# Binnenschifffahrt, Schiffe, Schiffbau (1.1)

## Ein DGPS Dienst für Telematikanwendungen in der Binnenschifffahrt

**Dipl.-Ing. Michael Hoppe**
Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken, Koblenz

**Dipl.-Ing. Stefan Bober**
Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken, Koblenz

**Dipl.-Ing. Wilfried Rink**
Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken, Koblenz

**Kurzfassung**

In den letzten Jahren ist ein zunehmendes Interesse an einer effektiveren Nutzung der Binnenwasserstraßen festzustellen. Dieses resultiert in einer Vielzahl neuer Entwicklungen und Systeme rund um die Wasserstraßen. Systeme in diesem Zusammenhang werden allgemein unter dem Schlagwort RIS (River Information Services) geführt. Als wesentliche Zielsetzungen der RIS Aktivitäten sind zu nennen:

- Wirtschaftliche und ökologische Nutzung der Binnenwasserstraßen
- Verbesserung der Sicherheit auf Binnenwasserstraßen
- Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Binnenschifffahrt
- Reduzierung der Arbeitsbelastung der Schiffsführung

Eine grundlegende Verbesserung der technischen Ausrüstung in der Binnenschifffahrt ergab sich durch die Entwicklung, Standardisierung und Einführung der elektronischen Flusskarte „Inland ECDIS“ (Electronic Chart Display and Information System). Weiterhin hat die Entwicklung von Schiffsidentifizierungssystemen sich als ein nützliches Werkzeug zum Austausch von navigatorischen Daten zwischen verschiedenen Schiffen bzw. zwischen Schiffen und Verkehrszentralen erwiesen.

Eine bedeutende Grundlage zur Anwendung solcher neuen telematischen Systeme ist die Nutzung von Satellitennavigationssystemen (z.B. GPS), die durch den Einsatz entsprechender Differentialsysteme (z.B. DGPS) die notwendige Genauigkeit und Integrität für die Telematiksysteme zur Verfügung stellen. Für die Anwendung innerhalb der Binnenschifffahrt ist es weiterhin wichtig, dass die verwendeten Navigationssysteme international standardisiert sind und dass Empfangsgeräte genutzt werden, welche die minimalen Leistungsanforderungen erfüllen und zu günstigen Preisen erworben werden können.

In den letzten Jahren haben weltweit viele maritime Verwaltungen ein DGPS System für die maritime Seeschifffahrt errichtet. Dieses System sendet DGPS Korrekturdaten nach einem internationalen Standard aus, den die IALA (International Association of Lighthouse Authorities) erarbeitet hat. Ziel dieses Dienstes ist es, die Sicherheit der Navigation in den Küstenregionen zu erhöhen. Neben der Steigerung der Genauigkeit ist vor allem aber die Aussendung von Integritätsinformationen ein wesentlicher Bestandteil der DGPS Referenzstationen nach IALA Standard. Damit die neuen Telematikanwendungen in der Binnenschifffahrt genutzt werden können, hat die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung ihr bestehendes DGPS Netz an der deutschen Küste mit vier Zusätzlichen DGPS-Referenzstationen im Binnenbereich erweitert.

Der folgende Artikel beschreibt die generelle Systemarchitektur des DGPS Dienstes im Binnenbereich. Weiterhin wird über erste Erfahrungen des Systems als Teil der geplanten RIS Anwendungen berichtet. Die Vorteile bei der Nutzung von DGPS zusammen mit Schiffsidentifizierungssystemen sollen am Beispiel der Nutzung der „INLAND ECDIS“ und des AIS (Automatic Identification System) verdeutlicht werden.

### 1. Einführung

Motiviert durch die Erweiterung der EU nach Osten ist es zu erwarten, dass es zu deutlichen Zunahmen des Gütertransportes kommt. Diesbezüglich wird die Nutzung der vorhandenen Wasserstraßen immer wichtiger. Damit die Wasserstraßen wirtschaftlich und ökologisch von der Binnenschifffahrt verwendet werden können, ist es sinnvoll, modernere und intelligentere Navigationssysteme zu nutzen. Hierzu wurde in den vergangenen Jahren eine Vielzahl neuer Entwicklungen im Rahmen der RIS-Aktivitäten für die Binnenschifffahrt nutzbar gemacht.

Eine bedeutende Verbesserung war die Einführung der “Inland ECDIS-Karte”. Wesentlich für die Nutzung dieses Systems war die Verabschiedung internationaler Standards, kompatibel zur maritimen ECDIS-Karte. Die Nutzung der Inland ECDIS im „Navigationsmodus“ ermöglicht die Darstellung der präzisen Schiffsposition in Relation zur vorhandenen Fahrwasserbegrenzung. Weiterhin ist davon auszugehen, dass AIS zukünftig einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Sicherheit auf Binnenwasserstraßen liefern wird. Eine essentielle Anforderung an die neuen Telematiksysteme ist die Nutzung entsprechender Positionierungssysteme, welche die Position mit hoher Genauigkeit, Verfügbarkeit und vor allem Integrität zur Verfügung stellen. Bestehende Satellitennavigationssysteme wie GPS oder GLONASS werden heute in vielen Anwendungsbereichen eingesetzt[1]. Für spezielle Anwendungen ist es jedoch wichtig zu beachten das GPS und GLONASS ohne zusätzliche Augmentierung nicht alle Anforderungen erfüllen können. Insbesondere für sicherheitsrelevante Anwendungen ist es wichtig, dass der Systemanbieter auch Garantien hinsichtlich der Genauigkeit, Integrität und Zuverlässigkeit des Positionierungsdienstes übernimmt. Ein solches Navigationssystem welches für die genannten Anwendungen in der Binnenschifffahrt mit einer hohen Zuverlässigkeit und einer Genauigkeit von < 3 m genutzt werden kann, muss verschiedene Systeme an Bord des Binnenschiffes miteinander kombinieren.

[1] GPS , GLONASS und Galileo werden als GNSS (Global Navigation Satellite Systems) bezeichnet

Dieser Artikel beschreibt den DGPS-Korrekturdatendienst nach IALA Standard und berichtet über erste Erfahrungen mit dem errichteten DGPS-Netz in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) als Teil der „River Information Services“ (RIS). Neben der Erläuterung technischer- und betrieblicher Parameter des IALA DGPS Dienstes wird auch ein Ausblick über zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten des Systems gegeben.

## 2. Telematikanwendungen in der Binnenschifffahrt

### 2.1 Inland ECDIS

Eine wesentliche Verbesserung der Navigation in der Binnenschifffahrt ergab sich durch die Entwicklung und Einführung der Inland ECDIS und die Erarbeitung eines an den maritimen ECDIS angelehnten Standards. Wird ein solches System im „Navigationsmodus“ benutzt, dann liefert die Inland-ECDIS Informationen über die genaue Schiffsposition im Bezug zur Fahrwasserbegrenzung. Die Entwicklung der Karte und des genannten Standards basiert auf dem Auftrag an die WSV, Tiefeninformationen des Rheinverlaufes auf einer elektronischen Karte nutzbar zu machen [1]. Die technische Basis wurde in Deutschland im Jahr 1998 und 1999 im ARGO-Projekt der WSV, in enger Zusammenarbeit mit dem europäischen INDRIS Projekt, gelegt. Unter Verwendung der praktischen Erfahrungen aus den Projekten ARGO und INDRIS wurde von einer Expertengruppe der EU der Inland ECDIS Standard in seiner Grundfassung erarbeitet. Auf dieser Basis wurde der Standard durch die „Central Commission for Navigation on the Rhine river“ (CCNR) weiter entwickelt. Die CCNR hat den endgültigen Standard im Mai 2001 veröffentlicht. Auch die Donaukommission hat diesen Standard angenommen, mit dem Resultat, dass der Standard nun auf fast allen europäischen Wasserstraßen genutzt wird. Innerhalb des Inland ECDIS Standards werden zwei Betriebsarten definiert:

- Informationsmodus
- Navigationsmodus

Im **Informationsmodus** wird die elektronische Karte ohne überlagertes Radarbild dargestellt. Der Schiffsführer kann die Karte dazu verwenden, um Informationen über die Wasserstraße, Liegeplätze oder Hafenzufahrten zu erhalten. Ebenfalls kann der Informationsmodus für die Fahrtvorbereitung verwendet werden. Die Nutzung der Karte im Informationsmodus stellt nur geringe Anforderungen an die Positionsgenauigkeit, Verfügbarkeit und Integrität eines Positionierungssystems. Daher kann für diesen Modus ein herkömmlicher GNSS Empfänger verwendet werden. Es muss allerdings erwähnt werden, dass es nicht erlaubt ist, die Karte im Informationsmodus für navigatorische Zwecke zu verwenden.

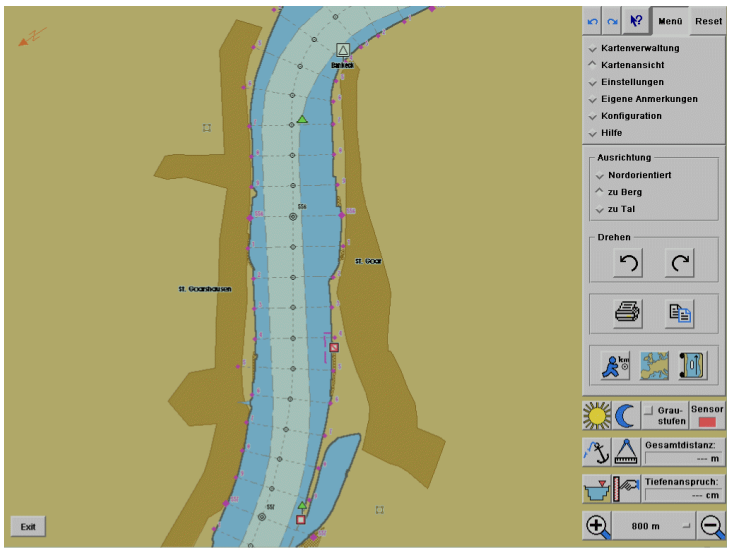


**Bild 1:** Inland ECDIS im Informationsmodus

Wird die Inland ECDIS im **Navigationsmodus** betrieben, dann wird das Radarbild der Schiffsradaranlage der ECDIS Karte überlagert. Wenn zusätzlich Tiefeninformationen zur Verfügung stehen, dann erhält der Schiffsführer neben den sonst üblichen Radarechos auch Informationen zu Fahrwasserbegrenzungen bezogen auf den aktuellen Tiefgang des Schiffes, des anstehenden Wasserstandpegels und eines festgelegten Sicherheitsabstandes. Ausgerüstet mit all diesen Informationen ist der Schiffsführer dann in der Lage, seine Zuladung für eine bestimmte Fahrt zu vergrößern. Als Resultat des vergrößerten Tiefganges zeigt die Inland ECDIS das reduzierte Fahrwasser in Teilbereichen des Fahrwassers. Es ist einleuchtend, dass für die Benutzung der Inland Karte im Navigationsmodus hohe Anforderungen an das Positionierungssystem hinsichtlich Genauigkeit, Verfügbarkeit, Kontinuität und Integrität gestellt werden müssen. Bild 2 zeigt die im Navigationsmodus verwendete Inland ECDIS.

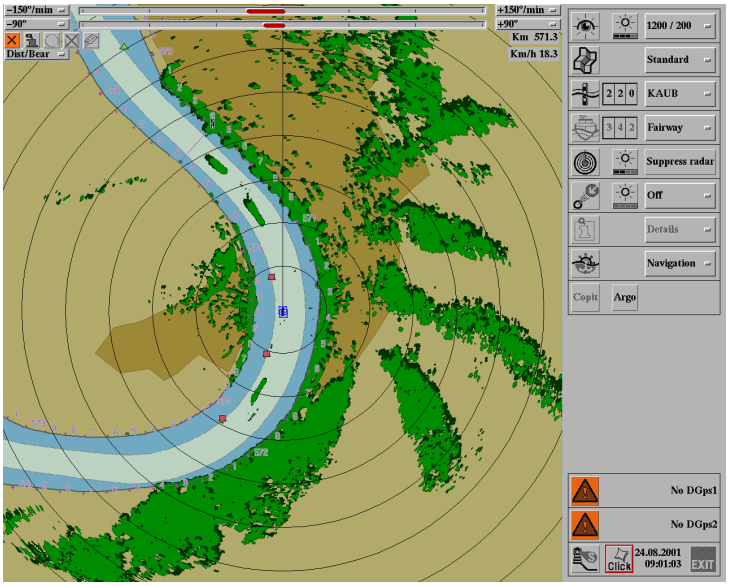


**Bild 2:** Inland ECDIS im Navigationsmodus

### 2.2 Automatic Identification System (AIS)

Seit 2004 müssen alle Seeschiffe auf “großer Fahrt” zur Erfüllung der SOLAS Bestimmungen mit AIS Transpondern ausgerüstet sein. AIS ist eine wichtige Komponente für den Austausch von Navigationsdaten zwischen Schiffen bzw. zwischen Schiffen und entsprechenden Küstenstationen. Es ist zu erwarten, dass die Einführung von AIS auch Auswirkungen auf die Navi-

gation im Binnenbereich haben wird, insbesondere bei Binnenschiffen, die auch maritime Wasserstraßen nutzen (z.B. in Küstenregionen betriebene Schiffe). In Gewässer oder Häfen, wo oft Seeschiffe und Binnenschiffe dicht nebeneinander navigieren müssen, ist der schnelle Austausch von Informationen hinsichtlich Identität, Position, Kurs, Geschwindigkeit sowie Typ und Größe benachbarter Schiffe ebenfalls sehr wichtig.

AIS bietet jedoch auch für den Einsatz im Binnenbereich eine Reihe von signifikanten Vorteilen. Die hohe Qualität der AIS Datenübertragung ermöglicht eine sichere und effektivere Navigation der Binnenschifffahrt. Weiterhin kann dieser Sensor auch dazu beitragen, die vorhandenen Wasserstraßen ökologischer und wirtschaftlicher nutzen zu können. Einen Vorteil durch die AIS-Datenerfassung und Datenweiterleitung erlangen insbesondere Reedereien, Hafengesellschaften, Verkehrszentralen oder andere Organisationen, welche sich mit dem Transport von Waren und Gütern beschäftigen.

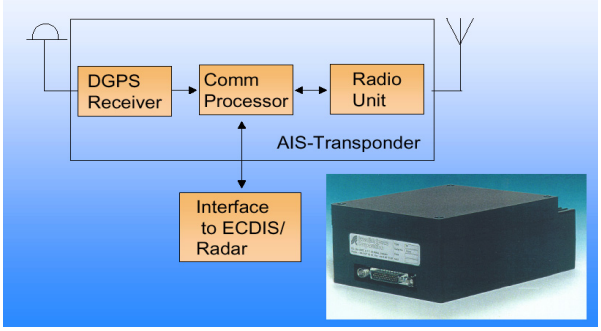


**Bild 3:** AIS- Transponder

Die “European RIS Platform”, die Zentrale Rheinkommission (ZKR), und die Donau-Kommission haben mittlerweile AIS als geeignete Technologie zur automatischen Identifizierung und Verfolgung von Binnenschiffen eingestuft. Als Grundlage zur Nutzung von AIS im Binnenbereich wurde daher ein AIS Standard entwickelt, der die besonderen Anforderungen der Binnenschifffahrt berücksichtigt, jedoch die volle Kompatibilität zum bestehenden maritimen AIS Standard beibehält. Zur Weiterentwicklung eines Inland AIS Systems führt die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes z. Zt. Tests und Erprobungen an verschiedenen Wasserstraßen durch. Diese Untersuchungen nutzen bestehende RIS-Anwendungen, wie z.B. die Inland ECDIS Karte, elektronische Schiffsmeldesysteme und die Einrichtungen der Verkehrszentralen. Ziel der Untersuchungen ist es, betriebliche und technische Erfahrungen mit dem neuen System zu erhalten.

Innerhalb dieser Tests sollen die folgenden Anwendungen untersucht werden:

- Anwendung von AIS für die Navigationsunterstützung auf Binnenschiffen
- Anwendung von AIS für Verkehrsinformations- und Managementdienste

### 2.3 Anwendungen von AIS für die Navigation auf Binnenschiffen

Binnenschiffe, die mit AIS ausgerüstet sind, können die mittels AIS von anderen Schiffen übertragenen Informationen zur Verbesserung des Verkehrslagebildes nutzen. Die mit AIS gewonnene Verkehrslage enthält Informationen, die mit dem nicht-kooperativen Verkehrserfassungsmittel Radar nicht zu ermitteln sind. Zu diesen Informationen zählen die Identität der Schiffe, Name, Fahrzeug- und Ladungskategorie sowie Abmessungen und weitere Schiffsdaten. In dieser Anwendung ergänzt AIS das Radarbild im Navigationsdisplay in idealer Weise. Besonders in Flussabschnitten mit schwierigen topographischen Verhältnissen zeigt AIS eine größere Reichweite als das Radar. Die Radarreichweite ist auf die direkte geometrische Sichtweite begrenzt, während AIS durch die etwas günstigere Ausbreitung des UKW Funkfeldes auch dort noch wirkt, wo das Radar schon abgeschattet ist. Somit können Schiffe mit AIS auch schon hinter einer Kurve entdeckt werden. AIS kann somit als Navigationshilfe im unmittelbaren Umfeld des Schiffes zur Kollisionsverhütung eingesetzt werden. Ein Untersuchungsschwerpunkt hinsichtlich dieses Einsatzes von AIS im Navigationsbetrieb ist die elektronische Signalisierung von besonderen Eigenschaften des Schiffes. So können beispielsweise Schiffe mit einer bestimmten Gefahrgutkategorie als gesondert markierte Symbole hervorgehoben werden. Die Kategorie des Gefahrgutes an Bord eines Binnenschiffes wird visuell durch das Setzen von „Blauen Kegeln“ angezeigt und kann elektronisch mittels AIS übertragen werden. Das Erkennen von Schiffen mit eingeschränkter Manövrierfähigkeit auf Grund des besonderen Tiefenanspruchs oder der Länge bzw. Breite des Schiffes wird mit zunehmender Schiffsgröße zukünftig eine immer wichtigere Rolle spielen. Durch den automatischen Datenaustausch mittels AIS lässt sich dieses Problem auf elektronischem Wege lösen.

In der Binnenschifffahrt wird das Abweichen vom Rechtsfahrgebot im Fahrwasser zwischen den beteiligten Fahrzeugen abgesprochen und visuell durch Setzen einer „Blauen Tafel“ angezeigt. Mittels AIS kann auf einfache Weise diese Signalisierung im Navigationsdisplay der umgebenden Schiffe darstellt werden. Oftmals tritt in der Binnenschifffahrt das Problem auf, dass bei hohem Verkehrsaufkommen nicht eindeutig festzustellen ist, welches Schiff gerade den Sprechfunkkanal nutzt. Die sendende Stelle kann dann nicht eindeutig identifiziert werden. Mittels AIS kann das im Funksprechverkehr sendende Schiff im Navigationsdisplay besonders hervorgehoben werden.

Ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt ist die Erprobung der schiffsautonomen Engstellenregelung durch Datenfunk-Selbstwahrschau. An besonders kritischen Stellen der Wasserstraße, nämlich dort, wo sich Schiffe nur unter bestimmten Bedingungen begegnen können, sind oft Absprachen zwischen den Schiffsführern notwendig. Eine in der Binnenschifffahrt vielfach praktizierte Regelung ist die sog. Sprechfunk-Selbstwahrschau. Der Schiffsführer fragt über UKW-Sprechfunk ab, ob ihm ein Schiff entgegenkommt. Ist dies der Fall, müssen beide Schiffsführer klären, wie sie sich begegnen können. Voraussetzung dazu ist u.a. eine einwandfreie sprachliche Verständigung der beiden Schiffsführer.

Die Ersetzung der Sprechfunk-Selbstwahrschau durch die sog. Datenfunk-Selbstwahrschau mittels AIS bringt folgende Vorteile:

- Die Position und die Identität des entgegenkommenden Schiffes können zuverlässig bestimmt werden.

- Mehr als ein entgegenkommendes Schiff kann erkannt werden, ohne dass umfangreiche Funkkommunikation notwendig ist.
- Die Daten können in einem Bordcomputer zur Optimierung des Fahrverlaufes verarbeitet werden, da sie in computergerechter Form vorliegen.
- Die Begegnungsabsprache zwischen den Schiffen kann ebenfalls per Datenfunk erfolgen.

Besonders im gewundenen Verlauf der Flüsse treten häufig Funkabschattungen auf, die die Funkreichweite auf wenige Kilometer begrenzen. Durch den Einsatz von landseitigen AIS Repeatern können Schiffe auch in diesem topographisch schwierigen Gelände über größere Strecken automatisch die Position und Identität von entgegenkommenden Schiffen ermitteln. So kann der Schiffer mit AIS auch um die Kurve oder in gefährliche Einmündungen sehen und entgegenkommende Schiffe frühzeitiger erfassen, z.B. im stark gewundenen Verlauf des Rheins in der Gebirgsstrecke zwischen Bingen und Koblenz. Damit wird die selbständige Begegnungsabsprache zwischen den Schiffen unterstützt und erleichtert.

### 2.3.1 AIS zur Verkehrsunterstützung und zum Verkehrsmanagement

An besonders schwierigen Abschnitten der Wasserstraße ist eine direkte Unterstützung der Schifffahrt durch eine Verkehrsberatung einer Verkehrszentrale notwendig. Dies ist z.B. an einem Wasserstraßenkreuz beim Zusammentreffen mehrerer Wasserstraßen mit hohem Verkehrsaufkommen oder bei sehr langen unübersichtlichen Engstellen der Fall. In Deutschland erfolgt eine direkte Verkehrsunterstützug der Schifffahrt in der Gebirgsstrecke des Rheins durch die Verkehrszentrale Oberwesel. Der Rhein verläuft dort in sehr stark gewundenen Kurven mit engem Fahrwasser, in denen eine Begegnung der Schiffe nicht möglich ist. Die RVZ Oberwesel betreibt eine Engstellenregelung durch eine sog. Lichtwahrschauanlage, mit der dem Bergfahrer die ihm entgegenkommenden Talfahrer per Lichtsignalanlage angezeigt werden. Die Erfassung der Verkehrslage in der Engstelle erfolgt durch Landradaranlagen. Durch AIS werden auf der elektronischen Flusskarte in der Revierzentrale zusätzlich zum Radarziel Identität, Länge und Breite des Schiffes dargestellt. Weitere Schiffsdaten werden in den Reviertabellen der Datenverarbeitung gehalten. Weiterhin besteht die Möglichkeit die Signalstellung der Lichtsignalanlage mittels AIS elektronisch von der RVZ an die Schiffe zu übermitteln, die diese auf ihrem Navigationsdisplay anzeigen können.

### 2.3.2 Melde- und Informationssystem Binnenschifffahrt (MIB)

Beim MIB müssen sich bestimmte Schiffe bei der Revierzentrale an- bzw. abmelden, Ladungsänderungen bekannt geben und während der Reise an festgelegten Meldepunkten ihre Standorte angeben. Zurzeit werden die Standortmeldungen an wenigen Meldepunkten über Sprechfunk (NIF) abgegeben. Durch die spärlichen Positionsmeldungen kann der Aufenthaltsort des Schiffes jeweils nur in einem Teilabschnitt erfasst werden. Der Einsatz von AIS (ggf. zunächst nur auf meldepflichtigen Schiffen) könnte die Datenübergabe vereinfachen und Schiffsführung und Operateure in der Verkehrszentrale entlasten. Die flächendeckende Erfassung von Gefahrguttransporten ermöglicht eine kontinuierliche Überwachung und ein schnelles Eingreifen im Notfall. Durch AIS sind ständig Identität, Position und Ladung aller Gefahrgutschiffe bekannt. Im Bedarfsfall können so unmittelbar einzelne oder alle Gefahrgutschiffe informiert werden.

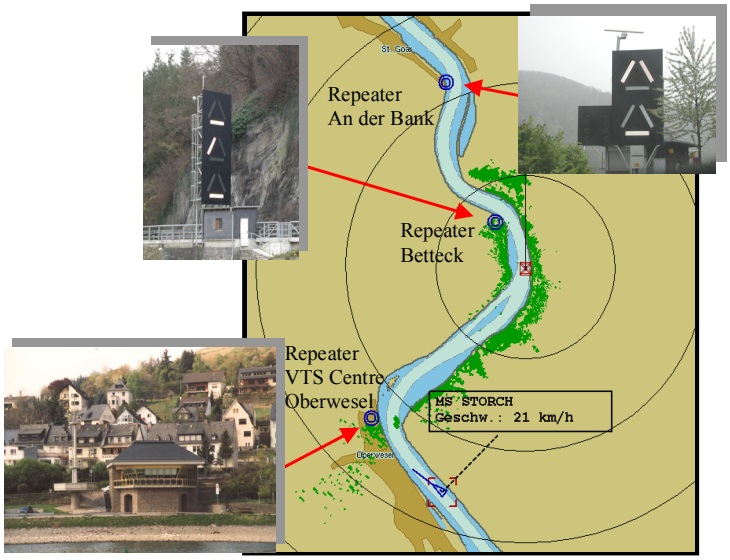


**Bild 4:** Revierzentrale Oberwesel

Verbesserungsmöglichkeiten im Schleusenbetrieb:

Liegen durch AIS Identität, Position und Geschwindigkeit vor, kann die Ankunftszeit des Schiffes aktuell bestimmt werden. Die Ankunftszeit eines Schiffes sollte möglichst genau bekannt sein, um den Schleusenablauf optimal zu planen und die Wartezeiten an den Schleusen zu verringern. Die bisherige Praxis der Anmeldung über Sprechfunk ist naturgemäß relativ ungenau und verzögert betriebliche Abläufe. Denkbar wird auch eine Rückmeldung an die betroffenen Schiffe (z.B. die von der Schleuse angeforderte Ankunftszeit), die ggf. bei ihrer Fahrt die Gegebenheiten an den Schleusen berücksichtigen können. Vorteilhaft können solche Informationen auch bei der Automatisierung von Schleusen und Hubbrücken genutzt werden.

## 3. Anforderungen an das Positionierungssystem

Die Einführung der bereits erwähnten Telematikanwendungen in der Binnenschifffahrt erfordern verbesserte Möglichkeiten zur Positionsbestimmung hinsichtlich der Genauigkeit aber vor allem auch der Integrität der ermittelten Positionen. Weiterhin wurde schon darauf

| | |
|---|---|
| Genauigkeit | < 3 m (2 dRMS) |
| Verfügbarkeit | > 99,8 %<br>(über eine Periode von 2 Jahren) |
| Integrität | Time to Alarm < 10 sec |
| Internationale Standards | ITU, IMO, IALA, etc. |
| Leistungsanforderungen an die Bordempfänger | IMO, IEC, etc. |

**Tabelle 1:** Grundlegende Anforderungen an das DGNSS

hingewiesen, dass bestehende GNSS (GPS) nicht in der Lage sind, alle Anforderungen erfüllen zu können. Aus diesem Grund werden für die Positionsbestimmung and Bord der Binnenschiffe so genannte „Differential GNSS“ (DGNSS) eingesetzt. Diese senden Korrekturdaten zu den bestehenden GNSS aus, welche die Positionsgenauigkeit erhöhen und vor allen auch die erforderliche Integritätsinformation zu den genutzten Satelliten beinhalten. Die minimalen Anforderungen, die an ein solches DGNSS gestellt werden müssen, sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Weiterhin sollte beachtet werden, dass zum Empfang der DGNSS Daten auch leistungsfähige Empfängerkomponenten zu einem niedrigen Preis am Markt erhältlich sein sollten, so dass die Binnenschifffahrt nicht mit zu hohen Anschaffungskosten belastet wird.

Zur Festlegung welche DGNSS für die Nutzung in der Binnenschifffahrt geeignet sind, hat die WSV im Auftrag des BMVBW eine Untersuchung zu vorhandenen DGNSS durchgeführt [3]. In dieser Untersuchung wurden Systeme wie SAPOS, ALF, RDS, Loran-C/Eurofix, EGNOS und IALA DGNSS Beacon vergleichend beurteilt. Die einzigen Systeme, die nahezu alle gestellten Anforderungen erfüllen sind:

- Loran-C/Eurofix
- EGNOS
- IALA Beacon

Wegen der unsicheren Zukunft des Loran-C und der begrenzten Verfügbarkeit von EGNOS-Signalen in engen Tallagen, z.B. entlang des Rheins, der Mosel, der Donau und anderen kleineren Flüssen, wurde beschlossen, dass bereits an der Küste bestehende IALA-DGPS-Netzwerk in den Binnenbereich zu erweitern. Mit dieser Entscheidung wird auch die Kompatibilität zur maritimen Navigation gewährleistet.

## 4. Integriertes Navigationssystem basierend auf DGNSS

Zur Verbesserung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Navigationssystems wurde während der Einführungsphase der elektronischen Flusskarte ein integriertes Navigationssystem (INS) entwickelt und auf einer Reihe von Binnenschiffen getestet. Die wesentlichen Komponenten des INS sind in Bild 5 dargestellt.

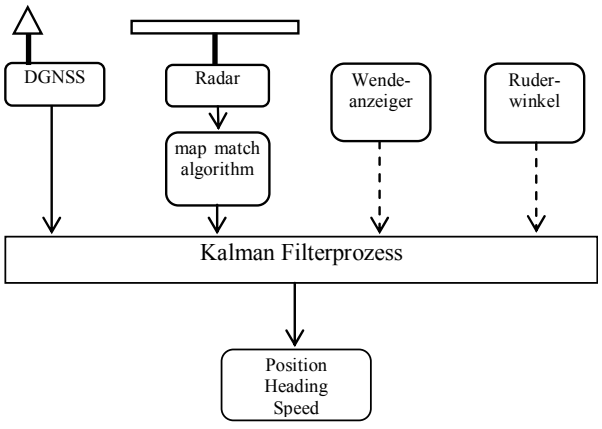


**Bild 5:** Integriertes Navigationssystem

Hauptsensoren des gezeigten INS sind der DGNSS Empfänger und ein Radar Map Matching (RMM) Prozess, welcher das über die Schiffsradaranlage empfangene aktuelle Radarecho mit gespeicherten Radarkonturen vergleicht. Zur Systemintegration muss die elektronische Flusskarte exakt unter das vorausorientierte Radarbild gelegt werden. Der RMM Algorithmus liefert wie auch der DGNSS Sensor eine unabhängige Positionslösung und die Schiffsvorausrichtung (Heading). Hierbei werden die radarsichtbaren Kartenobjekte und das aktuelle Radarbild verglichen und so verschoben, dass Position und Orientierung der Karte mit dem Radarbild übereinstimmen. Dieser Prozess wird im Wesentlichen durch die DGNSS Positionierung unterstützt. Je nach Möglichkeiten kann auch noch der anstehende Ruderwinkel und die Drehrate eines Wendeanzeigers in das INS integriert werden. Ein asynchroner Kalman Filter kombiniert die unterschiedlichen Sensoren und liefert unter Einbeziehung der entsprechenden Fehlertoleranzen der einzelnen Systeme eine stabile Schätzung der Position, Geschwindigkeit und Vorausrichtung des Schiffes. Ein solches INS kann den Ausfall einer der Sensoren für eine bestimmte Zeit überbrücken. Eine Vielzahl von Testfahrten und Untersuchungen während der letzten Jahre haben gezeigt, dass ein INS nach der in Bild 5 gezeigten Anordnung Positionslösungen von < 3 m mit einer hohen Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit liefern kann. Da DGNSS und RMM zueinander komplementäre Systeme sind, ist die Kombination der beiden Systeme besonders vorteilhaft. In Regionen mit schlechter Satellitensichtbarkeit (in engen Tälern) liefert das RMM gute Ergebnisse, da in diesem Fall das Radar gute Konturen liefern kann. In flachen Teilstücken hingegen, fehlen unter Umständen auswertbare Radarkonturen. Hier jedoch kann in der Regel mit sehr guten DGNSS Verhältnissen gerechnet werden.

## 5. Das IALA DGPS System

Es wurde bereits erwähnt, dass viele Schifffahrtsverwaltungen DGPS Referenzstationen entlang der Küsten errichtet haben, um die Sicherheit und Effizienz der Seeschifffahrt zu erhöhen. Weltweit sind mittlerweile ungefähr 350 DGPS Stationen im Betrieb. Die Korrekturdaten dieses DGPS Dienstes werden im Funkfeuerband (283,5- 325 kHz) ausgestrahlt. Die DGPS Aussendung folgt einem weltweiten Funkübertragunsprotokoll der International Telecommunication Union (ITU). Der Standard wurde von der IALA (International Association of maritime aids to Navigation and Lighthouse Authorities) erarbeitet. Aus diesem Grunde ist das System auch unter dem Namen IALA DGPS bekannt. Erste Stationen nahmen bereits Anfang der 90er Jahre den Probebetrieb auf. Mittlerweile ist das IALA DGPS in der Schifffahrt voll etabliert und man schätzt weltweit ca. 1,5 Millionen Nutzer in der Schifffahrt aber auch in andern Nutzersegmenten. Wegen der großen Anzahl von Nutzern sind auch eine Vielzahl von Empfängerkomponenten am Markt zu günstigen Preisen erhältlich.

Der Wegfall der SA (Selective Availability) bei GPS im Mai 2000 hat die erreichbare Genauigkeit von GPS auf ca. 15 m erhöht. Die Bedeutung eines Augmentierungssystems, wie IALA DGPS, wurde durch diese Maßnahme jedoch nicht verringert. Ohne die DGPS Korrekturdaten können teilweise große Fehler auftreten. Weiterhin liefert DGPS die Integritätsinformation, die im GPS nicht enthalten ist. Integrität ist die Möglichkeit, den Nutzer mit zeitnahen Warnungen zu versorgen, z.B.

wenn das System aufgrund erkannter Fehlfunktionen nicht für die Navigation genutzt werden darf. Obwohl die GPS-Funktionalität für einige Benutzer, wie Fischer oder Sportbootbesitzer ausreichend ist, ist es für Schiffe mit größeren Sicherheitsanforderungen und höheren Risiken nicht akzeptabel.

### 5.1 Systemmerkmale des IALA DGNSS Dienstes

Die Aussendung von DGNSS Korrekturdaten und Integritätsinformationen basieren auf international standardisierten Funkübertragungsprotokoll, ITU-R.M 823-2. Die Wesentlichen technischen Merkmale sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

| | |
|---|---|
| Frequenz Band: | 283,5 - 315 kHz in Europa<br>283,5 - 325 kHz in anderen Regionen |
| Modulation: | Minimum Shift Keying (MSK) |
| Datenrate: | 50, 100 oder 200 Bit/s<br>seit der S/A Abschaltung verwenden die meisten Länder 100 Bit/s |
| Datenformat: | RTCM SC104 V 2.1 Message-Typen:<br>1, 9, 3, 6, 16 für DGPS |
| International Standards: | ITU- Recommendation M. 823-2<br>IEC-61108-4 |

**Tabelle 2:** Technische Parameter des IALA DGNSS Dienstes

Die betrieblichen Systemmerkmale basieren auf den Leistungsanforderungen der International Maritime Organisation (IMO A.815(19)). Diese Resolution beschreibt die minimalen Anforderungen hinsichtlich Genauigkeit, Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Integrität von GNSS und DGNSS. Da für die Anwendungen in der Binnenschifffahrt keine eigenen Anforderungen bestehen, werden für die Nutzung der Inland-ECDIS die maritimen Anforderungen der IMO weitestgehend übernommen. Die entsprechenden betrieblichen Kenngrößen sind in Tabelle 3 dargestellt.

| | |
|---|---|
| Positionsgenauigkeit: | 1 - 3 m (2drms) |
| Reichweite der DGNSS Stationen: | 200 - 500 km |
| Verfügbarkeit<br>- Coastal/harbour/inland with low level of risk<br>- Coastal/harbour/inland with high level of risk | <br>> 99.5% over 2 years<br>> 99.8% over 2 years |
| Kontinuität<br>- Coastal/harbour/inland with low level of risk<br>- Coastal/harbour/inland with high level of risk | <br>≥ 99.85% over 3 hours<br>≥ 99.97% over 3 hours |
| Integrität | Time to Alarm<br>less than 10 sec |

**Tabelle 3:** Betriebliche Kenngrößen von IALA DGNSS

### 5.2 IALA DGNSS Versorgungsreichweiten in Deutschland

Zur Abdeckung der deutschen Küste mit einem DGNSS nach IALA Standard betreibt die WSV seit 1995 zwei DGNSS Referenzstationen. Eine dieser Stationen wurde in Helgoland zur Abdeckung der Deutschen Bucht errichtet. Eine weitere Station, in Groß Mohrdorf, deckt die deutsche Ostseeküste ab. In 2004 wurde eine dritte Station in Zeven in Betrieb genommen, um die Abdeckung der Hafenzufahrten an der Elbe, der Weser und der Ems zu verbessern. Die Station Zeven versorgt aber auch einige Wasserstraßen im Binnenbereich mit Korrekturdaten. Zur Gewährleistung einer effizienten Planung für das DGNSS-Netz im Binnenbereich wurde eine theoretische Abdeckungsberechnung durchgeführt [4]. Ergebnis dieser Studie war, dass vier zusätzliche Referenzstationen im Binnenbereich errichtet werden müssen, um eine Abdeckung der Bundeswasserstraßen zu ermöglichen. Hierbei wurden Nutzreichweiten von ca. 250 km vorgesehen. Diese Reichweite basiert auf einer nominalen Empfangsfeldstärke von 34 dBμV/m (50 μV/m). Bei diesem Wert kann ein an Bord befindlicher DGNSS Empfänger die Korrekturdaten mit hoher Verfügbarkeit verarbeiten.

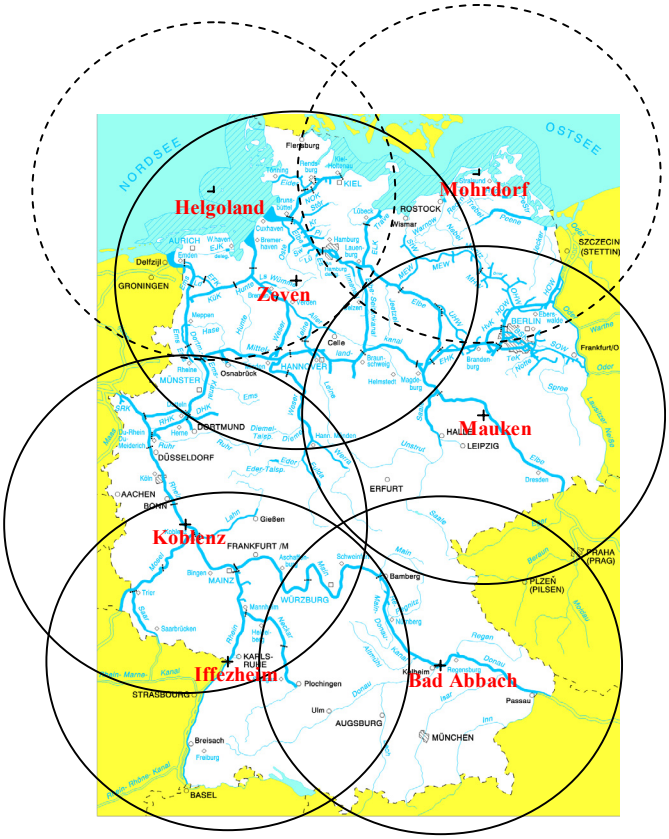


**Bild 6:** DGNSS Abdeckung in Deutschland

### 5.3 Erprobungs- und Validierungsprogramm

Das deutsche DGPS-Netzwerk im Binnenbereich wurde 2003/2004 errichtet und läuft seit August 2004 im technischen Probebetrieb. Während der letzten Monate wurde ein Test- und Validierungsprogramm zur Überprüfung der wichtigsten Systemparameter wie Genauigkeit, Verfügbarkeit, Integrität und Signalausbreitung durchgeführt. Erste Ergebnisse zeigten, dass das geforderte Genauigkeitsniveau von < 3 m (2 dRMS) erreicht wird. Zur Validierung der Sendeverfügbarkeit und der Signalausbreitung der DGPS Referenzstationen wurde eine umfangreiche Messkampagne entlang der Bundeswasserstraßen durchgeführt. Die Messergebnisse wurden anschließend mit den theoretischen Ausbreitungsprognosen verglichen. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass die praktischen Messungen sehr gut

mit den theoretischen Berechnungen übereinstimmen. Die erforderliche Signalverfügbarkeit entlang der Binnenwasserstraßen kann mit Reichweiten von bis zu 225 km ebenfalls erreicht werden. Bild 7 zeigt das theoretisch berechnete Abdeckungsdiagramm für die DGPS Referenzstation in Iffezheim, wobei Bild 8 die real gemessenen Feldstärkekurven entlang der Wasserstraßen im Empfangsbereich der Station zeigt.

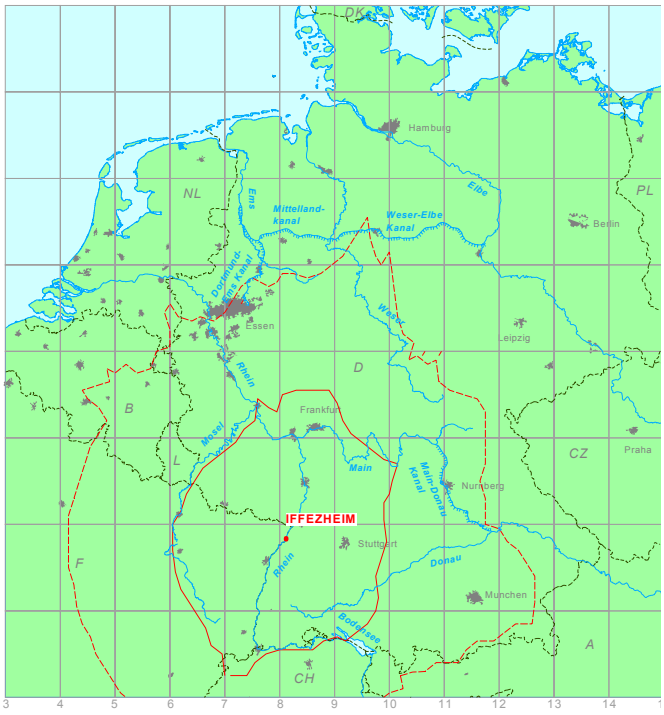


**Bild 7:** Theoretische Abdeckungsprognose für die DGPS Referenzstation Iffezheim

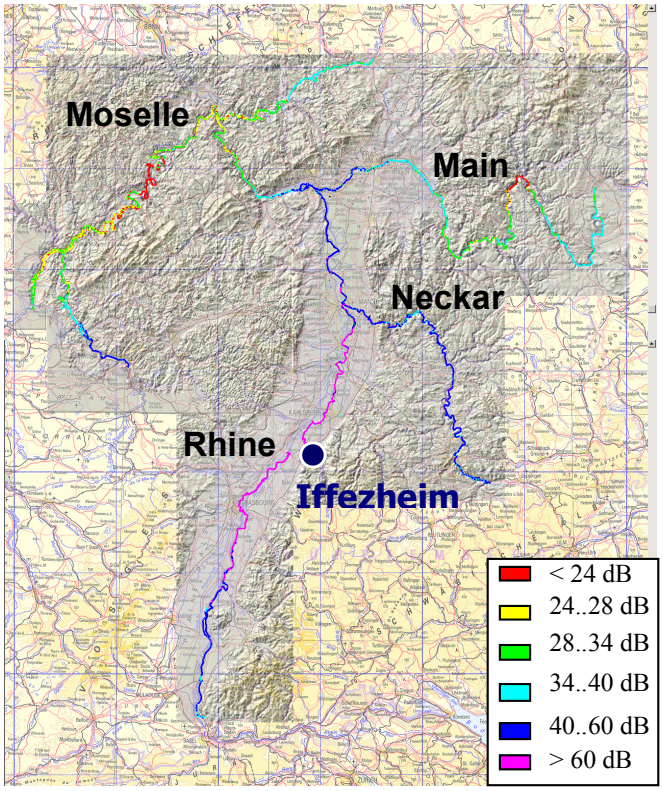


**Bild 8:** Ergebnisse der Feldstärkemessung zur DGNSS Station in Iffezheim

### 5.4 Das IALA DGPS Referenzstations- und Monitornetz der WSV

Wie bereits in Bild 6 gezeigt wurde, besteht das deutsche DGPS Netzwerk aus insgesamt 7 Referenzstationen, die aus folgenden Systemkomponenten bestehen:

- gedoppelte GPS-Referenzempfänger mit integriertem MSK Modulator
- GPS Integritätsempfänger mit integriertem MSK Demodulator
- Gedoppelter Mittelwellensender
- Mittelwellensendeantenne
- PC und Netzwerkkomponenten für die Fernsteuerung/Überwachung

Zur Ermittlung des aktuellen Systemstatus und zur schnellen Information der Schifffahrt bei Unregelmäßigkeiten im laufenden Betrieb wurde neben den Referenzstationen auch ein Netzwerk von abgesetzten Monitorstationen errichtet. Diese Monitorstationen ermitteln unter Verwendung von einfachen DGPS-Empfängern die Systemgenauigkeit, Verfügbarkeit und geben Auskunft über die aktuelle Reichweite des DGPS Dienstes. Bild 9 zeigt die Komponenten des deutschen DGPS Referenz- Monitor- und Kontrollnetzes.

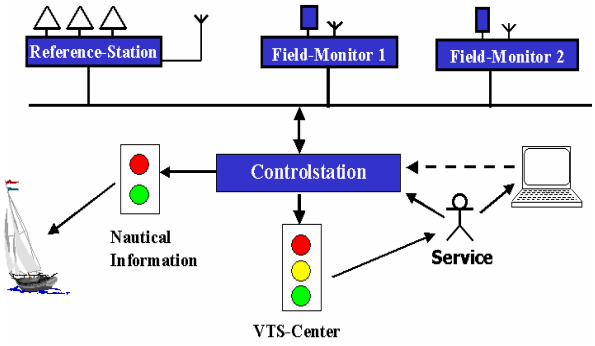


**Bild 9:** DGPS Referenz- Monitor und Kontrollnetzwerk

## 6. Zukünftige Planungen und Entwicklungen beim IALA DGNSS

### 6.1 IALA DGPS Abdeckung in Europa

Es wurde schon erwähnt, dass die WSV vier zusätzliche DGPS Stationen zur Abdeckung der deutschen Binnenwasserstraßen errichtet hat. Weitere Länder wie die Niederlande und Österreich haben mittlerweile ebenfalls eine DGPS-Abdeckung im Binnenbereich realisiert. Weiterhin haben einige Länder entlang der Donau ihr Interesse bekundet, eine Bedeckung mit IALA DGPS Referenzstationen zu verwirklichen. Diese Initiative wird durch das europäische Projekt „Data warehouse for Danube Waterway–D4D“ vorangetrieben. Berechnungen zeigen, dass die Donau mit fünf zusätzlichen Stationen mit DGPS Korrekturdaten versorgt werden könnte (siehe Bild 10).

### 6.2 Entwicklungen beim IALA DGNSS

Aufgrund der großen Dynamik der Entwicklungen der Statellitennavigationssysteme und den entsprechenden Augmentierungssystemen, soll an dieser Stelle ein kurzer Überblick über die möglichen zukünftigen Ent-

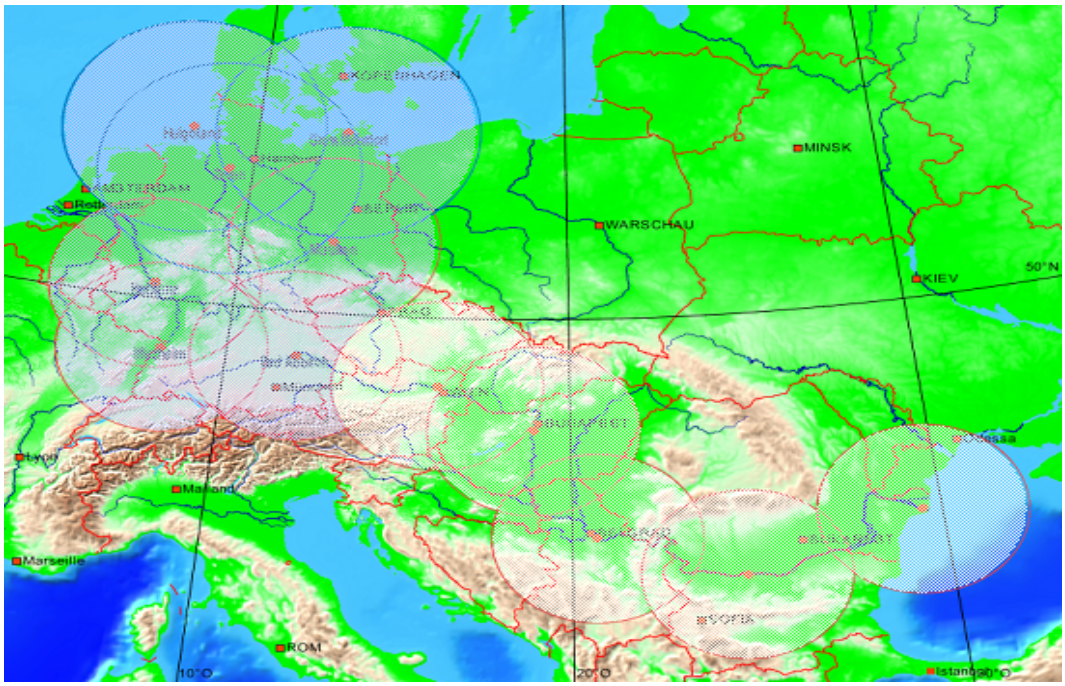


**Bild 10:** Geplante IALA DGNSS Abdeckung entlang den wichtigsten europäischen Wasserstraßen

wicklungen beim IALA DGPS gegeben werden. Seit der Abschaltung der "Selective Availability" bei GPS entfiel für die DGPS-Anbieter die Notwendigkeit, die Korrekturdaten mit hoher Datenrate übertragen zu müssen. Daher könnte ein Teil der vorhandenen Datenübertragungskapazität für zusätzliche Informationen an die Schifffahrt genutzt werden. Diskussionen z.B. im IALA Radio Navigation Committee sehen mögliche Entwicklungen des DGPS in folgenden Bereichen:

- *Regional Area Augmentation System*

  Mit speziell entwickelten Korrekturdatenempfänger könnte der Nutzer mehrere Stationen gleichzeitig empfangen. Dieses würde die Genauigkeit und Verfügbarkeit erhöhen, da eine harmonisierte Pseudorangekorrektur verschiedener DGPS-Aussendungen in die Positionslösung einbezogen werden könnte.

- *Integration anderer DGPS-Dienste*

  Dieser Ansatz sieht vor, Informationen anderer DGPS-Dienste über die Mittelwelle mit auszusenden. Denkbar wäre die Aussendung von Ionosphären- und Troposphärendaten, wie sie z.B. von Satellite Based Augmentation Systems (SBAS) ermittelt und abgestrahlt werden.

- *Verbesserte DGNSS Empfänger Standards*

  Vorhandene Korrekturdatenempfänger zeigen teilweise Probleme bei der Auswahl der vorteilhaftesten DGPS-Referenzstation in Gebieten, wo mehrere Stationen zu empfangen sind. Die Verwendung neu entwickelter Message-Typen, innerhalb der RTCM-Datenübertragung, wie z.B. ein verbesserter Beacon Almanach (#27), kann die Auswahl der besten Referenzstation im Empfangsbereich des Nutzers optimieren.

- *Aussendung von netzwerkbasierten DGPS-Korrekturen*

  Wenn die DGPS-Referenzstationen vernetzt werden (z.B. über VPN), dann bietet sich die Möglichkeit, virtuelle Referenzstations-Korrekturdaten auszusenden. Diese Technik würde die Genauigkeit weiter erhöhen. Weiterhin hätte man die Möglichkeit, die Gebiete mit höchsten Genauigkeitsanforderungen, unabhängig vom Ort der Referenzstation, mit optimierten Korrekturdaten zu versorgen.

## 7. Zusammenfassung

Inland ECDIS Systeme, gekoppelt an ein Integriertes Navigationssystem, wurden in den letzten Jahren intensiv in verschiedenen Projekten untersucht. Dabei ist gezeigt worden, dass sich die grundlegenden Anforderungen durch eine Kombination zwischen DGNSS und RMM erfüllen lassen. Einige hoch integrierte Inland ECDIS-Systeme sind mittlerweile am Markt verfügbar und werden mit steigender Nachfrage auf Binnenschiffen eingesetzt. Obwohl viele Länder einen IALA-DGPS-Dienst im maritimen Bereich betreiben, um die Sicherheit und Effektivität der Navigation im Seebereich zu gewährleisten, ist die Abdeckung der Binnenwasserstraßen mit IALA DGPS nur teilweise vorhanden. Durch die steigende Anzahl von Schiffen, die Inland ECDIS oder auch AIS nutzen, planen einige Länder jetzt auch die Wasserstraßen mit einem Korrekturdatendienst auf der Basis des IALA Standards zu versorgen. In Europa besteht durch die Errichtung von IALA DGPS-Stationen in Deutschland, Niederlande und Österreich bereits eine gute Abdeckung wichtiger europäischer Wasserstraßen. EU-Projekte, wie „Data warehouse for Danube Waterway –D4D" sehen einen weiteren Ausbau entlang der Donau vor. Ziel ist es dabei, einen einheitlichen, international standardisierten DGPS-Dienst, von der Nordsee bis zum Schwarzen Meer hin, der Binnenschifffahrt anzubieten.

Das DGPS System nach IALA Standard wird durch Anregungen verschiedener internationaler Arbeitsgruppen stetig weiter entwickelt, um die Leistungsfähigkeit kontinuierlich zu verbessern. Ebenfalls werden die Entwicklungen im Bereich der GNSS verfolgt und in die zukünftigen Entwicklungen des IALA DGPS einbezogen.

**Literatur**

[1] KRAJEWSKI, C., HABERKAMP, H.: "*Inland ECDIS Standard"*, XV$^{th}$ IALA conference, Sydney 2002

[2] STRENGE, R., BOBER, S.: „Potential of AIS on Inland Waterways", IALA VTS Conference 2004

[3] HOPPE, M.: "Elektronisches Fahrrinneninformationssystem ARGO –Untersuchung über die Nutzung von Differential GPS Diensten im Binnenbereich", German Federal Waterways Administration, Traffic Technologies Centre, July 2001

[4] DR. ROBERTS, G.: „Frequency optimisation & coverage prediction for inland DGNSS radiobeacons in Germany", Industrial Development Bangor, University of Wales, August 2002.

[5] Development of DGNSS, IALA RNAV Committee, October 2003

**Verfasser**

Dipl.-Ing. Michael Hoppe
Funknavigationstechnik
Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken
Weinbergstraße 11-13, 56070 Koblenz
Tel.: 0261 9819 – 2221
E-Mail: mhoppe@fvt.wsv.de

Dipl.-Ing. Stefan Bober
Transpondertechnik
Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken
Weinbergstraße 11-13, 56070 Koblenz
Tel.: 0261 9819 – 2231
E-Mail: sbober@fvt.wsv.de

Dipl.-Ing. Wilfried Rink
Transpondertechnik
Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken
Weinbergstraße 11-13, 56070 Koblenz
Tel.: 0261 9819 – 2232
E-Mail: wrink@fvt.wsv.de