



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 045 685 A1** 2008.04.03

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 045 685.8**

(22) Anmeldetag: **27.09.2006**

(43) Offenlegungstag: **03.04.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B63H 21/21** (2006.01)
B63H 5/125 (2006.01)

(71) Anmelder:

**MTU Friedrichshafen GmbH, 88045
Friedrichshafen, DE**

(72) Erfinder:

**Faller, Christian, 88085 Langenargen, DE; Haller,
Oliver, 88048 Friedrichshafen, DE; Kern, Adelbert,
88079 Kressbronn, DE; Möhrle, Alfred, 88521
Ertingen, DE; Müller, Markus, 88097 Eriskirch, DE;
Welte, Michael, 88074 Meckenbeuren, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 100 48 103 C2

DE 195 15 481 A1

US 49 39 660

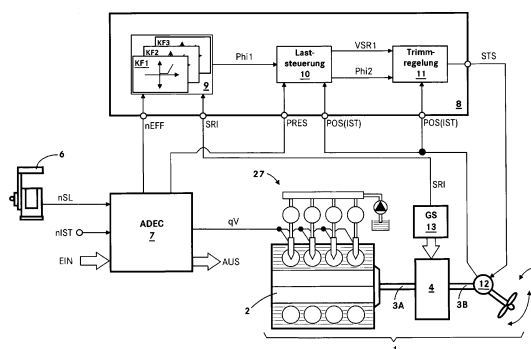
WO 2004/0 20 281 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Regelung einer Schiffsantriebsanlage mit einem Oberflächenpropeller**

(57) Zusammenfassung: Vorgeschlagen wird ein Verfahren zur Regelung einer Schiffsantriebsanlage (1) mit einem Oberflächenpropeller (5), bei dem ein Leistungswunsch als Soll-Drehzahl (n_{SL}) interpretiert wird, aus der Soll-Drehzahl (n_{SL}) sowie einer Ist-Drehzahl (n_{IST}) oder Brennkraftmaschine (2) eine Drehzahl-Regelabweichung berechnet wird und anhand der Drehzahl-Regelabweichung über einen Drehzahlregler (14) eine Einspritzmenge (q_V) zur Drehzahl-Regelung der Brennkraftmaschine (2) festgelegt wird. Bei diesem Verfahren wird die Trimmposition (POS) des Oberflächenpropellers (5) über einen Anlagenregler (8) in Abhängigkeit einer Leistungsreserve (PRES) der Brennkraftmaschine (2) sowie einer Ist-Trimmposition (POS(IST)) und einer effektiven Drehzahl (n_{EFF}) geregelt, welche aus der Drehzahl-Regelabweichung bestimmt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung einer Schiffsantriebsanlage mit einem Oberflächenpropeller.

[0002] Bei schnellen Schiffen werden häufig Oberflächenpropeller verwendet. Dieser kann sowohl in der Eintauchtiefe als auch nach Backbord oder Steuerbord zur Steuerung des Schiffs verändert werden. Im weiteren Text wird die Eintauchtiefe des Oberflächenpropellers als Trimmposition bezeichnet. Hierbei entspricht eine Trimmposition von +100% einer maximalen Austauschposition und eine Trimmposition von -100% einer maximalen Eintauchtiefe des Propellers. In der Praxis stellt ein Schiffsführer über ein Betätigungselement die subjektiv beste Trimmposition ein. Dies führt jedoch zu einer zusätzlichen Belastung des Schiffsführers neben seinen nautischen Aufgaben. Bei dynamischen Vorgängen fehlen ihm oft die Beurteilungskriterien für die beste Trimmposition.

[0003] Eine Maßnahme zur Verbesserung dieser Situation ist aus der WO 2004/020281 A1 bekannt, welche ein Verfahren zum automatischen Einstellen eines Oberflächenpropellers in Abhängigkeit des aktuellen Betriebszustands des Schiffs vorschlägt. Der aktuelle Betriebszustand wiederum wird aus der Schiffsgeschwindigkeit, einem Lenkwinkel, der Stellung eines Gashebels und Kenngrößen der Brennkraftmaschine abgeleitet. Eine konkrete Ausführungsform ist jedoch dieser Fundstelle nicht zu entnehmen.

[0004] Aus der DE 195 15 481 A1 ist ein Verfahren und eine Einrichtung zur Lastregelung einer Schiffsantriebsanlage mit einem Verstellpropeller bekannt, welche einen Drehzahl-Regelkreis zur Drehzahlreglung der Brennkraftmaschine und einen Anlageregler zur Steuerung des Verstellpropellers umfasst. Aus dem Leistungswunsch des Schiffsführers, also der Fahrhebelstellung, wird über ein erstes Kennfeld eine Soll-Drehzahl als Führungsgröße für den Drehzahl-Regelkreis berechnet. Ebenfalls aus dem Leistungswunsch wird über ein zweites Kennfeld eine Soll-Flügelsteigung als Vorgabegröße für den Anlageregler abgeleitet. Die Soll-Flügelsteigung wird dann über den Anlageregler in eine Steuergröße für den Verstellpropeller umgesetzt. Hierbei werden eine Leistungsreserve der Brennkraftmaschine, eine Drehzahl-Regelabweichung sowie ein Drehzahl-Gradient im Sinne einer Vergrößerung oder Verringerung der Flügelsteigung mit berücksichtigt.

[0005] Bei diesem Verfahren bewirkt eine große Leistungswunsch-Änderung eine unmittelbare, gleichsinnige Änderung der Soll-Drehzahl und der Soll-Flügelsteigung. Systembedingt besitzt der Drehzahl-Regelkreis eine große Sprungantwortszeit. Eine Veränderung der Stellgröße, beispielsweise der Ein-

spritzmenge, bewirkt daher erst zeitverzögert eine Veränderung der Ist-Drehzahl und der daraus abgeleiteten Größen. Die Soll-Flügelsteigung hingegen wird durch die Steuerung rasch in eine Steuergröße für den Verstellpropeller umgesetzt. Da der Verstellpropeller mit der Verstellhydraulik eine große Zeitkonstante aufweist, wird dieses Verhalten gemildert.

[0006] Das aus der DE 195 15 481 A1 bekannt Verfahren kann auf eine Schiffsantriebsanlage mit einem Oberflächenpropeller nicht spiegelbildlich umgesetzt werden. Der Grund ist die wesentlich kürzere Reaktionszeit des Oberflächenpropellers gegenüber einem Verstellpropeller. Eine spiegelbildliche Umsetzung würde beispielsweise bei einer großen Leistungswunsch-Änderung eine hohe Belastung der Brennkraftmaschine verursachen und als Konsequenz eine verzögerte Schiffsbeschleunigung bewirken.

[0007] Die der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe wird insofern darin gesehen, das aus dem Stand der Technik bekannte Verfahren auf eine Schiffsantriebsanlage mit einem Oberflächenpropeller anzupassen.

[0008] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des ersten Anspruchs gelöst. Die Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen dargestellt.

[0009] Das Verfahren besteht darin, dass der Leistungswunsch als Soll-Drehzahl interpretiert wird und aus der Soll-Drehzahl sowie der Ist-Drehzahl der Brennkraftmaschine eine Drehzahl-Regelabweichung berechnet wird. Aus der Drehzahl-Regelabweichung wiederum wird über einen Drehzahlregler eine Einspitzenmenge zur Drehzahl-Regelung der Brennkraftmaschine festgelegt und eine effektive Drehzahl berechnet. Die effektive Drehzahl ist die Führungsgröße des Anlagenreglers, welcher die Trimmposition des Oberflächenpropellers regelt. Bei der Regelung der Trimmposition wird die Leistungsreserve der Brennkraftmaschine mit berücksichtigt.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren unterscheidet sich vom zuvor beschriebenen Stand der Technik also darin, dass die Führungsgröße für den Anlagenregler nicht unmittelbar aus dem Leistungswunsch abgeleitet wird, sondern aus der effektiven Drehzahl. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass die Trimmposition des Oberflächenpropellers geregelt wird.

[0011] Die effektive Drehzahl wird über ein Kennfeld berechnet in dem vorzugsweise eine Treppenfunktion abgebildet ist. Zeitlich kurze Änderungen der Ist-Drehzahl, beispielsweise auf Grund des Wellengangs, bewirken keine Änderung der effektiven Drehzahl. Die effektive Drehzahl ist somit eine robuste Führungsgröße. Korrigiert wird die effektive Drehzahl

durch motorinterne Kenngrößen, beispielsweise dem Ladedruck eines Abgasturboladers.

[0012] Aus der effektiven Drehzahl wird über eine Trimmvorgabe mit mehreren Auswahl-Kennfeldern ein erster Verstellwinkel bestimmt. Die Auswahl eines Kennfelds erfolgt in Abhängigkeit der Anzahl der gekuppelten Antriebswellen und der Schubrichtung des Getriebes, beispielsweise Kurven- oder Rückwärtsfahrt. Die Kennfelder bewirken eine verbesserte Anpassung der Antriebsanlage an die äußeren Gegebenheiten. Beispielsweise wird bei einer Rückwärtsfahrt die Trimmposition in Richtung –100% verändert, so dass das vom Oberflächenpropeller bewegte Wasser unter dem Heck des Schiffs hindurchströmt. Hierdurch verringert sich der Strömungswiderstand erheblich.

[0013] Der erste Verstellwinkel wiederum wird zusammen mit der Leistungsreserve in einer Laststeuerung verarbeitet, welche die Führungsgröße, hier: zweiter Verstellwinkel, für den Trimmregler und eine erste Verstellrate generiert. Der Trimmregler definiert dann die Trimmposition anhand des zweiten Verstellwinkels, der Ist-Trimmposition und der ersten Verstellrate.

[0014] Ganz allgemein bestehen die Vorteile der Erfindung darin, dass die Brennkraftmaschine bei signifikanten Leistungswunsch-Änderungen im geprüften Lastbereich verbleibt und die selbsttätige Regelung der Trimmposition einen entsprechenden Komfort für den Schiffsführer darstellt. Zudem sind in der Praxis die Kennfelder so ausgelegt, dass in jedem Betriebspunkt ein wirtschaftlicher und effektiver Betriebszustand automatisch eingestellt wird.

[0015] In den Zeichnungen ist ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel dargestellt.

[0016] Es zeigen:

[0017] [Fig. 1](#) ein Systemschaubild;

[0018] [Fig. 2](#) ein Blockschaltbild des Motorsteuergeräts;

[0019] [Fig. 3](#) ein Blockschaltbild der Laststeuerung;

[0020] [Fig. 4](#) ein Blockschaltbild der Trimmregelung und

[0021] [Fig. 4](#) einen Programmablaufplan.

[0022] Die [Fig. 1](#) zeigt ein Systemschaubild einer Schiffsantriebsanlage mit einem Oberflächenpropeller. Die wesentlichen Baugruppen sind: die mechanischen Komponenten der Schiffsantriebsanlage **1** mit einer Brennkraftmaschine **2** nebst Getriebe **4** und Oberflächenpropeller **5**, ein elektronisches Motor-

steuergerät (ADEC) **7**, ein elektronisches Getriebe-steuergerät (GS) **13** und ein Anlagenregler **8**. Die Brennkraftmaschine **2** treibt über eine Welle **3A** das Getriebe **4** an. Das Getriebe **4** beinhaltet üblicherweise eine Eingangssowie eine Ausgangswelle und eine Einrichtung zur Drehrichtungsumkehr für die Vorwärts- oder Rückwärtsfahrt. Die Aktivierung und der Schaltzustand des Getriebes **4** werden durch das elektronische Getriebesteuergerät **13** vorgegeben. Über eine Welle **3B** treibt das Getriebe **4** den Oberflächenpropeller **5** an, dessen Trimmposition über ein Stellglied **12** verändert werden kann.

[0023] Die Betriebsweise der Brennkraftmaschine **2** wird durch das elektronische Motorsteuergerät (ADEC) **7** bestimmt. Dieses beinhaltet die üblichen Bestandteile eines Mikrocomputersystems, beispielsweise einen Mikroprozessor, I/O-Bausteine, Puffer und Speicherbausteine (EEPROM, RAM). In den Speicherbausteinen sind die für den Betrieb der Brennkraftmaschine **2** relevanten Betriebsdaten in Kennfeldern/Kennlinien appliziert. Über diese berechnet das elektronische Motorsteuergerät **7** aus den Eingangsgrößen die Ausgangsgrößen. In [Fig. 1](#) sind exemplarisch folgende Eingangsgrößen dargestellt: eine Soll-Drehzahl n_{SL} , welche durch einen Fahrhebel **6** vorgebar ist, eine Ist-Drehzahl n_{IST} , welche beispielsweise an der Welle **3A** sensiert und mittels eines Software-Filters gefiltert wird, und ein Signal EIN. Das Signal EIN steht stellvertretend für die weiteren Eingangssignale, beispielsweise einem Raildruck des Common-Railsystems **27** mit Einzelspeichern, einem Ladeluftdruck der Abgasturbolader und den Temperaturen der Kühl-/Schmiermittel oder des Kraftstoffs.

[0024] In [Fig. 1](#) sind als Ausgangsgrößen des elektronischen Motorsteuergeräts **7** eine Soll-Einspritzmenge q_V , eine effektive Drehzahl n_{EFF} , ein Signal Leistungsreserve PRES und ein Signal AUS dargestellt. Das Signal AUS steht stellvertretend für die weiteren Stellsignale zur Steuerung und Regelung der Brennkraftmaschine **2**, beispielsweise ein Ansteuersignal für die Saugdrossel des Common-Railsystems **27** und ein Stellsignal zur Aktivierung eines zweiten Abgasturboladers bei einer Registeraufladung.

[0025] Die Eingangssignale des Anlagenreglers **8** sind: die effektive Drehzahl n_{EFF} , die Leistungsreserve PRES, eine Schubrichtung SRI und die Ist-Trimmposition POS(IST) des Oberflächenpropellers **5**. Das Ausgangssignal des Anlagenreglers **8** ist ein Stellsignal STS zur Ansteuerung des Stellglieds **12**, über welches dann die Trimmposition POS eingestellt wird. Der Anlagenregler **8** gibt das Stellsignal STS zur Umsetzung in die Trimmposition POS für den Oberflächenpropeller entweder als absoluter Winkelwert in Grad, oder als Prozent der Eintauchtiefe, beispielsweise +20%, oder als Verstellrate in Grad/Se-

kunde bzw. Prozent/Sekunde vor. Innerhalb des Anlagenreglers **8** sind eine Trimmvorgabe **9** mit mehreren Auswahl-Kennfeldern KF1 bis KF3, eine Laststeuerung **10** zur Begrenzung der Trimmposition und eine Trimmregelung **11** zur Regelung der Trimmposition POS angeordnet. Die Laststeuerung **10** ist in [Fig. 3](#) dargestellt und wird in Verbindung mit dieser erläutert. Die Trimmregelung **11** ist in [Fig. 4](#) dargestellt und wird in Verbindung mit dieser beschrieben.

[0026] Die Anordnung besitzt folgende Funktionalität:

Der Schiffsführer definiert seinen Leistungswunsch über die Stellung des Fahrhebels **6**. Die Stellung des Fahrhebels **6** wird als Soll-Drehzahl n_{SL} interpretiert. Die weitere Erklärung erfolgt in Verbindung mit der [Fig. 2](#), welche ein Blockschaltbild des elektronischen Motorsteuergeräts **7** zeigt. Aus der Soll-Drehzahl n_{SL} und der Ist-Drehzahl n_{IST} berechnet das elektronische Motorsteuergerät **7** eine Drehzahl-Regelabweichung dn . Ein Drehzahlregler **14**, üblicherweise ein PIDT1-Regler, setzt die Drehzahl-Regelabweichung dn in ein Stellsignal, hier: eine Soll-Einspritzmenge q_V , um. Mit dem Stellsignal werden dann die Injektoren des Common-Railsystems **27** mit Einzelspeichern beaufschlagt. Ebenfalls aus der Drehzahl-Regelabweichung dn wird über ein Kennfeld **15**, dargestellt ist eine Treppenfunktion, eine effektive Drehzahl n_{EFF} berechnet. Über die Treppenfunktion wird die Drehzahl-Regelabweichung dn gefiltert, d. h. die effektive Drehzahl n_{EFF} ist robust gegenüber kleinen Abweichungen. Korrigiert wird die effektive Drehzahl n_{EFF} über einen Faktor E , welcher motorinterne Kenngrößen, beispielsweise den Ladedruck eines Abgasturboladers, kennzeichnet.

[0027] Aus der effektiven Drehzahl n_{EFF} wird über die Trimmvorgabe **9** ein erster Verstellwinkel Φ_1 festgelegt. Hierzu enthält die Trimmvorgabe **9** mehrere Kennfelder, welche in [Fig. 1](#) mit KF1, KF2 und KF3 bezeichnet sind. Über das Signal Schubrichtung SRI und anhand der Anzahl gekuppelter Wellen wird ein Kennfeld ausgewählt. Zum Beispiel können bei einer Antriebsanlage mit zwei Brennkraftmaschinen eine oder zwei Wellen gekuppelt sein. Der erste Verstellwinkel Φ_1 , die Leistungsreserve PRES und die Ist-Trimmposition POS(IST) sind die Eingangsgrößen der Laststeuerung **10**. Über die Laststeuerung **10** werden eine erste Verstellrate VSR1 und ein zweiter Verstellwinkel Φ_2 bestimmt. Aktiviert oder deaktiviert wird die Laststeuerung **10** in Abhängigkeit der Leistungsreserve PRES der Brennkraftmaschine **2**. Unter der Leistungsreserve PRES ist diejenige Motorleistung zu verstehen, welche sich aus der Differenz der Leistung am aktuellen Betriebspunkt zur maximal möglichen Leistung für diesen Betriebspunkt ergibt. Bei aktivierter Laststeuerung **10** werden die erste Verstellrate VSR1 und der zweite Verstellwinkel Φ_2 jeweils über ein Kennfeld in Abhängigkeit der Leistungsreserve PRES berechnet. Alternativ kann

auch ein Festwert vorgegeben werden. Als weitere Sicherheitsfunktion setzt die aktivierte Laststeuerung **10** die erste Verstellrate VSR1 auf Null, wenn der Wert der Leistungsreserve PRES innerhalb eines Totbands liegt. Bei deaktivierter Laststeuerung **10** entspricht der zweite Verstellwinkel Φ_2 dem ersten Verstellwinkel Φ_1 . Die innere Struktur der Laststeuerung **10** wird genauer in Verbindung mit der [Fig. 3](#) beschrieben.

[0028] Der zweite Verstellwinkel Φ_2 entspricht der Führungsgröße für die Trimmregelung **11**, welche näher in [Fig. 4](#) beschrieben wird. Die Trimmregelung **11** bestimmt aus dem zweiten Verstellwinkel Φ_2 und der Ist-Trimmposition POS(IST) die Trimmpositions-Regelabweichung und regelt in Abhängigkeit dieser über das Stellsignal STS die Trimmposition POS.

[0029] In [Fig. 3](#) ist die Laststeuerung **10** als Blockschaltbild dargestellt. Die Eingangsgrößen sind die Ist-Trimmposition POS(IST), die Leistungsreserve PRES und der erste Verstellwinkel Φ_1 . Die Ausgangsgrößen sind die erste Verstellrate VSR1 und der zweite Verstellwinkel Φ_2 . Der Ist-Trimmposition POS(IST) wird über ein Kennfeld **16** ein erstes Signal S1 zugeordnet, welches eine erste Eingangsgröße eines Schalters **18** ist. Der Leistungsreserve PRES wird über ein Kennfeld **17** ein zweites Signal S2 zugeordnet, welches die zweite Eingangsgröße des Schalters **18** darstellt. Die Ausgangsgröße des Schalters **18**, hier: ein drittes Signal S3, entspricht entweder dem ersten S1 oder dem zweiten Signal S2. Der Schaltzustand des Schalters **18** wird durch einen Steuerblock **20** über ein viertes Signal S4 bestimmt. Das dritte Signal S3 ist eine Eingangsgröße des Schalters **19**. Die zweite Eingangsgröße des Schalters **19** ist der Wert Null. Der Schaltzustand des Schalters **19** wird durch den Steuerblock **20** über ein fünftes Signal S5 bestimmt. Die Ausgangsgröße des Schalters **19**, hier: die erste Verstellrate VSR1, entspricht entweder dem Wert des dritten Signals S3 oder dem Wert Null.

[0030] Der Leistungsreserve PRES wird über ein Kennfeld **21** ein sechstes Signal S6 zugeordnet, welches eine erste Eingangsgröße des Schalters **22** ist. Die zweite Eingangsgröße des Schalters **22** ist der erste Verstellwinkel Φ_1 . Der Schaltzustand des Schalters **22** wird durch den Steuerblock **20** über ein siebtes Signal S7 bestimmt. Das Ausgangssignal des Schalters **22**, hier: der zweite Verstellwinkel Φ_2 , entspricht entweder dem Wert des sechsten Signals S6 oder dem ersten Verstellwinkel Φ_1 .

[0031] Als Alternative kann die Laststeuerung **10** so ausgeführt sein, dass das zweite S2 und sechste Signal S6 nicht in Abhängigkeit der Leistungsreserve PRES berechnet werden, sondern die beiden Signale auf einen Festwert gesetzt sind.

[0032] Die Laststeuerung **10** besitzt folgende Funktionalität: In **Fig. 3** ist die Laststeuerung **10** im deaktivierten Zustand dargestellt. Im deaktivierten Zustand entspricht der zweite Verstellwinkel Φ_2 dem Wert des ersten Verstellwinkels Φ_1 , welcher über die Trimmvorgabe **9** in Abhängigkeit der effektiven Drehzahl n_{EFF} berechnet wird. Da der zweite Verstellwinkel Φ_2 die Führungsgröße für die Trimmregelung **11** ist, wird folglich die Trimmposition POS des Oberflächenpropellers **5** über die effektive Drehzahl n_{EFF} definiert. Die erste Verstellrate VSR1 wird im deaktivierten Zustand in Abhängigkeit des Ist-Trimmposition POS(IST) festgelegt.

[0033] Beim Übergang der Laststeuerung **10** aus dem deaktivierten Zustand in den aktivierten Zustand wechseln die Schalter **18** und **22** ihre Schaltstellung. Initiiert wird dieser Wechsel über den Steuerblock **20**. Im aktivierten Zustand werden sowohl der zweite Verstellwinkel Φ_2 als auch die erste Verstellrate VSR1 in Abhängigkeit der Leistungsreserve PRES berechnet (Kennfeld **17**, **21**). Die Laststeuerung **10** ist aktiv, wenn

- $PRES < GW1$ nach t_1 (Einschaltverzögerung) oder
- $PRES < GW1 + GW2$ oder
- $PRES > GW1 + GW2$ vor Ablauf t_2 (Ausschaltverzögerung).

[0034] Hierin bedeuten PRES die Leistungsreserve, GW1 sowie GW2 frei applizierbare Grenzwerte und t_1 bzw. t_2 eine Zeitstufe.

[0035] Der Steuerblock **20** ändert über das fünfte Signal S5 den Schaltzustand des Schalters **19**, wenn die Laststeuerung **10** aktiviert ist und folgende Bedingung vorliegt:

$GW1 < PRES < GW1 + GW2$ (Totband)

[0036] In diesem Fall entspricht die Verstellrate VSR1 dem Wert Null.

[0037] In **Fig. 4** ist die Trimmregelung **11** als Blockschaltbild dargestellt. Die Eingangsgrößen sind: der zweite Verstellwinkel Φ_2 , die erste Verstellrate VSR1, die Ist-Trimmposition POS(IST), ein dritter GW3 sowie ein vierter Grenzwert GW4, ein minimaler Verstellwinkel MIN und ein maximaler Verstellwinkel MAX. Die Ausgangsgröße der Trimmregelung **11** ist die Stellgröße STS, mit der das Stellglied **12** zur Verstellung des Oberflächenpropellers **5** beaufschlagt wird. Der zweite Verstellwinkel Φ_2 wird über eine Begrenzung **23** auf den Wert MIN und MAX überwacht. Danach wird eine Regelabweichung dPOS aus dem zweiten Verstellwinkel Φ_2 und der Ist-Trimmposition POS(IST) an einem Punkt A bestimmt. Über ein Totband **24** werden Regelabweichungen im Bereich zwischen den beiden Grenzwerten GW3 und GW4 unterdrückt. Aus der Regelabweichung dPOS bestimmt ein Trimmregler **25**, vorzugs-

weise mit PID-Verhalten, eine zweite Verstellrate VSR2. Über eine Maximalwert-Auswahl MAX **26** wird entweder die erste Verstellrate VSR1 oder die zweite Verstellrate VSR2 als Stellgröße STS zur Beaufschlagung des Stellglieds **12** festgelegt. Die Stellgröße STS kann entweder als absoluter Winkelwert in Grad, als Prozent der Eintauchtiefe, beispielsweise +20%, oder als Verstellrate in Grad/Sekunde bzw. Prozent/Sekunde vorgegeben werden.

[0038] In **Fig. 5** ist ein vereinfachter Programmablaufplan dargestellt. Bei S1 wird aus dem Leistungswunsch des Schiffsführers die Solldrehzahl n_{SL} bestimmt, welche die Führungsgröße des Drehzahl-Regelkreises und des Anlagenreglers **8** darstellt. Danach wird bei S2 die Ist-Drehzahl n_{IST} eingelesen und die Drehzahl-Regelabweichung dn aus der Differenz der Soll-Drehzahl n_{SL} zur Ist-Drehzahl n_{IST} berechnet. Aus der Drehzahl-Regelabweichung dn wird über das Kennfeld **15** mittels einer Treppenfunktion die effektive Drehzahl n_{EFF} berechnet, S3, aus welcher bei S4 über die Trimmvorgabe **9** der erste Verstellwinkel Φ_1 in Abhängigkeit der Schubrichtung und der Anzahl der gekuppelten Wellen berechnet wird. Bei S5 wird die Leistungsreserve PRES ermittelt. Unter Leistungsreserve ist diejenige Motorleistung zu verstehen, welche sich aus der Differenz der Leistung am aktuellen Betriebspunkt zur maximal möglichen Leistung für diesen Betriebspunkt ergibt. Danach erfolgt bei S6 eine Lastprüfung. Dieser Schritt erfolgt in der Laststeuerung **10** anhand der zuvor beschriebenen Aktivierungs- oder Deaktivierungsbedingungen. Bei S7 wird anhand der Ist-Trimmposition POS(IST) und der Ausgangsgrößen der Laststeuerung **10**, hier: zweiter Verstellwinkel Φ_2 sowie erste Verstellrate VSR1, über die Trimmregelung geprüft, ob die Trimmposition verändert werden soll, S8: Eintauchen bzw. S9: Austauchen, oder ob die Trimmposition beibehalten werden soll, S10. Danach ist der Programmablaufplan beendet.

[0039] Aus der Beschreibung ergeben sich für die Erfindung folgende Vorteile:

- Die Führungsgröße für den Anlagenregler wird maßgeblich aus der Soll-Drehzahl gebildet, wodurch bei signifikanten Leistungswunsch-Änderungen ein sicherer und überlastungsfreier Betrieb der Brennkraftmaschine erzielt wird;
- die selbsttätige Regelung der Trimmposition entlastet den Schiffsführer, wodurch der Komfort für ihn verbessert wird;
- geringe Ist-Drehzahlschwankungen, zum Beispiel auf Grund des Wellengangs, werden unterdrückt, wodurch eine hohe Regelgüte der Trimmposition erreicht wird;
- in jedem Betriebspunkt wird ein wirtschaftlicher und effektiver Betriebszustand automatisch eingestellt.

Bezugszeichenliste

1	Schiffsantriebsanlage
2	Brennkraftmaschine
3	Welle
4	Getriebe
5	Oberflächenpropeller
6	Fahrhebel
7	elektronisches Motorsteuergerät (ADEC)
8	Anlagenregler
9	Trimmvorgabe
10	Laststeuerung
11	Trimmregelung
12	Stellglied
13	elektronisches Getriebesteuergerät (GS)
14	Drehzahlregler
15	Kennfeld
16	Kennfeld
17	Kennfeld
18	Schalter
19	Schalter
20	Steuerblock
21	Kennfeld
22	Schalter
23	Begrenzung
24	Totband
25	Trimmregler
26	Maximalwert-Auswahl
27	Common-Railsystem

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer Schiffsantriebsanlage (1) mit einem Oberflächenpropeller (5), bei dem ein Leistungswunsch als Soll-Drehzahl (nSL) interpretiert wird, aus der Soll-Drehzahl (nSL) sowie einer Ist-Drehzahl (nIST) der Brennkraftmaschine (2) eine Drehzahl-Regelabweichung (dn) berechnet wird, anhand der Drehzahl-Regelabweichung (dn) über einen Drehzahlregler (14) eine Einspitzmenge (qV) zur Drehzahl-Regelung der Brennkraftmaschine (2) festgelegt wird und bei dem die Trimmposition (POS) des Oberflächenpropellers (5) über einen Anlagenregler (8) in Abhängigkeit einer Leistungsreserve (PRES) der Brennkraftmaschine (2) sowie einer Ist-Trimmposition (POS(IST)) und einer effektiven Drehzahl (nEFF) geregelt wird, welche aus der Drehzahl-Regelabweichung (dn) bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die effektive Drehzahl (nEFF) über ein Kennfeld (15) und einer weiteren Eingangsgröße (E), insbesondere Ladedruck eines Abgasturboladers, berechnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass aus der effektiven Drehzahl (nEFF) über eine Trimmvorgabe (9) mit mehreren Auswahl-Kennfeldern (KF1, KF2, KF3) ein erster Verstellwinkel (Phi1) bestimmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kennfeld (KF1, KF2, KF3) in Abhängigkeit der Anzahl der gekuppelten Wellen (3) und einer Schubrichtung (SRI) des Getriebes (4) ausgewählt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Verstellwinkel (Phi2) und eine erste Verstellrate (VSR1) über eine Laststeuerung (10) in Abhängigkeit des ersten Verstellwinkels (Phi1), der Leistungsreserve (PRES) und der Ist-Trimmposition (POS(IST)) des Oberflächenpropellers (5) berechnet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei aktivierter Laststeuerung (10) die erste Verstellrate (VSR1) und der zweite Verstellwinkel (Phi2) mittels Kennfelder (17, 21) in Abhängigkeit der Leistungsreserve (PRES) berechnet werden oder alternativ auf einen festen Wert gesetzt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei aktivierter Laststeuerung (10) die erste Verstellrate (VSR1) auf Null gesetzt wird, wenn der Wert der Leistungsreserve (PRES) innerhalb eines Totbands (GW1, GW2) liegt.

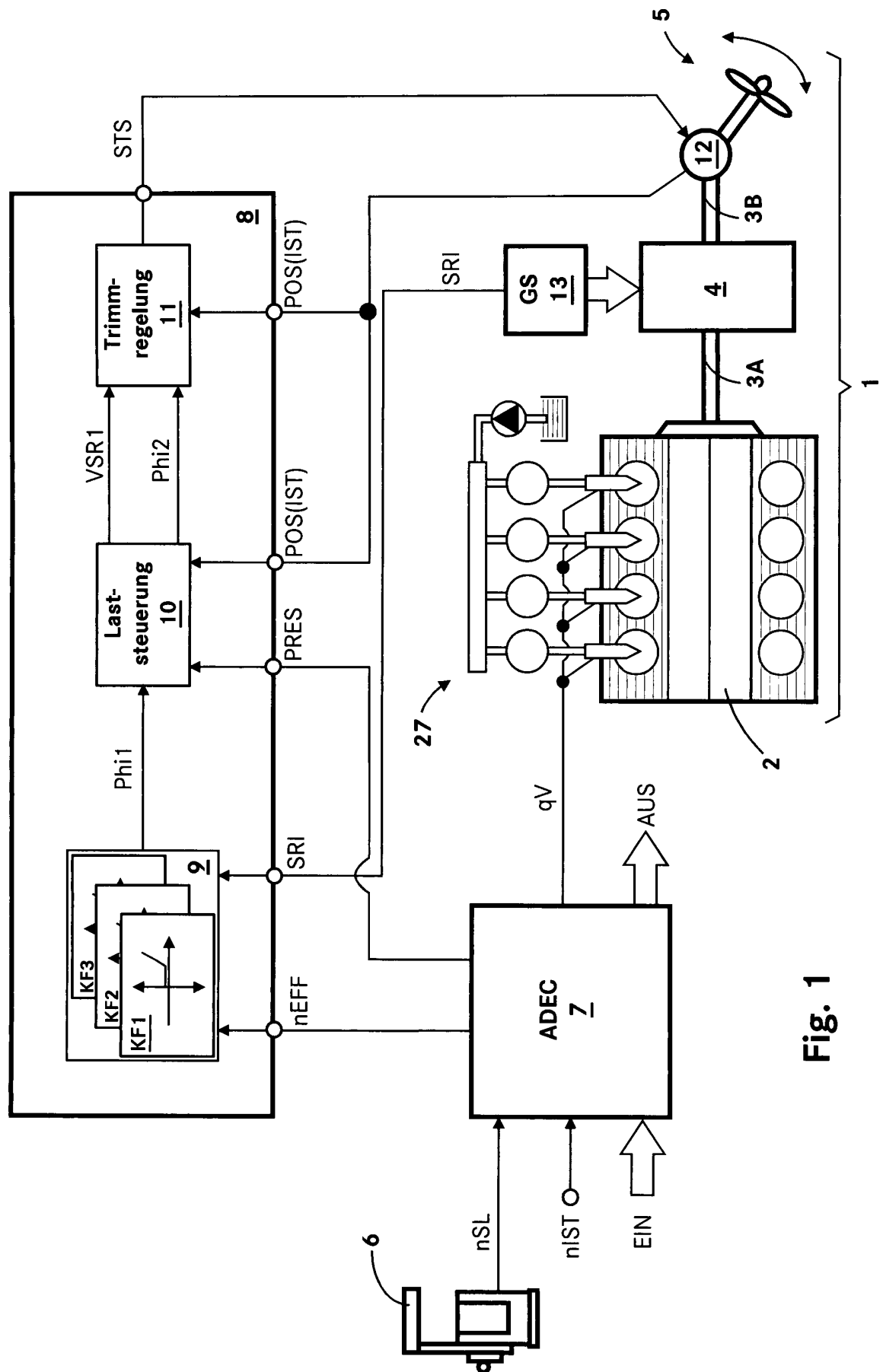
8. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei deaktivierter Laststeuerung (10) der zweite Verstellwinkel (Phi2) dem ersten Verstellwinkel (Phi1) entspricht.

9. Verfahren nach einem der vorausgegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem zweiten Verstellwinkel (Phi2) als Führungsgröße und der Ist-Trimmposition (POS(IST)) eine Positions-Regelabweichung (dPOS) berechnet wird und aus der Positions-Regelabweichung (dPOS) über einen Trimmregler (25) eine zweite Verstellrate (VSR2) festgelegt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass entweder die erste (VSR1) oder die zweite Verstellrate (VSR2) als maßgeblich für das Stellsignal (STS) zur Festlegung der Trimmposition (POS) des Oberflächenpropellers (5) gesetzt wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



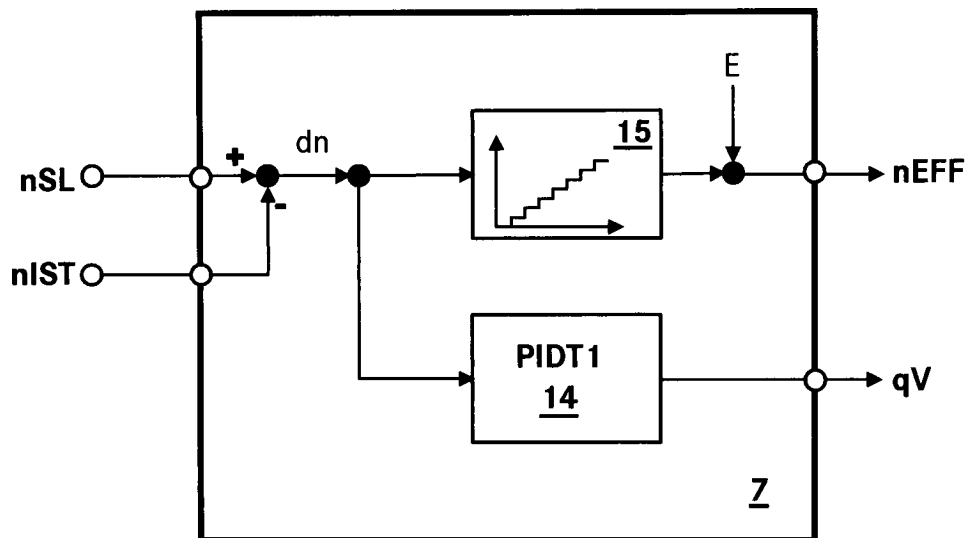


Fig. 2

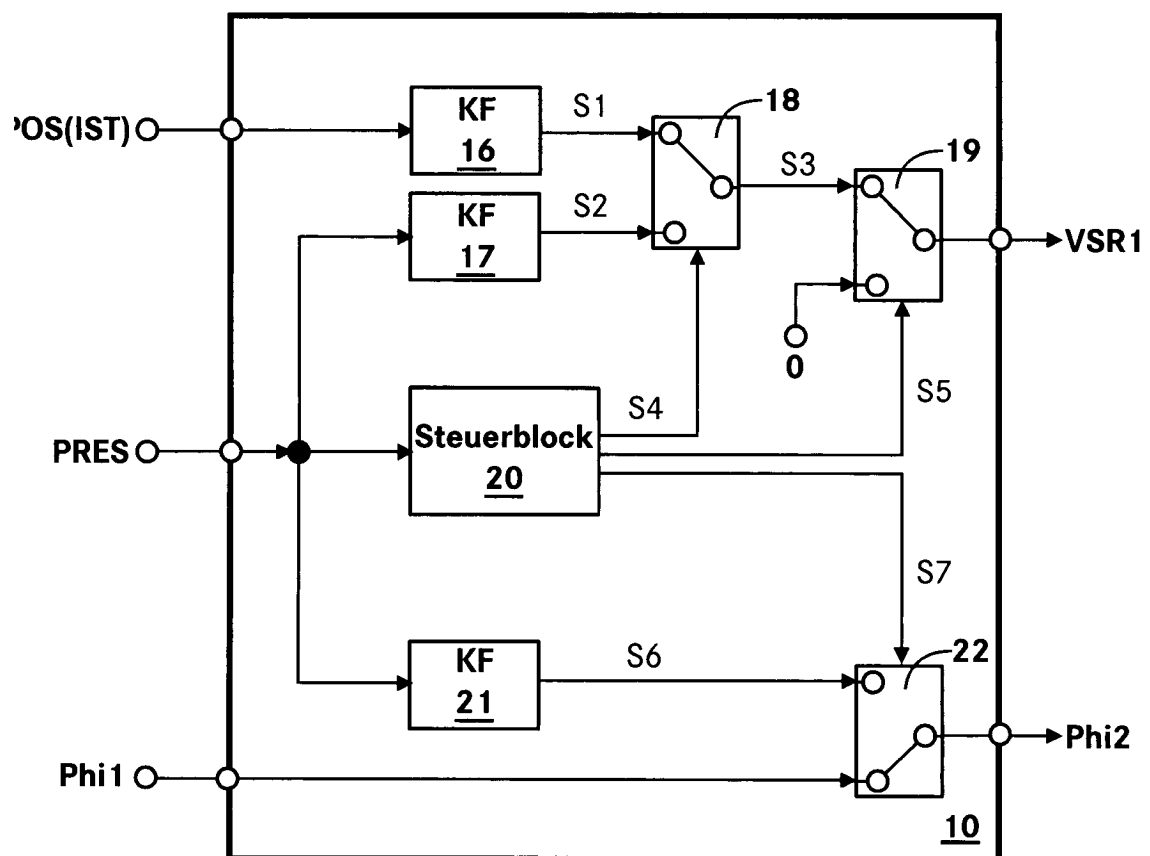


Fig. 3

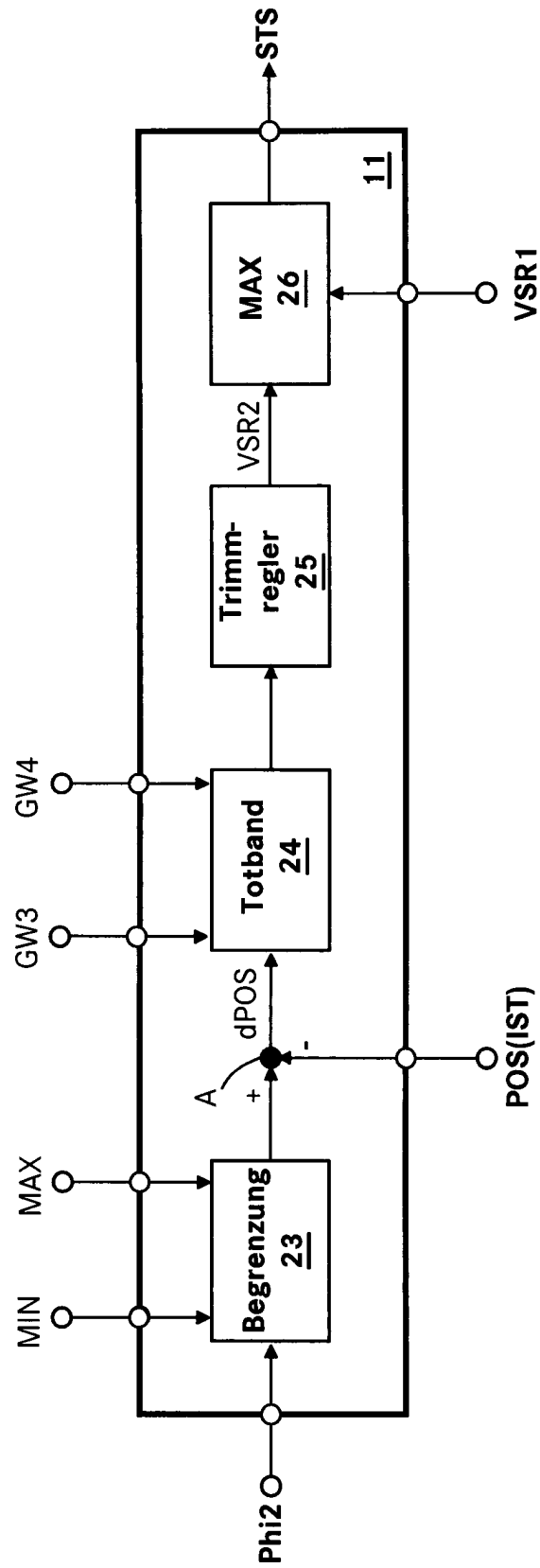


Fig. 4

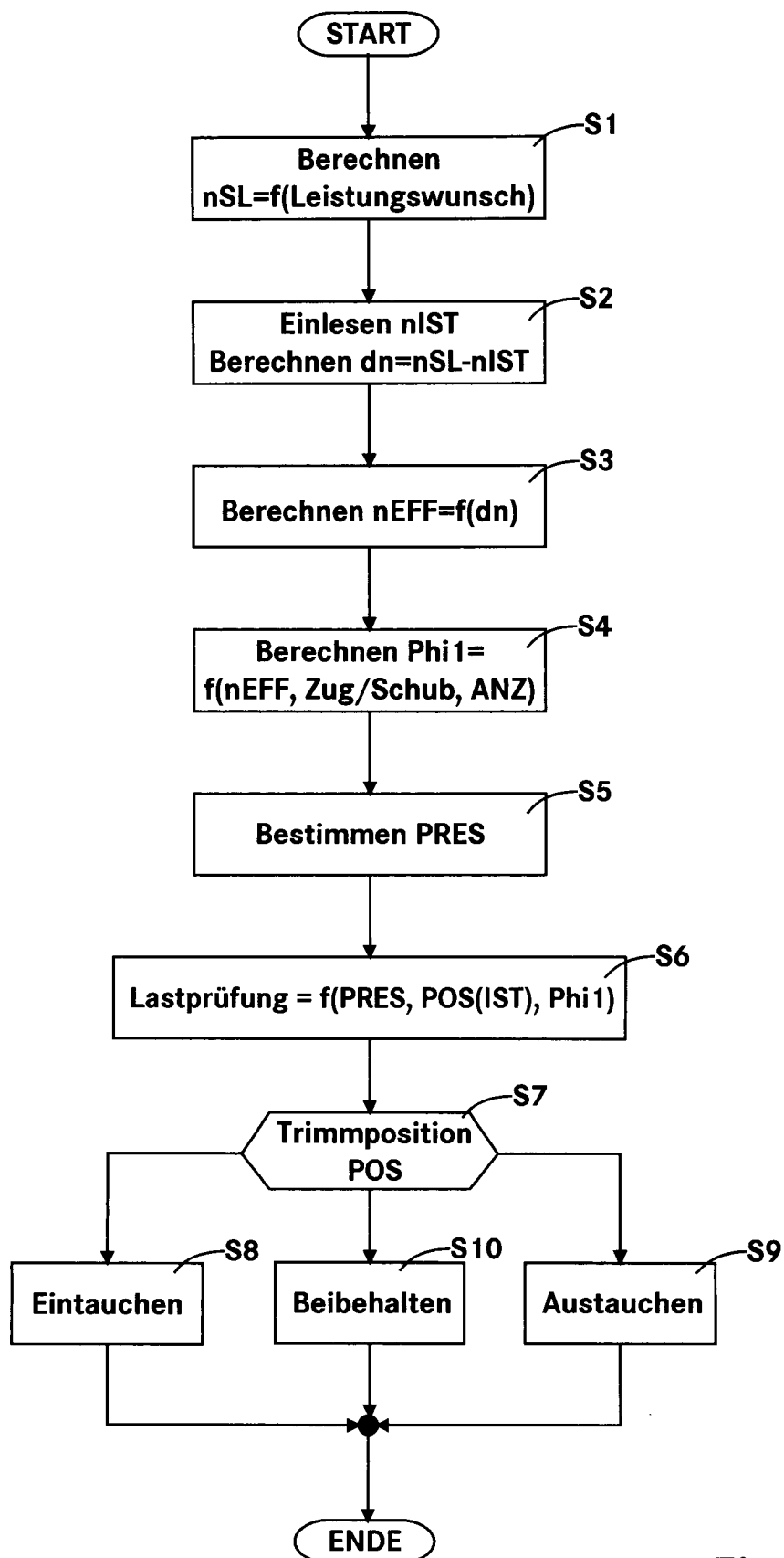


Fig. 5