

## Strömungsinformationen in der Inland ENC

Dipl.-Ing. Dennis Harlacher, Universität Duisburg-Essen,  
Institut für Schiffstechnik, Meerestechnik und Transportsysteme  
Dipl.-Ing. Rolf Zentgraf, Bundesanstalt für Wasserbau

### 1. Electronic Chart Display and Information System for Inland Navigation (Inland ECDIS)

Bei einem ECDIS handelt es sich um ein Elektronisches Kartenanzeige- und Navigations-Informationen-System zur Unterstützung des Schiffsführers bei der Reiseplanung und -überwachung und auf Wunsch Anzeige von navigationsbezogenen Informationen. Die Fähigkeiten eines ECDIS gehen weit über die bildliche Darstellung von Papierkarten hinaus. [1], [2]

ECDIS führt Karten, Positionsbestimmungssysteme, Sensoren (Radar, Echolot) und andere, für eine sichere Schiffsführung notwendige Informationen in einem System zusammen (siehe Bild 1). Die Leistungsanforderungen für ECDIS sind im Leistungsstandard definiert. Das ECDIS befindet sich in ständiger Weiterentwicklung. Seit 2001/2002 wird das ECDIS-Konzept in angepasster Form für die Binnenschifffahrt (Inland ECDIS) umgesetzt. Seit 2003 ist das ECDIS-Konzept europäischer und inzwischen sogar weltweiter Standard für die Binnenschifffahrt. Die Kompatibilität mit dem maritimen ECDIS muss gewährleistet sein. [3] Gegenwärtig wird der Inland ECDIS Standard, Edition 1.02, 2.0 bis 2.3 eingesetzt.

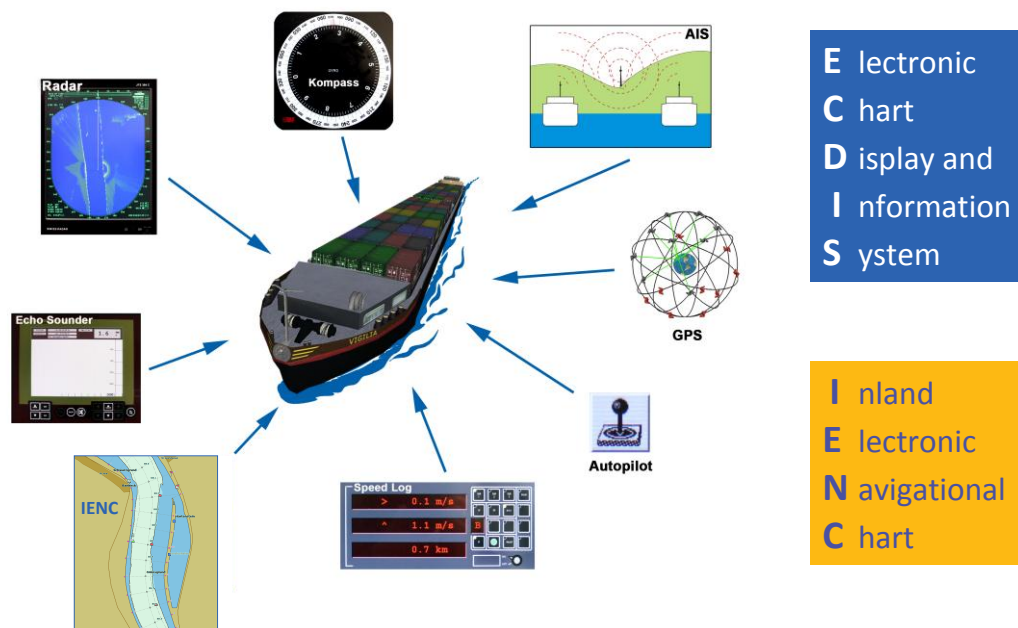


Bild 1: Darstellung eines Electronic Chart Display and Information Systems for Inland Navigation (Inland ECDIS)

## 2. Inland Electronic Navigational Chart (Inland ENC bzw. IENC)

Die elektronischen Navigationskarten müssen standardisiert bezüglich Inhalt, Struktur und Format vorliegen. Mit der Definition eines einheitlichen Datenaustauschformates - den „Transfer Standard for Hydrographic Data“ (S-57 Datenstandard) durch die **I**nternational **H**ydrographic **O**rganization (IHO) - wurde es ermöglicht, Daten weltweit kompatibel und damit austauschbar zu machen. Für die Darstellung der Karten ist der IHO Standard S-52 und für die Angabe der Hersteller- und Wasserstraßencodes der IHO Standard S-62 verpflichtend. Künftig soll der neue IHO „Geospatial Standard for Hydrographic Data“ (S-100 bzw. S-101) eingesetzt werden.

Eine elektronische Navigationskarte beinhaltet u. a. Informationen zu Uferlinien (Mittelwasser), Bauwerken am und im Gewässer (Buhnen, Leitwerke, Schleusen, Wehre), offizielle Schifffahrtszeichen (Tonnen, Baken, Lichtzeichen, Tafelzeichen), Fahrrinnengrenzen (falls vorhanden), isolierte Gefahrenstellen in der Fahrrinne unter und über Wasser, Wasserstraßenachse mit Kilometern und Hektometern (siehe Bild 2). [4], [5]

Eine Inland ENC enthält alle wesentlichen Karteninformationen und kann auch zusätzliche Informationen (im Vergleich zu denen in der Papierkarte) enthalten, die für eine sichere Navigation als wichtig angesehen werden können. Der Inland ECDIS Standard ermöglicht es, eine Vielzahl von weiteren Objekten wie z. B. Strömungsinformationen in der Inland ENC darzustellen und mit Sachdaten zu beschreiben (siehe Kapitel 3).

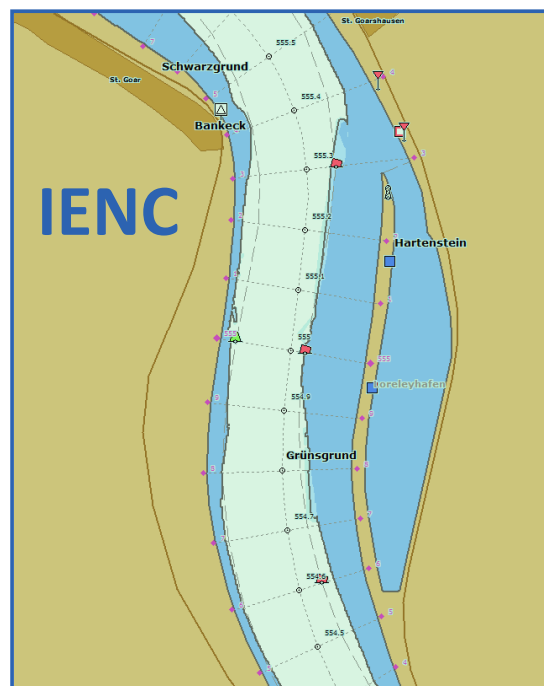


Bild 2: Darstellung der Inland ENC im Bereich des Loreleyhafens bei Rhein-km 555,3

### 3. Strömungsinformationen in der Inland ENC

In der Inland ENC können bei Bedarf Strömungsinformationen zur Verfügung gestellt werden, um eine Erhöhung der Sicherheit des Binnenschiffsverkehrs in Bezug auf Schiffsführung, Reiseplanung und -überwachung zu ermöglichen. Bei den Strömungsinformationen handelt es sich um Tiefeninformationen, aber auch Fließgeschwindigkeiten ermöglicht der Inland ECDIS Standard in der Karte mitzuführen. Der ECDIS Standard erlaubt es, Inland ENC Inhalte in der sogenannten Layertechnik zu interpretieren. Die Darstellung der Inhalte erfolgt nach einer vorgegebenen Reihenfolge. Die Unterteilung in eine Basiskarte, eine Karte mit Strömungsinformationen und eine „Overlaykarte“ (Überlagerungskarte mit schiffahrtsrelevanten Inhalten) ermöglicht es, z. B. die Karte mit den Strömungsinformationen unabhängig von der Basis- und/oder von der „Overlaykarte“ zu aktualisieren.

#### 3.1 Tiefeninformationen in der Inland ENC

In der Inland ENC können Tiefeninformationen als Punkt- („Soundings“), Linien- („Depth Contours“) oder Flächenobjekt („Depth Areas“) dargestellt werden. Grundlage für die Ermittlung der Tiefeninformationen sind die von den **W**asser- und **S**chiffahrtsämtern (WSÄ) ermittelte und ausgewertete Peilerggebnisse. Am Beispiel des Rheins geht der **g**leichwertige **W**asserstand (GIW) über die Differenz mit den Peilungsdaten in die Tiefeninformationen für die Inland ENC ein (siehe Bild 3).

Nach dem ECDIS Standard hat der Schiffsführer zwei Möglichkeiten in der Darstellung der Farbschattierungen des benetzten Bereichs in der Inland ENC (siehe Bild 4). Im Zweifarbenmodus wird lediglich anhand der „Safety Contour“ in nicht befahrbare und befahrbare Gebiete unterschieden. Im Vierfarbenmodus kann zusätzlich durch Angabe der entsprechenden Tiefenkontur („Deep Contour“, „Shallow Contour“) in befahrbaren und nicht befahrbaren Gebieten jeweils zwischen zwei Farben differenziert werden. Bei vorhandenen Tiefeninformationen kann der Schiffsführer die elektronische Navigationskarte entsprechend der Abladung seines Schiffes inklusive der dynamischen Eintauchtiefe in beschränkten Fließgewässern, farblich abstufen. Er ist somit in der Lage die Einschränkungen der Fahrinne abzuschätzen und kann seine Fahrt darauf abstimmen.

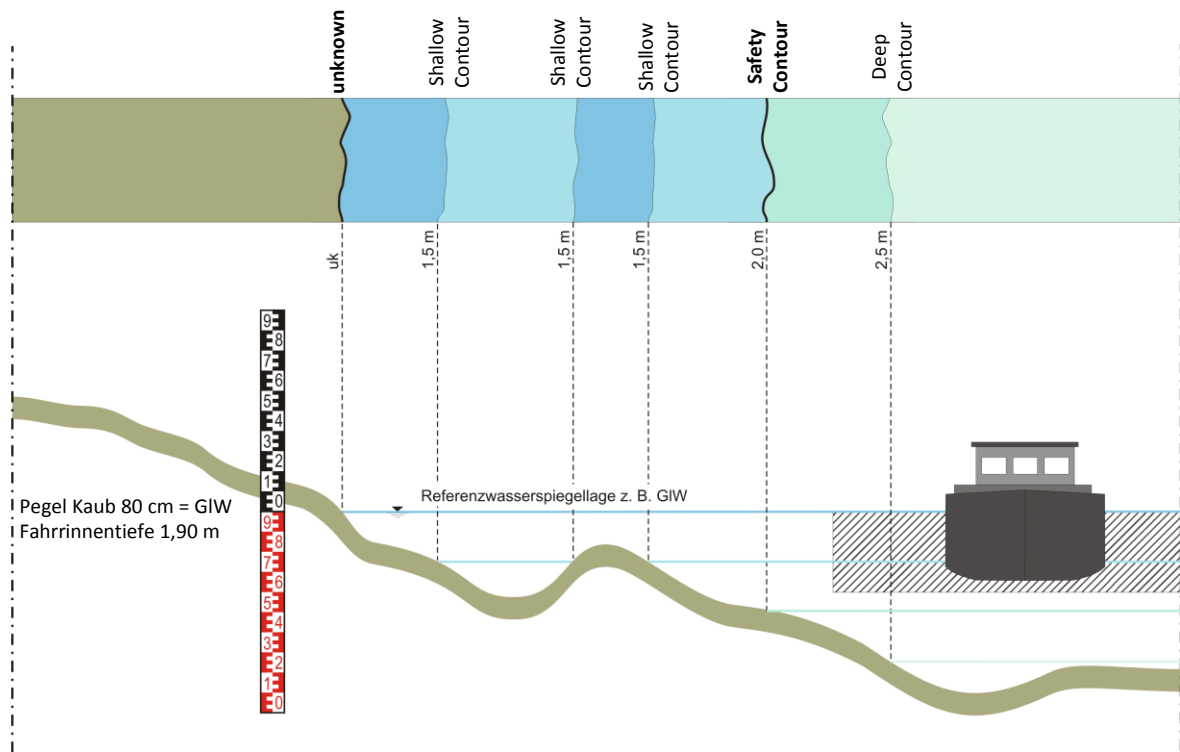


Bild 3: Exemplarische Darstellung eines Profilquerschnitts mit Referenzwasserspiegellage und Umsetzung der Tiefeninformationen in der Inland ENC im Vierfarbenmodus

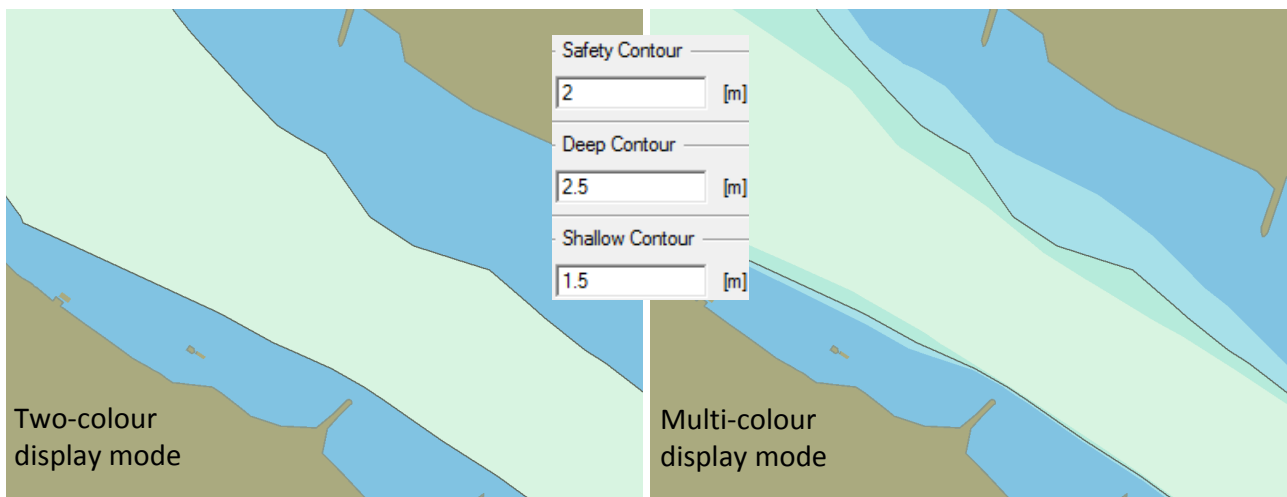


Bild 4: Farblich abgestufte Tiefeninformationen in der Inland ENC exemplarisch dargestellt im Zweifarben- (links) und Vierfarbenmodus (rechts)

Man unterscheidet Tiefen-Inland ENC mit festem Bezugswasserstand oder mit dynamischen Pegelhöhen (tagesaktuelle Wassertiefen). Da mit steigendem Abfluss die Wasserspiegellagen entlang eines betrachteten Fließgewässerabschnittes nicht in gleichem Maße ansteigen, können bei der Addition von Pegeldifferenzen Abweichungen in den Tiefenangaben entstehen. Die

Wasserspiegellagen steigen sozusagen entlang einer Strecke mit zunehmendem Abfluss nicht überall gleichwertig an.

Anhand der berechneten Wasserspiegellagen bei Niedrig- (Pegel Kaub 80 cm), Mittel- (Pegel Kaub 224 cm) und Hochwasser (Pegel Kaub 460 cm und 640 cm) und deren Differenz mit der Niedrigwasserspiegellage kann diese z. T. starke Ungleichwertigkeit als auch annähernde Gleichwertigkeit über das Abflussspektrum zwischen Rhein-km 500,0 und 600,0 aufgezeigt werden (siehe Bild 5). Bereits bei dem Mittelwasserabfluss ist der ungleichmäßige Anstieg in der Differenz der Wasserspiegellagen erkennbar. Bis zu dem berechneten Mittelwasser liegen die Abweichungen der Differenzen entlang der Strecke im Dezimeterbereich. Bei den Hochwasserabflüssen ist die Ungleichwertigkeit in der Differenz der Wasserspiegellagen sehr deutlich erkennbar. Bei Rhein-km 515,0 beträgt die Differenz der Wasserspiegellage bei Hochwasser mit der Niedrigwasserspiegellage etwa 3,9 m, dagegen liegt die Differenz bei Rhein-km 555,0 fast bei 6 m.

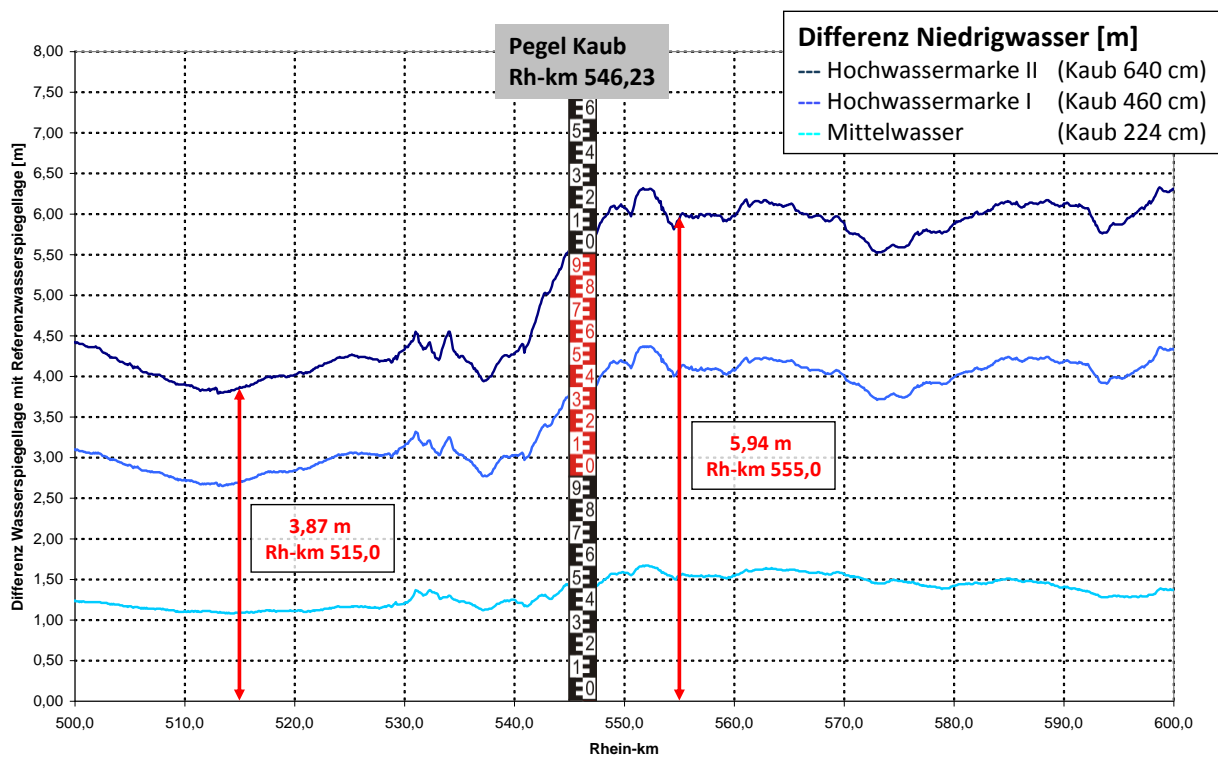


Bild 5: Differenz der Wasserspiegellagen bei Mittel- und Hochwasser mit der Referenzwasserspiegellage (Niedrigwasser) zwischen Rhein-km 500,0 und 600,0

Bei den Fließgewässerabschnitten die relativ gleichwertig ansteigen, kann mit zunehmendem Abfluss über die Differenz am Pegel auf die Zunahme bei den Tiefen geschlossen werden. Die aktuelle Wasserspiegellage wird anhand des für diesen Streckenabschnitt relevanten Bezugspegels eingestellt.

Fließgewässerabschnitte die nicht gleichwertig mit zunehmendem Abfluss ansteigen, können in feinere Fließgewässerabschnitte mit Pegelbezug weiter untergliedert werden. Ist das nicht möglich können entweder aus Wasserspiegellagenmodellen, sogenannte stationäre Wasserspiegellagen-fächer hinterlegt, oder instationäre hydrodynamisch-numerische Modelle (HN-Modelle) verbunden mit einer Online-Pegelabfrage zur Berechnung der aktuellen Wasserspiegellage vorgehalten und eingesetzt werden.

### **3.2 Fließgeschwindigkeitsinformationen in der Inland ENC**

Fließgeschwindigkeitsinformationen können über Messungen und/oder aus numerischen Berechnungen z. B. aus einem HN-Modell gewonnen werden. Der Nachteil bei der Messung von Fließgeschwindigkeiten liegt in dem vergleichsweise großen Aufwand, in der räumlichen Einschränkung und in der Begrenzung auf einen Abfluss. Bei der Ermittlung der Fließgeschwindigkeiten mit HN-Modellen können die Geschwindigkeiten über das gesamte Abflussspektrum bereitgestellt werden. Für die Anforderungen in der Binnenschifffahrt würde es z. B. zunächst ausreichen, alle 100 m die mittleren Fließgeschwindigkeiten in der Fahrrinne bei ausgewählten Niedrig-, Mittel- und Hochwasserabflüssen bereitzustellen (siehe Bild 6). Die Fließgeschwindigkeiten in der Gebirgsstrecke (ab Rhein-km 529,0) sind deutlich höher als noch im Rheingau und hängen stärker von der Wasserführung des Rheins ab. Bei Rhein-km 515,0 beträgt die Differenz der Fließgeschwindigkeiten bei Hochwasser mit der bei Niedrigwasser rechnerisch etwa 0,3 m/s, dagegen liegt die Differenz bei Rhein-km 555,0 etwa bei 1 m/s.

Die Fließgeschwindigkeitsinformationen können die Schiffsführer bei der Reiseplanung und -überwachung (Reisedauer, geschätzte Ankunftszeit, Begegnungsort/-zeit) unterstützen. Sie erleichtern die taktische Navigation in sogenannten Engpassbereichen und tragen somit zu einer Erhöhung der Sicherheit des Schiffsverkehrs bzw. zu einer Entschärfung der Unfallsituation bei. Eine Anpassung der Fahrgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der voraussichtlichen Ankunftszeit und der Begegnungsorte bzw. -zeiten bewirkt indirekt eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und somit wird auch ein Beitrag zur Effizienz der Binnenschifffahrt und zum Schutz der Umwelt beigesteuert.

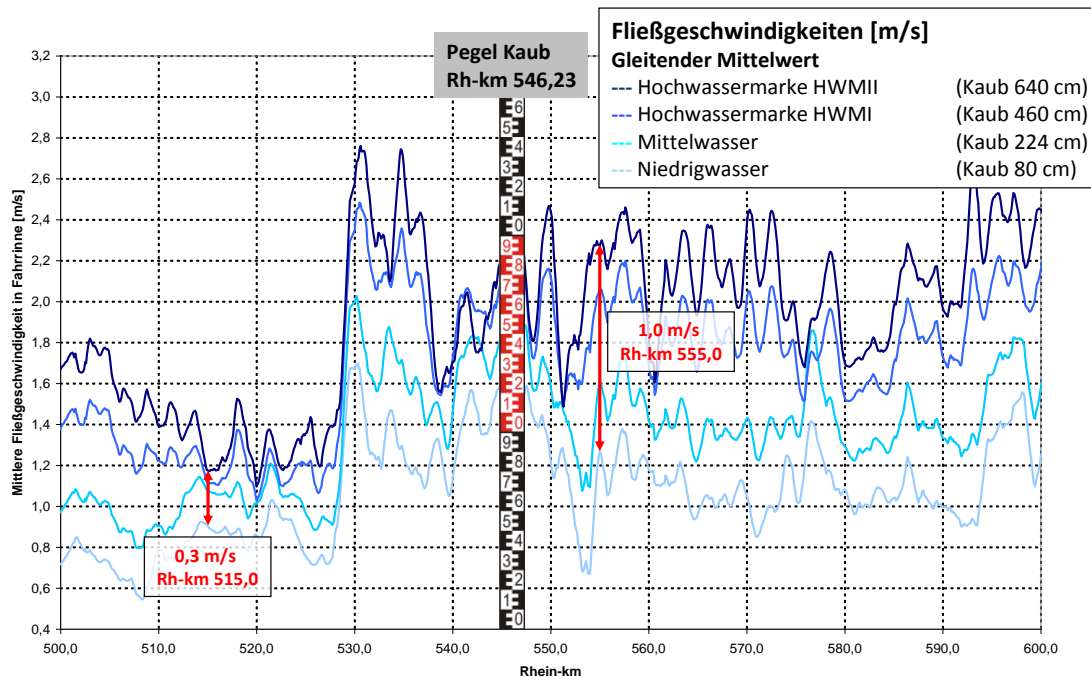


Bild 6: Mittlere Fließgeschwindigkeiten in der Fahrinne bei Niedrig-, Mittel- und Hochwasser zwischen Rhein-km 500,0 und 600,0

### Bezug zur Havarie des TMS Waldhof [6]

Im Rahmen der Untersuchung der Ursachen der Havarie des TMS Waldhof wurde die Begegnung mit dem üGMS Acropolis (13.01.2011 um 04:41:20 Uhr bei Rhein-km 553,43) in den nautischen Untersuchungen mit berücksichtigt. Der Kurs des TMS Waldhof wurde durch die Begegnung deutlich beeinflusst. In Folge der Kursänderung durchfuhr das TMS Waldhof die Krümmung am „Betteck“ in einem kleineren Radius im Vergleich zu anderen Schiffen gleicher Größe bei gleichen Abflussverhältnissen. Aus dem Fahrverhalten des TMS Waldhof wird geschlossen, dass die Begegnung zwischen dem TMS Waldhof und dem üGMS Acropolis über Funk abgesprochen war. Demnach hätten beide Schiffsführer vereinbart, dass die Begegnung oberhalb der Krümmung am „Betteck“ (Rhein-km 553,4) stattfinden sollte. Da das TMS Waldhof weder mit einem AIS-Sender (Automatic Identification System) noch AIS-Empfänger ausgestattet war, standen den Schiffsführern für die Beurteilung der bevorstehenden Begegnung allein die Aussagen des oder der jeweiligen anderen Schiffsführer zur Verfügung.

Da in diesem Streckenabschnitt die Strömungsgeschwindigkeiten des Flusses entlang der Kurachsen stark variieren können, ist es für die Schiffsführer sehr schwierig, eine genaue Einschätzung des Begegnungsortes allein mit den Geschwindigkeitsanzeigen über Grund gegenseitig abzustimmen. Dies gilt sowohl für den Berg- als auch für den Talfahrer. Erschwerend kommt hinzu, dass die lokal stark variierenden Strömungsgeschwindigkeiten in diesem Rheinabschnitt besonders abhängig von der Wasserführung sind (siehe Bild 6). Bei Niedrig- bis Mittelwasser liegen bei Rhein-km 553,4 etwa die niedrigsten Fließgeschwindigkeiten in der Gebirgsstrecke vor. Mit

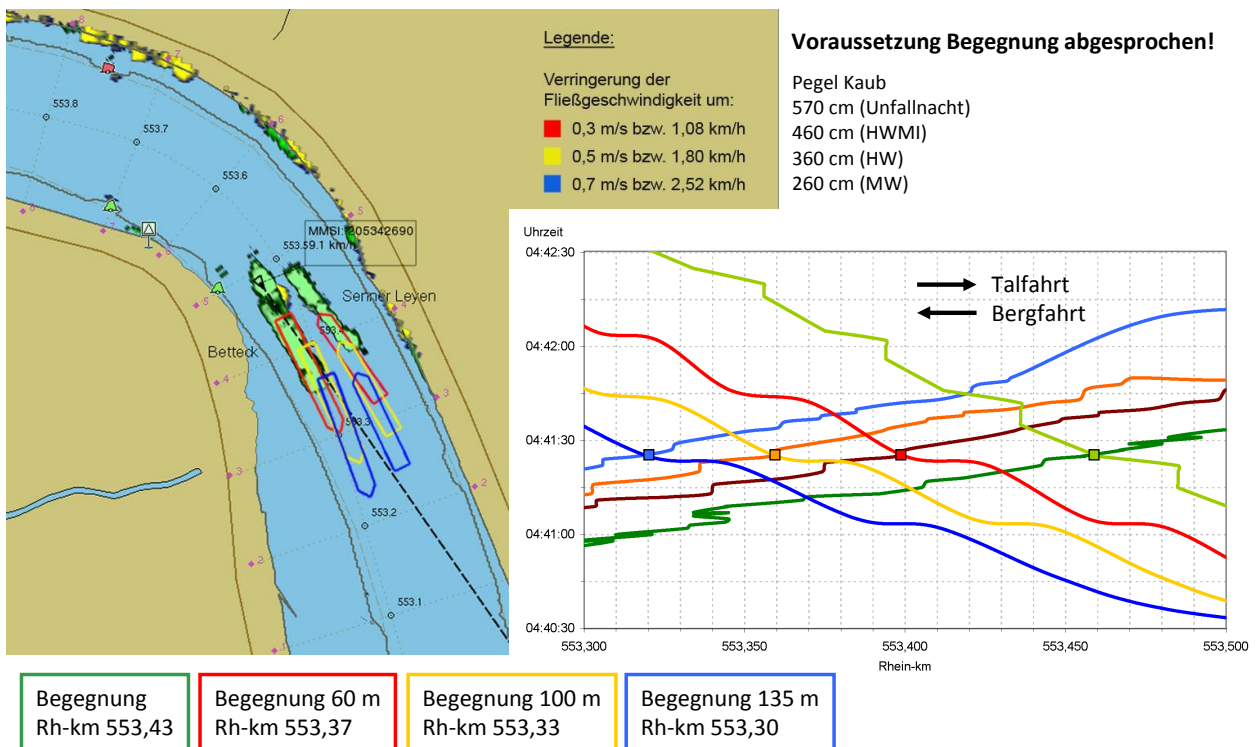


zunehmendem Abfluss hingegen steigen die Fließgeschwindigkeiten durch das vorliegende enge Tal stärker an, so dass die Differenz der Fließgeschwindigkeiten bei Hochwasser mit der bei Niedrigwasser rechnerisch sogar bei 1,3 m/s liegt.

Zum Zeitpunkt der Havarie war die Hochwassermarkel I am Pegel Kaub (HWM I 460 cm bei Rh-km 546,23) um 1,10 m überschritten. Aus den HN-Modellen lassen sich für diesen Bereich mittlere Fließgeschwindigkeiten bei unterschiedlichen Abflusszuständen berechnen. Bei Pegel Kaub 460 cm (HWM I) fallen die Fließgeschwindigkeiten im Mittel um 0,3 m/s geringer aus, als bei dem Abfluss zum Zeitpunkt der Havarie (Pegel Kaub 570 cm). Bei Pegel Kaub 360 cm sind die Fließgeschwindigkeiten bereits um ca. 0,5 m/s geringer.

Das Weg-Zeit-Diagramm in Bild 7 zeigt die Ortskurven des TMS Waldhof und des üGMS Acropolis und die Auswirkungen einer Unterschätzung der Fließgeschwindigkeiten seitens der Schiffsführer um 0,3 m/s, 0,5 m/s und 0,7 m/s auf den Ort der bevorstehenden Begegnung.

- Bei einer Verringerung der Fließgeschwindigkeit um 0,3 m/s (Pegel Kaub etwa 460 cm), würde die Begegnung etwa 60 m weiter oberstrom stattfinden (rote Schiffssymbole bzw. Kurven).
- Bei einer Verringerung der Fließgeschwindigkeit um 0,5 m/s (Pegel Kaub etwa 360 cm), würde die Begegnung etwa 100 m weiter oberstrom stattfinden (gelbe Schiffssymbole bzw. Kurven).
- Bei einer Verringerung der Fließgeschwindigkeit um 0,7 m/s (Pegel Kaub etwa 260 cm), würde die Begegnung etwa 135 m weiter oberstrom stattfinden (blaue Schiffssymbole bzw. Kurven).



**Bild 7:** Potentielle Verschiebung der Begegnung des TMS Waldhof mit dem üGMS Acropolis am „Betteck“ nach oberstrom bei einer Verringerung der Fließgeschwindigkeiten um 0,3 m/s (rot), 0,5 m/s (gelb) und 0,7 m/s (blau)



Eine genaue Abschätzung des voraussichtlichen Begegnungsortes durch Kenntnis der Schiffsgeschwindigkeit über Grund ist für beide Schiffsführer schwierig. Eine Begegnung weiter oberstrom am „Betteck“, in dem geraden Abschnitt, hätte leichter stattfinden können. Das TMS Waldhof hätte die Krümmung am „Betteck“ in einem größeren Radius durchfahren können.

In der Inland ENC könnte für diesen Bereich eine sogenannte „Caution Area“ ausgewiesen werden, welche die Schiffsführer künftig auf die Besonderheiten dieser Strecke (z. B. Strömungsverhältnisse bei Hochwasser) hinweist.

#### **4. Zusammenfassung und Ausblick**

Ausgereifte Informationssysteme gewinnen in der Binnenschifffahrt immer mehr an Bedeutung. Die Herausgabe elektronischer Navigationskarten mit Strömungsinformationen können zu einer Entschärfung der Unfallsituation auf Binnenwasserstraßen beitragen. Eine Bereitstellung aktueller und/oder prognostizierter Strömungsinformationen über das Abflussspektrum (Onlineanbindung) für die Schifffahrtstreibenden ist möglich. Strömungsinformationen sind als alleiniges Navigationsmittel jedoch nicht geeignet. Mit den Strömungsinformationen ist der Schiffsführer in der Lage, die Einschränkungen der Fahrrinne einzuschätzen und seine Fahrt und Abladung (Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit der Transporte) darauf abzustimmen. Selbst Durchfahrtshöhen bei Brücken können ermittelt und bereitgestellt werden. Strömungsinformationen unterstützen die Schiffsführer bei der Schiffführung, Reiseplanung und -überwachung und erleichtern die taktische Navigation in Engpassbereichen. Sie tragen zur Erhöhung der Sicherheit des Schiffsverkehrs und Effizienz der Binnenschifffahrt und damit auch zum Schutz der Umwelt bei.

#### **Literatur**

- [1] Hecht/Berking/Büttgenbach/Jonas: Die elektronische Seekarte: Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen eines neuen Navigationssystems; H. Wichmann Verlag - Heidelberg (1999).
- [2] Hecht/Berking/Büttgenbach/Jonas/Alexander: The Electronic Chart: Functions, Potential and Limitations of a New Marine Navigation System; Second Edition; Geomares Publishing – Lemmer, The Netherlands (2009).
- [3] RICHTLINIE 2005/44/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 7. September 2005 über harmonisierte Binnenschifffahrtsweginformationssysteme (RIS) auf den Binnenwasserstraßen der Gemeinschaft; Amtsblatt der europäischen Union (30.9.2005).
- [4] Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (ZKR); Standard; System zur elektronischen Darstellung von Binnenschifffahrtswegkarten und von damit verbundenen Informationen; Inland ECDIS; Edition 2.0 (23.11.2006).

- [5] Central commission for the Navigation of the Rhine (CCNR): Electronic Chart Display and Information System for Inland Navigation (Inland ECDIS); Edition 2.3 (28.10.2011).
- [6] BAW: Teilbericht zur Havarie des Tankmotorschiffes Waldhof – Untersuchung der Ursachen der Havarie, Eigenverlag - Karlsruhe (2012).