

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
01. November 2018 (01.11.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/196929 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: *B63H 9/00* (2006.01) *B63H 9/02* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2018/200038
- (22) Internationales Anmeldedatum: 24. April 2018 (24.04.2018)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2017 109 115.7
27. April 2017 (27.04.2017) DE
- (71) Anmelder: HOCHSCHULE EMDEN/ LEER [DE/DE];
Constatiaplatz 4, 26723 Emden (DE).
- (72) Erfinder: VAHS, Michael; Mittelweg 4, 21640 Bliedersdorf (DE). GÖTTING, Moritz; Mispelstraße 20, 26725 Emden (DE). MÜLLER, Marcel; Hochhauser Straße 24 B, 26121 Oldenburg (DE).
- (74) Anwalt: WEIDNER STERN JESCHKE PATENTANWÄLTE PARTNERSCHAFT; Universitätsallee 17, 28359 Bremen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING AN OPTIMAL PROPULSION PARAMETER AND/OR A POWER SAVING OF A WIND PROPULSION SYSTEM, METHOD FOR PROVIDING THE DETERMINED POWER SAVING, AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR A WIND PROPULSION SYSTEM, WIND PROPULSION SYSTEM, AND SHIP

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINES OPTIMALEN ANTRIEBSPARAMETERS UND/ODER EINER LEISTUNGSEINSPARUNG EINES WINDANTRIEBES, VERFAHREN ZUM DARSTELLEN DER BESTIMMTEN LEISTUNGSEINSPARUNG, AUTOMATISCHES STEUERUNGSSYSTEM FÜR EINEN WINDANTRIEB, WINDANTRIEB UND SCHIFF

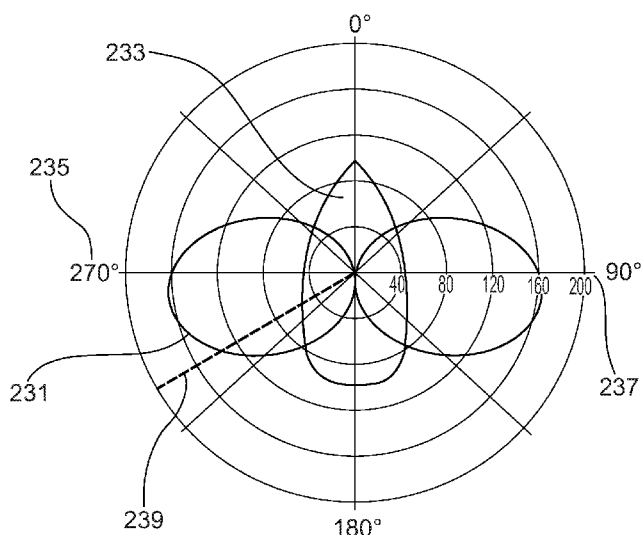


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining an optimal propulsion parameter and/or a power saving of a wind propulsion system of a ship by means of a data-processing device having a real-time-capable interface to at least one associated measuring apparatus of the ship for capturing at least one wind parameter and/or at least one ship parameter by determining the true wind



WO 2018/196929 A1

SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

conditions, and an optimal propulsion parameter for a maximum power saving and for determining the optimal propulsion parameter and/or the maximum power saving for determined true wind angles in an angular range from 0 to 360 degrees, such that an optimal course of the ship can be set in real time on the basis of the optimal propulsion parameter and/or the maximum power saving. The invention further relates to a method for providing the previously determined power parameter of a wind propulsion system for a course change, to an automatic control system, to a wind propulsion system, and to a ship.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines optimalen Antriebsparameters und/oder einer Leistungseinsparung eines Windantriebes eines Schiffes mittels einer Datenverarbeitungsvorrichtung mit einer echtzeitfähigen Schnittstelle zu mindestens einem zugeordneten Messgerät des Schiffes, zum Erfassen mindestens eines Windparameters und/oder mindestens eines Schiffsparameters unter Bestimmung der wahren Windbedingungen, eines optimalen Antriebsparameters für eine maximale Leistungseinsparung und dem Bestimmen des optimalen Antriebsparameters und/oder der maximalen Leistungseinsparung für festgelegte wahre Windwinkel in einem Winkelbereich von 0 bis 360 Grad, sodass anhand des optimalen Antriebsparameters und/oder der maximalen Leistungseinsparung ein optimaler Kurs des Schiffes in Echtzeit einstellbar ist. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Darstellen des zuvor bestimmten Leistungsparameters eines Windantriebes für eine Kursänderung, ein automatisches Steuerungssystem, einen Windantrieb und ein Schiff.

Verfahren zum Bestimmen eines optimalen Antriebsparameters
und/oder einer Leistungseinsparung eines Windantriebes,
Verfahren zum Darstellen der bestimmten
Leistungseinsparung, automatisches Steuerungssystem für
5 einen Windantrieb, Windantrieb und Schiff

[01] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen
eines optimalen Antriebsparameters und/oder einer
Leistungseinsparung eines Windantriebes eines Schiffes
mittels einer Datenverarbeitungsvorrichtung mit einer
10 echtzeitfähigen Schnittstelle zu mindestens einem
zugeordneten Messgerät eines Schiffes, wobei mittels des
Messgerätes oder der Messgeräte ein Windparameter oder
mehrere Windparameter und/oder ein Schiffparameter oder
mehrere Schiffparameter erfasst wird oder werden. Des
15 Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum
Darstellen der bestimmten Leistungseinsparung eines
Windantriebes für eine Kursänderung, ein automatisches
Steuerungssystem für einen Windantrieb, einen Windantrieb
und ein Schiff.

20 [02] Aus Gründen der Energieeinsparung und des
Umweltschutzes werden Windantriebe als Haupt- und/oder
Zusatzantrieb an Bord von Schiffen eingesetzt. Aufgrund der
starken Abhängigkeit eines Windantriebs von den umgebenden
Windbedingungen, sind eine optimale Einstellung von
25 Betriebs- und/oder Leistungsparametern und eine optimale
Steuerung des Windantriebes erforderlich.

[03] Als Windzusatzantrieb wird beispielsweise ein Flettner-Rotor eingesetzt. Für einen Flettner-Rotor ist die Bestimmung und Darstellung von Leistungsparametern in einer Polardarstellung bekannt, wobei die vom Flettner-Rotor
5 gelieferte Leistung jedoch nur für feste Wind- und Schiffsgeschwindigkeiten angegeben wird und somit nicht zur Steuerung unter Realbedingungen verwendbar ist. Zudem erfolgt die Angabe der Leistung üblicherweise als prozentualer Anteil.

10 [04] Beispielsweise beschreibt die US 2014/0196648 A1 ein mechanisches Segelsystem mit einem Segelzylinder, bei dem in einer Datenverarbeitungsanlage mittels eines Algorithmus die optimale Rotationsgeschwindigkeit des Segelzylinders für eine vorgegebene Windgeschwindigkeit und
15 Schiffsgeschwindigkeit errechnet wird. Hierbei kann die Segeleffizienz des Segelsystems in Prozent für einen vorgegebenen Windwinkel auf einem Monitor angezeigt werden, wobei eine Polare eine Richtung auf dem Monitor als Faktor des Schiffssteuerkurses in Bezug zur scheinbaren
20 Windrichtung annimmt.

[05] In LELE, A. und RAO, K. V. S. (Net power generated by flettner rotor for different values of wind speed and ship speed, In: Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), 2017 International Conference on circuits power
25 and Computing Technologies [ICCPCTJ. IEEE, 2017. S. 1-6) werden Berechnungen der Leistungsabgabe eines Flettnerrotors für variierte wahre Windgeschwindigkeiten von 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s und 20 m/s bei einer festen Schiffsgeschwindigkeit von 15 Knoten und angenommenen

konstanten Koeffizienten für Zug- und Schubkraft sowie Rotation dargestellt. Ebenso wird in TRAUT, M. et al. (Propulsive power contribution of a kite and a Flettner rotor on selected shipping routes. Applied Energy, 2013, 5 113. Jg., S. 362-372) die Leistung eines Flettnerrotors als Funktion des wahren Windwinkels für zwei vorgegebene Schiffsgeschwindigkeiten und fünf vorgegebenen wahre Windgeschwindigkeiten berechnet.

[06] Bei bekannten Bestimmungs- und Darstellungsverfahren und automatischen Steuerungssystemen für Windantriebe ist 10 nachteilig, dass diese nur auf fest vorgegebenen, simulierten oder im Nachhinein ausgewerteten Wind- und Schiffsparemtern beruhen. Dadurch können diese Verfahren und Steuerungssysteme nicht zur Bestimmung und Vorhersage 15 von Leistungsparametern und des optimalen Schiffskurses unter den aktuellen Wind- und/oder Schiffsbedingungen in Echtzeit verwendet werden. Aufgrund der üblichen statisch generierten Darstellung der Leistung eines Windantriebs bei festgelegten Wind- und/oder Schiffsgeschwindigkeiten ist 20 diese Darstellung an Bord eines Schiffes nicht zum Ansteuern eines aktuellen, optimalen Kurses des Schiffes verwendbar.

[07] Aufgabe der Erfindung ist es, den Stand der Technik zu verbessern.

25 [08] Gelöst wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Bestimmen eines optimalen Antriebsparameters und/oder einer Leistungseinsparung eines Windantriebes eines Schiffes mittels einer Datenverarbeitungsvorrichtung mit einer

- echtzeitfähigen Schnittstelle zu mindestens einem zugeordneten Messgerät des Schiffes, wobei mittels des Messgerätes oder der Messgeräte ein Windparameter oder mehrere Windparameter und/oder ein Schiffsparemeter oder mehrere Schiffsparemeter erfasst wird oder werden, mit folgenden Schritten:
- Übertragen von Daten des zugeordneten Messgerätes oder der zugeordneten Messgeräte über die echtzeitfähige Schnittstelle zu der Datenverarbeitungsvorrichtung,
 - 10 - Bestimmen des optimalen Antriebsparameters und/oder der Leistungseinsparung des Windantriebes mittels der Datenverarbeitungsvorrichtung aus den übertragenen Daten durch
 - o Bestimmen eines derzeitigen wahren Windwinkels und
15 einer derzeitigen wahren Windgeschwindigkeit,
 - o Bestimmen eines optimalen Antriebsparameters, wobei der Antriebsparameter ein Betriebsparameter und/oder ein Leistungsparameter des Windantriebes ist, für eine maximale Leistungseinsparung unter Verwenden
20 eines scheinbaren Windwinkels, einer scheinbaren Windgeschwindigkeit und/oder des Schiffspareimeters oder mehrerer Schiffspareimeter,
 - o Festlegen von wahren Windwinkeln in einem Winkelbereich von 0 bis 360 Grad,
 - 25 o Bestimmen des scheinbaren Windwinkels und/oder der scheinbaren Windgeschwindigkeit für jeden

festgelegten wahren Windwinkel in dem Winkelbereich von 0 bis 360 Grad unter Verwenden der bestimmten derzeitigen wahren Windgeschwindigkeit, und

- 5 o Bestimmen des optimalen Antriebsparameters und/oder der maximalen Leistungseinsparung für jeden festgelegten wahren Windwinkel wie zuvor beschrieben in dem Winkelbereich von 0 bis 360 Grad,

10 sodass der optimale Antriebsparameter und/oder die maximale Leistungseinsparung für jeden festgelegten wahren Windwinkel vorliegt oder vorliegen, anhand dessen oder deren ein optimaler Kurs des Schiffes in Echtzeit einstellbar ist.

15 [09] Durch Bestimmen mindestens eines optimalen Antriebsparameters und/oder der maximalen Leistungseinsparung des Windantriebes wird bei Verwenden des Windantriebes als Hauptantrieb der optimale Kurs am Wind eingestellt und bei Verwenden des Windantriebes als Zusatzantrieb zusätzlich der Energieverbrauch des Schiffes gesenkt.

20 [10] Es ist besonders vorteilhaft, dass dadurch ein aktuelles Bestimmen und Vorhersagen des optimalen Schiffskurses gerade bei sich ändernden Wind- und/oder Schiffsbedingungen möglich ist. Durch Bestimmen und/oder Darstellen der optimalen Leistungseinsparung des
25 bestehenden Schiffshauptantriebes (Schiffshauptmaschine) durch den Zusatzwindantrieb ist in Echtzeit direkt erkennbar, ob durch eine Kursänderung eine weitere, verbesserte Leistungseinsparung erzielt werden kann. Somit

wird eine optimale Steuerung des Windantriebes zur Maximierung der Energieeinsparung auf Basis von im Schiffsbetrieb erfassten Daten und bestimmten Antriebs- und/oder Leistungsparametern in Echtzeit ermöglicht.

5 [11] Folglich kann in Echtzeit auf einen drehenden Wind durch eine entsprechende Kursänderung auf Basis der zu erwartenden Änderung der Leistung des Windantriebes reagiert werden.

[12] Neben der Steuerung eines Schiffes in Echtzeit ist
10 das erfindungsgemäße Verfahren auch allgemein zur Routenplanung und/oder -optimierung einsetzbar.

[13] Ein wesentlicher Gedanke der Erfindung beruht darauf, dass aus an Bord erfassten Daten zu Wind- und/oder Schiffsbedingungen ein optimaler Antriebsparameter und/oder
15 eine maximale Leistungseinsparung in Abhängigkeit von möglichen Windwinkeln und somit eines 360-Grad-Kurses bestimmt und/oder dargestellt wird und folglich für eine Kursänderung aufgrund von aktuellen Wind- und/oder Schiffänderungen im Hinblick auf eine maximale
20 Leistungseinsparung des Schiffes in Echtzeit verwendet werden.

[14] Folgendes Begriffliche sei erläutert:

[15] Ein „Antriebsparameter“ ist insbesondere ein Parameter eines Windantriebes, welcher eine Eigenschaft des
25 Windantriebes charakterisiert. Bei einem Antriebsparameter handelt es sich insbesondere um einen Betriebsparameter und/oder einen Leistungsparameter des Windantriebes.

[16] Eine „Leistungseinsparung“ eines Windantriebes ist insbesondere diejenige Leistungseinsparung, welche der Windantrieb gegenüber einem alleinigen Antrieb durch einen Schiffsmotor als Hauptantrieb ermöglicht. Die
5 Leistungseinsparung kann beispielsweise als eingesparte Wellenleistung in kW angegeben werden.

[17] Bei einem „Windantrieb“ handelt es sich insbesondere um den Antrieb eines Schiffes durch Wind. Ein Windantrieb kann als Haupt- und/oder Zusatzantrieb eines Schiffes
10 verwendet werden. Ein Windantrieb ist insbesondere ein konventionelles Segel, ein Flettner-Rotor, ein Dyna-Rigg-Segel, ein Wingsail-Segel, ein Turbosail-Antrieb und/oder ein frei drehbarer Mast mit einem Segel.

[18] Ein „Schiff“ ist insbesondere ein schwimmfähiges
15 Wasserfahrzeug. Bei einem Schiff handelt es sich insbesondere um ein Überwasserfahrzeug mit einem Windantrieb und/oder einem motorischen und/oder elektrischen Antrieb.

[19] Eine „Datenverarbeitungsvorrichtung“ ist insbesondere
20 eine Vorrichtung zum organisierten Umgang mit Datenmengen mit dem Ziel, Informationen über diese Datenmenge zu gewinnen und/oder diese Datenmengen zu verändern. Mittels der Datenverarbeitungsvorrichtung werden insbesondere Datensätze erfasst, ausgewertet, verändert, verarbeitet
25 und/oder ausgegeben. Eine Datenverarbeitungsvorrichtung ist insbesondere eine elektronische Maschine und/oder ein Computer. Eine Datenverarbeitungsvorrichtung weist insbesondere eine Speicherprogrammierbare Steuerung, ein

Schnittstellen- und Implementationsmodul, wie beispielsweise ein C++-Modul, und/oder eine echtzeitfähige Schnittstelle zu einem oder mehreren zugeordneten Messgeräten eines Schiffes auf. Eine Datenverarbeitungsvorrichtung ist insbesondere ein Industrie-PC und/oder ein Rechnerverbund („Cluster“) aus mehreren Industrie-PCs und/oder mehreren Mikrocontrollern. Eine Datenverarbeitungsvorrichtung kann an Bord eines Schiffes oder dezentral auf dem Wasser oder an Land angeordnet sein.

[20] Eine „Schnittstelle“ ist insbesondere eine Verbindungsstelle für einen Datenaustausch zwischen einzelnen Geräten und/oder Vorrichtungen. Eine Schnittstelle ermöglicht insbesondere eine Datenübertragung von auf einem Schiff installierten Sensoren und/oder Instrumenten zu der Datenverarbeitungseinrichtung und/oder der speichrogrammierbaren Steuerung. Der Datenaustausch über die Schnittstelle erfolgt insbesondere gemäß des NMEA-0183-Standards, des NMEA-2000-Standards und/oder mittels eines anderen Protokolls.

[21] Bei einem „Windparameter“ handelt es sich insbesondere um eine Eigenschaft des meteorologischen Windes oder des an einem fahrenden Schiff wahrgenommenen Windes. Ein Windparameter ist insbesondere eine Windrichtung, ein Windwinkel und/oder eine Windgeschwindigkeit. Bei einem fahrenden Schiff handelt es sich bei einem Windparameter insbesondere um eine Eigenschaft des scheinbaren Windes, wie beispielsweise ein scheinbarer Windwinkel und/oder eine scheinbare Windgeschwindigkeit.

[22] Ein „Schiffsparameter“ ist insbesondere eine Eigenschaft eines Schiffes. Bei einem Schiffsparameter handelt es sich beispielsweise um einen Kurs des Schiffes und/oder um eine Fahrtgeschwindigkeit des Schiffes.

5 [23] Ein „Messgerät“ (auch „Messinstrument“) dient insbesondere zum Bestimmen einer geometrischen und/oder physikalischen Größe. Mit einem Messgerät wird oder werden insbesondere der Windparameter oder mehrere Windparameter und/oder ein Schiffsparameter oder mehrere Schiffsparameter
10 erfasst.

[24] Ein „wahrer Windwinkel“ („True Wind Angle“, TWA) ist insbesondere der Winkel zwischen dem meteorologischen Wind und der Kiellinie des Schiffes.

15 [25] Eine „wahre Windgeschwindigkeit“ („True Wind Speed“, TWS) ist die Windgeschwindigkeit des meteorologischen Windes.

[26] Unter dem „derzeitigen“ wahren Windwinkel und der „derzeitigen“ wahren Windgeschwindigkeit werden der aktuell vorliegende wahre Windwinkel und die aktuell vorliegende
20 wahre Windgeschwindigkeit verstanden.

[27] Der „scheinbare Windwinkel“ („Apparent Wind Angle“, AWA) ist insbesondere der Winkel zwischen dem am fahrenden Schiff gemessenen Wind und der Kiellinie des Schiffes.

25 [28] Eine „scheinbare Windgeschwindigkeit“ („Apparent Wind Speed“, AWS) ist insbesondere die am fahrenden Schiff gemessene Windgeschwindigkeit. Die scheinbare

Windgeschwindigkeit kann unter Verwenden der wahren Windgeschwindigkeit und -richtung und der Fahrtgeschwindigkeit des Schiffes sowie des Schiffskurses berechnet werden.

5 [29] Ein „Leistungsparameter“ ist insbesondere ein Parameter, welcher eine Leistung eines Windantriebes charakterisiert. Bei einem Leistungsparameter kann es sich beispielsweise um erzeugte Kräfte in Kielrichtung und orthogonal zur Kielrichtung und/oder um die eingesparte
10 Wellenleistung handeln. Ein Leistungsparameter kann auch aus mehreren Leistungsparametern eines Windantriebes bestimmt werden. Ein optimaler Leistungsparameter und/oder Antriebsparameter kann insbesondere aus einem scheinbaren Windwinkel, einer scheinbaren Windgeschwindigkeit und einem
15 Schiffssparameter für eine maximale Leistungseinsparung berechnet werden.

[30] Ein „Betriebsparameter“ ist insbesondere ein Parameter des Windantriebes, welcher einen Betriebszustand des Windantriebes charakterisiert. Bei einem Betriebsparameter
20 kann es sich beispielsweise um die Drehzahl und Drehrichtung eines Flettner-Rotors oder um den Anstellwinkel eines Wingsail-Segels handeln. Ein optimaler Antriebsparameter und/oder optimaler Betriebsparameter kann insbesondere aus dem optimalen Leistungsparameter und der
25 scheinbaren Windgeschwindigkeit bestimmt werden.

[31] Bei einem „Winkelbereich von 0 bis 360 Grad“ handelt es sich insbesondere um einen Vollwinkel. Bei Angabe dieses

Winkelbereiches in Polarkoordinaten entspricht der Winkel von 0 Grad dem Winkel von 360 Grad.

[32] Unter einem „Kurs“ wird insbesondere der dreiziffrige in Grad angegebene in der Horizontalebene gemessene Winkel zwischen einer Bezugsrichtung und der Bewegungs- oder Vorausrichtung eines Schiffes verstanden. Ein „optimaler Kurs“ ist insbesondere der Kurs des Schiffes, bei dem der gewünschte Zielpunkt unter maximaler Leistungseinsparung des Schiffes und/oder Verwenden des optimalen Antriebsparameters des Windantriebes erreicht wird.

[33] „In Echtzeit“ bedeutet insbesondere, dass ein optimaler Kurs des Schiffes in einer simultan zur Realität ablaufenden Zeit einstellbar und/oder anpassbar ist. Somit läuft das Verfahren zum Bestimmen des optimalen Antriebsparameters und/oder der Leistungseinsparung des Windantriebes nahezu simultan mit den entsprechenden Prozessen in der Realität, insbesondere den sich ändernden Wind- und/oder Schiffsparemtern, ab. Eine Verzögerung von einigen Millisekunden oder Sekunden wird vorliegend auch noch als „Echtzeit“ verstanden.

[34] In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird oder werden als Messgerät ein Windmesser zum Erfassen des scheinbaren Windwinkels und/oder der scheinbaren Windgeschwindigkeit als Windparameter und/oder ein GPS-Empfänger zum Erfassen eines Kurses über Grund und/oder einer Geschwindigkeit über Grund als Schiffsparemter verwendet.

[35] Dadurch kann das Bestimmen des derzeitigen wahren Windwinkels und der derzeitigen wahren Windgeschwindigkeit direkt aus dem scheinbaren Windwinkel, der scheinbaren Windgeschwindigkeit, des Kurses über Grund und der
5 Geschwindigkeit über Grund erfolgen.

[36] Ein „Windmesser“ (auch „Anemometer“) ist insbesondere ein Instrument zur lokalen Messung der Geschwindigkeit eines Strömungsfeldes und/oder der Windgeschwindigkeit und/oder der Windrichtung.

10 [37] Ein „GPS-Empfänger“ ist insbesondere ein Empfangsgerät, welches aus Sattelitensignalen die eigene Position bestimmt. Bei Bewegung eines Schiffes bestimmt der GPS-Empfänger insbesondere aus aufeinanderfolgenden, ermittelten Positionen den Kurs und/oder die
15 Geschwindigkeit des Schiffes.

[38] „Kurs über Grund“ („Course over Ground“, COG) ist insbesondere der in Relation zum Grund gemessene Kurs der Bewegung des Schiffes. Als Kurs über Grund wird auch der Winkel zwischen rechtsweisend Nord und der wahren Bewegung
20 eines Schiffes über Grund bezeichnet.

[39] „Geschwindigkeit über Grund“ („Speed over Ground“, SOG) ist insbesondere die in Relation zum Grund gemessene Geschwindigkeit der Bewegung des Schiffes. Die Geschwindigkeit über Grund stellt somit die Geschwindigkeit
25 des Schiffes bezogen auf die Erdoberfläche dar.

[40] Um ein dynamisches Bestimmen und Anpassen an sich ändernde Wind- und/oder Schiffsbedingungen zu ermöglichen,

weist das Verfahren eine Zykluszeit von ≤ 5 Sekunden, insbesondere ≤ 2 Sekunden, bevorzugt ≤ 1 Millisekunde auf, sodass das Bestimmen des optimalen Antriebsparameters und/oder der Leistungseinsparung in Abhängigkeit von sich
5 ändernden Wind- und/oder Schiffsparemtern in Echtzeit durchgeführt wird.

[41] Somit können Veränderungen der Betriebsbedingungen und/oder der Umgebungsbedingungen instantan erkannt und in der Steuerung des Schiffes berücksichtigt werden.

10 [42] Eine „Zykluszeit“ ist insbesondere die Zeit, in welcher die Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens von dem Übertragen von erfassten Daten des zugeordneten Messgerätes oder der zugeordneten Messgeräte bis zum Vorliegen des optimalen Antriebsparameters und/oder der
15 maximalen Leistungseinsparung dauert. Nach Ablauf der Zykluszeit werden die Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgehend von aktuellen Daten des Messgerätes oder der Messgeräte wiederholt.

[43] In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird
20 ergänzend als Messgerät ein Kreiselkompass zum Erfassen eines Steuerkurses verwendet, sodass zusätzlich ein Einfluss einer Wasserströmung im Verfahren berücksichtigt wird.

[44] Dies ist vorteilhaft, da sich aufgrund von
25 Störeinflüssen von Wind- und Wasserströmung der Steuerkurs üblicherweise von der Bewegungsrichtung des Schiffes unterscheidet.

[45] Ein „Kreiselkompass“ ist insbesondere ein Kompass, welcher sich parallel zur Rotationsachse der Erde orientiert und dadurch die Nord-Süd-Richtung anzeigt.

5 [46] Um die Genauigkeit beim Bestimmen weiter zu erhöhen oder den Schiffsparemeter Geschwindigkeit über Grund zu ersetzen, wird alternativ oder ergänzend als Messgerät ein Log und/oder eine Logge verwendet, sodass eine Fahrt durchs Wasser des Schiffes erfasst wird.

10 [47] Ein „Log“ und/oder eine „Logge“ ist insbesondere ein Messgerät zum Bestimmen der Fahrt und/oder der Geschwindigkeit eines Wasserfahrzeuges. Ein Log und/oder eine Logge zeigt insbesondere die im Wasser zurückgelegte Strecke und somit die Fahrt durchs Wasser an.

15 [48] Eine „Fahrt durchs Wasser“ („Speed Through Water“, STW) ist insbesondere die Geschwindigkeit eines Wasserfahrzeugs relativ zur befahrenen Wassermasse. Aus der Fahrt durchs Wasser ergibt sich insbesondere durch Berücksichtigen von Strom (Versatz des Schiffes durch die Strömung des Wassers) und Abdrift (Versatz des Schiffes
20 durch den Einfluss des Windes) die Geschwindigkeit über Grund.

[49] In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird zusätzlich ein Messgerät zum Erfassen eines aktuellen Betriebszustandes des Windantriebes verwendet.

25 [50] Somit kann der aktuelle Betriebszustand des Windantriebes überwacht und für diesen ebenfalls ein Antriebsparameter und/oder Leistungsparameter bestimmt

werden, um eine Abweichung vom Optimalzustand festzustellen. Es ist besonders vorteilhaft bei einem Flettner-Rotor als Windantrieb, einen Drehwinkelgeber als Messgerät zu verwenden, um die Drehzahl und/oder die
5 Drehrichtung des Rotors zu bestimmen.

[51] Um Überreaktionen des Windantriebs auf Windböen durch häufiges Beschleunigen und Abbremsen eines Rotors oder Einstellen eines anderen Windantriebes zu vermeiden, werden die Daten des scheinbaren Windwinkels und/oder der
10 scheinbaren Windgeschwindigkeit durch einen Filter geglättet, bevor der wahre Windwinkel und/oder die wahre Windgeschwindigkeit berechnet wird oder werden, um einen Einfluss durch eine Böigkeit des Windes zu minimieren.

[52] Eine „Böigkeit“ oder „Böe“ ist insbesondere eine
15 heftige Luftbewegung (Windstoß) von kurzer Dauer. Eine Böigkeit oder Böe ist häufig mit einer Winddrehung verbunden.

[53] Ein „Filter“ ist insbesondere ein mathematisches Verfahren, welches aus den Datensätzen die Daten einer Böe
20 herausfiltert und somit aus den Datensätzen entfernt.

[54] In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird oder werden als optimale Antriebsparameter eine Drehzahl, eine Drehrichtung, eine Umfangsgeschwindigkeit und/oder ein Anstellwinkel zum Wind des Windantriebes verwendet.

25 [55] Es ist besonders vorteilhaft, als optimalen Antriebsparameter und/oder optimalen Betriebsparameter eine Drehzahl und/oder eine Drehrichtung im Falle eines

Flettner-Rotors oder einen Anstellwinkel im Falle eines Dyna-Rigg-Segels, eines Wingsail-Segels, eines Turbosail-Antriebes und/oder eines Segels mit frei drehbarem Mast zu verwenden.

5 [56] In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Darstellen der zuvor bestimmten Leistungseinsparung eines Windantriebes für eine Kursänderung mittels eines Datenverarbeitungssystems, insbesondere mittels einer speicherprogrammierbaren
10 Steuerung, durch Erzeugen eines Polarkoordinatensystems zum Anzeigen einer jeweiligen maximalen Leistungseinsparung in Abhängigkeit von einem jeweiligen wahren Windwinkel in einem Winkelbereich von 0 bis 360 Grad, sodass ein optimaler Kurs des Schiffes in Echtzeit direkt vorhersagbar
15 und/oder ablesbar ist.

[57] Somit wird eine dynamisch generierte Segelpolare angezeigt, deren Parameter entsprechend der in Echtzeit sensorisch erfassten Daten gewählt werden. Folglich ist es jederzeit möglich, die bei einer Kursänderung und/oder bei
20 einer Windänderung zu erwartende Änderung der Leistung des Windantriebes sofort anzuzeigen, sodass die jeweilige Leistungsänderung des Antriebes in Abhängigkeit von dem wahren Windwinkel für einen Steuermann auf einen Blick erkennbar und ein besserer Kurs ansteuerbar ist.

25 [58] In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens zum Darstellen der zuvor bestimmten Leistungseinsparung wird der derzeitige wahre Windwinkel mittels eines Anzeigers beim Darstellen angezeigt, sodass aus einem Schnittpunkt

des Anzeigers mit einer Polaren der Leistungseinsparung direkt die derzeitige maximale Leistungseinsparung ablesbar ist.

5 [59] Dadurch wird die Bedienerfreundlichkeit an Bord weiter erhöht.

[60] Um einen direkten Bezug zu den gemessenen Windparametern scheinbarer Windwinkel und/oder scheinbare Windgeschwindigkeit zu erhalten, erfolgt alternativ oder ergänzend das Erzeugen des Polarkoordinatensystems unter
10 Verwenden des scheinbaren Windwinkels und/oder der scheinbaren Windgeschwindigkeit.

[61] Durch das Verwenden eines scheinbaren Windparameters kann somit ein direkter Abgleich mit den Daten des Messgerätes erfolgen, während bei Verwenden des wahren
15 Windwinkels und/oder der wahren Windgeschwindigkeit ein direkter Abgleich mit üblichen Wetterkarten ermöglicht wird, welche sich stets auf den wahren Wind beziehen.

[62] In einem zusätzlichen Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe gelöst durch ein automatisches Steuerungssystem für
20 einen Windantrieb, wobei dem automatischen Steuerungssystem ein Motor zum Einstellen und/oder Antreiben eines Windantriebes zugeordnet ist, wobei das automatische Steuerungssystem derart eingerichtet ist, um ein zuvor beschriebenes Verfahren zum Bestimmen eines optimalen
25 Antriebsparameters und/oder einer Leistungseinsparung und/oder ein zuvor beschriebenes Verfahren zum Darstellen der zuvor bestimmten Leistungseinsparung auszuführen.

[63] Somit kann das automatische Steuerungssystem sowohl zum Überwachen der Daten der Messgeräte, zum Bestimmen eines Antriebsparameters und/oder einer Leistungseinsparung, zum Darstellen der ermittelten Leistungseinsparung in Abhängigkeit des Windwinkels und/oder zum Steuern eines in Echtzeit bestimmten Kurses bevorzugt mit maximaler Leistungseinsparung verwendet werden.

[64] Es ist besonders vorteilhaft, dass das automatische Steuerungssystem auch ein Anzeigeelement zur Darstellung der Segelpolare und der Leistungseinsparmöglichkeiten in Abhängigkeit vom Windwinkel und/oder Kurs aufweist.

[65] Ein „Motor“ ist insbesondere eine Maschine, welche eine mechanische Arbeit durch Umwandlung von einer Energieform, wie beispielsweise eine thermische, chemische oder elektrische Energie, in Bewegungsenergie verrichtet. Bei einem Motor handelt es sich insbesondere um einen Elektro-, Pneumatik- und/oder Hydraulik- oder Verbrennungsmotor.

[66] In einer weiteren Ausführungsform des automatischen Steuerungssystems für einen Windantrieb ist der Motor durch das automatische Steuerungssystem in Echtzeit ansteuerbar, sodass der bestimmte optimale Antriebsparameter und/oder die maximale Leistungseinsparung für einen Kurs des Schiffes mittels des Motors in Echtzeit einstellbar ist oder sind.

[67] Da mit der Bestimmung der Leistungseinsparung auch immer mindestens ein zugehöriger Antriebsparameter und/oder

Betriebsparameter bestimmt wird, kann dieser mittels des Motors direkt am Windantrieb eingestellt werden.

[68] In einem zusätzlichen Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe gelöst durch einen Windantrieb, wobei der
5 Windantrieb derart eingerichtet ist, um ein zuvor beschriebenes Verfahren zum Bestimmen eines optimalen Antriebsparameters und/oder einer Leistungseinsparung und/oder ein zuvor beschriebenes Verfahren zum Darstellen der zuvor bestimmten Leistungseinsparung auszuführen.

10 [69] Somit kann je nach Art des Windantriebs für jeden Windantrieb ein entsprechender optimaler Antriebsparameter und/oder eine Leistungseinsparung bestimmt, dargestellt und diese für einen optimalen Betrieb des Windantriebs genutzt werden.

15 [70] In einem zusätzlichen Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe gelöst durch ein Schiff, welches ein zuvor beschriebenes automatisches Steuerungssystem und/oder einen zuvor beschriebenen Windantrieb aufweist.

[71] Somit kann der Betrieb eines Schiffes mit Windantrieb
20 erfasst, bestimmt, dargestellt und unter optimaler Betriebseinstellung des Windantriebes ein optimaler, leistungseinsparender Kurs verwendet werden.

[72] Im Weiteren wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen

25 Figur 1 eine schematische Darstellung eines Berechnungs- und Visualisierungssystems,

Figur 2 eine schematische Darstellung von Berechnungsschritten, und

Figur 3 eine Polardarstellung einer eingesparten Wellenleistung eines Flettner-Rotors.

5 [73] Ein nicht gezeigtes Rotorschiff mit einem Flettner-Rotor 229 weist ein Berechnungs- und Visualisierungssystem 101 auf. Das Berechnungs- und Visualisierungssystem 101 umfasst Sensoren 103 und einen nicht gezeigten Industrie-PC mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung 119. Als
10 Sensoren 103 werden ein GPS-Empfänger 105 zum Erfassen eines Kurses über Grund (COG) und einer Geschwindigkeit über Grund (SOG) und ein Anemometer 107 zum Erfassen eines scheinbaren Windwinkels (AWA) und einer scheinbaren Windgeschwindigkeit (AWS) eingesetzt.

15 [74] Des Weiteren sind als optional verwendbare Sensoren 111 zusätzlich ein Kreiselkompass 113 zum Erfassen eines Steuerkurses (HDG) und eine Logge 115 zum Erfassen einer Geschwindigkeit durchs Wasser (STW) des Rotorschiffes sowie ein Drehwinkelgeber 117 zum Erfassen eines
20 Betriebszustandes des Rotors vorhanden.

[75] Kontinuierlich aufgenommene Daten des GPS-Empfängers 105 und des Anemometers 107 werden über eine nicht gezeigte echtzeitfähige Schnittstelle als NMEA-0183-Datensätze 109 an die speicherprogrammierbare Steuerung 119 übertragen. In
25 der speicherprogrammierbaren Steuerung 119 erfolgt im Schritt 121 ein Verarbeiten der NMEA-0183-Datensätze 109, wobei diese derart ausgewertet werden, dass die für die Berechnung benötigten Sensorwerte aus NMEA-0183-Datensätzen

109 extrahiert werden. An die speicherprogrammierbare Steuerung 119 ist ein mit Ein- und Ausgängen verknüpftes C++-Modul 123 angebunden, welches einer Bestimmung einer optimalen Drehzahl und Drehrichtung 127 als
5 Betriebsparameter des Flettner-Rotors 229, einem Erzeugen von Koordinatenpunkten für eine Visualisierung 125 sowie einem Bestimmen eines derzeitigen Energieeinsparpotentials dient.

[76] Mittels des C++-Moduls 123 werden folgende
10 Berechnungsschritte 201 innerhalb von einer Millisekunde durchgeführt:

[77] Zum Erfassen der derzeitig herrschenden tatsächlichen Windbedingungen werden die erfassten Daten 203 zu AWA, AWS, COG und SOG (sowie optional zu HDG, STW) zum Berechnen 205
15 eines wahren Windwinkels (TWA) und einer wahren Windgeschwindigkeit (TWS) verwendet. Der bestimmte wahre Windwinkel beträgt 240 Grad und die bestimmte wahre Windgeschwindigkeit 13,75 m/s.

[78] Simultan werden die erfassten Daten 211 zu AWA und AWS
20 einer Windglättung 213 mittels eines nicht gezeigten Filters unterzogen, um von einer Böigkeit des Windes beeinflusste Daten herauszufiltern und somit starke Schwankungen der ermittelten Parameter in einem kurzen Zeitabschnitt zu vermeiden. Nach der Windglättung 213
25 werden die Daten 211 zu AWA, AWS und SOG zum Berechnen 215 von Leistungsparametern des Flettner-Rotors 229 verwendet. Hierbei werden die folgenden Leistungsparameter des Flettner-Rotors 229 ermittelt:

- Widerstands- und Auftriebskoeffizienten (c_1, c_d)
- Erzeugte Kräfte in Kielrichtung und orthogonal zur Kielrichtung (F_x, F_y)
- Eine diesen Kräften entsprechende effektive
5 Vorschubleistung (P_{thrust})
- Eine über einen Propellerwirkungsgrad dieser Vorschubleistung entsprechende Wellenleistung des Rotorschiffes (P_{shaft})
- Eine von einem den Flettner-Rotor 229 antreibenden
10 Elektromotor aufgenommene Leistung ($P_{motorUsed}$)
- Eine nach Abzug der für den Motor aufgewendeten Energie gesparte Wellenleistung ($P_{shaftSaved}$).

[79] Diese Leistungsparameter sind abhängig von einer Schnelllaufzahl λ , welche ein Verhältnis von einer
15 Umfangsgeschwindigkeit des Flettner-Rotors 229 zur Anströmgeschwindigkeit ist. Mittels eines Algorithmus wird ein Optimum für die Schnelllaufzahl λ berechnet, welches bei einer Schnelllaufzahl von 3,4 liegt und bei welchem die gesparte Wellenleistung ($P_{shaftSaved}$) maximal wird. Aus der
20 optimierten Schnelllaufzahl λ wird unter Verwenden der scheinbaren Windgeschwindigkeit (AWS) im Schritt 215 die optimale Drehrichtung des Flettner-Rotors 229 und die optimale Umfangsgeschwindigkeit des Flettner-Rotors 229 bestimmt, wobei sich aus der optimalen
25 Umfangsgeschwindigkeit direkt die optimale Drehzahl des Flettner-Rotors 229 ergibt. Diese optimalen

Betriebsparameter werden als Ausgänge des C++-Moduls 123 zurück an die speicherprogrammierbare Steuerung 119 übertragen.

[80] Die im Schritt 205 berechnete wahre Windgeschwindigkeit (TWS) wird in der Visualisierung 125 zur Darstellung eines Einsparpotentials, angegeben als eine gesparte Wellenleistung, verwendet. Dazu erfolgt im Schritt 207 zunächst ein Variieren des wahren Windwinkels (TWA) in einem Bereich von 0 bis 359 Grad, welches einer möglichen Veränderung bei einem Anpassen des Kurses des Rotorschiffes entspricht. Dabei werden wahre Windwinkel mit einem Delta von 1 Grad festgelegt. Darauf erfolgt weiterhin im Schritt 207 ein Bestimmen des scheinbaren Windwinkels (AWA) und der scheinbaren Windgeschwindigkeit (AWS) für jeden festgelegten wahren Windwinkel in dem Winkelbereich von 0 bis 359 Grad unter Verwenden der bestimmten derzeitigen wahren Windgeschwindigkeit (TWS). Anschließend wird ein Berechnen 209 der gesparten Wellenleistung für jeden festgelegten wahren Windwinkel im Winkelbereich von 0 bis 359 Grad entsprechend der oben beschriebenen Optimierung durchgeführt. Als Ergebnis wird die jeweils bestimmte eingesparte Wellenleistung für jeden festgelegten wahren Windwinkel vom C++-Modul 123 ebenfalls als Ausgang zurück an die speicherprogrammierbare Steuerung 119 übertragen.

[81] In der Visualisierung 125 wird die jeweils gesparte Wellenleistung in Abhängigkeit von jedem festgelegten wahren Windwinkel (TWA) in einem Polarkoordinatensystem innerhalb von 200 Millisekunden dargestellt. Das

Polarkoordinatensystem ist innerhalb eines quadratischen Visualisierungselementes festgelegt mit:

- Pol zentriert in der Mitte des quadratischen Visualisierungselementes,
- 5 - Polachse vertikal nach oben gerichtet, und
- Polwinkel gemessen im mathematisch negativen Drehsinn.

[82] Im Hintergrund ist eine stilisierte Darstellung des Rotorschiffsrumpfes 233 mit seinem Bug in 0-Grad-Richtung und eine variable Skalierung aus mehreren konzentrischen, äquidistant angeordneten Ringen dargestellt. Die Skalierung wird dynamisch anhand der berechneten maximalen eingesparten Wellenleistungen festgelegt. Für jede Skalierung besteht eine festgelegte Entsprechung von einer Längeneinheit einer Radialkoordinate des Polarkoordinatensystems zu einer gesparten Wellenleistung in kW. Ein Anzeigen der gesparten Wellenleistung erfolgt als Segelpolare 231, welche aus den 360 errechneten Werten der eingesparten Wellenleistung für die jeweils festgelegten wahren Windwinkel (TWA) 235 erzeugt wird. Hierzu werden zur Darstellung in einer Benutzeroberfläche die errechneten Polarkoordinaten (Polarwinkel gegeben durch wahre Windwinkel, Radialkoordinate entsprechend der bei dem jeweiligen wahren Windwinkel möglichen gesparten Wellenleistung) in ein kartesisches Koordinatensystem (mit positiver x-Achse in Richtung von 90 Grad, positiver y-Achse in Richtung von 180 Grad) transformiert. Diese Berechnung von Koordinatenpunkten erfolgt direkt in der

speicherprogrammierbaren Steuerung 119, welche die Segelpolare 231 als Polygon durch die errechneten Punkte visualisiert.

5 [83] Zusätzlich wird in der Visualisierung 125 ein aktueller TWA-Anzeiger 239 dargestellt, wobei aus einem Schnittpunkt des aktuellen TWA-Anzeigers 239 mit der Segelpolare 231 direkt die aktuelle gesparte Wellenleistung abzulesen ist, welche 135 kW bei dem aktuellen TWA von 240 Grad beträgt.

10 [84] Aufgrund einer Winddrehung wird mit dem Berechnungs- und Visualisierungssystem 101 in Echtzeit ein neuer aktueller TWA von 270 Grad und eine maximal gesparte Wellenleistung von 160 kW bestimmt. Die zu dieser maximalen eingesparten Wellenleistung berechnete optimale Drehzahl
15 und Drehrichtung 127 werden von der speicherprogrammierbaren Steuerung 119 an einen nicht gezeigten Elektromotor zum Einstellen des neuen Betriebszustandes des Flettner-Rotors 123 in Echtzeit übertragen. Somit erfolgt durch die automatische Steuerung
20 eine sehr schnelle Anpassung an die geänderte Windbedingung unter Einstellen der optimalen Betriebsparameter des Flettner-Rotors 229 und maximaler Energieeinsparung. Zudem ist aus der Segelpolare 231 direkt ablesbar, dass durch eine Kursänderung um 10 Grad und somit einem neuen TWA von
25 260 Grad ein weiteres erhöhtes Einsparpotential nutzbar ist.

	Bezugszeichenliste
	101 Berechnungs- und Visualisierungssystem
	103 Sensoren
	105 GPS-Empfänger zum Erfassen von COG und SOG
5	107 Anemometer zum Erfassen von AWA und AWS
	109 NMEA-0183-Datensätze
	111 Optional verwendbare Sensoren
	113 Kreiselkompass zum Erfassen von HDG
	115 Logge zum Erfassen von STW
10	117 Drehwinkelgeber
	119 Speicherprogrammierbare Steuerung
	121 Verarbeiten der NMEA-0183-Datensätze
	123 C++-Modul
	125 Visualisierung
15	127 Optimale Drehzahl und Drehrichtung
	201 Berechnungsschritte
	203 erfasste Daten zu AWA, AWS, COG, SOG, (HDG, STW)
	205 Berechnen von TWA und TWS
	207 Variieren von TWA 0 - TWA 359 Grad, Verwenden von TWS
20	zum Berechnen von AWA und AWS
	209 Berechnen der gesparten Wellenleistung bei TWA 0 - TWA 359 Grad
	211 erfasste Daten zu AWA, AWS, SOG
	213 Windglättung
25	215 Berechnen des Leistungsparameters des Flettner-Rotors bei optimaler Drehzahl und -richtung
	229 Flettner-Rotor
	231 Segelpolare
	233 Rotorschiffsrumpf
30	235 TWA
	237 eingesparte Wellenleistung in kW
	239 aktueller TWA-Anzeiger

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Bestimmen eines optimalen Antriebsparameters und/oder einer Leistungseinsparung eines Windantriebes eines Schiffes mittels einer Datenverarbeitungsvorrichtung (119, 123) mit einer echtzeitfähigen Schnittstelle zu mindestens einem zugeordneten Messgerät (103, 105, 107, 111, 113, 115) des Schiffes, wobei mittels des Messgerätes oder der Messgeräte ein Windparameter oder mehrere Windparameter und/oder ein Schiffsparemeter oder mehrere Schiffsparemeter erfasst wird oder werden, mit folgenden Schritten:
 - Übertragen von Daten des zugeordneten Messgerätes oder der zugeordneten Messgeräte über die echtzeitfähige Schnittstelle zu der Datenverarbeitungsvorrichtung,
 - Bestimmen des optimalen Antriebsparameters und/oder der Leistungseinsparung des Windantriebes mittels der Datenverarbeitungsvorrichtung aus den übertragenen Daten
 - o Bestimmen eines derzeitigen wahren Windwinkels und einer derzeitigen wahren Windgeschwindigkeit,
 - o Bestimmen eines optimalen Antriebsparameters, wobei der Antriebsparameter ein Betriebsparameter und/oder ein Leistungsparameter des Windantriebes ist, für eine maximale Leistungseinsparung unter Verwenden eines scheinbaren Windwinkels, einer scheinbaren Windgeschwindigkeit und/oder des Schiffspareimeters oder mehrere Schiffspareimeter,
 - o Festlegen von wahren Windwinkeln in einem Winkelbereich von 0 bis 360 Grad,

- o Bestimmen des scheinbaren Windwinkels und/oder der scheinbaren Windgeschwindigkeit für jeden festgelegten wahren Windwinkel in dem Winkelbereich von 0 bis 360 Grad unter Verwenden der bestimmten derzeitigen wahren Windgeschwindigkeit, und
 - o Bestimmen des optimalen Antriebsparameters und/oder der maximalen Leistungseinsparung für jeden festgelegten wahren Windwinkel wie zuvor beschrieben in dem Winkelbereich von 0 bis 360 Grad,
- sodass der optimale Antriebsparameter und/oder die maximalen Leistungseinsparung für jeden festgelegten wahren Windwinkel vorliegt oder vorliegen, anhand dessen oder deren ein optimaler Kurs des Schiffes in Echtzeit einstellbar ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Messgerät ein Windmesser (107) zum Erfassen des scheinbaren Windwinkels und/oder der scheinbaren Windgeschwindigkeit als Windparameter und/oder ein GPS-Empfänger (105) zum Erfassen eines Kurses über Grund und/oder einer Geschwindigkeit über Grund als Schiffsparameter verwendet wird oder werden.
 3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren eine Zykluszeit von kleiner gleich 5 Sekunden, insbesondere kleiner gleich 2 Sekunden, bevorzugt kleiner gleich 1 Millisekunde aufweist, sodass das Bestimmen des optimalen Antriebsparameters und/oder der Leistungseinsparung in Abhängigkeit von sich ändernden Wind- und/oder Schiffsparametern in Echtzeit durchgeführt wird.
 4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ergänzend als Messgerät ein Kreiselkompass (113) zum Erfassen eines Steuerkurses

- verwendet wird, sodass zusätzlich ein Einfluss einer Wasserströmung im Verfahren berücksichtigt wird.
5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** alternativ oder ergänzend als Messgerät ein Log und/oder eine Logge (115) verwendet wird, sodass eine Fahrt durchs Wasser des Schiffes erfasst wird.
 6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich ein Messgerät (117) zum Erfassen eines aktuellen Betriebszustandes des Windantriebes verwendet wird.
 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** Daten des scheinbaren Windwinkels und/oder der scheinbaren Windgeschwindigkeit durch einen Filter geglättet werden, bevor der wahre Windwinkel und/oder die wahre Windgeschwindigkeit berechnet wird oder werden, um einen Einfluss durch eine Böigkeit des Windes zu minimieren.
 8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als optimaler Antriebsparameter eine Drehzahl, eine Drehrichtung, eine Umfangsgeschwindigkeit und/oder ein Anstellwinkel zum Wind des Windantriebes verwendet wird oder werden.
 9. Verfahren zum Darstellen der zuvor bestimmten Leistungseinsparung eines Windantriebes für eine Kursänderung mittels eines Datenverarbeitungssystems, insbesondere mittels einer Speicherprogrammierbaren Steuerung, durch Erzeugen eines Polarkoordinatensystems zum Anzeigen einer jeweiligen maximalen Leistungseinsparung in Abhängigkeit von einem jeweiligen wahren Windwinkel in einem Winkelbereich von 0 bis 360

- Grad, sodass ein optimaler Kurs des Schiffes in Echtzeit direkt vorhersagbar und/oder ablesbar ist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der derzeitige wahre Windwinkel mittels eines Anzeigers (239) beim Darstellen angezeigt wird, sodass aus einem Schnittpunkt des Anzeigers mit einer Polaren der Leistungseinsparung direkt die derzeitige maximale Leistungseinsparung ablesbar ist.
 11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** alternativ oder ergänzend das Erzeugen des Polarkoordinatensystems unter Verwenden des scheinbaren Windwinkels und/oder der scheinbaren Windgeschwindigkeit erfolgt.
 12. Automatisches Steuerungssystem für einen Windantrieb, wobei dem automatischen Steuerungssystem ein Motor zum Einstellen und/oder Antreiben eines Windantriebes zugeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das automatische Steuerungssystem derart eingerichtet ist, um ein Verfahren zum Bestimmen eines optimalen Antriebsparameters und/oder einer Leistungseinsparung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 und/oder ein Verfahren zum Darstellen der zuvor bestimmten Leistungseinsparung nach einem der Ansprüche 9 bis 11 auszuführen.
 13. Automatisches Steuerungssystem für einen Windantrieb nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Motor durch das automatische Steuerungssystem in Echtzeit ansteuerbar ist, sodass der bestimmte optimale Antriebsparameter und/oder die maximale Leistungseinsparung für einen Kurs des Schiffes mittels des Motors in Echtzeit einstellbar ist oder sind.
 14. Windantrieb, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Windantrieb derart eingerichtet ist, um ein Verfahren zum Bestimmen

eines optimalen Antriebsparameters und/oder einer Leistungseinsparung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 und/oder ein Verfahren zum Darstellen der zuvor bestimmten Leistungseinsparung nach einem der Ansprüche 9 bis 11 auszuführen.

15. Schiff, **gekennzeichnet durch** ein automatisches Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 12 oder 13 und/oder einen Windantrieb nach Anspruch 14.

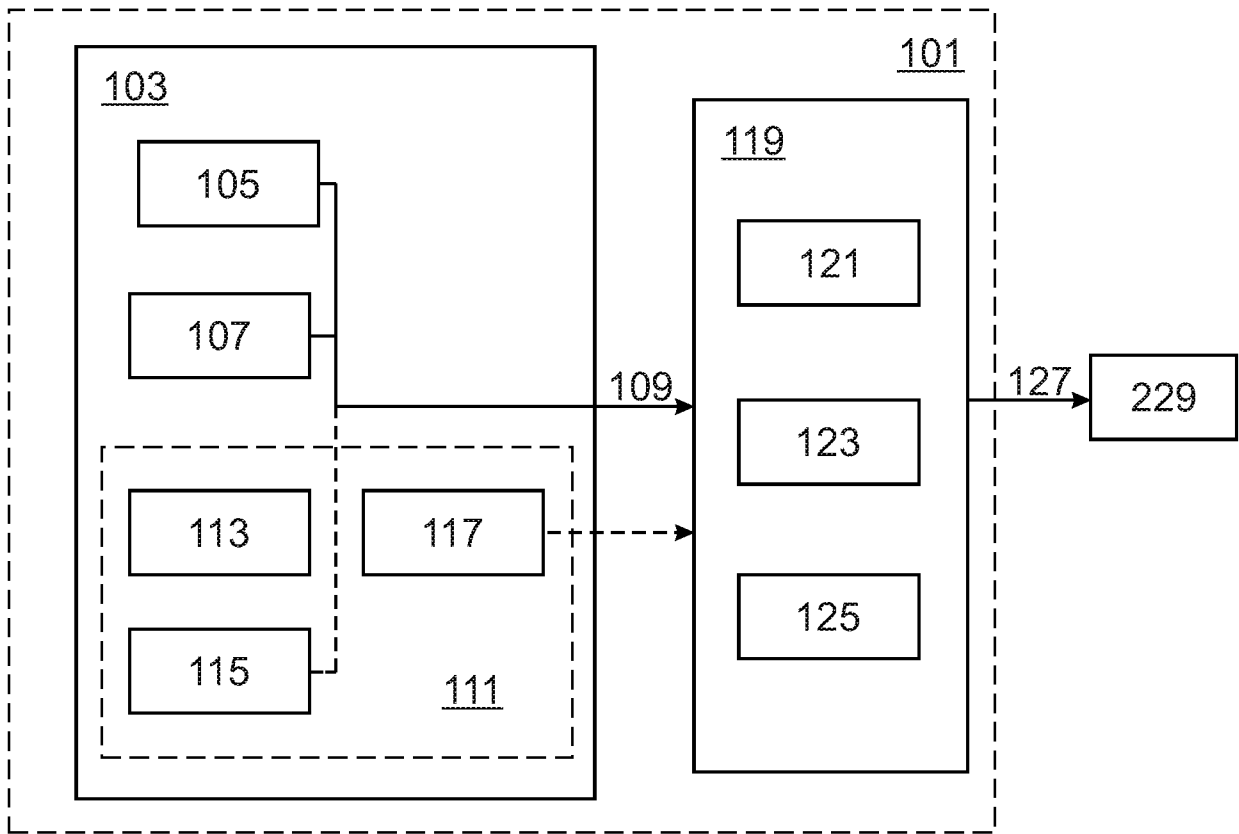


Fig. 1

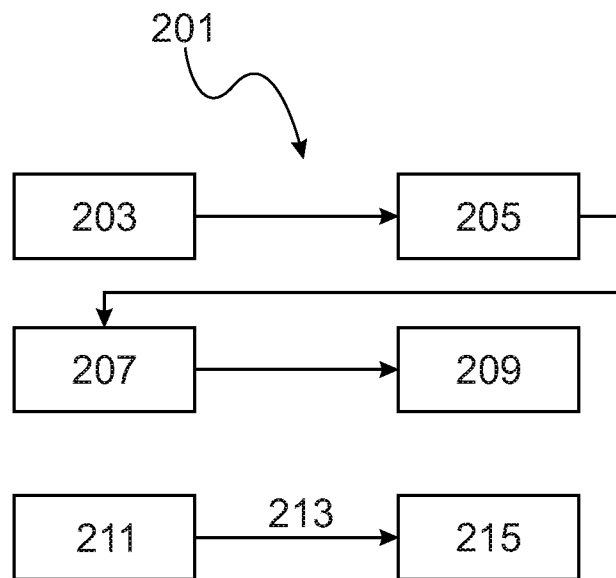


Fig. 2

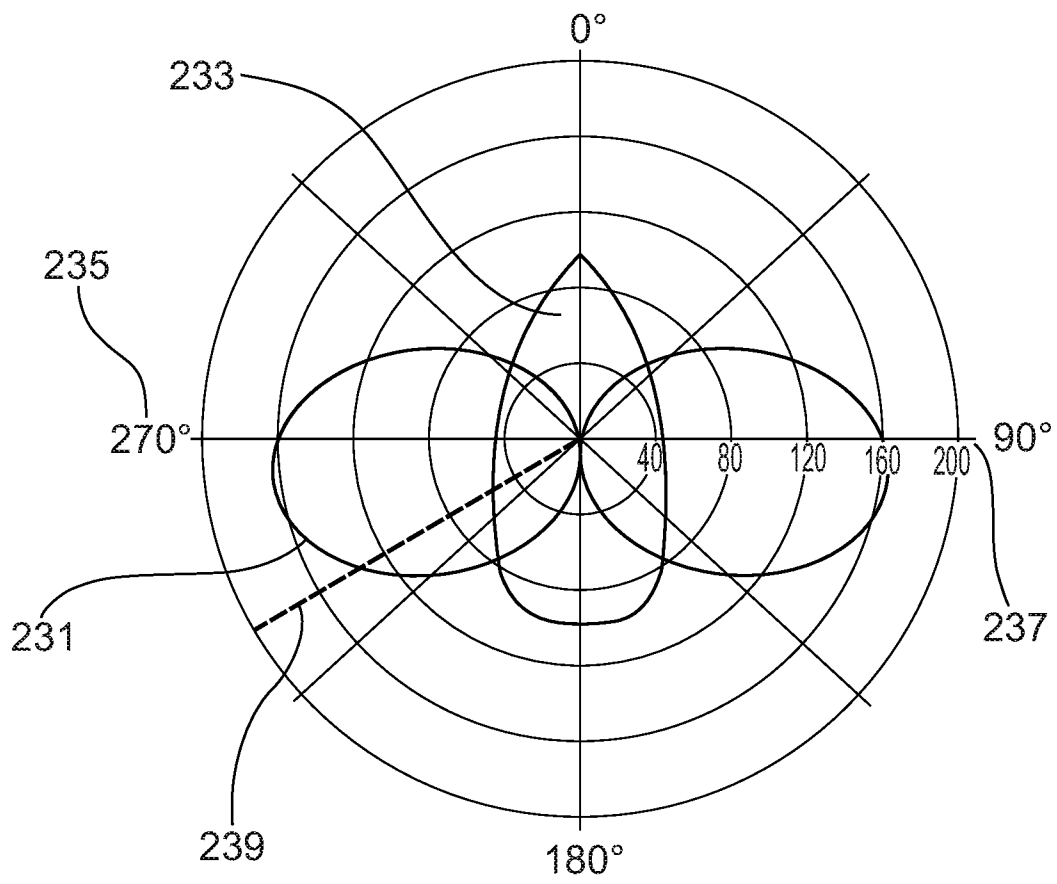


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2018/200038

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B63H9/00 B63H9/02
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2012/178006 A2 (HOLOHAN ERIC [US]; SHERGALIS EDWARD [US]; RHODES JAMES [US]; LINZEE JE) 27 December 2012 (2012-12-27) page 22, line 4 - page 24, line 31; claims; figures	1-15
X	WO 2006/133950 A2 (WOBLEN ALOYS [DE]; ROHDEN ROLF [DE]) 21 December 2006 (2006-12-21) page 11, line 29 - page 12, line 22; figure 6	1-8, 12-15
X	FI 126 441 B (NORSEPOWER OY [FI]) 15 December 2016 (2016-12-15) page 12, line 5 - page 13, line 22; figures	1-15
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 9 July 2018	Date of mailing of the international search report 16/07/2018
---	---

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2018/200038

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 2 514 855 A (NORSEPOWER OY [FI]) 10 December 2014 (2014-12-10) paragraphs [0048] - [0068]; claims; figures	1-15
A	----- DE 10 2006 025732 A1 (WOB BEN ALOYS [DE]) 6 December 2007 (2007-12-06) paragraphs [0032], [0033]; figure 1	7
A	----- TRAUT MICHAEL ET AL: "Propulsive power contribution of a kite and a Flettner rotor on selected shipping routes", APPLIED ENERGY, vol. 113, 16 August 2013 (2013-08-16), pages 362-372, XP028762930, ISSN: 0306-2619, DOI: 10.1016/J.APENERGY.2013.07.026 figures	1,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2018/200038

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
WO 2012178006	A2	27-12-2012	CN 103906680 A	02-07-2014
			EP 2723632 A2	30-04-2014
			JP 5805314 B2	04-11-2015
			JP 2014516874 A	17-07-2014
			KR 20140024469 A	28-02-2014
			US 2013042798 A1	21-02-2013
			WO 2012178006 A2	27-12-2012
WO 2006133950	A2	21-12-2006	AU 2006257068 A1	21-12-2006
			AU 2011202050 A1	26-05-2011
			BR PI0612068 A2	04-01-2011
			CA 2610109 A1	21-12-2006
			CA 2754762 A1	21-12-2006
			CN 101198516 A	11-06-2008
			CN 101934854 A	05-01-2011
			CN 101973383 A	16-02-2011
			CY 1113027 T1	13-04-2016
			DE 102005028447 A1	28-12-2006
			DK 1893477 T3	20-08-2012
			DK 2284074 T3	29-01-2018
			DK 2450272 T3	12-03-2018
			EP 1893477 A2	05-03-2008
			EP 2284074 A2	16-02-2011
			EP 2450272 A2	09-05-2012
			ES 2387817 T3	02-10-2012
			ES 2659326 T3	14-03-2018
			ES 2663867 T3	17-04-2018
			JP 5047955 B2	10-10-2012
			JP 5306383 B2	02-10-2013
			JP 2008543641 A	04-12-2008
			JP 2011121586 A	23-06-2011
			KR 20080017449 A	26-02-2008
			KR 20100124856 A	29-11-2010
			KR 20120012499 A	09-02-2012
			KR 20130030829 A	27-03-2013
			KR 20130089675 A	12-08-2013
			PT 1893477 E	14-08-2012
			US 2009311924 A1	17-12-2009
US 2012142235 A1	07-06-2012			
US 2014137781 A1	22-05-2014			
WO 2006133950 A2	21-12-2006			
ZA 200710296 B	30-07-2008			
FI 126441	B	15-12-2016	EP 3202657 A1	09-08-2017
			FI 126441 B	15-12-2016
GB 2514855	A	10-12-2014	EP 3016853 A1	11-05-2016
			GB 2514855 A	10-12-2014
			KR 20160026893 A	09-03-2016
			US 2016147228 A1	26-05-2016
			WO 2015001172 A1	08-01-2015
DE 102006025732	A1	06-12-2007	AU 2007267343 A1	06-12-2007
			BR PI0712090 A2	31-01-2012
			CA 2652284 A1	06-12-2007
			CN 101454197 A	10-06-2009
			CY 1114233 T1	31-08-2016
			DE 102006025732 A1	06-12-2007

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2018/200038

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		DK 2029426 T3	21-05-2013
		EP 2029426 A2	04-03-2009
		ES 2415834 T3	29-07-2013
		HK 1128910 A1	14-03-2014
		JP 5128586 B2	23-01-2013
		JP 2009538770 A	12-11-2009
		KR 20090016607 A	16-02-2009
		NZ 572837 A	30-03-2012
		PT 2029426 E	03-06-2013
		US 2009241820 A1	01-10-2009
		WO 2007137844 A2	06-12-2007
		ZA 200809693 B	25-11-2009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B63H9/00 B63H9/02
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B63H

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2012/178006 A2 (HOLOHAN ERIC [US]; SHERGALIS EDWARD [US]; RHODES JAMES [US]; LINZEE JE) 27. Dezember 2012 (2012-12-27) Seite 22, Zeile 4 - Seite 24, Zeile 31; Ansprüche; Abbildungen -----	1-15
X	WO 2006/133950 A2 (WOBLEN ALOYS [DE]; ROHDEN ROLF [DE]) 21. Dezember 2006 (2006-12-21) Seite 11, Zeile 29 - Seite 12, Zeile 22; Abbildung 6 -----	1-8, 12-15
X	FI 126 441 B (NORSEPOWER OY [FI]) 15. Dezember 2016 (2016-12-15) Seite 12, Zeile 5 - Seite 13, Zeile 22; Abbildungen -----	1-15
	-/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Juli 2018

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

16/07/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Knoflacher, Nikolaus

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 2 514 855 A (NORSEPOWER OY [FI]) 10. Dezember 2014 (2014-12-10) Absätze [0048] - [0068]; Ansprüche; Abbildungen -----	1-15
A	DE 10 2006 025732 A1 (WOBEN ALOYS [DE]) 6. Dezember 2007 (2007-12-06) Absätze [0032], [0033]; Abbildung 1 -----	7
A	TRAUT MICHAEL ET AL: "Propulsive power contribution of a kite and a Flettner rotor on selected shipping routes", APPLIED ENERGY, Bd. 113, 16. August 2013 (2013-08-16), Seiten 362-372, XP028762930, ISSN: 0306-2619, DOI: 10.1016/J.APENERGY.2013.07.026 Abbildungen -----	1,9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2018/200038

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2012178006 A2	27-12-2012	CN 103906680 A	02-07-2014
		EP 2723632 A2	30-04-2014
		JP 5805314 B2	04-11-2015
		JP 2014516874 A	17-07-2014
		KR 20140024469 A	28-02-2014
		US 2013042798 A1	21-02-2013
		WO 2012178006 A2	27-12-2012
WO 2006133950 A2	21-12-2006	AU 2006257068 A1	21-12-2006
		AU 2011202050 A1	26-05-2011
		BR PI0612068 A2	04-01-2011
		CA 2610109 A1	21-12-2006
		CA 2754762 A1	21-12-2006
		CN 101198516 A	11-06-2008
		CN 101934854 A	05-01-2011
		CN 101973383 A	16-02-2011
		CY 1113027 T1	13-04-2016
		DE 102005028447 A1	28-12-2006
		DK 1893477 T3	20-08-2012
		DK 2284074 T3	29-01-2018
		DK 2450272 T3	12-03-2018
		EP 1893477 A2	05-03-2008
		EP 2284074 A2	16-02-2011
		EP 2450272 A2	09-05-2012
		ES 2387817 T3	02-10-2012
		ES 2659326 T3	14-03-2018
		ES 2663867 T3	17-04-2018
		JP 5047955 B2	10-10-2012
		JP 5306383 B2	02-10-2013
		JP 2008543641 A	04-12-2008
		JP 2011121586 A	23-06-2011
		KR 20080017449 A	26-02-2008
		KR 20100124856 A	29-11-2010
		KR 20120012499 A	09-02-2012
		KR 20130030829 A	27-03-2013
		KR 20130089675 A	12-08-2013
		PT 1893477 E	14-08-2012
		US 2009311924 A1	17-12-2009
US 2012142235 A1	07-06-2012		
US 2014137781 A1	22-05-2014		
WO 2006133950 A2	21-12-2006		
ZA 200710296 B	30-07-2008		
FI 126441 B	15-12-2016	EP 3202657 A1	09-08-2017
		FI 126441 B	15-12-2016
GB 2514855 A	10-12-2014	EP 3016853 A1	11-05-2016
		GB 2514855 A	10-12-2014
		KR 20160026893 A	09-03-2016
		US 2016147228 A1	26-05-2016
		WO 2015001172 A1	08-01-2015
DE 102006025732 A1	06-12-2007	AU 2007267343 A1	06-12-2007
		BR PI0712090 A2	31-01-2012
		CA 2652284 A1	06-12-2007
		CN 101454197 A	10-06-2009
		CY 1114233 T1	31-08-2016
		DE 102006025732 A1	06-12-2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2018/200038

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		DK 2029426 T3	21-05-2013
		EP 2029426 A2	04-03-2009
		ES 2415834 T3	29-07-2013
		HK 1128910 A1	14-03-2014
		JP 5128586 B2	23-01-2013
		JP 2009538770 A	12-11-2009
		KR 20090016607 A	16-02-2009
		NZ 572837 A	30-03-2012
		PT 2029426 E	03-06-2013
		US 2009241820 A1	01-10-2009
		WO 2007137844 A2	06-12-2007
		ZA 200809693 B	25-11-2009
