

Modellierung von Küstengewässern in Deutschland – Erfolge und Anwendungsbeispiele

Harro Heyer

Die vorliegende Veröffentlichung ist ein Beitrag zur 11. Internationalen Konferenz für Hydrowissenschaften und Ingenieurwesen (International Conference on Hydroscience and Engineering) ICHE 2014. Die in Hamburg vertretene internationale Gemeinschaft der mit Wasser befassten Wissenschaftler und Experten behandelt den Themenschwerpunkt „Hydro-Engineering zur Lösung der Umweltherausforderungen“. Hydro-Engineering umfasst die Wissenschaft und zugehörige Technologie der Wasserwirtschaft, der Bewirtschaftung natürlicher Systeme und Ressourcen, die von gewässerbezogenen Prozessen beeinflusst werden. Angesichts der Notwendigkeit, die gegenwärtigen und künftigen wirtschaftlichen Bedürfnisse und die ökologischen Herausforderungen zu bewältigen, hat die Nachfrage nach der Konzeptionierung und Entwicklung technischer und umwelttechnischer Maßnahmen für die Systeme Meer, Küste und Ästuar weltweit zugenommen. In jüngster Zeit wird infolge dieser wachsenden Nachfrage auch intensivere Forschungsarbeit an grundlegenden hydraulischen Prinzipien sowie an datengetriebenen Methoden, prozessorientierten Computermodellen und numerischen Modellen sowie ihrer praktischen Anwendung benötigt. Deutschland bildet in dieser Hinsicht keine Ausnahme. Hauptgegenstand dieses Bands sind aktuelle Forschungsthemen, die sich mit der deutschen Küstenzone beschäftigen.

Ansatzpunkt für die wissenschaftliche und technische Arbeit im Bereich des „Hydro-Engineering“ sind in erster Linie Naturphänomene. Es werden die zugrundeliegenden Kräfte und dynamischen Vorgänge von Gewässern untersucht sowie ihre Beeinflussung durch die Geometrie und Rauheit ihrer Grenzen. Wechselwirkungen der dynamischen Gewässersysteme mit der Atmosphäre und dem Meeresboden spielen in diesem Wissenschaftszweig eine übergeordnete Rolle. In Deutschland ist es ein wichtiges Forschungsziel, die Funktionsweise von Meeres-, Küsten- und Ästuarsystemen quantitativ zu untersuchen und Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie sich diese Systeme in der Vergangenheit verändert haben und in ihren gegenwärtigen Zustand gelangt sind, welche Veränderungen sie in Zukunft erwarten, ob durch natürliche Vorgänge oder bauliche Veränderungen verursacht. Das bisherige Wissen und Verständnis dieser Systeme beruht auf beobachtbaren Phänomenen, besonderen Werkzeugen zur Analyse von Daten und zunehmend ausgereiften numerischen Modellen. Aufgrund der Vielzahl an Forschungseinrichtungen in Deutschland, die sich mit Wissenschafts- und Technologiethemen im Bereich des „Hydro-Engineering“ befassen, hat unser Land ein hohes Niveau an fachlicher Erfahrung hinsichtlich Verbesserungen der Validität von Verfahren und Werkzeugen vorzuweisen. Vor allem in den letzten zehn Jahren zeigte sich eine wachsende Nachfrage nach modellgestützten Untersuchungen.

Im vorliegenden Band berichten wir über die zahlreichen Anstrengungen zur Verbesserung fluidbezogener Erforschung besonderer Naturphänomene, über Aspekte der numerischen Berechnung des Fließverhaltens von Fluiden, groß- und kleinmaßstäbliche hydraulische Modellierung unter Einbeziehung von Monitoring-Daten und, nicht zuletzt, über die bauliche Praxis zur Sicherung und zum Schutz von Küstengebieten.

Wissenschaftliche und technische Ansätze im Bereich des „Hydro-Engineering“ berücksichtigen zunehmend das Ideal der „Hydromorphologie“. Betrachtungsgegenstand ist dabei das hydrologische System mit seiner Struktur, Evolution und dynamischen Morphologie in nahezu sämtlichen räumlichen und zeitlichen Maßstäben unter sowohl natürlichen als auch anthropogenen Einflüssen. Hydrologische Systeme haben sich seit über einem Jahrhundert unter dem Einfluss menschlicher Aktivitäten mit ihren Auswirkungen auf Wasserverbrauch, Bodenbewirtschaftung und Klima stark verändert. Die hydrologische Reaktion eines natürlichen Systems auf spezifische Transformationsmaßnahmen lässt sich unmittelbar über die Aufzeichnung von Wasserständen, Fluidströmungen und Salzgehalt beobachten. Es ist jedoch nach wie vor schwierig, die Veränderungen in den Zustandsvariablen genau zu quantifizieren, da sie auch der natürlichen Variabilität von Küstensystemen unterliegen. Eine reale Herausforderung besteht daher in der Vorhersage der hydromorphologischen Reaktion des Systems auf anthropogene Einwirkungen. Im Allgemeinen bedeuten menschliche Maßnahmen Störungen für die natürliche Morphodynamik des Systems. Systemtransformationen verursacht durch menschliche Aktivitäten können schleichende Prozesse auslösen, die die langfristige morphologische Evolution des Systems beeinflussen. In Zeiten solcher Transformationen verschärft sich möglicherweise die eingeschränkte Vorhersagbarkeit der Dynamik von Küstensystemen.

Zahlreiche Faktoren machen gerade Tideästuare zu extrem komplexen hydrologischen Systemen: die Verdünnung des Seewassers mit unterschiedlichen Mengen Süßwassers aus dem Oberwasser, komplexe Advektions- und Vermischungsvorgänge, variierende Reibung bei Gezeitenströmungen verursacht durch unterschiedliche Wassertiefen, Flussbauwerke und Sohlrauheit sowie unterschiedliche Dichtefelder im Wasserkörper verursacht durch längs und quer verlaufende Salzgehaltsgradienten. Die zunehmende Verflechtung der Weltwirtschaft hat ein enormes Wachstum der Schiffskapazitäten zur Folge, unter anderem für den Transport von Öl, hauptsächlich aber auch für den weltumspannenden Containertransport. So werden in Küstenregionen tiefere und breitere Schifffahrtsrinnen benötigt, um die Nutzung durch die größeren Schiffe zu ermöglichen. Der zunehmende Gütertransport in Küstengewässern ist nicht mehr vermeidbar, hat jedoch den hydromorphologischen Zustand der großen deutschen Ästuare beeinflusst. Menschliche Eingriffe haben Auswirkungen auf die Schichtung und die gravitationellen Zirkulationsprozesse und bringen Veränderungen für den Feststofftransport - in Form von Schwebstofftransport oder Geschiebefracht - sowie darüber hinaus für die Lage der Trübungszone mit sich. Auf Grund eines wachsenden Ungleichgewichts der barotropen Druckgradienten während der Flut- und Ebbstromphasen haben sich Phänomene wie das Tidal Pumping verstärkt. Ein Nebeneffekt dieser Entwicklung in Teilgebieten der an der Deutschen Bucht gelegenen Ästuare ist die Verlagerung der Haupt-Baggerbereiche stromaufwärts und die Bildung hochkonzentrierter Schlicksuspensionen und Flüssigschlickschichten. Oft ist eine Veränderung der residuellen Gezeitenvorgänge verantwortlich für diese morphologischen Entwicklungen. Insbesondere ein nicht ausgeglichener Haushalt von Feinsediment in Suspension kann zu Verhältnissen mit niedrigem Sauerstoffgehalt und zu einer unerwünschten Verteilung des Substrats innerhalb des Systems führen.

Wir haben verstanden, dass menschliche Eingriffe in Gewässersysteme tiefgreifende Auswirkungen auf die Systemdynamik haben können und nahezu alle physikalischen, chemischen und biologischen Beschreibungsparameter eines Systemzustands betreffen. Eine sehr wichtige wasserbauliche Aufgabe ist daher heute, bei gewässerbezogenen

Projekten alle Beteiligten in möglichst transparenter Art und Weise zu beraten. Fundierte Antworten auf allgemeine und besondere Fragen sind von Bedeutung für Planer, aber auch für die Gesellschaft als Ganzes: in welchem Zustand befindet sich das System aktuell, welche Prozesse waren für diesen Systemzustand bestimmend, welcher künftige Zustand des Systems ist plausibel, wenn es zu Hochwasserereignissen infolge extremer Wetterbedingungen und infolge des Klimawandels kommt, wie verändert sich der Systemzustand durch wirtschaftlich getriebene Maßnahmen, welche Strategie eignet sich am besten, um den Systemzustand zu verbessern und es gegen Überflutung zu sichern? Von überragender Bedeutung ist die Fortführung eines gleichberechtigten Austauschs und der Diskussion zwischen Interessengruppen mit Wirtschafts- und Umweltinteressen. Umweltziele werden immer wichtiger, vor allem für die Politik und die NGOs. Die Menschen, die tatsächlich hinter Küstenschutzbauwerken leben, bilden sich ebenfalls viel unmittelbarer als bisher eine eigene Meinung über Internetplattformen, sodass die Bedeutung der öffentlichen Medien allmählich abnehmen wird.

Küstengewässer stellen grundlegende natürliche Ressourcen in Deutschland und der ganzen Welt dar. Seit vielen Jahren widmen sich Wasserbauingenieure nun den großen Herausforderungen und der Arbeit an Strategien und Techniken zum Schutz und zur Verbesserung der Umwelt in Küstengewässersystemen. Heute ist es von entscheidender Bedeutung für die gesamte Gesellschaft, sich dieser Fragen anzunehmen und eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen. Die Wasserrahmenrichtlinie der EU (2000) und die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (2008) sind diesem Ziel verpflichtet. Sie schreiben Pflichten für die EU-Mitgliedstaaten in Bezug auf Monitoring fest. Um für solche Berichterstattungspflichten den Weg zu bereiten, hat die EU die INSPIRE-Richtlinie (2007) verabschiedet, die auch die Entwicklung einer europäischen Geodaten-Infrastruktur basierend auf interoperablen Web-basierten Softwarekomponenten unterstützt. Auch dies ist zu einer sehr wichtigen Aufgabe im Tätigkeitsbereich des Hydro-Engineering geworden.

Neben einer Vertiefung der wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse sind spezielle Fähigkeiten in der Diskussion und Kommunikation sowie transparente fortschrittliche Methoden und Modelle für die unterschiedlichen Küstensysteme gefragt. Hydrowissenschaften und Wasserbau stellen sich hier einer extrem anspruchsvollen Aufgabe, welche sich am besten im Rahmen einer nationalen und internationalen Kooperationsstruktur lösen lässt.

Harro Heyer
20. Mai 2014