



(11)

EP 3 387 633 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
26.01.2022 Patentblatt 2022/04

(21) Anmeldenummer: **16816605.6**

(22) Anmeldetag: **07.12.2016**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
G08G 3/00^(2006.01) G08G 3/02^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
G08G 3/00; G08G 3/02

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/080117

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/097848 (15.06.2017 Gazette 2017/24)

(54) **VERFAHREN UND SYSTEM ZUR VERKEHRSVORHERSAGE IN QUERSCHNITTSBESCHRÄNKTEN SEEGBIETEN**

METHOD AND SYSTEM FOR PREDICTING TRAFFIC IN SEA AREAS OF LIMITED CROSS-SECTION

PROCÉDÉ ET SYSTÈME DE PRÉVISIONS DE TRAFIC DANS DES ZONES MARITIMES DÉLIMITÉES

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

(30) Priorität: **10.12.2015 DE 102015224830**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.10.2018 Patentblatt 2018/42

(73) Patentinhaber:
• **Hochschule Wismar 23966 Wismar (DE)**
• **Universität Rostock 18055 Rostock (DE)**

(72) Erfinder:
• **HILGENFELD, Carsten 18069 Rostock (DE)**
• **VOJDANI, Nina 18107 Elmenhorst (DE)**
• **AHN, Manfred 23999 Insel Poel (DE)**

(74) Vertreter: **Seemann & Partner Patentanwälte mbB Raboisen 6 20095 Hamburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2011/027037 WO-A1-2015/127540
JP-B1- 4 047 369 US-A1- 2014 180 566

- **Carsten Hilgenfeld: "Ermittlung der Zusammenhänge von Verkehrsstärke, -dichte und Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer auf internationalen Seewasserstraßen", Forschung, Innovation, Jahresbericht der Hochschule Wismar 2015, 23. Juli 2015 (2015-07-23), Seite 37, XP055358826, Wismar ISBN: 978-3-942100-35-9 Gefunden im Internet: URL:http://www.hs-wismar.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Forschung/HS-Wismar_Forschung-Innovation_2010/150710_FI-Bericht_2015_Sonderausgabe.pdf [gefunden am 2017-03-27]**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 387 633 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur Vorhersage und/oder Steuerung von Schiffsverkehr im Bereich eines querschnittsbeschränkten, insbesondere internationalen, Seegebiets.

[0002] JP 4047369 B1 zeigt ein Verfahren und ein System zur Ermittlung der Ankunftszeit von Schiffen. Dazu wird berücksichtigt, wie lange vorausfahrende Schiffe für bestimmte Streckenabschnitte brauchen.

[0003] WO 2011/027037 A1 zeigt ein Risikoindicationssystem, mittels dessen die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls für eine Kollision oder eine Grundberührung im maritimen Verkehr berechnet wird.

[0004] Der Artikel "Ermittlung der Zusammenhänge von Verkehrsstärke, -dichte und Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer auf internationalen Seewasserstraßen" im Jahresbericht "Forschung und Innovation 2015" der Hochschule Wismar berichtet von einem Projekt zur Analyse der Wechselwirkung zwischen Verkehrsstärke, Verkehrsdichte und Geschwindigkeit auf querschnittsbeschränkten Seeverkehrsstraßen.

[0005] In der Seeschifffahrt treten an querschnittsbeschränkten, quasikanalisierten Engstellen stauähnliche und kanalähnliche Effekte und Symptome auf. Typische Beispiele solcher querschnittsbeschränkter Seegebiete, auch "Internationale querschnittsbeschränkte Seewasserstraßen" genannt, sind die Kadettrinne zwischen Dänemark und der Bundesrepublik Deutschland, das Bornholmsgat zwischen der dänischen Insel Bornholm und Schweden, Bosporus und Dardanellen, die Straße von Hormuz im Persischen Golf oder die Straße von Singapur. Anders als bei der Kadettrinne und der Straße von Singapur handelt es sich beispielsweise bei Bosporus und Dardanellen nicht um ein internationales Gewässer, die "Freiheit der Schifffahrt" gilt aber auch dort. Eine weitere Art von Hindernissen, die zu Querschnittsbeschränkungen in Seegebieten führen, sind Überwasserstrukturen wie beispielsweise Offshore-Windparks.

[0006] Ähnlich wie im Straßenverkehr ist es auch in der Schifffahrt erwünscht, Verzögerungen an entsprechenden Engstellen vorherzusagen und gegebenenfalls zu vermindern oder zu vermeiden. Bisherige Methoden hierzu basieren auf einer Zufluss-Steuerung oder auf erzwungenen Abständen zwischen Seefahrzeugen mit flankierender Geschwindigkeitsbegrenzung. Untersuchungen wurden bisher vor allem zu Wartezeiten und Risk-Analysen für den Verkehr in querschnittsbeschränkten Seegebieten durchgeführt. Publikationen hi-

sa

erzu sind beispielsweise E. Başar, "Investigation Into Marine Traffic And A Risky Area In The Turkish Straits System: Canakkale Strait", Transport 25(1): 5 - 10 (2010), sowie E. Köse et al., "Simulation of marine traffic in Istanbul Strait", Simulation Modelling Practice and Theory 11 (2003) 597 - 608.

[0007] Auch wenn in solchen querschnittsbeschränk-

ten Seegebieten stauähnliche Effekte auftreten können, sind die Verkehrsbedingungen und Messmöglichkeiten doch sehr unterschiedlich zu denen im Straßenverkehr. So gibt es in Seegebieten keine Fahrspuren, in denen Schiffe, die in derselben Richtung durch den kanalisiert bzw. querschnittsbeschränkten Teil unterwegs sind, hintereinander und nebeneinander her fahren. Vielmehr wird ein Verkehrstrennungsgebiet eingerichtet und für jede Richtung nur jeweils eine Spur ausgewiesen, die seitlich jedoch lediglich mit einem weichen Rand begrenzt ist. Innerhalb dieser Spur können die Seefahrzeuge ihren Kurs frei wählen, wobei sie in internationalen Seegebieten nur den Kollisions-Verhütungsregeln (KVR) unterliegen. Schiffe sind auch nicht daran gehindert, in die Gegenspur im Verkehrstrennungsgebiet hinein zu fahren.

[0008] Ferner gibt es in querschnittsbeschränkten Seegebieten keine Messstellen, wie dies etwa bei Straßen in Form von in den Straßenbelag eingelassenen Sensoren oder Induktionsschleifen, Radarsystemen oder an Brücken montierten Sensoren bekannt ist. Daher lassen sich aus dem Straßenverkehr bekannte Konzepte nicht ohne weiteres auf die Verkehrsvorhersage und die Verkehrssteuerung für querschnittsbeschränkte Seegebiete übertragen.

[0009] Demgegenüber liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Vorhersage und/oder die Steuerung von Schiffsverkehr in querschnittsbeschränkten Seegebieten zu verbessern.

[0010] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Vorhersage und/oder Steuerung von Schiffsverkehr im Bereich eines querschnittsbeschränkten, insbesondere internationalen, Seegebiets, gelöst, wobei

a) ein festes Messareal definiert ist oder wird, das einen querschnittsbeschränkten Teil des Seegebiets umfasst,

b) über einen ersten Messzeitraum hinweg AIS-("Automatic Identification System")-Daten von Seefahrzeugen, die das Messareal durchqueren, erfasst werden, insbesondere deren aktuelle Position, Geschwindigkeit und Fahrtrichtung, und aus den erfassten AIS-Daten ein empirisches Modell des Schiffsverkehrs im Messareal erstellt wird,

c) wobei nach Erstellung des empirischen Modells ein Verkehrsvorhersage- und/oder Verkehrssteuerungsbetrieb für einen aktuell stattfindenden Schiffsverkehr durchgeführt wird, in welchem

c1) zunächst anhand von AIS-Daten von Seefahrzeugen, die sich im Messareal befinden und/oder von Seefahrzeugen, die sich dem Messareal nähern, eine zeitliche Entwicklung wenigstens eines Eingabeparameters des Schiffsverkehrs in dem Messareal berechnet, insbesondere extrapoliert, wird, und

c2) anschließend aus dem empirischen Modell, dem als Eingangsgröße der wenigstens eine berechnete Eingabeparameter des Schiffsverkehrs zugeführt wird, wenigstens ein Ausgabeparameter des Schiffsverkehrs im Messareal als Modellantwort extrahiert wird,

wobei der wenigstens eine Eingabeparameter eine prognostizierte maritime Verkehrsdichte D und/oder eine prognostizierte maritime Verkehrsstärke Q ist und der wenigstens eine Ausgabeparameter eine richtungsbezogene Durchschnittsgeschwindigkeit des Schiffsverkehrs im Messareal ist, wobei dem empirischen Modell eine funktionale Abhängigkeit der Durchschnittsgeschwindigkeit von maritimer Verkehrsdichte D und/oder maritimer Verkehrsstärke Q zugrunde liegt, die aus den im ersten Messzeitraum erfassten AIS-Daten berechnet ist.

[0011] Es muss im Rahmen der Erfindung nicht der gesamte querschnittsbeschränkte Teil des Seegebiets im Messareal umfasst sein, es kann bereits ein Abschnitt des querschnittsbeschränkten Teils genügen.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren beruht messtechnisch auf der Erfassung von AIS-Daten, also "Automatic Identification System"-Daten, welche in einem international standardisierten Datenformat unter anderem Informationen über Lage, Kurs und Geschwindigkeit sowie weitere Schiffsdaten umfassen. Diese Daten werden seit 2008 von Seeschiffen verbindlich ausgestrahlt und können von anderen Schiffen im selben Seegebiet empfangen werden. Die AIS-Signale haben eine Reichweite von ca. 20 bis 25 Seemeilen. Das AIS hat gegenüber dem Radar den Vorteil, dass es zusätzliche Informationen über andere Schiffe sowie deren Geschwindigkeits- und Kursänderungen schnell übermittelt. Allerdings senden kleinere See- und Militärfahrzeuge oft kein AIS-Signal aus. Die gesendeten Daten können außerdem lücken- und/oder fehlerbehaftet sein. Dies hängt von der Güte der Schiffssysteme und der Aktualität der Daten in den einzelnen Schiffssystemen ab.

[0013] Die AIS-Daten werden bislang genutzt, um die aktuelle Verkehrssituation durch Navigationssysteme dynamisch anzuzeigen. Solche Schiffsnavigationssysteme sind beispielsweise ARPA-Anlagen ("Automatic Radar Plotting Aid") oder die elektrische Seekarte ECDIS ("Electronic Chart and Information Display").

[0014] Erfindungsgemäß wird nunmehr ein aus längerfristigen Beobachtungen des Verkehrs in dem querschnittsbeschränkten Seegebiet empirisch gewonnenes Modell dazu verwendet, aus aktuellen Gegebenheiten eine Vorhersage über das zukünftige Verkehrsverhalten zu treffen. Aus den AIS-Daten der Seefahrzeuge, die sich dem kanalisierten bzw. querschnittsbeschränkten Teil des Seegebiets nähern, ist recht sicher vorherzusagen, wann diese im Messgebiet eintreffen. Es reichen dann allgemeine Aussagen über die Zusammensetzung des Seeverkehrs in dem querschnittsbeschränkten Teil des Seegebiets, um aus dem empirischen Modell Vorhersagen über weitere Eigenschaften des Verkehrs, beispiels-

weise über eine Durchschnittsgeschwindigkeit, treffen zu können. Eine Betrachtung und Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen Seefahrzeugen ist dabei nicht erforderlich, so dass der Vorhersagezeitraum signifikant gesteigert wird und auf 30 bis 60 Minuten ausgedehnt werden kann.

[0015] Die Berechnung von Wechselwirkungen zwischen Seefahrzeugen kann für eine kürzerfristige Anpassung der Vorhersage bzw. für vorgeschlagene Kurskorrekturen einfließen. Diese beeinflussen aber kaum die allgemeine Verkehrssituation in 30 bis 60 Minuten.

[0016] Ein empirisches Modell ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Näherungsmodell, das aufgrund der historischen AIS-Daten und beobachteten Verkehrszustände gebildet wird. Grundlage des empirischen Modells kann eine ein- oder mehrdimensionale Näherungsfunktion sein, eine Look-Up-Tabelle (LUT) oder ähnliches.

[0017] Die Modellantwort wird vorteilhafterweise als Vorhersage eines zukünftig eintreffenden Werts des Ausgabeparameters einem Seefahrzeug oder dessen Operateur mitgeteilt. Damit wird dem Schiffsführer die Möglichkeit gegeben, die Fahrt seines Seefahrzeugs bereits vor dem Eintreffen in der querschnittsbeschränkten Passage anzupassen und so unter anderem Treibstoff zu sparen.

[0018] Vorteilhafterweise verwendet das Seefahrzeug oder dessen Operateur den vorhergesagten Wert des Ausgabeparameters zur Anpassung eines Betriebszustands des Seefahrzeugs, insbesondere einer Geschwindigkeit oder eines Kurses vor, bei oder nach der Einfahrt in den querschnittsbeschränkten Teil des Seegebiets, insbesondere zur Anpassung an eine vorhergesagte Durchschnittsgeschwindigkeit im querschnittsbeschränkten Teil des Seegebiets. Die Meldung der aus dem empirischen Modell errechneten Vorhersage an die Schiffe bzw. deren Operateure, beispielsweise Kapitän, erster Offizier, Wachoffizier, Navigator oder an ein Navigationssystem des Schiffs, gibt dem Operateur somit nicht nur die Möglichkeit, frühzeitig verlässliche Informationen über Fahrzeiten durch den querschnittsbeschränkten Teil des Seegebiets zu gewinnen, sondern darüber hinaus, frühzeitig Maßnahmen zur Kurs- und Geschwindigkeitskorrektur zur Anpassung an den zu erwartenden Verkehr vornehmen zu können. Eine solche frühzeitige Kurs- oder Geschwindigkeitsänderung ermöglicht Einsparungen von Kraftstoff und CO₂-Emissionen und zu einer besseren Planbarkeit des Kurses.

[0019] Erfindungsgemäß ist der wenigstens eine Eingabeparameter eine prognostizierte maritime Verkehrsdichte und/oder eine prognostizierte maritime Verkehrsstärke und der wenigstens eine Ausgabeparameter eine richtungsbezogene Durchschnittsgeschwindigkeit des Schiffsverkehrs im Messareal, wobei dem empirischen Modell eine funktionale Abhängigkeit der Durchschnittsgeschwindigkeit von maritimer Verkehrsdichte und/oder maritimer Verkehrsstärke zugrunde liegt, die aus den im ersten Messzeitraum erfassten AIS-Daten berechnet ist.

[0020] Bei der funktionalen Abhängigkeit der Durchschnittsgeschwindigkeit von Verkehrsdichte einerseits und/oder Verkehrsstärke andererseits handelt es sich um fundamentale Begriffe und Abhängigkeiten in Verkehrssystemen. Dabei ist die Verkehrsdichte als Anzahl von Fahrzeugen bzw. Seefahrzeugen auf einer festgelegten Fläche definiert, während die Verkehrsstärke die Anzahl von Fahrzeugen ist, die pro Zeiteinheit eine bestimmte Stelle bzw. einen Querschnitt entlang der Messstrecke passieren. Die Verkehrsstärke wird üblicherweise über eine gleitende Zeiteinheit berechnet, beispielsweise eine gleitende Stunde.

[0021] Bei einer beispielhaften Messstrecke mit einer Länge von 10 nautischen Meilen, auf der sich zu einem bestimmten Messzeitpunkt 12 Schiffe aufhalten, die in der gleichen Richtung unterwegs sind, wäre die Verkehrsdichte 1,2 Schiffe pro nautischer Meile. Wenn diese 12 Schiffe zufällig auch innerhalb von 60 Minuten in die Messstrecke eingefahren sind, beträgt die Verkehrsstärke für diese Schiffe dann 12 Schiffe pro Stunde. Die Verkehrsstärke kann aber auch höher oder niedriger sein, abhängig davon, wie viele Schiffe innerhalb der aktuell laufenden Stunde den Referenzpunkt passiert haben. Der gleitende Messzeitraum muss allerdings auch nicht 60 Minuten betragen, sondern kann auch länger oder kürzer sein.

[0022] Der erste Messzeitraum, in dem die Statistik für das empirische Modell zusammengetragen wird, beträgt vorteilhafterweise einige Monate, insbesondere 3 Monate. Dies hängt im Allgemeinen vom Verkehrsaufkommen ab, da die statistische Verlässlichkeit des empirischen Modells mit der Anzahl der erfassten Schiffsbewegungen ansteigt. Im beispielhaften Fall der Kadettrinne hat sich der 3-Monats-Zeitraum als ausreichend erwiesen. Beliebige gewählte 3-Monats-Zeiträume ergeben konsistente Ergebnisse für das empirische Modell.

[0023] Eine vorteilhafte Weiterbildung wird erzielt, wenn die maritime Verkehrsdichte und/oder die maritime Verkehrsstärke in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit, vom Schiffstyp und/oder vom Tiefgang ermittelt wird. So lässt sich die Vorhersage ausdifferenzieren.

[0024] Vorteilhafterweise wird eine Grenzverkehrsdichte und/oder eine Grenzverkehrsstärke ermittelt, ab der die Seefahrzeuge ihre Geschwindigkeit vermindern. Diese Maßnahme beruht auf der Erkenntnis, dass unterhalb einer Grenzverkehrsdichte und/oder Grenzverkehrsstärke die Durchschnittsgeschwindigkeit nicht wesentlich von der Verkehrsdichte oder Verkehrsstärke abhängt, während mit Überschreiten dieses Grenzpunktes ein zunächst sogenannter teilgebundener Verkehrsstrom und schließlich ein gebundener Verkehrsstrom eintritt. Die Ermittlung der Grenzverkehrsdichte und/oder -stärke führt zu einer Vereinfachung des empirischen Modells in diesem Bereich des freien Verkehrsstrom unterhalb des Grenzpunktes, da in diesem Bereich die Durchschnittsgeschwindigkeit im Wesentlichen konstant ist, weil sich Seefahrzeuge im freien Verkehrsstrom in der Regel nicht gegenseitig in ihrer ebenfalls quer-

schnittsbeschränkten designierten Spur behindern.

[0025] Eine vorteilhafte Weiterentwicklung sieht vor, dass das empirische Modell anhand neu hinzukommender AIS-Daten laufend oder in Abständen aktualisiert wird, wobei insbesondere ältere AIS-Daten aus dem empirischen Modell wieder herausfallen oder mit geringerer Gewichtung in das empirische Modell einfließen als neuere AIS-Daten. Auf diese Weise können längerfristige Entwicklungen im Verkehrsverhalten einfließen. Dies können saisonale Effekte sein oder der Effekt, dass ein erfindungsgemäßes Verfahren zu einem verbesserten Kollektivverhalten in der Führung der Seefahrzeuge führt, wodurch Durchsatz und Geschwindigkeit im querschnittsbeschränkten Seegebiet gesteigert werden. Hierfür kann bereits ein relativ geringer Prozentsatz von mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gesteuerten Seefahrzeugen ausreichen. Eine weitere längerfristige Entwicklung ist das sogenannte "Slow Steaming", also das grundsätzliche Verringern der Geschwindigkeit zur Treibstoffersparnis, das in den vergangenen Jahren, insbesondere seit der Schifffahrtskrise seit 2008, verstärkt eingesetzt wird und neben einer Treibstoffkostenreduktion auch zu einer Entzerrung der Fahrpläne der Transportschiffe und damit höherer Planungssicherheit für Umschlagtermine führt.

[0026] Im empirischen Modell werden vorteilhafterweise zusätzlich eine oder mehrere Korrelationen des oder der Ausgabeparameter mit einem oder mehreren Umweltfaktoren, insbesondere Jahreszeit, Tageszeit, Eisgang, Eiswarnungen, Windstärke und/oder Windrichtung und/oder Sichtbedingungen parametrisiert oder die Daten im Modell auf die entsprechenden aktuellen Bedingungen hin gefiltert werden. Die letztgenannte Filterung bedeutet, dass das empirische Modell nur auf die historischen AIS-Daten hin angenähert wird, die den aktuellen Bedingungen im Wesentlichen entsprechen. Dies ermöglicht eine Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit.

[0027] Eine weitere Verbesserung des erfindungsgemäßen Verfahrens ergibt sich, wenn anhand der erfassten AIS-Daten zusätzlich eine Verkehrsstromzusammensetzung vorhergesagt und insbesondere mitgeteilt wird. Damit bekommt ein Schiffsführer weitere Informationen an die Hand, auf deren Grundlage Entscheidungen über eine Kurs- oder Geschwindigkeitsänderung frühzeitig getroffen werden können. So kann es notwendig sein, bei Anwesenheit schwerer oder tiefgangsbehinderter Tanker oder Groß-Containerschiffe, beispielsweise Ultra Large Container Ships (ULCS), in dem querschnittsbeschränkten Seegebiet stärkere Anpassungen zu machen als bei Anwesenheit kleinerer Schiffe.

[0028] Vorteilhafterweise wird anhand der erfassten AIS-Daten zusätzlich eine Pulkbildung vorhergesagt und insbesondere mitgeteilt, indem Abstände und Geschwindigkeit von Seefahrzeugen zueinander ermittelt werden, die in die gleiche Richtung fahren. Pulkbildungen sind auf See im Allgemeinen ungewollte Kollektivphänomene, die es zu vermeiden gilt. Eine frühzeitige Vorhersage

ermöglicht es dann, Kursänderungen oder Geschwindigkeitsänderungen vorzunehmen, um die Pulkbildung oder einen Anschluss an einen Pulk zu vermeiden. Dies führt dann auch zu einer erheblichen Reduzierung der latenten Unfallgefahr, da ein auf einen Pulk auflaufendes Schiff mangels Bremsmöglichkeit hektische Manöver ausführen müsste, die nunmehr vermieden werden können.

[0029] In der Schnittstelle zwischen einer aktuell gemessenen Verkehrssituation im Umfeld des querschnittsbeschränkten Teils des Seegebiets und der Fütterung des empirischen Modells mit diesen Daten werden im Verfahrensschritt c1) vorteilhafterweise relevante Kurse von Seefahrzeugen zur Minimierung von GPS-Störungen aus einer Abfolge von AIS-Daten extrapoliert, insbesondere mit Hilfe von abgewandelten Bezier-Kurven. Damit werden Fehlvorhersagen aufgrund lückenhafter GPS- und/oder AIS-Daten vermieden bzw. minimiert.

[0030] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch durch ein System zur Vorhersage und/oder Steuerung von Schiffsverkehr im Bereich eines querschnittsbeschränkten, insbesondere internationalen, Seegebiets gelöst, wobei das System wenigstens eine zentrale Datenverarbeitungsanlage und wenigstens eine AIS-Datenempfangsvorrichtung, die zum Empfang von AIS-Daten von Seefahrzeugen im Bereich des querschnittsbeschränkten Seegebiets sowie zur Übermittlung empfangener AIS-Daten an die zentrale Datenverarbeitungsanlage ausgebildet und eingerichtet ist, umfasst, in dem die zentrale Datenverarbeitungsanlage zur Durchführung eines zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet und eingerichtet ist.

[0031] Damit sind dem erfindungsgemäßen System die gleichen Merkmale, Vorteile und Eigenschaften zu Eigen wie dem erfindungsgemäßen Verfahren.

[0032] Zentraler Bestandteil des Systems ist eine mit einer AIS-Datenempfangsvorrichtung verbundene zentrale Datenverarbeitungsanlage, also ein Server. Diese zentrale Datenverarbeitungsanlage ist so ausgebildet, also mittels eines Computerprogramms so eingerichtet, dass sie aus AIS-Daten von vorbeiziehenden Schiffen ein empirisches Modell gemäß Verfahrensschritt b) des erfindungsgemäßen Verfahrens erstellt, die aktuellen AIS-Daten gemäß Verfahrensschritt c1) verarbeitet und gemäß Verfahrensschritt c2) anschließend eine passende Modellantwort als Vorhersage berechnet.

[0033] Je nach Größe des zu überwachenden Seegebiets können eine oder mehrere AIS-Datenempfangsstationen, einschließlich AIS-Transceiver, eingangs, entlang und ausgangs des querschnittsbeschränkten Teils des Seegebiets positioniert werden, um eine möglichst große Abdeckung zu erreichen.

[0034] Vorteilhafterweise ist eine in einem Seefahrzeug angeordnete Empfangseinrichtung ausgebildet und eingerichtet, Daten von der zentralen Datenverarbeitungsanlage, insbesondere von einer mit der zentralen Datenverarbeitungsanlage verbundenen Datensens-

devorrichtung, zu empfangen und einem Operateur des Seefahrzeugs anzuzeigen.

[0035] Die Empfangseinrichtung ist vorzugsweise ein Navigationsgerät, eine ARPA-Anlage, eine elektronische Seekarte (ECDIS) oder ein mit dem Internet verbundenes oder verbindbares Mobiltelefon des Operateurs des Seefahrzeugs ist. Letzteres kann beispielsweise mit einer Applikation ("App") versehen sein, die ausgebildet ist, die von der zentralen Datenverarbeitungsanlage ausgesendeten Daten und Vorhersagen anzuzeigen, gegebenenfalls einschließlich Empfehlungen für Kurs- und/oder Geschwindigkeitsänderungen.

[0036] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch durch eine Verwendung von AIS-Daten von Seefahrzeugen, die ein Messareal durchqueren, das einen querschnittsbeschränkten Teil eines, insbesondere internationalen, Seegebiets umfasst, zur Vorhersage und/oder Steuerung von Schiffsverkehr in dem querschnittsbeschränkten Teil des Seegebiets in einem zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren gelöst. Die Verwendung von AIS-Daten sowohl zur langfristigen Modellerstellung als auch zur Extrapolation in die Zukunft zwischen beispielsweise 10 bis 60 Minuten zur Extraktion einer Modellantwort als Vorhersagewert löst das Problem, dass keine fixen Messstellen vorlagen wie im Falle von landbasierten Straßen, als auch dass bislang keine Aussagen über zu erwartende Verkehrsgegebenheiten in 10 bis 60 Minuten getroffen werden konnten.

[0037] Weitere Merkmale der Erfindung werden aus der Beschreibung erfindungsgemäßer Ausführungsformen zusammen mit den Ansprüchen und den beigefügten Zeichnungen ersichtlich. Erfindungsgemäße Ausführungsformen können einzelne Merkmale oder eine Kombination mehrerer Merkmale erfüllen.

[0038] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei bezüglich aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich auf die Zeichnungen verwiesen wird. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Verkehrsdichtekarte der Kadettrinne,
- Fig. 2 eine Definition eines Messareals für die Kadettrinne,
- Fig. 3 eine Karte der Kadettrinne mit übergelegtem Messareal,
- Fig. 4 eine Darstellung einer Anzeige Vorhersage-App,
- Fig. 5 ein schematisches Ablauf-Diagramm,
- Fig. 6 eine Tabelle mit Schiffstypen,

Fig. 7a) - c) beispielhafte Fundamentaldiagramme und

Fig. 8a) - b) Fundamentaldiagramme mit Messwerten zur Abhängigkeit der Geschwindigkeit von maritimer Verkehrsdichte- und -stärke.

[0039] In den Zeichnungen sind jeweils gleiche oder gleichartige Elemente und/oder Teile mit denselben Bezugsziffern versehen, so dass von einer erneuten Vorstellung jeweils abgesehen wird.

[0040] Fig. 1 zeigt einen Kartenausschnitt einer Seekarte 8 der Ostsee zwischen dem dänischen Gedser im Nordwesten (oben links) und dem deutschen Ostseebad Ahrenshoop im Südosten (unten rechts).

[0041] Zwischen diesen Landflächen ist die Ostsee bis auf eine zentrale Rinne, die Kadettrinne K, sehr flach und wird von Norden her vom Gedser Riff R begrenzt. Die Kadettrinne K ist daher für die internationale Hochseeschifffahrt kanalisiert. Der Karte überlagert sind visualisierte Schiffsbewegungen beruhend auf AIS-Daten aus dem März des Jahres 2010. Die Graustufen geben einen Aufschluss über die Häufigkeit von Schiffsbewegungen an bestimmten Stellen, wobei Weiß einzelne bis wenige Daten für einen bestimmten Ort bedeuten und Schwarz alle Punkte sind, die wenigstens 50% der maximal aufgetretenen Häufigkeit bedeuten.

[0042] Deutlich sichtbar sind die Fahrspuren, von denen die nördliche bzw. westliche Spur 2 die südgehende ist, während die südlichere bzw. östlichere Spur 4 die nordgehende ist. Ebenfalls stark sichtbar ist eine kreuzende Fährlinie 6 zwischen Rostock und Gedser. Ferner ist deutlich, dass sich nicht alle Schiffe an die weichen Begrenzungen der Kadettrinne K halten.

[0043] Fig. 2 zeigt eine Definition für ein Messareal 10, das für einen Teil der Kadettrinne K definiert ist. Nördlich und südlich wird es von Verkehrsstärkepunkten bzw. -linien 12, 14 begrenzt. Eine Verkehrsdichte fläche 16 umfasst den gesamten Bereich des Messareals 10 einschließlich des Tiefwasserbereichs 18. Die Messungen werden für nord- und südgehende Seefahrzeuge getrennt vorgenommen.

[0044] In Fig. 3 ist das Messareal 10 der Kadettrinne K überlagert dargestellt, zusammen mit einigen nordgehenden Schiffen 20 sowie Markierungstonnen T, die die Spuren voneinander abgrenzen. Im Messareal 10 befinden sich zu dem dargestellten Zeitpunkt drei Schiffe 20, von denen zwei sich im zentralen Tiefwasserbereich 18 befinden.

[0045] Rechts in Fig. 3 sind beispielhafte Messpunkte in einem Diagramm erfasst, in dem auf der horizontalen Achse eine Verkehrsdichte und auf der vertikalen Achse eine Geschwindigkeit V in kn dargestellt sind. Die Messung verläuft so, dass in jeder Minute für das Vorhandensein der Daten für die nord- und südgehenden Schiffe die Verkehrsdichte bestimmt wird. Jeder stationäre Zustand wird nur einmal erfasst. Sobald sich der stationäre

Zustand ändert, beispielsweise die Anzahl der Schiffe sich ändert, wird ein neuer Messwert erfasst.

[0046] Das Diagramm rechts in Fig. 3 kommt zustande, wenn drei Schiffe mit 20 kn, 15 kn und 10 kn nacheinander in das Messareal 10 einlaufen. Zunächst läuft das vordere Schiff mit 20 kn ein, so dass ein Messpunkt 20kn/1 registriert wird. Es folgt ein zweites Schiff, das mit 15 kn fährt. Da das erste schnelle Schiff noch im Messfeld ist, entstehen die beiden Datenpunkte 20kn/2 und 15kn/2 gleichzeitig. Bevor das letzte und langsamste Schiff mit 10 kn hereinkommt, haben die ersten beiden Schiffe das Messareal 10 bereits verlassen, so dass ein Datenpunkt 10kn/1 hinzukommt.

[0047] In Fig. 4 ist ein Navigations-Display 30 eines beispielhaften erfindungsgemäßen Systems mit einem Geschwindigkeitsprognose-Tool dargestellt. Dabei kann es sich beispielsweise um eine Mobil-App handeln oder um ein Programm auf einem Brücken-PC.

[0048] Im linken Feld ist die bereits zuvor dargestellte Seekarte 8 mit der Kadettrinne K mit aktuell vorhandenen Schiffen 20 und deren projizierten Kuren dargestellt. Auf der rechten Seite ist im oberen Bereich 32 eine erwartete Verkehrsstromzusammensetzung, aufgeteilt in nord- und südgehend und nach Schiffsklassen A bis D für Zeitpunkte in 10, 20 und 30 Minuten dargestellt, im unteren Teil 34 die jeweilige erwartete Geschwindigkeit. Die Verkehrsdichte ist in der nordgehenden Spur recht gering, so dass mit einer weitgehend konstanten Geschwindigkeit zu rechnen ist. In der südgehenden Spur verändert sich die Anzahl der Schiffe in 10, 20 und 30 Minute zwar von zunächst 7 auf erst 5 und dann 8. Gleichzeitig ändert sich die Zusammensetzung jedoch so, dass mehr Schiffe der Klassen C und D hereinkommen, so dass eine deutliche Reduzierung der Geschwindigkeit prognostiziert wird, von 11,9 kn über 11,6 kn auf 10,8 kn in 30 Minuten. Aufgrund dieser Informationen können südgehende Schiffe 20 bereits vor Eintritt in die Kadettrinne K ihre Geschwindigkeit anpassen und sparen daher Energie.

[0049] Fig. 5 stellt schematisch den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens dar. Im im unteren Teil dargestellten Seegebiet 40 nähern sich mehrere Schiffe 20 von links aus einem noch nicht querschnittsbeschränkten Teil einem querschnittsbeschränkten Teil 42 des Seegebiets 40, beispielsweise der Kadettrinne K. Die Schiffe 20 haben dabei unterschiedliche Kurse und Geschwindigkeiten. In dem querschnittsbeschränkten Bereich 42, der in diesem Fall eine internationale querschnittsbeschränkte Seewasserstraße ist, funken alle Schiffe 20 ihre AIS-Signale 50 aus. Diese werden durch eine oder mehrere ortsnahe Basisstationen oder einen zentralen Dienst empfangen (Box 52) und an einen zentralen Rechner weitergeleitet, der daraus beispielsweise die Verkehrsmenge in 10, 20 oder 30 Minuten bis zu Stunden prognostiziert (Box 54). Aus der prognostizierten Verkehrsmenge wird anhand eines empirischen Verkehrsstrommodells eine erwartete Durchschnittsgeschwindigkeit in der jeweiligen Fahrtrichtung ermittelt (Box 56). Dieses empirische Modell wird aus Basisdaten

vergangener Monate gespeist, die in einem Nebenmodul 58 ermittelt werden.

[0050] Die im Schritt 56 ermittelte Durchschnittsgeschwindigkeit oder andere oder weitere Ausgabeparameter, wie eine Verkehrszusammensetzung, werden im Schritt 60 versendet bzw. online verfügbar gemacht.

[0051] Eine auf dem Schiff 20 vorhandene Einheit, beispielsweise ein Mobiltelefon, ein Brücken-PC oder ein Navigationsgerät, empfängt oder ruft im Schritt 62 die zur Verfügung gestellten Daten ab. Gegebenenfalls wird die Geschwindigkeit des Schiffes 20 reduziert, falls die Eigengeschwindigkeit höher als die erwartete Geschwindigkeit ist. Hierdurch spart das Schiff 20 Treibstoff, verringert seinen CO₂-Ausstoß, da es nicht abzubremesen braucht, und vergleichmäßigt den Verkehr in der Spur des querschnittsbeschränkten Abschnitts 42.

[0052] Fig. 6 zeigt beispielhaft die Gruppierung der Schiffstypen in Kategorien A bis D anhand ihres Typs (Frachtschiffe u.ä., Passagierschiffe und Tanker und Spezialschiffe) sowie anhand ihrer Abmaße. Dies sind die Kategorien, die im Beispiel in Fig. 4 zur Angabe der Verkehrszusammensetzungen verwendet wurden.

[0053] Die Fig. 7a), 7b) und 7c) zeigen schematisch Fundamentaldiagramme für den Schiffsverkehr in querschnittsbeschränkten Wasserstraßen.

[0054] In Fig. 7a) ist die maritime Verkehrsdichte D (Kurve 70) in Relation zur Geschwindigkeit in der Einheit Schiffe pro nautische Meile (Nm) dargestellt. Im Bereich sehr kleiner Verkehrsdichten ist der Verkehrsfluss frei (Bezugszeichen 72). Ab einem ersten Grenzwert 73 ist der Verkehr teilgebunden (Bezugszeichen 74), ab einem zweiten Grenzwert 75 als gebundener Verkehrsfluss 76 zu bezeichnen. Die Geschwindigkeit verringert sich im freien Verkehrsfluss 72 nicht, im teilgebundenen Verkehrsfluss 74 wenig, nimmt aber im gebundenen Verkehrsfluss 76 stark ab. Die gestrichelte Linie bedeutet, dass derart hohe Verkehrsdichten noch nicht beobachtet wurden. Theoretisch kann die Geschwindigkeit jedoch die Minimalgeschwindigkeit von 4 kn erreichen, unterhalb derer Schiffe aus schiffahrtstechnischen Gründen manövrierunfähig werden, weil Steuerbewegungen keinen ausreichenden Druck in der Strömung mehr aufbauen, um das Schiff zu drehen.

[0055] In Fig. 7b) ist das Fundamentaldiagramm für die maritime Verkehrsstärke Q in der Einheit Schiffsdurchfahrten am Querschnitt pro Stunde als Kurve 80 dargestellt. Die ersten und zweiten Grenzwerte 73' und 75' sind andere als in Fig. 7a). Insgesamt ist im freien und teilgebundenen Bereich die Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Verkehrsstärke Q weniger ausgeprägt als die von der Verkehrsdichte D. Da die Verkehrsstärke Q aber mit der Verkehrsdichte D zumindest korreliert ist, ist bei noch höheren Verkehrsstärken Q aber auch mit einem starken Abfall der Geschwindigkeit zu rechnen.

[0056] Fig. 7c) zeigt schematisch die Korrelation 90 von maritimer Verkehrsstärke Q zur maritimen Verkehrsdichte D, parametrisiert über die Durchschnittsgeschwin-

digkeit, überlagert mit den Grenzwerten 73 und 75, entsprechend 73' und 75', die die Kurve 90 in die Verkehrsflussabschnitte 72, 74 und 76 für freien, teilgebundenen und gebundenen Verkehrsfluss. Aus einem solchen Diagramm lässt sich bei ausreichender Datenlage die theoretische Kapazitätsgrenze errechnen. Diese ist im Falle der Kadettrinne aber noch nicht erreicht. Die Korrelation ist auch nicht so deutlich, wie sie erscheint, da nur Mittelwerte miteinander verknüpft werden. Eine zeitweilig hohe Verkehrsdichte D zieht in der gleitenden Stunde nicht zwangsläufig eine hohe Verkehrsstärke Q nach sich, da der Verkehrsstrom in der Kadettrinne stark inhomogen ist.

[0057] In Fig. 8a) und Fig. 8b) sind Messwerte einer Auswertung von Verkehrsdichten D und Verkehrsstärken Q über 1766 Tage von 2010 bis 2014 im Messareal 10 der Fig. 2 in der Kadettrinne K gezeigt, wobei Eistage entfernt wurden.

[0058] Die Messungen in Fig. 8a) reichen bis zu 17 Schiffen gleichzeitig in einer Fahrtrichtung im Messareal 10. Die einzelnen Datenpunkte, die hier in Balken zusammengefasst sind, sind so zustande gekommen wie oben zu dem Diagramm in Fig. 3 rechts beschrieben. Die Boxen und Balken bezeichnen in diesem Fall keine Fehlerbalken, sondern Quantilen. Für den ersten Datenpunkt bei D=1 bedeutet dies beispielsweise, dass das unterste Quantil an Messpunkten Geschwindigkeiten zwischen 6 kn und 10,5 kn aufwies, das zweite Quantil Geschwindigkeiten zwischen 10,5 kn und 13 kn, das dritte Quantil Geschwindigkeiten zwischen 13 kn und 15,5 kn und das oberste Quantil Geschwindigkeiten zwischen 15,5 kn und 20,3 kn. Zu hohen Verkehrsdichten D hin nimmt die Häufigkeit der Ereignisse stark ab, ab D=7 waren dies weniger als 100 Ereignisse.

[0059] Durch die Datenbalken sind zur Veranschaulichung der funktionalen Abhängigkeit drei Kurven gezogen, die mit verschiedenen Methoden den Verlauf der Durchschnittsgeschwindigkeit angeben, wobei Ausreißer nicht beachtet wurden. Die oberste Linie bildet ein arithmetisches Mittel 100 der Werte, die untere Linie entspricht einem Fit eines Polynoms durch den Median 104 der Werte, während die mittlere Linie einem Mittelwert 102 des arithmetischen Mittels 100 und des Medians 104 entspricht.

[0060] Dies gilt entsprechend für die Polynome 110, 112 und 114 in Fig. 8b), die ebenso definiert sind wie in Fig. 8a). Im Falle der Verkehrsstärke Q ist der polynomierte aufgrund der relativ geringeren Anzahl von Werten bei Verkehrsstärken Q von 13 oder mehr zu hohen Werten von Q hin relativ schwach begrenzt, so dass die Kurven 110, 112 und 114 zu höheren Werten von Q hin vergleichsweise stark divergieren. Dennoch lässt sich im von Daten unterstützten Bereich eine deutliche Tendenz erkennen.

[0061] Erfindungsgemäße Ausführungsformen sind durch die angehängten Ansprüche definiert. Im Rahmen der Erfindung sind Merkmale, die mit "insbesondere" oder "vorzugsweise" gekennzeichnet sind, als fakultative

Merkmale zu verstehen.

Bezugszeichenliste

[0062]

2	nördliche Spur	5
4	südliche Spur	
6	Fährlinie	
8	Seekarte	10
10	Messareal	
12, 14	Verkehrsstärkelinie	
16	Verkehrsdichtefläche	
18	Tiefwasserbereich	
20	Schiff	15
30	Navigations-Display	
32	erwartete Verkehrsstromzusammensetzung	
34	erwartete Geschwindigkeit	
40	Seegebiet	
42	querschnittsbeschränkter Teil	20
50	AIS-Signale	
52	Empfang der AIS-Signale	
54	Prognose der zukünftigen Verkehrsmenge	
56	Ermittlung einer erwarteten Geschwindigkeit aus empirischem Modell	25
58	Ermittlung von Basisdaten vergangener Monate	
60	Versenden der Daten	
62	Anpassen von Kurs und/oder Geschwindigkeit	30
70	Kurve D	
72	freier Verkehrsfluss	
73, 73'	erster Grenzwert	
74	teilgebundener Verkehrsfluss	
75, 75'	zweiter Grenzwert	35
76	gebundener Verkehrsfluss	
80	Kurve Q	
90	Korrelation von Q mit D	
100	arithmetisches Mittel	
102	Mittelwert	40
104	Median	
110	arithmetisches Mittel	
112	Mittelwert	
114	Median	
D	maritime Verkehrsdichte	45
K	Kadettrinne	
Q	maritime Verkehrsstärke	
R	Gedser Riff	
T	Tonne	50

Patentansprüche

1. Verfahren zur Vorhersage und/oder Steuerung von Schiffsverkehr im Bereich eines querschnittsbeschränkten, insbesondere internationalen, Seegebiets (40), wobei

a) ein festes Messareal (10) definiert ist oder wird, das einen querschnittsbeschränkten Teil (42) des Seegebiets (40) umfasst,
 b) über einen ersten Messzeitraum hinweg AIS-("Automatic Identification System")-Daten von Seefahrzeugen (20), die das Messareal (10) durchqueren, erfasst werden, insbesondere deren aktuelle Position, Geschwindigkeit und Fahrtrichtung, und aus den erfassten AIS-Daten ein empirisches Modell des Schiffsverkehrs im Messareal (10) erstellt wird,
 c) wobei nach Erstellung des empirischen Modells ein Verkehrsvorhersage- und/oder Verkehrssteuerungsbetrieb für einen aktuell stattfindenden Schiffsverkehr durchgeführt wird, in welchem

c1) zunächst anhand von AIS-Daten von Seefahrzeugen (20), die sich im Messareal (10) befinden und/oder von Seefahrzeugen (20), die sich dem Messareal (10) nähern, eine zeitliche Entwicklung wenigstens eines Eingabeparameters des Schiffsverkehrs in dem Messareal (10) berechnet, insbesondere extrapoliert, wird, und
 c2) anschließend aus dem empirischen Modell, dem als Eingangsgröße der wenigstens eine berechnete Eingabeparameter des Schiffsverkehrs zugeführt wird, wenigstens ein Ausgabeparameter des Schiffsverkehrs im Messareal als Modellantwort extrahiert wird,

wobei der wenigstens eine Eingabeparameter eine prognostizierte maritime Verkehrsdichte D und/oder eine prognostizierte maritime Verkehrsstärke Q ist und der wenigstens eine Ausgabeparameter eine richtungsbezogene Durchschnittsgeschwindigkeit des Schiffsverkehrs im Messareal (10) ist, wobei dem empirischen Modell eine funktionale Abhängigkeit der Durchschnittsgeschwindigkeit von maritimer Verkehrsdichte D und/oder maritimer Verkehrsstärke Q zugrunde liegt, die aus den im ersten Messzeitraum erfassten AIS-Daten berechnet ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Modellantwort als Vorhersage eines zukünftig eintreffenden Werts des Ausgabeparameters einem Seefahrzeug (20) oder dessen Operateur mitgeteilt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Seefahrzeug (20) oder dessen Operateur den vorhergesagten Wert des Ausgabeparameters zur Anpassung eines Betriebszustands des Seefahrzeugs (20) verwendet, insbesondere einer Geschwindigkeit oder eines Kurses vor, bei oder nach der Einfahrt in den querschnittsbeschränkten

Teil (42) des Seegebiets (40), insbesondere zur Anpassung an eine vorhergesagte Durchschnittsgeschwindigkeit im querschnittsbeschränkten Teil des Seegebiets (42).

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die maritime Verkehrsdichte D und/oder die maritime Verkehrsstärke Q in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit, vom Schiffstyp und/oder vom Tiefgang ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Grenzverkehrsdichte und/oder eine Grenzverkehrsstärke ermittelt wird, ab der die Seefahrzeuge (20) ihre Geschwindigkeit vermindern.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das empirische Modell anhand neu hinzukommender AIS-Daten laufend oder in Abständen aktualisiert wird, wobei insbesondere ältere AIS-Daten aus dem empirischen Modell wieder herausfallen oder mit geringerer Gewichtung in das empirische Modell einfließen als neuere AIS-Daten.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** im empirischen Modell eine oder mehrere Korrelationen des oder der Ausgabeparameter mit einem oder mehreren Umweltfaktoren, insbesondere Jahreszeit, Tageszeit, Eisgang, Eiswarnungen, Windstärke und/oder Windrichtung und/oder Sichtbedingungen parametrisiert werden oder die Daten im Modell auf die entsprechenden aktuellen Bedingungen hin gefiltert werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** anhand der erfassten AIS-Daten zusätzlich eine Verkehrsstromzusammensetzung vorhergesagt und insbesondere mitgeteilt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** anhand der erfassten AIS-Daten zusätzlich eine Pulkbildung vorhergesagt und insbesondere mitgeteilt wird, indem Abstände und Geschwindigkeit von Seefahrzeugen (20) zueinander ermittelt werden, die in die gleiche Richtung fahren.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Verfahrensschritt c1) relevante Kurse von Seefahrzeugen (20) zur Minimierung von GPS-Störungen aus einer Abfolge von AIS-Daten extrapoliert werden, insbesondere mit Hilfe von abgewandelten Bezier-Kurven.

11. System zur Vorhersage und/oder Steuerung von Schiffsverkehr im Bereich eines querschnittsbeschränkten, insbesondere internationalen, Seegebiets (40), mit wenigstens einer zentralen Datenverarbeitungsanlage und wenigstens einer AIS-Datenempfangsvorrichtung, die zum Empfang von AIS-Daten von Seefahrzeugen (20) im Bereich des querschnittsbeschränkten Seegebiets (40) sowie zur Übermittlung empfangener AIS-Daten an die zentrale Datenverarbeitungsanlage ausgebildet und eingerichtet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zentrale Datenverarbeitungsanlage zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgebildet und eingerichtet ist.

12. System nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine in einem Seefahrzeug (20) angeordnete Empfangseinrichtung ausgebildet und eingerichtet ist, Daten von der zentralen Datenverarbeitungsanlage, insbesondere von einer mit der zentralen Datenverarbeitungsanlage verbundenen Datensendevorrichtung, zu empfangen und einem Operateur des Seefahrzeugs (20) anzuzeigen.

13. System nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Empfangseinrichtung ein Navigationsgerät, eine ARPA-Anlage, ein elektronische Seekarte (ECDIS) oder ein mit dem Internet verbundenes oder verbindbares Mobiltelefon des Operateurs des Seefahrzeugs (20) ist.

14. Verwendung von AIS-Daten von Seefahrzeugen, die ein Messareal durchqueren, das einen querschnittsbeschränkten Teil eines, insbesondere internationalen, Seegebiets (40) umfasst, zur Vorhersage und/oder Steuerung von Schiffsverkehr in dem querschnittsbeschränkten Teil (42) des Seegebiets (40) in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

Claims

1. A method for predicting and/or controlling shipping traffic in the region of a sea area (40), in particular an international sea area, of limited cross-section, wherein
 - a) a fixed measurement zone (10) is or will be defined, which comprises a part (42) of the sea area (40) of limited cross-section,
 - b) AIS ("Automatic Identification System") data of vessels (20) that cross the measurement zone (10) are captured over a first measurement time span, in particular the current position, speed and direction of travel thereof, and an empirical model of the shipping traffic in the measurement zone (10) is created from the captured AIS data,

c) wherein, after the empirical model has been created, a traffic prediction operation and/or traffic control operation is/are performed for currently occurring shipping traffic, in which

c1) a temporal development of at least one input parameter of the shipping traffic in the measurement zone (10) is first calculated, in particular extrapolated, on the basis of AIS data of vessels (20) in the measurement zone (10) and/or of vessels (20), approaching the measurement zone (10), and c2) then, from the empirical model, to which the at least one calculated input parameter of the shipping traffic is supplied as an input variable, at least one output parameter of the shipping traffic in the measurement zone is extracted as a model response,

wherein the at least one input parameter is a forecast maritime traffic density D and/or a forecast maritime traffic volume Q and the at least one output parameter is a direction-based average speed of the shipping traffic in the measurement zone (10), wherein a functional dependency of the average speed of the maritime traffic density D and/or maritime traffic volume Q, which is calculated from the AIS data captured in the first measurement time span, forms the basis of the empirical model.

2. The method according to Claim 1, **characterized in that** the model response is communicated as a prediction of a future incoming value of the output parameter to a vessel (20) or the operator thereof.
3. The method according to Claim 2, **characterized in that** the vessel (20) or the operator thereof uses the predicted value of the output parameter in order to adapt an operating condition of the vessel (20), in particular a speed or a course before, during or after entry into the part (42) of the sea area (40) of limited cross-section, in particular for adapting to a predicted average speed in the part of the sea area (42) of limited cross-section.
4. The method according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the maritime traffic density D and/or the maritime traffic volume Q is determined depending on the speed, the type of ship and/or the draft.
5. The method according to any one of Claims 1 to 4, **characterized in that** a boundary traffic density and/or a boundary traffic volume is determined, as of which the vessels (20) reduce their speed.
6. The method according to any one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the empirical model is updated

on the basis of newly added AIS data continuously or at intervals, wherein in particular older AIS data drop out of the empirical model again or are incorporated into the empirical model with lesser weighting than newer AIS data.

7. The method according to any one of Claims 1 to 6, **characterized in that** in the empirical model one or more correlations of the output parameter(s) are parametrized with one or more environmental factors, in particular the season, time of day, ice flow, ice warnings, wind strength and/or wind direction and/or visibility conditions, or the data in the model are filtered for the corresponding current conditions.
8. The method according to any one of Claims 1 to 7, **characterized in that** a traffic flow composition is additionally predicted and in particular communicated on the basis of the captured AIS data.
9. The method according to any one of Claims 1 to 8, **characterized in that** bunching is additionally predicted on the basis of the captured AIS data and in particular communicated, **in that** the distances and speed of vessels (20) travelling in the same direction are determined with respect to one another.
10. The method according to any one of Claims 1 to 9, **characterized in that** in the method step c1) relevant courses of vessels (20) are extrapolated from a sequence of AIS data, in particular with the aid of modified Bezier curves, in order to minimize GPS faults.
11. A system for predicting and/or controlling shipping traffic in the region of a sea area (40), in particular an international sea area, of limited cross-section, having at least one central data processing system and at least one AIS data receiving device which is configured and designed to receive AIS data of vessels (20) in the region of the sea area (40) of limited cross-section and to transmit received AIS data to the central data processing system, **characterized in that** the central data processing system is configured and designed to perform a method according to any one of Claims 1 to 9.
12. The system according to Claim 11, **characterized in that** a receiving device arranged in a vessel (20) is configured and designed to receive data from the central data processing system, in particular from a data sending device connected to the central data processing system, and to display said data to an operator of the vessel (20).
13. The system according to Claim 12, **characterized in that** the receiving device is a navigation unit, an ARPA system, an electronic marine chart (ECDIS)

or a mobile telephone of the operator of the vessel (20), which is or can be connected to the internet.

14. Use of AIS data of vessels that cross a measurement zone which comprises a part of a sea area (40), in particular an international sea area, of limited cross-section for predicting and/or controlling shipping traffic in the part (42) of the sea area (40) of limited cross-section in a method according to any one of Claims 1 to 9.

Revendications

1. Procédé de prévision et/ou de contrôle du trafic maritime dans une zone maritime (40) à section limitée, en particulier internationale, dans lequel

a) une zone de mesure fixe (10) est définie ou apte à être définie, qui comprend une partie à section limitée (42) de la zone maritime (40),
 b) les données AIS (Automatic Identification System) des navires (20) traversant la zone de mesure (10) sont enregistrées pendant une première période de mesure, en particulier leur position actuelle, leur vitesse et leur direction de déplacement, et un modèle empirique du trafic de navires dans la zone de mesure (10) est créé à partir des données AIS enregistrées ;
 c) après que le modèle empirique ait été créé, une opération de prévision de trafic et/ou de contrôle de trafic est effectuée pour un trafic maritime en cours, dans lequel

c1) une évolution dans le temps d'au moins un paramètre d'entrée du trafic maritime dans la zone de mesure (10) est tout d'abord calculé, en particulier extrapolé, sur la base de données AIS de navires (20) qui se trouvent dans la zone de mesure (10) et/ou de navires (20) qui s'approchent de la zone de mesure (10), et

c2) ensuite, au moins un paramètre de sortie du trafic maritime dans la zone de mesure est extrait, en tant que réponse de modèle, du modèle empirique auquel ledit au moins un paramètre d'entrée calculé du trafic maritime est fourni en tant que variable d'entrée,

ledit au moins un paramètre d'entrée étant une densité de trafic maritime prédite D et/ou un volume de trafic maritime prédit Q, et ledit au moins un paramètre de sortie étant une vitesse moyenne directionnelle du trafic maritime dans la zone de mesure (10), le modèle empirique étant basé sur une dépendance fonctionnelle de la vitesse moyenne par rapport à la densité de trafic maritime D et/ou au volume de trafic

maritime Q, qui est calculée à partir des données AIS acquises pendant la première période de mesure.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la réponse du modèle est communiquée à un navire (20) ou à son opérateur comme une prévision d'une valeur entrante future du paramètre de sortie.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le navire (20) ou son opérateur utilise la valeur prédite du paramètre de sortie pour adapter un état de fonctionnement du navire (20), en particulier une vitesse ou un cap avant, au moment, après l'entrée dans la partie à section limitée (42) de la zone maritime (40), en particulier pour s'adapter à une vitesse moyenne prédite dans la partie à section limitée (42) de la zone maritime.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la densité de trafic maritime D et/ou l'intensité de trafic maritime Q est déterminée en fonction de la vitesse, du type de navire et/ou du tirant d'eau.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'on détermine une densité de trafic limite et/ou une intensité de trafic limite, au-delà de laquelle les navires marins (20) réduisent leur vitesse.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le modèle empirique est mis à jour en continu ou à intervalles réguliers sur la base de données AIS nouvellement ajoutées, en particulier des données AIS plus anciennes du modèle empirique ne sont pas reprises ou entrent dans le modèle empirique avec une pondération moindre que les données AIS plus récentes.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'**une ou plusieurs corrélations du ou des paramètres de sortie avec un ou plusieurs facteurs environnementaux, notamment la saison, l'heure de la journée, les conditions de glace, les avertissements sur la glace, la force et/ou la direction du vent et/ou les conditions de visibilité sont paramétrées dans le modèle empirique, ou les données du modèle sont filtrées pour les conditions actuelles correspondantes.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'**une composition de flux de trafic est en outre prédite et notamment communiquée sur la base des données AIS acquises.
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'**une formation d'impulsions est

en outre prédite et, en particulier, communiquée sur la base des données AIS acquises en déterminant les distances et les vitesses des navires marins (20) les uns par rapport aux autres qui se déplacent dans la même direction.

5

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que**, dans l'étape c1) du procédé, des trajectoires pertinentes de navires marins (20) sont extrapolées à partir d'une séquence de données AIS afin de minimiser les interférences GPS, en particulier à l'aide de courbes de Bézier modifiées. 10

11. Système de prévision et/ou de contrôle du trafic maritime dans une zone maritime (40) à section limitée, en particulier internationale, comprenant au moins un système central de traitement des données et au moins un dispositif de réception de données AIS, qui est conçu et configuré pour recevoir des données AIS de navires marins (20) dans la zone maritime (40) à section limitée et pour transmettre les données AIS reçues au système central de traitement des données, **caractérisé en ce que** le système central de traitement des données est conçu et configuré pour mettre en œuvre un procédé selon l'une des revendications 1 à 9. 15
20
25

12. Système selon la revendication 11, **caractérisé en ce qu'un** dispositif de réception agencé dans un navire marin (20) est construit et agencé pour recevoir des données du système central de traitement de données, en particulier d'un dispositif de transmission de données connecté au système central de traitement de données, et pour afficher les données à un opérateur du navire marin (20). 30
35

13. Système selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le dispositif de réception est un appareil de navigation, un équipement ARPA, une carte maritime électronique (ECDIS) ou un téléphone mobile de l'opérateur du navire (20) connecté ou apte à être connecté à Internet. 40

14. Utilisation de données AIS de navires marins qui traversent une zone de mesure comprenant une partie d'une zone maritime (40) à section limitée, en particulier une zone maritime internationale, pour une prévision et/ou un contrôle du trafic de navires dans la partie délimitée (42) de la zone maritime (40), par un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9. 45
50

55

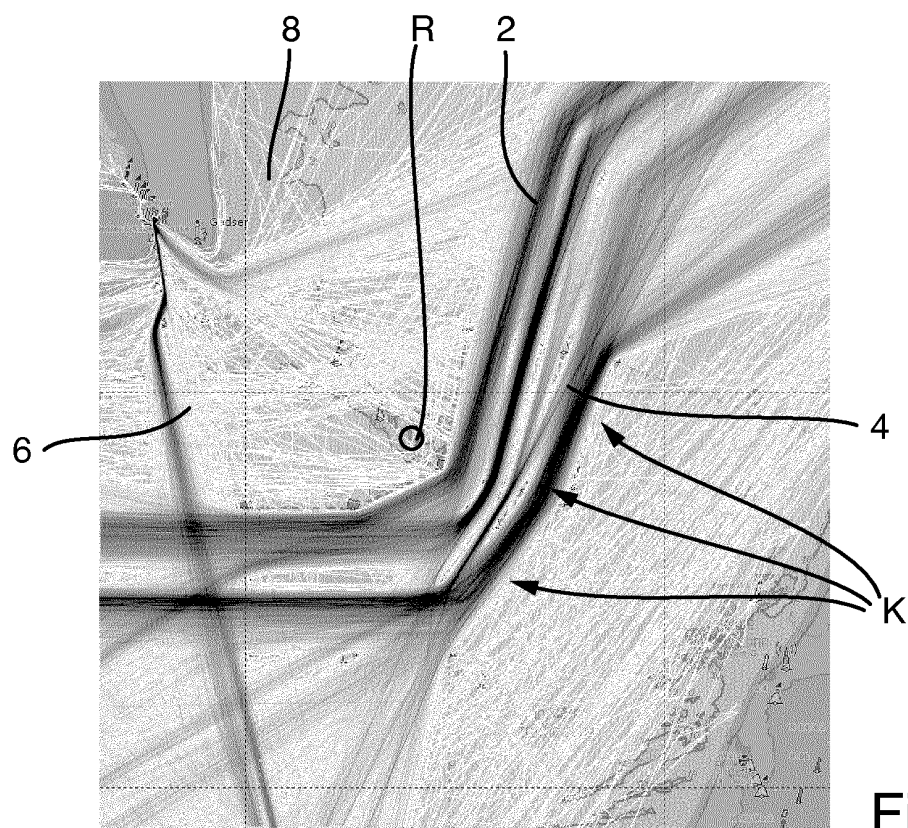


Fig. 1

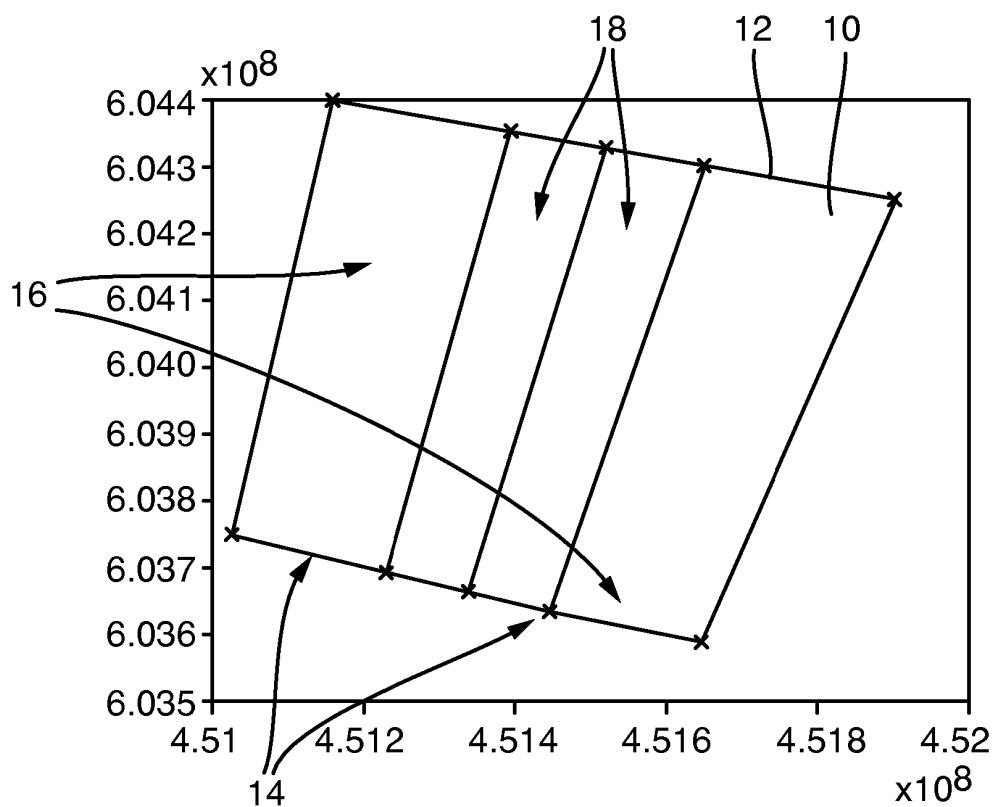


Fig. 2

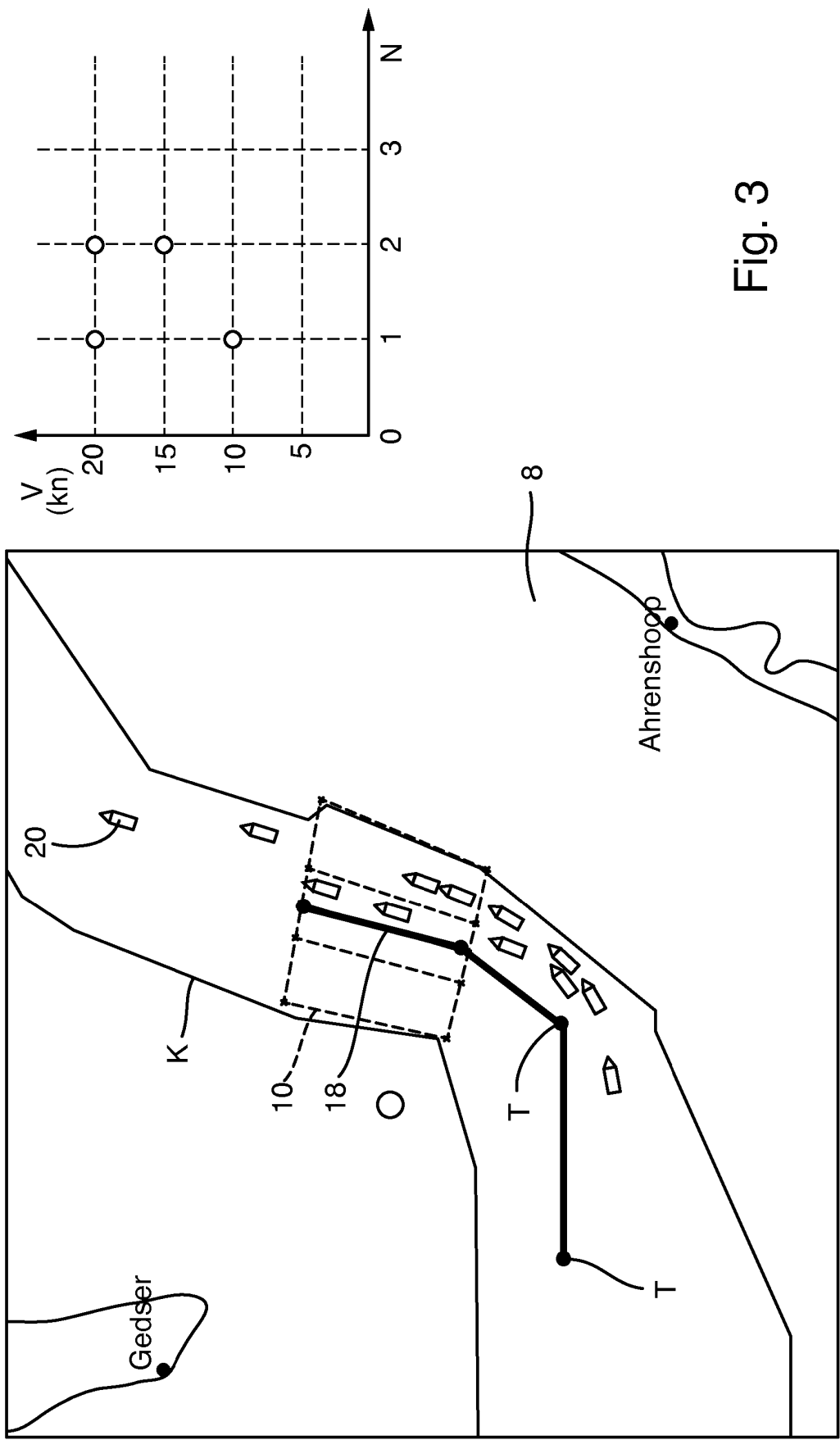


Fig. 3

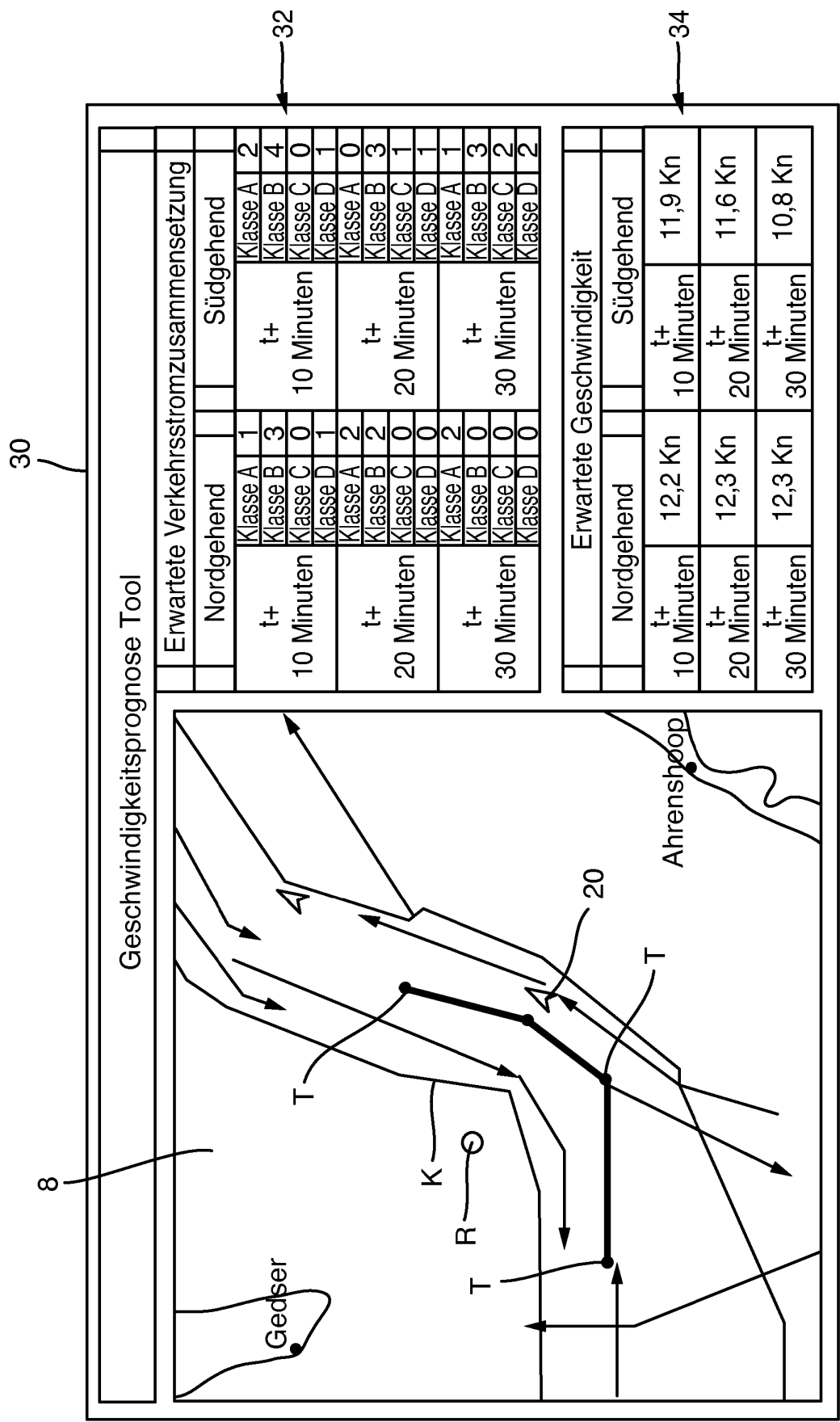


Fig. 4

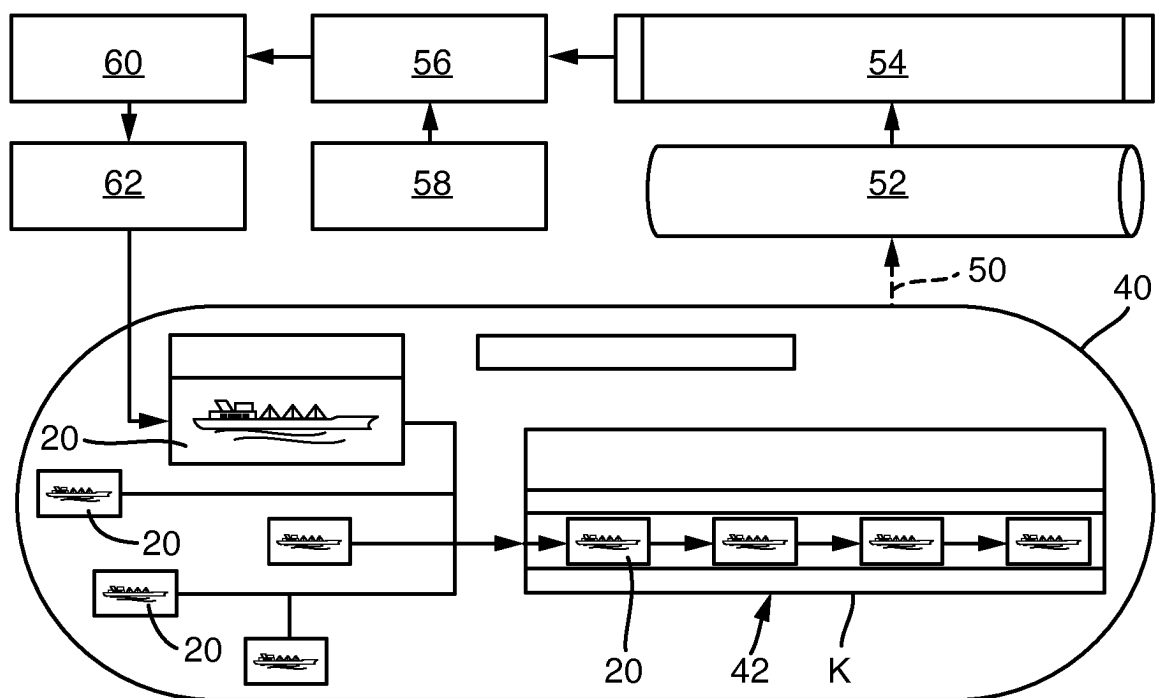


Fig. 5

Länge	Breite	Gruppe 1: Frachtschiffe & u.B.	Gruppe 2: Passagierschiffe	Gruppe 3: Tanker & Spezialschiffe
< 50m	< 11m	A	B	B
< 50m	> 11m	A	B	B
50-100m	< 11m	A	B	C
50-100m	> 11m	B	C	C
100-200m	< 11m	B	C	C
100-200m	> 11m	C	C	D
		D	D	D

Fig. 6

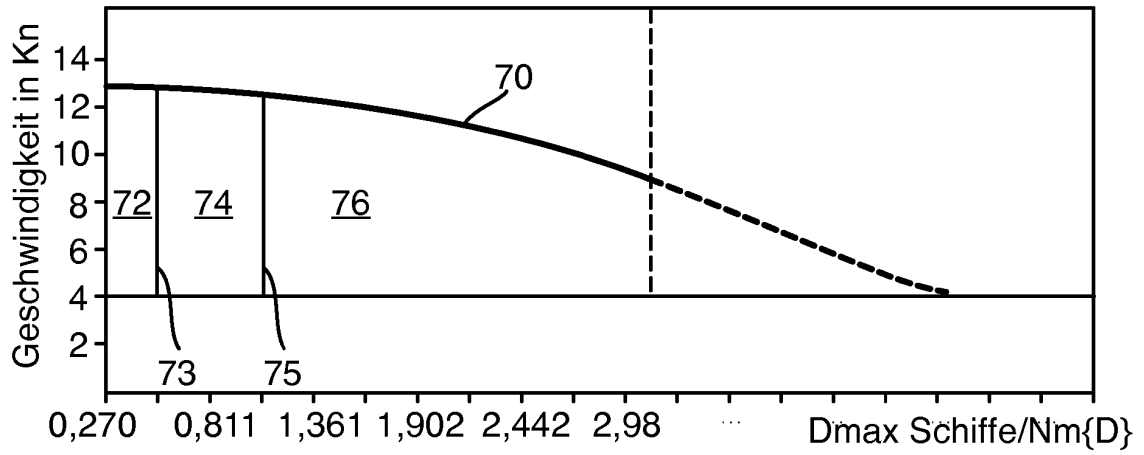


Fig. 7a

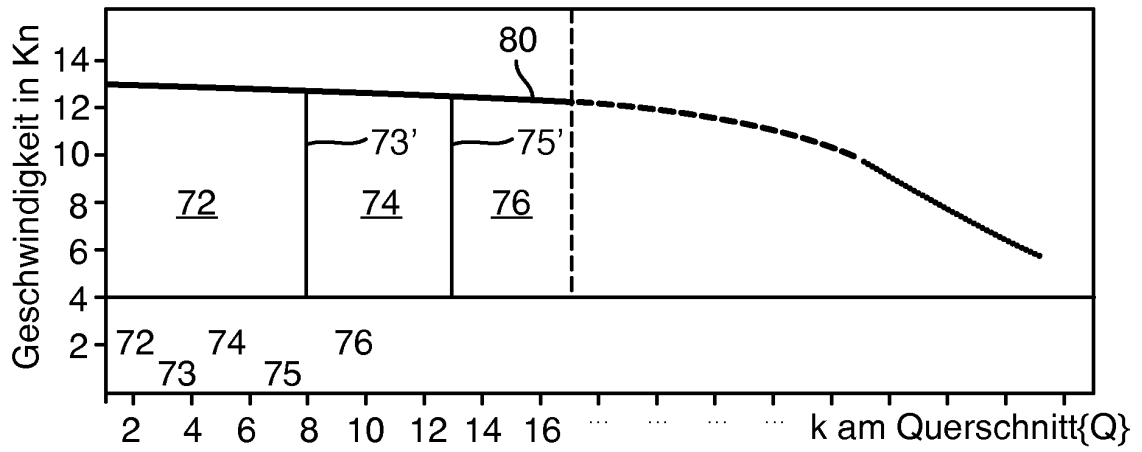


Fig. 7b

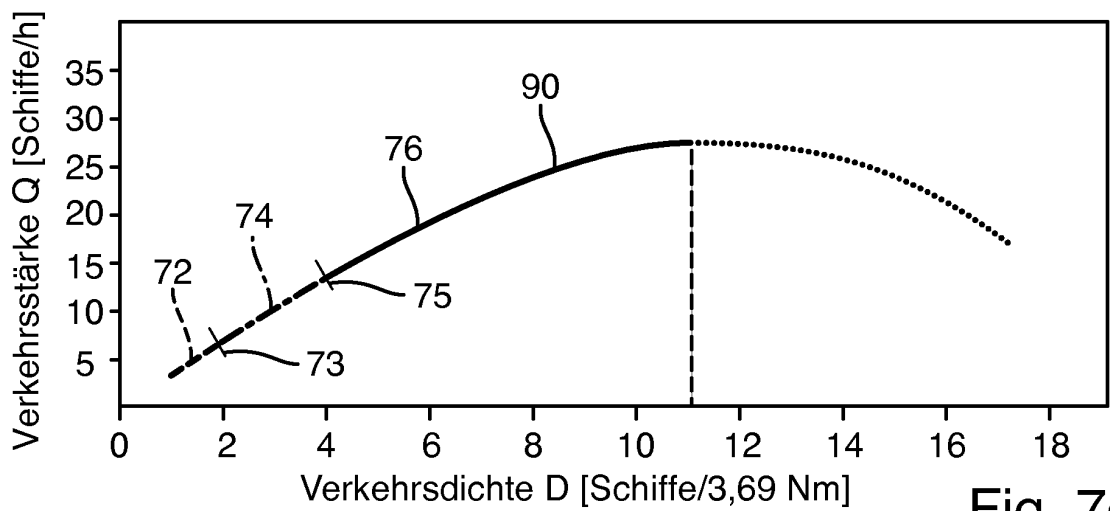


Fig. 7c

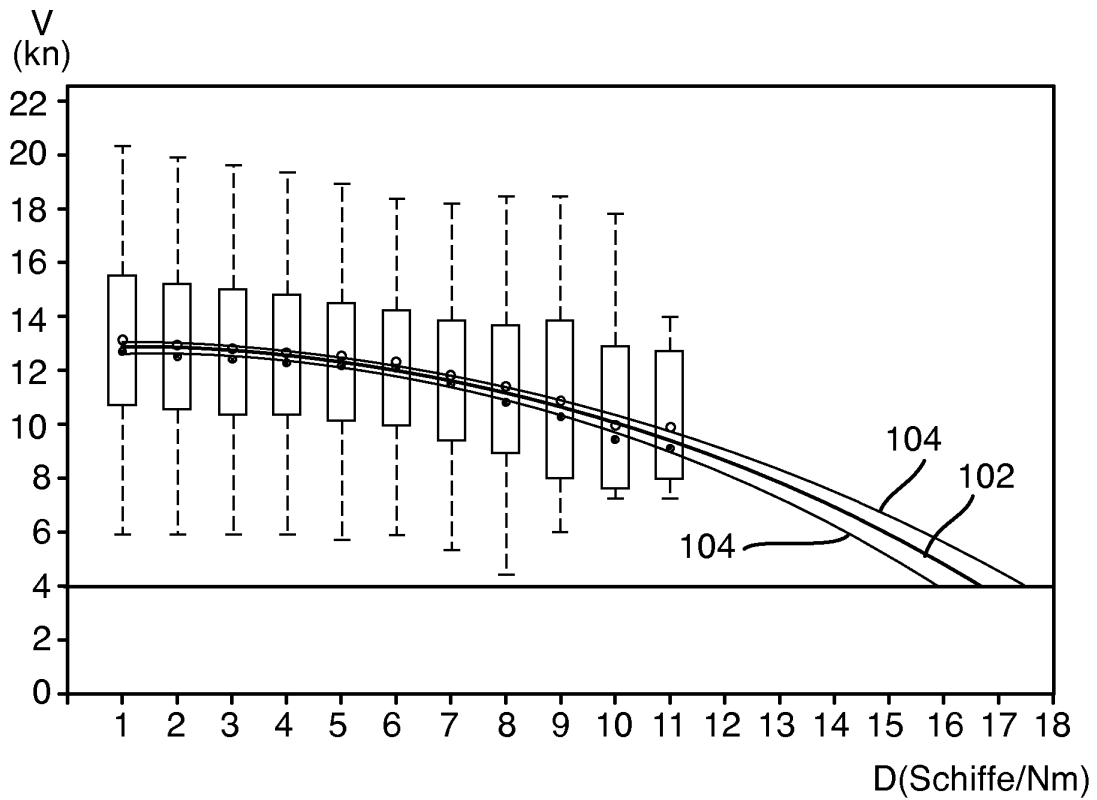


Fig. 8a

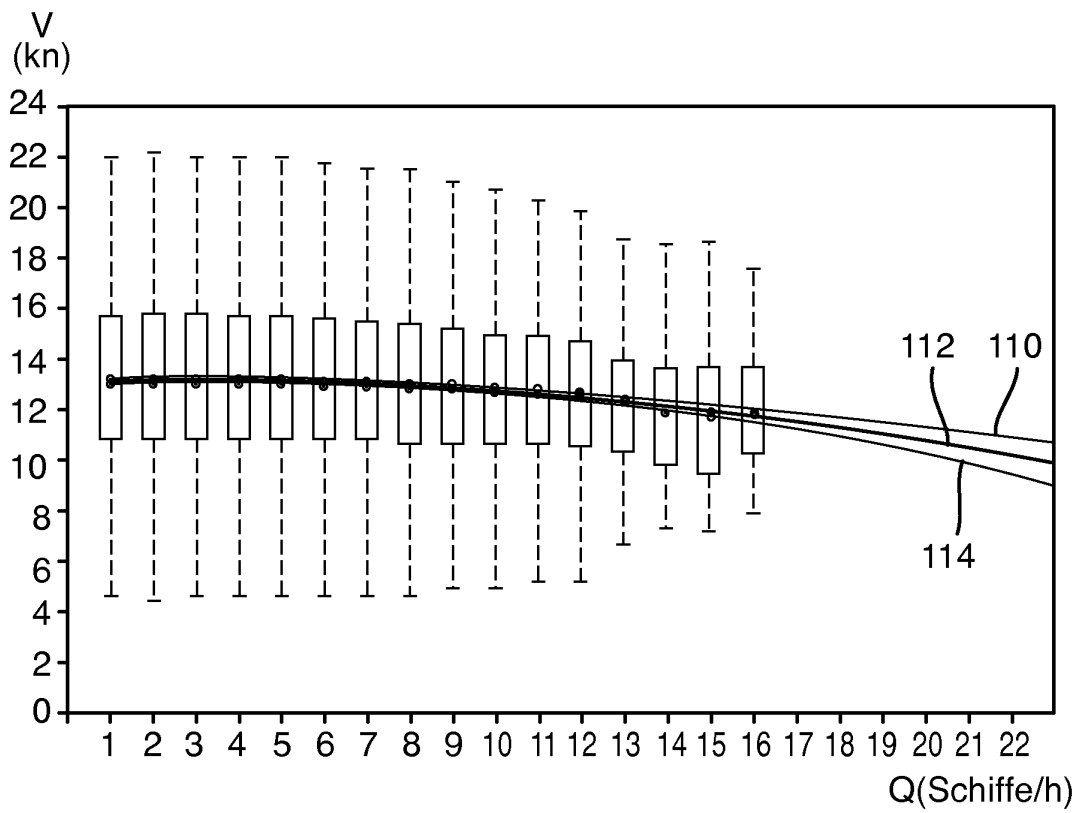


Fig. 8b

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- JP 4047369 B [0002]
- WO 2011027037 A1 [0003]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **E. BAAR.** Investigation Into Marine Traffic And A Risky Area In The Turkish Straits System: Canakkale Strait. *Transport*, 2010, vol. 25 (1), 5-10 [0006]
- **E. KÖSE et al.** Simulation of marine traffic in Istanbul Strait. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 2003, vol. 11, 597-608 [0006]