

AIS-Messung auf Bundeswasserstraßen

Tim Feierfeil
Christoph Hungershöfer
Bernhard Söhngen
Andreas Orlovius

Das Automatic-Identification-System (AIS) dient zur Erhöhung der Sicherheit in der Schifffahrt, mithilfe des Systems werden Daten aller in einem Gebiet befindlichen Fahrzeuge untereinander ausgetauscht, so dass Schiffsführer über das sie umgebende Verkehrsgeschehen informiert sind. Diese Daten können jedoch auch zur Erstellung von Verkehrsstatistiken und zur Analyse des Nutzungsverhaltens auf Bundeswasserstraßen genutzt werden.

Die Bundesanstalt für Wasserbau führt Untersuchungen zum Fahrrinnenbreitenbedarf an Bundeswasserstraßen durch, hierzu werden realistische Daten zum Verkehrsaufkommen und der Nutzung der Wasserstraße benötigt. In einem Kooperationsprojekt mit der Universität Duisburg-Essen konnten AIS-Daten gesammelt und ausgewertet werden.

Auf diese Weise konnten Verkehrsstatistiken hinsichtlich der Schiffsflotte, des Nutzungsverhaltens, des Einflusses von Tageszeiten und Hochwasserphasen auf die Schifffahrt erstellt und zahlreiche neue Erkenntnisse gewonnen werden.

Stichworte: Automatic Identification System, AIS, Verkehrsstatistik, Bundeswasserstraßen, Binnenschifffahrt

1 Einführung

Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) überprüft die vorhandenen Fahrrinnenbreiten entlang des frei fließenden Rheins und führt hierzu Beobachtungen des gewerblichen Binnenschiffsverkehrs auf Bundeswasserstraßen durch. Hiermit können wertvolle Hinweise auf das tatsächliche Verkehrsaufkommen und das Nutzungsverhalten der Binnenschifffahrt gewonnen werden, die in die Fahrrinnenbemessung einfließen.

Offiziell verfügbare Statistiken zur Binnenschifffahrt enthalten i.d.R. nur Angaben zur Anzahl der in Deutschland verkehrenden Schiffsgefäße und der transportierten Tonnagemenge. Dies lässt leider nur grob angenäherte Rückschlüsse auf die räumliche und zeitliche Verteilung der Schiffe, deren Anteil an Leerfahrem,

die Zusammenstellungen von Verbänden und vielen weiteren Größen zu, die für die konkrete Bemessung von Verkehrswegen vonnöten sind.

Im Sinne der zu lösenden Fachaufgabe wurde zur Erstellung detaillierter Verkehrsstatistiken und zur Bestimmung des Nutzungsverhaltens eine Messkam-

pagne am frei fließenden Rhein durchgeführt, bei der an 7 Standorten für jeweils mindestens 2 Wochen der Schiffsverkehr mit Video- und AIS-Technik beobachtet wurde (Abb. 1).

In einem Kooperationsprojekt der BAW mit dem Institut für Schiffs- und Meerestechnik der Universität Duisburg-Essen wurde ein Konzept zur Analyse der AIS-Daten hinsichtlich Flottenstatistiken, Durchfahrtshäufigkeiten, Begegnungen und Überholungen, Schiffsgeschwindigkeiten, Abständen der Schiffe untereinander oder zum Ufer und vielem mehr erstellt und eine Software zur Auswertung dieser Daten entwickelt.

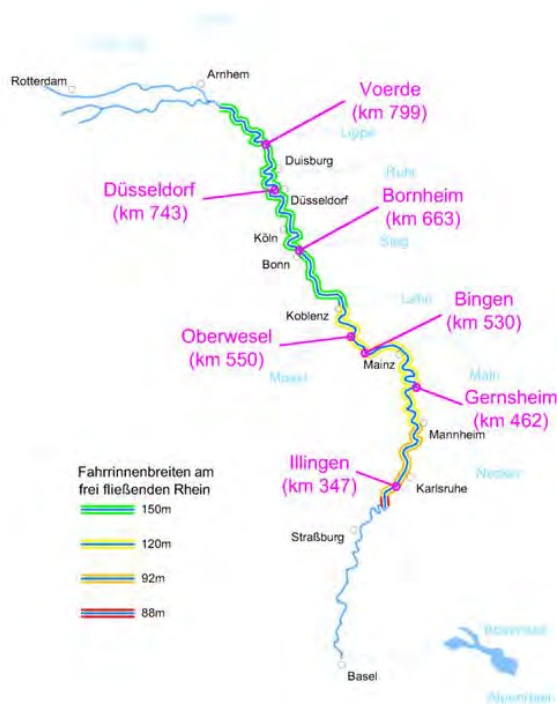


Abbildung 1: Beobachtungsstandorte entlang des frei fließenden Rheins

2 AIS-Daten

Das AIS (Automatic-Identification-System) ist eine relativ neue Technik, die aus der Seeschifffahrt entstammt und in Form des Inland-AIS auf Binnenbereiche angepasst wurde. Es sendet die eigene Position, Richtung und Geschwindigkeit und empfängt diese Daten von anderen Teilnehmern, die sich in der Reichweite befinden.

Der Zweck von AIS liegt im Wesentlichen in der Erhöhung der Sicherheit in der Schifffahrt, wenn alle in einem Gebiet befindlichen Fahrzeuge mit der Technik ausgestattet sind und der Schiffsführer das gesamte, ihn umgebende Verkehrsgeschehen über die Reichweite von Sicht, Radar und Funk hinaus auf seinem Monitor vor sich erkennen kann. Hierzu kann das AIS im sogenannten Informationsmodus mit einer elektronischen Wasserstraßenkarte gekoppelt werden, so

dass dem Schiffsführer alle in der Nähe befindlichen Fahrzeuge mit einem räumlichen Bezug dargestellt werden.

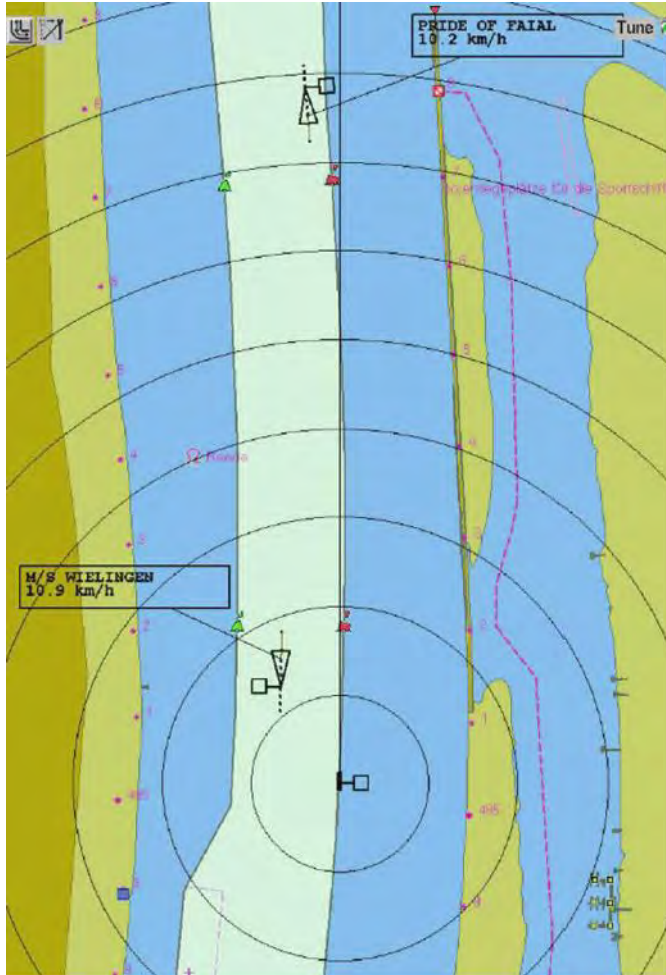


Abbildung 2 zeigt beispielhaft die Darstellung von AIS-Daten und ECDIS-Karten im Informationsmodus. Zu erkennen ist das eigene Schiff im Zentrum der Kreise, die Entfernungen zum eigenen Schiff darstellen sowie zwei weiteren Fahrzeugen mit Angabe zu deren Kurs und Geschwindigkeit, die sich in der Nähe des Schiffes befinden.

Die schiffseitige Technik, die zum Empfang und Senden von AIS-Signalen notwendig ist, besteht aus einem AIS-Transponder, der mittels GPS-Empfang die Position des eigenen Schiffes ermittelt und einem Datenfunkgerät, das diese Position an andere Verkehrsteilnehmer übermittelt und deren Informationen empfängt.

Abbildung 2: AIS und ECDIS im Informationsmodus im Steuerstand eines Tankschiffes (Quelle: Zentralkommission für die Rheinschifffahrt, ccr-zkr.org)

Neben den Positionen der Schiffe werden zudem die folgenden Größen in dem mit einem Zeitstempel versehenen Datensatz übertragen:

- Geschwindigkeit über Grund
- Kurs über Grund
- Drehgeschwindigkeit/-rate
- Art und Genauigkeit der Positionsbestimmung
- Abmessungen des Fahrzeugs, bzw. Verbandes
- Schiffstyp, bzw. Verbandsgattung
- Navigationsstatus
- Bezugspunkt für die Positionsinformation

Außerdem können schiffseitig weitere Informationen wie Zielhafen, Tiefgang und vieles mehr übertragen werden. Da die korrekte Eingabe dieser Größen jedoch nicht vorgeschrieben ist, sind diese Daten auch nicht verlässlich und können nicht für statistische Auswertungen herangezogen werden.

Die Übertragungsfrequenz der Informationen erfolgt abhängig von der vorhandenen Schiffsgeschwindigkeit, bei Geschwindigkeiten, die im Binnenbereich üblich sind, liegt diese etwa bei 0,5-0,1 Hz.

Nach einer mehrjährigen Testphase ist die Ausrüstung mit AIS seit dem 01.12.2014 für die gewerbliche Binnenschifffahrt auf dem Rhein vorgeschrieben.

3 Ermittelte Größen

In den jeweils etwa 2 Wochen andauernden Messungen wurden Videoaufnahmen während der Tageslichtphasen angefertigt und die AIS-Daten über den gesamten Zeitraum aufgezeichnet. Vor der Auswertung und Nutzung der AIS-Daten und der Analyse des Verkehrsgeschehens wurden die aufgezeichneten Daten anonymisiert, um Anforderungen aus dem Datenschutz erfüllen zu können. Den Schiffen wurde dazu eine zufällige Kennung zugeordnet, die jedoch über die gesamte Messkampagne erhalten blieb, so dass Mehrfachdurchfahrten erkannt werden können.

Die Videoaufnahmen wurden genutzt, um die Ergebnisse aus der AIS-Auswertung später validieren zu können, es wurden stundengenaue Verkehrszählungen anhand beider Medien erstellt, die anschließend zur Plausibilisierung miteinander abgeglichen wurden, wodurch die Daten validiert und Extrapolationsfaktoren für den Anteil von Schiffen ohne AIS-Ausrüstung ermittelt wurden.

4 Messtechnik

Die Messungen erfolgten mit einem in der BAW entwickelten, auf die jeweils ortspezifischen Anforderungen anpassbaren, Messsystem (Abb. 3 und 4).

Während die Videoaufnahmen mit handelsüblichen Überwachungskameras durchgeführt wurden, die entweder auf einer internen Speicherkarte oder bei hohem Datenvolumen auf einem externen Datenträger aufzeichnen, konnten die AIS-Daten teilweise von der Fachstelle für Verkehrstechnik der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes angefordert oder teilweise selbst aufgezeichnet werden.



Abbildung 3: Videokamera und Schaltschrank mit eingebauter Messtechnik und Energieversorgung

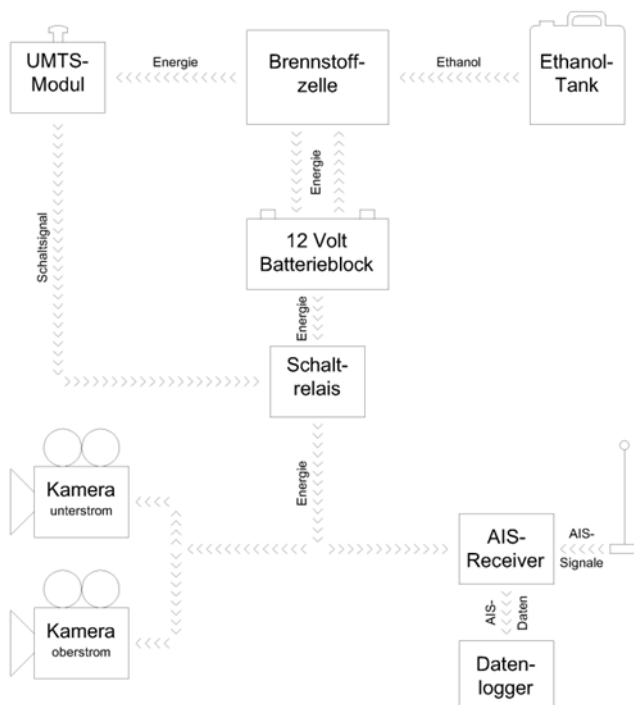


Abbildung 4: Skizze des Messaufbaus

Für Standorte ohne Anschluss an das 220V-Netz wurde eine technische Lösung mit einer Brennstoffzelle mit Energiespeicher entwickelt, die sich zudem über das Mobilfunknetz steuern lässt. Dies ermöglicht den Einsatz der Technik für eine AIS- und Videomessung selbst an schwer zugänglichen Orten in Verbindung mit einem Ereignis wie einer Hochwassersituation, deren zeitlicher Eintritt im Voraus nicht einzuschätzen ist.

5 Aufbereitung und Validierung der AIS-Daten

Die anonymisierten AIS-Daten, welche in Form von Textdateien vorliegen, müssen von der Software zunächst aufbereitet werden. Bei dieser Aufbereitung

handelt es sich hauptsächlich um Umrechnungen der Werte vom codierten Format der AIS-Nachrichten in gängige Größen. Anschließend werden die Daten in eine neue Datenstruktur überführt und in einem Datenbanksystem gespeichert, aus dem sie von den verschiedenen Auswertungsroutinen je nach Bedarf geladen werden können.

Um die AIS-Erkennungsrate zu bestimmen, wurden die Ergebnisse der Videoauswertung mit den AIS-Daten der Tageslichtphase verglichen (Tabelle 1). Im Folgenden sind die Erkennungsraten für einige Standorte der Messkampagne dargestellt.

Tabelle 1 Erkennungsraten der AIS-Auswertung

Standort	Erkennungsrate	Extrapolationsfaktor
Gernsheim	96,30%	1,038
Voerde	94,35%	1,06
Bornheim	98,82%	1,012

Der Extrapolationsfaktor ermöglicht eine ungefähre Berücksichtigung der nicht mit AIS ausgestatteten Fahrzeuge während der Dunkelphase. Die Ergebnisse der Videodaten erlauben außerdem die Bestimmung weiterer Faktoren für die AIS-Auswertung, um beispielsweise den Anteil der Containerschiffe darzustellen oder eine Aufteilung der Verbände in Schub- und Koppelverbände zu ermöglichen.



AIS-Erkennung:

Zeitstempel	Abstand				
Schiffs-ID	Geschw. [m/s]	Kurs [°]	Typ	Klasse	
Schiffs-ID	Geschw. [m/s]	Kurs [°]	Typ	Klasse	
2013-05-15 08:46:41 46m					
35093690	3.29244	311.8	FGS	ÜGMS	
1063043079	2.16067	316.0	Tanker	GMS	
2013-05-15 08:47:33 52m					
35093690	3.29244	315.2	FGS	ÜGMS	
16197679656	5.96756	130.9	Cargo	GMS	
2013-05-15 08:47:48 111m					
1063043079	1.852	311.0	Tanker	GMS	
16197679656	5.96756	136.1	Cargo	GMS	

Abbildung 5: Stichprobenartiger Vergleich der AIS-Ereigniserkennung mit den Videoaufnahmen

Die Validierung der Auswertungsroutinen erfolgt sowohl durch einen generellen Vergleich der Ergebnisse von AIS- und Videoauswertung, als auch durch eine stichprobenartige Überprüfung einzelner erkannter Ereignisse wie z.B. Begegnungen und Überholungen mit den Videoaufnahmen, wie beispielhaft in Abbildung 5 zu erkennen.

6 Durchgeführte Auswertungen

Anhand der ausgewerteten AIS-Daten konnten folgende Größen bestimmt werden:

- Anzahl Schiffe pro Stunde
- Flottenstatistik hinsichtlich von Schiffstypen und -klassen
- Schiffsgeschwindigkeiten
- Trajektorien der betrachteten Schiffe
- Typische Abstände bei Begegnungen, Überholungen und zum Ufer
- Verbandszusammenstellungen

Neben einer ortsspezifischen Abbildung des Verkehrsaufkommens können diese Daten für vielfältige Auswertungen eingesetzt werden, die die Bemessung von Verkehrswegen und angrenzenden Anlagen unter Berücksichtigung des tatsächlichen Nutzungsverhaltens ermöglichen. So können anhand der Trajektorien aller erfassten Fahrzeuge Nutzungshäufigkeiten einzelner Fahrrinnenbereiche betrachtet werden, was Rückschlüsse für die Bewertung der Fahrrinnenlage innerhalb des Flussschlauchs erlaubt. Durch die Gesamtschau von Schiffsabständen bezogen auf die jeweiligen Schiffsgößen und abhängig von Fließverhältnissen können Anteile der benötigten Fahrrinnenbreite abgeleitet werden, die sich durch rechnerische Bemessung nicht abbilden lassen, da diese zu einem großen Teil auf dem sogenannten „human-factor“ beruhen.

Schiffsgeschwindigkeiten und deren Veränderung entlang eines Flussabschnittes lassen Rückschlüsse auf eventuell vorhandene Breiten- oder Tiefenengstellen zu, in deren Reichweite zum Beispiel Begegnungen vermieden oder unter erhöhter Vorsicht durchgeführt werden. Vergleiche mit Wasserständen, die während der Messungen vorherrschten, erlauben zudem die Bestimmung der Veränderung von Flottenzusammenstellung und Nutzungsverhalten bezogen auf Niedrig- und Hochwasserphasen.

7 Ergebnisse für den Rhein

Durch die Betrachtung der aufgezeichneten AIS-Daten ist die Erstellung von Verkehrsstatistiken hinsichtlich von Schiffsgößen und -typen abhängig von vielen Einflussgrößen ermöglicht worden. Der Vergleich der standortspezifisch erstellten Statistiken zeigt die Veränderung der Flotte entlang des Rheins.

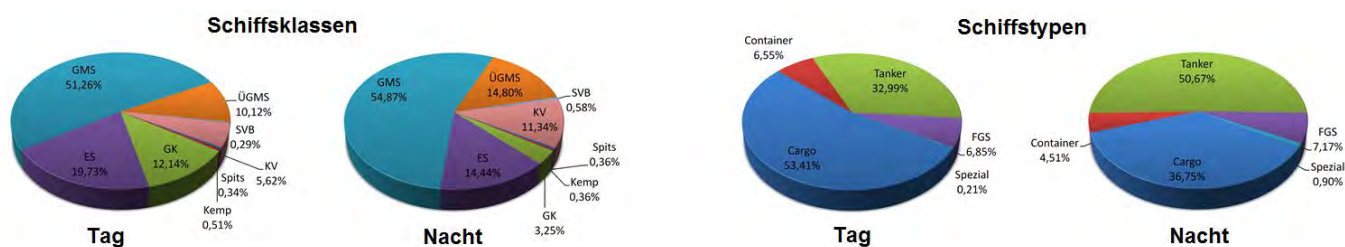


Abbildung 6: Vergleich der Flottenstruktur bei Tag und Nacht für den Standort Gernsheim

Zudem sind, wie in den Abbildungen 6 und 7 erkennbar, Veränderungen der Flottenstruktur von Tageslicht- zu Dunkelheitsphasen erkennbar. So nimmt der Anteil kleinerer Fahrzeuge in der Nacht stark ab, dies betrifft, aufgetragen nach Ladungsgut, vor allem Massenguttransporte. Dies sind neue Erkenntnisse, die aus bisher verfügbaren Statistiken nicht abgeleitet werden konnten.

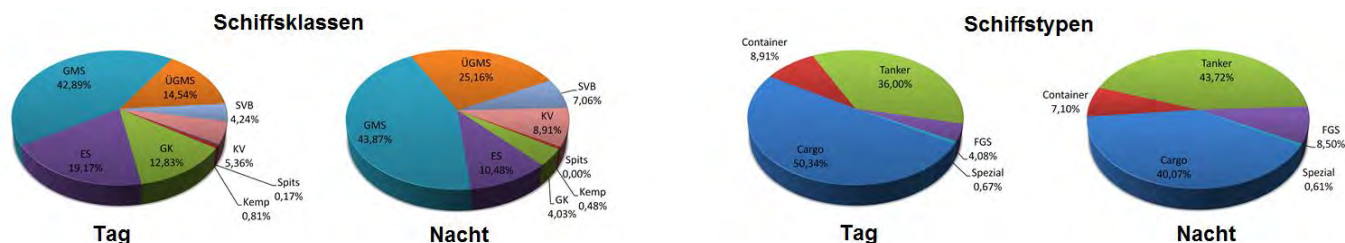


Abbildung 7: Vergleich der Flottenstruktur bei Tag und Nacht für den Standort Voerde

Die Auswertung der AIS-Daten zeigt, dass die tatsächliche Nutzung teilweise stark von den Erwartungen abweicht. Beispielsweise fahren viele Schiffe auch außerhalb der Fahrrinne oder die Streuung der Schiffskurse ist viel größer als es die Fahrwasser- bzw. Strömungsverhältnisse nahelegen würden. Offenbar spielt der „human-factor“ für die verkehrswasserbauliche Bewertung der beobachteten Kurse eine größere als erwartete Rolle.

Unter anderem konnten bemessungsrelevante Verkehrssituationen für die Ermittlung des Fahrrinnenbreitenbedarfs, beispielsweise die Begegnungshäufigkeit von großen Schubverbänden auf dem Niederrhein, erkannt werden (Abb. 8).

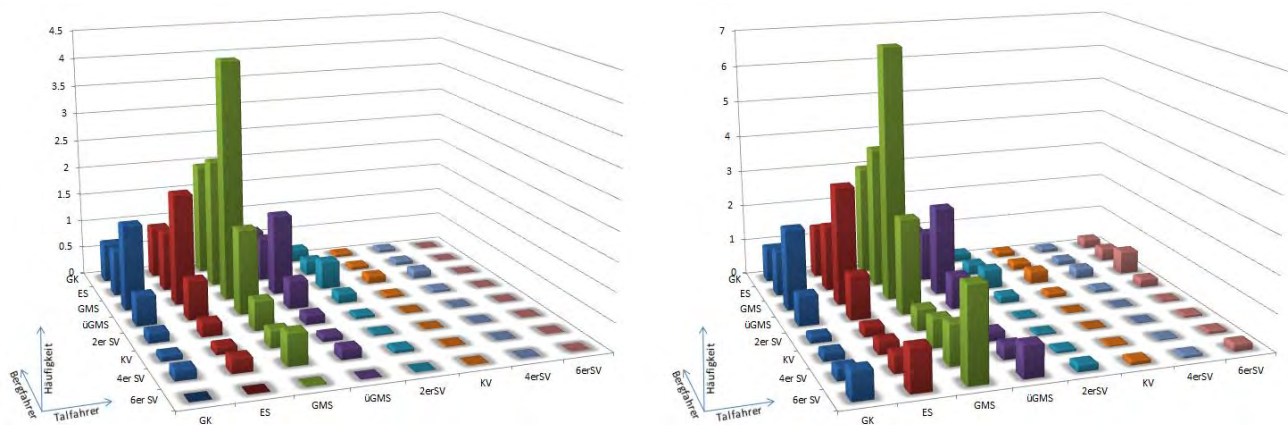


Abbildung 8: Stichprobenartiger Vergleich der AIS-Ereigniserkennung mit den Videoaufnahmen

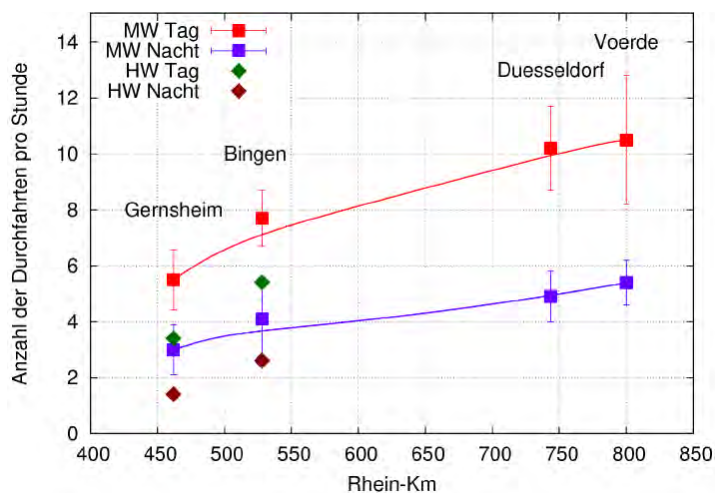


Abbildung 9: Darstellung der Durchfahrtsraten entlang der Rheinstrecke für Hoch- und Mittelwasserzeiträume sowie Tages- und Nachtzeiten

Durch Messungen in verschiedenen Zeiträumen mit variierenden Pegelständen am selben Standort konnten Änderungen des Nutzungsverhaltens bei Hochwasserereignissen quantifiziert werden. So reduziert sich die Anzahl der Schiffe bei Hochwasser deutlich. Das Verhältnis der Durchfahrtsraten von Tag und Nacht verändert sich jedoch kaum.

Weitere Verwendungsmöglichkeiten der Software zeigten sich in der Verknüpfung von Wellenmessungen mit aufgezeichneten AIS-Signalen. Beispielsweise konnten für den Standort Bornheim anhand von AIS-Daten einzelnen Schiffspassagen Wellenereignissen zugeordnet werden, die mit Drucksonden am Ufer gemessen wurden.

Da für die Schiffspassagen neben den Schiffsabmessungen auch die Geschwindigkeiten über Grund bekannt waren, konnten in Verbindung mit einem zweidimensionalen hydronumerischen Strömungsmodells, das die Ermittlung der Schiffsgeschwindigkeiten durchs Wasser ermöglicht, die die Wellenhöhen bestimmen, Validierungsrechnungen der gemessenen Wellenhöhen durchgeführt

werden, so dass anschließend eine Extrapolation der entstehenden Wellenhöhen auf einen nicht beobachteten Wasserstand möglich war.

Autoren:

Tim Feierfeil
Bernhard Söhngen
Andreas Orlovius

Bundesanstalt für Wasserbau
Referat W4
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe

Tel.: +49 721 9726 4465
Fax: +49 721 9726 4540
E-Mail: tim.feierfeil@baw.de
bernhard.söhngen@baw.de
andreas.orlovius@baw.de

Christoph Hungershöfer

Institut für Schiffstechnik, Meerestechnik
und Transportsysteme
Universität Duisburg-Essen
Bismarckstraße 69
47057 Duisburg

Tel.: +49 203 379 1811
Fax: +49 203 379 2779
E-Mail: christoph.hungershoefer@uni-due.de