

Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen von Zielparametern

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen von Zielparametern durch richtungsselektiven Empfang von Schallwellen der im Oberbegriff von Anspruch 1 genannten Art sowie einer entsprechenden Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 10.

- 5 Zum Bestimmen von Zielparametern, insbesondere zum passiven Bestimmen, werden in der Sonartechnik Sensoren zum richtungsselektiven Empfang von Schallwellen eingesetzt. Dabei wird unter einem Sensor eine hydroakustische Empfangsantenne verstanden, welche sich auf einem Trägerfahrzeug, z.B. einem Oberflächenschiff oder einem U-Boot befindet.
- 10 Um Entfernung, Kurs und Geschwindigkeit eines Ziels, z.B. eines Oberflächenschiffs, U-Bootes oder Unterwasserlaufkörpers, als Zielparameter zu bestimmen, werden mit der Sonar-Empfangsantenne vom Ziel abgestrahlte oder gesendete Schallwellen empfangen und Peilwinkel zum Ziel gemessen. Aus zeitlich aufeinanderfolgenden, gemessenen Peilwinkeln sowie zu diesen Peilwinkeln zugehörigen Eigenpositionen des Trägerfahrzeugs werden die Zielparameter des Zieles geschätzt. Dabei wird vorausgesetzt, dass sich das Ziel gleichförmig, d.h. mit
- 15 konstantem Kurs und konstanter Geschwindigkeit, bewegt.

In DE 34 46 658 C2 ist bspw. eine Filteranordnung zum Bestimmen von Zielparametern beschrieben. Dort werden die jeweils gemessenen Peilwinkel mit den geschätzten Peilwinkeln

20 verglichen und eine Peilwinkeldifferenz gebildet. Bei Erreichen des Minimums entspricht der geschätzte Peilwinkel dem wahren Peilwinkel bis auf einen Restfehler. Dieser Restfehler ist abhängig von einer vorgebbaren Schwelle. Je nach aktuellem Szenarium konvergiert die jeweils als beste Lösung bestimmte Lösung, d.h. die optimierte Lösung, früher oder später gegen die tatsächlich richtige Lösung.

25

DE 10 2008 030 053 A1 zeigt ein Verfahren zum passiven Bestimmen von Zielparametern bei dem zusätzlich zu der optimierten Lösung die Zuverlässigkeit dieser Lösung angezeigt wird. Dazu werden während jedem Verarbeitungszyklus eine Vielzahl unterschiedlicher Zielbahnen

sowie ein Qualitätsmaß zu jeder dieser angenommenen Zielbahnen berechnet. Aus der Verteilung des Qualitätsmaßes kann auf die Zuverlässigkeit der optimierten Lösung geschlossen werden.

- 5 DE 101 29 726 C2 zeigt ein Verfahren zum Bestimmen von Zielparametern bei dem die empfangenen Schallwellen einer Frequenzanalyse unterzogen werden. Die gemessene Empfangsfrequenz wird zusammen mit dem gemessenen Peilwinkel der Zieldatenschätzung zugrundegelegt. Es werden Zielpositionen und eine vom Ziel abgestrahlte oder gesendete Sendefrequenz geschätzt. Zu diesen Zielpositionen werden die zugehörigen geschätzten Peilwinkel er-
10 mittelt sowie die durch Dopplerverschiebung sich aus der geschätzten Sendefrequenz ergebenden zugehörigen geschätzten Empfangsfrequenzen. Die Differenzen zwischen den geschätzten und gemessenen Empfangsfrequenzen werden dann zusammen mit den Peilwinkeldifferenzen, welche sich zwischen geschätzten und gemessenen Peilungen ergeben, für die Bestimmung der Zielparameter verwendet. Dies ermöglicht eine Zielparameterbestimmung
15 ohne Eigenmanöver des Trägerfahrzeugs.

Nach alledem liegt der Erfindung das Problem zugrunde, das Verfahren bzw. die Vorrichtung zum Bestimmen von Zielparametern zu verbessern.

- 20 Die Erfindung löst dieses Problem durch die Merkmale eines Verfahrens zum Bestimmen von Zielparametern gemäß Anspruch 1 sowie durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 10.

- Nach einer Zieldetektion werden zu jedem detektierten Ziel eine Zielposition geschätzt und
25 dazu geschätzte Peilwinkel ermittelt. Zwischen den gemessenen und geschätzten Peilwinkeln wird dann eine Peilwinkeldifferenz bestimmt.

- Aus einem Satz möglicher Supportwerte wird mittels eines Entscheidungsmoduls mindestens ein Supportwert bestimmt, welcher für die Durchführung des weiteren Verfahrens herangezogen wird. Unter einem Supportwert wird dabei ein Wert für einen zu bestimmenden Zielpa-
30 rameter verstanden, von dem angenommen wird, dass dieser Wert dem wahren Wert des Zielparameters entspricht. Ferner kann ein Supportwert auch ein Wert sein, aus dem mindestens ein zu bestimmender Zielparameter abgeleitet werden kann, wie bspw. eine Radialgeschwindigkeit des Ziels oder aber weitere, vom Wasserfahrzeug bzw. deren technischen Möglichkeiten ab-

hängige Größen aus zu bestimmenden Zielparametern, wie Zielentfernung, Zielkurs, Zielgeschwindigkeit und/oder Zielsendefrequenz, abgeleitet werden können.

Ein Satz möglicher Supportwerte beschreibt diejenigen Supportwerte, die zum Zeitpunkt des
5 aktuellen Verfahrenszyklus vorliegen. Quellen für Supportwerte können dabei verschiedene weitere Sensormessungen sein, wie bspw. Radarmessung, Aktivmessung, Passiv-Ranging-Sonar (PRS)-Messung und/oder Intercept-Detection-and-Ranging-Sonar (IDRS)-Messung. Die Supportwerte können jedoch auch aus übermittelten Daten, wie bspw. aus einem Automatic Identification System (AIS), aus Daten via Link oder von einem Torpedo, gewonnen werden,
10 wobei AIS ein Funksystem bezeichnet, das durch einen Austausch von Navigations- und anderen Daten die Sicherheit und die Lenkung des Schiffsverkehrs verbessert und wobei die Daten via Link aus einer vernetzten Operationsführung stammen, bei der Plattformen, Sensoren und Effektoren sowie Führungssysteme von Teilstreitkräften in einem gemeinsamen informations-technischen Netz miteinander verbunden sind. Auch manuell von einem Bediener vorgegebene
15 Supportwerte, bspw. in Form von Schätzungen für Entfernung, Kurs oder Geschwindigkeit durch den Periskopbediener, sind für das erfindungsgemäße Verfahren anwendbar.

Ferner ist es, je nach technischen Möglichkeiten, denkbar, die Sendefrequenz eines Zieles, bspw. aus Klassifizierungsergebnissen anhand eines bekannten Schiffstyps, zu bestimmen und
20 als möglichen Supportwert zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens heranzuziehen.

Unter Berücksichtigung mindestens eines dieser Supportwerte werden eine oder mehrere Zielbahnen mit jeweils zugehörigen Zielparametern und jeweils einer zugehörigen Bewertungsgröße
25 in einer Zielbahnbestimmungseinheit ermittelt, wobei die Bewertungsgröße aus der zur jeweiligen Zielbahn zugehörigen Peilwinkeldifferenz und dem Supportwert oder den Supportwerten ermittelt wird.

Eine Auswertungseinheit ermittelt anhand der Bewertungsgröße eine beste Zielbahn mit zugehörigen Zielparametern, wobei die zugehörigen Zielparameter als die zu bestimmenden Zielpa-
30 rameter ausgegeben werden.

Durch die Verwendung von Supportwerten bei der Ermittlung der Bewertungsgrößen, wird vor-
teilhafterweise schneller eine beste Zielbahn ermittelt bzw. bei Vorliegen mehrerer Bewer-
35 tungsgrößen eine genauere Angabe über die Zuverlässigkeit der besten Zielbahn ermöglicht.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden mittels eines Datenerfassungsmoduls Daten über die möglichen Supportwerte gesammelt. Diese Daten geben an, welche Supportwerte aus einer Menge aller Supportwerte zur Verfügung stehen. Wie vorstehend beschrieben, gibt es verschiedene Quellen für die Bereitstellung von Supportwerten. Es sind jedoch nicht immer alle Supportwerte verfügbar. Die Menge der möglichen Supportwerte setzt sich aus den momentan verfügbaren Werten aus der Menge der theoretisch möglichen Werte zusammen.

Ferner werden diese möglichen Supportwerte vorteilhafterweise mit Daten über deren Zuverlässigkeit versehen. So ist bspw. ein vom Bediener über das Periskop geschätzter Entfernungswert weniger zuverlässig als ein zusätzlicher Entfernungswert aufgrund einer durchgeführten Radar-Messung.

Die Daten über die möglichen Supportwerte, die momentan verfügbar sind, mit den Daten über deren Zuverlässigkeit werden einem Entscheidungsmodul übergeben. Dieses ermittelt daraus vorteilhafterweise den oder die Supportwerte mit jeweils einem zugehörigen Gewichtungsfaktor, welche dann bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens berücksichtigt werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Bewertungsgröße einer Zielbahn aus der Summe der, insbesondere vorteilhafterweise gewichteten, Quadrate der Differenzen für die entlang der Zielbahn angenommenen Peilwinkel und die zugeordneten gemessenen Peilwinkel unter Berücksichtigung mindestens eines, insbesondere vorteilhafterweise gewichteten, Supportwertes berechnet. Unter der beispielhaften Annahme einer Verwendung eines Entfernungs-Supportwertes lässt sich die Bewertungsgröße dann mittels folgender Formel angeben:

$$Q(i, j) = \sum_{k=1}^n W_k^2 [B_{meas,k} - B_{est,k}]^2 + W_R^2 [R_{sup} - R_{est}]^2$$

Dabei bezeichnet $Q(i, j)$ die Bewertungsgröße für eine angenommene Zielbahn $Z(i, j)$. Der Index k läuft von 1 bis n , wobei n die Anzahl gemessener Peilwinkel $B_{meas,k}$ bzw. angenommener Peilwinkel $B_{est,k}$ längs der Zielbahn angibt. W_k bezeichnet Gewichtungsfaktoren, welche bspw. bei einer Vorfilterung ermittelten inversen Standardabweichungen der gemessenen Peilwinkel $B_{meas,k}$ entsprechen. R_{sup} bezeichnet den Entfernungs-Supportwert mit zugehöriger Zeitrefe-

renz T und R_{est} bezeichnet die zum Zeitpunkt T angenommene Zielentfernung. Diejenigen Zielbahnen $Z(i, j)$ erhalten also eine bessere Bewertungsgröße $Q(i, j)$, deren Zielentfernung zum Zeitpunkt T in der Nähe des Entfernung-Supportwertes R_{sup} liegen.

- 5 Die Erfindung ist jedoch nicht auf die Verwendung eines Entfernung-Supportwertes beschränkt. Vielmehr sind weitere Supportwerte entsprechend vorstehend genannter Formel umsetzbar, indem bei der Berechnung der Bewertungsgröße ein Term bestehend aus einem, insbesondere quadrierten, zum Supportwert zugehörigem Gewichtungsfaktor sowie einer, insbesondere quadrierten, Differenz aus Supportwert und zugehörigem Schätzwert berücksichtigt wird.

10 Ferner ist ebenso die Verwendung mehrerer Supportwerte zum Bestimmen der Zielparameter möglich. Die vorstehend genannte Formel der Bewertungsgröße wird hierbei um eine entsprechende Anzahl Terme erweitert, so dass je verwendetem Supportwert ein Term, bestehend aus Gewichtungsfaktor und Differenz aus Supportwert und Schätzwert, berücksichtigt wird.

15 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die empfangenen und vom Richtungsbildner richtungsselektiv verarbeiteten Schallsignale einer Frequenzanalyse, insbesondere einer Lofar-Analyse oder einer Demon-Analyse, unterzogen, wobei bei der Demon-Analyse die Signale auf das Vorhandensein einer Amplitudenmodulation und bei der Lofar-Analyse die Signale an sich nach auffälligen Frequenzen hin untersucht werden. Dabei wird
20 die Frequenz mindestens einer Spektrallinie als Empfangsfrequenz zu jeweils einem Peilwinkel bestimmt und zusammen mit dem gemessenen Peilwinkel der Zielparameterschätzung zugrunde gelegt. Dabei können auch die gemessenen Frequenzen mehrerer Spektrallinien zusammengefasst werden und Messwerte für die Empfangsfrequenz pro Peilwinkel bilden.

25 Aus der anhand der gemessenen und geschätzten Peilwinkel ermittelten geschätzten Zielposition und ihrer zeitlichen Änderung werden eine Dopplerverschiebung und eine vom Ziel abgestrahlte oder gesendete Sendefrequenz geschätzt. Die geschätzte Sendefrequenz wird entsprechend der geschätzten Dopplerverschiebung frequenzverschoben und bildet die geschätzte
30 Dopplerfrequenz bzw. geschätzte Empfangsfrequenz, von der die gemessene Empfangsfrequenz abgezogen wird. Die geschätzte Sendefrequenz ist allerdings vorwiegend fehlerbehaftet und somit auch die geschätzte Dopplerfrequenz. Die wahre Sendefrequenz des Zieles lässt sich aus der Differenz aus der gemessenen Empfangsfrequenz und der geschätzten Dopplerfrequenz ermitteln, denn wenn diese Differenz annähernd Null ist, entspricht die geschätzte
35 Dopplerfrequenz der gemessenen Empfangsfrequenz. Die zugrunde liegende Sendefrequenz

entspricht annähernd der wahren Sendefrequenz und kann zur Positionsbestimmung des Zieles herangezogen werden. Die Bewertungsgröße wird dann aus den Peilwinkeldifferenzen, den Frequenzdifferenzen und mindestens einem Supportwert, insbesondere einem Supportwert der Sendefrequenz des Ziels, für eine oder mehrere Zielbahnen ermittelt.

5

Die Berücksichtigung der Sendefrequenz bzw. der Dopplerverschiebung bringt den Vorteil mit sich, eine Zielparameterbestimmung ohne Eigenmanöver des Trägerfahrzeugs durchführen zu können. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit der Verwendung eines Supportwertes für die Sendefrequenz des Ziels, da in diesem Fall die Sendefrequenz als weiterer Zielparameter mit-

10

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird während jedem Verarbeitungszyklus von einer Reihe aufeinanderfolgender Verarbeitungszyklen die Bewertungsgröße unter Berücksichtigung mindestens eines Supportwertes mindestens einer Zielbahn iterativ

15

minimiert. Dazu werden ausgehend von einer Anfangsposition des Ziels, die z.B. willkürlich als Startposition auf einem ersten Peilstrahl gewählt wird oder durch andere an Bord befindliche Sensoren bekannt ist, Positionen für das Ziel berechnet und daraus geschätzte Peilwinkel bestimmt. Die jeweils gemessenen Peilwinkel werden mit den geschätzten Peilwinkeln verglichen und eine Peilwinkeldifferenz gebildet, die unter Berücksichtigung des Supportwertes die Bewertungsgröße bildet, welche iterativ minimiert wird. Der Vorteil liegt darin, dass bei Erreichen des

20

Minimums der geschätzte Peilwinkel dem wahren Peilwinkel bis auf einen Restfehler entspricht. Der Restfehler ist vorteilhafterweise abhängig von einem vorgebbaren Schwellenwert. Die Berücksichtigung mindestens eines Supportwertes zum iterativen Minimieren der Bewertungsgröße führt vorteilhaft zu einer schnelleren Konvergenz des Verfahrens.

25

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird eine Vielzahl unterschiedlicher Zielbahnen ermittelt, wobei ein zu einem ersten gemessenen Peilwinkel zugehöriger erster Peilstrahl sowie ein zu einem zuletzt gemessenen Peilwinkel zugehöriger letzter Peilstrahl festgelegt werden. Die angenommenen Zielbahnen beginnen somit auf dem ersten Peilstrahl in

30

einem Anfangspunkt und enden auf dem letzten Peilstrahl in einem Endpunkt. Die Abstände der angenommenen Anfangspunkte bzw. Endpunkte untereinander auf dem ersten bzw. letzten Peilstrahl bestimmen vorteilhaft die Genauigkeit der Verteilung der Bewertungsgröße. Vorzugsweise sind der erste und/oder der letzte Peilstrahl variierbar.

Für jede angenommene Zielbahn wird eine Bewertungsgröße aus den geschätzten Peilwinkeln, den gemessenen Peilwinkeln sowie mindestens einem Supportwert ermittelt. Anhand dieser Bewertungsgröße lässt sich vorteilhafterweise eine beste Zielbahn ermitteln, deren zugehörige Zielparameter als beste Lösung ausgegeben werden. Die beste Zielbahn ist dabei diejenige Zielbahn, deren Bewertungsgröße eine beste Qualität bzw. die bestmögliche Zuverlässigkeit anzeigt.

Durch die Ermittlung einer Vielzahl unterschiedlicher Zielbahnen ergibt sich der Vorteil, dass durch die Verteilung der Bewertungsgröße Rückschlüsse auf die Zuverlässigkeit der besten Lösung möglich sind, wobei die Verteilung der Bewertungsgröße durch den bzw. die Supportwerte vorteilhafterweise beeinflusst wird.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden zum Bestimmen der Zielparameter nur diejenigen Zielbahnen berücksichtigt, deren zugehörige Bewertungsgröße wenigstens einen vorbestimmten Schwellenwert unterschritten hat. Nur diese Zielbahnen sind als potenzielle Lösungen relevant. Durch die Verwendung eines oder mehrerer Supportwerte bei der Ermittlung der Bewertungsgröße, wird die Anzahl der Zielbahnen, deren Bewertungsgröße den Schwellenwert unterschritten hat, weiter vorteilhaft eingeschränkt.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden während jedem Verarbeitungszyklus die Zielparameter aller oder einer Vielzahl der Zielbahnen mittels eines oder mehrerer Diagramme einer aus der Bewertungsgröße abgeleiteten Qualitätsangabe über den Zielkurs und/oder die Zielgeschwindigkeit und/oder die Zielentfernung graphisch visualisiert auf einer Anzeigevorrichtung dargestellt. Eine derartige Visualisierung erlaubt ein genaues Ablesen der Zielparameter zu einer ausgewählten Qualitätsangabe. Insbesondere durch Auswählen eines Zielparameters können dann alle zu dieser Lösung zugehörigen Zielparameter angezeigt werden, wodurch der Bediener unmittelbar erkennen kann, ob eine Lösung wahrscheinlich ist oder nicht.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden während jedem Verarbeitungszyklus zu allen oder einer Vielzahl der Zielbahnen zukünftige Zielpositionen des Ziels ermittelt. Diese zukünftigen Zielpositionen werden aus den zu der jeweiligen Zielbahn zugehörigen Zielparametern, insbesondere Zielkurs und Zielgeschwindigkeit, für einen vorbestimmten Zeitraum ermittelt. Der Vorteil dieser zukünftigen Zielpositionen liegt darin, dem Bediener anzuzeigen, welche möglichen Lösungen die bis jetzt vorliegenden Peilungen zulassen und wie zuverlässig die

beste Lösung ist. Die Berücksichtigung mindestens eines Supportwertes sorgt vorteilhafterweise dafür, dass die Anzahl der zulässigen möglichen Lösungen weiter eingeschränkt wird.

Auf einer Anzeigevorrichtung werden vorteilhaft ein die zukünftigen Zielpositionen darstellendes zukünftiges Erwartungsgebiet, wenigstens ein Entfernungslösungsraum zum Anzeigen der möglichen Lösungen für die Zielentfernung und/oder die beste Zielbahn graphisch und/oder numerisch dargestellt. Die Darstellung erfolgt bevorzugt in Form einer Lage-Darstellung, insbesondere PPI-Darstellung (Plan-Position-Indicator-Darstellung). Das hat den Vorteil, die zu bestimmenden Zielparameter mit einer optimierten besten Lösung direkt in einer einzigen Darstellung zusammen mit der zugehörigen, eine beste Qualität anzeigender Bewertungsgröße vorzugsweise in der gewohnte Lage-Darstellung graphisch zu visualisieren, um den Bediener den Umgang mit der Sonaranlage zu erleichtern.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie aus den anhand der anliegenden Zeichnung näher erläuterten Ausführungsbeispielen. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung von zwei Peilstrahlen, unter denen ein Ziel zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten gepeilt worden ist,
- Fig. 2 ein Szenarium mit einer Vielzahl von Peilstrahlen von einem Trägerfahrzeug zu einem Ziel,
- Fig. 3 eine schematische Darstellung der Geschwindigkeitskomponenten zur Veranschaulichung der Ermittlung einer Radialgeschwindigkeit,
- Fig. 4 eine schematische Darstellung von zwei Peilstrahlen, unter denen ein Ziel zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten gepeilt worden ist mit einer Vielzahl von möglichen Zielbahnen,
- Fig. 5 ein Blockschaltbild zur Veranschaulichung eines Verfahrens sowie einer Vorrichtung zum Bestimmen von Zielparametern,
- Fig. 6 A-C drei zweidimensionale Diagramme zur Veranschaulichung der Qualität über drei Zielparameter und

Fig. 7 eine Lage-Darstellung des in Fig. 6 A-C gezeigten Lösungsraumes.

An Bord eines Wasserfahrzeugs, insbesondere eines U-Bootes, befinden sich mehreren Anordnungen von Wasserschallaufnehmern, insbesondere elektroakustische und/oder optoakustische Wandler. Eine derartige Wandleranordnung befindet sich bspw. als Linearantenne jeweils auf einer Seite des Wasserfahrzeugs oder als Zylinderbasis im Bug des Wasserfahrzeugs. Eine weitere Anordnung von Wasserschallaufnehmern kann als Schleppantenne hinter dem Wasserfahrzeug hergeschleppt werden.

Empfangssignale derartiger Wasserschallaufnehmer werden zu Gruppensignalen benachbarten Richtcharakteristiken mittels eines Richtungsbildners innerhalb der Sonar-Empfangsanlage zusammengefasst. Dazu werden die Empfangssignale entsprechend ihrer Anordnung laufzeit- und/oder phasenverzögert zu Gruppensignalen aufaddiert.

In Abhängigkeit der verwendeten Zeitverzögerungskoeffizienten werden den jeweiligen Gruppensignalen Peilwinkel zugeordnet, deren Intensitätswerte, insbesondere Pegel, ermittelt werden. Der daraus resultierende Intensitätsverlauf, insbesondere Pegelverlauf, liefert lokale Maxima, welche zu Zielen gemessene Peilwinkel darstellen.

Eine derartige Sonar-Empfangsanlage verfügt über einen Schätzfilter zum Bestimmen von Zielparametern aus den zum Ziel gemessenen Peilwinkeln, zugehörigen Eigenpositionen des Trägerfahrzeugs sowie mindestens einem Supportwert. Dabei werden die Peilwinkel vom Trägerfahrzeugs längs seiner Bewegungsbahn zum Ziel gemessen, während sich das Ziel mit konstanter Geschwindigkeit auf einem Zielkurs von einer ersten Zielposition zu einer zweiten Zielposition bewegt. Die Bewegungsbahn des Trägerfahrzeugs besteht dabei vorzugsweise aus einem oder mehreren sogenannten Eigenlegs, wobei ein Eigenleg einen Abschnitt unbeschleunigter geradliniger Bewegung bezeichnet, d.h. auf dem sich das Trägerfahrzeug mit annähernd konstantem Kurs und konstanter Geschwindigkeit bewegt.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung von zwei Peilstrahlen 2, 4, unter denen ein Ziel zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten gepeilt worden ist. Ein erster Peilstrahl 2 gehört zu einer Anfangspeilung und ein weiterer, insbesondere letzter, Peilstrahl 4 zu einer zu einem späteren Zeitpunkt erfolgten Endpeilung. Es handelt sich somit bei diesen Peilstrahlen 2, 4 jeweils um

den ersten bzw. letzten zur Bestimmung der Zielparameter herangezogenen Peilstrahl. Sie werden automatisch oder manuell durch Bedienereingriff festgelegt.

5 Unter der Annahme, dass die Zielentfernung unbekannt sei, kann sich das Ziel in verschiedenen Positionen 6 auf dem ersten Peilstrahl 2 sowie ebenso in verschiedenen Positionen 8 auf dem letzten Peilstrahl 4 befunden haben.

10 Ferner ist eine mögliche Zielbahn $Z(i, j)$ eingetragen, wobei der Index i eine der möglichen Positionen 6 auf dem ersten Peilstrahl 2 und der Index j eine der möglichen Positionen 8 auf dem letzten Peilstrahl 4 bezeichnet.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines möglichen Szenariums mit einer Vielzahl von Peilstrahlen von einem Trägerfahrzeug zu einem Ziel. Dabei fährt das Trägerfahrzeug mit einer beobachtenden Sonar-Empfangsanlage auf seiner Bewegungsbahn 10 und nimmt n Peilungen
15 an verschiedenen Eigenpositionen $E_1, E_2, \dots, E_n$ zu einem Ziel auf, welches sich von einem ersten Peilstrahl 2 über Peilstrahlen 11, 12, 13 usw. bis zum n -ten Peilstrahl auf seiner Zielbahn $Z(i, j)$ bewegt. In diesem Ausführungsbeispiel ist der n -te Peilstrahl als der letzte Peilstrahl 4 festgelegt.

20 Unter Annahme eines rechtwinkligen X-Y-Koordinatensystems, dessen Ursprung die Eigenposition E_0 zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ ist, wird eine Anfangsposition des Ziels, entweder willkürlich oder aus zusätzlichen Sensormessungen ermittelt und als Startposition X_0, Y_0 auf dem ersten Peilstrahl 2 gewählt.

25 Ausgehend von dieser Startposition des Ziels, wird zu den jeweiligen gemessenen Peilwinkeln B_{meas} unter Hinzuziehung von geschätzten Geschwindigkeitskomponenten V_X und V_Y des Ziels eine Position des Ziels geschätzt und ein zugehöriger geschätzter Peilwinkel B_{est} berechnet. Entlang dieser Zielbahn $Z(i, j)$ wird zwischen den gemessenen Peilwinkeln B_{meas} und den geschätzten Peilwinkeln B_{est} eine Summe von gewichteten Quadraten von Peilwinkeldiffe-
30 renzen gebildet, welche iterativ minimiert wird. Die beste Zielbahn ist bestimmt, wenn diese Summe Null oder annähernd Null ist, d.h. die zugehörigen geschätzten Peilwinkel B_{est} entsprechen annähernd den wahren Peilwinkeln B_{true} .

Um das iterative Minimieren der Peilwinkeldifferenzen zu stützen, wird mindestens ein Supportwert bei der Durchführung des Verfahrens berücksichtigt, um diesem Verfahren zu einer schnelleren Konvergenz zu verhelfen. Unter einem Supportwert wird dabei ein Wert verstanden, welcher als richtig angenommen wird und der zur Positionsbestimmung des Ziels herangezogen werden kann. Z.B. wird als Supportwert ein bereits bekannter Zielparameter, wie bspw. eine Zielentfernung zu einem gegebenen Zeitpunkt, eine Zielgeschwindigkeit, ein Zielkurs oder eine Zielsendefrequenz, festgelegt. Es ist jedoch auch jedwede andere Größe als Supportwert heranziehbar, aus der eine Komponente zur Positionsbestimmung des Ziels ermittelbar ist.

Quellen für zu verwendende Supportwerte sind dabei weitere, an Bord befindliche Sensoren zum Übertragen bzw. Empfangen von Informationssignalen und/oder vom Bediener ermittelte Messsignale. Da jedoch nicht immer alle theoretisch möglichen Supportwerte zur Verfügung stehen, weil z.B. das Ziel nicht von allen Sensoren erfasst wird, werden Daten über mögliche Supportwerte in einem Entscheidungsmodul gesammelt. Somit ist feststellbar, welche Supportwerte aktuell verfügbar sind.

Das Entscheidungsmodul wählt mindestens einen Supportwert aus den möglichen Supportwerten aus, welcher zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens berücksichtigt wird. Die Auswahl erfolgt dabei durch vordefinierte Algorithmen oder manuell durch Bedienereingriff.

Zusätzlich versieht das Entscheidungsmodul den bzw. die ausgewählten Supportwerte mit jeweils einem Gewichtungsfaktor, welcher der Zuverlässigkeit des jeweiligen Supportwertes entspricht und angibt, in welchem Maß der Supportwert bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens berücksichtigt wird.

Für die Zielparameterbestimmung wird zu der angenommenen Zielbahn $Z(i, j)$ eine Bewertungsgröße aus der Peilwinkeldifferenz zwischen geschätzten und gemessenen Peilwinkeln unter Berücksichtigung mindestens eines Supportwertes, bspw. eines Entfernungssupportwertes R_{sup} , ermittelt:

$$\sum_{k=1}^n W_k^2 [B_{meas,k} - B_{est,k}]^2 + W_R^2 [R_{sup} - R_{est}]^2 = Q(i, j)$$

Dabei bezeichnet $Q(i, j)$ die Bewertungsgröße für eine angenommene Zielbahn $Z(i, j)$. Der Index k läuft von 1 bis n , wobei n die Anzahl der Peilwinkel längs der Zielbahn angibt. W_k bezeichnet Gewichtungsfaktoren, $B_{est,k}$ bezeichnet den angenommenen Peilwinkel des k -ten Peilstrahls, der mit dem gemessenen Peilwinkel $B_{meas,k}$ korrespondiert. Ferner bezeichnet R_{sup} den Entfernungs-Supportwert, R_{est} die angenommene Entfernung zum Ziel und W_R einen Gewichtungsfaktor.

Fig. 3 zeigt bspw. eine schematische Darstellung der Geschwindigkeitskomponenten V_X , V_Y des Ziels in einem X-Y-Koordinatensystem. Das Ziel hat hierbei seine Position P_0 mit der Geschwindigkeit V verlassen, wobei sich die Geschwindigkeit V aus der zugehörigen Geschwindigkeitskomponente V_X in X-Richtung und der zugehörigen Geschwindigkeitskomponente V_Y in Y-Richtung zusammensetzt. Unter Kenntnis des Peilwinkels B werden die Geschwindigkeitskomponenten V_X und V_Y des Ziels in eine radiale Geschwindigkeitskomponente V_{rad} umgerechnet:

$$V_{rad} = V_X \cdot \sin B + V_Y \cdot \cos B$$

Hat man z.B. durch eine Aktiv-Sonaranlage Messungen für eine Peilung B und die zugehörige Radialgeschwindigkeit V_{rad} des Zieles verfügbar, so kann man mittels obiger Gleichung aus den Schätzwerten der Geschwindigkeitskomponenten V_X und V_Y eine Schätzung für V_{rad} bestimmen:

$$V_{rad,est} = V_{X,est} \cdot \sin B + V_{Y,est} \cdot \cos B$$

Bei der Ermittlung der Bewertungsgröße kann dann ein Supportwert für die Radialgeschwindigkeit wie folgt berücksichtigt werden:

$$\sum_{k=1}^n W_k^2 [B_{meas,k} - B_{est,k}]^2 + W_{V_{rad}}^2 [V_{rad} - V_{rad,est}]^2 = Q(i, j)$$

Iterativ wird diese Bewertungsgröße $Q(i, j)$ solange verkleinert, bis eine vorbestimmte Fehlergrenze unterschritten ist. Die zugrundeliegende geschätzte Position wird als Zielposition erkannt und die zugehörigen Zielparameter ermittelt.

Für den Fall, dass die Empfangssignale der Sonar-Empfangsanlage einer Frequenzanalyse, bspw. Lofar-Analyse oder einer Demon-Analyse, unterzogen werden, kann eine geschätzte Zielsendefrequenz als Supportwert bei der Zielparameterbestimmung mit einbezogen werden.

5

Aus einer gemessenen Empfangsfrequenz und der Annahme einer üblichen Fahrgeschwindigkeit eines Wasserfahrzeugs ist eine mögliche Sendefrequenz des Ziels als Anfangswert zu schätzen. Anhand des geschätzten Peilwinkels B_{est} und den dazu gehörenden Geschwindigkeitskomponenten wird eine Dopplerverschiebung ermittelt. Zusammen mit der angenommenen Sendefrequenz des Ziels ergibt sich eine geschätzte Dopplerfrequenz F_{est} und eine Frequenzdifferenz aus Empfangsfrequenz F_{meas} und geschätzter Dopplerfrequenz F_{est} zu jedem Peilwinkel.

15

Für die Zielparameterbestimmung wird zu der angenommenen Zielbahn $Z(i, j)$ eine Bewertungsgröße $Q(i, j)$ aus der Peilwinkeldifferenz zwischen geschätzten und gemessenen Peilwinkeln, der Frequenzdifferenz und unter Berücksichtigung mindestens eines Supportwertes, bspw. eines Sendefrequenz-Supportwertes, ermittelt:

$$\sum_{k=1}^n [W_k^2 [B_{meas,k} - B_{est,k}]^2 + W_{F,k}^2 [F_{meas,k} - F_{est,k}]^2] + W_F^2 (F_{sup} - F_{S_{est}})^2 = Q(i, j)$$

20

Eine mögliche Quelle für den Sendefrequenz-Supportwert F_{sup} ist bspw. ein Klassifizierungsergebnis, bei dem das Ziel unter einem bestimmten Schiffstyp erkannt wurde und dem Ziel spezifische Frequenzlinien zuzuordnen sind.

25

Auch für den Fall, dass die Empfangsfrequenz bzw. Sendefrequenz des Ziels berücksichtigt wird, wird die Bewertungsgröße $Q(i, j)$ solange verkleinert, bis eine Fehlergrenze unterschritten ist. Die zugrundeliegende geschätzte Position wird als Zielposition erkannt und die zugehörigen Zielparameter ermittelt. Die Berücksichtigung eines oder mehrerer Supportwerte führt zu einer schnelleren Konvergenz des Verfahrens.

30

Gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Vielzahl unterschiedlicher Zielbahnen ermittelt.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer Vielzahl möglicher Zielbahnen $Z(i, j)$. Es sind zwei Peilstrahlen 2, 4, unter denen das Ziel zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten gepeilt wor-

den ist, dargestellt. Zum Bestimmen der Zielparameter werden eine Mehrzahl von Positionen 6 auf dem ersten Peilstrahl 2 sowie eine Mehrzahl von Positionen 8 auf dem letzten Peilstrahl 4 gewählt. Diese Positionen entsprechen somit den Anfangs- bzw. Endpositionen möglicher Zielbahnen $Z(i, j)$, wobei der Index i eine Position 6 auf dem ersten Peilstrahl 2 und der Index j eine Position 8 auf dem letzten Peilstrahl 4 bezeichnet.

Bevorzugt werden diejenigen Zielbahnen $Z(i, j)$ im weiteren Verfahrensablauf eliminiert, die zu unmöglichen Lösungen gehören. Das können bspw. Zielbahnen sein, deren Lösungen zu Positionen über Land führen oder mit anderen Schiffsfahrtshindernissen kollidieren würden. Ferner können die Zielbahnen $Z(i, j)$ ausgeschlossen werden, deren zugehörige Zielparameter größer als ein maximal vorgebbarer Wert sind.

Zu jeder Zielbahn $Z(i, j)$ des verbleibenden Lösungsraumes wird eine Bewertungsgröße $Q(i, j)$, wie vorstehend beschrieben, ermittelt. Bevorzugt werden dann nur diejenigen Zielbahnen berücksichtigt, deren zugehörige Bewertungsgröße wenigstens einen vorbestimmten Schwellenwert unterschritten hat, da nur diese als relevante Lösungen in Frage kommen.

Aus diesen potentiell möglichen Zielbahnen $Z(i, j)$ wird anhand der zugehörigen Bewertungsgröße $Q(i, j)$ eine beste Zielbahn Z_{best} mit der eine maximal zu erreichende Qualität anzeigenden Bewertungsgröße ermittelt. Die Berücksichtigung mindestens eines Supportwertes sorgt dafür, dass die Lösungen in der Umgebung des Supportwertes stärker gewichtet werden.

Fig. 5 veranschaulicht eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Bestimmen der Zielparameter. Mittels einer Anordnung von Wasserschallaufnehmern 20 werden Schallwellen von einem Ziel empfangen und ihre Empfangssignale in einem Richtungsbildner 22 durch Laufzeit- oder Phasenverzögerungen zu Gruppensignalen zusammengefasst. Eine Messschaltung 24 bestimmt dann gemessene Peilwinkel B_{meas} zu einem Ziel.

In Abhängigkeit von den technischen Möglichkeiten des Wasserfahrzeugs sind verschiedene Quellen für mögliche Supportwerte denkbar. Ein Supportwert für die Entfernung zum Ziel lässt sich in Verbindung mit einer zugehörigen Zeitreferenz bspw. aus einer Radarmessung, einer Aktivmessung, einer Periskopmessung über einen integrierten Laserentfernungsmesser, einer Passiv-Ranging-Sonar-Messung, einer Intercept-And-Ranging-Sonar-Messung, Empfangsdaten des Auto-Identification-Systems, über Link übertragene Informationen, vorliegender Torpe-

domessung im Aktivmode oder Torpedo-Schätzung oder einer manuellen Eingabe durch Periskopbediener ermitteln.

5 Ein Supportwert für die Geschwindigkeit lässt sich bspw. aus einer Schätzung der DEMON-Analyse, einer Passiv-Ranging-Sonar-Schätzung, Empfangsdaten des Auto-Identification-Systems, über Link übertragene Informationen, vorliegende Torpedo-Schätzung, Radar-Schätzung oder einer manuellen Eingabe durch den Periskopbediener gewinnen.

10 Ein Supportwert für den Kurs lässt sich bspw. aus einer Passiv-Ranging-Schätzung, Empfangsdaten des Auto-Identification-Systems, über Link übertragene Informationen, Torpedo-Schätzungen, Radar-Schätzungen oder einer manuellen Eingabe als Lagewinkel durch den Periskopbediener ermitteln.

15 Die Radialgeschwindigkeit des Ziels als Supportwert lässt sich bspw. mittels eines Aktivsonars als Radialkomponente aus einer Dopplermessung ermitteln.

Die Sendefrequenz als Supportwert lässt sich bspw. aus Klassifizierungsergebnissen ableiten.

20 Die Daten über die möglichen Supportwerte 27 werden mittels eines Datenerfassungsmoduls erfasst und einem Entscheidungsmodul 28 übergeben. Dieses wählt anhand der über die vorliegenden Quellen gesammelten Daten mindestens einen Supportwert 29 aus, welcher bei der Durchführung des weiteren Verfahrens berücksichtigt wird. Die Auswahl erfolgt in Abhängigkeit der detektierten Ziele für jedes Ziel separat. Ferner ermittelt das Entscheidungsmodul 28 zu den Supportwerten 29 einen jeweiligen zugehörigen Gewichtungsfaktor w , welcher die Zuverlässigkeit des Supportwerts 29 berücksichtigt.

30 Das erfindungsgemäße Verfahren beinhaltet zum einen eine Berechnung des gesamten Lösungsraumes, indem eine Vielzahl von Zielbahnen $Z(i, j)$ mit zugehöriger Bewertungsgröße $Q(i, j)$ ermittelt wird, und zum anderen ein iteratives Verfahren zum Ermitteln einer besten Lösung. Vorzugsweise werden beide Vorgehensweisen parallel durchgeführt. Es ist jedoch denkbar, nur jeweils eine der vorstehend genannten Vorgehensweisen zur Durchführung des Verfahrens anzuwenden.

35 Für die Durchführung des iterativen Verfahrens wird bevorzugt ein Least-Mean-Square-Verfahren angewandt (s. bspw. DE 34 46 658 C2), welches in einem iterativen Prozess die

beste Lösung liefert. Dazu wird in einer nachgeschalteten Zielbahnbestimmungseinheit 30 mittels der Eigenpositionen X_E, Y_E und einer angenommenen Anfangsposition X_0, Y_0 des Ziels eine angenommene Zielbahn $Z(i, j)$ ermittelt. Aus den gemessenen Peilwinkeln B_{meas} , den geschätzten Peilwinkeln B_{est} und dem bzw. den vom Entscheidungsmodul 28 erhaltenen Supportwert bzw. Supportwerten 29 wird zu der angenommenen Zielbahn eine Bewertungsgröße ermittelt, welche zusammen mit der Zielbahn der Auswertungseinheit übergeben wird. Die zugehörige Bewertungsgröße oder eine aus der Bewertungsgröße abgeleitete Größe wird dann mit einem vorgebbaren Schwellenwert verglichen.

Wird dieser Schwellenwert unterschritten, wird diese Zielbahn als beste Zielbahn Z_{best} bestimmt und zusammen mit den Zielparametern und der Bewertungsgröße einer Darstellungseinheit 34 übergeben.

Wird dieser Schwellenwert jedoch von der Bewertungsgröße oder einer aus der Bewertungsgröße abgeleiteten Größe nicht unterschritten, werden zum iterativen Minimieren dieser Bewertungsgröße zu dieser Zielbahn zugehörige Ortskomponenten und/oder Geschwindigkeitskomponenten angepasst und der Zielbahnbestimmungseinheit 30 übergeben, welche erneut eine Zielbahn auf der Grundlage von geänderten Orts- und/oder Geschwindigkeitskomponenten annimmt. Unter Berücksichtigung der vom Entscheidungsmodul 28 übergebenen Supportwerte 29 wird eine zugehörige Bewertungsgröße ermittelt und der Auswertungseinheit 32 übergeben. In der Auswertungseinheit 32 erfolgt erneut ein Vergleich mit dem Schwellenwert.

Der vorstehend beschriebene Vorgang des iterativen Minimierens der Bewertungsgröße oder einer aus der Bewertungsgröße abgeleiteten Größe wiederholt sich solange, bis der vorgebbare Schwellenwert unterschritten wird und die zugehörige Zielbahn als beste Zielbahn Z_{best} der Darstellungseinheit 34 übergeben wird.

Für den Fall, dass der gesamte Lösungsraum berechnet wird, ermittelt die Zielbahnbestimmungseinheit 30 eine Vielzahl von Zielbahnen $Z(i, j)$. Zu jeder Zielbahn $Z(i, j)$ wird eine zugehörige Bewertungsgröße $Q(i, j)$ aus den gemessenen Peilwinkeln B_{meas} , den angenommenen Peilwinkeln B_{est} und den vom Entscheidungsmodul 28 übergebenen Supportwerten 29 ermittelt. Die nachgeschaltete Auswertungseinheit 32 ermittelt dann eine beste Zielbahn Z_{best} , welche eine beste Qualität anzeigende Bewertungsgröße aufweist, und übergibt diese beste Zielbahn Z_{best} mit den zugehörigen Zielparametern zusammen mit einer Vielzahl von Zielbah-

nen $Z(i, j)$, deren Bewertungsgröße $Q(i, j)$ oder eine aus der Bewertungsgröße abgeleitete Größe einen vorgebbaren Schwellenwert unterschritten haben, der Darstellungseinheit 34. Die Verteilung der Bewertungsgrößen $Q(i, j)$ oder die Verteilung einer aus diesen Bewertungsgrößen $Q(i, j)$ abgeleiteten Größe gibt Aufschluss über die Zuverlässigkeit der angegebenen besten Lösung.

Optional ist für die vorstehend genannte Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Frequenzanalyse vorgesehen. Die Empfangssignale 21 der Wandleranordnung 20 werden dazu nach dem Richtungsbildner 22 einer Frequenzanalyse-Schaltung 36 übergeben. Hier wird eine Empfangsfrequenz F_{meas} gemessen sowie eine angenommene Dopplerfrequenz F_{est} zum Peilwinkel aus einer geschätzten vom Ziel abgestrahlten oder gesendeten Sendefrequenz F_{Sest} ermittelt. Die Zielbahnbestimmungseinheit 30 ermittelt aus den vorliegenden Eingangsdaten eine Frequenzdifferenz aus gemessener Empfangsfrequenz F_{meas} und angenommener Dopplerfrequenz F_{est} sowie eine Peilwinkeldifferenz aus gemessenen Peilwinkeln B_{meas} und angenommenen Peilwinkeln B_{est} . Aus der Frequenzdifferenz und der Peilwinkeldifferenz wird dann unter Berücksichtigung der Supportwerte 29 zu jeder angenommenen Zielbahn $Z(i, j)$ eine Bewertungsgröße $Q(i, j)$ ermittelt.

Die Ermittlung der besten Zielbahn Z_{best} erfolgt analog zu den vorstehenden Ausführungen, wobei jedoch beim iterativen Minimieren nicht nur die Peilwinkeldifferenz mit Berücksichtigung der Supportwerte 29 sondern ebenso die Frequenzdifferenzen einbezogen werden.

Die Zielparameter der optimierten Lösung werden in einer Darstellungseinheit 34 derart aufbereitet, um sie auf einer Anzeigevorrichtung 38 numerisch und/oder visuell auszugeben bzw. darzustellen. Liefert das vorstehend genannte Verfahren keine Vielzahl von möglichen Zielbahnen $Z(i, j)$, sondern lediglich eine beste Zielbahn Z_{best} mit zugehörigen Zielparametern, werden diese als Zielposition auf dem Anzeigemittel 38 dargestellt.

Werden jedoch eine Vielzahl von Zielbahnen $Z(i, j)$ mit zugehörigen Bewertungsgrößen $Q(i, j)$ ermittelt, lassen sich die möglichen Zielparameter des gesamten Lösungsraums darstellen. Dabei kann die Visualisierung der Zielparameter auf verschiedene Weisen erfolgen. Die Darstellung wird anhand von Fig. 6 A-C und Fig. 7 nachfolgend erläutert.

Für die Darstellung einer Qualität der zu ermittelnden Zielparameter wird bevorzugt die oben angegebene Bewertungsgröße $Q(i, j)$ in einen inversen und auf den Bereich zwischen 0 und 1 normierten Wert, nachfolgend Qualitätsmaß genannt, überführt. Somit wird im Folgenden $Q(i, j)$ durch $Q^*(i, j) = \min(Q)/Q(i, j)$ ersetzt.

5

Fig. 6A-C zeigen drei Diagramme, in denen das Qualitätsmaß $Q^*(i, j)$ jeweils über der Zielentfernung (s. Fig. 6A), über den Zielkurs (s. Fig. 6B) und über die Zielgeschwindigkeit (s. Fig. 6C) aufgetragen ist.

- 10 Mittels geeigneter Einfärbungen lässt sich die Visualisierung des Qualitätsmaßes Q^* verbessern. Dazu werden bspw. Symbole für Werte des Qualitätsmaßes Q^* größer als ein oberer Wert 40 in einer ersten Farbe, Symbole für Werte des Qualitätsmaßes Q^* unterhalb eines zweiten Wertes 44 in einer zweiten Farbe und Symbole für Werte in einem dazwischenliegenden Wertebereich 42 in einer dritten Farbe dargestellt. Die Anzahl der Wertebereiche 40, 42, 44 ist
15 jedoch nicht auf drei beschränkt. Vielmehr sind beliebig viele Wertebereiche, denen jeweils eine andere Farbe zugeordnet wird, ebenfalls möglich.

Fig. 6A-C zeigen beispielhaft Diagramm-Darstellungen der Lösungsräume der jeweiligen zu bestimmenden Zielparameter. In diesem Fall wurde für die Bestimmung der Zielparameter ein
20 Geschwindigkeits-Supportwert V_{sup} berücksichtigt. Dadurch ist der Lösungsraum für die Geschwindigkeit recht schmal (s. Fig. 6C).

Das Diagramm in Fig. 6A zeigt mit den beiden dargestellten Glockenkurven zwei potentielle Lösungsgebiete für die Zielentfernung an und Fig. 6B einen anlaufenden Kurs und einen ablaufenden Kurs, wobei beide Lösungen annähernd gleich wahrscheinlich sind. Eine derartige
25 Konstellation ist bspw. möglich, wenn das Trägerfahrzeug einen Start-Lagewinkel von ca. 0 Grad zum Ziel aufweist.

Fig. 7 zeigt eine alternative Darstellung des Lösungsraumes aus Fig. 6A-C. Es sind in einer
30 Lage-Darstellung, insbesondere einer PPI-Darstellung, der erste Peilstrahl 2 und der letzte Peilstrahl 4 aufgetragen.

Anhand der Zielbahnen $Z(i, j)$ werden zu den Peilstrahlen 2,4 ein Entfernungslösungsraum 46 ermittelt, indem zu der jeweiligen darzustellenden Zielbahn eine mögliche Zielposition zu einer
35 Anfangsentfernung auf dem ersten Peilstrahl 2 und eine mögliche Zielposition zu einer Endent-

5 fernung auf dem letzten Peilstrahl 4 mit dem jeweiligen zugehörigen Qualitätsmaß $Q^*(i, j)$ dargestellt wird. Bevorzugt weist der Entfernungslösungsraum 46 einen inneren Bereich in einer ersten Farbe, welcher eine hohe Qualität anzeigt, einen äußeren Bereich in einer zweiten Farbe, welcher eine geringere Qualität anzeigt und einen eine mittlere Qualität anzeigenden Bereich in der Mitte auf.

10 Ferner wird zu den Zielbahnen $Z(i, j)$ eine zukünftige Zielposition des Ziels ermittelt, wobei die zukünftige Zielposition aus den zu der jeweiligen Zielbahn zugehörigen Zielparametern für einen vorbestimmten Zeitraum ermittelt wird. Diese zukünftigen Zielpositionen werden mit der zugehörigen Qualitätsangabe $Q^*(i, j)$ als zukünftiges Erwartungsgebiet 48 in dem Lösungsraum dargestellt.

15 Fig. 7 verdeutlicht das Vorhandensein einer potentiellen Gegenkurssituation, insbesondere bei einem Start-Lagewinkel des Trägerfahrzeugs von ca. 0 Grad zum Ziel. In diesem Fall werden in der Lage-Darstellung für alle Zielbahnen $Z(i, j)$, deren Qualitätsmaß $Q^*(i, j)$ eine vorgegebene Schwelle überschritten haben, z.B. $Q^*(i, j) > 0,8$, von einem zugehörigen Kurs/Geschwindigkeits-Vektor die Pfeilspitzen dargestellt. Es sind viele an- und ablaufende Lösungen in Fig. 7 erkennbar. Ferner sind die beste Zielbahn Z_{best} sowie eine mögliche beste Gegenkurslösung Z_{gegen} jeweils in Vektor-Form dargestellt.

20 Die Berücksichtigung eines Geschwindigkeits-Supportwertes V_{sup} liefert einen relativ schmalen Lösungsraum für die Geschwindigkeit. Dadurch sind die an- und ablaufenden Lösungen in der Darstellung gemäß Fig. 7 gut getrennt. Die unterschiedlichen Startpunkte 50 der an- bzw. ablaufenden Lösungen entsprechen den zwei Glockenkurven des Entfernungslösungsraums aus Fig. 6A.

25 Alle in der vorgenannten Figurenbeschreibung, in den Ansprüchen und in der Beschreibungseinleitung genannten Merkmale sind sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander einsetzbar. Die Offenbarung der Erfindung ist somit nicht auf die beschriebenen bzw. beanspruchten Merkmalskombinationen beschränkt. Vielmehr sind alle Merkmalskombinationen als offenbart zu betrachten.

Ansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen von Zielparametern durch richtungsselektiven Empfang von Schallwellen, die von einem Ziel abgestrahlt oder gesendet werden, mit einer Anordnung (20) von Wasserschallaufnehmern einer Sonar-Empfangsanlage aus geschätzten Peilwinkeln (B_{est}), die aus geschätzten Positionen des Zieles ermittelt werden, und von der Anordnung (20) gemessenen Peilwinkeln (B_{meas}), wobei zwischen gemessenen Peilwinkeln (B_{meas}) und geschätzten Peilwinkeln (B_{est}) eine Peilwinkeldifferenz ermittelt wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens ein Supportwert (29) aus einem Satz möglicher Supportwerte (27) bestimmt wird,
eine oder mehrere Zielbahnen ($Z(i, j)$) mit jeweils zugehörigen Zielparametern und jeweils einer zugehörigen Bewertungsgröße ($Q(i, j)$) ermittelt werden, wobei die Bewertungsgröße ($Q(i, j)$) aus der zur jeweiligen Zielbahn zugehörigen Peilwinkeldifferenz und dem Supportwert (29) oder den Supportwerten (29) ermittelt wird,
eine beste Zielbahn (Z_{best}) mit zugehörigen Zielparametern anhand der zugehörigen Bewertungsgröße ermittelt wird, wobei die zugehörigen Zielparameter als die zu bestimmenden Zielparameter ausgegeben werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
Daten über mögliche Supportwerte (27) gesammelt werden, welche angeben, welche Supportwerte aus einer Menge aller Supportwerte zur Verfügung stehen,
Daten über die Zuverlässigkeit der möglichen Supportwerte (27) gesammelt werden,
die Daten über die möglichen Supportwerte (27) mit den Daten über deren Zuverlässigkeit einem Entscheidungsmodul (28) übergeben werden, welches daraus den oder die Supportwerte (29) mit jeweils einem zugehörigen Gewichtungsfaktor ermittelt, welche bei der Durchführung des Verfahrens berücksichtigt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bewertungsgröße ($Q(i, j)$) einer Zielbahn ($Z(i, j)$) aus der Summe der, insbesondere gewichteten, Quadrate von Differenzen der entlang der Zielbahn ($Z(i, j)$) angenommenen Peilwinkel (B_{est}) und der zugehörigen gemessenen Peilwinkel (B_{meas}) unter Berück-

sichtigung mindestens eines, insbesondere gewichteten, Supportwertes (29) berechnet wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

Empfangssignale (21) der Anordnung einer Frequenzanalyse, insbesondere Lofar-Analyse oder Demon-Analyse, unterzogen werden und die Frequenz mindestens einer Spektrallinie als Empfangsfrequenz (F_{meas}) zu jeweils einem Peilwinkel bestimmt wird,

eine Frequenzdifferenz aus der Empfangsfrequenz (F_{meas}) und einer geschätzten Dopplereffrequenz (F_{est}) zu jeweils einem Peilwinkel ermittelt wird, wobei die geschätzte Dopplereffrequenz (F_{est}) aus einer geschätzten, vom Ziel abgestrahlten Sendefrequenz (F_{Sest})

und einer Dopplerverschiebung bestimmt wird und

die Bewertungsgröße ($Q(i, j)$) aus der Peilwinkeldifferenz, den Frequenzdifferenzen und mindestens eines Supportwertes (29), insbesondere eines Frequenz-Supportwertes (F_{sup}), für eine oder mehrere Zielbahnen ($Z(i, j)$) ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

während jedem Verarbeitungszyklus von einer Reihe aufeinanderfolgender Verarbeitungszyklen die Bewertungsgröße ($Q(i, j)$) oder eine aus der Bewertungsgröße abgeleiteten Größe unter Berücksichtigung mindestens eines Supportwertes (29) iterativ minimiert wird und bei Erreichen des Minimums die zur minimalen Bewertungsgröße zugehörige Zielbahn (Z_{best}) die Zielparameter der besten Lösung liefert.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, dass

eine Vielzahl unterschiedlicher Zielbahnen ($Z(i, j)$) ermittelt werden, wobei ein zu einem ersten gemessenen Peilwinkel zugehöriger erster Peilstrahl (2) sowie ein zu einem zuletzt gemessenen Peilwinkel zugehöriger letzter Peilstrahl (4) festgelegt werden und jede angenommene Zielbahn auf dem ersten Peilstrahl (2) in einem Anfangspunkt (6) beginnt und auf dem letzten Peilstrahl (4) in einem Endpunkt (8) endet, die Bewertungsgröße ($Q(i, j)$) unter Berücksichtigung mindestens eines Supportwertes (29) zu jeder Zielbahn ermittelt wird und eine eine beste Lösung angegebende beste Ziel-

bahn (Z_{best}) anhand dieser Bewertungsgrößen ($Q(i, j)$) ermittelt wird, deren zugehörige Zielparameter als beste Lösung ausgegeben werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass

zum Bestimmen der Zielparameter nur diejenigen Zielbahnen ($Z(i, j)$) berücksichtigt werden, deren zugehörige Bewertungsgröße ($Q(i, j)$) wenigstens einen vorbestimmten Schwellenwert unterschritten hat.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass

während jedem Verarbeitungszyklus die Zielparameter aller oder einer Vielzahl der Zielbahnen ($Z(i, j)$) mittels eines oder mehrerer Diagramme eines aus der Bewertungsgröße ($Q(i, j)$) hervorgehenden Qualitätsmaßes ($Q^*(i, j)$) über den Zielkurs und /oder über die Zielgeschwindigkeit und/oder über die Zielentfernung graphisch visualisiert auf einer Anzeigevorrichtung (38) dargestellt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass

während jedem Verarbeitungszyklus zu allen oder einer Vielzahl der Zielbahnen ($Z(i, j)$) zukünftige Zielpositionen des Zieles ermittelt werden und ein die möglichen Zielparameter beinhaltender Lösungsraum, welcher ein die zukünftigen Zielpositionen darstellendes zukünftiges Erwartungsgebiet (48), wenigstens einen Entfernungslösungsraum (46) zum Anzeigen der möglichen Lösungen für die Zielentfernung und/oder die beste Zielbahn (Z_{best}) aufweist, graphisch und/oder numerisch auf einer Anzeigevorrichtung (38) dargestellt wird.

10. Vorrichtung zur Bestimmung von Zielparametern durch richtungsselektiven Empfang von Schallwellen, die von einem Ziel abgestrahlt oder gesendet werden, mit einer Anordnung (20) von Wasserschallaufnehmern einer Sonar-Empfangsanlage, wobei die Vorrichtung derart ausgebildet ist, um aus geschätzten Positionen des Zieles geschätzte Peilwinkel (B_{est}) und mittels der Anordnung (20) gemessene Peilwinkel (B_{meas}) zu ermitteln, und wobei zwischen gemessenen Peilwinkeln (B_{meas}) und geschätzten Peilwinkeln (B_{est}) eine Peilwinkeldifferenz ermittelbar ist, gekennzeichnet durch

ein Entscheidungsmodul (28), welches derart ausgebildet ist, um mindestens einen Supportwert (29) aus einem Satz möglicher Supportwerte (27) zu bestimmen,
eine Zielbahnbestimmungseinheit (30), welche derart ausgebildet ist, um eine oder mehrere Zielbahnen ($Z(i, j)$) mit jeweils zugehörigen Zielparametern und jeweils einer zugehörigen Bewertungsgröße ($Q(i, j)$) zu ermitteln, wobei die Bewertungsgröße ($Q(i, j)$) aus der zur jeweiligen Zielbahn zugehörigen Peilwinkeldifferenz und dem Supportwert (29) oder den Supportwerten (29) ermittelbar ist,
eine Auswertungseinheit (32), welche derart ausgebildet ist, um eine beste Zielbahn (Z_{best}) mit zugehörigen Zielparametern anhand der zugehörigen Bewertungsgröße zu ermitteln, wobei die zugehörigen Zielparameter als die zu bestimmenden Zielparameter festlegbar sind.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10,
gekennzeichnet durch

ein Datenerfassungsmodul, welches derart ausgebildet ist, um Daten von möglichen Supportwerten (27) zu erfassen, wobei die Daten Angaben aufweisen, welche Supportwerte aus einer Menge aller Supportwerte verfügbar sind,
eine Datenerfassung von Zuverlässigkeiten der möglichen Supportwerte (27),
eine weitere Ausbildung des Entscheidungsmoduls (28) derart, dass die Daten über die möglichen Supportwerte (27) mit den Daten über deren Zuverlässigkeit derart ausgewertet werden, um den oder die Supportwerte (29) mit jeweils einem zugehörigen Gewichtungsfaktor zu ermitteln.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 bis 11,

gekennzeichnet durch

eine Frequenzanalyse-Schaltung (36), welche derart ausgebildet ist, um Empfangssignale (21) der Anordnung einer Frequenzanalyse, insbesondere einer Lofar-Analyse oder einer Demon-Analyse, zu unterziehen, wobei die Frequenz mindestens einer Spektrallinie als Empfangsfrequenz (F_{meas}) zu jeweils einem Peilwinkel bestimmbar ist,

eine Ausbildung der Zielbahnbestimmungseinheit (30) derart, dass eine Frequenzdifferenz aus der Empfangsfrequenz (F_{meas}) und einer geschätzten Dopplerfrequenz (F_{est}) zu jeweils einem Peilwinkel ermittelbar ist, wobei die geschätzte Dopplerfrequenz (F_{est}) aus einer geschätzten, vom Ziel abgestrahlten Sendefrequenz (F_{Sest}) und einer Dopplerverschiebung bestimmbar ist,

sowie dass, die Bewertungsgröße ($Q(i, j)$) aus der Peilwinkeldifferenz, den Frequenzdifferenzen und mindestens eines Supportwertes (29), insbesondere eines Frequenz-Supportwertes (F_{sup}), für eine oder mehrere Zielbahnen ($Z(i, j)$) ermittelbar ist.

- 5 13. Vorrichtung nach Anspruch 10 bis 12,
gekennzeichnet durch
eine Ausbildung der Zielbahnbestimmungseinheit (30) derart, dass während jedem Ver-
arbeitungszyklus von einer Reihe aufeinanderfolgender Verarbeitungszyklen die Bewer-
tungsgröße ($Q(i, j)$) oder eine aus der Bewertungsgröße abgeleiteten Größe unter Be-
10 rücksichtigung mindestens eines Supportwertes (29) iterativ minimierbar ist und bei Er-
reichen des Minimums die Zielparameter der besten Lösung, welche zur minimalen Be-
wertungsgröße zugehörig ist, lieferbar sind.
14. Vorrichtung nach Anspruch 10 bis 12,
15 gekennzeichnet durch
eine Ausbildung der Zielbahnbestimmungseinheit (30) derart, dass eine Vielzahl unter-
schiedlicher Zielbahnen ($Z(i, j)$) ermittelbar sind, wobei ein zu einem ersten gemessenen
Peilwinkel zugehöriger erster Peilstrahl (2) sowie ein zu einem zuletzt gemessenen Peil-
winkel zugehöriger letzter Peilstrahl (4) festlegbar sind und jede angenommene Zielbahn
20 derart bildbar ist, dass sie auf dem ersten Peilstrahl (2) in einem Anfangspunkt (6) be-
ginnt und auf dem letzten Peilstrahl (4) in einem Endpunkt (8) endet,
sowie dass die Bewertungsgröße ($Q(i, j)$) unter Berücksichtigung mindestens eines Sup-
portwertes (29) zu jeder Zielbahn ermittelbar ist und eine beste Lösung angegebende beste
Zielbahn (Z_{best}) anhand dieser Bewertungsgröße ($Q(i, j)$) ermittelbar ist, deren zugehöri-
25 ge Zielparameter als beste Lösung darstellbar sind.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14
gekennzeichnet durch
eine Darstellungseinheit (34), welche derart ausgebildet ist, um während jedem Verar-
30 beitungszyklus die Zielparameter aller oder einer Vielzahl der Zielbahnen ($Z(i, j)$) mittels
mehrerer Diagramme eines aus der Bewertungsgröße ($Q(i, j)$) hervorgehenden Quali-
tätsmaßes ($Q^*(i, j)$) über den Zielkurs und/oder über die Zielgeschwindigkeit und/oder die
Zielentfernung graphisch visualisiert auf einer Anzeigevorrichtung (38) darzustellen,
und/oder

5 zu allen oder eine Vielzahl von Zielbahnen ($Z(i, j)$) zukünftige Zielpositionen des Zieles zu ermitteln und einen die möglichen Zielparameter beinhaltenden Lösungsraum, welcher ein die zukünftigen Zielpositionen darstellendes Erwartungsgebiet (48), wenigstens einen Entfernungslösungsraum (46) zum Anzeigen der möglichen Lösungen für die Zielentfernung und/oder die beste Zielbahn (Z_{best}) aufweist, graphisch und/oder numerisch auf einer Anzeigevorrichtung (38) dazustellen.