

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 826 595 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.03.1998 Patentblatt 1998/10

(51) Int. Cl.⁶: B63G 8/14, B63G 8/38

(21) Anmeldenummer: 97114899.4

(22) Anmeldetag: 28.08.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV RO SI

(30) Priorität: 03.09.1996 DE 19635670

(71) Anmelder:
Ingenieurkontor Lübeck Zweigniederlassung
der Howaldtswerke - Deutsche Werft
Aktiengesellschaft
23568 Lübeck (DE)

(72) Erfinder:
• Bohlmann, Hans-Jürgen, Dr.
23617 Stockelsdorf (DE)
• Wiggers, Friedrich
23617 Stockelsdorf (DE)

(74) Vertreter:
Wilcken, Thomas, Dipl.-Ing. et al
Patentanwälte
Wilcken & Vollmann
Musterbahn 1
23552 Lübeck (DE)

(54) Überwachungssystem für den Fahrzustand eines U-Bootes

(57) Das Überwachungssystem umfaßt eine Anzeigeeinrichtung (1) mit einer Monitorfläche (2) für die aus winkelmäßig voneinander beabstandeten Ruderblättern bestehende hintere Ruderanlage des U-Bootes, wobei die Monitorfläche mit mehreren Anzeigefeldern (9) für die Ruderblätter versehen ist und wobei in jedem Anzeigefeld die momentane Auslenkungsstellung wenigstens eines Ruderblattes graphisch anstellbar und ablesbar ist und aus denen die Richtungsänderungen des U-Bootes in Tiefen- und in Seitenrichtung aufgrund der gewählten Ruderblattstellungen erkennbar sind. Zur vereinfachten Steuerung des U-Bootes sind auf der genannten Monitorfläche (2) neben den die Ruderanlage betreffenden Bewegungsdaten gleichzeitig und wenigstens sowohl Endwerte, die für das Erreichen eines neuen gleichförmigen Bewegungszustandes des U-Bootes vorbestimmt werden, als auch Momentanwerte der für eine wenigstens zweidimensional bestimmte Fahrrihtungsänderung des U-Bootes maßgeblichen, eingestellten Bedienungsparameter darstellbar und ablesbar.

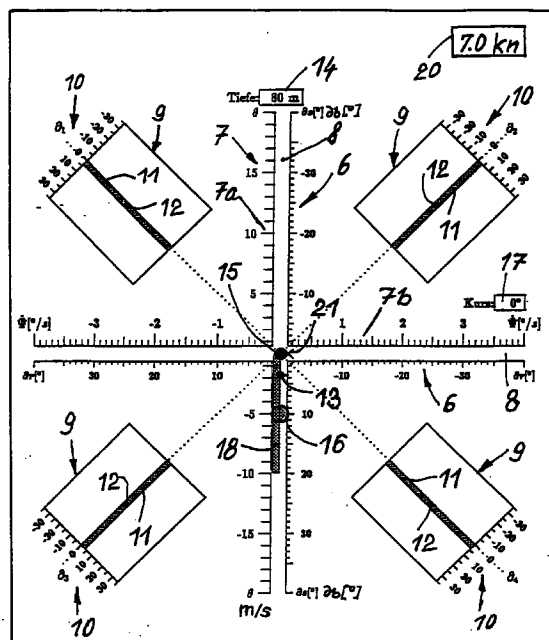


Fig. 2

EP 0 826 595 A2

Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einem Überwachungssystem für den Fahrzustand eines U-Bootes gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Ein solches Überwachungssystem enthält eine für eine X-förmig aufgebaute, hintere Ruderanlage eines U-Bootes gedachte Anzeigeeinrichtung, wie sie in der DE-38 43 630 C1 dargestellt und beschrieben ist. Diese Anzeigeeinrichtung umfaßt eine Anzeigetafel mit vier kreuzförmig angeordneten, rechteckigen Anzeigefeldern, die je in eine Vielzahl von Teilfeldern aufgegliedert sind. Die kreuzförmige Anordnung der Anzeigefelder, d. h. je zwei Felder sich in horizontaler und in vertikaler Richtung gegenüberliegend, entspricht den Wirkungskomponenten der einzelnen Ruderblätter in Tiefen- und in Seitenrichtung des U-Bootes. Die Aufgliederung der Anzeigefelder in kleinere Teilfelder ist derart getroffen, daß jedes Anzeigefeld vier Längsreihen aufweist, die den einzelnen Ruderblättern der Ruderanlage entsprechen, wobei die Längsreihen durch eine Winkelgradskalierung, durch welche die tatsächliche Auslenkungsstellung der einzelnen Ruderblätter ablesbar ist, in die genannten Teilfelder aufgegliedert sind. Je nachdem, welches Ruderblatt um wieviel Winkelgrade ausgelenkt ist, leuchten die entsprechenden Teilfelder in den entsprechenden Längsreihen auf.

Zwar kann also die die Ruderanlage bedienende Person erkennen, ob und wenn ja, in welcher Richtung und mit wieviel Grad die Ruderblätter eingestellt sind, jedoch vermittelt die Darstellung der aufleuchtenden Teilfelder keinen Eindruck über den momentanen Verlauf der Fahrrichtung des U-Bootes nach Einstellung der relevanten, vom Leitstand des U-Bootes gegebenen Daten. Die Bedienungsperson muß daher andere Anzeigemittel, z. B. für den Trimmwinkel, den Kurswinkel, die Kurswinkeländerungsrate, die Stellung des gegebenenfalls vorhandenen vorderen Tiefenruders, die effektive Wirkung der Auslenkungsstellung der hinteren Ruderblätter usw., in Form von Einzelinstrumenten mitüberwachen oder, falls einige der genannten Parameter nur im Gedächtnis der Bedienungsperson festgehalten sind, sich entsprechend erinnern, um die tatsächliche momentane Bewegung des U-Bootes aufgrund der wirklichen Stellung der Ruderblätter der X-Ruderanlage abschätzen und gegebenenfalls Korrekturdaten einstellen zu können. Die Einstellung von Steuerdaten für das U-Boot und die gleichzeitige Beobachtung der Auswirkungen dieser Daten an den verschiedenen einzelnen Anzeigeeinrichtungen und Instrumenten setzt eine hohe Befähigung und Erfahrung der Bedienungsperson für die X-Ruderanlage voraus, um das U-Boot gemäß den Angaben des Kommandanten richtig zu steuern.

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Verbesserung eines Überwachungssystems der einleitend angeführten Art für den Fahrzustand eines U-Bootes, wobei das System der Bedienungsperson der Ruderanlage des U-Bootes aufgrund von Angaben aus dem Boots-

leitstand die Steuerung des U-Bootes einschließlich deren Kontrolle wesentlich erleichtert.

Die Lösung dieser Aufgabe ist in dem Kennzeichen des Patentanspruches 1 angegeben.

Mit dem erfindungsgemäßen Überwachungssystem ist es der Bedienungsperson für den Steuerstand des U-Bootes wesentlich erleichtert, das U-Boot gemäß den Angaben des Kommandanten sicher und richtig in die neue Fahrrichtung zu steuern, weil die genaue Bewegungsdarstellung des U-Bootes mit Symbolen und Zahlenwerten auf dem Anzeigenmonitor außer den Ruderanlage-Parametern auch auf der Darstellung von weiteren, im wesentlichen paarweisen, wertbezogenen Symbolen auf der Grundlage weiterer Einstellungs- und Kontrollparameter basiert. Hierbei beobachtet und vergleicht die Bedienungsperson der Ruderanlage auf dem Monitor die entsprechenden und angezeigten Momentanwerte (erstes Symbol) für die Bootsbewegung mit zugehörigen vorbestimmten und gleichzeitig angezeigten Endwerten (zweites, gleiches Symbol) für die Bootsbewegung bei Erreichen eines gewünschten gleichförmigen Fahrzustandes, der von den Ruderblattlagen, der Propellerdrehzahl und des Trimm- und des Gewichtszustandes abhängig ist. Ein besonderer Vorteil liegt darin, daß die Ruderblattdaten und die anderen Bewegungsdaten des U-Bootes gemeinsam auf dem Monitor angezeigt werden. Außer der Anzeige der relevanten Momentanwerte ist es des weiteren ein großer Vorteil für die Bedienungsperson der Ruderanlage, im voraus auch die relevanten, vorbestimmten Endwerte für den angestrebten gleichförmigen Bewegungszustand auf demselben Monitor angezeigt zu bekommen, wobei die Endwerte eine verlässliche Aussage über den angestrebten gleichförmigen Bewegungszustand bzw. den entsprechenden Fahrzustand des U-Bootes geben. Obwohl die Momentanwerte, die den augenblicklichen Bewegungszustand des U-Bootes darstellen, in der Regel von den stationären Endwerten zunächst erheblich abweichen, kann die Bedienungsperson an der Wanderung bzw. Größenangleichung der Momentanwerte auf dem Monitor in Richtung zu den Endwerten bzw. an diese Endwerte erkennen, daß die kommandierten und eingestellten Parameter richtig sind, so daß unsinnige Zwischeneinstellungen entfallen und das U-Boot schneller und sicherer als bisher seinen neuen gleichförmigen Fahrzustand erreicht. Die Vorbestimmung und/oder Errechnung und sofortige Anzeige der Endwerte hat den Vorteil, daß die errechnete und nach diesen Daten bei Festhalten aller Stellglieder tatsächlich eintretende, neue gleichförmige Bewegung des U-Bootes im wesentlichen nur von der Auslenkung der Ruderblätter, der Propellerdrehzahl sowie dem Trimm- und dem Gewichtszustand des U-Bootes abhängig ist und nicht von anderen, zwischenzeitlich wirkenden Faktoren wie z. B. Beschleunigungs- oder Verzögerungskräfte. Aufgrund dessen treten häufig völlig identische, direkt an die Ruderauslenkung und die Propellerdrehzahl gekoppelte Werte auf, so daß das Verhalten des U-

Bootes nach Einstellung von Steuerdaten für den Rudergänger insgesamt leichter ermittelbar und leichter erlernbar ist.

Unter Beibehaltung der momentanen Ruderblattstellung der hinteren X-Ruderanlage und, zum leichteren Verständnis, der Propellerdrehzahl des U-Bootes stellt sich der angestrebte gleichförmige Bewegungszustand des U-Bootes bzw. der angestrebte Fahrzustand desselben relativ schnell ein. Auf der Anzeigeeinrichtung ist dies dadurch erkennbar, daß die für die entsprechenden Anzeigewerte gewählten graphischen Symbole gleicher Art für die Momentanwerte und Endwerte die gleiche Größe annehmen bzw. zusammenfallen. Sollte dies nicht der Fall sein, so liegt ein Trimm- und/oder Gewichtsfehler des U-Bootes vor. Dieser Fehler und seine Größe können sofort von einem Rechenprogramm angegeben werden. Durch Trimmen des U-Bootes und durch andere Regelvorgänge ergeben sich Berichtigungswerte für den einen oder anderen Endwert, so daß schließlich die gleiche Größe bzw. die Deckung der angezeigten Momentanwerte und Endwerte erreicht wird. Ein entscheidender Vorteil des erfindungsgemäßen Überwachungssystems liegt also darin, daß neben den Ruderblattstellungen der hinteren Ruderanlage der Fahrzustand des U-Bootes für zwei Zeitpunkte (momentan und später) gleichzeitig angezeigt wird, so daß die Bedienungsperson des Steuerstandes des U-Bootes die Momentanwerte mit größerer Sicherheit beurteilen kann, obwohl diese zunächst noch von den vorbestimmten Endwerten mehr oder weniger erheblich abweichen. Durch das neue Überwachungssystem ist die Steuerung des U-Bootes folglich wesentlich leichter erlernbar bzw. durchführbar.

Eine einfache Darstellungsweise für die vorbestimmten Endwerte und die wichtigsten Momentanwerte besteht in der Verwendung von graphischen Symbolen in Verbindung mit entsprechenden Skalierungen. Hierbei gleichen sich die graphischen Symbole für die Endwerte und die Momentanwerte desselben Einstellungsparameters. Als Skalierungen können rechtwinklige Koordinatensysteme gewählt werden.

Für die X-Ruderanlage wird ein rechtwinkliges Koordinatensystem, in dem die effektive Gesamtwirkung der tatsächlichen Ruderblattausslenkungen in Verbindung mit einem graphischen Symbol in Tiefen- und in Seitenrichtung des U-Bootes darstellbar und ablesbar ist, und vier Anzeigefelder für die tatsächlichen Ruderblattausslenkungen verwendet, wobei in jedem Quadranten des rechtwinkligen Koordinatensystemes ein Anzeigefeld für jeweils ein Ruderblatt vorgesehen ist. Somit ist einmal die tatsächliche Auslenkstellung eines jeden Ruderblattes darstellbar und ablesbar wie auch die tatsächliche Gesamtwirkung der ausgelenkten Ruderblätter in Tiefen- und Seitenrichtung des U-Bootes.

Dem Koordinatensystem für die Ruderanlage kann ein weiteres rechtwinkliges Koordinatensystem parallel zugeordnet sein, und zwar beispielsweise für die Able-

sung des Trimmwinkels und der Kurswinkeländerungsrate. Die in Verbindung mit diesem weiteren Koordinatensystem verwendbaren Symbole sind vorzugsweise größenveränderliche Balkensymbole, die sich parallel zu den Ordinaten- und Abszissen des Koordinatensystemes bewegen.

In dem Fall, daß zwei rechtwinklige Koordinatensysteme auf der Monitorfläche der Anzeigeeinrichtung vorgesehen sind, sind die Ordinaten und Abszissen der Koordinatensysteme mit einem gewissen Abstand voneinander angeordnet. Die graphischen Symbole in Form von größenveränderlichen Balkensymbolen für die Endwerte und die Momentanwerte können dann in dem Zwischenraum zwischen den Ordinaten und/oder Abszissen der Koordinatensysteme erscheinen, wodurch eine leichte Ablesbarkeit der entsprechenden Werte ermöglicht ist.

Ferner können auf der Monitorfläche auch digitale Anzeigewerte erscheinen, beispielsweise für die momentane Tauchtiefe und den momentanen Kurs des U-Bootes.

Die Erfindung ist nachstehend anhand mehrerer, in den anliegenden Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigen:

- | | | |
|----|----------------|---|
| 25 | Fig. 1 | ein Ablaufdiagramm zur Ermittlung und Darstellung von Momentanwerten und Endwerten zur Steuerung des U-Bootes aufgrund von Kommandoangaben, |
| 30 | Fig. 2 | die Monitoranzeigefläche mit Anzeigemitteln und Darstellung des Beginns eines Abtauchmanövers ohne Kursänderung, |
| 35 | Fig. 3a bis 3e | Kurvenverläufe von bestimmten Kommandoangaben, |
| 40 | Fig. 4 | die Monitoranzeigefläche nach Fig. 2 nach Erreichen eines neuen gleichförmigen Bewegungszustandes des U-Bootes, |
| 45 | Fig. 5 | die Monitoranzeigefläche mit den Anzeigemitteln nach Fig. 3, jedoch bei einem Auftauchvorgang mit Kursänderung. |

Gemäß Fig. 1 umfaßt das neue Überwachungssystem für den Fahrzustand eines U-Bootes, dessen hintere Ruderanlage aus vier winkelmäßig voneinander beabstandeten und beispielsweise in X-Form oder Kreuzform angeordneten Ruderblättern besteht, eine Anzeigeeinrichtung mit einem Monitor 1, auf dessen Anzeigefläche 2 verschiedene Anzeigemittel vorgesehen sind, wie sie beispielsweise in den Figuren 2, 4 und 5 dargestellt sind und die der Bedienungsperson des

Steuerstandes des U-Bootes das Steuern des U-Bootes aufgrund von Kommandoangaben aus dem Leitstand in vereinfachter Weise ermöglichen.

Der Monitor 1 ist an einen Rechner 3 angeschlossen, der aufgrund der Steuertätigkeiten der Bedienungsperson am Steuerstand verschiedene Datensignale erhält und aufgrund eines in ihm installierten Programmes verarbeitet und auswertet und dann an den Monitor 1 weiterleitet, auf dessen Anzeigefläche 2 entsprechende Symbole erscheinen, die der genannten Bedienungsperson eine genaue Beobachtung des Bewegungsverhaltens des U-Bootes ermöglichen. Wie noch erläutert ist, erscheinen auf der Monitorfläche 2 gleichzeitig sowohl Symbole für Momentanwerte als auch Symbole für (Endwerte) über den Bewegungszustand des U-Bootes auf der Grundlage von Angaben aus dem Kommandostand. Die Endwerte sind im voraus bestimmte Werte und betreffen das Erreichen eines angestrebten gleichförmigen Bewegungszustandes des U-Bootes. Die entsprechenden Endwerte geben also den tatsächlichen, jedoch späteren gleichförmigen Bewegungszustand des U-Bootes wieder.

Die wichtigsten veränderlichen Eingabedaten für den Rechner 3 zwecks Einleitung einer Fahrrihtungsänderung des U-Bootes betreffen die momentane Stellung der hinteren Ruderanlage, die Propellerdrehzahl, die Trimmung des U-Bootes einschließlich Trimmwinkel, die gewünschte Tauchtiefe, den Kurswinkel, den Rollwinkel sowie, falls vorhanden, die vordere Ruderanlage.

Mit dem Programm des Rechners 3 erfolgt die Berechnung des angestrebten stationären Bewegungszustandes des U-Bootes als Funktion der vorgenannten Parameter, wobei das Programm die sechs, dem Fachmann bekannten Bewegungsgleichungen für den stationären (gleichförmigen) Bewegungszustand des U-Bootes löst. Es handelt sich hierbei um die Lösung von sechs nichtlinearen Gleichungen mit sechs Unbekannten. Für die Praxis reicht es aus, bedingt durch die Empfindlichkeit von Anzeigeeinstrumenten bzw. -mitteln, die nach einer gewissen endlichen Zeit Δt , die im Minutenbereich liegt, z. B. 5-10 min., errechneten Endwerte für den, mathematisch gesehen, erst asymptotisch erreichbaren und angestrebten gleichförmigen Bewegungszustand des U-Bootes bei Konstanzhaltung der vorgenannten Einstellparameter zu verwenden und anzuzeigen.

Das Programm des Rechners 3 ist aber auch versorgt mit konstanten Werten des U-Bootes, die sich aus dem Bau des Bootes selbst ergeben haben. Diese Werte betreffen hydrodynamische Koeffizienten 4, die ihrerseits an einem Modell experimentell ermittelt oder theoretisch ermittelt worden sind. Falls es erforderlich ist, können die hydrodynamischen Koeffizienten in bekannter Weise durch ein Optimierungsprogramm 5 optimiert werden, bevor sie dem Rechner 3 zugeführt werden. Die Optimierung der Koeffizienten erfolgt beispielsweise durch Programme zur Systemidentifikation der Großausführung des betreffenden U-Bootes. Diese

Koeffizienten werden bei der Bestimmung der Endwerte berücksichtigt.

Dem Rechner 3 können ferner sonstige Kontrollparameter eingegeben werden, die beispielsweise die horizontale Vorausschwindigkeit, die endgültige Tauchtiefe, den endgültigen Kurs usw. betreffen. Diese Kontrollparameter können, über den Rechner 3 entsprechend verarbeitet, ebenfalls dem Monitor 1 zugeführt werden und erscheinen dann in entsprechenden Anzeigeformen auf dessen Anzeigefläche 2.

Es ist jedoch auch möglich, diese Kontrollparameter und gegebenenfalls andere Anzeigewerte, die nicht im Rechner 3 verarbeitet werden müssen, wie in bisher bekannter Weise auf Einzelinstrumenten anzuzeigen, die als weitere Anzeigemittel der vorerwähnten Anzeigeeinrichtung zugeordnet werden können.

Die Figuren 2 und 4 zeigen die Monitorfläche 2 mit dem Aufbau und der Anordnung von Anzeigemitteln, die der Bedienungsperson des Steuerstandes eine erleichterte Steuerung des U-Bootes ermöglichen. Die Monitorfläche enthält wenigstens zwei rechtwinklige Koordinatensysteme 6 und 7, deren Ordinaten- und Abszissenzweige voneinander einen gewissen Abstand aufweisen, so daß ein Zwischenraum 8 für Anzeigeelemente gebildet ist. Die beiden Koordinatensysteme sind ferner so angeordnet, daß die Monitorfläche im wesentlichen in vier Quadranten aufgeteilt ist, wobei sich in jedem Quadrant ein Anzeigefeld 9 für jeweils ein Ruderblatt der X-Ruderanlage des U-Bootes befindet. Vorzugsweise ist jedes Anzeigefeld so angeordnet, daß seine Lage der Winkellage des entsprechenden Ruderblattes der X-Ruderanlage entspricht. Jedes Feld 9 ist mit einer Winkelgradskalierung 10 für die tatsächliche Auslenkung des betreffenden Ruderblattes versehen. Die Längsmittle jedes Anzeigefeldes gibt die Nullstellung des zugehörigen Ruderblattes an. Ein von der Längsmittle jedes Anzeigefeldes 9 entweder nach der einen oder nach der entgegengesetzten Richtung ausgehendes, größenveränderliches, schattiert angezeichnetes Flächensymbol 11 gibt die tatsächliche eingestellte Ruderblattstellung an. Zusätzlich ist ein Pfeilsymbol 12 vorgesehen, das ebenfalls von der genannten Längsmittle nach der einen oder entgegengesetzten Seite ausgeht und die Sollstellung des betreffenden Ruderblattes angibt.

Während die Anzeigefelder 9 die tatsächliche Stellung der jeweiligen Ruderblätter der hinteren Ruderanlage anzeigen, ist an dem ersten Koordinatensystem 6 in Verbindung mit einem graphischen Symbol 13 die effektive Wirkung der gewählten, tatsächlichen Ruderblattstellungen besser abschätzbar. Zur Darstellung des Symbol 13 wird, in Anlehnung an eine hintere Kreuz-Ruderanlage, der effektive Tiefen- und der effektive Seitenruderwinkel rechnerisch ermittelt, und zwar nach den beiden Formeln

$$\delta_s = (\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4)/4$$

für den Tiefenwinkel, und

$$\delta_r = (\delta_1 - \delta_2 - \delta_3 + \delta_4)/4$$

für den Seitenwinkel, der für den Bootskurs verantwortlich ist.

Durch diese beiden Formeln reduzieren sich die tatsächlichen Ruderwinkel der X-Ruderanlage auf die von Kreuz-Ruderanlagen bekannten zwei Werte in Tiefenrichtung und in Seitenrichtung, wodurch ein direkter Bezug zum Bewegungsverhalten des U-Bootes hergestellt ist. Die entsprechenden Werte für δ_s (vertikale Wirkung) werden auf der Ordinate des Koordinatensystems 6 angegeben, während die Werte für δ_r (horizontale Wirkung) auf der Abszisse des Systems 6 ablesbar sind.

Oberhalb der beiden Koordinatensysteme 6 und 7 ist ein Anzeigefeld 14 für die Angabe für die momentane Tiefe des U-Bootes vorgesehen, worin die momentane Tiefe digital angegeben wird.

Die Abszisse 7b des zweiten Koordinatensystems 7 wird für das Anzeigen der Kurswinkeländerungsrate $\dot{\psi}$ verwendet, wofür eine Gradeinteilung vorgesehen ist. Auf dieser Skala ist somit ablesbar, und zwar in Verbindung mit graphischen Symbolen 15 und 16, wie sich der Kurswinkel des U-Bootes je Sekunde ändert. Gleichzeitig ist der Skala 7b ein Anzeigefeld 17 zum digitalen Anzeigen des momentanen Kurswinkels zugeordnet.

Die Ordinate 7a des zweiten Koordinatensystems 7 ist für die Angabe des Trimmwinkels θ vorgesehen, und zwar ebenfalls in Verbindung mit graphischen Symbolen 18 und 19.

Des weiteren ist auf der Monitorfläche 2 vorteilhaft auch ein Anzeigefeld 20 für die Vorausgeschwindigkeit des U-Bootes vorgesehen, in dem die momentane Geschwindigkeit in Knoten digital angezeigt wird. Dieses Feld 20 ist beispielsweise rechts oben auf der Monitorfläche 2 vorgesehen.

Die Figuren 3a bis 3f zeigen zeitliche Verläufe von Kurven, die sich aufgrund von Kommandoangaben aus dem Leitstand des U-Bootes ergeben. In diesen Kurven bezeichnet I den jeweiligen Momentanwert der entsprechenden Steuerfaktoren am Beginn der Fahrrichtungsänderung und II den zugehörigen Endwert der entsprechenden Steuerfaktoren nach einer bestimmten Zeitdauer, d. h., wenn das U-Boot seinen neuen gleichförmigen Bewegungszustand erreicht hat.

Die Figuren 3a bis 3e betreffen ein Tauchmanöver ohne Kursänderung. Hierbei soll das U-Boot gemäß Fig. 3c von der Fahrt auf ebenem Kiel mit einem Trimmwinkel von 0° eine Tiefenänderung mit einem Trimmwinkel von 10° durchführen. Dies erfolgt gemäß Fig. 3a bei einer absoluten Vorausgeschwindigkeit von 7,0 kn bzw. bei der entsprechenden Propellerdrehzahl hierfür, wobei die Propellerdrehzahl beibehalten wird, aber die horizontale Vorausgeschwindigkeit wegen des gleichzeitigen Abtauchens auf etwa 6,95 kn abfällt.

Die Fig. 3b zeigt den effektiven Tiefenruderwinkel.

In diesem Fall ergibt sich ein effektiver Tiefenruderwinkel nur in vertikaler Richtung, da eine Kursänderung des U-Bootes nicht beabsichtigt ist.

Fig. 3c zeigt den zeitlichen Verlauf des Trimmwinkels zwischen den beiden Punkten I und II. Fig. 3d zeigt für das in diesem Fall vorgegebene Tauchmanöver ohne Kursänderung den Kurvenverlauf für die sich ergebende Sinkgeschwindigkeit in m/s.

In Fig. 2 sind die Momentanwerte für den Zustand I in den Figuren 3a bis 3e als auch gewisse, vorausbestimmte Endwerte für den Zustand II der entsprechenden Kurvenverläufe darstellbar und ablesbar.

In den Anzeigefeldern 9 der Monitorfläche 2 ist dargestellt und ablesbar, daß alle Ruderblätter der X-Ruderanlage so eingestellt sind, daß sich gemäß dem kleinen Kreissymbol 13 eine effektive, nur vertikal nach unten wirksame Ruderwirkung von $3,5^\circ$ ergibt. Diese effektive Ruderwirkung wurde im Rechner 3 aufgrund der in den Anzeigefeldern 9 dargestellten, tatsächlichen Ruderblattausslenkungen nach den vorgenannten Formeln errechnet und entspricht dem Steuerbefehl des Kommandanten und zwar unter Beibehaltung der Propellerdrehzahl und 10° Trimmwinkel abzutauchen, wie der gepunktete Balken 18 in Fig. 2 anzeigt.

Im vorliegenden Fall ist das U-Boot auch mit einem vorderen Tiefenruder 21 versehen, das sich in seiner Neutralstellung, d. h. nicht ausgelenkt, befindet und in den Figuren 2 und 4 mit einem graphischen Kreuzsymbol 21 angedeutet ist. Dieses Kreuzsymbol 21 ist der vertikalen Koordinatenachse des Koordinatensystems 6 zugeordnet und dessen Stellung an der dortigen Skala ablesbar.

Das graphische Symbol 15 in Form einer schwarzen Kreisfläche in Fig. 2 gibt den Momentanwert für die Sinkgeschwindigkeit an. Da sich das Symbol 15 im Koordinatenmittelpunkt befindet, ist im Augenblick noch keine Sinkgeschwindigkeit vorhanden, was auch dem Zustand I in Fig. 3d entspricht. Gleichzeitig wird aber auch in Fig. 2 der stationäre Endwert der Sinkgeschwindigkeit angegeben, und zwar mit dem schattiert angegebenen Kreissymbol 16. Die Lage des Kreissymbol 16 entspricht dem Zustand II in Fig. 3d.

Das Kreissymbol 16 und das Kreisflächensymbol 15 zeigen auch die Querdriiftgeschwindigkeit für den gleichförmigen (stationären) Bewegungszustand, der unter Beibehaltung der momentanen Ruderanlagen, der Propellerdrehzahl und des Trimm- und Gewichtszustandes asymptotisch angestrebt wird, bzw. für den momentanen Bewegungszustand an. Für diese Anzeige wurde keine zusätzliche Skala benötigt, da man die absolute Größe der Tiefenänderungsgeschwindigkeit und der Querdriiftgeschwindigkeit anhand der Änderung der digitalen Tiefenanzeige bzw. der Kurswinkelanzeige abschätzen kann.

Dennoch liegt der Position der Kreissymbole 15, 16 ein Koordinatensystem zugrunde, dessen Achsenrichtungen und Achsenlängen mit denen der eingezeichneten Koordinatensysteme übereinstimmen. Die

Skalierung wurde in den Beispielen nach den Figuren 2, 4 und 5 so gewählt, daß die vertikale Achse von -2 m/s Steiggeschwindigkeit am oberen Punkt bis zu +2 m/s Sinkgeschwindigkeit am unteren Punkt reicht. Die horizontale Achse reicht von + 2 m/s Querdriiftgeschwindigkeit nach backbord am linken Ende bis zu -2 m/s Querdriiftgeschwindigkeit nach steuerbord am rechten Ende. Es ist dabei zu beachten, daß das Boot am Ort seines Schwerpunktes bei Kursänderungen nach backbord eine Querdriift nach steuerbord und bei Kursänderungen nach steuerbord eine Querdriift nach backbord erfährt. Die positiven bzw. negativen Richtungen der den Symbolen zugrundeliegenden Koordinatenachsen wurden so gewählt, daß sich die Ruderlagenanzeigen und die Symbolanzeigen bei Manövern in die gleiche Richtung bewegen.

Obwohl in Fig. 2 also keine gesondert dargestellte Skala für die Sinkgeschwindigkeit angegeben ist, ist der Zahlenwert für die Sinkgeschwindigkeit in m/s für die Bedienungsperson der Ruderanlage doch abschätzbar, und zwar einmal in Verbindung mit der digitalen, momentanen Tiefenangabe gemäß dem Anzeigefeld 14 und zum anderen aufgrund der Tatsache, daß sich die Sink- und Steiggeschwindigkeiten im Rahmen bis etwa ± 2 m/s bewegen. Die Bedienungsperson kann dann in Übereinstimmung mit der Änderungsgeschwindigkeit der digitalen Tiefenangabe gemäß Feld 14 von sich aus den entsprechenden Zahlenwert für die Sink- oder Steiggeschwindigkeit abschätzen. Gleichwohl können alternativ entsprechende Skalen für die Sink- und Steiggeschwindigkeit vorgesehen sein, wobei dies auch für die entsprechende Querdriiftgeschwindigkeit des U-Bootes gilt, die in Verbindung mit der Kurswinkeländerung ψ in gleicher Weise wie eben angedeutet abgeschätzt bzw. bei Verwendung einer Skala abgelesen werden kann.

Entsprechend Fig. 3c beträgt der Trimmwinkel zu Beginn des Abtauchmanövers 0° und wird daher in Fig. 2 noch nicht angezeigt. Jedoch wird der vorausberechnete Endwert für den Trimmwinkel entsprechend dem Zustand II in Fig. 3c angezeigt, und zwar in Form des schattiert angegebenen Balkensymbol 18. Dieses Balkensymbol erstreckt sich am unteren Ordinatenzweig der Skala z. B. 7a in dem Zwischenraum 8 der beiden Koordinatensysteme 6 und 7 vertikal nach unten, woraus folgt, daß eine Trimmung nur in vertikaler Richtung erfolgt.

Die Bedienungsperson der Ruderanlage verfolgt nun die sich in den entsprechenden Anzeigefeldern der Monitorfläche verändernden Angaben und Symbole, insbesondere die paarweise zusammengehörenden graphischen Symbole. Bei dem hier gegebenen Abtauchmanöver ohne Kursänderung sind dies insbesondere die graphischen Symbole 15 und 16 sowie 18 und 19. An der Wanderung des schwarzen Kreisflächensymbol 15 in Richtung zu dem Kreisringsymbol 16 und an dem Entstehen des schwarzen Balkensymbol 19 für den momentanen Trimmwinkel parallel zu

dem vorausberechneten Balkensymbol 18 entsprechend dem Endwert des kommandierten Trimmwinkels erkennt die Bedienungsperson, ob die entsprechenden Endwerte auch erreicht werden. Die Endwerte sind erreicht, wenn sich diese ortsveränderlichen und größenveränderlichen momentanen graphischen Symbole mit ihren zugehörigen, auf der Monitorfläche 2 stationär angezeigten graphischen Symbolen decken bzw. in der Größe angeglichen haben.

Ist die Deckung bzw. Größenangleichung der entsprechenden graphischen Symbole aufgrund der entsprechenden Handlungen der Bedienungsperson im Steuerstand aufgrund entsprechender Kommandoangaben erfolgt, so hat das U-Boot seinen neuen gleichförmigen Bewegungszustand erreicht und bei dem vorstehend angegebenen Tauchmanöver ohne Kursänderung den angestrebten Trimmwinkel, beispielsweise 10° , bei unveränderter Stellung der X-Ruderanlage und unveränderter Propellerdrehzahl nach einer bestimmten Zeit erreicht. Ist dies nicht der Fall, so liegt ein Trimm- und/oder Gewichtsfehler des U-Bootes vor, und nur dieser Fehler braucht korrigiert zu werden. Dieser Fehler kann vom Rechenprogramm des Rechners 3 sofort angegeben werden und wird entweder durch entsprechende Neutrimmung des U-Bootes, gegebenenfalls in Verbindung mit anderen Regelvorgängen oder durch Korrektur der im Programm gespeicherten Trimm- und/oder Gewichtsdaten behoben. Daraufhin erfolgt eine Neuberechnung der entsprechenden Endwerte, mit denen sich die zugehörigen Momentanwerte decken müssen.

Fig. 4 zeigt, daß eine entsprechende Deckung und Größenangleichung der relevanten Endwerte und der zugehörigen Momentanwerte erfolgt ist, so daß ein neuer gleichförmiger Bewegungszustand des U-Bootes vorliegt, der gemäß den Figuren 3a bis 3e nach einer Zeitdauer von etwa 5 Minuten zwischen den Punkten I und II und gemäß Fig. 3e bei einer momentanen Tauchtiefe von 218 m erreicht worden ist. Fig. 3 zeigt, daß bereits nach 2,5 Minuten ein gleichförmiger Bewegungszustand näherungsweise erreicht wird und in den folgenden 2,5 Minuten nur noch eine langsame asymptotische Annäherung an die endgültigen Endwerte erfolgt. Wenn eine Tauchtiefe von 220 m mit dem angestrebten Trimmwinkel von 10° vorlastig erreicht ist, werden vom Kommandostand neue Steuerkommandos an die Bedienungsperson der Ruderanlage gegeben, so daß sich die vorstehend erläuterten Vorgänge entsprechend wiederholen, um z. B. in eine horizontale Fahrt überzugehen.

Während die Figuren 2, 3 und 4 eine zweidimensional bestimmte Fahrriichtungsänderung des U-Bootes darstellen, zeigt die Fig. 5 eine dreidimensional bestimmte Fahrriichtungsänderung. Die Fahrriichtungsänderung gemäß Fig. 5 setzt sich aus einer vertikalen Komponente und aus einer horizontalen Komponente zusammen, wobei die horizontale Komponente die Kursänderung des U-Bootes betrifft. Im vorliegenden

Fall wird eine Steigfahrt zusammen mit einer Kursänderung nach backbord angestrebt. Auch diesem Fall liegen entsprechende Kurvenverläufe in Anlehnung an diejenigen nach den Figuren 3a bis 3e zugrunde, sind jedoch nicht dargestellt, um bloße Wiederholungen zu vermeiden, wie ohne weiteres verständlich ist.

Zur Änderung des gerade vorhandenen gleichförmigen Bewegungszustandes des U-Bootes werden aus dem Kommandostand entsprechende Steuerkommandos an die Bedienungsperson des Steuerstandes gegeben, um einen neuen gleichförmigen Bewegungszustand zu erreichen. Die vorstehend beschriebenen Vorgänge wiederholen sich dabei.

Gemäß Fig. 5 wird rechts oben im Anzeigefeld 20 der Monitorfläche 2 die momentane Vorausgeschwindigkeit des U-Bootes angezeigt. Die Bedienungsperson der X-Ruderanlage stellt die einzelnen Ruderblätter δ_1 bis δ_4 ein, deren augenblickliche Auslenkstellung an den Flächensymbolen 11 in Winkelgraden in den Anzeigefeldern 9 ablesbar sind. Gleichzeitig ist auch der jeweilige Sollwert des zugehörigen Ruderblattes anhand des graphischen Pfeilsymbol 12 darstellbar und ablesbar. Als Funktion der einzelnen Ruderblattstellungen wird gemäß den weiter oben erwähnten Formeln der effektive Ruderwinkel in vertikaler und in horizontaler Richtung fortlaufend errechnet und auf der Monitorfläche 2 in Verbindung mit dem ersten rechtwinkligen Koordinatensystem 6 und dem graphischen Kreissymbol 13 angezeigt. Das Symbol 13 umfaßt der besseren Ablesbarkeit halber auch gerade Linien 13a, die von dem Kreissymbol 13 zu den entsprechenden Zweigen des Koordinatensystemes führen. Diese Symbolhilfslinien 13a sind natürlich auch bei dem Symbol 13 in den Figuren 2 und 4 vorhanden, wie es aus diesen Figuren noch ausreichend klar zu erkennen ist. Man erkennt in Fig. 5, daß der effektive Ruderwinkel im unteren linken Quadranten des Koordinatensystemes 6 angezeigt wird. Zur gleichen Zeit besitzt das Boot einen momentanen, nach unten weisenden Trimmwinkel, der gemäß dem schwarzen Balken 19 dargestellt und dessen Größe an der vertikalen Skala θ ablesbar ist. Hierzu gehört ebenfalls eine momentane Sinkgeschwindigkeit, die durch das schwarze Kreisflächensymbol 15 angezeigt wird. Gleichzeitig zeigt das Symbol 15 aber auch eine momentane, nach backbord wirkende Kurswinkeländerungsrate an. Gleiches gilt für die Querdriftgeschwindigkeit nach steuerbord.

Der momentane backbordseitige Kurswinkel wird gemäß dem Anzeigefeld 17 mit -43° angegeben.

Die Winkelstellung des vorderen Tiefenruders des U-Bootes wird im vorliegenden Fall durch das entsprechende Kreuzsymbol 21 auf dem oberen Ordinatenzweig des Koordinatensystemes 6 mit -15° angezeigt. Unter Beibehaltung der momentanen Ruderblattstellungen, der momentanen Propellerdrehzahl und des Trimm- und Gewichtszustandes des U-Bootes strebt das Boot auf eine gleichförmige Steiggeschwindigkeit zu, die in Fig. 5 mit dem schattierten Kreissymbol 16

dargestellt ist. Hierbei kann sich das Symbol 15 auf einem beliebigen, gestrichelt angedeuteten Weg 24 zu dem Symbol 16 bewegen.

Die Auslenkung des vorderen Tiefenruders wird hier mit anderem Vorzeichen angegeben, als es in der Bewegungssimulation üblich ist. Damit kann für δ_s und δ_b dieselbe Zahlenachse verwendet werden. So bedeutet im Diagramm eine positive Auslenkung des vorderen Tiefenruders, daß die Ruderhinterkante nach oben gelegt ist, während eine positive Auslenkung des hinteren Tiefenruders anzeigt, daß die Ruderhinterkante nach unten gelegt ist. Oberhalb einer sogenannten kritischen Geschwindigkeit (≈ 3 kn) bedeuten damit positive Tiefenruderauslenkungen das Einleiten eines Abtauchmanövers.

Für die Erreichung des gewünschten Bootskurses wurde ein Endwert errechnet, der als horizontales Balkensymbol 22 von entsprechender Größe zu dem linken Zweig der Skala 7b erscheint, und zwar z. B. ebenfalls in dem Zwischenraum 8 der beiden Koordinatensysteme 6 und 7. Parallel zu diesem Balkensymbol erscheint das zugehörige horizontale Balkensymbol 23 für die Darstellung der momentanen Kurswinkeländerungsrate. Man erkennt, daß diese Änderungsrate zur Zeit noch größer ist als der errechnete Endwert für das Balkensymbol 22.

Im vertikalen Zwischenraum 8 zwischen den beiden Koordinatensystemen 6 und 7 ist gemäß dem schattiert angegebenen Balkensymbol 18 der Endwert für den errechneten Trimmwinkel angegeben. Der momentane Trimmwinkel gemäß dem schwarzen Balkensymbol 19 ist zur Zeit im absoluten Wert etwa vergleichbar mit dem zugehörigen Endwert gemäß dem Symbol 18, besitzt jedoch ein entgegengesetztes Vorzeichen.

Wenn das U-Boot seinen in diesem Fall dreidimensional bestimmten neuen gleichförmigen Bewegungszustand erreicht hat, werden sich die Symbole 15 und 16 wie auch die Balkensymbole 18 und 19 sowie 22 und 23 decken, d. h. das Symbol 15 ist zu dem Symbol 16 gewandert und in diesem aufgegangen, und die Balkensymbole 18 und 19 sowie 22 und 23 liegen nebeneinander und haben die gleiche Länge. Dieser neue Bewegungszustand des U-Bootes wird so lange beibehalten, bis der Kommandant eine neue Fahrtrichtung wünscht.

Patentansprüche

1. Überwachungssystem für den Fahrzustand eines U-Bootes, enthaltend

eine Anzeigeeinrichtung mit einer Monitorfläche für die aus winkelmäßig voneinander beabstandeten Ruderblättern bestehende hintere Ruderanlage des U-Bootes, wobei die Monitorfläche mit mehreren Anzeigefeldern für die Ruderblätter versehen ist und wobei in

- jedem Anzeigefeld die momentane Auslenkungsstellung wenigstens eines Ruderblattes graphisch darstellbar und ablesbar ist und aus denen die jeweilige Richtungsänderung des U-Bootes in Tiefen- und in Seitenrichtung aufgrund der gewählten Ruderblattstellungen erkennbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Monitorfläche (2) der Anzeigeeinrichtung neben den die Ruderanlage betreffenden Einstellenden gleichzeitig wenigstens sowohl Endwerte, die für das Erreichen eines gleichförmigen Bewegungszustandes des U-Bootes vorbestimmt werden, als auch mindestens hierzu gehörenden Momentanwerte der für eine wenigstens zweidimensional bestimmte Fahrrihtungsänderung des U-Bootes maßgeblichen, eingestellten Bedienungsparameter des U-Bootes darstellbar und ablesbar sind.
2. Überwachungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die vorbestimmten Endwerte und wenigstens die wichtigsten Momentanwerte in Form von graphischen Symbolen (13, 15, 16, 18, 19, 22, 23) darstellbar sind und daß den Symbolen entsprechende Skalierungen (7, 8) zugeordnet sind.
 3. Überwachungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich die graphischen Symbole für die Endwerte (16, 18, 22) und die Momentanwerte (15, 19, 23) desselben Einstellungsparameters im wesentlichen gleicher Art sind.
 4. Überwachungssystem nach 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß einige der Skalierungen (6, 7) aus rechtwinkligen Koordinatensystemen auf der Monitorfläche (2) bestehen.
 5. Überwachungssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem Quadrant des rechtwinkligen Koordinatensystems (6) ein mit einer Auslenkskalierung (10) versehenes Anzeigefeld (9) für das zugehörige Ruderblatt der Ruderanlage vorgesehen ist und daß in dem für diese Anzeigefelder (9) vorgesehenen Koordinatensystem (6) in Verbindung mit einem grafischen Symbol (13) die sich aus den in den Anzeigefeldern ablesbaren, tatsächlichen Auslenkstellungen der einzelnen Ruderblätter ergebenden effektiven Tiefen- und Seitenruderwinkel darstellbar und ablesbar sind.
 6. Überwachungssystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Anzeigefeld (9) auch ein graphisches, die gewählte Größe repräsentierendes Symbol (12) für die Sollwert-Einstellung des zugehörigen Ruderblattes aufweist.
 7. Überwachungssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das größtenveränderliche graphische Symbol (12) jedes Anzeigefeldes von dessen Mitte aus in Übereinstimmung mit der entsprechenden Auslenkungsrichtung des zugehörigen Ruderblattes in die eine oder gegenüberliegende Richtung zum Rand des Anzeigefeldes (9) hin startet.
 8. Überwachungssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein rechtwinkliges Koordinatensystem (7) in Verbindung mit größtenveränderlichen, graphischen Symbolen (18, 19) für die Darstellung und Ablesung jeweils des Endwertes und des Momentanwertes sowohl des Trimmwinkels (θ) als auch der Kurswinkeländerungsrate (ψ) vorgesehen ist.
 9. Überwachungssystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Ordinate (7a) des rechtwinkligen Koordinatensystems (7) für den Trimmwinkel (θ) und die Abszisse (7b) des Systems für die Kurswinkeländerungsrate (ψ) vorgesehen ist.
 10. Überwachungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein graphisches Symbol (21) für ein vorderes Tiefenruder vorgesehen ist, dessen Einstellung auf der Ordinate des rechtwinkligen Koordinatensystems (6) für das hintere Tiefenruder ablesbar ist.
 11. Überwachungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß graphische Symbole (15, 16) für die Endwerte und die Momentanwerte der vorgewählten bzw. momentanen Sink- bzw. Steiggeschwindigkeit sowie der Querdriiftgeschwindigkeit des U-Bootes vorgesehen sind, die einer absoluten Tiefenanzeige oder einer Tiefenskala zugeordnet sind.
 12. Überwachungssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Fall, daß mehrere rechtwinklige Koordinatensysteme (6, 7) auf der Monitorfläche vorgesehen sind, die Ordinaten und Abszissen der Koordinatensysteme mit einem gewissen Abstand voneinander angeordnet sind und daß die graphischen Symbole (18, 19, 22, 23) für die Endwerte und die Momentanwerte sowohl des Trimmwinkels (θ) als auch der Kurswinkeländerungsrate (ψ) als Balkensymbole ausgebildet sind und in dem Zwischenraum (8) zwischen den Ordinaten und/oder Abszissen der Koordinatensysteme (6, 7) erscheinen.
 13. Überwachungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens einige der Momentanwerte und/oder der Endwerte auf der Monitorfläche digital (14, 17, 20) anzeigbar sind.

14. Überwachungssystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß Digitalanzeigen (14, 17, 20) für die Momentanwerte von Tauchtiefe, Kurs und Vorausgeschwindigkeit des U-Bootes vorgesehen sind.

5

15. Überwachungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein Trimm- und/oder Gewichtsfehler des U-Bootes nach Erreichen eines gleichförmigen Bewegungszustandes des U-Bootes sofort auf der Monitorfläche (2) darstellbar ist.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

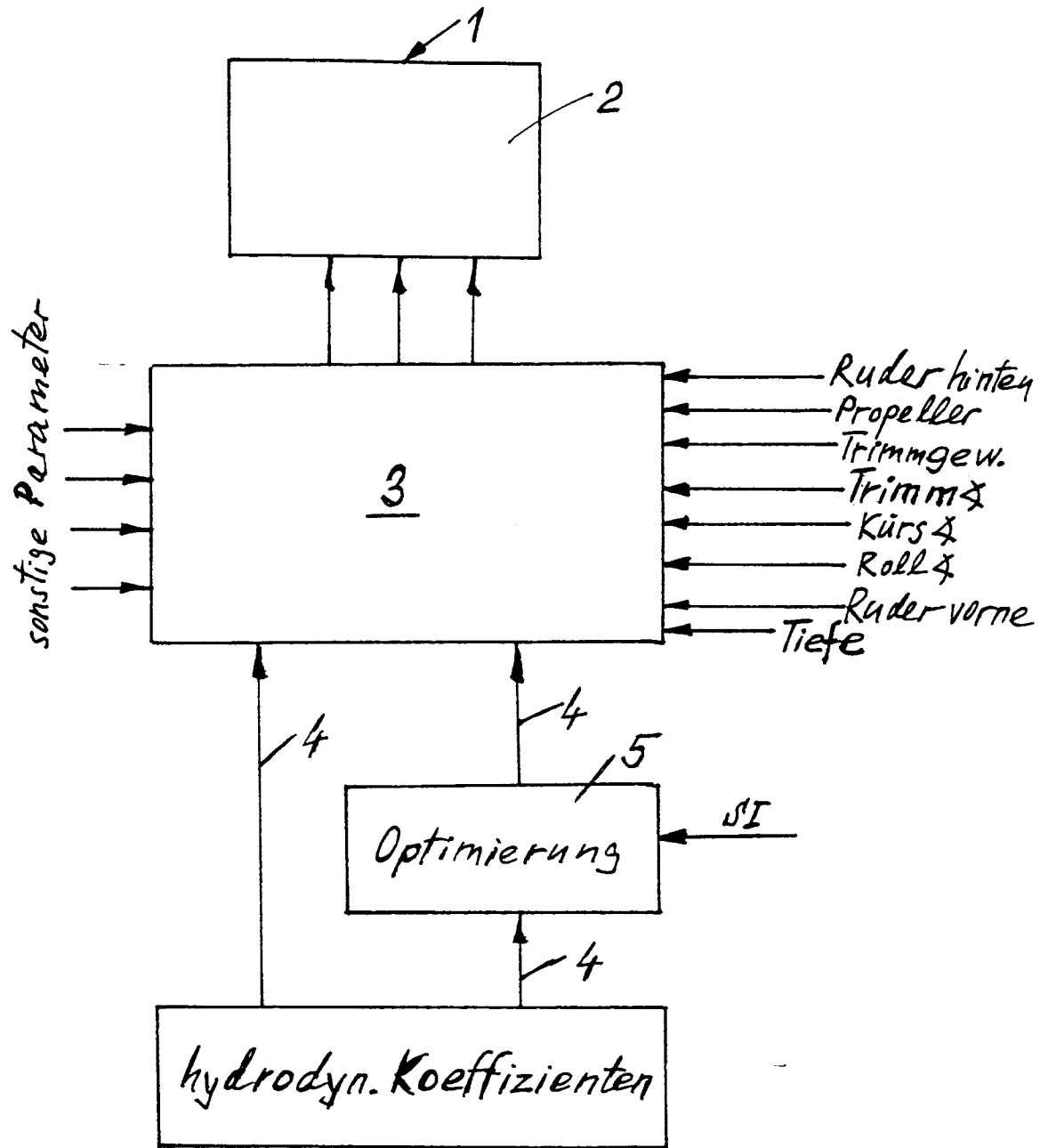
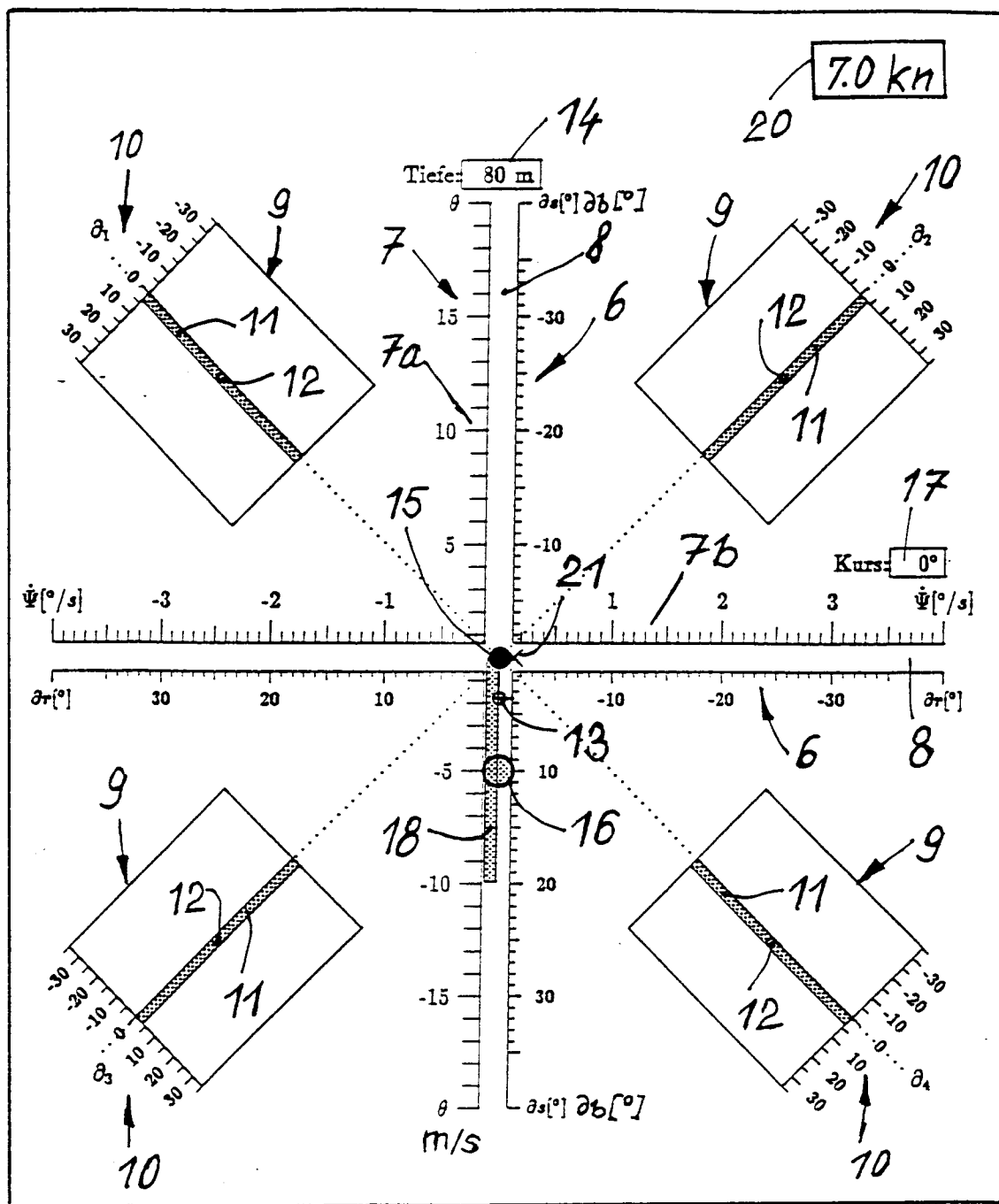


Fig. 1



2

Fig. 2

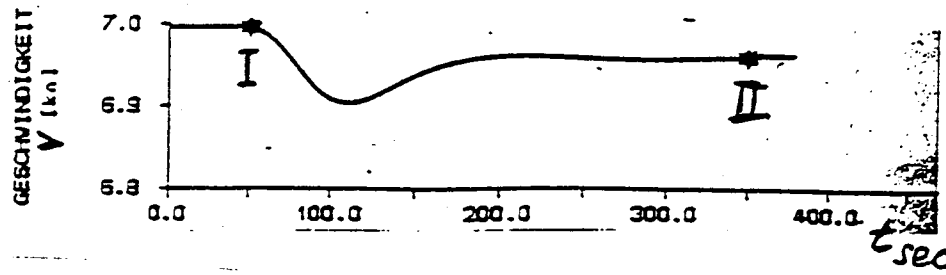
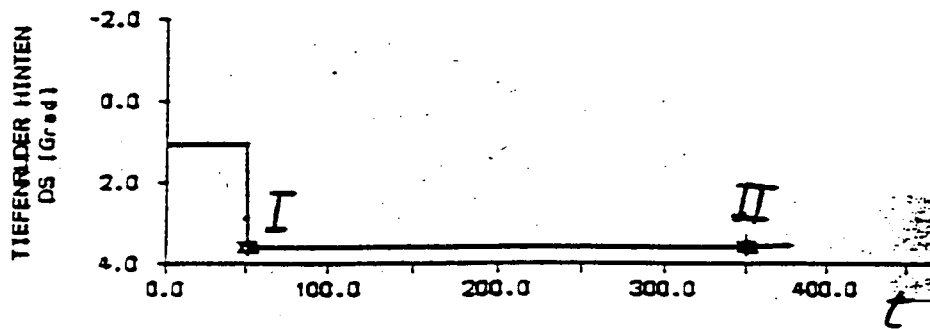
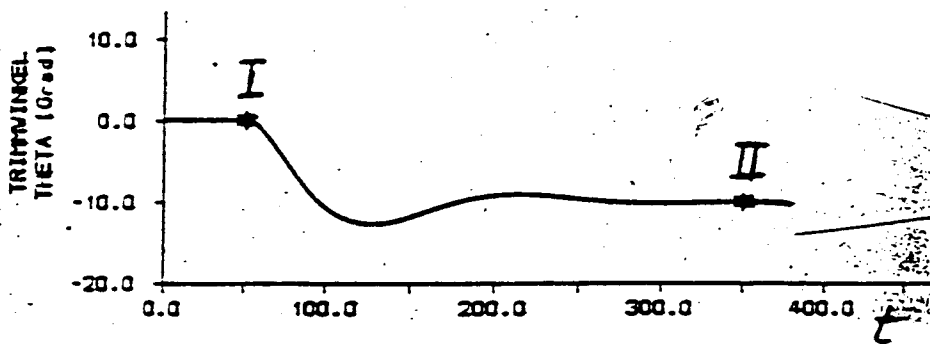


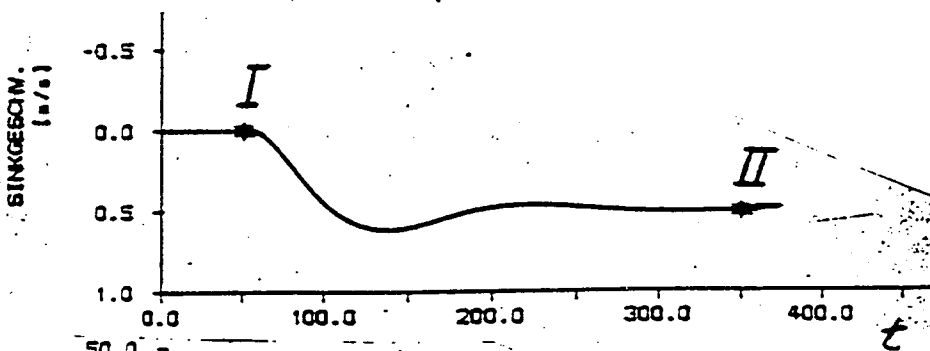
Fig. 3
a



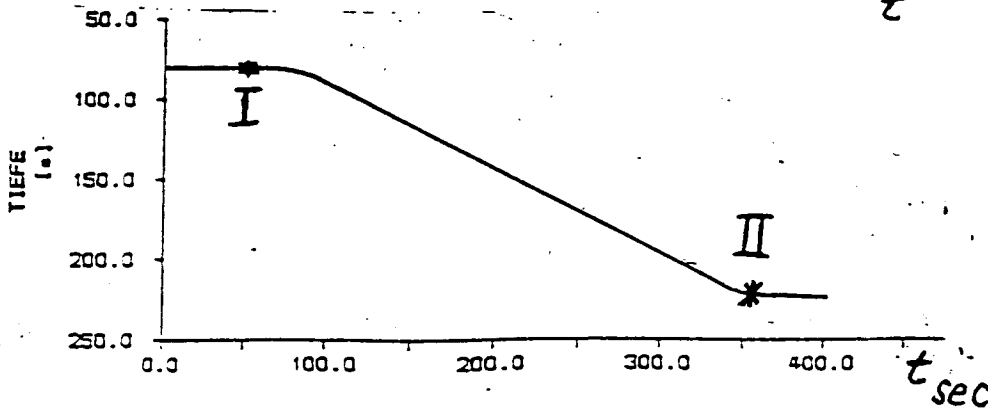
b



c



d



e

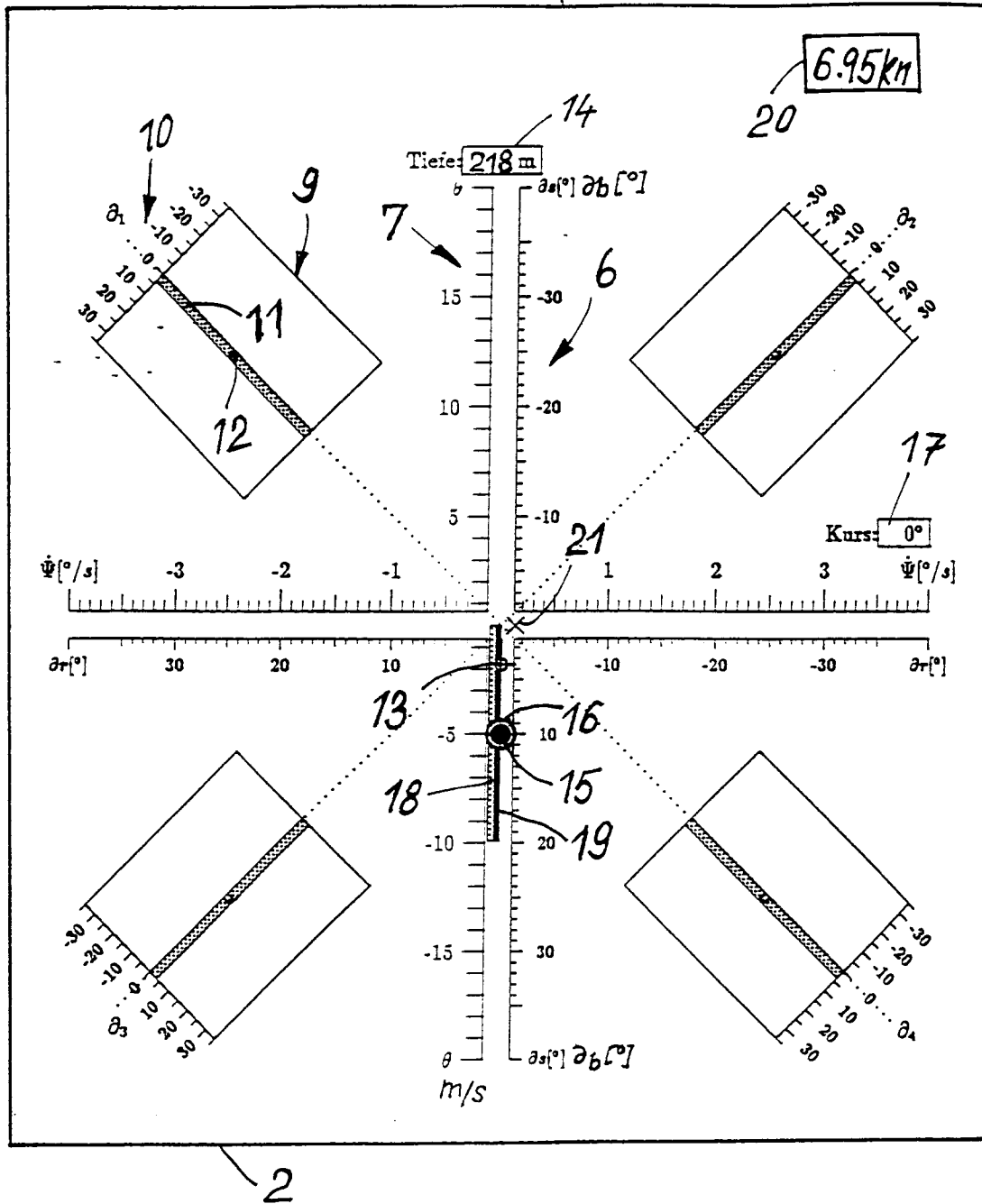


Fig. 4

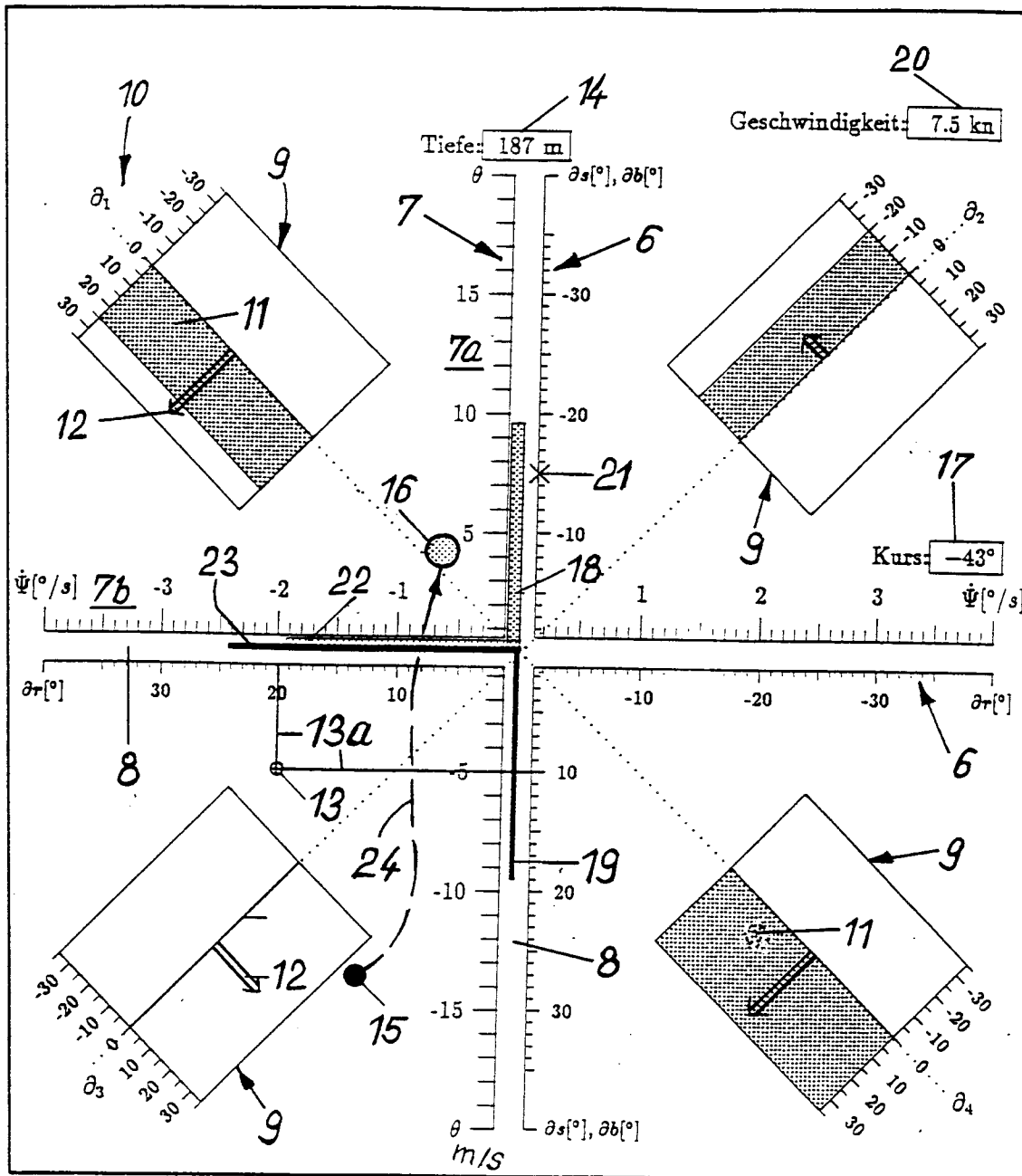


Fig. 5