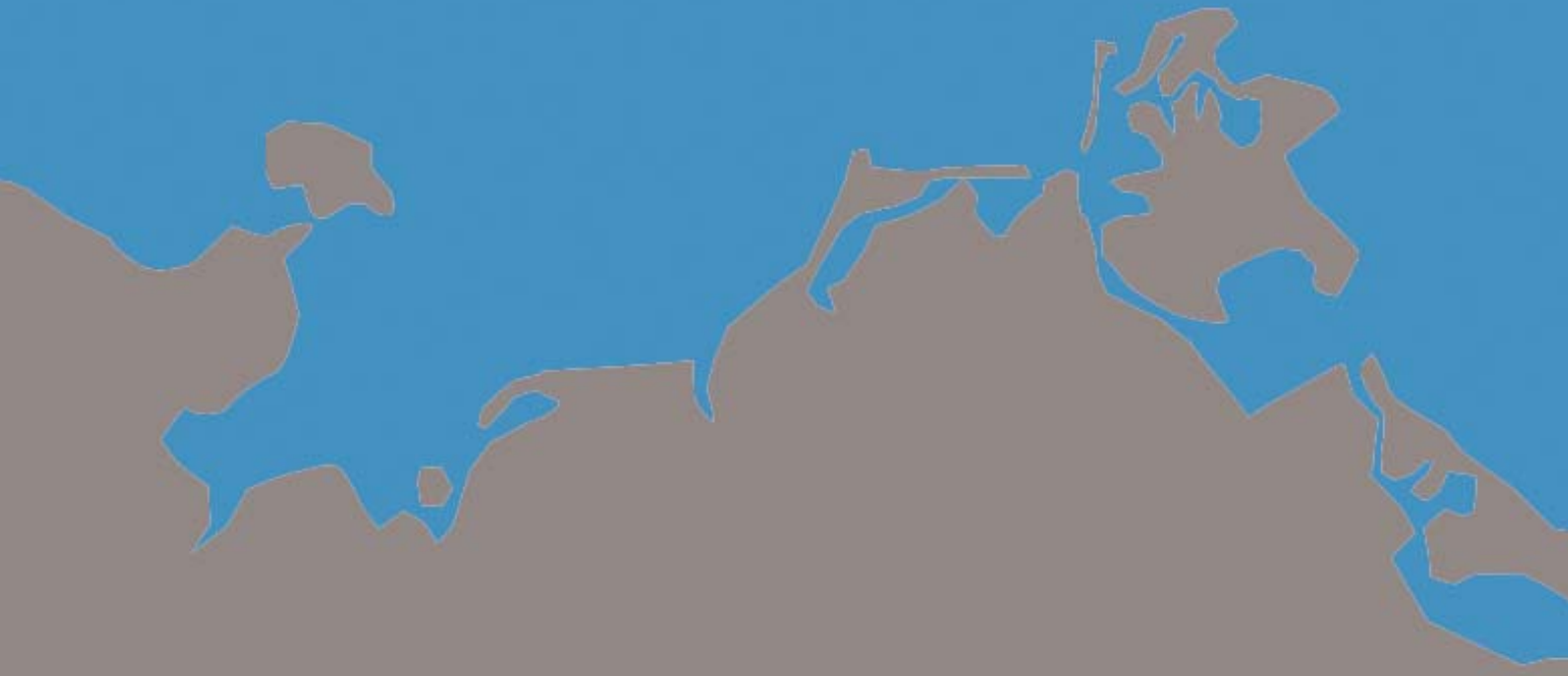
Forschungskonzept für das Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen 2001



KFKI

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1. Ziele der Forschung im Küsteningenieurwesen

2. Charakterisierung der Forschung im Küsteningenieurwesen

3. Aufgaben der Forschung im Küsteningenieurwesen

3.1 Sachthemen

Großräumige Transport- und Formänderungsprozesse
Kleinräumige Transport- und Formänderungsprozesse
Bemessungsgrundlagen
Randdünen- und Bauwerksbelastung
Bauwerksbemessung und -optimierung
Erfassen der Naturvorgänge
Integriertes Küstenmanagement

3.2 Methodik

Modelle
Fuzzy-Methoden, neuronale Netze
Fernerkundung
Geografische Informationssysteme
Dynamische Berechnungsverfahren
Parameterisierung, Entwicklung von Indikatoren, Sensitivitätsanalysen

3.3 Information, Kommunikation, Vernetzung

4. Allgemeine Aspekte der Forschungsplanung und Forschungsförderung

5. Transparente Forschung

Das im Jahr 1973 gegründete Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) bildet den Zusammenschluss der auf dem Gebiet des Küsteningenieurwesens tätigen Fachverwaltungen des Bundes und der Küstenländer in Fragen der Küstenforschung. Im Einzelnen vertreten sind die Bundesministerien für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft und für Bildung und Forschung sowie die zuständigen Ressorts der Länder Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Hamburg, Bremen und – seit 1992 – Mecklenburg-Vorpommern. Ziel der Arbeit im Kuratorium ist es, Aufgaben der Küsteningenieurforschung über die Verwaltungsgrenzen hinweg zu koordinieren bzw. gemeinsam durchzuführen. In einem Verwaltungsabkommen, das Grundlage für die Zusammenarbeit ist, heißt es dazu: Das Erkennen und möglichst weitgehende Beherrschen der Naturvorgänge an den Küsten und im Küstenvorfeld ist eine bedeutende übergeordnete Aufgabe, die im Rahmen der Küstenforschung behandelt werden soll.

Das vorliegende Forschungskonzept, das auf dem in großen Teilen erfolgreich umgesetzten Programm aus dem Jahr 1991 aufbaut, bildet den Rahmen und setzt Schwerpunkte der Forschung im Küsteningenieurwesen nach dem heutigen Bedarf der Fachverwaltungen. Anliegen des Konzepts ist es insbesondere:

- die einzelnen Forschungsprojekte stärker zu vernetzen,
- inzwischen verfügbare und weiter zu entwickelnde Methoden zu berücksichtigen,
- den Bezug der Küsteningenieurforschung zu den Anforderungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie und zum integrierten Küstenmanagement herzustellen sowie
- den ständig steigenden Bedarf an Information (z.B. Daten, Erkenntnisse, Methoden) und Kommunikation stärker zu betonen.

Um die Forschungsaufgaben der Zukunft zu erfüllen, werden zunehmend Spezialkenntnisse und besondere apparative Ausstattungen benötigt. Von daher sind Kooperationen der Fachverwaltungen mit Forschungsnehmern von Hochschulen, Forschungsinstituten und Ingenieurbüros künftig mehr denn je unverzichtbar. Vor diesem Hintergrund war es nahe liegend, bereits bei der Aufstellung des Forschungskonzepts externe Forschungseinrichtungen zu beteiligen und ihre Anregungen zu berücksichtigen.

Ich möchte allen danken, die das neue Forschungskonzept des KFKI unter der Federführung des langjährigen Forschungsleiters Peter Petersen erarbeitet haben. Ich bin überzeugt davon, dass dieses Konzept der Forschung im Küsteningenieurwesen neue Impulse geben und dazu beitragen wird, die in der Vergangenheit erfolgreiche Zusammenarbeit der Fachverwaltungen auch in Zukunft fortzusetzen.

Dr.-Ing. Christoph Heinzelmann
Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
Vorsitzender des Kuratoriums für Forschung im Küsteningenieurwesen

Abb. 1: Dichte Bebauung erfordert die Erhaltung der Uferlinie und ständigen Küstenschutz

1. Ziele der Forschung im Küsteningenieurwesen

Vorrangiges Ziel der Forschung im Küsteningenieurwesen ist die Prognose von Entwicklungen und Ereignissen sowie die zielorientierte, kontrollierte und wirtschaftliche Reaktion auf die Entwicklungen und Ereignisse, um die Lebensbedingungen und Entfaltungsmöglichkeiten der Menschen an den Küsten langfristig und umweltverträglich sicher zu stellen. Die Forschung ist damit anwendungsorientiert, wobei der Gesichtspunkt einer langfristigen Daseinsvorsorge die entscheidende Rolle spielt. Alle Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sind an den Bedürfnissen des Menschen unter Einbeziehung der Belange von Natur- und Umweltschutz orientiert. Die Forschung erfüllt damit die wesentlichen Kriterien einer Nachhaltigkeit, auch im Sinne der Agenda 21.

Die öffentlichen Aufgaben, denen die Forschung im Küsteningenieurwesen dient, betreffen im Wesentlichen die Bereiche

- Küstenschutz und Hochwasserschutz an den Küsten
- Entwässerung in die Küstengewässer
- Bau und Unterhaltung von Wasserstraßen und Häfen an der Küste
- Servicefunktion für andere Fachbereiche im Küstengebiet.

Bei der Forschung geht es vorrangig um

- die Entwicklung oder Weiterentwicklung von Methoden der Messtechnik, der Datenauswertung und der physikalischen und mathematischen Modellierung,
- die Erarbeitung der Kenntnisse über die vorwiegend physikalisch geprägten Naturvorgänge und Wechselwirkungen,
- die Entwicklung von Verfahren zur Bemessung und funktionalen Optimierung von Bauwerken.

Die Forschung ist damit nicht objektbezogen, sondern sie soll allgemeine Kenntnisse vermitteln und Methoden und Verfahren bereitstellen, die für einzelne Projekte anwendbar, ggf. anzupassen sind. Dies schließt nicht aus, dass im einzelnen Fall Methoden exemplarisch in einer Region erarbeitet werden.

Abb. 2: Die schmale Nordspitze von Amrum schützt die Westseite von Föhr gegen Seegangsbelastung

Die Forschung im Küsteningenieurwesen ist grundsätzlich interdisziplinär ausgerichtet. Wesentliche Gegenstände der Forschung sind:

- Die meteorologischen Einflussfaktoren, insbesondere der Wind
- Wasserstände, Strömung und Seegang als wesentliche die Küste formende Größen
- Die Sedimente der Küstengewässer als Objekte der Umformungen und als Material in Wechselwirkung zu den formenden Kräften
- Bauwerke und Baustoffe zur Sicherung der menschlichen Schutz- und Entwicklungsbedürfnisse und zur Beeinflussung natürlicher Vorgänge
- Biologische Einflussgrößen, die die Wechselwirkung zwischen formenden und widerstehenden Kräften mit beeinflussen.

Messungen, Berechnungen, Experimente, Modellierungen und Bemessungen sind in diesem Umfeld die klassischen Verfahren, die zu zielorientierten Forschungsergebnissen führen.

Da die KFKI-Forschung immer, ggf. mittelbar, den eingangs genannten Zielen dienen soll, unterscheidet sie sich insofern von der Grundlagenforschung. Sie baut auf der Grundlagenforschung auf, sollte diese allerdings auch nach Möglichkeit in der Zielsetzung beeinflussen. Im anwendungsorientierten Bereich grenzt sich die KFKI-Forschung gegen die Baustoffforschung ab, wobei die Grenzen hier fließend sein können. Im Rahmen anderer Forschungsziele, wie etwa denen des Natur- und Umweltschutzes oder der Touristik, stellt die KFKI-Forschung Ergebnisse zur Verfügung oder leistet Forschungsbeiträge aus ihrem Aufgabenfeld.

Die Forschung im Küsteningenieurwesen basiert auf Naturgesetzen und Mathematik. Die Forschungsergebnisse sind daher nicht einer subjektiven Bewertung oder einer gesellschaftlichen Prägung unterworfen. Hinsichtlich der Forschungsschwerpunkte trägt sie jedoch den gesellschaftlichen Anforderungen Rechnung, und die Verwendung und Interpretation der Ergebnisse ist sicher dem Zeitgeist unterworfen.

Abb. 3: Ausgeprägte Riffbrandung an der Westküste von Sylt

3. Aufgaben der Forschung im Küsteningenieurwesen

Die Küstengewässer sind maßgeblich dadurch geprägt, dass sie zur See hin offene Systeme darstellen. Von See her eingetragene Energie wird auf vielfältige Weise zu den Uferlinien hin zunehmend umgeformt. Sohle und Randzonen der Küstengewässer bestehen natürlicherweise ausschließlich aus Lockergestein und sind daher sensibel gegen Änderungen der hydrodynamischen Belastung. Quer- und Längstransport an den Küstengewässern, kleinräumige und großräumige Veränderungen überlagern sich und sind oft nicht von einander zu trennen. In diesem physikalisch empfindlichen Gebiet wurden feste Bauwerke, insbesondere zum Küstenschutz und als Hafenanlagen gebaut, um den Nutzungsansprüchen in der dicht besiedelten Küstenregion zu entsprechen. Diese Bauwerke sind einerseits selbst den vorwiegend hydrodynamischen Belastungen ausgesetzt, andererseits wirken sie auf das hydrodynamische und sedimentologische Umfeld zurück. Auch wenn im Bereich der ingenieurwissenschaftlichen Forschung in diesem Gebiet bereits viel erreicht wurde, wie in dem gesondert herausgegebenen Bilanz- und Synthesebericht "KFKI - 25 Jahre Forschung im Küsteningenieurwesen" dargelegt wurde, so ist die Forschung dennoch von dem Ziel einer möglichst zuverlässigen Prognose von Entwicklungen und Vorgängen noch weit entfernt.

Die Küsteningenieurforschung hat auch die Erfüllung von Aufgaben außerhalb des Sturmflutschutzes und des Seeverkehrs zu unterstützen, insbesondere solche des Gewässerschutzes. Zweifellos wird der natürliche wie der gestörte ökologische Zustand der Küstengewässer maßgeblich durch die hydrodynamischen Verhältnisse geprägt. So nennt die Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie) in Anhang V als Qualitätskomponenten unter anderem Struktur und Substrat des Meeresbodens, Richtung der vorherrschenden Strömungen und Seegangsbelastung. Die Parameterisierung dieser Größen sowie deren Wechselwirkung mit biologischen und chemischen Parametern ist Gegenstand der Küsteningenieurforschung.

Hergeleitet aus Kenntnisdefiziten werden nachfolgend die künftigen Aufgaben der Forschung im Küsteningenieurwesen nach Sachthemen, Methodik und Information/Kommunikation geordnet dargelegt. Diese Gruppen stehen selbstverständlich in Beziehung zueinander. Auf eine vollständige Aufzählung von Einzelthemen wurde bewusst verzichtet, einerseits um den Rahmen des Konzeptes nicht zu sprengen, andererseits weil im Zuge der fortlaufenden Entwicklung von Bedürfnissen und Möglichkeiten immer neue Anforderungen an die Forschung gestellt werden. Der Darlegung der Themen liegt maßgeblich eine Umfrage, die an alle Küstendienststellen des Bundes und der Länder sowie an alle mit Aufgaben der Küsteningenieurforschung direkt oder indirekt befassten Forschungseinrichtungen gerichtet wurde, zugrunde. In das Kapitel über allgemeine Aspekte der Forschungsplanung und Forschungsförderung gingen Anregungen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und des Projektträgers ein.

Großräumige Transport- und Formänderungsprozesse

Abb.4: Die Dithmarscher Bucht im Luftbild, Aufnahme aus 1994

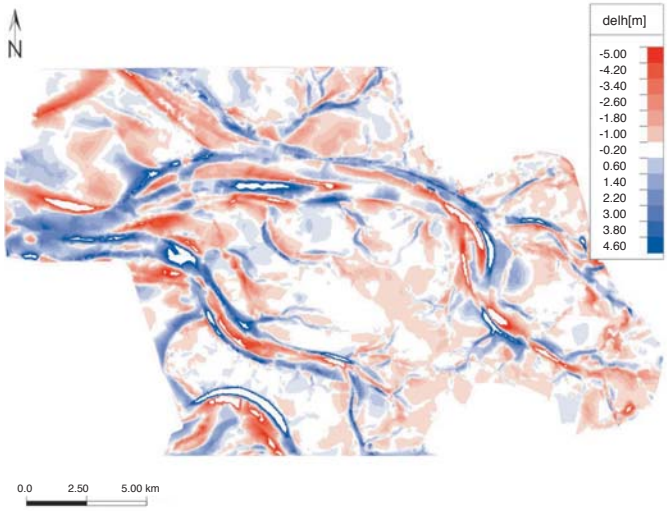


Abb.5: Höhenänderungen 1985 gegenüber 1976 aus Peildaten (blau: Erosion, rot: Sedimentation)

Für alle Prognosen einer künftigen Entwicklung der Küstengewässer, insbesondere unter geänderten Randbedingungen der Wasserstände und des Seegangs, und für alle Planungen etwa erforderlicher Reaktionen auf nachteilige Entwicklungen spielt die Frage nach dem Materialaustausch zwischen dem tieferen Wasser und den engeren Küstengewässern eine entscheidende Rolle. Die Frage kann nur unter gleichzeitiger Berücksichtigung des küstenparallelen Transports behandelt werden. Trotz der Bearbeitung einiger Einzelprojekte, die Beiträge zu dem Thema liefern, ist die Frage insgesamt bisher weiterhin offen. Die Fragestellung ist nicht nur für die Nordseeküste sondern auch für die Ostseeküste relevant.

Forschungsbedarf besteht weiterhin hinsichtlich der generellen Formänderungen des Wattenmeeres und des Küstenvorfeldes. Die wesentliche Frage, ob und wo im Küstenvorfeld Materialverluste oder Anlandungen zu erwarten sind und ob das Wattenmeer und das Vorland mit einem steigenden Meeresspiegel anwachsen, ist letztlich nur im Zusammenhang mit der Erforschung der großräumigen Transportvorgänge einer Klärung zuzuführen.

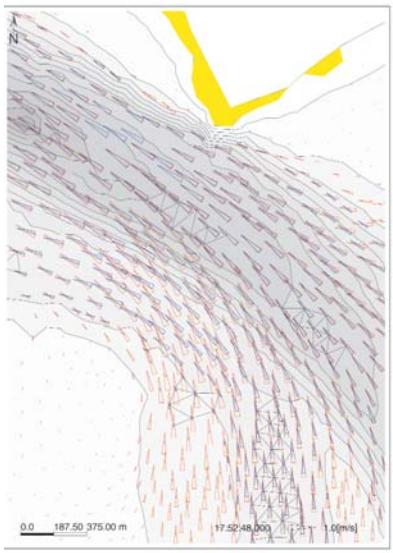


Abb.6: Errechnete Sekundärströmung südlich von Büsum (blau: bis 2 m, rot: bis 4 m Tiefe)

Kleinräumige Transport- und Formänderungsprozesse

Forschungsbedarf gibt es hier nach wie vor im Bereich der Riffforschung. Natürliche Abmessungen und Positionierungen von Riffs sowie die Gründe für deren Entstehung oder Fehlen im Einzelfall sind nach wie vor nicht befriedigend bekannt. Die empirisch gewonnenen Regeln, nach denen eine sandige Küste unter Seegangseinwirkung geformt wird, sind grundsätzlich bekannt. Zur Anwendung der generellen Kenntnisse auf deutsche Küstenabschnitte, insbesondere bei wechselnden Windrichtungen und unterschiedlichem Relief des Unterwasserstrandes sowie unter der Einwirkung von Bauwerken, bedarf es jedoch noch der anwendungsorientierten Forschungsarbeit. Ähnliches gilt für kleinräumige Formänderungsprozesse im Wattenmeer, insbesondere hinsichtlich der Rinnenverlagerungen. Forschungsbedarf gibt es auch im Umfeld von Bauwerken hinsichtlich der Kolk- und Sedimentationsvorgänge. Als weiteres Beispiel für diese Themengruppe seien schließlich die Schifffahrtsrinnen aufgeführt. Die Umlagerungsprozesse sind, insbesondere im Hinblick auf die Optimierung von Unterhaltungsstrategien und -management, noch nicht ausreichend bekannt.

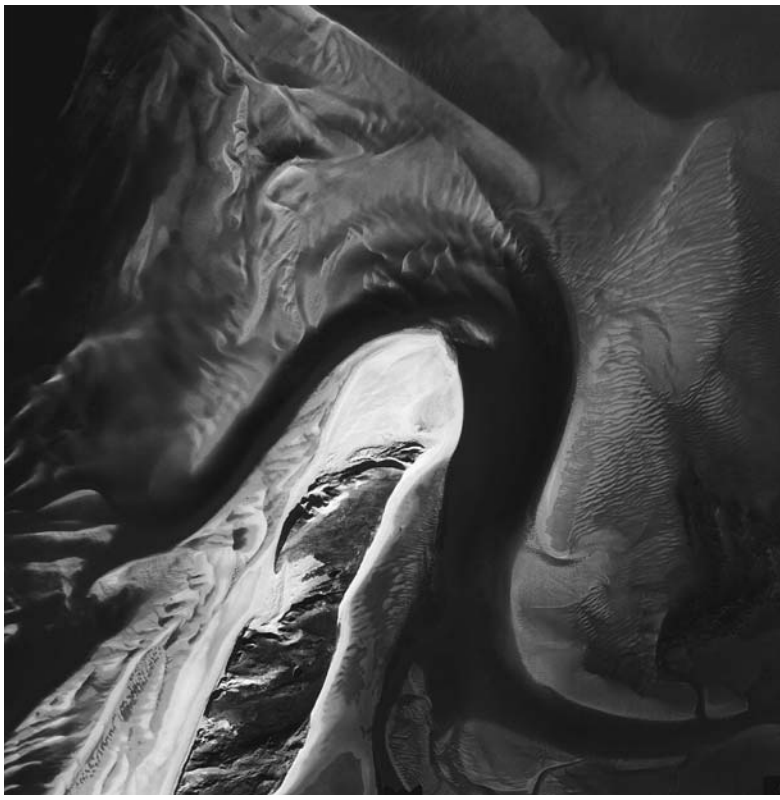


Abb.7: Die exponiert liegende Nordspitze von Amrum, die Amrum Odde

Bemessungsgrundlagen

Bemessungsgrundlagen für Bauwerke an der Küste sind Wasserstand, Strömung und Seegang. Diese Größen entscheidend prägende Kraft ist der Wind. Die Erfassung der Bemessungsgrundlagen erfolgte bisher überwiegend durch Messungen, statistische Auswertungen und vereinzelt durch den Einsatz von numerischen Modellen für weiträumige Gebiete. Die Fragen nach dem Bemessungswind und dessen Bezug zum Wasserstand, also dem Bemessungsereignis, und der Verwertbarkeit von hydrodynamisch-numerischen Modellen (HN-Modellen) für die lokale Seegangsvorhersage sind bisher nicht beantwortet.
Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der absoluten Größen, der Eintrittswahrscheinlichkeit und der Auswirkung klimatisch bedingter Änderungen.

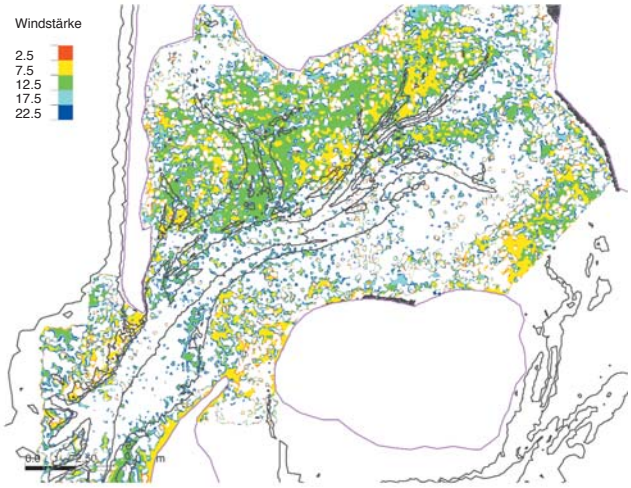


Abb. 8: Die morphologisch dominante Windgeschwindigkeit im Hörumbecken für Süd-Westwinde, aus einem gekoppelten Strömungs-/Seegangsmodell

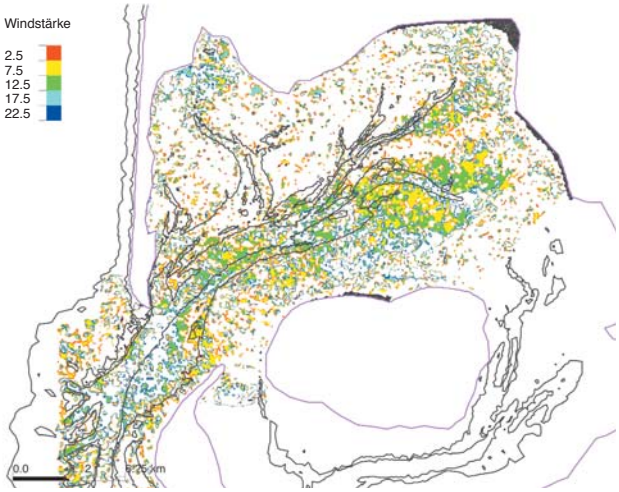


Abb. 9: Wie in der vorherigen Abbildung, jedoch für Westwinde

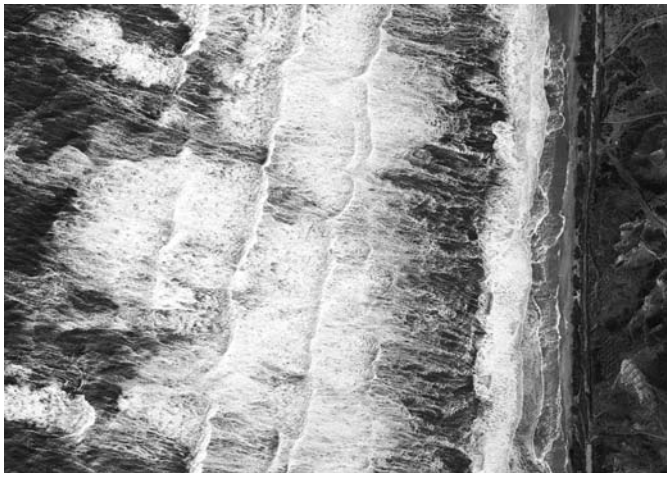


Abb. 10: Abbruch am roten Kliff von Kampen/Sylt

Abb. 11: Witterunseinflüsse führen zum Abrutschen des Kliffs, Seegang transportiert das Material fort

Abb. 12: Brandung an der Westerländer Ufermauer bei der Sturmflut vom 24. 11. 1981

Randdünen- und Bauwerksbelastung

Im unmittelbaren Nahbereich von natürlichen und künstlichen Schutzelementen, wie Randdünen, Strandauffüllungen, Wellenbrechern, Deckwerken und Ufermauern, erfahren Seegang und Strömung eine Umwandlung. Dabei werden die Schutzelemente selbst zum Teil verändert und wirken auf den Seegang und die Strömung zurück. Diese für die Bemessung und die Bewertung der Schutzwirkung entscheidenden Vorgänge sind bisher nicht ausreichend erforscht. Gefragt ist hier vor allem die Entwicklung von Verfahren zur Ermittlung der Belastung im operationellen Einsatz.

Bauwerksbemessung und -optimierung

Die Bemessung von Schutzbauwerken hängt maßgeblich von der Belastung (siehe 4.1.4), ihrer Form und den Eigenschaften des Baustoffs, ggf. auch dem Verhalten von natürlich aufgewehten Dünen und von Sandauffüllungen ab. Eine unter Sicherheits- und Wirtschaftlichkeitsaspekten vorzunehmende Optimierung erfordert bessere Kenntnisse über die Belastung im Nahbereich und die Reaktion des Materials. Eine Optimierung ist im Hinblick auf den wirtschaftlichen Einsatz öffentlicher Mittel, zuverlässige Aussagen zur Sicherheit und Belange des Naturschutzes dringend erforderlich.

Erfassen der Naturvorgänge

Gewässerkundliche Messungen von Wasserstand, Strömung, Seegang, Wind und Topografie an den Küsten sind zum Teil historisch gewachsen, zur Gewinnung eines allgemeinen fortlaufend fortzuschreibenden Überblicks konzipiert und in Einzelfällen befristet für bestimmte Projekte durchgeführt worden. Insbesondere für HN-Modellierungen sind die Messergebnisse oft nicht optimal geeignet. Für die Bestimmung der Sedimentbeschaffenheit, die von entscheidendem Einfluss für morphodynamische Modellierungen ist, gibt es bisher keine systematischen Erfassungen. Für Modellierungen als das bestgeeignete Prognoseinstrument sind Art, Ort und Umfang der Messungen zu überprüfen und den Bedürfnissen der Modellierung bestmöglich anzupassen. Es handelt sich hierbei um eine zum Teil noch methodisch orientierte Entwicklungsarbeit, die über die Leistungsfähigkeit der Fachverwaltungen hinausgeht.
Offen ist ferner die Frage nach dem höchstmöglichen Sturmflutwasserstand. Bisher durchgeführte statistische Untersuchungen sind im Hinblick auf das Schutzbedürfnis der Menschen allein nicht ausreichend. Denn einerseits ist eine Extrapolation aus einer vergleichsweise kurzen Beobachtungsreihe auf eine Eintrittswahrscheinlichkeit, die die Dauer der Beobachtungen übersteigt, nicht zulässig, andererseits sind statistische Betrachtungen nicht zulässig, soweit sich die Randbedingungen, etwa durch Klimaänderungen, ändern. Der 1872 gemessene Extremwasserstand in der Ostsee entzieht sich statistischen Untersuchungen. Forschungen zur Höhe und Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Extremwasserständen oder etwas niedrigerer Wasserstände erfordern interdisziplinäre Arbeiten, insbesondere für die gesamte Ostsee.

Integriertes Küstenmanagement

Im Reflexionspapier der Europäischen Kommission (1999, Seite 16) wird integriertes Küstenzonenmanagement folgendermaßen definiert: "IKZM ist ein dynamischer, kontinuierlicher und iterativer Prozess, durch den das nachhaltige Küstenzonenmanagement gefördert werden soll." In der Erläuterung heißt es: "Obwohl sich das IKZM auf das Management bezieht, deckt der IKZM-Prozess tatsächlich den gesamten Zyklus von Informationssammlung, Planung, Entscheidungsfindung, Management und Überwachung der Umsetzung ab." Der Begriff "integriert" wird dahingehend verstanden, dass sowohl die Ziele der verschiedenen Interessengruppen, Institutionen und Entscheidungsträger als auch verschiedene Verfahren und Instrumente einzubeziehen sind. Wenngleich das Vorgehen überregional, auch international abgestimmt sein sollte, wird sich das Management selbst immer auf bestimmte Regionen beziehen. Als einzubeziehende Interessen können solche sozialer, kultureller, ökonomischer und ökologischer Art angesehen werden.

Ergebnisse der Forschung im Küsteningenieurwesen sind fast immer Voraussetzung für ein erfolgreiches IKZM. Denn wesentlich für die Entwicklung der Küstenzonen, auf die sich das Management bezieht, sind Belange des Hochwasserschutzes, des Erosionsschutzes, der natürlichen und ggf. durch Menschen beeinflussten Umformungen der Küste und des Küstenvorfeldes sowie des Baues und der Unterhaltung von Seewasserstraßen einschließlich der Häfen, also der klassischen Aufgaben des Küsteningenieurwesens. Soweit die Lösung lokaler Aufgaben mit Hilfe der Ergebnisse der Forschung im Küsteningenieurwesen noch nicht unmittelbar möglich ist, ist die Forschung im Küsteningenieurwesen in die Forschung zum IKZM einzubeziehen.

Forschung im Küsteningenieurwesen ist aber nicht generell Teil der Forschung für ein IKZM. Denn einerseits ist die Forschung im Küsteningenieurwesen methodisch ausgelegt und weitgehend von regionalen und lokalen Besonderheiten unabhängig, andererseits

Abb. 13: Gefährdete Nahtstelle zwischen Ostsee und Bodden südlich von Wustrow

ist sie langfristig angelegt, und ihre Ergebnisse sind unabhängig vom Erfordernis einer Managementforschung für die generellen Aufgaben des Küstenschutzes und der Seewasserstraßen erforderlich. Schließlich ist die Forschung im Küsteningenieurwesen dadurch charakterisiert, dass sie sich vorrangig mit den natürlichen Vorgängen, dass heißt Naturgesetzen befasst, die der Einflussnahme durch ein Management oder durch gesellschaftliche Ziele und Wertvorstellungen nicht unterliegen.

Neben der Bereitstellung von Forschungsergebnissen zu den vorstehend genannten Sachthemen hat die Küsteningenieurforschung einen besonderen Beitrag zur Sicherheit von Schutzbauwerken für das IKZM zu leisten. Eine absolut sichere Vorhersage der Belastung und der Sicherheit von Bauwerken wird wahrscheinlich nicht zu erreichen sein. Eine uneingeschränkte Sicherheit gegen Überflutung von Hochwasserschutzbauwerken ist aber oft auch nicht erwünscht oder aus wirtschaftlichen Gründen nicht vertretbar. Probabilistische Methoden, Sicherheitsanalysen und die Entwicklung integrierender Ansätze zur Reaktion auf Schadensfälle sind Gegenstand künftiger Forschung. Hier geht es maßgeblich auch darum, Bemessungsansätze hinsichtlich ihrer Sicherheiten transparent zu machen. Zum integrierten Küstenmanagement gehört aber für die Küsteningenieurforschung auch die Beteiligung an integrativen Projekten mit anderer Zielrichtung als dem Küstenschutz und dem Seeverkehr.

Modelle

Im Küsteningenieurwesen kommen physikalische und mathematische Modelle zum Einsatz. Während die Erstgenannten jeweils dem Forschungsziel anzupassen sind, besteht bei den mathematischen, insbesondere den numerischen Modellen noch der größte Entwicklungsbedarf. Dies gilt insbesondere einerseits für morphodynamische Modelle, andererseits für kleinräumige Modelle mit hoher dreidimensionaler Auflösung. Die fortlaufende Weiterentwicklung der elektronischen Rechner ermöglicht auch eine fortlaufende Verbesserung der numerischen Verfahren. Ein Problem stellt darüber hinaus nach wie vor die Validierung und Verifizierung der HN-Modelle dar, da es oft an hierzu geeigneten Naturmessungen fehlt. Viele der unter Ziffer 3.1 aufgeführten Sachthemen erfordern eine gezielte Kombination von Naturmessungen und Entwicklung und Einsatz numerischer Modelle. Die gezielt gemeinsame Konzipierung von Naturmessungen und Modelleinsatz sollte daher Kern der künftigen Bearbeitung der in Frage kommenden Sachthemen sein. Vergleichbares gilt bei geeigneten Forschungsthemen für den abgestimmten Einsatz von physikalischen und numerischen Modellen. Auch die Kopplung von deterministischen und stochastischen Modellen sowie von physikalischen und biologischen Modellen wird als geeignet angesehen, den Erkenntnisfortschritt zu fördern.

Abb. 14: Das Sturmtief Anatol als Satellitenbild

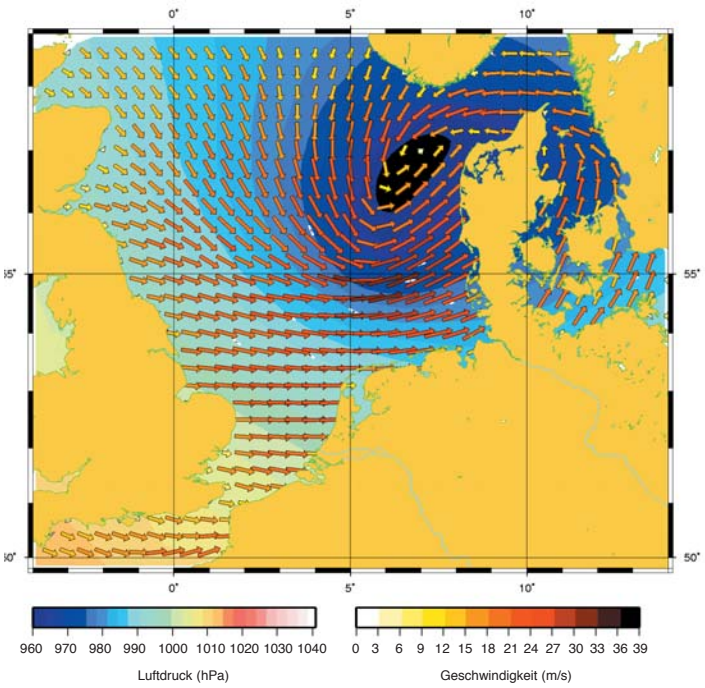


Abb. 15: Das Sturmtief Anatol im meteorologischen Modell

Fuzzy-Methoden, neuronale Netze

Die Verifikation numerischer Modelle stößt, wie gesagt, oft auf Schwierigkeiten. Beim Einsatz der Modelle für Prognosen ist eine Verifikation natürlicherweise nicht möglich. Fuzzy-Methoden und neuronale Netze können Modellergebnisse verbessern bzw. kontrollieren. Fuzzy-Methoden sind zudem geeignet, unsichere oder qualitative Erkenntnisse in die Ergebnisfindung einzubeziehen. Bei geeigneten Forschungsthemen sollten die genannten Methoden unterstützend herangezogen werden.

Abb. 16: Feinstrukturen des Watts und ihre Veränderungen können nur mit Hilfe der Fernerkundung erkannt werden

Fernerkundung

Da eine flächendeckende und/oder kurzfristig zu wiederholende direkte Erfassung von Zuständen und Vorgängen in der Natur aus Gründen der Kosten und der Personal- und Gerätekapazität in der Regel nicht möglich ist, sind Möglichkeiten der Fernerkundung bestmöglich anwendungsorientiert weiter zu entwickeln und einzusetzen. Bereits durchgeführte Forschungsprojekte und technische Entwicklungen (Laserscanning, Radarmesstechnik) haben brauchbare Verfahren zur Vermessung der Topografie der trocken fallenden Watten und Ufergebiete geliefert. Forschungs- und Entwicklungsziele werden im Bereich der Erkundung der Oberflächenbeschaffenheit des Wattes, der Seegangs- und der Strömungsmessung gesehen.

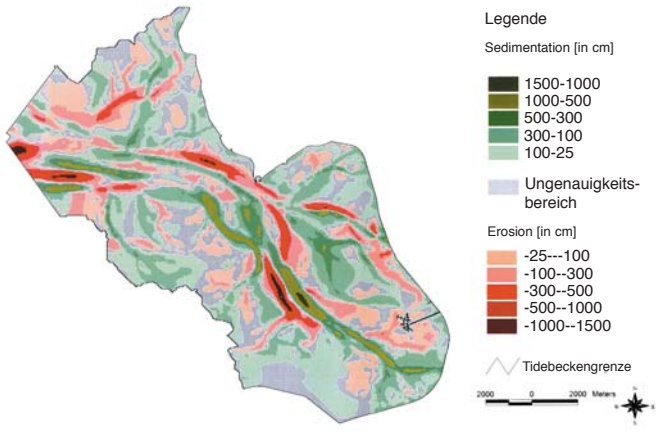


Abb. 17: Formänderungen in der Dithmarscher Bucht von 1942 bis 1985, ermittelt mit einem Geografischen Informationssystem

Geografische Informationssysteme, digitale Geländemodelle

Geografische Informationssysteme erscheinen geeignet, über die Darstellung quantitativer Veränderungen des Wattenmeeres hinaus Informationen über Strömung, Seegang, Sedimentbeschaffenheit der Wattoberfläche sowie biologische Besiedlung so darzustellen, dass eine integrierte Auswertung dieser Informationen erleichtert wird. Der Forschungs- und Entwicklungsbedarf wird dabei weniger im GIS selbst gesehen, als vielmehr in der Aufbereitung der Informationen, so dass sie darstellbar sind und sich einer gemeinsamen Bewertung erschließen. Dies gilt insbesondere für sich kontinuierlich mit der Tide und wetterabhängig verändernde Parameter. Zur Visualisierung und zur automationsgestützen Interpretation werden Programmsysteme zur Bearbeitung digitaler Geländemodelle benötigt. Die vorhandenen Programmsysteme sind nur unvollkommen zur Darstellung hydrografisch gemessener Tiefendaten geeignet, sie bilden die Strukturen des Wattenmeerbodens nicht ab und verarbeiten linienhafte hydrografische Daten nicht korrekt. Eine Weiterentwicklung dieser Systeme, insbesondere auch zur automatischen Fehlererkennung, ist erforderlich.

Dynamische Berechnungsverfahren

Die Bemessung von Bauwerken erfolgt heute durchweg statisch, dass heißt mit jeweils konstanten, ggf. signifikanten Bemessungswerten. Die zeitliche Abfolge einer Belastung und von Bauwerksschäden wird nicht ausreichend berücksichtigt. Die Entwicklung und Anwendung dynamischer Berechnungsverfahren verspricht eine größere Flexibilität bei sich ändernden Randbedingungen und hinsichtlich der Erfassung und Bewertung der tatsächlichen Bauwerksbelastung und damit eine bessere Basis für Sicherheitsanalysen.

Parameterisierung, Entwicklung von Indikatoren, Sensitivitätsanalysen

Aufgrund der kontinuierlichen zeitlichen und engräumigen Veränderung der Zustände und Vorgänge an den Küsten fallen bei der Erfassung und Beschreibung dieser Zustände und Vorgänge sehr viele Daten an. Um sie zielorientiert auszuwerten und vergleichen zu können, sind eine Parameterisierung und eine Entwicklung geeigneter Indikatoren zur Beschreibung von Zuständen und Veränderungen unverzichtbar. Die geforderte Prognose künftiger Entwicklungen ist immer mit Unsicherheiten behaftet, einerseits was das Berechnungsverfahren angeht, andererseits hinsichtlich der zu erwartenden (angenommenen) künftigen Randbedingungen. Um das Ergebnis in dieser Hinsicht transparent zu machen, sind Sensitivitätsanalysen geeignet. Die genannten Verfahren sollten daher, soweit in Frage kommend, Bestandteil jedes Forschungs- und Entwicklungsvorhabens sein.

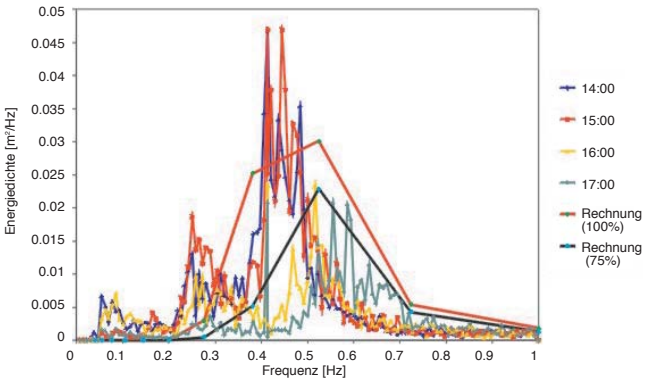


Abb. 18: Energiedichtespektren, gemessen und im Seegangsmodell gerechnet

Im Bereich des Küsteningenieurwesens gibt es eine große, laufend steigende Zahl von Naturmessdaten, Ergebnissen von Simulationsrechnungen, Erkenntnissen über Zustände und Vorgänge sowie Forschungs- und Untersuchungsmethoden. Aus ökonomischen Gründen und im Interesse optimaler Forschungsergebnisse ist es unverzichtbar, diese Daten, Kenntnisse und Methoden in die Konzipierung und Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben einzubeziehen. Ein wesentlicher Schritt, um dies zu ermöglichen, wird mit dem im Aufbau befindlichen Küsteninformationssystem Nord- und Ostsee (NOKIS), einer META-Datenbank, getan. Dieses Informationssystem ist zu unterstützen und, sobald in Betrieb, zu nutzen.

Durch begleitende Projektgruppen werden bei KFKI-Forschungsvorhaben der Anwendungsbezug gestärkt, Kenntnisse und Daten unterstützend bereitgestellt und, soweit gefordert, Stellungnahmen zur erfolgreichen Weiterführung von Projekten abgegeben. Über Forschungsergebnisse wird jährlich auf einem KFKI-Seminar berichtet. Forschungsberichte werden ferner in der Fachzeitschrift "Die Küste"veröffentlicht und sind damit, über Institutsberichte hinaus, allgemein verfügbar. Darüber hinaus werden über die Webseite des KFKI Informationen über Projekte, Kontaktadressen und Ansprechpartner bereit gestellt. Diese Instrumente der Unterstützung, Qualitätssicherung und Information sollen weiterhin genutzt werden.

Wie die Umfrage zur Erstellung des Forschungskonzeptes gezeigt hat, ist die Zahl der in der Küsteningenieurforschung tätigen Institute und Dienststellen nicht nur groß, es werden auch teilweise vergleichbare Forschungsthemen bearbeitet. Im Interesse einer ökonomischen Forschungsförderung und einer Optimierung der Forschungsergebnisse ist eine Kommunikation der Forschungseinrichtungen wünschenswert.

Wegen der zunehmenden Ansprüche an die Forschungsarbeit, der damit einhergehenden Spezialisierung und zu fordernden integrativen Bearbeitung von Forschungsthemen ist die Kooperation der Forschungseinrichtungen zu fördern. Heute verfügbare Techniken der elektronischen Kommunikation erleichtern diese Kooperation gegenüber früheren Zeiten erheblich.

Bei allen Forschungsprojekten sollten, soweit in Frage kommend, die Möglichkeiten der Information, der Kommunikation und der Kooperation bestmöglich genutzt werden. Projekte, die auch eine Weiterentwicklung der hierzu erforderlichen Techniken zum Gegenstand haben, sollten in ein Förderprogramm maßgeblich einbezogen werden.

Abb. 19: Die Hallig Süderoog auf dem ständigen Änderungen unterworfenen Watt.

Ziel der hier dargelegten Forschung im Küsteningenieurwesen ist es, Methoden und Produkte zu entwickeln und so zur Verfügung zu stellen, dass sie letztlich von den Endnutzern unmittelbar angewandt und verwertet werden können. Dieses Ziel wird mit einem einzelnen Forschungsprojekt nicht immer erreichbar sein. In der Projektbeschreibung sollte dann aber dargelegt werden, welche weiteren Schritte erforderlich und ggfls. geplant sind, um das Ziel der Verwertbarkeit zu erreichen. Hierfür erscheinen auch längerfristig angelegte Projekte, im Rahmen derer Teilprojekte konzipiert werden, geeignet. Neben meist stärker methodisch ausgerichteten Langfristprogrammen erscheinen Schwerpunktprogramme, etwa zu vorher genannten Sachthemen, geeignet, den wissenschaftlichen Fortschritt und die Verwertbarkeit der Ergebnisse zu fördern.

Andererseits ist das Spektrum der Forschungsaufgaben im Küsteningenieurwesen so breit, dass die Ziele der Forschung nicht mit wenigen Großprojekten erreicht werden können. Dies liegt auch daran, dass die Forschung maßgeblich methodisch ausgerichtet ist und in der Regel nicht in Regionalprojekten zusammengefasst werden kann. Daher werden die Forschungsziele auch weiterhin ggf. mit aufeinander aufbauenden thematisch orientierten Projekten zu verfolgen sein.

Die Kooperation von Wissenschaft und Praxis bei der Konzipierung von Forschungsprojekten wird empfohlen, damit einerseits die Forderungen der Endnutzer in der Wissenschaft Berücksichtigung finden und andererseits die Forschung durch die Endnutzer unterstützt wird. Ein Beispiel für die Möglichkeit der gegenseitigen Unterstützung ist die Abstimmung von Naturmessungen mit der Weiterentwicklung und dem Einsatz von Modellen.

Abb. 20: Die biologische Besiedlung des Wattenmeeres, hier durch die Sandhäufchen des Wattwurms Arenicola sichtbar, beeinflusst die Erosionsstabilität der Wattoberfläche.

Abb. 21: Seegras (Zostera marina) auf dem Unterwasserstrand der Ostsee.

Viele der genannten Sachthemen erfordern die Bearbeitung durch mehrere Fachdisziplinen. Im Interesse einer Optimierung der Forschungsergebnisse und deren Verwertbarkeit ist eine fachbereichsübergreifende Projektplanung erwünscht.

Abb. 22: Die Lee-Erosion hinter vorgeschobenen Bauwerken hat nahezu ihr Endstadium erreicht.

5. Transparente Forschung

Der Trend im gesellschaftlichen Bewusstsein geht dahin, sowohl dem Bürgerwillen als auch der Freiheit der Entscheidungsträger eine größere Bedeutung zuzumessen. Da jedoch weder Bürgerwille noch Politik Naturgesetze verändern können, erscheint es wichtiger denn je, dass die Forschung ihre auf Naturgesetze basierende Kenntnisse transparent vermittelt. Sie sollte nicht unmittelbar Entscheidungsprozesse beeinflussen, jedoch sachgerechte Entscheidungen ermöglichen.

Um eine Entscheidungsfindung zu unterstützen, sollten in Forschungsberichten Randbedingungen, Methoden und Vertrauensbereich beschrieben werden. Insbesondere Sensitivitätsanalysen können dazu dienen, dass Entscheidungsträger und Betroffene erkennen können, welche Bedeutung ein Forschungsergebnis für ihre Meinungsbildung hat.

Dem Ziel einer Unterstützung der Entscheidungsfindung dienen auch eine verständliche Darlegung der Datengrundlagen, der angewandten Methoden und des Forschungsergebnisses sowie eine geeignete Publizierung. Zu diesem Zweck wäre eine Zusammenarbeit zwischen Forschungsinstituten und Fachverwaltungen, für die das KFKI grundsätzlich eine Basis bietet, zu intensivieren.

Impressum

Herausgegeben im Jahre 2001 vom

Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI)

Im KFKI sind vertreten

die Bundesministerien für:

Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
Bildung und Forschung

sowie für die Küstenländer:

Ministerium für ländliche Räume, Landwirtschaft, Ernährung und
Tourismus des Landes Schleswig-Holstein
Niedersächsisches Umweltministerium
Umweltministerium des Landes Mecklenburg-Vorpommern
Freie und Hansestadt Hamburg – Strom- und Hafenbau
Der Senator für Bau und Umwelt Bremen

Text: Peter Petersen, Forschungsleiter des KFKI

Abbildungen: ALR Husum: 1, 2, 3, 4, 7, 10, 12, 16, 19, 22; BSH Hamburg: 15; www.fanoe-online.dk: 14;
Birger R. Gurwell, StAUN Rostock: 13; Thomas Hirschhäuser, TU Darmstadt: 5, 6, 8, 9, 18;
LANU SH Flintbek: 17, 21; Manfred Schaper Werbe- und Ansichtskartenverlag: 11;
Martin Stock, NPA Tönning: 20

Gestaltung und Satz: Katrin Alt, Berlin, hello@hello-work.de

Druck: OKTOBERDRUCK, Berlin

Anschrift der Geschäftsstelle des KFKI:
Am Alten Hafen 2
27472 Cuxhaven
Tel.: 04721/567-385
Homepage: http://kfki.baw.de