



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.08.2023 Patentblatt 2023/34

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B63H 5/08 (2006.01) **B63H 23/24** (2006.01)
B63J 3/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22157340.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B63J 3/02; B63H 5/08; B63H 23/24; B63H 23/30;
B63H 2021/202; B63H 2021/205; B63J 2003/002

(22) Anmeldetag: **17.02.2022**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder: **STOYE, Thomas**
24955 Harrislee (DE)

(74) Vertreter: **Glawe, Delfs, Moll**
Partnerschaft mbB von
Patent- und Rechtsanwälten
Postfach 13 03 91
20103 Hamburg (DE)

(71) Anmelder: **FSG-Nobiskrug Holding GmbH**
24939 Flensburg (DE)

(54) **FRACHTSCHIFF MIT EFFIZENZVERBESSERTEM MEHRPROPELLERANTRIEB**

(57) Frachtschiff mit einem Mehrpropellerantrieb als Hauptantrieb, der mindestens zwei Antriebstränge (1, 2) mit jeweils einem Propeller (12, 22) sowie je einen den Propeller mechanisch antreibenden Propellerwelle (11, 21) umfasst. Erfindungsgemäß sind die Antriebstränge (1, 2) gemeinsam von derselben Wärmekraftmaschine (3) angetrieben. Ein erster Antriebstrang (1) ist mechanisch angetrieben und mit einer Abtriebswelle (31) der Wärmekraftmaschine (3) mechanisch gekoppelt. Ein zweiter Antriebstrang (2) ist elektrisch angetrieben mittels einer elektrischen Direktverbindung (4), die einen an die Abtriebswelle (31) gekoppelten Fahrstromgenerator

(41) und einen die zweite Propellerwelle (21) des zweiten Antriebstrangs (2) antreibenden Elektrofahrmotor (43) umfasst, wobei der Fahrstromgenerator (41) und der Elektrofahrmotor (43) über eine elektrische Direktleitung (42) miteinander verbunden sind. Die Direktverbindung (4) benötigt keinen Frequenzumrichter und ist daher effizient. Dank der elektrischen Leistungsübertragung zum zweiten Antriebstrang (2) genügt eine einzige Wärmekraftmaschine, ohne aufwendige und wirkungsgradmindernde Übertragungswellen zu erfordern. Das erhöht den Wirkungsgrad und erleichtert eine platzsparende Unterbringung der Komponenten.

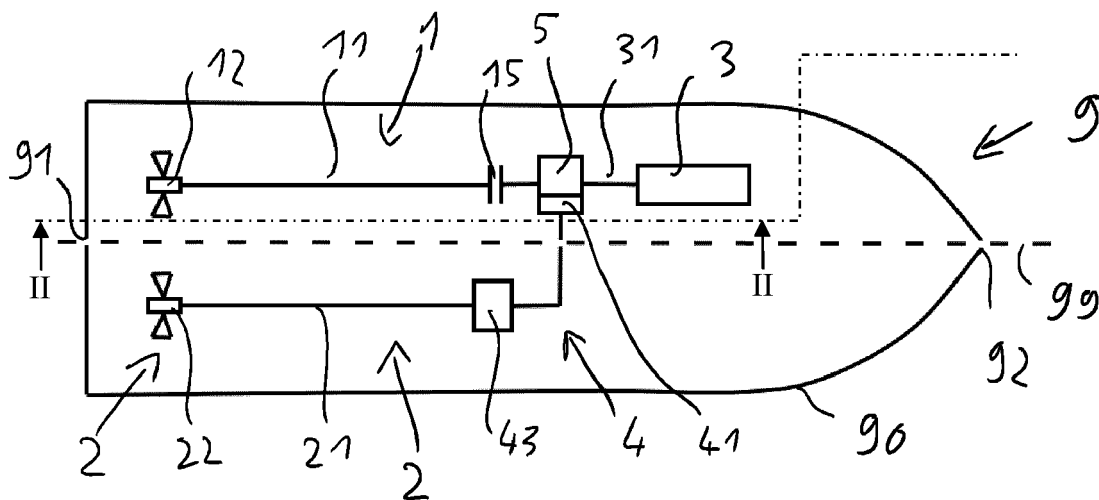


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Frachtschiff mit einem Mehrpropellerantrieb als Hauptantrieb, der mindestens zwei Antriebsstränge mit jeweils einem Propeller sowie je einer den Propeller mechanisch antreibenden Propellerwelle umfasst.

[0002] Bei Frachtschiffen stellt die Effizienz des Antriebs des Schiffs ein besonders wichtiges Kriterium dar. Ein effizienter Antrieb zeichnet sich im Wesentlichen durch zwei bedeutende Eigenschaften aus. Zum einen erfordert er wenig Aufwand und möglichst wenig Komponenten, um eine günstige Herstellung zu ermöglichen. Zum anderen ermöglicht er einen günstigen Betrieb, was sich insbesondere durch geringen Verbrauch an Kraftstoff zeigt. Aber auch Wartungsaufwand spielt eine Rolle, und zu deren Verringerung kann eine einfache und weniger aufwändige Konstruktion erheblich beitragen.

[0003] Generell gilt, dass mittels einer effizienten Wärmekraftmaschine, insbesondere einem effizienten Verbrennungsmotor, ein geringer Kraftstoffverbrauch erreicht werden kann und damit eine effiziente Antriebskonfiguration gebildet ist. Bei der Effizienz der Antriebskonfiguration ist zu beachten, dass Verluste verschiedener Art auftreten können. So können mechanische, elektrische und/oder hydrodynamische Verluste auftreten. Mechanische Verluste entstehen beispielsweise durch Wärmeentwicklung infolge von Reibung an Lagern oder in Getrieben. Elektrische Verluste sind durch das Bauprinzip von Elektromotoren oder Generatoren bedingt, durch Wärmeentwicklung in elektrischen Leitungen oder durch Verluste bei Wechsel- oder Gleichrichtung. Die hydrodynamischen Verluste des Schiffsantriebs werden im Wesentlichen durch die Zuströmung zum Propeller, die Propellergeometrie, die Wechselwirkung des Propellers mit dem Schiff und die Leistungsdichte am Propeller bestimmt.

[0004] Als günstig für einen möglichst effizienten hydrodynamischen Antrieb hat sich erwiesen, eine möglichst große Antriebsfläche (bestimmt durch den Propellerdurchmesser) vorzusehen oder möglichst viele Propeller vorzusehen, um so eine größere Antriebsfläche zu erreichen. Die Steigerung des Propellerdurchmessers ist jedoch hinsichtlich der maximalen Größe einerseits beschränkt durch praktische Gegebenheiten, wie den benötigten Tiefgang oder die dafür erforderliche Rumpfform. Daher haben Schiffe mit einem Zweischraubenantrieb (Zweischrauber) häufig eine höhere hydrodynamische Effizienz als Schiffe mit nur einer Antriebsschraube (Einschrauber). Allerdings erfordern Antriebe mit mehreren Propellern ein komplexeres und unter Umständen mit größeren mechanischen Verlusten behaftetes Antriebskonzept. Insbesondere sind bei Antriebskonzepten mit zwei Propellern entweder mindestens zwei Antriebsmotoren erforderlich, die dann entsprechend kleiner ausfallen, oder aber eine aufwendige Getriebekonstruktion, die mehr Herstellungsaufwand erfordern und den Wirkungsgrad verringern kann. Mehrere kleinere Antriebs-

motoren haben jedoch den Nachteil, dass sie in der Regel einen höheren spezifischen Kraftstoffverbrauch bedingen. Weiterhin erfordert die typischerweise höhere Nenndrehzahl von kleineren Verbrennungsmotoren meist ein Untersetzungsgetriebe zwischen Motoren und Propeller, welches wiederum mechanische Verluste mit sich bringt, oder aber eine höhere Propellerdrehzahl, die wiederum zu entsprechend größeren hydrodynamischen Verlusten führt. Komplexität und Herstellungsaufwand bei den Antrieben mit zwei oder mehr Schrauben sind daher häufig nicht voll befriedigend.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Frachtschiff mit einem verbesserten Hauptantrieb bereitzustellen, der günstiger in der Herstellung und effizienter im Betrieb ist.

[0006] Die erfindungsgemäße Lösung liegt in einem Frachtschiff sowie eine Hauptantriebsanlage für ein Frachtschiff mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0007] Bei einem Frachtschiff umfassend einen Rumpf, durch den sich eine Schiffsmittellinie vom Heck bis zum Bug erstreckt, mit einem Laderaum sowie einem Mehrpropellerantrieb als Hauptantrieb, der mindestens zwei Antriebsstränge mit jeweils einem Propeller sowie je einer den Propeller mechanisch antreibenden Propellerwelle, und eine Wärmekraftmaschine mit einer Abtriebswelle zum Antrieb der Antriebsstränge aufweist, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Antriebsstränge gemeinsam von derselben einen Wärmekraftmaschine angetrieben sind, wobei ein erster Antriebsstrang mechanisch angetrieben ist und mit der Abtriebswelle der Wärmekraftmaschine mechanisch gekoppelt ist, und wobei ein zweiter Antriebstrang elektrisch angetrieben ist mittels einer elektrischen Direktverbindung umfassend einen an die Abtriebswelle gekoppelten Fahrstromgenerator und einen die zweite Propellerwelle des zweiten Antriebstrangs antreibenden Elektrofahrmotor, wobei der Fahrstromgenerator und der Elektrofahrmotor über eine elektrische Direktleitung miteinander verbunden sind.

[0008] Die Erfindung basiert auf dem Gedanken, für die beiden Antriebsstränge des Hauptantriebs eine gemeinsame Wärmekraftmaschine vorzusehen. Dies ermöglicht die Verwendung eines größeren und damit effizienteren Verbrennungsmotors als Wärmekraftmaschine. Als Besonderheit treibt die Wärmekraftmaschine jedoch nur einen der beiden Antriebsstränge direkt mechanisch an, während der andere der beiden Antriebsstränge nicht mechanisch sondern elektrisch angetrieben ist. Zur Leistungsübertragung ist hierbei eine elektrische Direktverbindung vorgesehen, die einen von der Wärmekraftmaschine angetriebenen Fahrgenerator zur Erzeugung elektrischer Leistung, eine elektrische Direktleitung zu einem Elektrofahrmotor zur Übertragung der so erzeugten elektrischen Leistung an den Elektrofahrmotor umfasst, und schließlich den Elektrofahrmotor, der die Abtriebswelle und damit den Propeller des zweiten An-

triebstrangs antreibt. Es kann so eine einzige Wärmekraftmaschine genutzt werden, und es werden keine komplizierten und aufwendig zu verlegenden sowie den Wirkungsgrad mindernden Übertragungswellen benötigt, um die mechanische Leistung von der Wärmekraftmaschine zu dem zweiten Antriebstrang zu transferieren. Mittels der erfindungsgemäßen elektrischen Direktleitung ist dies deutlich vereinfacht. Dies gilt insbesondere bei solchen Frachtschiffen, die aufgrund ihrer Eigenart baulich beschränkte Verhältnisse zur Aufnahme der Wärmekraftmaschine haben, wie beispielsweise bei Frachtschiffen mit Auffahrrampen für Fahrzeuge (insbesondere Fähren), die typischerweise viel Raum auf mindestens einer Schiffsseite beanspruchen.

[0009] Die erfindungsgemäße Lösung erreicht eine Reihe von Vorteilen. Zum einen ermöglicht sie es, durch die Verwendung einer einzigen gemeinsam genutzten Wärmekraftmaschine eine größere Wärmekraftmaschine statt zweier kleinerer zu verwenden, und damit die inhärenten Wirkungsgradvorteile der größeren Wärmekraftmaschine zu nutzen. Ferner hat die Erfindung erkannt, dass bei der Verwendung von zwei kleineren Wärmekraftmaschinen wegen deren Kleinheit typischerweise schneller laufende Motoren erforderlich werden, die wiederum ein Untersetzungsgetriebe für die Propellerwelle erfordern. Der dadurch erforderliche zusätzliche Aufwand und die damit einhergehenden Wirkungsgradverluste können durch die Verwendung einer größeren und damit langsamer laufenden Wärmekraftmaschine vermieden bzw. verringert werden. Drittens ermöglicht die Verwendung eines gemeinsamen Motors mit zwei Propellern den Vorteil, verglichen mit einem herkömmlichen Konzept, bei dem der einzige Motor auf lediglich einen großen Propeller wirkt, kleinere Propeller vorzusehen und somit die benötigte Propulsionsfläche bei verringertem Tiefgang zu erreichen. Viertens werden durch die Direktleitung zwischen dem Fahrstromgenerator und dem Elektrofahrmotor Umwandlungsverluste, wie sie bei einer herkömmlichen Führung der elektrischen Leistung über Frequenzumrichter unvermeidlich auftreten würden, vermieden. Somit werden sowohl hydrodynamisch wie auch mechanisch und motorseitig maximale Wirkungsgrade erreicht.

[0010] Der erste Antriebstrang und der zweite Antriebstrang sind dazu ausgebildet, dass sie im Wesentlichen den gleichen Leistungsbeitrag, also etwa die Hälfte der Vortriebsleistung des Schiffs jeweils aufbringen. Damit ergibt sich eine günstige Verteilung der Antriebsleistung und es besteht damit auch eine vorteilhafte Links/Rechts-Symmetrie der Antriebsleistung, was ein unerwünschtes Gieren vermeidet und einer verbesserten Stabilität zugutekommt, und außerdem sorgt dies (da keine konstante asymmetrische Ruderlage bzw. Vorhalten) für einen effizienteren Vortrieb.

[0011] Nachfolgend seien einige verwendete Begriffe erläutert:

Unter einem Frachtschiff wird ein zum kommerziellen Seetransport konstruiertes Überwasserschiff verstan-

den. Der Begriff umfasst insbesondere Frachtschiffe im engeren Sinn, insbesondere Stückgutfrachter, Massengutfrachter und Containerschiffe, sowie auch Fähren. Der Begriff umfasst nicht Militärschiffe, insbesondere Kriegsschiffe, sowie Unterseeboote.

[0012] Unter dem Hauptantrieb des Schiffs wird ein Antrieb verstanden, der den im Wesentlichen in Richtung der Schiffmittellinie wirkenden Propulsor bildet. Der Propulsor bzw. ihm zugeordnete Propeller ist hierbei typischerweise aus Effizienzgründen nicht schwenkbar.

[0013] Unter "links" bzw. "rechts" werden Richtungen verstanden, die bezogen sind auf eine Schiffmittellinie, die sich ausgehend vom Heck des Schiffs in Richtung zum Bug des Schiffs erstreckt. Diese Richtung ist gleichzeitig auch die vorgesehene Fahrtrichtung des Schiffs. Die Begriffe "links" bzw. "rechts" fallen folglich mit den seemannischen Begriffen "Backbord" bzw. "Steuerbord" zusammen.

[0014] Unter der maximal von einem Antriebstrang übertragbaren Leistung wird diejenige Leistung verstanden, zu deren Übertragung die Antriebswelle und ihr Propeller maximal ausgelegt sind. Dies ist fachsprachlich bezeichnet als "Maximum Continuous Power" oder "maximale Dauerleistung" des Propellers/Welle.

[0015] Der Begriff Wechselstrom umfasst einphasigen Wechselstrom und mehrphasigen Wechselstrom, insbesondere dreiphasigen Wechselstrom ("Drehstrom"). Drehstrom ist eine fachübliche Bezeichnung für Dreiphasenwechselstrom.

[0016] Vorzugsweise ist die elektrische Direktleitung ausgeführt als reine Kabel- und/oder Leitungsverbindung und ist insbesondere umrichterlos, d. h. sie umfasst keinen Frequenzumrichter. Es wird somit für die Direktleitung lediglich eine Kabelverbindung benötigt. Dies ist äußerst günstig in der Herstellung und vermeidet nicht nur den für einen Frequenzumrichter erforderlichen Aufwand, der bei den hier in Rede stehenden Leistungen von häufig mehreren Megawatt beträchtlich wäre, sondern vermeidet auch die mit einem Frequenzumrichter im Betrieb auftretenden Stromwechselverluste. Außerdem wird auf diese Weise das Ausfallrisiko vermindert, welches ein Frequenzumrichter aufgrund seiner hochbelasteten Halbleiterschalter mit sich bringen könnte. Es wird so eine Steigerung der Zuverlässigkeit wie auch eine weitere Verbesserung des Wirkungsgrads bei gleichzeitiger Kostenersparnis erreicht.

[0017] Es ist zweckmäßig, wenn die elektrische Direktverbindung eine Wechselstromverbindung ist. Damit wird eine Gleichrichtung vermieden und es können die mit der Gleichrichtung (am Fahrstromgenerator) bzw. Kommutierung (am Elektrofahrmotor) verbundenen Verluste vermieden werden. Weiter ermöglicht es die Ausführung als Wechselstromverbindung, dass die Frequenz des Wechselstroms abhängt von der Drehzahl, mit der der Fahrstromgenerator angetrieben ist. Somit steht die Frequenz in der Wechselstromverbindung in einem festen Verhältnis zu der mechanischen Antriebsdrehzahl, wodurch (bei Verwendung eines Synchronge-

nerators und eines Synchronmotors) ein drehzahlsynchroner Betrieb des Elektrofahrmotors erheblich erleichtert ist. Damit kann auf besonders effiziente und zweckmäßige Weise die erforderliche elektrische Leistung übertragen werden.

[0018] Der Fahrstromgenerator kann als ein Wellengenerator ausgeführt sein. Dies bedeutet, dass er von der Abtriebswelle der Wärmekraftmaschine unmittelbar angetrieben ist mittels eines mechanischen Leistungsabgriffs an der Abtriebswelle.

[0019] Vorzugsweise ist der Fahrstromgenerator als Synchronmaschine ausgeführt. Dies bietet zum einen einen hohen Wirkungsgrad. Zum anderen bietet dies den Vorteil, dass der erzeugte Wechselstrom eine solche Frequenz aufweist, die streng mit der Drehzahl des mechanischen Antriebs korreliert. Die Frequenz des Wechselstroms in der elektrischen Direktverbindung ist damit ein Maß für die Drehzahl des mechanischen Antriebs. Besonders zweckmäßig ist es hierbei, wenn der Elektrofahrmotor ebenfalls als Synchronmaschine ausgebildet ist. Dies bietet neben dem hohen Wirkungsgrad den Vorteil, dass somit auch die Drehzahl der von dem Elektrofahrmotor angetriebenen Abtriebswelle und damit des Propellers streng korreliert mit der Frequenz des Wechselstroms in der elektrischen Direktverbindung. Dies bedeutet im Ergebnis, dass die Drehzahl des elektrischen Antriebstrangs mit seinem Propeller der Drehzahl des mechanischen Antriebstrangs mit dessen Propeller entspricht. Damit kann ohne Zusatzaufwand eine drehzahlmäßige Synchronisierung der beiden Antriebstränge erreicht werden. Es ergibt sich somit intrinsisch ein richtungs- und drehzahlfolgender Betrieb des elektrisch betriebenen zweiten Antriebstrangs, und zwar ohne dass dafür gesonderte Regelungs- und Synchronisiereinrichtungen erforderlich wären. In Bezug auf Stabilität und Betriebssicherheit bietet dies erhebliche Vorteile, und das ohne zusätzlichen Aufwand.

[0020] Bei Verwendung eines (baulich weniger komplexen) Asynchrongenerators und -motors ergibt sich aus den Charakteristika der elektrischen Maschinen eine geringere Drehzahl für den zweiten Antriebstrang. Dies kann z.B. durch Verwendung von Verstellpropellern mit unterschiedlichen Propellersteigungen kompensiert werden. Insbesondere wird hierbei der als Verstellpropeller ausgeführte Propeller des zweiten Antriebstrangs von einer entsprechenden Regelung auf eine andere Steigung geregelt als die Steigung des Propellers des mechanischen Antriebstrangs. Damit kann der Wirkungsgrad verbessert werden. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass der Propeller des zweiten Antriebstrangs bezüglich seines Aufbaus auf eine größere Steigung ausgelegt ist. Dies hat Vorzüge in Bezug auf eine geringere Komplexität. Je nach Auslegung sind die hierdurch bedingten Wirkungsgradverluste als gering einzustufen.

[0021] Gemäß einem weiteren besonders vorteilhaften Aspekt der Erfindung, der ggf. unabhängigen Schutz verdient, ist vorzugsweise die Wärmekraftmaschine

planvoll überdimensioniert in Bezug auf die maximal übertragbare Leistung jeweils eines der Antriebstränge, und zwar derart, dass die Wärmekraftmaschine vorzugsweise mindestens doppelt so viel mechanische Leistung abgeben kann wie die maximal übertragbare Leistung jeweils eines der Antriebstränge. Damit kann die Wärmekraftmaschine auch die für den Antrieb des zweiten Antriebstrangs erforderliche Leistung bereitstellen, ohne dass es deshalb zu einer Gefahr von Überlastung kommt.

[0022] Es kann vorgesehen sein, dass außer dem zweiten Antriebstrang noch ein (oder mehrere) weiterer elektrisch angetriebener Antriebstrang vorgesehen ist. Hierzu ist es zweckmäßig, wenn die Wärmekraftmaschine $(n+1)$ -fach überdimensioniert ist, wobei "n" die Anzahl der elektrisch angetriebenen Antriebstränge bezeichnet. Sind also außer dem mechanisch angetriebenen Antriebstrang noch zwei elektrisch angetriebene Antriebstränge vorgesehen ($n=2$), ist die Wärmekraftmaschine zweckmäßigerweise dreimal so groß dimensioniert wie für den Antrieb des einen mechanisch angetriebenen Antriebstrangs an sich erforderlich.

[0023] Mit Vorteil ist vorgesehen, dass die Wärmekraftmaschine als ein Verbrennungsmotor ausgeführt ist, insbesondere als ein Zweitakt-Schiffsmotor. Die Ausführung als Verbrennungsmotor, insbesondere als Schiffsmotor wie ein Schiffsdiesel, bietet günstige Herstellungskosten kombiniert mit hohem Wirkungsgrad. Indem erfindungsgemäß ein gemeinsamer Verbrennungsmotor vorgesehen ist, ist dieser groß dimensioniert. Dies ermöglicht es, einen großen langsam laufenden Verbrennungsmotor vorzusehen, was erhebliche Vorteile in Bezug auf einen hohen Wirkungsgrad mit sich bringt. Besonders zweckmäßig ist eine Ausführung als langsam laufender Zweitakt-Schiffsmotor. Unter langsam laufend wird typischerweise eine Drehzahl zwischen 60 und 140 rpm verstanden. Diese Bauart, die sich besonders für Verbrennungsmotoren mit sehr hoher Leistung eignet, bietet den Vorteil eines besonders hohen Wirkungsgrads über einen breiten Drehzahlbereich. Ein weiterer Vorteil eines Zweitaktmotors ist die flexible Verwendung unterschiedlicher Brennstoffe wie LNG (Liquified Natural Gas), Ammoniak oder Methanol, sodass ein sehr emissionsarmer Schiffsbetrieb möglich wird.

[0024] Zweckmäßigerweise weist das Frachtschiff eine Rampe, insbesondere eine Fahrzeugrampe, zur Beladung auf und die Wärmekraftmaschine ist unterhalb der Rampe angeordnet. Dies ermöglicht ein besonders raumsparendes Konzept, da so der ansonsten schwer nutzbare Raum unterhalb der Rampe optimal genutzt werden kann. Insbesondere bei Verwendung eines baulich bedingt höheren Zweitaktmotors kann der Raum unterhalb der Rampe durch diesen optimal genutzt werden. Zudem liegt dieser Raum häufig achtern, was kürzere Antriebswellen zu den Propellern ermöglicht.

[0025] Mit Vorteil ist der erste, mechanische Antriebstrang getriebeelos ausgeführt. Indem kein Getriebe für den mechanischen Antriebstrang vorgesehen ist, wird zum einen der mit dem Getriebe verbundene Aufwand

für die Beschaffung und Herstellung gespart, zum anderen kann der mit einem Getriebe unvermeidlich einhergehende Verlust an Wirkungsgrad vermieden werden. Damit steigert sich insgesamt der Wirkungsgrad des mechanischen Antriebstrangs.

[0026] Vorzugsweise ist weiter vorgesehen, dass der erste, mechanische Antriebstrang mit einer Kupplung versehen ist. Damit kann erreicht werden, dass der Propeller des mechanischen Antriebstrangs auskuppelbar ist. Mit der Kupplung kann die mechanische Verbindung und damit die Leistungsübertragung zwischen Wärmekraftmaschine und dem Propeller des mechanischen Antriebstrangs getrennt werden. Auf diese Weise kann dieser Propeller antriebslos gemacht werden, beispielsweise bei einem Defekt des Propellers oder wenn aus anderen Gründen trotz laufender Wärmekraftmaschine keine Leistungsabgabe von diesem Propeller gewünscht ist.

[0027] Mit Vorteil ist zwischen der Abtriebswelle der Wärmekraftmaschine und dem ersten, mechanischen Antriebstrang eine Leistungsverzweigungseinheit vorgesehen, die dazu ausgebildet ist, die Leistung der Wärmekraftmaschine aufzuteilen auf den ersten, mechanischen Antriebstrang sowie den Fahrstromgenerator des zweiten Antriebstrangs. Mit der Leistungsverzweigung kann so auf einfache wie zweckmäßige Weise die Aufteilung der von der Wärmekraftmaschine bereitgestellten Leistung bewirkt sein. Vorzugsweise ist dazu vorgesehen, dass die Leistungsverzweigungseinheit den Fahrstromgenerator mit einer in einem festen Verhältnis stehenden Drehzahl, insbesondere mit derselben Drehzahl, antreibt wie die Drehzahl des ersten, mechanischen Antriebstrangs. Damit besteht ein drehzahlmäßiger Zusammenhang zwischen der Drehzahl des mechanischen Antriebstrangs und derjenigen des Fahrstromgenerators. Das kann bedeuten, dass es dieselbe Drehzahl ist. Bevorzugt steht die Drehzahl aber nicht in einem Verhältnis von 1:1, sondern in einem anderen festen Verhältnis. Damit kann die Drehzahl des Fahrstromgenerators beispielsweise doppelt so hoch (oder auch mehr) gewählt werden, um so aufgrund der höheren Drehzahl die Verwendung eines leistungsgleichen, in seinen Abmessungen aber kleineren Fahrstromgenerators zu ermöglichen und diesen besser auszunutzen.

[0028] Besonders zweckmäßig ist es, wenn die Leistungsverzweigungseinheit den Fahrstromgenerator mit einem erhöhten Drehmoment verglichen mit dem ersten mechanischen Antriebstrang antreibt. Auf diese Weise können die zwar geringen, aber dennoch vorhandenen Verluste in dem Fahrstromgenerator sowie dem Elektrofahrmotor kompensiert werden, indem entsprechend durch das erhöhte Drehmoment geringfügig mehr Leistung verzweigt wird zu dem elektrisch angetriebenen Antriebstrang. Zweckmäßigerweise ist dies so gewählt, dass unter Berücksichtigung der Wirkungsgradverluste der elektrischen Direktverbindung die schließlich vom Elektrofahrmotor erzeugte mechanische Leistung so groß ist, wie die Antriebsleistung im mechanischen An-

triebstrang. Betragen die Wirkungsgradverluste beispielsweise 7%, wovon drei Prozent auf den Fahrstromgenerator, ein Prozent auf Stromwärmeverluste der elektrischen Leitung sowie drei Prozent den Elektrofahrmotor anfallen, so ist zweckmäßigerweise die Leistungsverzweigungseinheit so ausgebildet, dass der Fahrstromgenerator ein um 7% höheres Drehmoment erhält als der mechanische Antriebstrang. Es soll nicht ausgeschlossen sein, dass auch mehr Drehmoment abgezweigt werden kann, wenn von der elektrischen Direktleitung ggf. noch andere Einheiten mit elektrischer Leistung versorgt sind. Vorzugsweise ist das Drehmoment erhöht in einem Bereich von 3% bis 35%.

[0029] Zweckmäßigerweise kann an der Direktleitung eine Anzapfung vorgesehen sein, an die eine Hilfsspeiseeinrichtung angeschlossen ist, welche die Direktleitung mit einem elektrischen Hauptsystem des Frachtschiffs, das vorzugsweise mit einem eigenen Generator versehen ist, über einen Frequenzumrichter verbindet. Auf diese Weise kann gewünschtenfalls zusätzliche Leistung von dem Fahrstromgenerator bereitgestellt werden zur Nutzung im elektrischen Hauptsystem des Schiffs. So kann dieses beispielsweise auf effiziente Weise versorgt werden, wenn die Wärmekraftmaschine durch den Fahrbetrieb des Schiffes nur wenig belastet ist, um so den Betrieb der Wärmekraftmaschine in einen günstigeren höheren Belastungszustand zu führen.

[0030] Die Hilfsspeiseeinrichtung ist vorzugsweise für eine kleinere Leistung dimensioniert als der Elektrofahrmotor, und/oder die Hilfsspeiseeinrichtung ist dimensioniert auf eine Leistung weniger als 20% der Leistung der Wärmekraftmaschine. Da der Hilfsspeiseeinrichtung keine Aufgaben im Rahmen des regulären Fahrentriebs zukommen, genügt eine solche geringe Leistung für sie vollkommen. Das verringert den Aufwand für die Herstellung und Bereitstellung.

[0031] Sind zwei Antriebstränge vorgesehen, so ist zweckmäßigerweise einer links und der andere rechts der Schiffmittellinie angeordnet. Dies ermöglicht eine symmetrische Verteilung der Vortriebskraft und gibt eine gute Kursstabilität. Ferner können drei Antriebsstränge vorgesehen sein, von denen einer in der Schiffmittellinie und jeweils ein weiterer links und der andere rechts der Schiffmittellinie angeordnet sind. Mit Vorteil ist hierbei in der Schiffmittellinie der mechanische Antrieb, und die beiden äußeren sind die elektrischen Antriebe. Bei einer Variante der Erfindung kann aber auch vorgesehen sein, dass der Hauptantrieb doppelt ausgeführt ist mit jeweils mindestens zwei Antriebssträngen, die vorzugsweise symmetrisch links und rechts der Schiffmittellinie angeordnet sind. Dies ermöglicht die Anwendung der Erfindung auch bei Frachtschiffen mit einem Vielschrauben-Antriebskonzept, wie einem Vierschrauber.

[0032] Es sei angemerkt, dass die Propellerwellen typischerweise im Wesentlichen parallel zur Kiellinie ausgerichtet sind. Unter im Wesentlichen parallel wird hierbei verstanden, dass sie eine Abweichung von nicht mehr als 10° in jede Raumrichtung aufweisen. Damit kann eine

gute Kursstabilität bei hohem Wirkungsgrad erreicht werden.

[0033] Vorteilhafterweise ist die Propellerwelle des ersten, mechanischen Antriebstrangs umlenkungsfrei an die Abgabewelle angeschlossen, vorzugsweise in verlängerter Linie der Abgabewelle. Dies vermeidet die durch Umlenkungen hervorgerufenen Wirkungsgradverluste.

[0034] Die Erfindung erstreckt sich ferner auf eine Hauptantriebsanlage für ein Frachtschiff gemäß dem nebengeordneten Anspruch. Für die nähere Beschreibung wird zur Vermeidung von Wiederholungen auf vorstehende Ausführungen verwiesen.

[0035] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf eine vorteilhafte Ausführungsform beispielhaft beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Aufsicht auf ein Frachtschiff gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 eine teilweise Schnittansicht entlang einer Schiffmittellinie des Frachtschiffs gemäß der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform;

Fig. 3 eine Hauptspantansicht von Achtern darstellend eine Wärmekraftmaschine unterhalb einer Rampe; und

Fig. 4 eine funktionale Systemansicht eines Hauptantriebs des Frachtschiffs sowie seines elektrischen Schiffsystems.

[0036] Ein in seiner Gesamtheit mit der Bezugsziffer 9 bezeichnetes Frachtschiff weist einen Rumpf 90 auf. Durch die Längsachse des Rumpfs 90 erstreckt sich von dem achterseitigen Ende 91 (Heck) des Rumpfs 90 bis hin zum bugseitigen Ende 92 (Bug) des Rumpfs 90 eine Schiffmittellinie 99. Das Frachtschiff 9 weist in seinem Rumpf ein Hauptantriebssystem auf, welches eine als Verbrennungsmotor 3 ausgeführte Wärmekraftmaschine als Hauptantriebsquelle aufweist. Ferner sind zwei Antriebstränge 1, 2 vorgesehen, die symmetrisch links und rechts der Schiffmittellinie 99 angeordnet sind. Jeder der beiden Antriebstränge 1 und 2 weist einen Propeller 12, 22 auf, der jeweils mittels einer Propellerwelle 11, 21 angetrieben ist. Hinter jedem der beiden Propeller ist jeweils ein Ruder 95 einer Ruderanlage zum Steuern des Frachtschiffs 9 angeordnet.

[0037] Das Schiff 9 weist in seinem Rumpf 90 in an sich bekannter Weise ein frachttragendes Deck 93 auf, welches einen Laderaum 97 unterhalb eines Oberdecks 94 des Schiffs 9 begrenzt. Ferner vorgesehen ist eine dem Laderaum 97 zugeordnete Rampe 96, welche für Fahrzeuge eine Auffahrt auf das Oberdeck 94 ermöglicht. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel des Frachtschiffs 9 ist die Rampe 96 außermittig, nämlich backbordseitig angeordnet.

[0038] In dem Rumpf 90 ist ebenfalls backbordseitig

unterhalb der Rampe 96 der Verbrennungsmotor 3 angeordnet. Dieser ist im dargestellten Ausführungsbeispiel als ein langsam laufender Zweitakt-Schiffsmotor ausgeführt. Diese Bauart bedingt eine zwar schlanke, dafür aber hohe Bauweise des Verbrennungsmotors 3. Durch die Anordnung unterhalb der Rampe kann so mit dem Verbrennungsmotor 3 der ansonsten nur schwer nutzbare Raum optimal genutzt werden.

[0039] Die von dem Verbrennungsmotor 3 abgegebene Leistung ist vorzugsweise direkt, also ohne zwischengeschaltetes Reduktionsgetriebe, über eine Abtriebswelle 31 nach achtern geführt, die vorzugsweise im Wesentlichen parallel zur Schiffmittellinie 99 angeordnet ist. Die Abtriebswelle 31 läuft bis zu der Stelle, an der die von der Abtriebswelle 31 übertragene Leistung aufgeteilt wird. Dazu ist eine Leistungsverzweigungseinheit 5 vorgesehen. Ein erster Teil der Leistung wird mechanisch auf den ersten Antriebstrang 1 übertragen, und der andere Teil der Leistung ist geführt über eine elektrische Direktverbindung 4 zum Antrieb des zweiten Antriebstrangs 2. Dies wird nachfolgend näher erläutert.

[0040] Der erste Antriebstrang 1 ist ein mechanischer Antriebstrang und umfasst eine erste Propellerwelle 11, die an ihrem hinteren Ende einen im Heckbereich des Frachtschiffs 9 angeordneten Hauptantriebspropeller 12 antreibt. Im Bereich des vorderen Endes der ersten Propellerwelle 11 ist eine Kupplung 15 vorgesehen. Diese ermöglicht es, den Leistungsfluss entlang der ersten Propellerwelle 11 zu unterbrechen und den Propeller 12 damit antriebslos zu machen. Der erste Antriebstrang 1 ist auf derselben Seite des Frachtschiffs 9 angeordnet wie der Verbrennungsmotor (im dargestellten Ausführungsbeispiel linksseitig, also an Backbord), und zwar vorzugsweise so, dass die erste Propellerwelle 11 in verlängerter Linie der Abgabewelle 31 angeordnet ist. Dies vermeidet eine Umlenkung im mechanischen Leistungsflussstrang und damit verbundene Wirkungsgradverluste.

[0041] Der zweite Antriebstrang 2 umfasst eine zweite Propellerwelle, die in gleicher Weise wie bei dem ersten Antriebstrang 1 einen im Heckbereich des Frachtschiffs 9 angeordneten zweiten Hauptantriebspropeller 22 antreibt. Der zweite Antriebstrang ist auf der anderen Seite des Frachtschiffs 9 angeordnet (dargestellt im Ausführungsbeispiel auf der rechten Seite, also an Steuerbord). Zur Übertragung der Leistung auf den zweiten Antriebstrang 2 ist eine elektrische Direktverbindung 4 vorgesehen. Sie umfasst einen Fahrstromgenerator 41, der mehrphasigen Wechselstrom (im Ausführungsbeispiel Drehstrom) erzeugt und über eine elektrische Direktleitung 42 überträgt zu einem bugseitig an der zweiten Propellerwelle 21 angeordneten Elektrofahrmotor 43. Der Fahrstromgenerator 41 ist angeordnet am Ende der Abtriebswelle 31, und zwar an der Leistungsverzweigungseinheit 5. Diese ist dazu ausgebildet, die von dem Verbrennungsmotor 3 erzeugte und über die Abtriebswelle 31 zugeführte Leistung aufzuteilen auf den ersten, mechanischen Antriebstrang 1 mit seiner Propellerwelle 11 und auf den Fahrstromgenerator 41 zur Erzeugung elek-

trischer Leistung zum Antrieb des zweiten, elektrischen Antriebstrangs 2. Die Leistungsverzweigungseinheit 5 und der Fahrstromgenerator 41 können baulich kombiniert ausgeführt sein, zweckmäßigerweise kann dies ausgeführt sein als ein Wellengenerator, der von der Abtriebswelle 31 angetrieben ist.

[0042] Der Fahrstromgenerator 41 ist vorzugsweise als ein Synchrongenerator ausgeführt und die elektrische Direktleitung 42 ist daran unmittelbar, d. h. ohne Frequenzumrichter, angeschlossen. Die Frequenz des in der elektrischen Direktleitung 42 übertragenen Wechselstroms ist bestimmt von der Drehzahl des Elektrogenerators 41, die wiederum abhängig ist von der Drehzahl der Abtriebswelle 31 und damit von der Drehzahl des Verbrennungsmotors 3. Der Elektrofahrmotor 43 ist als Drehstrommotor ausgeführt und an diesen ist die elektrische Direktleitung 42 unmittelbar, d. h. ohne Frequenzumrichter, angeschlossen. Wegen seiner Ausführung als Drehstrommotor ist somit die Drehzahl des Elektrofahrmotors 43 abhängig von der Frequenz des Drehstroms in der elektrischen Direktleitung 42. Auf diese Weise erreicht man eine drehzahlmäßige Verkopplung der Drehzahl, mit der der zweite Antriebstrang 2 angetrieben ist, mit der Drehzahl des mechanisch angetriebenen ersten Antriebstrangs 1, ohne dass es dazu besonderer zusätzlicher Einrichtungen oder aufwendiger Drehzahlregelsysteme bedarf. Dazu ist zweckmäßigerweise der Elektrofahrmotor 43 als Asynchronmotor ausgeführt oder bei besonders hohen Anforderungen an einen drehzahlmäßigen Gleichlauf des zweiten Antriebstrangs 2 mit dem mechanisch angetriebenen ersten Antriebstrang 1 als Synchronmotor. Bei der Ausführung als Asynchronmotor ist vorzugsweise der Propeller 22 des zweiten Antriebstrangs 2 als Verstellpropeller ausgeführt.

[0043] Die Leistungsverzweigungseinheit 5 ist so ausgebildet, dass die Abtriebsdrehzahl, also die Drehzahl mit der zum einen die erste Propellerwelle 11 des ersten Antriebstrangs 1 angetrieben wird, gleich ist wie die Drehzahl, mit der der Fahrstromgenerator 41 zur Versorgung des zweiten Antriebstrangs 2 angetrieben ist oder zumindest in einem festen Verhältnis steht. Dies sichert einen drehzahlmäßigen Gleichlauf, wie vorstehend beschrieben. Die Drehmomentaufteilung ist vorzugsweise so, dass der Fahrstromgenerator 41 mit einem etwas höheren Drehmoment angetrieben wird als die erste Propellerwelle 11, beispielsweise mit einem um 7% erhöhten Drehmoment. Auf diese Weise kann ein Ausgleich für entlang der elektrischen Direktverbindung 4 entstehende Verluste geschaffen werden, die bedingt sind durch (bspw. 3%) Wirkungsgradverluste des Fahrstromgenerators 41 einerseits, (bspw. 1%) Stromwärmeverluste der elektrischen Direktleitung 42 sowie durch (bspw. 3%) Wirkungsgradverluste des Fahrmotors 43. Betragen die Verluste beispielsweise insgesamt 7%, so ist vorzugsweise die Leistungsverzweigungseinheit 5 so ausgebildet, dass das Drehmoment zum Antreiben des Fahrstromgenerators 41 um einen Betrag von 7% höher ist

als das Drehmoment, mit dem die erste Propellerwelle 11 angetrieben ist. Im Ergebnis stellt sich somit am Ausgang des Fahrmotors 43, also am Antrieb der zweiten Propellerwelle 21, unter Berücksichtigung der Wirkungsgradverluste der elektrischen Direktverbindung 4 dieselbe Antriebsleistung ein, wie sie im ersten Antriebstrang 1 herrscht. Damit sind die beiden Antriebstränge 1 und 2 auch unter Berücksichtigung von Wirkungsgradverlusten entlang der elektrischen Direktverbindung 4 leistungsmäßig ausgeglichen, d. h. beide erbringen dieselbe Leistung.

[0044] Ein Beispiel für eine entsprechende funktionale Systemansicht ist in Figur 4 dargestellt. Dort sind auch beispielhaft Zahlenwerte dargestellt, insbesondere für Leistungen und Drehzahlen. So leistet im Beispiel der Verbrennungsmotor 3 eine Leistung von 6800 kW bei einer für einen langsam laufenden Zweitakt-Schiffsdieselmotor typischen Drehzahl von 100 Umdrehungen pro Minute in einem Betriebspunkt von 85% seiner maximalen Dauerleistung. Diese Leistung ist über die Abtriebswelle 31 zugeführt der Leistungsverzweigungseinheit 5 in Gestalt eines Wellengenerators, in dem die Funktionen der Leistungsverzweigungseinheit 5 und des Fahrstromgenerators 41 kombiniert sind. Der mechanische Abtrieb der Leistungsverzweigungseinheit 5 geht über die erste Propellerwelle 11 zu dem ersten Propeller 12, und zwar mit einer (im Beispielfall dargestellten) Leistung von 3026 kW mechanischer Leistung. Der Fahrstromgenerator 41 erzeugt Drehstrom mit einer Leistung von 3641 kW bei einer Frequenz von 20 Hz. Hierbei ist die Frequenz abhängig von der Drehzahl des Verbrennungsmotors 3 und ändert sich somit in Abhängigkeit von Änderungen der Drehzahl des Verbrennungsmotors 3. Der Fahrstromgenerator 41 ist im Beispiel als Synchrongenerator mit 12 Polpaaren ausgeführt, woraus sich bei der Drehzahl von $n = 100 \text{ rpm}$ eine Frequenz des erzeugten Drehstrom von $f = 20 \text{ Hz}$ ergibt.

[0045] Der erzeugte Drehstrom wird über die elektrische Direktleitung 42 auf die andere Schiffseite geführt zu dem Elektrofahrmotor 43. Dieser erzeugt eine mechanische Leistung von 3026 kW. Ist er als ein Synchronmotor ausgeführt, treibt er die Propellerwelle 21 sowie den Propeller 22 des zweiten Antriebstrangs 2 mit einer mechanischen Drehzahl von 100 rpm an, also einer Drehzahl entsprechend derjenigen des ersten Antriebstrangs 1. Somit erhalten nicht nur die Propeller 12, 22 auf beiden Schiffseiten die gleiche Leistung, sondern sie drehen bei Verwendung von Synchronmaschinen auch gleich schnell. Dies sorgt für eine hohe Stabilität und für ein besseres Manövrierverhalten. Dank der elektrischen Direktleitung 42 ist der Transfer der Leistung von einer auf die andere Schiffseite vollkommen unproblematisch und kann auch bei schwierigen baulichen Verhältnissen platzsparend und mit wenig Aufwand erfolgen.

[0046] In Figur 4 ferner dargestellt ist eine optionale Anzapfung 7 an der elektrischen Direktleitung 42. An diese Anzapfung 7 angeschlossen ist eine Hilfsspeiseein-

richtung 70 umfassend einen Frequenzumrichter 71 mit einem Schalter 72, der wiederum verbunden ist mit einer Verteilerschiene 80 eines elektrischen Hauptsystems 8 des Frachtschiffs 9. Das elektrische Hauptsystem 8 des Schiffs speist die für die Besatzung, deren Unterkunft und für den übrigen Betrieb (abgesehen vom Hauptantrieb) des Frachtschiffs erforderlichen elektrischen Verbraucher. Diese Verbraucher sind symbolisiert dargestellt durch sog. Hotellasten 84, 85, 86 auf verschiedenen Spannungsniveaus in Höhe von 690 V, 450 V bzw. 230 V. Zur Versorgung des elektrischen Hauptsystems 8 ist ferner vorgesehen ein eigenständiger Generatorsatz 81, der einen Hilfsdieselmotor 82 sowie einen davon angetriebenen Generator 83 zur Erzeugung der elektrischen Energie aufweist.

[0047] An das elektrische Hauptsystem 8 ferner angeschlossen sind Manövrierorgane, die zum Manövrieren des Schiffes insbesondere in seitlicher Richtung dienen. Sie gehören nicht zum Hauptantrieb. Hierbei handelt es sich insbesondere um Bugstrahlruder. In dem Ausführungsbeispiel sind zwei Bugstrahlruder vorgesehen, ein Bugstrahlruder 61 des CPP-Typs mit Steigungsverstellung (Anlaufkonzept nicht dargestellt) und ein Bugstrahlruder 62 des FPP-Typs mit fest eingestellter Propellersteigung, das jedoch zum Anlauf und zur Variation der Querschubkraft über einen Umrichter 63 kontrolliert ist.

[0048] Die Anzapfung 7 ermöglicht es, im Fahrbetrieb über die Hilfsspeiseeinrichtung 70 den für das Hauptsystem 8 des Frachtschiffs 9 benötigten Strom zumindest teilweise mittels des Fahrstromgenerators 41 bereitzustellen (wie durch den Pfeil am Frequenzumrichter 71 symbolisiert), sodass der eigenständige Generatorsatz 81 des elektrischen Hauptsystems 8 nicht betrieben zu werden braucht. Dies erhöht nicht nur die Betriebssicherheit dank dieser zweiten Speisungsmöglichkeit des elektrischen Hauptsystems 8, sondern kann außerdem infolge des hohen Wirkungsgrads der Verbrennungsmaschine 3 und des Fahrstromgenerators 41 zu einer effizienteren Versorgung des elektrischen Hauptsystems 8 führen.

Patentansprüche

1. Frachtschiff umfassend einen Rumpf (90), durch den sich eine Schiffmittellinie (99) vom Heck (91) bis zum Bug (92) erstreckt, mit einem Laderaum (97) sowie einem Mehrpropellerantrieb als Hauptantrieb, der mindestens zwei Antriebstränge (1, 2) mit jeweils einem Propeller (12, 22) sowie je einer den Propeller (12, 22) mechanisch antreibenden Propellerwelle (11, 21), und eine Wärmekraftmaschine (3) mit einer Abtriebswelle (31) zum Antrieb der Antriebstränge (1, 2) aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass
die Antriebstränge (1, 2) gemeinsam von derselben einen Wärmekraftmaschine (3) angetrie-

ben sind,

wobei ein erster Antriebstrang (1) mechanisch angetrieben ist und mit der Abtriebswelle (31) der Wärmekraftmaschine (3) mechanisch gekoppelt ist, und

wobei ein zweiter Antriebstrang (2) elektrisch angetrieben ist mittels einer elektrischen Direktverbindung (4) umfassend einen an die Abtriebswelle (31) gekoppelten Fahrstromgenerator (41) und einen die zweite Propellerwelle (21) des zweiten Antriebstrangs (2) antreibenden Elektrofahrmotor (43), wobei der Fahrstromgenerator (41) und der Elektrofahrmotor (43) über eine elektrische Direktleitung (42) miteinander verbunden sind.

2. Frachtschiff nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Direktleitung (42) als reine Kabel- und/oder Leitungsverbindung ausgeführt ist und insbesondere keinen Frequenzumrichter umfasst.
3. Frachtschiff nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Direktverbindung (4) eine Wechselstromverbindung ist, insbesondere für Mehrphasenwechselstrom, vorzugsweise für Drehstrom.
4. Frachtschiff nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fahrstromgenerator (41) und/oder der Elektrofahrmotor (43) als Synchronmaschine ausgeführt ist.
5. Frachtschiff nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmekraftmaschine (3) planvoll überdimensioniert ist in Bezug auf die maximal übertragbare Leistung jeweils eines der Antriebstränge (1, 2), und zwar vorzugsweise mindestens doppelt so viel mechanische Leistung abgeben kann wie die maximal übertragbare Leistung jeweils eines der Antriebstränge.
6. Frachtschiff nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmekraftmaschine (3) (n+1)-fach überdimensioniert ist, wobei "n" die Anzahl von elektrisch angetriebenen Antriebsträngen bezeichnet.
7. Frachtschiff nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmekraftmaschine (3) als ein Verbrennungsmotor ausgeführt ist, insbesondere als ein Zweitakt-Schiffsmotor, weiter vorzugsweise als ein langsam laufender Zweitakt-Schiffsmotor.
8. Frachtschiff nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste, mechanische Antriebstrang (1) getriebeelos ausge-

- führt ist, und/oder der erste, mechanische Antriebstrang (1) mit einer Kupplung (15) versehen ist, sodass dessen Propeller (12) auskuppelbar und somit antriebslos ist, und/oder die Propellerwelle (11) des mechanischen Antriebstrangs (1) umlenkungsfrei an die Abgabewelle (31) angeschlossen ist, vorzugsweise in verlängerter Linie. 5
9. Frachtschiff nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Abtriebswelle (31) der Wärmekraftmaschine (3) und dem ersten, mechanischen Antriebstrang (1) eine Leistungsverzweigungseinheit (5) vorgesehen ist, die dazu ausgebildet ist, die Leistung der Wärmekraftmaschine (3) aufzuteilen auf den ersten, mechanischen Antriebstrang (1) sowie den Fahrstromgenerator (41) des zweiten Antriebstrangs (2). 10 15
10. Frachtschiff nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leistungsverzweigungseinheit (5) den Fahrstromgenerator (41) mit einer in einem festen Verhältnis stehenden Drehzahl, insbesondere mit derselben Drehzahl, antreibt wie die Drehzahl des ersten, mechanischen Antriebstrangs (1). 20 25
11. Frachtschiff nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leistungsverzweigungseinheit (5) den Fahrstromgenerator (41) mit einem erhöhten Drehmoment verglichen mit dem ersten, mechanischen Antriebstrang (1) antreibt, wobei das Drehmoment vorzugsweise erhöht ist in einem Bereich von 3 bis 35 %. 30
12. Frachtschiff nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Direktleitung (42) eine Anzapfung (7) vorgesehen ist, an die eine Hilfsspeiseeinrichtung (70) angeschlossen ist, welche die Direktleitung (42) mit einem elektrischen Hauptsystem (8) des Frachtschiffs (9), das vorzugsweise mit einem eigenen Generator (81) versehen ist, über einen Frequenzumrichter (71) verbindet. 35 40
13. Frachtschiff nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hilfsspeiseeinrichtung (70) für eine kleinere Leistung dimensioniert ist als der Elektrofahrmotor (43), und/oder die Hilfsspeiseeinrichtung (70) dimensioniert ist auf eine Leistung weniger als ein Fünftel der Leistung der Wärmekraftmaschine (3). 45 50
14. Frachtschiff nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Frachtschiff (9) eine Rampe (96), insbesondere eine Fahrzeugrampe, zur Beladung aufweist und die Wärmekraftmaschine (3) unterhalb der Rampe (96) angeordnet ist. 55
15. Hauptantriebsanlage für ein Frachtschiff, umfassend mindestens zwei Antriebstränge (1, 2) mit jeweils einem Propeller (12, 22) sowie je einer den Propeller (12, 22) mechanisch antreibenden Propellerwelle (11, 21), und eine Wärmekraftmaschine (3) mit einer Abtriebswelle (31) zum Antrieb der Antriebstränge (1, 2),
- dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebstränge (1, 2) gemeinsam von derselben einen Wärmekraftmaschine (3) angetrieben sind, wobei ein erster Antriebstrang (1) mechanisch angetrieben ist und mit der Abtriebswelle (31) der Wärmekraftmaschine (3) mechanisch gekoppelt ist, und wobei ein zweiter Antriebstrang (2) elektrisch angetrieben ist mittels einer elektrischen Direktverbindung (4) umfassend einen an die Abtriebswelle (31) gekoppelten Fahrstromgenerator (41) und einen die zweite Propellerwelle (21) des zweiten Antriebstrangs (2) antreibenden Elektrofahrmotor (43), wobei der Fahrstromgenerator (41) und der Elektrofahrmotor (43) über eine elektrische Direktleitung (42) miteinander verbunden sind.
16. Hauptantriebsanlage nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie weitergebildet ist nach einem der Ansprüche 2 bis 13.

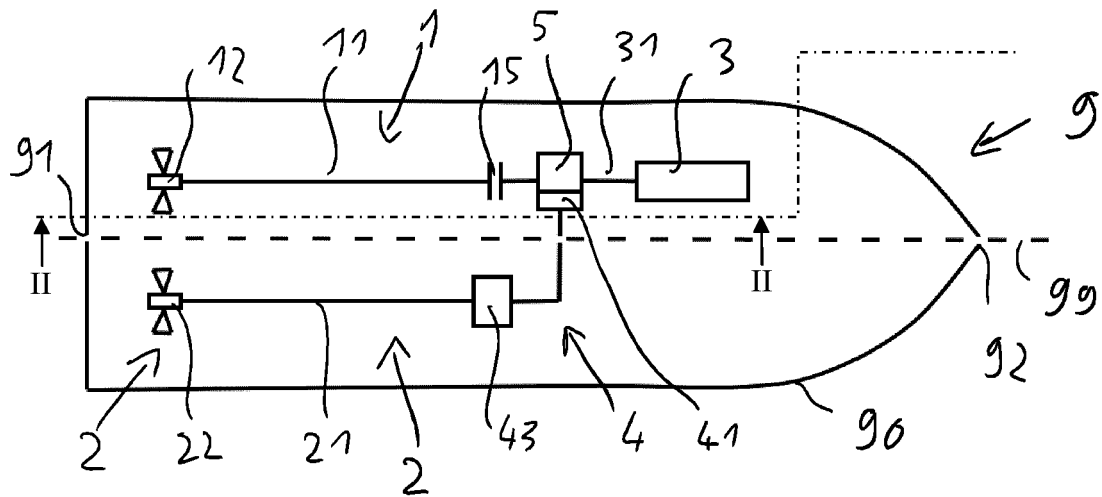


Fig. 1

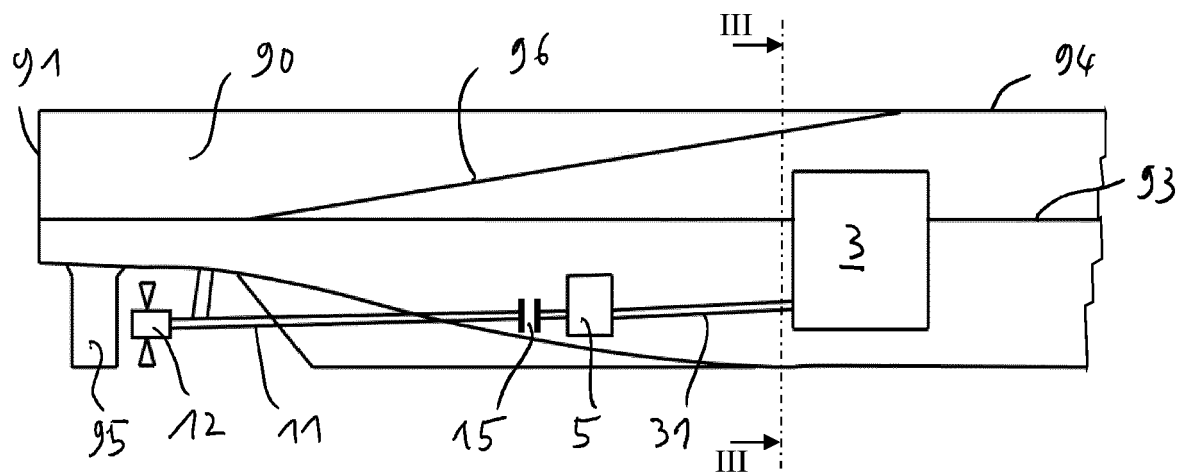


Fig. 2

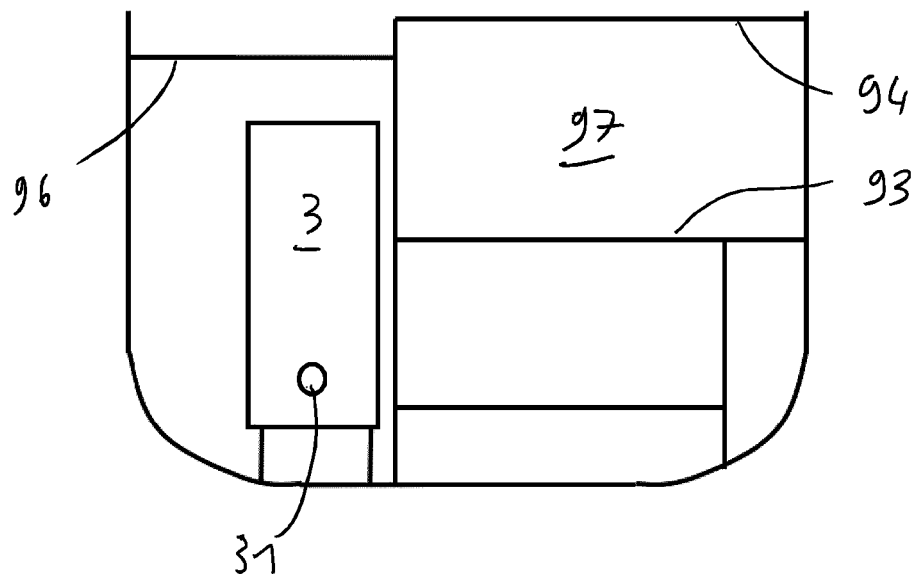


Fig. 3

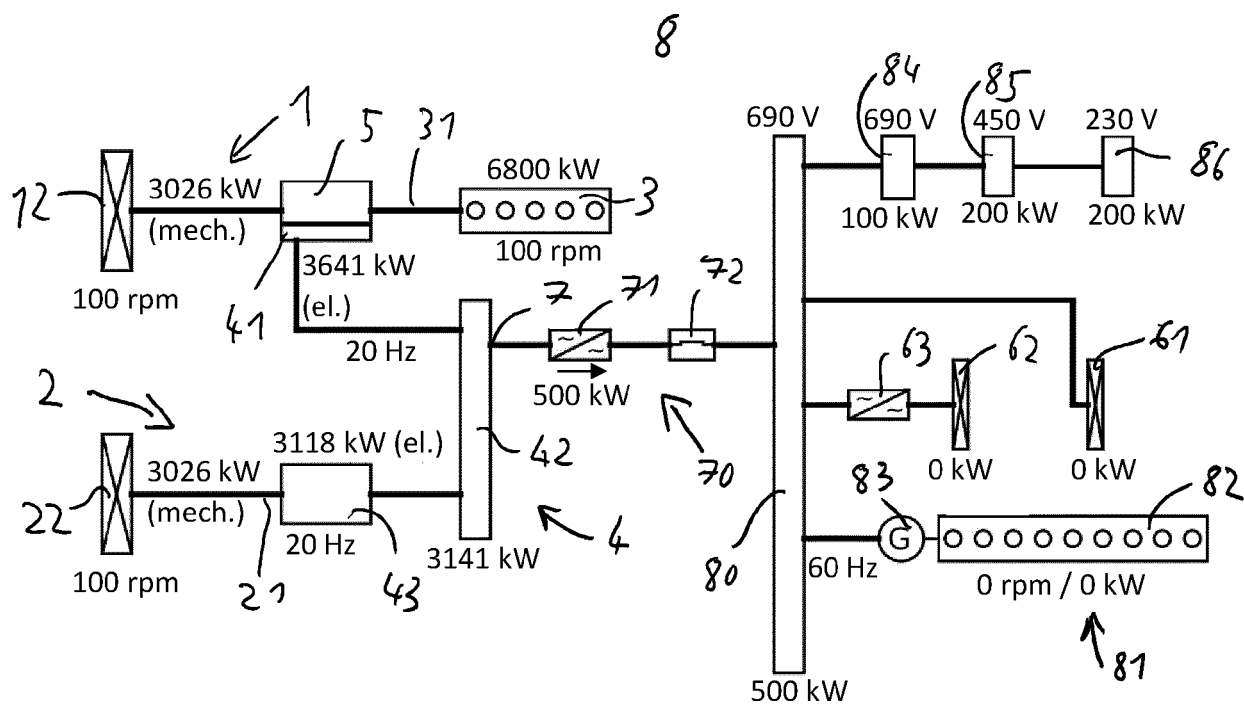


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 15 7340

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 1 402 875 A (MCCALLISTER EDGAR W) 10. Januar 1922 (1922-01-10) * Seite 1, Zeile 105 - Seite 2, Zeile 12; Abbildung 2 *	1-16	INV. B63H5/08 B63H23/24 B63J3/02
X	WO 02/072418 A1 (MAN B & W DIESEL AS [DK]; GALLIN CONSTANTIN M [DE] ET AL.) 19. September 2002 (2002-09-19) * Seite 15, Absatz 2; Abbildung 2 *	1-16	
X	WO 2012/089845 A2 (ABB OY [FI]; KOKKILA KIMMO [FI]; KAJAVA MIKKO [FI]; KANERVA SAMI [FI]) 5. Juli 2012 (2012-07-05) * Abbildung 8 *	1-8, 13-16	
X	WO 2021/006223 A1 (YANMAR CO LTD) 14. Januar 2021 (2021-01-14) * Absatz [0010]; Abbildungen 2, 5 *	1, 15	
X	Stapersma Douwe: "Main Propulsion Arrangement and Power Generation Concepts" In: "Encyclopedia of Maritime and Offshore Engineering", 1. Januar 2017 (2017-01-01), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, XP055783114, ISBN: 978-1-118-47640-6 Seiten 1-40, DOI: 10.1002/9781118476406.emoe068, Gefunden im Internet: URL: https://api.wiley.com/onlinelibrary/tdm/v1/articles/10.1002%2F9781118476406.emoe068 * Abbildungen 23, 33 *	1, 15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B63H B63J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 17. August 2022	Prüfer Schmitter, Thierry
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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 22 15 7340

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

17-08-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 1402875 A	10-01-1922	KEINE	
WO 02072418 A1	19-09-2002	CN 1496318 A	12-05-2004
		DE 10111910 A1	19-09-2002
		EP 1368227 A1	10-12-2003
		JP 4319410 B2	26-08-2009
		JP 2004530588 A	07-10-2004
		KR 20030080256 A	11-10-2003
		NO 335420 B1	15-12-2014
		WO 02072418 A1	19-09-2002
WO 2012089845 A2	05-07-2012	AU 2012203987 A1	18-07-2013
		BR 112013017022 A2	24-09-2019
		CA 2823488 A1	05-07-2012
		CN 103415439 A	27-11-2013
		EP 2658774 A2	06-11-2013
		JP 2014501201 A	20-01-2014
		KR 20130133231 A	06-12-2013
		RU 2013135709 A	10-02-2015
		US 2013293003 A1	07-11-2013
		WO 2012089845 A2	05-07-2012
WO 2021006223 A1	14-01-2021	EP 3998189 A1	18-05-2022
		JP 2021011202 A	04-02-2021
		WO 2021006223 A1	14-01-2021

EPO FORM P0461

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