

Aufbau von integrierten Modellsystemen zur Analyse der langfristigen Morphodynamik in der Deutschen Bucht - Überblick und Bearbeitungsstrategie

Harro Heyer

Abstract zum Verbundprojekt AufMod (03 KIS 082-088)

Initiiert wurde das Projekt durch eine im Jahre 2008 vom KFKI veröffentlichte Rahmenschreibung zur großräumigen und langfristigen Morphodynamik in der Deutschen Bucht. Die wichtigsten Forschungsobjekte sind die Deutsche Nordseeküste mit Fokus auf das Küstenvorfeld, die Vorstrände und Strände, die Inseln und Wattgebiete sowie die Tideflüsse. Maßgebliche Untersuchungsinhalte und –grundlagen wurden vorgegeben: Es sind plausibilisierte, konsistente Daten für Bathymetrie und Sedimentologie zu verwenden. Neben den durch die Gezeiten und den Wind erzeugten Strömungen sind die seegangs und brandungserzeugten Strömungen zu berücksichtigen. Zielsetzungen bestehen in der Definition und Analyse der Sedimenttransportwege, -richtungen, -mengen und –bilanzen. Das Systemverständnis über die langfristige und großräumige Sedimentdynamik ist damit grundlegend zu verbessern. Dies schließt auch die Möglichkeiten zur Prognose großräumiger Transport- und Formänderungsprozesse ein. Im konzeptionellen Projektansatz sind verschiedene Modellverfahren zu berücksichtigen, so dass auch die Streubreite der Ergebnisse verschiedener Methoden und Verfahren analysiert werden kann. Die Ergebnisse sollen in eine Datenbank offen für die Nutzung durch Dritte eingebunden werden. Die eingesetzten Modellsysteme sollen auch für ausgewählte Szenarien (erwartete Klimaänderungen - Anstieg des Meeresspiegels, ggf. intensiviertes Seegangsklimas) verwendet werden. Da der ausgeschriebene Anforderungskatalog sehr umfangreich ist, kann er nur im Rahmen eines größeren Verbundprojektes bewältigt werden. Hierzu haben sich folgende Institutionen zusammen gefunden: Bundesanstalt für Wasserbau, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrografie, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Forschungsinstitut Senckenberg in Wilhelmshaven, Universität Bremen, Universität der Bundeswehr in München, smile consult GmbH.

Die Veränderungen der Bodenformen ergeben sich primär aus den räumlich und zeitlich variierenden Belastungen des Gewässerbodens in Wechselwirkung mit dessen Eigenschaften und dem zugehörigen Feststofftransportgeschehen. Im Projektgebiet beschreiben die unterschiedlichen Raumskalen lokale Verhältnisse (z.B. Kolke, Unterwasserdünen, Rinnenabschnitte, Ebbdeltas, Flussmündungen), das Verhalten von Teilgebieten (z.B. Watteinzugsgebiete, Inselketten mit Vorstrandbereichen, Tideästaure) sowie die Wechselwirkungen dieser Teilgebiete in der Deutschen Bucht. Darüber hinaus sind überregionale Wechselwirkungen (Nordsee - Nordatlantik) zu berücksichtigen. Obwohl die KFKI-Vorgabe auf die großräumige Sedimentdynamik in der Deutschen Bucht fokussiert, ist das Spektrum der kleinen, mittleren und großen Raumskalen zu berücksichtigen, weil sich lokale Änderungen über ein noch verborgenes Wirkungsgefüge langfristig auch großräumig auswirken können. Die in den genannten Raumskalen stattfindenden Veränderungen sind mit verschiedenen Zeitskalen gekoppelt, welche in adäquaten morphodynamischen Modellen zu berücksichtigen sind. Generell kann man die kurzfristigen (Tidezyklus), die mittelfristigen (saisonal bis jährlich) und die

langfristigen (Jahrzehnte) Zeitskalen unterscheiden. Fallweise müssen episodisch auftretende Extremzustände gesondert im Hinblick auf die Morphodynamik betrachtet werden. Die für veränderliche Strukturen durchgeführten Untersuchungen müssen zusätzlich die unveränderlichen, durch Unterhaltung fixierten Strukturen (z.B. Bauwerke wie Fahrrinnen, festgelegte Inselköpfe, Leitwerke) berücksichtigen. Grundsätzlich ist zu analysieren, wie weit eine Kombination der verschiedenen Skalen in Raum und Zeit durch Anwendung mathematischer Modellverfahren möglich ist. Hierzu geht das Verbundprojekt davon aus, dass eine Kombination von Datenanalysemethoden, von „bottom up“ Methoden (prozessbasiertes physikalisches Verhalten, partielle DGL) und von „top down“ Methoden (am bekannten Systemzustand orientiert) erforderlich ist. Die im Verbundprojekt vereinten Teilprojekte lassen sich in diese Methodenvielfalt einordnen.

Zu den erforderlichen Grundlagen gehört ein umfassendes Bodenmodell, für das im Rahmen des Verbundprojekts vorhandene Daten (Sedimentologie, Bathymetrie, Sohlformen, im Ansatz auch Bauwerke,...) integriert und neue Daten aufgenommen werden. Das Bodenmodell wird mit innovativer Informationstechnik für die Aufgaben in der morphodynamischen Analyse und Prognose genutzt. Nach Auffassung des Autors ist dies eine sehr wichtige, über das Ende des Verbundprojekts hinaus reichende Kernaufgabe. Weiterhin gehört zu den erforderlichen Datengrundlagen eine umfassende Datenbasis zur Ozeanografie und Hydrologie der Nordsee, insbesondere der Deutschen Bucht einschließlich der besonderen Verhältnisse in den Tideflüssen und Watteinzugsgebieten. Das Bodenmodell und die ozeanographisch-hydrologische Datenbasis unterstützen im Verbundprojekt verschiedene Ansätze für die o.g. datenorientierten Analysemethoden (statistische, räumliche und zeitliche Analysen, Sedimentbilanzen) und die „top down“ Methoden (z.B. Formanalysen, Analysen für Geometrie- und Tide-Kennwerte, Analysen zur Asymmetrie von Tidekennwerten).

Zur Diagnose des noch verborgenen Wirkungsgefüges, das sich über verschiedene Kombinationen der Raum- und Zeitskalen erstrecken kann, werden verschiedene prozessbasierte Modelle genutzt. Sie orientieren sich je nach angestrebter Auflösung der Raum- und Zeitskalen an unterschiedlichen Graden in der detaillierten Beschreibung der physikalischen Prozesse. Im Hinblick auf die eingesetzten Simulationsverfahren bzw. Simulationsbausteine kann grundsätzlich die folgende Einteilung kommuniziert werden:

- Hydrodynamik: Wasserstände, Durchflussmengen, Strömungen (auch Dichte-, Sekundär- oder Zirkulationsströmungen), Wellen, Seegang sowie Bodenschubspannungen aus Strömung und Seegang
- Advektion und turbulente Diffusion gelöster und partikulärer Stoffe: Salz, verschiedene Fraktionen suspendierter Feststoffe, Sinkgeschwindigkeiten der Feststoffe
- Partikel Tracking: Nachverfolgung einzelner Partikel im Wasserkörper
- Sedimenttransport am Gewässerboden: residuelle Transporte, charakteristische Transportbänder, Erosions- und Sedimentationsgebiete
- Morphodynamik: Evolution der Gewässersohle in Wechselwirkung mit der Belastung

Aus einer Kombination der genannten Methoden soll im Verbundprojekt das Systemverständnis für die langfristige Morphodynamik in der Deutschen Bucht gewonnen werden. In diesem Zusammenhang ist der Gültigkeitsbereich der Modellergebnisse auf Grundlage von einer Validierungsstrategie und von Validierungsrechnungen mit Bezug auf verfügbare Validierungsdaten zu analysieren und zu dokumentieren.

Mit dem Verbundprojekt sollen letztendlich integrierte Datengrundlagen und Werkzeuge geschaffen werden, mit denen Fragestellungen zur Sediment- und Morphodynamik innerhalb der Deutschen Bucht und in den Gewässern entlang der Deutschen Bucht mit einem integrierten Ansatz bearbeitet werden können. Für den im Verbundprojekt gewählten integrierten Bearbeitungsansatz steht das nachfolgende Bild.

