung **128** bündig mit der Unterseite eines Schiffsrumpfes **134** ist und die Auslassöffnung **130** in einem Umfangssegment der Abdeckung **126** ausgebildet ist, welches die Unterseite des Schiffsrumpfes **134** überragt und sich in Richtung auf das Heck des Schiffes öffnet.

[0028] Bei den in den **Fig. 2** und **3** gezeigten Ausführungsbeispiel sind jeweils an den Seitenflächen des Vortriebsrades **100** Wangen **136** vorgesehen, welche die Zahnspitze **112** am äußeren Rand des Vortriebsrades **100** überragen und in etwa bis zu dem höchsten Punkt der Zahnspitzen **112** reicht.

[0029] Beim Betrieb des Ausführungsbeispiels wird den Schiffsrumpf **134** umgebendes Wasser mit Drehung des Vortriebsrades **100** in Hauptantriebsrichtung H verschleppt, bis sich nach Abschluss eines Anfahrverhaltens eine mit dem Vortriebsrad **100** umlaufende Strömung in dem Spalt **132** einstellt. Die seitlichen Wangen **136** stabilisieren hierbei die kontinuierliche, abrissfreie umlaufende Strömung in dem Spalt **132**. Praktische Versuche haben gezeigt, dass bei Erreichen des Betriebspunktes, d.h. nach vollständiger Verdrängung von in Ruhelage oberhalb der Wasseroberfläche W befindlicher Luft aus dem Spalt **132** zusätzlich Wasser durch einen zwischen den Seitenflächen des Vortriebsrades und den Seitenflächen **116**, **118** des Gehäuses gebildeten Abstandsraum **138** strömt und diesen ausfüllt. Die sich hierbei ergebenden Phänomene lassen sich derzeit theoretisch noch nicht vollständig beschreiben. Es hat sich auch herausgestellt, dass der Abstandsraum **138** ein bestimmtes Volumen haben muss, welches auf das Volumen des Spaltes abgestimmt ist. Das Volumen des Abstandsraumes **138** berechnet sich aus einer Grundfläche, die in **Fig. 4** schraffiert dargestellt ist, multipliziert

mit der Breite B des Abstandsraumes **138** in axialer Richtung. In **Fig. 5** ist R_A der Radius des Vortriebrades **100** gemessen von dessen Drehachse bis in den höchsten Punkt der Zahnspitze **112**.

[0030] Mit H_s ist die Höhe des Spaltes **132** zwischen dem höchsten Punkt der Zahnspitze **112** eines Zahnes **102** und der Abdeckung **126** in ihrem in Umfangsrichtung konstanten Umschlingungsbereich gekennzeichnet. Die untere Sekante S entspricht der gedanklichen Verlängerung des Schiffsrumpfes zwischen dem sich vor dem Spalt **132** und sich hinter dem Spalt befindlichen Teilen des Schiffsrumpfes **134**.

[0031] Das Spaltvolumen berechnet sich aus der Spaltfläche in einem gegebenenfalls auch nur abschnittsweise konstanten Spalt und dem Umschlingungsabschnitt dieses Spaltes.

[0032] Wie der **Fig. 5** zu entnehmen ist, wird die Grundfläche des Spaltes eingeschlossen durch die gedankliche Verlängerung der Innenflächen der Wangen **136**, d.h. der Verlängerung der Außenflächen der Außenseiten des Vortriebrades **100** und der Oberfläche der Abdeckung **126** einerseits und der Kontur der Zahnspitze **112** andererseits. Das zusätzliche, durch Zwickelkanäle zwischen benachbarten Zahnflanken gebildete Volumen wird bei der Berechnung des Spaltvolumens nicht berücksichtigt.

[0033] Das Verhältnis des Volumens des Abstandsraumes **138** zu dem Volumen des Spaltes **132** liegt vorzugsweise zwischen 0,75 und 1,25, besonders bevorzugt zwischen 0,9 und 1,1.

[0034] Bei dem in **Fig. 7** dargestellten Ausführungsbeispiel weist das Vortriebsrad **100** Zähne **102** auf, die symmetrisch um eine Linie ausgeformt sind, welche auch die Zahnspitze **112** enthält. Die vorlaufende Flanke **104** ist dementsprechend geometrisch identisch wie die nachlaufende Flanke **106** ausgebildet. Die Einlassöffnung **128** und die Auslassöffnung **130** liegen auf gleicher Höhe in Bezug auf den Schiffsrumpf **134**.

[0035] Das in den **Fig. 6** und **7** gezeigte Ausführungsbeispiel eines Schiffsantriebes hat keine Hauptvortriebsrichtung sondern stellt in jeder der beiden Antriebsdrehrichtungen bezogen auf die aufgewendete Motorleistung denselben Schub bereit. Derartige Schiffsantriebe können beispielsweise als Bugstrahlruder zum Einsatz kommen, oder aber in Schiffen, bei denen es mehr auf Wendigkeit und Fahrleistung in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung ankommt, als auf bestmöglichem Wirkungsgrad bei schneller Geradeausfahrt. Das in den **Fig. 6** und **7** dargestellte Ausführungsbeispiel eines Schiffsantriebs eignet sich beispielsweise besonders für den Einbau einer Flussfähre.

[0036] Das in den **Fig. 6** und **7** gezeigte Ausführungsbeispiel weist keine seitlichen Wangen auf, was bedeutet, dass in dem Abstandsraum **138** fließendes Wasser in axialer Richtung in Zwickelkanälen **140** gelangen kann, die zwischen benachbarten Zähnen **102** des Vortriebrades **100** ausgebildet sind. Es hat sich gezeigt, dass bei Schiffsantrieben, die richtungsunabhängig die gleiche Schubleistung abgeben, der ungehinderte Zugang von Wasserströmung in dem Abstandsraum zu dem zwischen der äußeren Umfangsfläche des Vortriebrades **100** und der Abdeckung **126** eingeschlossenen Raum von besonderer Bedeutung ist. Im Hinblick auf eine gewisse Führung der mit dem Vortriebsrad **100** umlaufenden Strömung kann beiderseits des Vortriebrades **100** ein die Zahnspitzen **112** umfänglich fassender Kranz vorgesehen sein, der für den axialen Zugang zu den Zwickelkanälen **140** zwischen den Zähnen **102** freigeschnitten ist.

[0037] Bei der Ausgestaltung, bei der die Zwickelkanäle axial mit dem Abstandsraum kommunizieren, ist die Oberflächenform des Vortriebrades nicht auf die mit dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung beanspruchte Kugelform beschränkt. So ist es auch möglich, das Vortriebsrad durch eine breite zylindrische Walze mit beliebiger Zahngeometrie auszubilden. Wesentlich für die Ausgestaltung des Vortriebrades ist nach dem derzeitigen Stand der Anmelderin lediglich der Umstand, dass dieses an seiner äußeren Umfangsfläche eine Verzahnung aufweist, welche das umgebende Wasser verschleppt, um eine in Umfangsrichtung umlaufende Strömung in dem Spalt auszubilden. Als Antriebsrad im Sinne der Erfindung kann in diesem Fall auch ein Vortriebsmittel verstanden werden, welches durch ein umlaufendes Band gebildet ist. Während bei den Ausführungsbeispielen jeweils ein Vortriebsrad auf der Antriebswelle angeordnet dargestellt ist, können bei der Verwirklichung des erfindungsgemäßen Schiffsantriebes auch mehrere Vortriebskörper nebeneinander auf der Antriebswelle montiert sein, was bei relativ einfacher Bauart zu einer Erhöhung des Wirkungsgrades aufgrund größerer Durchflussmengen bei gleicher Leistung führt.

Bezugszeichenliste

100	Vortriebsrad
102	Zahn
104	vorlaufende Flanke
106	nachlaufende Flanke
108	Zahngrund
110	Zahngrund
112	Zahnspitze
114	Antriebswelle
116	Seitenfläche
118	Seitenfläche
120	Gehäuse
122	Wälzlager
124	Wälzlager
126	Abdeckung
128	Einlassöffnung
130	Auslassöffnung
132	Spalt
134	Schiffsrumpf
136	Wange
138	Abstandsraum
140	Zwickelkanäle
A	Hauptantriebsrichtung
S	Sekante
H	Drehsinn in Hauptantriebsdrehrichtung
W	Wasseroberfläche
R_A	maximaler Radius des Vortriebsrades
H_s	minimale Höhe des Spaltes zwischen dem Vortriebsrad und der Abdeckung

Patentansprüche

1. Schiffsantrieb mit einem teilweise in das Wasser eintauchenden angetriebenen gezahnten Vortriebsrad, dessen Drehachse sich im Wesentlichen rechtwinklig zu der Vortriebsrichtung des Schiffsantriebes erstreckt, und mit einer das Vortriebsrad teilweise umfänglich umgebenden Abdeckung, die derart in Bezug auf das Vortriebsrad (**100**) angeordnet ist, dass sich beim Betrieb des Schiffsantriebs zwischen der Umfangsfläche des Vortriebsrades (**100**) und der Abdeckung eine mit dem Drehsinn des Vortriebsrades umlaufende Strömung ausbildet, **dadurch gekennzeichnet**,

dass die vorlaufende und die nachlaufende Flanke (**104; 106**) jedes der an dem Vortriebsrad ausgebildeten Zähne (**102**) eine sphärische, konvexe Oberfläche aufweist, dass die Zahnspitze eines jeden Zahnes (**102**) in axialer Richtung konvex gekrümmt ist und

dass der Ausgangspunkt der Krümmungsradien der sphärischen Oberflächen und der Kontur der Zahnspitze (**112**) in einer sich orthogonal zu der Drehachse des Zahnrades erstreckenden Ebene liegen, die auch den Mittelpunkt des Vortriebsrades (**100**) in axialer Richtung enthält.

2. Schiffsantrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die sphärischen Oberflächen und die Zahnspitze (**112**) in etwa den gleichen Krümmungsradius haben.

3. Schiffsantrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Krümmungsradien der sphärischen Oberflächen und der Zahnspitze (**112**) höchstens 20%, vorzugsweise höchstens 10% um einen aus den drei Krümmungsradien gebildeten Mittelwert schwanken.

4. Schiffsantrieb nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgangspunkt des Krümmungsradius jeder der nachlaufenden Flanken (**106**) im Wesentlichen auf einer die Zahnspitzen (**112**) enthaltenden kreisförmigen Hüllfläche liegt.

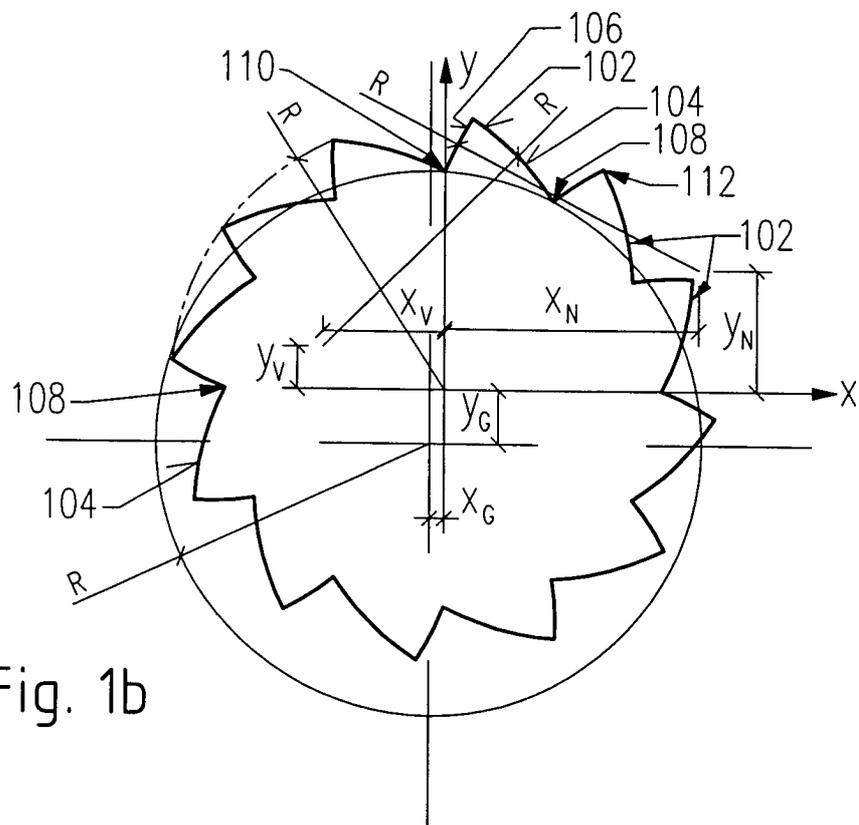
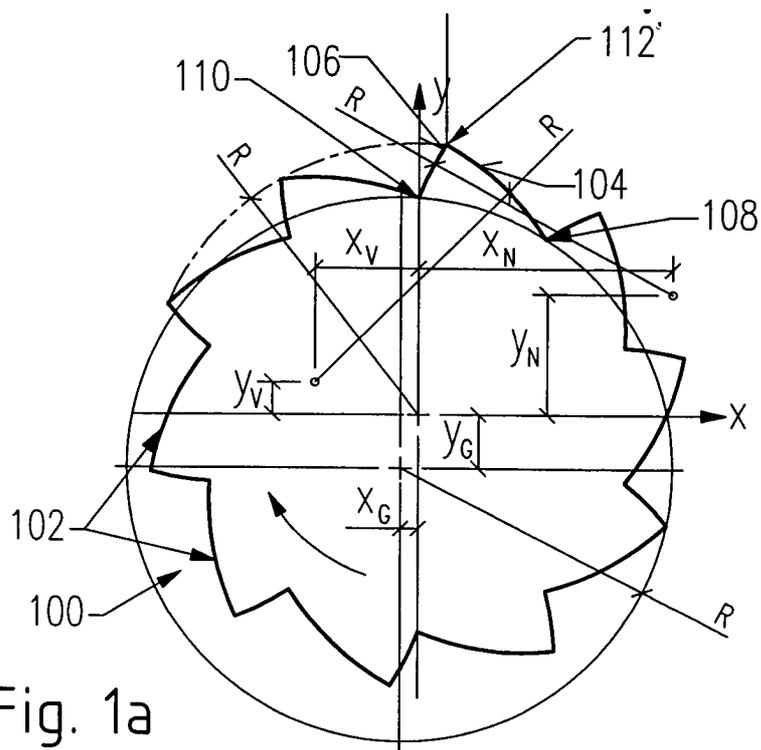
5. Schiffsantrieb nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgangspunkt der Krümmungsradien jeder der vorlaufenden Flanken (**104**) auf einem Kreis liegt, der konzentrisch zu der Drehachse des Vortriebsrades (**100**) und zwischen einer jeden Zahngrund (**108, 110**) enthaltenden Kreisfläche und der Drehachse befindlich ist.

6. Schiffsantrieb nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Radius der Kreisfläche 0,5 bis 0,8 des Abstandes zwischen der Drehachse und der den Zahngrund (**108**, **110**) enthaltenden Hüllfläche beträgt.
7. Schiffsantrieb nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnspitze (**112**) mit einem lotrechten Abstand von 0,08 bis 0,12 des mittleren Mittelwertes der drei Krümmungsradien von einer die Drehachse und den Zahngrund (**108**) zu der nachlaufenden Flanke (**106**) der entsprechenden Zahnspitze (**112**) schneidenden Radiallinie beabstandet ist.
8. Schiffsantrieb mit einem teilweise in das Wasser eintauchenden angetriebenen gezahnten Vorfriebsrad (**100**), dessen Drehachse sich im Wesentlichen rechtwinklig zu der Vortriebsrichtung des Schiffsantriebes erstreckt, und mit einer das Vortriebsrad (**100**) teilweise umfänglich umgebenden Abdeckung (**126**), die derart in Bezug auf das Vorfriebsrad (**100**) angeordnet ist, dass sich beim Betrieb des Schiffsantriebes zwischen der Umfangsfläche des Vorfriebsrades (**100**) und der Abdeckung (**126**) eine mit dem Drehsinn des Vortriebsrades (**100**) umlaufende Strömung ausbildet, insbesondere nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Zwickelkanäle (**140**), die zwischen benachbarten Zähnen des Vortriebsrades auf dessen Umfangsfläche gebildet sind, sich axial nach außen zu einem zwischen dem Vortriebsrad (**100**) und den Seitenflächen (**116**, **118**) eines das Vortriebsrad (**100**) umgebenden und die Abdeckung (**126**) enthaltenden Gehäuses (**120**) gebildeten Abstandsraum (**138**) öffnen.
9. Schiffsantrieb nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die vor- und nachlaufenden Flanke (**104**; **106**) im wesentlichen geometrisch gleich ausgebildet sind und dass die Einlass- und die Auslassöffnung (**128**; **130**) des Spaltes (**132**) in etwa auf gleicher Höhe liegen.
10. Schiffsantrieb nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis des Volumens des Abstandsraumes (**138**) zu dem Volumen des Spaltes (**132**) zwischen 0,75 und 2,00, vorzugsweise zwischen 0,9 und 1,1 beträgt.
11. Schiffsantrieb nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen den Seitenflächen des Antriebsrades (**100**) und den Seitenflächen (**116**, **118**) des Gehäuses wenigstens der halben axialen Erstreckung des Vortriebsrades (**100**) entspricht.
12. Schiffsantrieb nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Seitenflächen (**116**, **118**) von einer Antriebswelle (**114**) des Vortriebsrades (**100**) durchragt sind und Lager (**12**, **124**) zur Lagerung der Antriebswelle (**114**) tragen.
13. Schiffsantrieb nach einem der vorherigen Ansprüche außer Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Abdeckung (**126**) das Vortriebsrad (**100**) mit einem Umschlingungswinkel von zwischen 200° und 300° umschlingt und dass ein in Hauptantriebsrichtung des Schiffsantriebes die Auslassöffnung (**130**) für die Strömung bildender Bereich der Abdeckung (**126**) das Vortriebsrad (**100**) so weit umgibt, dass die Strömung überwiegend parallel zu der Vortriebsrichtung abgegeben wird, während ein in Hauptvortriebsrichtung den Einlass (**128**) des Strömungsantriebes für die Strömung bildender Bereich der Abdeckung (**126**) die Strömung im Wesentlichen mit einer sich senkrecht zu der Vortriebsrichtung erstreckenden Geschwindigkeit in einen zwischen der Abdeckung (**126**) und der Umfangsfläche des Vortriebsrades (**100**) gebildeten Spalt (**132**) einzieht und dass das Vortriebsrad (**100**) an seinen beiden Stirnseiten den Zahngrund (**108**) überragende ringförmige Wangen (**136**) aufweist.
14. Schiffsantrieb nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Wangen (**136**) sich in etwa bis zu dem höchsten Punkt der Zahnspitzen (**112**) erstrecken.
15. Schiffsantrieb nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Spalt (**132**) im Bereich der Auslassöffnung (**130**) in Hauptvortriebsrichtung verjüngt.
16. Schiffsantrieb nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Spalt im Bereich der Einlassöffnung (**128**) trichterförmig verbreitert.
17. Schiffsantrieb nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Spalt (**132**) über 90 bis 95% des Umschlingungswinkels im Wesentlichen in Umfangsrichtung eine konstante Spalthöhe hat.

18. Schiffsantrieb nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Spalt (132) in seinem in Umfangsrichtung konstanten Abschnitt gemessen vom radial äußersten Punkt der Zahnspitze (112) eine Höhe bis zu der Abdeckung (126) von 0,08 bis 0,12, vorzugsweise von 0,09 bis 0,11 des Mittelwertes der drei Krümmungsradien hat.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



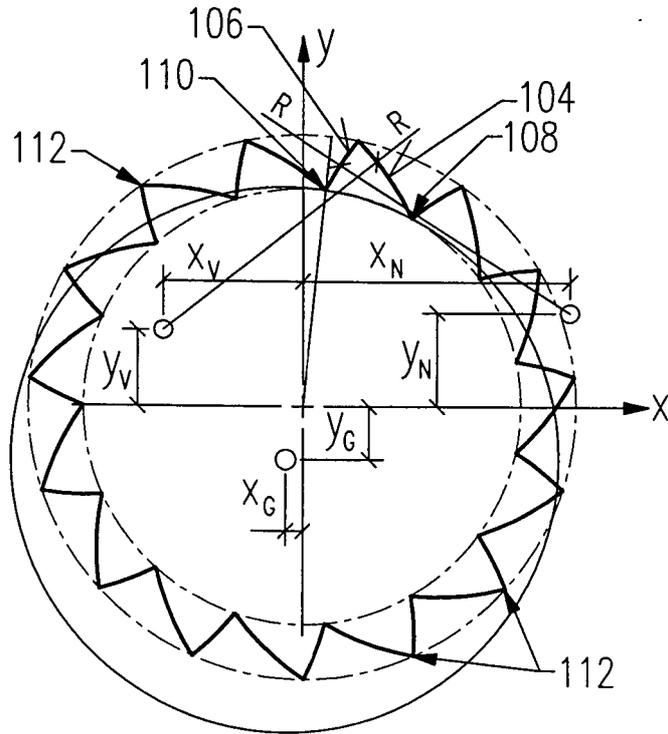


Fig. 1c

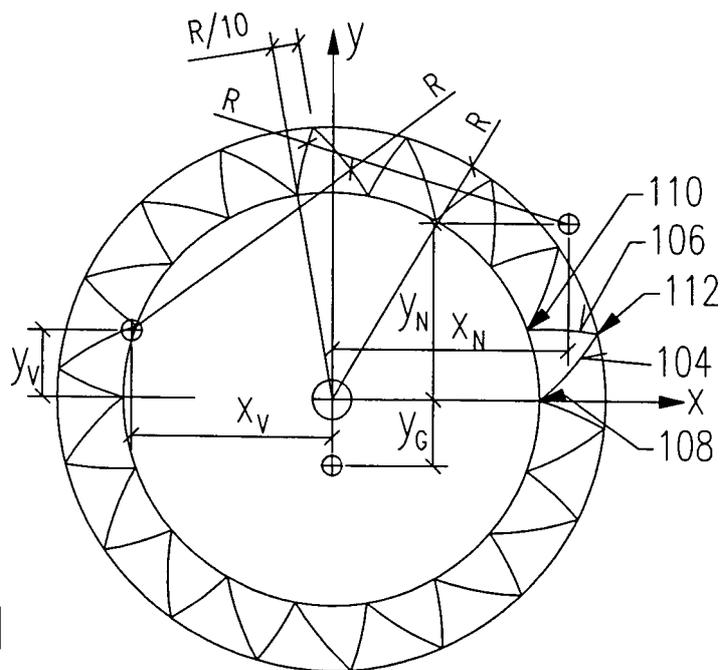


Fig. 1d

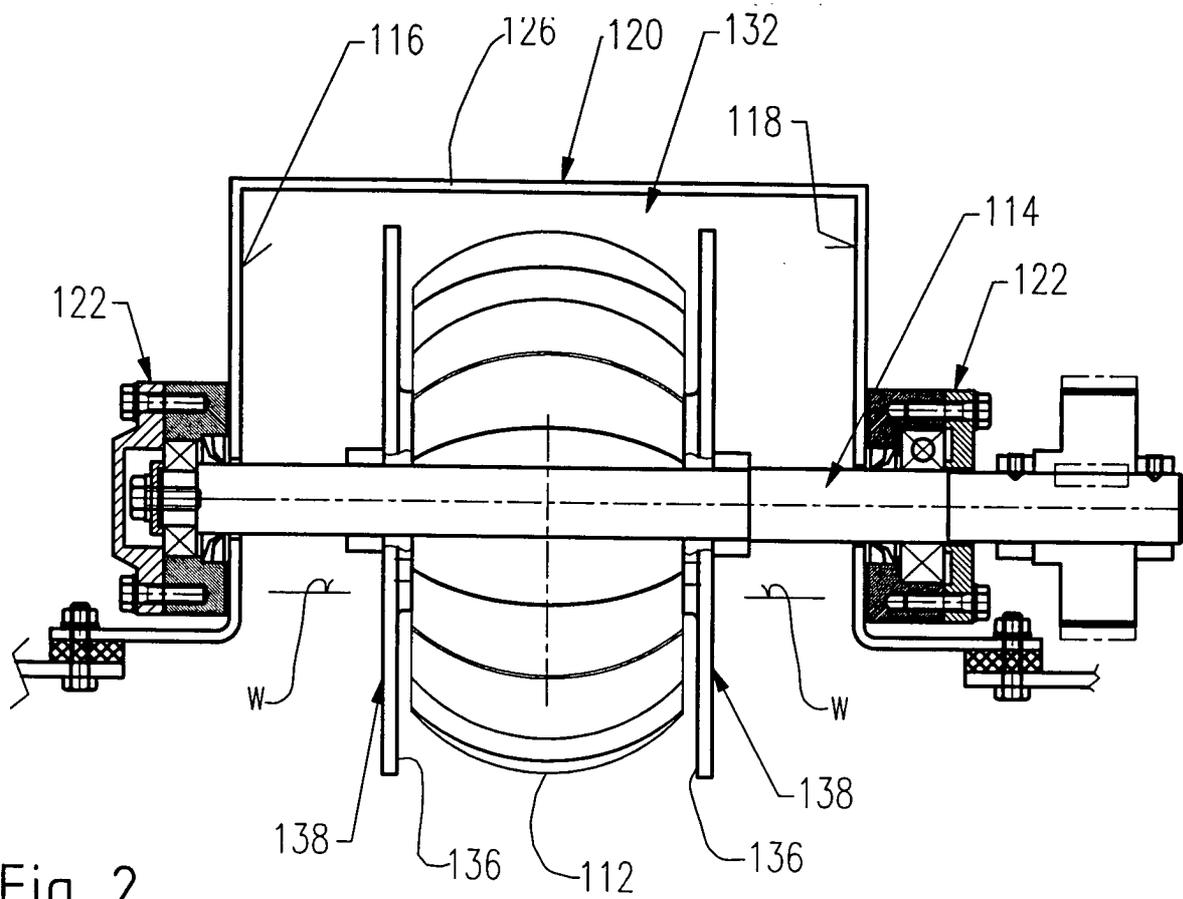


Fig. 2

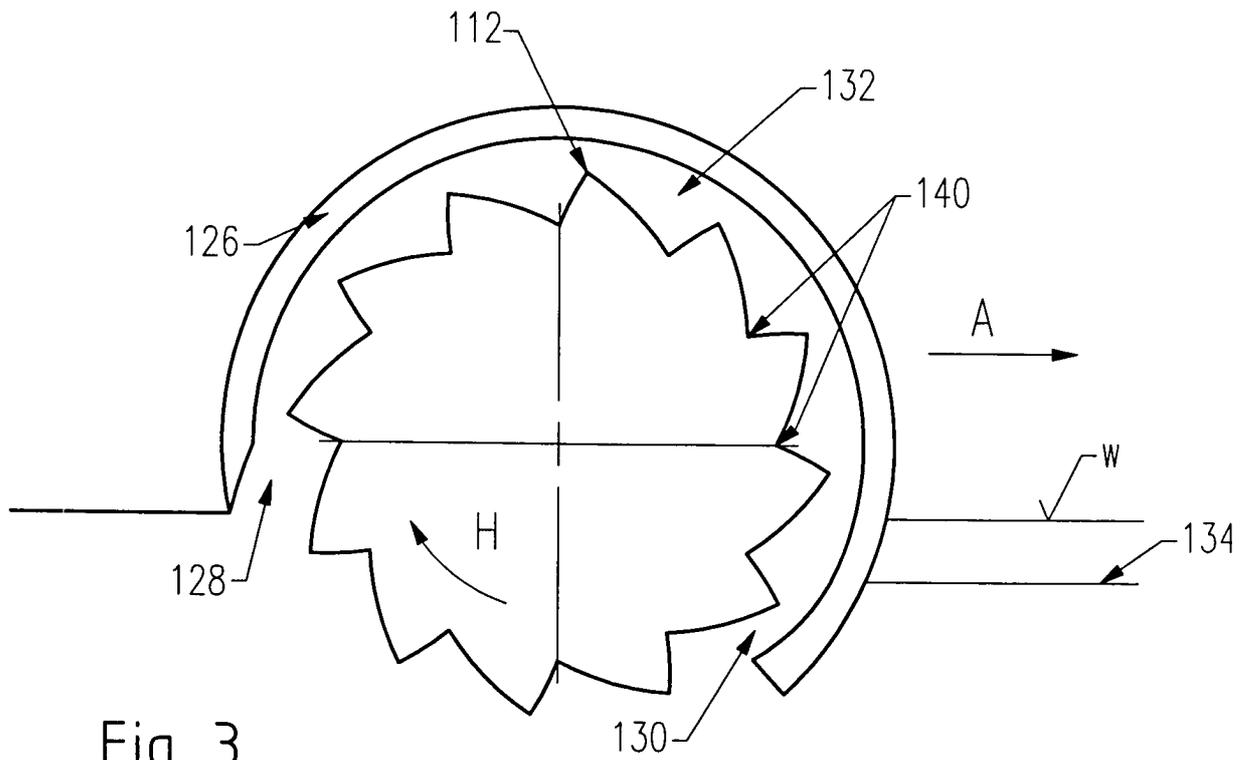


Fig. 3

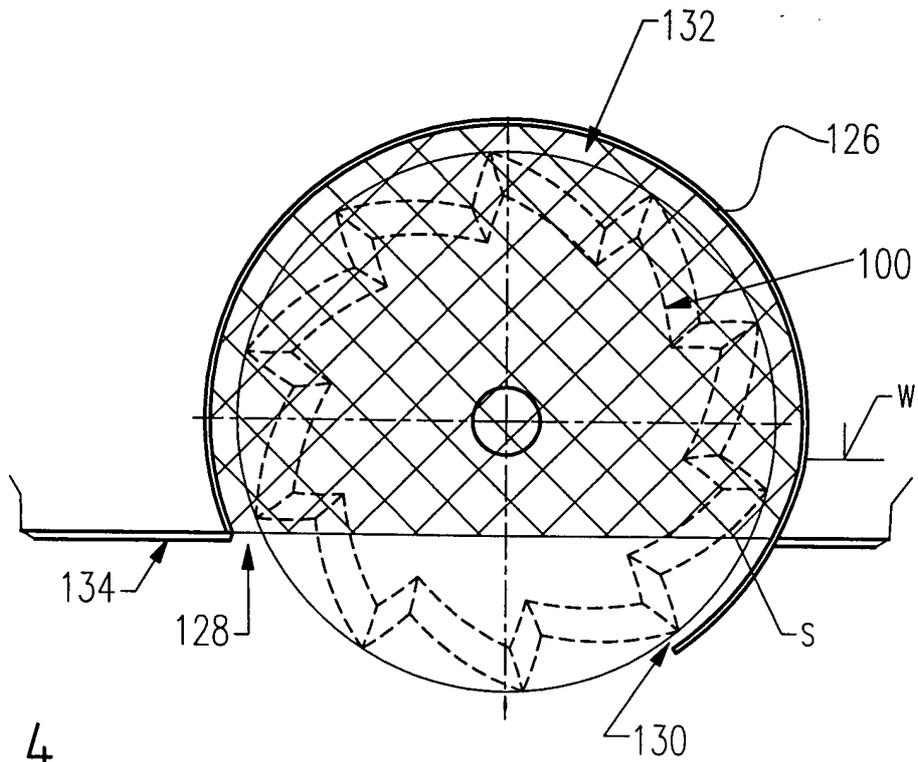


Fig. 4

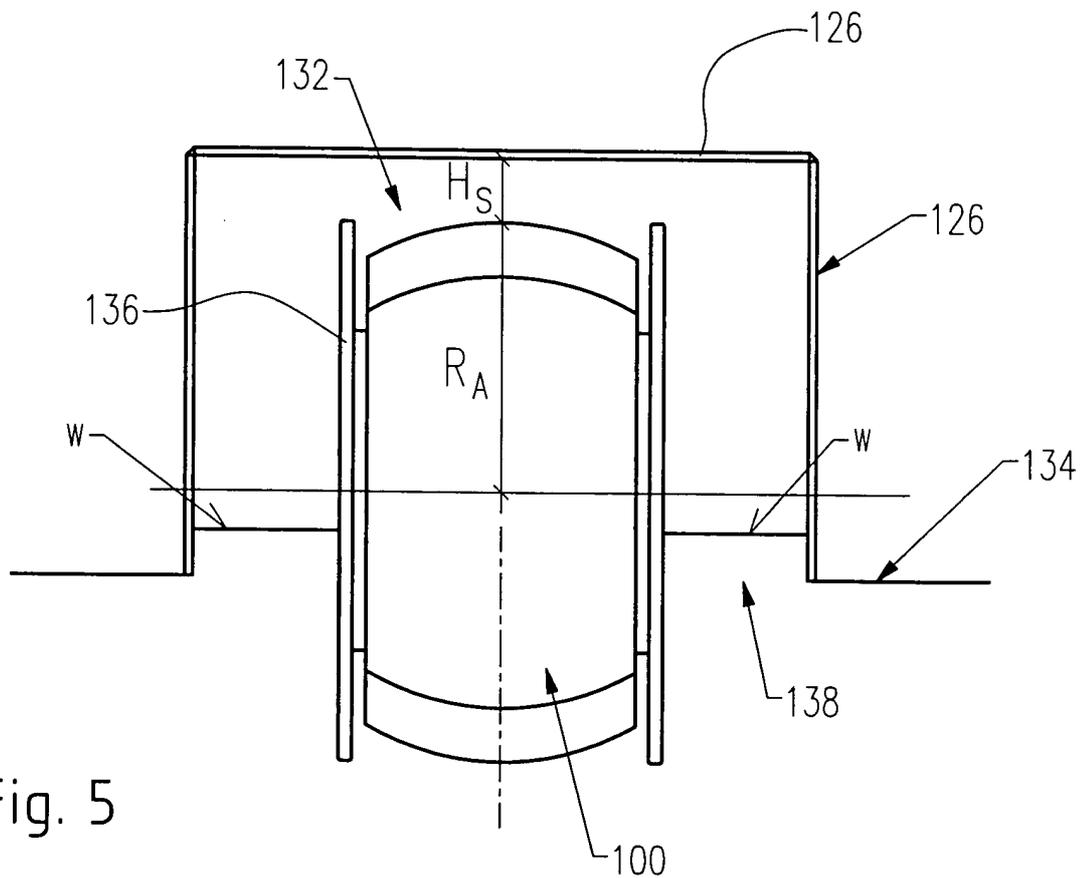


Fig. 5

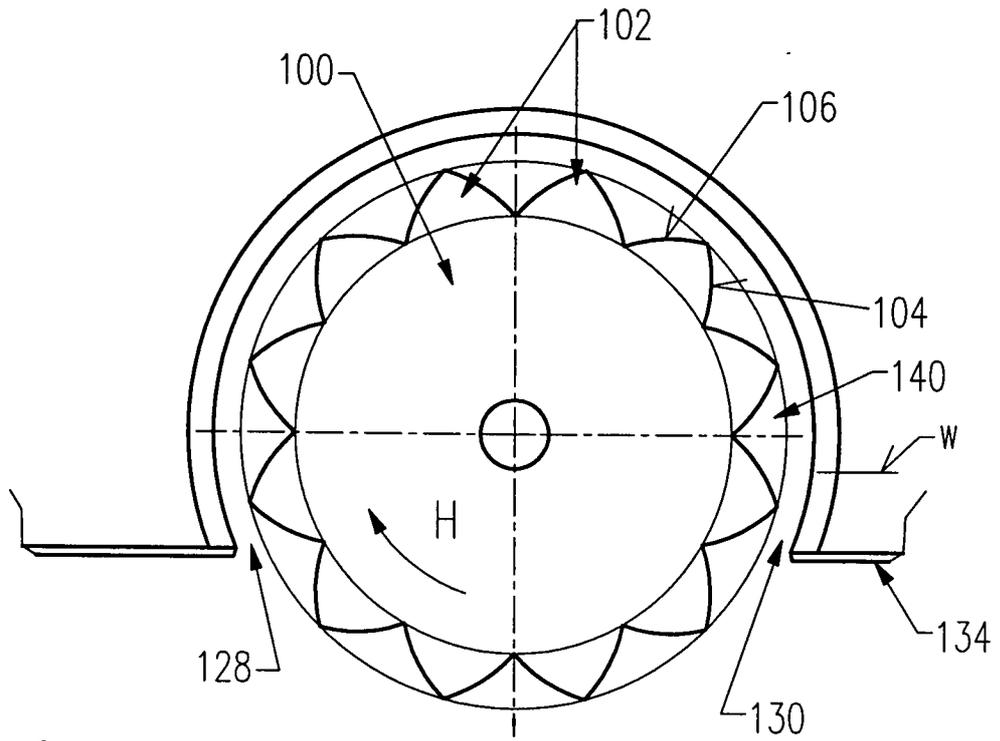


Fig. 6

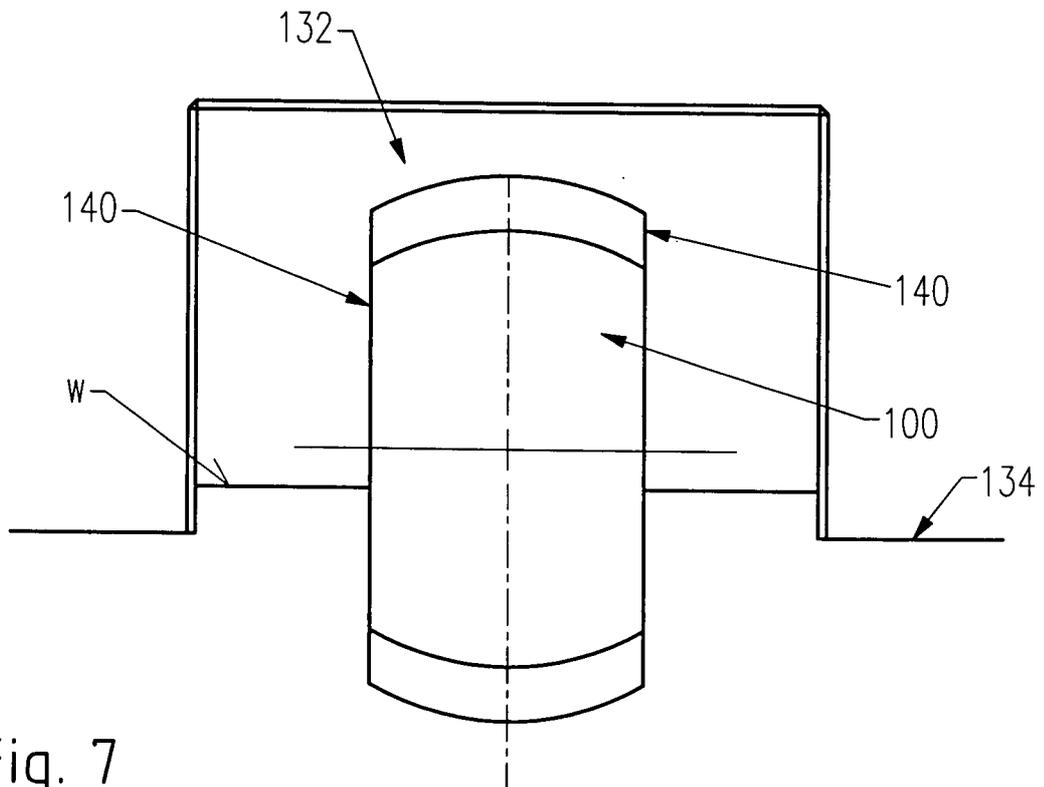


Fig. 7