

EDoM'18 – ein internationales Untersuchungsprogramm an der Ems

Ein Beitrag von CHRISTIAN MAUSHAKE

Das Emsästuar zwischen der Nordsee und der Tidegrenze ist ein Problemfall. Überwiegend anthropogene Einflüsse haben zu einem verstärkten Eintrag von Sedimenten geführt. Der Schwebstoffgehalt im Wasser ist mittlerweile so hoch, dass der Zustand der Ems sowohl unter dem Aspekt der wirtschaftlichen Unterhaltung der Schifffahrtsstraße als auch aus ökologischer Sicht als kritisch zu bewerten ist. Wissenschaftler und Ingenieure haben sich in dem internationalen Verbundprojekt EDoM'18 daran gemacht, mit Hilfe eines groß angelegten Messprogramms einigen grundlegenden Fragen zu den Transport- und Strömungsprozessen auf den Grund zu gehen. Dieser Artikel gibt einen kurzen Überblick über das Untersuchungsgebiet, beschreibt die Motivation für das Projekt EDoM'18 und erwähnt erste, ausgewählte Ergebnisse.

Ems | EDoM'18 | Masterplan Ems 2050 | Fluid Mud | Verschlickung
Ems | EDoM'18 | Masterplan Ems 2050 | fluid mud | siltation

The Ems estuary between the North Sea and the tidal limit is a problem. Predominantly anthropogenic influences have led to increasing sediment input. The suspended sediment concentration in the water is now so high that the condition of the Ems is critical both from the point of view of the economic maintenance of the waterway and from an ecological point of view. In the international joint project EDoM'18, scientists and engineers have set out to get to the bottom of some fundamental questions about transport and hydrodynamic processes with the help of a large-scale measurement programme. This article gives a short overview of the research area, describes the motivation for the EDoM'18 project and mentions first, selected results.

Autor

Dipl.-Ing. Christian Maushake arbeitet seit 1989 bei der Dienststelle Hamburg der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), wo er für das Aufgabengebiet »Naturmessungen« zuständig ist.

christian.maushake@baw.de

Die Ems

Die Ems ist nach der Elbe und der Weser das dritte große Tideästuar im Gebiet der Deutschen Bucht. Von der Tidegrenze am Wehr Herbrum erstreckt es sich über 45 km als relativ schmaler Tidefluss bis zum Sturmflutsperrwerk in Gandersum, um sich dann einige Kilometer flussabwärts trichterförmig bis zur Nordsee aufzuweiten. In diesem Bereich schließt sich südlich der Dollart an, eine ca. 90 km² große Tidebucht, die – ebenso wie der Mündungstrichter – zum Teil auf niederländischem Staatsgebiet liegt (Abb. 1). Mit einem Tidenhub von ca. 2,5 m bei Emden und 3,5 m am Wehr Herbrum zählt die Ems zu den mesotidalen Ästuaren. Der Oberwasserabfluss variiert zwischen 16 und 360 m³/s; das langjährige Mittel ist mit ca. 80 m³/s relativ gering im Vergleich zu anderen Ästuaren.

In den Blickpunkt einer breiteren Öffentlichkeit gerät die Ems immer dann, wenn teilweise spektakuläre Überführungen von Kreuzfahrtschiffen der Meyer Werft aus dem ca. 50 km stromaufwärts liegenden Papenburg in die Nordsee stattfinden. Aber auch darüber hinaus ist die Ems eine wichtige Bundeswasserstraße, die die Häfen an der Unterems versorgt, wie z. B. Emden (unter anderem Autos) oder Leer (unter anderem Baustoffe und Agrar). Ab Papenburg geht die Ems dann in den Dortmund-Ems-Kanal über und stellt so die

Verbindung in das Netz der deutschen Binnenwasserstraßen her.

Tidedynamik und das »Schlickproblem«

Anthropogene Einflüsse, wie z. B. Vertiefungen und Anpassungen der Fahrrinne oder der Deichbau, haben in den vergangenen Jahrzehnten dazu geführt, dass sich die Tidedynamik des Emsästuars nachhal-

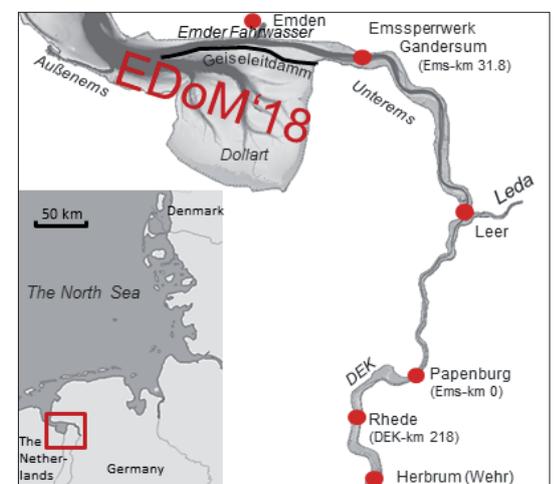


Abb. 1: Die Ems von der Nordsee (Außenems) und dem Dollart über das Emden Fahrwasser bis in die Unterems und den Dortmund-Ems-Kanal (DEK) mit dem Schwerpunktgebiet von EDoM'18

tig verändert hat. So hat sich das Tideniedrigwasser seit Beginn der 1980er Jahre im Emdrer Fahrwasser um ca. 0,5 m abgesenkt. Die Tidekurve selbst hat sich stark deformiert, man spricht von Tideasymmetrie. Aufgrund abnehmender Reibungseinflüsse spielt der Effekt der Reflexion der einlaufenden Tidewelle am Wehr Herbrum (Abb. 1) eine zunehmende Rolle und führt zu einer deutlichen Verkürzung der Flutstromdauer, wobei die Wasserstände in der Flut rapide ansteigen. Dieser Effekt verstärkt sich von der Mündung stromaufwärts. Abb. 2 zeigt, wie stark sich die Tidekurve und die Strömungsganglinie vom Emssperwerk bei Gandersum nach Rhede verändert. Für die dargestellte Tide am 28.06.2015 (Messungen der BAW) beträgt die Flutdauer bei Rhede nur noch ca. drei Stunden, während die Ebbe ca. neun Stunden dauert. Die damit einhergehenden hohen Flutstromgeschwindigkeiten – und insbesondere die Geschwindigkeitsgradienten – sorgen für einen starken stromaufwärts gerichteten Transport von Sedimenten. Während des Tidehochwassers bleibt das Wasser über längere Zeit unbewegt und die Schwebstoffe können sich ablagern. Der einsetzende schwächere Ebbstrom ist dann nicht in der Lage, das sedimentierte Material zu remobilisieren und wieder seewärts zu transportieren. Dieser Prozess des sogenannten »Tidal Pumping« hat zusammen mit dem Einfluss des Oberwassers sowie horizontalen und vertikalen Zirkulations- und Dichteeffekten zu einer zunehmenden Verschlickung der Unterems geführt.

Dadurch kommt es zu extrem hohen Konzentrationen von Schwebstoffen in der Wassersäule. Es können Werte von bis zu 300 g/l auftreten. Das liegt zwei bis drei Größenordnungen (!) über vergleichbaren Werten aus den anderen Ästuaren (Elbe, Weser) und fünf bis sechs Größenordnungen über Werten aus der offenen Nordsee, beispielsweise rund um Helgoland. In weiten Teilen der Unterems – vorwiegend im Sommer und bei niedrigen Oberwasserverhältnissen – bilden sich mächtige Flüssigschlick-Schichten von bis zu mehreren Metern Mächtigkeit aus, sogenannter »Fluid Mud«. Die Ems wird damit als »hyperturbid« klassifiziert. So werden Flusssysteme bezeichnet, die (zumeist infolge von anthropogenen Maßnahmen) durch extrem hohe Schwebstoffkonzentrationen und die Ausbildung ausgeprägter Flüssigschlick-Schichten (Fluid Mud) gekennzeichnet sind. Andere Beispiele für hyperturbide Ästuare in Europa sind die Loire sowie die Gironde (in Frankreich) und die Themse (in Großbritannien).

Insgesamt hat die Ems heute einen Zustand erreicht, der hohe finanzielle Belastungen erzeugt und aus ökologischer Sicht als kritisch einzustufen ist. Zum einen muss das überwiegend feine Material durch aufwendige und kostenintensive Ausbaggerungen durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) beseitigt werden, um die Schifffbarkeit der Seeschifffahrtsstraße sicherzu-

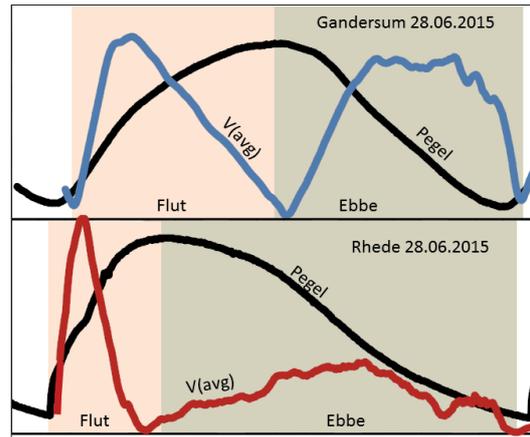


Abb. 2: Tideasymmetrie am Beispiel Gandersum (oben) und Rhede (unten). Dargestellt ist der Wasserstand (schwarz) und die Strömungsgeschwindigkeit (blau bzw. rot)

stellen. So fielen in den Jahren 2015 und 2016 jeweils 8 bis 9 Mio. Tonnen Baggermaterial mit einem Kostenvolumen von 30 bis 40 Mio. Euro an (aus Drucksache 18/12887 des Deutschen Bundestages). Zum anderen führt die Verschlickung der Ems auch zu erheblichen ökologischen Problemen, wie z. B. hohen Sauerstoffdefiziten im Wasser. Dies war die Veranlassung für die EU-Kommission, die Einhaltung der einschlägigen Vorschriften und Richtlinien (Natura-2000, Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie, Wasserrahmenrichtlinie etc.) und die Einleitung konkreter Maßnahmen einzufordern.

Die Verbesserung des ökologischen Zustandes ist somit eines der Hauptziele in der Region und seit 2015 im sogenannten »Masterplan Ems 2050« (www.masterplan-ems.info) festgeschrieben. Der Bund, das Land Niedersachsen, Landkreise, Unternehmen und Umweltverbände haben sich in diesem Vertrag darauf verständigt, bis 2050 Maßnahmen für einen »schiffbaren und lebendigen Fluss« umzusetzen. Da Teile des Dollart und der sich weiter anschließenden Außenems teilweise auf niederländischem Staatsgebiet liegen, besteht auch von dieser Seite ein großes Interesse an der Lösung der Probleme in der Ems. Auch in den Niederlanden ist eine dem »Masterplan Ems 2050« vergleichbare Initiative aufgelegt worden (<https://eemsdollard2050.nl>).

Motivation für EDoM'18

Aus wissenschaftlicher Sicht ist jedoch zu sagen, dass die Mechanismen und Prozesse, die zu den hohen Sedimentablagerungen und der Verschlickung der Unterems führen, noch nicht genau verstanden sind und durch theoretische Betrachtungen und Berechnungen in Simulationsmodellen derzeit nicht vollständig erklärt werden können. Eine zentrale Rolle wird hierbei dem Bereich des Emdrer Fahrwassers zugeschrieben, welches die Verbindung zwischen Unter- und Außenems darstellt. So ist beispielsweise nicht geklärt, warum dieser Stromabschnitt, in dem sehr hohe Strömungsgeschwindigkeiten auftreten, auch ein (zumindest

zeitweiliger) Baggerschwerpunkt ist, aus dem große Mengen feinen Bodenmaterials entnommen werden müssen. Auch die Wechselwirkung des Emders Fahrwassers mit dem Dollart ist noch nicht ausreichend erforscht. Der Dollart ist durch den Geiseleitdamm vom Emders Fahrwasser getrennt und nur über den Hochwasserscheitel überströmt.

Diese Fragen des generellen Systemverständnisses waren die Motivation, unter dem Titel EDoM'18 (Ems-Dollart-Measurements 2018) ein niederländisch-deutsches Forschungsprojekt aufzulegen, um so z. B. die genannten Maßnahmenpläne gezielter unterstützen zu können. Unter Federführung einer Planungsgruppe, bestehend aus Rijkswaterstaat, Deltares, dem Projektmanagement-Dienstleister Royal HaskoningDHV (alle Niederlande) und der BAW (Bundesanstalt für Wasserbau, im Auftrag des WSA Emden), haben sich insgesamt 16 Behörden, Institutionen und Universitäten in einem Partnerschaftsabkommen bereit erklärt, Beiträge zu diesem Untersuchungsprogramm zu liefern. Die weiteren Projektpartner sind: der niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), das Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW), das Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) sowie die Universitäten von Oldenburg und Kiel (Deutschland), von Twente, Wageningen und Delft (Niederlande), von Plymouth (Großbritannien) und von Maine (Vereinigte Staaten). Insgesamt sind über 20 Wissenschaftler und Ingenieure in die Durchführung der Messungen, die Datenanalyse und die Publikation der Ergebnisse eingebunden.

Messkampagne von EDoM'18

Kernstück von EDoM'18 war die Durchführung zweier Messkampagnen unter unterschiedlichen

hydrologischen Randbedingungen im August 2018 bei niedrigem Oberwasser und im Januar 2019 bei hohem Oberwasser. In einem eigens für das Messprogramm entworfenen Netz aus insgesamt zehn Unterwasser-Beobachtungsstationen wurden mit hoher zeitlicher Auflösung physikalische Zustandsgrößen aufgezeichnet. So wurden über einen Zeitraum von ca. einem Monat unter anderem Informationen über die Verteilung des Salzgehaltes und der Schwebstoffkonzentration sowie über die Strömungsverhältnisse und die einlaufende Tidewelle gesammelt. Innerhalb dieses Zeitraumes wurde eine weitere Messkampagne über den Zeitraum einer Tide (ca. 13 Stunden) eingebettet, bei der insgesamt acht Messschiffe noch einmal verdichtete Daten erhoben haben. Wichtige Grundlagendaten liefert das dauerhafte gewässerkundliche Messnetz, welches von der WSV und dem NLWKN betrieben wird. Das für EDoM'18 verwendete Messnetz zeigt [Abb. 3](#), eine Übersicht über die erhobenen Daten gibt [Tabelle 1](#).

Die erhobenen Messdaten werden derzeit von den Projektpartnern analysiert, dokumentiert und auf einem zentralen Projekt-Datenserver bereitgestellt. Es ist zu erwarten, dass die Fülle und die Komplexität des Datenmaterials die beteiligten Institutionen noch eine Weile beschäftigen wird. Erste interessante Ergebnisse sind aber bereits erarbeitet worden.

Überströmung des Geiseleitdamms

Durch Strömungsmessungen auf dem Geiseleitdamm ([Abb. 1](#)) konnte eine Zirkulationsströmung zwischen Dollart und Emders Fahrwasser erfasst werden. Damit wurden Ergebnisse aus numerischen Simulationsrechnungen bei der BAW bestätigt. Derartige voneinander unabhängige Analysen sind z. B. für die Validierung der Prognose von

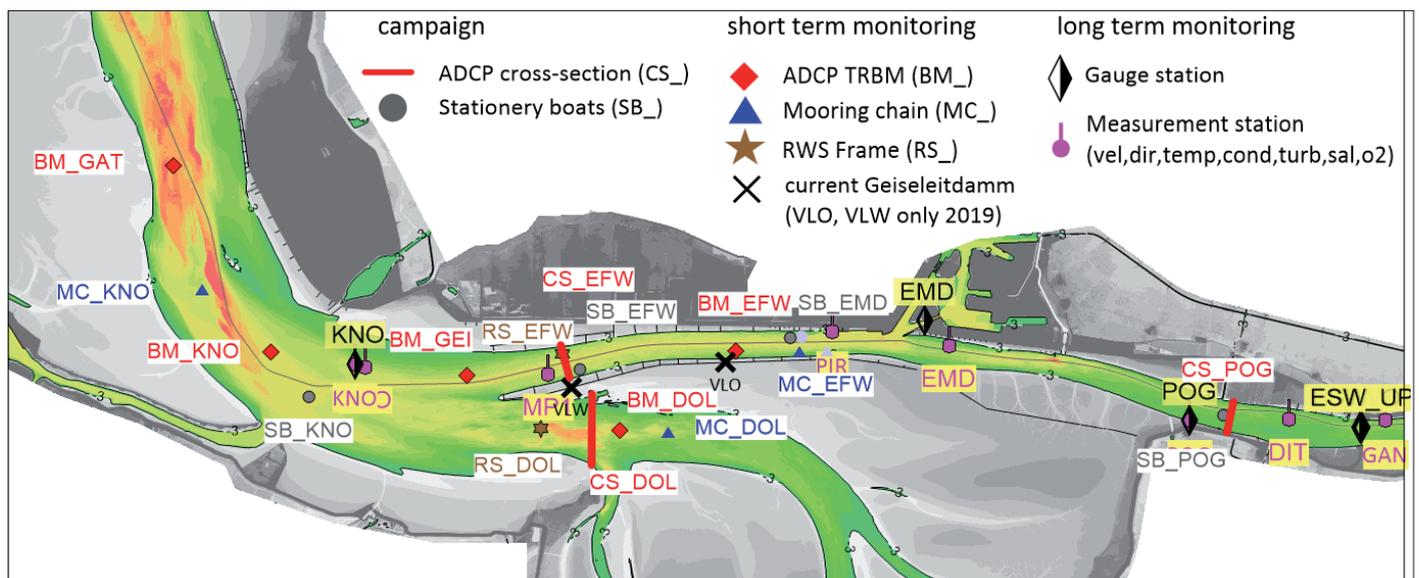


Abb. 3: Alle Messpositionen im Untersuchungsgebiet von EDoM'18: die Langzeit-Stationen des NLWKN und der WSV (long term monitoring), die speziell eingerichteten Stationen (short term monitoring) sowie die Kampagnenmessung (campaign)

Art der Messung	Messpositionen	Dauer	Messgeräte	Parameter
Schiffsgestützte ADCP-Querschnittsmessungen	CS_DOL, CS_EFW, CS_POG	Eine Tide (campaign)	ADCP, SMU, GNSS, (Sediment-)SBES	Geschlossene Querprofile für Strömung und akustischer Backscatter, Ableitung von Tidebilanzen (Volumen, Masse), (Sediment-)Echolotung
Schiffsgestützte stationäre Messungen	SB_KNO, SB_EFW, SB_EMD, SB_POG	Eine Tide (campaign)	ADCP, Multiparameter-Messrahmen, Probennehmer, SMU, GNSS	Salinität, Temperatur, Schwebstoffkonzentration, Turbulenz, Korngrößenverteilung, Dichteschichtung, Strömung und akustischer Backscatter, Wasser- und Bodenproben
Bodenanker	BM_GAT, BM_KNO, BM_GEI, BM_DOL, BM_EFW	4 Wochen (short term monitoring)	ADCP, CTD-Sonde, Trübungssensor	Vertikale ADCP-Geschwindigkeits- und Backscatterprofile, bodennahe CTD- und Trübungsmessungen
Verankerte Messketten	MC_KNO, MC_DOL, MC_EFW	4 Wochen (short term monitoring)	Strömung (1-Punkt), CTD-Sonde, Trübungssensor	Strömung, CTD- und Trübungsmessungen an drei Messpunkten in der Wassersäule
Multiparameter-Bodenanker	RS_DOL, RS_EFW	2 Wochen (short term monitoring)	ADCP, ADV, CTD-Sonde, Trübungssensor, Sonar	Vertikale ADCP-Geschwindigkeits- und Backscatterprofile, CTD- und Trübungsmessungen, ADV-Turbulenzmessungen, Scanning Sonar
Strömung GLD	GLD_o, GLD_w	3 Wochen (nur 2019)	Strömung (1-Punkt)	Überströmung des Geiseleitdamms
Gewässermonitoring NLWKN/WSA	Knock, Emden, Pogum und weitere	permanent (long term monitoring)	Pegel, Strömung (1-Punkt), CTD-Sonde, Trübung, O ₂	Wasserstand, Strömung (1 Punkt), CTD, Trübung, O ₂ , Oberwasserzufluss

Tabelle 1: Messpositionen (aus Abb. 3) und Parameter im Rahmen von EDoM'18

residuellen Transportprozessen in numerischen Simulationsmodellen von großer Bedeutung (residueller Transport: seewärts- oder landwärts gerichteter Transport über einen bestimmten Zeitraum, z. B. einen Nipp-Spring-Zyklus oder eine Tide). Die Messungen auf dem Geiseleitdamm wurden mit Strömungssonden vom Typ Nortek Vektor durchgeführt. Diese wurden direkt auf dem Bauwerk eingebaut und liefern Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, wobei der Damm zeitweilig trockenfällt und nicht überströmt wird. Abb. 4 zeigt die Geschwindigkeitsvektoren in Betrag und Richtung über eine von insgesamt 41 Messtiden an den beiden Messpositionen VLO und VLW (jeder Punkt ist eine Messung). Es gibt ein klares Strömungssignal vom Dollart in das Emdener

Fahrwasser. Inwieweit hiermit auch der Transport von Sedimenten verbunden ist, muss die weitere Auswertung klären.

ADCP-Querschnittsmessungen

Schiffsgestützte ADCP-Querschnittsmessungen haben sich schon seit Langem als leistungsfähige und aussagekräftige gewässerkundliche Messmethode etabliert. Im Rahmen von EDoM'18 wurden sie auf drei Querschnitten parallel über eine Tide durchgeführt (CS_DOL, CS_EFW und CS_POG in Abb. 3). Die Daten wurden mit ADCPs verschiedener Frequenzen (600/1200 kHz) von Teledyne RDI sowie zusätzlicher Sensorik (GNSS, teilweise Motionunits, Echosounder und CTD) aufgenommen. Die Ergebnisse erlauben eine Analyse der

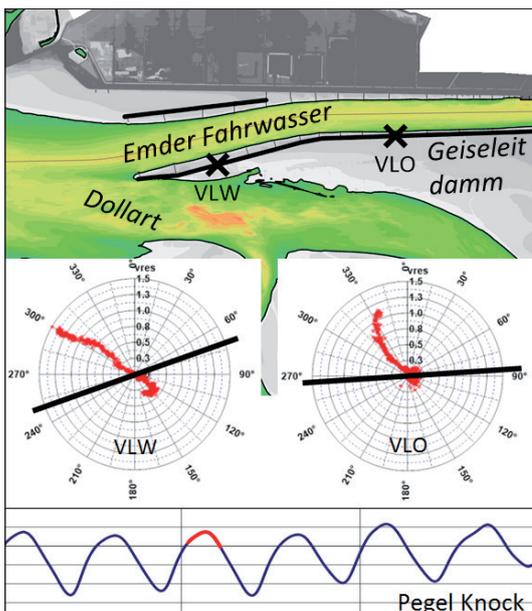


Abb. 4: Überströmung des Geiseleitdamms während einer Messtide (rot auf der Pegelkurve) an den Positionen VLW und VLO

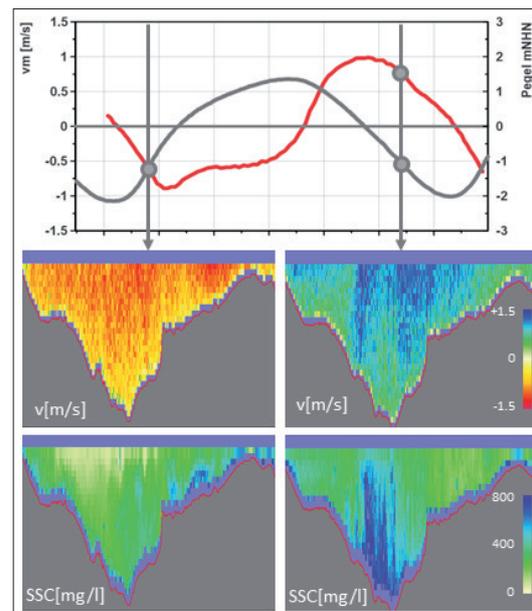


Abb. 5: Unten: Strömungsverteilung (v) und Verteilung der Schwebstoffkonzentration (SSC) auf zwei Messquerschnitten im Dollart (CS_DOL). Oben: Tideganglinie (Pegel) und querschnittsgemittelte Strömungsgeschwindigkeit, markiert sind die Zeitpunkte der Querschnittsmessungen

Strömungsverteilung und des Durchflusses im Querschnitt sowie die Erstellung von Transportbilanzen über einen Tidezyklus. Je nach Profillänge werden dabei typischerweise zwischen 50 und 200 Querprofile aufgezeichnet. Abb. 5 zeigt das Beispiel von zwei ADCP-Profilen aus dem Dollart, aufgenommen am 24. Januar 2019 durch den niederländischen Rijkswaterstaat. Zu sehen sind zum einen zwei Strömungsquerprofile zu verschiedenen Tidephasen (quasi das »ADCP-Standardprodukt«), zum anderen sind die entsprechenden Plots als Querschnittsverteilung der Schwebstoffkonzentration (SSC) gezeigt. Diese Daten entstehen durch die Normierung des akustischen Backscatters sowie dessen weitere Kalibrierung anhand von In-situ-Wasserproben.

Stationäre Vertikalprofilmessungen

Ebenso sind hochauflösende stationäre Vertikalprofilmessungen von großer Bedeutung bei der Beurteilung von Prozessen des Transportes und der Dichteschichtung. Abb. 6 zeigt beispielhaft die Schwebstoffkonzentration in der Wassersäule,

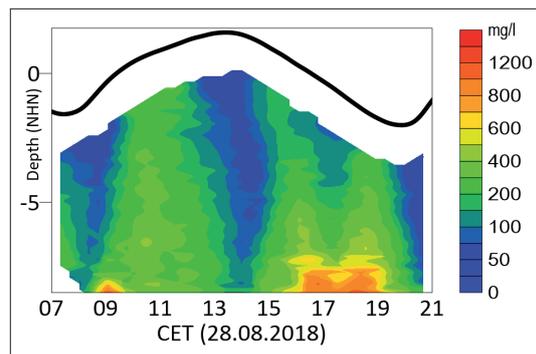


Abb. 6: Vertikale Verteilung der Schwebstoffkonzentration (SSC) über einen Tidezyklus, abgeleitet aus kalibrierten optischen Backscatter-Messungen (hier: Seapoint STM) an der Messposition SB_EFW (Abb. 3)

abgeleitet aus 15- bis 30-minütlichen Messungen mit einem Multiparameter-Rahmen über die Dauer einer Tide (ca. 13,5 Stunden). Von besonderem Interesse ist hier neben der Variabilität über den Tidezyklus die Herausbildung von besonderen Verteilungsmustern wie in dem gezeigten Beispiel das bodennahe Konzentrationsmaximum, welches sich kurz vor Tideniedrigwasser einstellt.

Die Daten sind mit mehreren optischen Backscattersensoren aufgenommen worden, deren Rohdaten durch eine Kalibrierung anhand von In-situ-Wasserproben in Schwebstoffkonzentrationen umgerechnet wurden.

Sinkgeschwindigkeiten

Ein weiteres interessantes Ergebnis ist die Analyse der Sinkgeschwindigkeiten im Emders Fahrwasser. Die Ergebnisse an der Messposition SB_EMD (Abb. 3) weisen darauf hin, dass die Sinkgeschwindigkeit der Schwebstoffe in der Wassersäule höher ist, als es die einschlägigen Theorien beschreiben. Dies sind wichtige Hinweise im Hinblick auf das Sedimentationsverhalten in diesem Gebiet. Die Messungen wurden von der Universität Plymouth mit einer dort entwickelten optischen »Sedimentkamera« in einem eigens eingerichteten Labor auf einem der beteiligten Messschiffe durchgeführt.

Ausblick

Erste wissenschaftliche Veröffentlichungen sind in Vorbereitung und im Laufe des Jahres soll noch eine Abschlusskonferenz mit allen beteiligten Projektpartnern und weiteren Interessierten stattfinden. Mit EDoM'18 ist es gelungen, behördlich-administrative Aufgaben (unter anderem den Masterplan Ems 2050) mit wissenschaftlich anspruchsvollen Fragestellungen zu verknüpfen und in einem internationalen Kooperationsprojekt zu bündeln. //

Literatur

- Chernetsky, Alexander S.; Henk M. Schuttelaars; Stefan A. Talke (2010): The Effect of Tidal Asymmetry and Temporal Settling Lag on Sediment Trapping in Tidal Estuaries. Ocean Dynamics, DOI: 10.1007/s10236-010-0329-8
- Krebs, Martin; Holger Weilbeer (2008): Ems-Dollart Estuary. Die Küste 74, S. 252–262
- Van Maren, Bas; Thijs van Kessel; Katherine Cronin; Luca Sittoni (2015): The impact of channel deepening and dredging on estuarine sediment concentration. CONT SHELF RES, DOI: 10.1016/j.csr.2014.12.010
- Winterwerp, Johan C.; Julia Vroom et al (2017): SPM response to tide and river flow in the hyper-turbid Ems River. Ocean Dynamics, DOI: 10.1007/s10236-017-1043-6

Weitere Informationen

- Website zur Initiative »Ems Dollard 2050« (niederländisch, teilweise deutsch): <https://eemsdollard2050.nl>
- Website zum Masterplan Ems 2050 (deutschsprachig): www.masterplan-ems.info