

## 2.7 Seehafenzufahrten

### Bezeichnungsgrundsätze für Fahrwasser

**Dipl.-Ing. Hendrik Eusterbarkey**

Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord, Kiel

**Raul S. Escalante**

Hidrovia SA, Argentinien

**Kapitän Raven Kurtz,**

Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord, Kiel

#### Zusammenfassung

Schifffahrtszeichen liefern einen maßgeblichen Beitrag für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs in einem Fahrwasser. Die Ausgestaltung mit Schifffahrtszeichen kann die wirtschaftliche Bemessung und die Unterhaltung von Fahrwassern unterstützen. Die Art der Bezeichnung wurde basierend auf Erfahrung und Tradition unter den jeweiligen besonderen örtlichen oder regionalen Bedingungen entwickelt. In den letzten Jahrzehnten ist es mehr und mehr zur üblichen Praxis geworden, die Schifffahrtszeichen in engem Zusammenhang mit der Seekarte zu nutzen. Das IALA Betonungssystem (IALA Maritime Buoyage System - MBS) ist seit 30 Jahren verbindlich eingeführt und legt die Bedeutung der Schifffahrtszeichen für alle Staaten fest, aber nicht die erforderliche Dichte und Qualität von Schifffahrtszeichen.

Die Bedeutung guter Seevermessung und guter Seekarten hat zugenommen. Das e-Navigation-Konzept, voran getrieben von der IMO<sup>1</sup> und der IALA-AISM<sup>2</sup>, wird die verschiedenen Technologien sowohl auf der Schiffsbrücke als auch aus der Sicht der landgebundenen verkehrstechnischen Dienste integrieren. Eine systematische Beschreibung und bis zu einem gewissen Grade vereinheitlichte Bezeichnungsgrundsätze für Fahrwasser, sowie eine gemeinsame Datenbasis einschließlich Vermessungsdaten und Seekarten, wird dann noch wichtiger.

Obwohl die Bedeutung von Funknavigationssystemen deutlich zugenommen hat, wird die praktische Navigation weiterhin durch visuelle Schifffahrtszeichen unterstützt. Die für die Navigation in einem engen Fahrwasser benötigte Genauigkeit der Schiffsposition sollte durch ein geeignetes System aus elektronischen und visuellen Schifffahrtszeichen gewährleistet werden. Beim Entwurf der Ausstattung eines Fahrwassers mit verkehrstechnischen Systemen einschließlich visuellen Schifffahrtszeichen sollte der Grundsatz beachtet werden, dass die Schiffsführung nie gezwungen sein sollte, sich auf eine einzige Technologie verlassen zu müssen. Es ist immer mindestens ein weiteres System als Rückfallmöglichkeit vorzuhalten.

Die PIANC Arbeitsgruppe 49 (MarCom) ist dabei, den "PIANC Guide for Design of Approach Channels" zu überarbeiten. Die gemäß dieser Richtlinie, Dietze

(1997), PIANC (1997), ermittelten horizontalen Abmessungen einer Fahrrinne können ohne zusätzliche Faktoren verwendet werden, wenn die Fahrinnenbezeichnung bedarfsgerecht und optimal ausgeführt wird. Andernfalls muss die Fahrinnenbreite um einen zusätzlichen Faktor erhöht werden. Diese Faktoren sind noch in der Diskussion.

#### 1. Einführung

##### 1.1 Rolle der Schifffahrtszeichen und Grundsätze für Bezeichnungssysteme

Schifffahrtszeichen liefern einen maßgeblichen Beitrag für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs in einem Fahrwasser. Die Schifffahrtszeichen für Wasserstraßen einschließlich künstlicher Kanäle und gebogener Fahrinnen sollten sowohl ihrer Bedeutung für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs gerecht werden, als auch wirtschaftlich bei der Einrichtung, beim Betrieb und bei der Unterhaltung sein. Eine systematische Herangehensweise unter Anwendung von Leistungsparametern wird für die Schifffahrtszeichen vorgeschlagen.

Bis vor nicht allzu langer Zeit haben die Schiffsführer die Funknavigationssysteme und die für nähere Abstände (z. B. Sicht) ausgelegten Schifffahrtszeichen abhängig vom Abstand zur Küste genutzt. Letztere wurde meistens nahe der Küste und in engen Gewässern und Häfen genutzt. Auf der offenen See konnten die Schiffe mit Hilfe verschiedener Funknavigationssysteme sicher navigieren.

Heute werden die präzisen Funknavigationssysteme (GNSS<sup>3</sup> / DGNSS<sup>4</sup> / AIS<sup>5</sup> in Verbindung mit elektronischen Seekarten) aufgrund ihrer Genauigkeit, Verfügbarkeit, Verlässlichkeit und relativ geringen Kosten mehr und mehr auch nahe der Küste und in den Flüssen und ihren Mündungsgebieten benutzt. Unter diesen Bedingungen bekommen die visuellen Schifffahrtszeichen eine neue Rolle. Die heutige Navigationspraxis kann somit in einigen Fällen und an einigen Stellen sogar einen höheren Standard für die visuellen Schifffahrtszeichen und/oder andere Nahbereichs-Schifffahrtszeichen erforderlich machen. Es ist also davon auszugehen, dass es in Zukunft nicht unbedingt weniger, sondern eher andere Schifffahrtszeichen geben wird und an anderen Stellen.

Es sollte der Grundsatz beachtet werden, dass die Schiffsführung nie gezwungen sein sollte, sich auf eine einzige Technologie verlassen zu müssen. Es ist immer mindestens ein weiteres System als Rückfallmöglichkeit vorzuhalten.

Das e-Navigation-Konzept, voran getrieben von der IMO und der IALA-AISM, wird die verschiedenen Technologien sowohl auf der Schiffsbrücke als auch aus der Sicht der landgebundenen verkehrstechnischen Dienste integrieren.

Beim Entwurf einer Fahrwasserbezeichnung sollten moderne Werkzeuge wie Risikoanalyse und Simulation genutzt werden. Das Risikoniveau einer Wasserstraße hängt von der Art der Wasserstraße, von Typ, Zahl und Größe der verkehrenden Schiffe und anderen Umwelt

<sup>1</sup> International Maritime Organisation

<sup>2</sup> International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities / Association internationale de signalisation maritime

<sup>3</sup> Global Navigation Satellite Systems

<sup>4</sup> Differential Global Navigation Satellite Systems

<sup>5</sup> Automatic Identification System

bedingten Faktoren ab. Für die Beschreibung des Risikoniveaus sollten aus Nutzersicht folgende Parameter und Faktoren betrachtet werden: Navigationsgenauigkeit, Genauigkeit der Positionsbestimmung für das Schiff, Verfügbarkeit und Integrität des gesamten Systems, Grenzen bei der Nutzung visueller Schifffahrtszeichen, Erkennbarkeit und Auffälligkeit visueller Schifffahrtszeichen und Grenzen bei der Nutzung von Radionavigations-Systemen.

### 1.2 Anwendung auf die Bezeichnung von Fahrwassern

Die PIANC Arbeitsgruppe 49 (MarCom) hat den PIANC Guide for Design of Approach Channels, Dietze (1997), PIANC (1997), überarbeitet. Die Schifffahrtszeichen tragen wesentlich zur Wirtschaftlichkeit der Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen von Fahrrinnen bei. Bei der Festlegung der horizontalen und vertikalen Abmessungen einer Zufahrt gibt es starke Wechselwirkungen mit der Auslegung der Fahrwasserkennzeichnung.

Die horizontalen Abmessungen der Fahrrinne können aus dieser PIANC-Richtlinie ohne zusätzliche Faktoren übernommen werden, wenn das Bezeichnungssystem in Verbindung mit den nutzbaren Funknavigationssystemen optimal auf die Anforderungen ausgelegt ist. Andernfalls muss die Fahrrinnenbreite um einen zusätzlichen Faktor erhöht werden. Diese Faktoren sind zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Papiers noch in der Diskussion.

Es kann bis zu einem gewissen Grade sinnvoll sein, die Bezeichnung mit Schifffahrtszeichen zu optimieren, um die Genauigkeit der Positionsbestimmung für das Schiff zu erhöhen. Aber es wird einen Punkt geben, wo eine weiter verbesserte Genauigkeit der Positionsbestimmung nicht weiter zu der durch andere Faktoren begrenzten Navigationsgenauigkeit des Schiffes beiträgt: Diesen Punkt zu finden, würde eine wirklich optimierte Auslegung der Bezeichnung ermöglichen.

Der Parameter Genauigkeit der Positionsbestimmung für das Schiff und für die Navigation und die Fahrrinnenbreite und sein Zusammenhang mit dem Tonnenabstand wird später beschrieben. Eine neue Methode aus Japan zur Berechnung der für die Drift-Erkennung mit Hilfe verschiedener Navigationsmittel erforderlichen Breite der Fahrspur wird erklärt.

Dennoch, bis jetzt wurde keine wirklich anerkannte Methode für die Berechnung von Tonnenabstand und Genauigkeit der Positionsbestimmung für das Schiff gefunden. Deshalb basiert die Beurteilung von Fahrwasserbezeichnungen heute auf einer Menge Erfahrung, unterstützt durch moderne Werkzeuge wie Risikoanalyse und Simulation.

Wasserstraßenplaner, zum Beispiel Nautiker oder Wasserbauingenieure, in den Hafenbehörden und den Wasserstraßenbehörden, sollten die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Ausbaus und der Unterhaltung von Fahrrinnen in Betracht ziehen, die durch mögliche Verbesserung der Genauigkeit der Positionsbestimmung und der Navigationsgenauigkeit durch geeigneten Einsatz von Schifffahrtszeichen möglich ist. In einigen Fällen kann so die erforderliche Ausbaubreite und der Aufwand für die Ausbaubaggerung sowie für die Unterhaltungsbaggerungen reduziert werden.

## 2. Hintergrund

### 2.1 Allgemein

Schifffahrt hängt von den drei Faktoren Mensch, Natur und Technik ab. Künstlich vom Menschen eingerichtete Schifffahrtszeichen stellen eine Technik mit einer langen Geschichte dar. Ihr Entwurf und ihre Nutzung setzen ein zugrundeliegendes Konzept voraus.

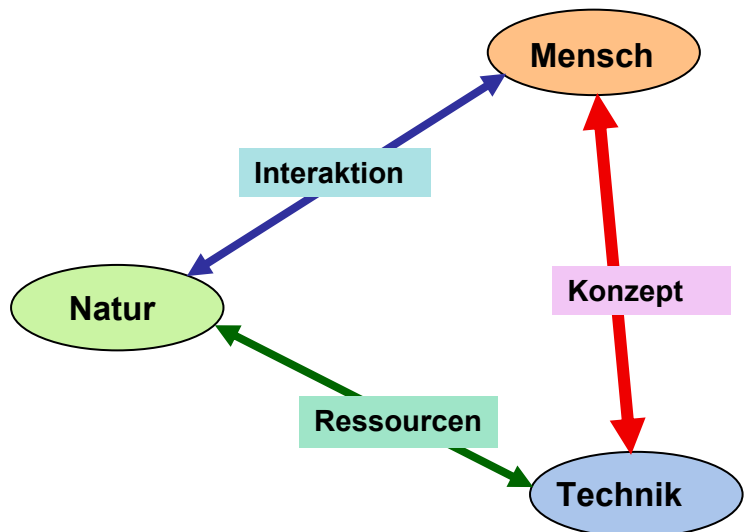


Bild 1: Modell des Zusammenwirkens von Mensch, Natur und Technik

Für ein ganzheitliches Verständnis des Prozesses des Entwurfs und der Nutzung vom Menschen gestalteter Bezeichnungssysteme von Schifffahrtswegen sollte keiner dieser drei Faktoren und keine der drei Beziehungen zueinander vergessen werden.

Für die Planung von Schifffahrtswegen ist es notwendig, dass die Planer ein Konzept oder ein „Modell“ im Kopf haben, das sie auf den natürlichen oder künstlichen Schifffahrtsweg künstlichen anwenden. Für die Nutzung des Bezeichnungssystems ist es notwendig, dass der Schiffsführer das „Modell“ versteht, dass er dasselbe Konzept bzw. Modell im Kopf hat, wie der Planer. Gut ist es also, wenn ein Nautiker die Planung macht. Andernfalls ist mindestens eine intensive Abstimmung und Planung mit den Nautikern erforderlich.

In der Vergangenheit war jedoch oftmals die Technik die treibende Kraft bei der Entwicklung neuer Schifffahrtszeichen und Systeme. Die Nautiker haben sich dann an die Nutzung der Technik gewöhnt. Die Technik kann heute aber nahezu alles ermöglichen. Aber der Nutzer soll entscheiden und auswählen.

Dieses soll durch eine systematische Herangehensweise sichergestellt werden, ohne dabei außer Acht zu lassen, dass das Schifffahrtszeichenwesen zu einem großen Teil auf Erfahrung und anerkannten Regeln beruht.

Auch wenn wir davon ausgehen, dass wir in einer Welt leben, die zu großen aus von Menschen gemachten

## 2. Innovationen bei Entwurf und Bau

### Bezeichnungsgrundsätze für Fahrwasser

Teilen besteht, ist es doch so, dass die ursprünglich Interaktion zwischen Menschen und Natur die zugrundeliegende Quelle für die Konzepte und Modelle sind, das sowohl die Planer als auch die Nutzer in der maritimen Welt nutzen.

Dem Konzept der Nachhaltigkeit folgend kann jede bedeutende Verringerung der Artenvielfalt in der Umwelt die Möglichkeiten zukünftiger Entdeckungen und Entwicklungen einschränken. Dieses gilt aber nicht nur für die natürliche Umwelt, sondern auch für kulturelle Vielfalt und das Erbe der Menschheit. Das Erbe der Menschheit schließt alle Erfahrungen ein, die die Menschen in Tausenden von Jahren im Umgang mit ihrer Umwelt gemacht haben, und ist somit eine lebenswichtige Ressource für zukünftige Strategien, Lebens- und Arbeitsformen der Menschheit.

In der Interaktion der Menschen mit der Natur in unserer Geschichte finden wir die Wurzeln und die grundlegende Quelle für technische Entwicklung. Wahrnehmen, Verstehen, Modellieren und Schlüsse ziehen und daraus Konzepte zu entwickeln, Entscheidungen zu treffen und zu ändern, ist insbesondere in der Navigation eine alte Tradition.

Die traditionelle Navigation in Oceanien zum Beispiel funktionierte ohne Mathematik und ohne Instrumente. Der voll ausgebildete Navigator im südpazifischen Kulturraum hatte eine riesige Menge von Informationen im Kopf, die er in ausschließlich mündlicher Überlieferung von Vorgängern erlernt hatte. Aber die Strukturierung und das Abrufen der Erinnerung folgt mit Sicherheit einem eigenen Modell das im Denken und Fühlen des Menschen, das er sich von dem natürlichen Gewässer macht.

#### 2.2 Was heute zu tun ist

Ausgehend von diesem Punkt in unserer frühen Geschichte kommen eine Menge Entwicklungen in der Zwischenzeit hinzu, oftmals spezifisch für bestimmte Regionen. So ist es kein Wunder, das die Bezeichnungen von Schifffahrtswegen regional sehr unterschiedlich sind.

Aber die Schifffahrt ist international. Deshalb benötigen wir ein gemeinsames internationales Verständnis, was die Schifffahrtszeichen für den Seefahrer bedeuten. Deshalb brauchen wir zum Beispiel die IALA. Das von der IALA entwickelte und von der IMO verbindlich eingeführte IALA-Betonungssystem (Maritime Buoyage System „MBS“) ist ohne Zweifel anzuwenden.

Aber zugleich ist festzustellen, dass das MBS weltweit recht unterschiedlich umgesetzt wird, insbesondere bezüglich der Tonnenabstände in Fahrwasserlängsrichtung. Die Unterschiede sind in der Regel durch unterschiedliche Randbedingungen hinsichtlich der Wasserstraße und der Zusammensetzung des Schiffsverkehrs begründet. Dennoch, es besteht Einigkeit, dass die IALA eine Richtschnur vorhalten sollte, die folgende Aspekte voranbringt:

- systematische Herangehensweise
- Wissen und Erfahrung aus den unterschiedlichen Teilen der Welt austauschen

- behutsame Entwicklung in Richtung gleichwertiger Standards für die Ausstattung mit Schifffahrtszeichen für alle IALA-Mitglieder
- Reduktion der Umweltauswirkungen, des Energieverbrauchs, der Beeinträchtigung der Umwelt durch ein Übermaß an Licht („light pollution“)
- Wirtschaftlichkeit und Rechtfertigung von Kosten
- Integration der visuellen Schifffahrtszeichen und der Fahrwasserkennzeichnung in das e-Navigation-Konzept (dargestellt im folgenden Abschnitt)

Die technische Entwicklung und die Idee, dass einige der neuen Technologien die traditionellen Schifffahrtszeichen ersetzen könnten, hat in den letzten zehn Jahren in vielen Staaten zu einer Überprüfung des Standards der Ausstattung der Schifffahrtswege mit Schifffahrtszeichen und verkehrstechnischen Systemen geführt. In der IALA ist inzwischen eine große Menge an Wissen über die Ermittlung und Validierung von Anforderungen, über Bezeichnungsgrundsätze und Ausstattungsstandards für eine bedarfsgerechte Zusammensetzung („mix of AtoN services“) von Bezeichnungssystemen vorhanden. Die neue Rolle der visuellen Schifffahrtszeichen innerhalb des Gesamtsystems wurde erkannt. Es ist zu erwarten, dass es teilweise weniger visuelle Schifffahrtszeichen geben wird, als in der Vergangenheit.

### 3. e-NAVIGATION

e-Navigation ist eine von der IMO geführte breit angelegte strategische Vision für die Harmonisierung von maritimen Navigationssystemen und unterstützenden landgestützten Diensten, untermauert von Nutzeranforderungen.

#### 3.1 Definition

e-Navigation ist die Harmonisierung der Erfassung, Sammlung, Integration, des Austausches, der Präsentation und Auswertung von maritimen Informationen, an Bord und landgestützt, mit elektronischen Mitteln, um die Navigation von Liegeplatz zu Liegeplatz und die Dienste für die Sicherheit auf See und den Schutz der maritimen Umwelt zu verbessern.

#### 3.2 Hintergrund

e-Navigation wird die Nutzung von neuer Technik in strukturierter Weise einfließen lassen und sicherstellen, dass ihre Nutzung mit den bereits verfügbaren Ortungs- und Kommunikationstechnologien und -Diensten verträglich ist.

Dass in Zukunft größere und schnellere Schiffe und eine höhere Verkehrsdichte sowie geringe Besatzungsstandards zu erwarten sind, hat stark zu dieser Entwicklung beigetragen.

Es gibt eine klare und zwingende Notwendigkeit, die schiffsseitigen und die landseitig für die Sicherheit der Schifffahrt zuständigen Nutzer mit modernen, erprobten und für gute Entscheidungsfindung optimierten Hilfsmitteln auszustatten, zum Beispiel mit folgenden Elementen.

### 3.3 Grundbestandteile

- An Bord
  - Navigationssysteme integriert mit den schiffseigenen Sensoren und zusätzlichen Informationen
  - Standardisierte Nutzeroberflächen
  - Übergreifendes System für das Verarbeiten der Alarmmeldungen
  - Keine Ablenkung oder Überlastung des Schiffsführers, der aktiv mit der Navigation beschäftigt ist
- An Land
  - Verbessertes Management des Schiffsverkehrs und der Dienste für die Schifffahrt
  - Vorhaltung, Koordination und Austausch von Daten in leicht verständlichen Formaten
- Communications:
  - Autorisierte, nahtlose Übertragung von Information zwischen Schiffen, zwischen Schiff und Land und zwischen den Behörden and Land
  - Verringerung der Gefahr des Irrtums eines einzelnen Menschen

### 3.4 Erwartete Vorteile

In der Zukunft wird die Nutzung der e-Navigation die Effizienz der Fahrwasserbezeichnung mit Schifffahrtszeichen durch Integration der auf verschiedene Weise bereitgestellten und auf verschiedene Weise erlangten Informationen verbessern helfen.

Außerdem wird sie folgendes bieten:

- Verbesserung der Sicherheit durch Förderung von Schiffssicherheitsstandards
- Verbesserung des Maritimen Umweltschutzes
- Möglichkeit von Effizienzsteigerung und Kostensparnis
- Möglichkeit des Bürokratieabbaus, z. B. durch standardisierte Meldungen
- Verbessertes Personalmanagement durch aufgewerteten Status des Schiffspersonals auf der Brücke

Die Entwicklung von ausgewiesenen Schifffahrtswegen, auf denen eine Behörde oder internationale Körperschaft den Schiffsverkehr im Interesse der Sicherheit und des Umweltschutzes mittels Sensoren, Zielverfolgung, Beobachtung, Kommunikation und Information unterstützt wird durch die Elemente der e-Navigation ermöglicht und unterstützt. Solche Schifffahrtswege werden zuweilen als Marine Electronic Highways (MEH) bezeichnet und sollten unter Berücksichtigung des vorherrschenden Schiffsverkehrs und Risikos eingerichtet werden.

### 3.5 Weitere Erwägungen

Die Bestandteile der e-Navigation sind für die meisten Nutzer verfügbar, aber die Anwendbarkeit an Bord (z. B. Anzeige der AIS-Information auf elektronischen Seekarten; erst ab 2018 verpflichtend für Schiffe über 300 BRZ) ist zurzeit noch begrenzt. Es müssen noch

einige Punkte bezüglich der Informationsdarstellung an Bord geklärt werden, bevor e-Navigationsanwendungen ihre volle Wirksamkeit im Zusammenhang mit der Fahrwasser Bezeichnung entfalten können.

In einer Zufahrt zu einem Hafen oder in engen Gewässern wird der Schiffsführer in der Regel eine Kombination von visuellen Schifffahrtszeichen, Radar, elektronischer Seekarte und funknavigatorischen Mitteln nutzen.

### 3.6 e-Navigation und visuelle Schifffahrtszeichen

Die e-Navigation wird in Zukunft die gesamte in einem Fahrwasser verfügbare Information integrieren und somit zur optimalen Nutzung dieser Information beitragen. Dieses wird zum Teil eine Optimierung der Kennzeichnung mit visuellen Schifffahrtszeichen ermöglichen und sie effizienter machen. Die kontinuierliche Verbesserung der Ausstattungsgrundsätze wird zu Kostensenkungen und zu Energieeinsparungen bei der Beschaffung sowie bei Betrieb und Unterhaltung der Schifffahrtszeichen führen und auch dadurch dem Umweltschutz dienen.

Eine systematische Herangehensweise beim Entwurf von Bezeichnungssystemen unterstützt die Integration der visuellen Schifffahrtszeichen in das e-Navigationskonzept.

## 4. Systematischer Entwurf von Bezeichnungssystemen

Die Führung eines Schiffes in einem engen Fahrwasser ist durch verschiedene Faktoren bestimmt:

- Wechselwirkung Schiff – Wasserstraße
- Fahrrinnenbreite, Uferabstand, Fahrwassertiefe, Material und Form der Gewässersohle
- Wind, Wellen, Strömung, Tide
- Manövrierfähigkeit und Geschwindigkeit der Schiffe
- Bordausrüstung
- Fähigkeiten des Brückenpersonals

Aus diesen Faktoren entstehen Anforderungen an die verkehrstechnische Ausstattung einer Wasserstraße.

Die Anforderungen müssen durch die Leistung der Bezeichnungssysteme und anderen verkehrstechnischen Systeme erfüllt werden. Die Leistungen können durch Parameter beschrieben werden.

Es gibt einige Parameter, um Eigenschaften und Leistung von verkehrstechnischen Systemen und Diensten zu beschreiben. Sie sind in IMO-Resolutionen zu Globalen Satellitennavigationssystemen definiert und mit Mindestanforderungen aufgeführt (IMO A.915(22) und IMO A.953(23)).

Nicht alle davon bezeichnen Eigenschaften, die wir bei visuellen Schifffahrtszeichen finden, aber die Parameter spiegeln Eigenschaften wider, die Schifffahrtszeichen als System oder als Dienst haben können. Deshalb ist es sinnvoll, bei der Beschreibung der Anforderungen an Bezeichnungssysteme, abhängig von der Art der Wasserstraße und des Schiffsverkehrs sowie des Risikos, diese Parameter zu verwenden.

## 2. Innovationen bei Entwurf und Bau

### Bezeichnungsgrundsätze für Fahrwasser

	Parameter auf Systemebene				Parameter des Dienstes			
	Absolute Genauigkeit	Integrität			Verfügbarkeit % per 30 Tage	Kontinuität % über 3 h	Abdeckung	Interval <sup>2</sup> (sec)
	Horizontal (m)	Alarmierungs-Grenze (m)	Zeit bis zur Alarmierung <sup>2</sup> (sec)	Integrity risk (per 3 h)				
Ozean	10	25	10	10 <sup>-5</sup>	99.8	N/A <sup>1</sup>	Global	1
Küste	10	25	10	10 <sup>-5</sup>	99.8	N/A <sup>1</sup>	Global	1
Hafen-zufahrten, enge Wasserstraßen	10	25	10	10 <sup>-5</sup>	99.8	99.97	Regional	1
Hafen	1	2.5	10	10 <sup>-5</sup>	99.8	99.97	örtlich	1
Binnenschiffahrtsstraßen	10	25	10	10 <sup>-5</sup>	99.8	99.97	Regional	1

<sup>1</sup> Kontinuität ist nicht relevant für offene See und Küste.

<sup>2</sup> Strengere Forderungen sind für Schiffe über 30 Knoten möglich.

**Tabelle 1:** Mindestanforderungen maritimer Nutzer für generelle Navigation

#### 4.1 Genauigkeit

Genauigkeit ist ein Hauptfaktor für den Entwurf einer Fahrwasserkennzeichnung. Es kann unterschieden werden zwischen:

- Genauigkeit für die Ermittlung der Position des Schiffes
- Navigationsgenauigkeit
- Genauigkeit der Positionierung von Schifffahrtszeichen

Die erforderliche Genauigkeit für die Ermittlung der Position des Schiffes hängt von der Breite des Schiffes, dem Tiefgang, der Under-Keel-Clearance und den Tiefenverhältnissen im Fahrwasser ab. Grundsätzlich sollte die Positions-Ermittlungs-Genauigkeit die Navigationsgenauigkeit erfüllen. Aber es gibt eine Grenze, abhängig von den Eigenschaften von Schiff und Wasserstraße, bei der die Navigationsgenauigkeit nicht mehr weiter durch Verbesserung der Positions-Ermittlungs-Genauigkeit verbessert werden kann.

Für die Schiffsführung ist es wichtig, genau die Entfernung zu einem bestimmten Punkt oder einer Linie zu wissen, z. B. zu einem Hindernis oder zur Fahrwasser- oder Fahrinnenbegrenzung. Diese Entfernung kann als Abstand zwischen zwei absoluten Positionen gefunden werden. Dann hängt die Genauigkeit von der absoluten Genauigkeit der beiden Positionen ab.

Aber der Abstand kann auch direkt gefunden werden, wenn eine visuelle Kennzeichnung oder ein Radarziel oder eine andere Einrichtung direkt auf der relevanten Punkt oder der Linie angebracht wird. Dieses wird durch die relative Genauigkeit beschrieben. Beide Arten von Genauigkeit können für die praktische Navigation bedeutsam sein, wenn es darum geht, ein Schiff sicher auf dem Kurs innerhalb eines Fahrwassers oder einer Fahrinne zu halten.

In beiden Fällen muss der Bezug zur Seekarte hergestellt werden. Das Konzept der absoluten Genauigkeit kommt bei der Nutzung von Funknavigation, z. B. Satellitennavigation, mehr zum Tragen. Das geht aber nur in Gebieten, wo es Seekarten mit guter Genauigkeit gibt, und setzt voraus, dass das Signal von einem oder ggf. mehreren Funknavigationssystemen während der gesamten Passage mit guter Genauigkeit bereitgestellt werden kann.

Die meisten Funknavigationssysteme stellen eine sehr hohe absolute Genauigkeit für die Bestimmung der Schiffsposition zur Verfügung, basiert auf einem geodätischen Bezugssystem. Die Navigationsgenauigkeit ist nicht nur durch die Bestimmung der Position begrenzt, sondern auch durch die Genauigkeit der Seekarte, die Qualität der Bordausrüstung und der Schiffsführung sowie die Manövrierbarkeit des Schiffes.

Schifffahrtszeichen für die Nutzung im Nahbereich, also auch die Mehrzahl von visuellen Schifffahrtszeichen, weisen im Allgemeinen nicht solch eine gute absolute Genauigkeit auf. Aber sie stellen, wenn sie richtig positioniert sind, eine gute relative Genauigkeit für die direkte praktische Navigation zur Verfügung. So kann der Schiffsführer ohne Blick auf Instrumente und Geräte direkt und sicher visuell dem Fahrwasser folgen.

Die durch direkte Beobachtung von visuellen Zeichen oder Radarzielen ohne Mitkopplung auf der elektronischen Seekarte oder einem modernen Radarschirm ist naturgemäß durch die relative Genauigkeit begrenzt. Und sie ist nicht gleichbleibend entlang der Fahrspur. Die Begrenzung der Genauigkeit ist in diesem Falle gegeben durch die Möglichkeit, die Bewegung des Schiffes entlang der Route zu erkennen und immer wieder auf den beabsichtigten Kurs zurückzukommen. Die Abstände der Zeichen oder Ziele in Längsrichtung sind ein entscheidender Faktor. Es ist aber nicht einfach, den Einfluss der Längsabstände von Schifffahrts-

zeichen, z. B. Tonnen, auf die Positions- bzw. Abweichungs-Erkennungs-Genauigkeit analytisch und allgemeingültig festzustellen.

#### 4.2 Breite für Drifterkennung: neue Methode aus Japan

Eine neue Methode, um die mittels visueller Schiffsfahrtszeichen, Schiffsradar und Satellitennavigation erreichbare Genauigkeit der Navigation in einem Fahrwasser zu bestimmen, ist in Japan entwickelt worden (Ohtsu,K., Yoshimura,Y., Hirano,M., Tsugane,M. and Takahashi,H. (2006) and MLIT (2009)). Sie wurde in der PIANC Arbeitsgruppe 49 (MarCom) "Approach Channels - A Guide for Design" vorgestellt.

Die Methode ist plausibel; einige Aspekte sind noch nicht berücksichtigt:

- Kurse von Schiffen, die nicht in der Mitte des gekennzeichneten Fahrwassers bzw. der gekennzeichneten Fahrrinne fahren
- Nutzung von Richtfeuerlinien
- Auswirkung der Schiffsbreite auf die Fahrspurbreite

Die Methode könnte ein interessanter Ansatz für die Verwendung in Risikoanalyse-Programmen sein. Eine weiterführende Validierung und einige Ergänzungen scheinen noch erforderlich zu sein. Der Effekt der Tonnenabstände auf die Standardabweichung der gefahrenen Spur des Schiffes könnte mittels Anwendung dieser Methode hergeleitet werden.

Die Navigationsgenauigkeit setzt sich aus der für die Erkennung der Abweichung vom Sollkurs erforderlichen Breite und der für die Rückkehr auf den Sollkurs erforderlichen Manövrierbreite zusammen. Beide überlappen sich. In der Regel ist die für die Erkennung der Abweichung vom Sollkurs erforderliche Breite vollständig in der gesamten Manövrierbreite enthalten. Die Fahrspurbreite schließt die Breite für den nicht parallel zur Fahrwasserachse liegenden Schiffskörper ein. Insbesondere bei Berücksichtigung der Schiffslänge wird also die Fahrspurbreite um einiges größer sein, als die für die Erkennung der Abweichung vom Sollkurs erforderlichen Breite, wie sie zum Beispiel durch die neue japanische Methode bestimmt werden kann.

Diese Japanische Methode ist ein Beitrag zum Abschnitt "Fairway Layout and Channel Width" des Berichtes der PIANC (MarCom) Arbeitsgruppe 49 "Horizontale and vertikale Dimensionen von Fahrinnen". Die Methode geht davon aus, dass sich die Fahrinnenbreite grundsätzlich aus folgenden Elementen zusammensetzt.

Fahrspurbreite:

$$W_{FM} = a (W_{WF} + W_{CF} + W_{YM} + W_{DD})$$

wobei

$W_{WF}$ : Breitenanforderung für Windeinfluss

$W_{CF}$ : Breitenanforderung für Strömungskräfte

$W_{YM}$ : Breitenanforderung für Gieren des Schiffes

$W_{DD}$ : Breitenanforderung für die Drifterkennung

$a = 1$  für einschiffige Fahrrinne

$a = 2$  für zweischiffige Fahrrinne

$a = 4$  für vierschiffige Fahrrinne

Zusätzliche Breitenanforderungen für den Bank-Effect und die Wechselwirkung zwischen Schiffen untereinander beim Begegnen und Überholen sind zu berücksichtigen.

Ein Schiff in einer Fahrrinne wird in der Regel aus verschiedenen Gründen etwas von seinem Kurs abdriften, auch wenn der Schiffsführer glaubt, auf dem richtigen Kurs zu sein. Wenn die Abdrift sehr klein ist, ist sie nicht zu erkennen. Aber wenn die seitliche Abweichung vom Kurs beträchtlich ist, kann der Schiffsführer die Abweichung erkennen.

Die Größe der erkennbaren Drift spielt eine bedeutende Rolle bei der Bemessung der Fahrinnenbreite. Eine geringere Breite kann für eine Fahrrinne angenommen werden, wenn Systeme zur Verfügung stehen, die eine bessere, einfachere Drifterkennung ermöglichen.

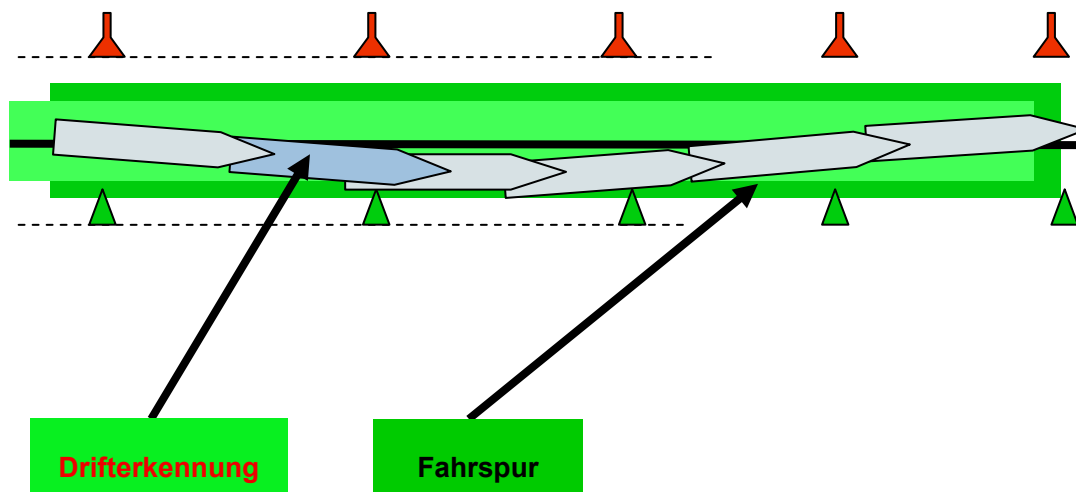


Bild 2: Drifterkennung und Fahrspurbreite für das Manövrieren

## 2. Innovationen bei Entwurf und Bau

### Bezeichnungsgrundsätze für Fahrwasser

In dem japanischen Dokument wird der Einfluss auf die Breite für die Drifterkennung von drei Typen von Schiff-fahrtszeichen bzw. Radionavigationssystemen in Zusammenwirken mit der Bordausrüstung beschrieben.

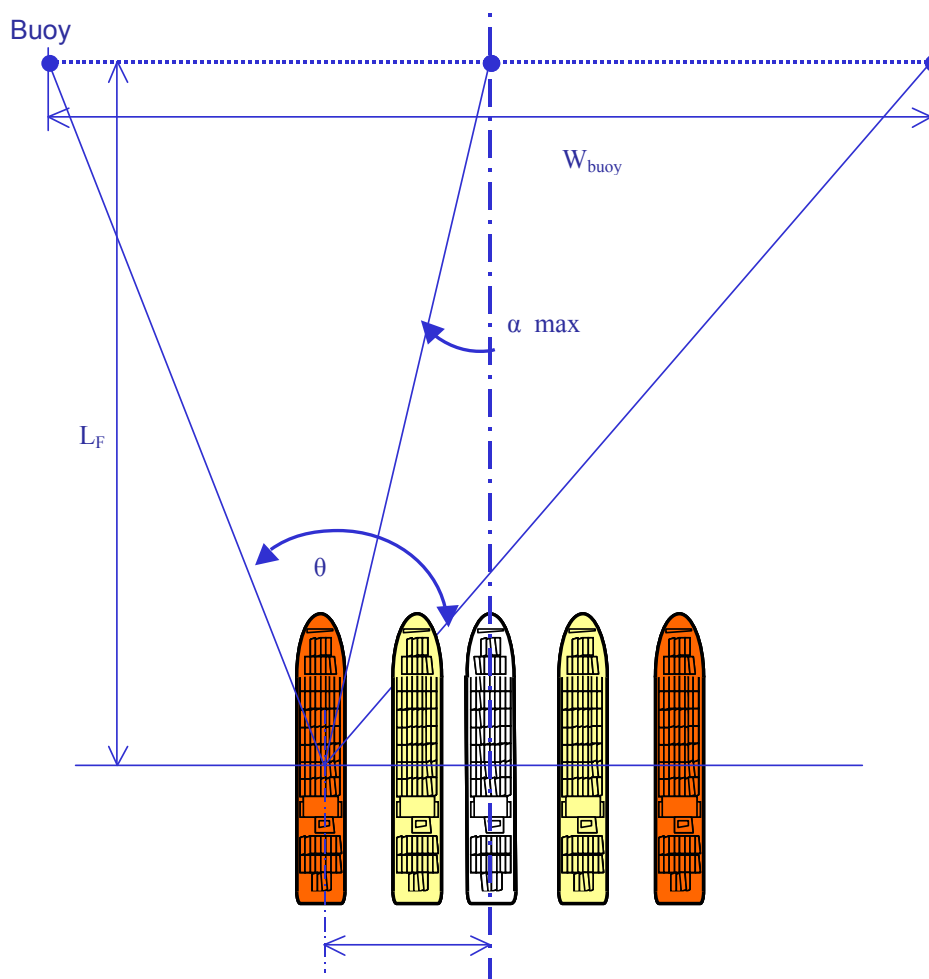
- Beobachtung von Leuchttönen auf beiden Seiten der Fahrrinne voraus mit nacktem Auge
- Beobachtung von Leuchttönen auf beiden Seiten der Fahrrinne voraus mit Schiffsradar
- GPS<sup>6</sup> oder D-GPS<sup>7</sup>

Für die Drifterkennung mittels Beobachtung von Leuchttönen auf beiden Seiten der Fahrrinne voraus mit nacktem Auge oder Schiffsradar kann die Fahrinnenbreite für die Drifterkennung abgeschätzt werden auf der Basis des Winkels, der von den zwei Linien gebildet wird, die vom Schiff zu den beiden auf beiden Seiten voraus liegenden Tonnen gehen (Abb. 3).

$$\theta = 2 \arctan \left( \frac{W_{\text{buoy}}}{2L_F} \right)$$

$W_{\text{buoy}}$ : Abstand zwischen den Tonnen

$L_F$ : Abstand - auf der Mittellinie der Fahrrinne bzw. des Fahrwassers - für die Drifterkennung zwischen Schiff und voraus liegenden Tonnen



Wie in Abbildung 3 gezeigt, wird der zwischen Fahrwassermittellinie und der Linie vom Schiff zum Mittelpunkt zwischen den beiden voraus liegenden Tonnen gebildete Winkel als  $\alpha_{\text{max}}$  bezeichnet.

Die maximale Abweichung wird so definiert, dass fast alle Schiffsführer im Stande sind, in diesem Abstand ihre Abdrift von der Mittellinie zu erkennen. Dementsprechend wird in Abb. 3 der maximale Winkel mit  $\alpha_{\text{max}}$  bezeichnet.

Gemäß diesem Konzept für  $\alpha_{\text{max}}$  kann die Drifterkennung durch Beobachtung von Leuchttönen mit bloßem Auge wie folgt berechnet werden.

$$W_{DD} (NEY) = 2 L_F \tan (\alpha_{\text{max}})$$

$\alpha_{\text{max}}$  kann mit folgender, durch statistische Auswertung von Versuchen im Maßstab 1:1 entwickelte Formel praktisch abgeschätzt werden.

$$\alpha_{\text{max}} = 0,00176 \cdot L_F^2 + 0,0008 \cdot L_F + 2,21372$$

Die für Drifterkennung mit Radar benötigte Fahrinnenbreite kann wie folgt berechnet werden.

**Bild 3:** Drifterkennung durch Beobachtung v. Tonnen m. bloßem Auge/ Radar (WG 49 (2010))

<sup>6</sup> Global Positioning System

<sup>7</sup> Differential Global Positioning System

$$W_{DD} (RAD) = 0,0698 \frac{W_{buoy}}{\sin \theta} \text{ (für } 2^\circ \text{ Beobachtungsfehler im Radar)}$$

$$W_{DD} (RAD) = 0,0349 \frac{W_{buoy}}{\sin \theta} \text{ (für } 1^\circ \text{ Beobachtungsfehler im Radar)}$$

Für die Drifterkennung mit GPS werden in der japanischen Methode folgende Gleichungen vorgesehen:

$$W_{DD} (GPS) = B + 60 \text{ (in m)}$$

$$W_{DD} (D-GPS) = B \text{ (in m)}$$

#### 4.3 Vorschlag zur Validierung der Fahrspuren und von Drifterkennungsmodellen

Die „basic manoeuvring lane“ nach PIANC (1997), bzw. Dietze (1997), ist 1,3 bis 1,8 B, mit B als Breite des Schiffes.

So weit die für die Drifterkennung erforderliche Breite (entspricht quasi der Genauigkeit für die Ermittlung der Position des Schiffes) in der „basic manoeuvring lane“ eingeschlossen ist, ist keine zusätzliche Breite für die Drifterkennung erforderlich. Sowohl das Konzept der „basic manoeuvring lane“ als auch die Drifterkennungsmodelle könnten, wenn sie für weitere Verwendung in Betracht gezogen werden sollen, mit Hilfe von AIS-Fahrspuraufzeichnungen in vorhandenen Fahrwassern validiert werden. Die Option wäre, die theoretische Drift gemäß der diskutierten Modelle mit den als Zeitverlauf durch AIS-Fahrspuraufzeichnungen ermittelten Positionsdaten verschiedener Schiffe zu vergleichen.

In diesem Beispiel (Bild 4) wurde das theoretische Fahrspurbreitenmuster ungefähr aus einer Berechnung für verschiedene Abstände Schiff – Tonnenpaar nach der japanischen Methode übernommen. Es kann also herausgefunden werden, ob die Fahrspurbreite des Schiffes mit der Breite für Drifterkennung stark korreliert ist. Wenn das unterhalb eines gewissen Abstandes von der Fahrwassermitte nicht mehr der Fall ist, könnte dieser Abstand als sinnvolle Breite der „basic manoeuvring lane“ gelten.

Bei der Validierung sind aber folgende Aspekte zu berücksichtigen.

- Der Einfluss der Drifterkennungsbreite an einem bestimmten Punkt im Fahrwasserverlauf auf die Fahrspur des Schiffes wird nicht an diesem Punkt sichtbar, sondern ein paar Schiffslängen weiter voraus (Das Schiff wird also direkt nach Passieren des Tonnenpaares nicht so weit von seinem geplanten Kurs abweichen, wie oben dargestellt.).
- Nutzung von (D)GPS als primäres Mittel für die Navigation führt zu anderen Abweichungsmustern; es ist aber in der AIS-Aufzeichnung nicht klar, mit welchen Mitteln das jeweilige Schiff navigiert hat.

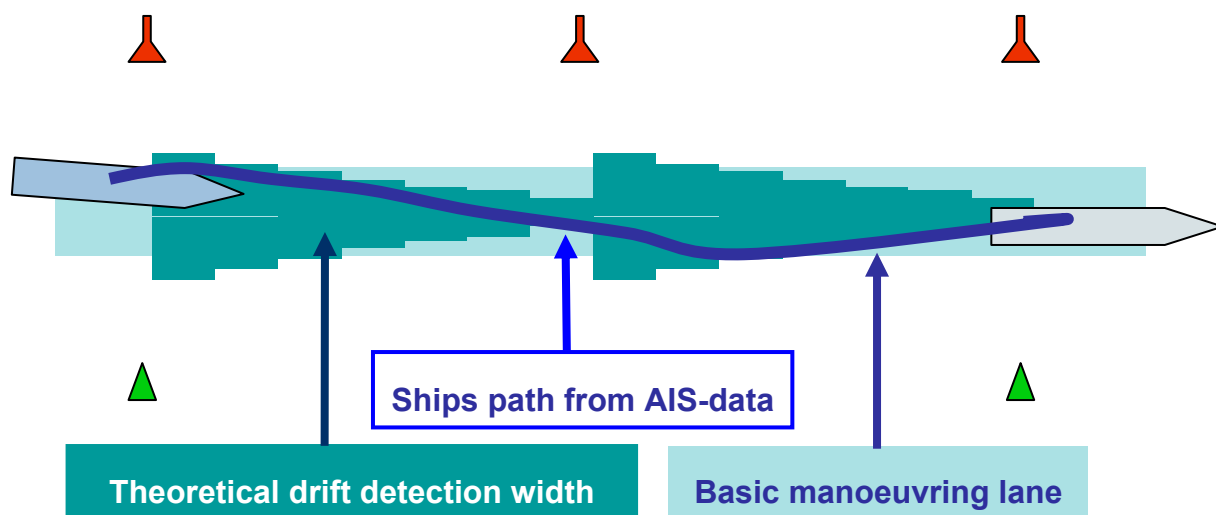
#### 4.4 Genauigkeit der Positionierung von Schifffahrtszeichen

Die Ungenauigkeit der Position eines Schifffahrtszeichens sollte nicht größer sein als die zugelassene Ungenauigkeit bei der Seevermessung und in der Seekarte. Die Anforderungen können in IHO (2008) gefunden werden.

Im Kapitel 2 dieses Standards, - 'Positioning' - 2.1 "Horizontal Uncertainty" ist die Unsicherheit einer Position definiert. Positionen sollen in internationalen terrestrisch Koordinatensystemen angegeben werden, z. B. WGS 84. Die Positionsungenauigkeit auf den 95% Vertrauensbereich bezogen soll mit den Vermessungsdaten zusammen angegeben werden.

Die Schifffahrtszeichen sollen mit derselben Genauigkeit eingemessen und aufgebaut bzw. ausgelegt werden wie die Genauigkeit der Seekarte. Tafel 1 aus IHO (2008) enthält die Mindestanforderungen. Sie variieren zwischen 2m für feste Schifffahrtszeichen in navigatorisch kritischen Gebieten, 10m für schwimmende Schifffahrtszeichen bei Wassertiefen unter 100m und 20m für Wassertiefen über 100m. Letzteres wird für Tonnen nicht immer erreicht werden können.

**Bild 4:** Theoretische Fahrspuren and AIS-Fahrspur (qualitatives Beispiel)





#### **4.5 Wahrnehmen und Erkennen von Schiff-fahrtszeichen**

Die nautischen Anforderungen an die visuelle Erkennbarkeit von Schifffahrtszeichen können gut mit dem Parameter „Nuttabstand“ oder „Erkennbarkeitsentfernung“ beschrieben werden. Das ist eine unter typischen Bedingungen des Reviers beschriebene Entfernung, in der ein Schiffsführer das Zeichen oder Licht erkennen kann. Diese Entfernung kann auf wissenschaftliche Art ermittelt werden, da es über die Eigenschaften des menschlichen Auges, des Lichtes und der Atmosphäre gute Erkenntnisse gibt. Zugleich sind praktische Erfahrungen zu berücksichtigen.

Grundsätzlich gibt es unterschiedliche Qualitäten der Wahrnehmung von Schifffahrtszeichen:

- Das Objekt ist sichtbar (reine Sichtbarkeit): Das Zeichen kann gesehen werden, aber es erscheint zu klein, um als ein Schifffahrtszeichen von einem bestimmten Typ, z. B. gemäß IALA-Betonnungssystem erkannt werden zu können.
- Teilweise Erkennbarkeit: Wenn eine Tagemarke sichtbar ist und seine Umrisse und seine Form klar erkennbar sind, aber die Farbe unklar bleibt.
- Erkennbarkeitsentfernung: Das Objekt kann identifiziert werden, z. B. als eine bestimmte Tonne gemäß IALA-Betonnungssystem. Dieses ist zuallermeist die Qualität von Wahrnehmung, die für die praktische Navigation erforderlich ist; deshalb wird sie in der Regel als Nuttabstand zugrunde gelegt.

In etlichen Fällen begrenzt die Auffälligkeit eines Schifffahrtszeichens (wenn sie nicht ausreichend vorhanden ist) die Nutzbarkeit für die Navigation. Auffällig ist ein Schifffahrtszeichen dann, wenn es sich auch vor einem vielgestaltigen Hintergrund gut abhebt. Dieses kann sich auf Licht, Form und Farbe beziehen.

In jedem Falle ist es notwendig, dass die direkt von einem Schifffahrtszeichen wahrgenommene Information bestätigt wird, also zum Beispiel die Kennung einer Leuchttonne mehrere Male gleich gesehen wird. Dieses kann aber Zeit kosten, wenn die von dem Schifffahrtszeichen abgegebene Information durch Umwelteinflüsse, z. B. Seegang, unterbrochen erscheint.

Das Schifffahrtszeichen sendet seine Information auf verschiedene Weise aus (Licht, Form, Farben, Beschriftung usw.) So lange die Informationen eines Schifffahrtszeichens, auf verschiedene Weise abgegeben, nicht übereinstimmen, liegt keine wirkliche Bestätigung der Information vor.

Der Parameter zur Beschreibung der nautischen Anforderung an ein Licht ist die Tragweite. Für die detaillierte Spezifikation eines Lichtes liefern die IALA-Recommendations der E-200 Serie die Methodik und die nötigen Angaben.

Die Entfernung, in der eine Tagesmarke erkannt werden kann, hängt ab von der Größe, der Form, den Farben und der geografischen Sichtweite.

Eine einfache Abschätzung für die Erkennbarkeitsentfernung eines Objektes ist, dass das Objekt am Auge des Betrachters unter einem größeren Winkel drei Bogenminuten (3') erscheint. Also muss der arctan des

Quotienten aus den Hauptabmessungen des Objekts und der Entfernung vom Beobachter mehr als 3' sein.

Der Kontrast (Helligkeit und Farbe) zum Hintergrund hängt von vielen Faktoren ab und ist oft bestimmend dafür, ob das Objekt gesehen werden kann, selbst wenn es groß genug ist.

Die Erkennbarkeit von Schifffahrtszeichen kann durch Installation von anderen Hilfsmitteln wie Radarreflektoren oder aktiven funktechnischen Mitteln auch unter schlechten Sichtbedingungen verbessert werden.

#### **5. Einige allgemeine Regeln**

- Kennzeichnung aller wichtigen Punkte wie Kursänderungen, Kurven, besondere Hindernisse oder Untiefen, Fahrwassereinmündungen oder -Trennungen
- Dazwischen gleichmäßige Verteilung der Tonnen in Fahrwasserlängsrichtung
- Der Abstand in Fahrwasserlängsrichtung wird durch den Nuttabstand bestimmt.
- Der Abstand sollte aber nicht größer sein als die üblicherweise eingestellte Nutzweite des Bordradars, in Fahrwassern und Fahrinnen meist 3 Seemeilen.
- Simulationen für Leuchttonne haben für Fahrwasser mit 150m bis 600m einen optimalen Tonnenabstand von 1 - 1.5 Seemeilen ergeben.
- Gleicher Abstand der Tonnen von der Fahrwasserachse zu beiden Seiten
- Tonnen sollten in der Regel als Tonnenpaare (Torcharakteristik) ausgelegt werden.
- Für besonders genaue Navigation kann das System der Torketten genutzt werden. Dabei müssen innerhalb der Erkennbarkeitsentfernung immer mindestens zwei Tonnenpaare voraus sichtbar sein.

## 2. Innovationen bei Entwurf und Bau

### Bezeichnungsgrundsätze für Fahrwasser

#### 6. Fahrwasserbezeichnung des Rio de La Plata Navigation Channel

Als Beispiel wird hier der Rio de La Plata Navigation Channel gezeigt.

Der Rio de La Plata Navigation Channel ist eine teilweise geradlinige und teilweise kurvige Fahrrinne mit Tonnen von einer Position 129.1 Seemeilen seewärts bis zur Hafeneinfahrt von Buenos Aires.

Grunddaten der betrachteten Wasserstraße (weitere Angaben auf der nachstehenden Karte):

Länge:	63.8 M
Breite:	100 m (einschiffig) 160 m (zweischiffiger Abschnitt)
Ausbautiefe:	34 Fuß
Tidenhub:	0,60 m

#### Schiffsverkehr:

Gesamt (2006): 7.760

Davon:

Containershiffe:	1.726
Bulk Carrier:	3.134
General cargo ships:	962
Öltanker:	1.386
Andere:	552

#### Maximale Schiffsabmessungen

	Länge	Breite	Tiefgang
Containerschiff	261 m	40 m	41 Fuß
Bulk Carrier	260 m	42 m	42 Fuß
Tanker	241 m	32,2 m	49 Fuß

#### Schiffahrtszeichen:

Betonnung mit Tonnenpaaren (Torcharakteristik):

Tonnenabstand: durchschnittlich 3000 m  
(max 5.000 m, min 1.100 m)

Leuchttonnen und Gelenkbaken (Spieren)

Höhe über Wasserspiegel: Leuchttonnen 4 m  
Spieren 8 m

#### Zusätzlich:

DGPS Abdeckung (auf Anforderung, privater Service), Verkehrssicherungssystem und AIS, betrieben von der Prefectura Naval Argentina (National Coast Guard), and Lotsannahmepflicht

#### Literatur

Dietze (1997), SEEHAFENZUFAHRTEN, Ein Leitfaden zur Bemessung, deutsche Übersetzung des Schlussberichtes der PIANC Arbeitsgruppe II-30, erschienen als Beilage zum PIANC Bulletin Nr. 95

IHO (2008) IHO Standards for Hydrographic Surveys, 5th Ed., Febr. 2008, Special Publication No. 44

IMO A.915(22) International Maritime Organisation, Resolution A.915(22) "Revised Maritime Policy and Requirements for a Future Global Navigation Satellite System"

IMO A.953(23) International Maritime Organisation, Resolution A.953(23) "World-Wide Radionavigation System"

MLIT (2009) Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT), Japan. Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities OCDI (in English), 2007 in Japanese

Ohtsu,K., Yoshimura,Y., Hirano,M., Tsugane,M.and Takahashi,H.(2006). Design standard for fairway in next generation. Asia Navigation Conference 2006, No.26, 2006

PIANC (1997) PTC II-30, Final Report of the joint Working Group PIANC and IAPH in cooperation with IMPA and IALA, PIANC, Brussels.

WG 49 (2010) Japanese contribution to the Section "Fairway Layout and Channel Width" for the report of PIANC MARCOM Working Group 49 "Horizontal and vertical dimensions of channels"

#### Verfasser

Dipl.-Ing. Hendrik Eusterbarkey  
Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord  
Hindenburgufer 247, 24106 Kiel  
Telefon: 0431/3394-327  
E-Mail: hendrik.eusterbarkey@wsv.bund.de

Raul S. Escalante  
Hidrovia SA, Argentinien  
Corrientes 316, 2 Piso (C.P. 1314)  
Buenos Aires, Argentinien  
Telefon: 54-11 4320 6900  
E-Mail: hidrovia@movi.com.ar

Kapitän Raven Kurtz  
Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord  
Hindenburgufer 247, 24106 Kiel  
Telefon: 0431/3394-8120  
E-Mail: raven.kurtz@wsv.bund.de

