

Ingenieurwissenschaftliche Aufgaben in der Küstenforschung *

Von Walter Hensen

Inhalt

Einleitung	
1. Zur Ausbaufähigkeit der Wasserstraßen im Tidegebiet	16
2. Zur größtmöglichen Sturmfluthöhe	17
3. Zur technisch sichersten und wirtschaftlichsten Ausbildung von See- und Stromdeichen	18
4. Zur Frage nach dem besten Küsten- und Inselfchutz	19
5. Zur Frage der Baggertechnik	20
6. Weitere ingenieurwissenschaftliche Aufgaben, deren Lösung noch aussteht (kurz aufgef.):	21
a. Eine Analyse von Windstau und Wellenstau	
b. Die Deutung der fast überall anzutreffenden Sandrippeln, Sandrücken und Strom- bänke als Indikatoren für die resultierend wirksamen Naturkräfte und für eine quantitative Ermittlung der Sandverfrachtung	
c. Die Untersuchung des Eisdruckes auf Bauwerke	

Summary

Engineering Aspects in Coastal Research

A review is given on Coastal Engineering activity in Germany during the last years. Especially problems of improvement and maintenance of waterways are discussed; for deep water channels, a further deepening by dredging does not necessarily lead to an increase of maintenance work. The forecasting of storm surge levels and construction of sea dikes is another point where more research is to be done in future, by mathematical models as well as by field measurements; this also is valid for the problems of shore and island protection against waves. By suitable dredgers and dredging operations, in many cases work can be done more economical than by constructions. In the last chapter, recommendation is given for a special Institute for Coastal Engineering in Germany; some specifications are noted for this proposal.

Nachdem Herr Bundesminister Dr. STOLTENBERG Ihnen Grundsätzliches über die öffentlichen Aufgaben der Meeresforschung und Küstenforschung dargelegt und Herr Professor Dr. DIETRICH die Aufgaben des Schwerpunktprogrammes der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Sandbewegung im deutschen Küstenraum“ geschildert hat, möchte ich Ihnen jetzt einiges über ingenieurwissenschaftliche Aufgaben in der Küstenforschung vortragen.

Gestatten Sie mir bitte eine Vorbemerkung:

Während die naturwissenschaftliche Forschung im allgemeinen unbeschwert von drängenden aktuellen Tagesaufgaben ausgeübt werden kann, müssen ingenieurwissenschaftliche Aufgaben — fast immer durch besondere Ereignisse veranlaßt, hauptsächlich für technische Bauvorhaben — zu einer klaren Entscheidung führen, die über das Streben nach Erkenntnis von Zusammenhängen des Naturgeschehens hinausgeht und dem planenden Ingenieur unter Umständen eine große Verantwortung auferlegt.

* Vortrag auf der 5. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee am 16. Mai 1969 in Kiel.

Leider ist der Umstand, daß es meist zweckbestimmte Aufgaben sind, die zu örtlich begrenzten Untersuchungen führen und die überdies oft unter Zeitdruck stehen, nicht dazu angetan, einen Gesamtüberblick über das Naturgeschehen in größerem Raume zu gewinnen. Dies müßte jedoch eigentlich das Ziel aller Untersuchungen sein, sei es, daß sie in der Natur angestellt, im hydraulischen Versuch oder auch nach hydromechanischen Ansätzen rechnerisch durchgeführt werden.

Trotz der zweifellos anerkanntswerten und auf manchen Gebieten erfolgreichen Bemühungen des Küstenausschusses Nord- und Ostsee und insbesondere seiner Vorsitzenden ist doch bis heute die durchaus denkbare und im Interesse der Sache sehr wünschenswerte vollständige Koordination aller Forschungen im Küstenraum noch nicht zustande gekommen. Dies hat mancherlei Gründe, u. a. auch politische, auf die ich hier nicht eingehen will. Es ist aber so auch zu manchen sich teilweise widersprechenden Aussagen und Meinungen über verschiedene Fragen des Geschehens im Küstenbereich gekommen, wie z. B. über

1. die Frage nach einer Grenze der Ausbaufähigkeit von Wasserstraßen in Tideflüssen und in Tideästuarien oder
2. die für den Küstenschutz sehr bedeutsame Frage nach der größtmöglichen Sturmfluthöhe im Küstenbereich und in den Tideflüssen oder
3. die Frage nach der technisch sichersten und wirtschaftlichsten Ausbildung von See- und Stromdeichen oder
4. die Frage nach dem besten Verfahren zur Stranderhaltung vor den Küsten und an den Inseln oder
5. die Frage nach der unter den jeweils gegebenen Naturvoraussetzungen wirtschaftlichsten Technik des Baggerns von Fahrrinnen.

Auf die keineswegs vollzählig genannten und noch einige weitere Fragen will ich etwas näher eingehen. Es wird sich daraus ergeben, welche ingenieurwissenschaftlichen Aufgaben zu behandeln und möglichst zu lösen sind.

1. Zur Ausbaufähigkeit der Wasserstraßen im Tidegebiet

Bis vor kurzem und vielleicht auch noch heute herrscht weitverbreitet die Auffassung, daß eine Erweiterung, d. h. die Vertiefung und Verbreiterung einer Wasserstraße im Tidegebiet zwangsläufig zu der Notwendigkeit verstärkter Unterhaltungsarbeiten, also zu vermehrten laufenden Baggerungen nach dem Ausbau, führen müsse. Daß dies durchaus nicht immer so ist, hat sich bei der ständig weiter vertieften Fahrrinne in der Jade erwiesen. Es läßt sich auch theoretisch beweisen, daß die Vertiefung eines Fahrwassers in einem Tideflusse — allerdings nur unter einigen Voraussetzungen — um so leichter, also mit geringerem Aufwande — natürlich nach erstmaliger Herrichtung — beständig erhalten werden kann, je größer die Tiefe der Fahrrinne im Verhältnis zu den Wassertiefen des gesamten Flußgebietes ist.

Der Ausbau eines Tideflusses kann natürlich u. U. auch eine Veränderung des Tideverlaufes, insbesondere auch eine Erhöhung der Sturmflut-Scheitelwasserstände im Flußgebiet, vor allem in seinem oberen Bereiche, zur Folge haben. Das Maß einer solchen Sturmfluterhöhung wird von dem Verhältnis der Querschnitte und der Fahrwassertiefen vor und nach dem Ausbau abhängig sein.

Die ingenieurwissenschaftlichen Aufgaben liegen somit in der Erforschung der keineswegs erschöpfend aufgeführten Zusammenhänge. Wenn ich meine persönliche Meinung, die ich aus einer langen Beschäftigung mit diesen Fragen gewonnen habe, für den Bereich der deutschen Tideflüsse sagen darf, so ist es die Überzeugung, daß wir in der Jade, Weser und Elbe noch

keineswegs an der Grenze der Ausbaufähigkeit angekommen sind, daß die Verhältnisse in der Ems allerdings schon kritisch zu werden scheinen. Bei einem Vergleich der Ausbaufähigkeit der Seewasserstraßen zu unseren deutschen Häfen mit derjenigen zu den großen niederländischen und belgischen Häfen ergibt sich, daß sie (die deutschen Seewasserstraßen) im Wettbewerb durchaus bestehen können, ja teilweise sogar günstigere Voraussetzungen für die Möglichkeit zu weiteren Vertiefungen aufweisen.

Sie werden wohl alle das „Großprojekt Helgoland“ kennen oder davon gehört haben, das nach den Ideen seiner Initiatoren als „Inselhafen“ dienen und einen weiteren Ausbau der deutschen Seewasserstraßen überflüssig machen soll. Gewiß sollte man möglichst weit in die Zukunft zu planen versuchen; dennoch meine ich, daß die Zeit für „Inselhäfen“ in der Deutschen Bucht noch längst nicht gekommen ist. Im übrigen kann man Häfen auch nicht nur von der Wasserseite her planen; wirtschaftliche, land-verkehrliche und viele andere wesentliche Gesichtspunkte spielen ebenfalls eine bedeutende Rolle. Eine unbefangene und sachverständige Prüfung aller damit zusammenhängenden Fragen ist zweifellos eine ingenieurwissenschaftliche Aufgabe, die allerdings nur in Zusammenarbeit mit anderen Wissenschaftszweigen gelöst werden kann.

2. Zur größtmöglichen Sturmfluthöhe

Nach jedem ungewöhnlichen Ereignis fragt man natürlich: „War dies nicht vor auszusehen? Und hätte man nicht vorbeugend etwas zur Verhinderung von Verlusten und Schäden an Menschenleben, Hab und Gut tun können?“ So war es in den letzten Jahrzehnten nach der sog. „Holland-Sturmflut 1953“ und auch nach der „Februar-Sturmflut 1962“, die besonders die inneren Gebiete unserer deutschen Tideflüsse betroffen hatte.

Die Bemühungen, langfristige Sturmflutvorhersagen zu machen, vor allem die größtmögliche Höhe von Sturmflutscheitelwasserständen anzugeben, sind — wenn wir es genau nehmen wollen — immer wieder gescheitert. Die Seltenheit solcher extremen Ereignisse läßt eine statistische Behandlung nicht zu, ganz abgesehen davon, daß damit auch keine kausalen Zusammenhänge aufgedeckt werden könnten. Die an dem hier in Betracht kommenden Naturgeschehen mitwirkenden Faktoren sind so zahlreich, daß die denkbaren Kombinationen in der erst verhältnismäßig kurzen Beobachtungszeit von der Natur noch längst nicht durchgespielt worden sind.

Wir müssen uns notgedrungen damit begnügen, bei einer einzeln auftretenden Sturmflut möglichst rechtzeitig Warnungen zu geben und Vorhersagen von den Scheitelwerten zu machen. Zu dieser Frage sind schon erfreuliche Fortschritte zu verzeichnen.

Dennoch kann es m. E. nicht befriedigen, wenn aus noch so zuverlässigen Beobachtungsreihen eines notgedrungen begrenzten Zeitraumes Voraussagen über die Wahrscheinlichkeit des Eintritts einer bestimmten Sturmflut-Scheitelhöhe gemacht werden, z. B. in der Aussage, 1mal in 100 Jahren oder 1mal in 1000 Jahren ist ein solches Ereignis zu erwarten.

Zur Verbesserung der kurzfristigen Vorhersage von einzelnen, sich anbahnenden Sturmfluten kann gewiß noch manches Nützliche getan werden, so z. B. die Errichtung von festen Meßstationen in der offenen Nordsee, auch in entfernter liegenden Räumen, z. B. in der nördlichen Nordsee. Man käme damit allmählich in die Lage, nach exakten numerischen Verfahren, wie sie z. B. Prof. HANSEN entwickelt hat, frühzeitiger und genauer die Höhe und die Eintrittszeit von Sturmflutscheiteln nicht nur für die Küste, sondern auch für den ganzen Einflußbereich der Tide in den Flüssen vorherzusagen.

Mit der Erreichung dieses im Grunde immer noch bescheidenen Zieles wird allerdings die

Grundfrage nach der höchstmöglichen Sturmflut nicht beantwortet werden können. Daraus ergibt sich die Folgerung, daß durchaus mit noch beträchtlich höheren Scheitelwerten gerechnet werden muß, als sie bisher eintraten. Die Frage nach der ausreichenden Deichhöhe verliert dabei an Bedeutung gegenüber der Forderung nach dem Bau „bruchsicherer Deiche“, d. h. selbst wenn der mittlere Wasserstand (ohne Wellen) die Höhe der Deichkrone übertrifft, müßte der Deich noch bruchsicher sein.

An unseren Küsten wird allgemein ein Zuschlag zur Deichhöhe für den Wellenauflauf gemacht, der insofern eine gewisse Reserve an Deichhöhe gegen eine Überflutung darstellt.

In Tideflüssen fehlt bei den Deichen im allgemeinen die Reserve für den Wellenauflauf. Deshalb sind die Stromdeiche gegen Überlaufen nicht so gesichert wie die Seedeiche. Ingenieurwissenschaftliche Aufgaben liegen hier deshalb in der Untersuchung der Fragen,

1. wie hoch eine an der Mündung eines Tideflusses vorgegebene Sturmflut stromauf aufläuft, und zwar in Abhängigkeit vom Tidehub, von den Tidewasserständen, von den mittleren Tide-Flutwassermengen, vom Oberwasser des Tideflusses und von den Querschnittsgrößen,
2. wieviel früher und höher die Sturmflut-Scheitelwasserstände im Flußgebiet eintreten, wenn das Fahrwasser ausgebaut, d. h. vertieft, verbreitert oder begradigt wird und
3. welchen Einfluß Sturmfluten auf die Morphologie der Watten und des Flußbettes haben.

3. Zur technisch sichersten und wirtschaftlichsten Ausbildung von See- und Stromdeichen

In Gesprächen mit niederländischen Fachkollegen kurz nach der Sturmflut 1953 wurde u. a. die Querschnittsform der Seedeiche besprochen. Es stellte sich heraus, daß in den Niederlanden die konvexe, d. h. nach oben gewölbte Außendeichböschung vorgezogen wird, während wir an unserer deutschen Küste die historisch entwickelte konkave Böschung bevorzugen.

Von den Ländern Schleswig-Holstein und Niedersachsen veranlaßte Modellversuche zeigten, daß die konvexe Außenböschung der konkaven weit überlegen ist; die Verminderung der Wellenauflaufhöhe beträgt bei einer konvexen Böschung bis zu 50 % der Auflaufhöhe bei einer konkaven Böschung. Neuere Untersuchungen von FÜHRBÖTER über den Druckschlag durch Brecher auf Deichböschungen zeigten ebenfalls die Zweckmäßigkeit der konvexen Außenböschungen.

Merkwürdigerweise wird von diesen — auch ohne Modellversuche in ihrer Wirkungsweise leicht einzusehenden — Vorteilen der konvexen Außenböschungen in Deutschland kein Gebrauch gemacht. Warum? fragt man sich. Es gibt kein haltbares Argument gegen die konvexe Außenböschung, dennoch wird selbst bei neuen Deichen die konkave Form wieder angewendet. M. W. wird jetzt erstmalig bei Bremerhaven der im Zusammenhang mit der Errichtung der Container-Kaje am rechten Weserufer notwendige Deich mit konvexer Außenböschung angelegt.

Mit der Binnenböschung der Deiche hat man es sich bisher verhältnismäßig leicht gemacht. Da die Erfahrungen gezeigt haben, daß eine Binnenböschung von weniger als 1:3 durch abströmendes Wasser von überschwappenden Wellen leicht erodiert wird, wird eine Binnenböschung von 1:3 als ausreichend angesehen. Ob sich dieses Maß als hinreichend erweist, wenn Wellen in größerer Zahl als bisher über den Deich schwappen, bleibt offen. Aus den Niederlanden kommt die Ansicht, daß rund 2 % der Wellen über einen Deich schwappen dürfen, ohne daß Schaden angerichtet wird. Diese Zahl ist natürlich ganz willkürlich gewählt und physikalisch unbegründet.

Zur Aufgabe der klassischen Bauweise eines Deiches nur aus Kleiboden haben nicht nur der

Mangel an Klei geführt und der zeitliche Druck bei seiner Ausführung, sondern auch die Erkenntnis, daß ein Deich mit Sandkern und selbstverständlich guter Decke mindestens so standsicher ist wie die alten Kleideiche. Mit modernen Baugeräten rasch errichtete oder erhöhte Deiche haben sich teilweise durchaus nicht bewährt, sondern sind durch Porenwasserüberdruck auf der Binnenböschung bei Sturmfluten schwer beschädigt worden.

Die Verwendung von anderen Baustoffen als dem klassischen Kleiboden, wie z. B. Asphaltbeton oder Kunststoff, ist in Hinsicht auf die Dauerbeständigkeit naturgemäß noch nicht hinreichend erprobt. Damit hängt auch die Frage nach der Wirtschaftlichkeit zusammen.

Als wesentliche ingenieurwissenschaftliche Aufgabe kommt hier in Betracht die Untersuchung der Fragen

1. nach der erreichbaren Bruchsicherheit von Deichen bei stärkerem Überfluten durch Wellen bis zur vollständigen Überströmung,
2. nach der nicht nur technisch besten, d. h. sichersten und zugleich wirtschaftlichsten Bauweise von See- und Stromdeichen, sondern auch in Hinsicht auf die Lebensdauer zuverlässigsten Bauart und
3. nach der möglichen Anwendung von neueren Baustoffen.

4. Zur Frage nach dem besten Küsten- und Inselschutz

Das älteste Mittel zum Schutz von abbruchgefährdeten Küsten und Stränden sind Buhnen. Über ihre Vor- und Nachteile hat PETERSEN ausführlich kritisch berichtet. Darauf soll deshalb hier nicht näher eingegangen werden.

Inzwischen hat sich die Überzeugung durchgesetzt, daß Buhnen keineswegs ein Allheilmittel sind, sondern nur unter bestimmten Voraussetzungen Erfolg versprechen. Leider liegen die Voraussetzungen nur selten vor. Besonders die Gefahr der Lee-Erosion am Ende einer Buhnenstrecke darf nicht übersehen werden.

Buhnenbauten sind teuer, vor allem, wenn man die Buhnen so lang macht, wie sie sein müssen, um wirklich Sand aus der Längsvertriftung parallel zum Strand zu fangen und zu halten, nämlich bis zum ersten (küstennächsten) Riff.

Daß der Abbruch von Steilufern oder Dünenfüßen ganz entscheidend bei hohen Wasserständen mit gleichzeitig schwerem Seegang stattfindet, ist durchaus bekannt, auch, daß die Neigung des Unterwasserstrandes von der Größe des mittleren Korndurchmessers des Strandmaterials abhängt; je feiner das Korn ist, desto flacher muß die Neigung des Unterwasserstrandes sein, wenn der Strand stabil sein soll.

Manche Vorschläge, andere Mittel als einen Buhnenbau anzuwenden, wurden unterbreitet und erprobt so z. B.

1. der Bau von Längswerken, d. h. strandparallelen Dämmen, die sich durchaus bewährt haben, — wenn sie allerdings auch eine Lee-Erosion verursachen können.

Solche Längswerke brauchen nicht ununterbrochene Bauwerke zu sein, sie können durchaus als „gestrichelte Linie“ angelegt werden, bei der infolge der Wellendiffraktion eine wesentliche Verminderung der Wellenhöhen und damit der Angriffskräfte auf die Küste und die Stranddünen eintritt. Sie können auch als Steinschüttdämme (Wellenbrecher) oder als Tetrapodendämme gebaut werden, die übrigens — das sei nur am Rande vermerkt — kein nennenswert größeres Porenvolumen haben als Dämme aus gebrochenem Fels von verhältnismäßig gleichmäßiger Blockgröße. Die größere Standsicherheit von Wellenbrechern aus Tetrapoden (wegen der gewissen Verzahnung der einzelnen Tetrapoden) bleibt abzuwägen gegen ihre meist beträchtlich höheren Baukosten gegenüber Bruchsteinen.

Auch aus dreiecksförmigen Körpern aus Beton, die schwimmend bis zum ersten Strandriff gebracht und dort durch Sandfüllung abgesetzt und stabilisiert werden, lassen sich nach den Ergebnissen von Modellversuchen solche strandparallelen Längswerke herstellen.

2. Bereits mit Erfolg erprobt wurde an der Insel Norderney das Verfahren, das durch Naturkräfte, im wesentlichen durch den Seegang, abgetragene Strandmaterial durch unmittelbare Vorspülung wieder zu ersetzen und damit die Dünen vor weiterem Abbruch zu schützen. Natürlich werden damit nicht die Ursachen für die Strandabbrüche beseitigt; insofern handelt es sich um eine Sisyphus-Arbeit. Bei näherer Betrachtung handelt es sich aber im Grunde um etwas durchaus Ähnliches wie bei den laufenden Unterhaltungsbaggerungen in den Fahrrinnen. Zu prüfen bleibt in jedem Falle selbstverständlich, ob sich der Aufwand für eine solche Sandvorspülung wirtschaftlich rechtfertigen läßt, insbesondere im Vergleich mit anderen bautechnischen Mitteln und deren oft durchaus nicht absolut sicheren Erfolgen.

Die Entwicklung der Naßbaggertechnik und der für viele Zwecke bereits erfolgreich angewendeten Hilfsgeräte der Hubinseln, die heute auch schon schreiten können, läßt es als durchaus lohnend erscheinen, die laufende Vorspülung von Strandmaterial (in der Regel Sand) als technisch und wirtschaftlich ernsthaft in Betracht kommendes Mittel zum Schutze abbruchgefährdeter Küsten und Strände anzuwenden.

Erwähnenswert sind auch noch die dänischen Versuche von LUNDGREN, die Energie der auf die Küste zulaufenden Wellen mit einer Art künstlichem Schilfstreifen aus an der Meeressohle verankerten Kunststoffschläuchen weitgehend zu vernichten.

Auf diesem Gebiet des Küsten- und Strandschutzes liegen noch eine ganze Reihe von bisher nicht hinreichend gelösten Fragen vor, die man ingenieurwissenschaftlich zu lösen beginnen sollte. Die Aufgaben ergeben sich aus den angedeuteten Fragen.

5. Zur Frage der Baggertechnik

Vor noch nicht langer Zeit galt die fast zu einem Axiom gewordene Ansicht: „Baggerungen sind kein Regelungsmittel.“ Die Vorstellung, daß man mit Baggerungen nur an den Symptomen herumkurieren, war zu der Zeit, als die Leistungen der Bagger noch verhältnismäßig klein waren, im allgemeinen durchaus angebracht. Inzwischen sind aber die Leistungen der Geräte so erheblich vergrößert worden, daß sie die quantitativen Leistungen der Naturkräfte beträchtlich übertreffen können. Außerdem hat sich gezeigt — die Jade sei wieder als Beispiel genannt —, daß intensiv durchgeführte Baggerungen sehr wohl auch ohne bauliche Regelwerke die gesteckten Ziele zu erreichen vermögen. Während man früher — angesichts der im Verhältnis zu den natürlichen Veränderungen in den Tideflüssen geringen Leistungen der Baggergeräte — für Ausbauabsichten von vornherein an die Errichtung von Seebauwerken dachte, sollte man diese heute nur noch dann erwägen, wenn sich dazu eine zwingende Notwendigkeit erweist.

Das Kapitel der Baggerei birgt noch manche ungelösten ingenieurwissenschaftlichen Aufgaben, so z. B. die Frage, wie man trotz der immer größer werdenden Baggertiefe die Leistung von Saugbaggern möglichst noch erhöhen kann; ob man wirklich mit dem von der Sohle der Fahrrinnen entnommenen Baggergut weite, zeitraubende und damit kostspielige Wege zurücklegen muß oder ob man auch mit anderen Mitteln, z. B. mit Kratzgeräten, ähnlich den an verschiedenen Plätzen schon verwendeten sogenannten Schlickeggen (Schlickpflügen), billiger zum gewünschten Erfolg kommen kann.

6. Weitere ingenieurwissenschaftliche Aufgaben, deren Lösung noch aussteht, seien nur kurz aufgeführt:

- a. eine Analyse von Windstau und Wellenstau,
- b. die Deutung der fast überall anzutreffenden Sandrippeln, Sandrücken und Strombänke als Indikatoren für die resultierend wirksamen Naturkräfte und für eine quantitative Ermittlung der Sandverfrachtung,
- c. die Untersuchung des Eisdruckes auf Bauwerke.

Obwohl die Küstenforschung sowohl in der Vergangenheit als auch in der Gegenwart schon Beachtliches geleistet hat, bleibt doch gerade für Deutschland der mißliche Umstand, daß es kein Institut gibt, das sich speziell nur mit Fragen der Küstenforschung befaßt. Die Forschungsarbeiten entstehen daher isoliert voneinander in verschiedenen Behörden und Instituten, eine Kontinuität der Arbeit besteht nicht.

Es muß weiterhin davon ausgegangen werden, daß die Ozeanographie — durch die Lehrstühle für Meereskunde an den Universitäten und durch das Deutsche Hydrographische Institut in Deutschland durchaus angemessen vertreten und mit der „Meteor“ ausgezeichnet ausgerüstet — als rein maritime Wissenschaft sich den Küstenvorgängen mehr oder weniger nur am Rande widmen kann. Küstenforschung verlangt andere Methoden und die Mitwirkung anderer Fachdisziplinen als die reine Meeresforschung.

Im wesentlichen werden heute Forschungen im Küstenraum von den örtlichen Behörden sowie von der Außenstelle Küste der Bundesanstalt für Wasserbau und von der Forschungsstelle Norderney des Landes Niedersachsen durchgeführt. Sehr Beachtliches wurde in den letzten Jahren auch von der Forschungsgruppe Neuwerk des Strom- und Hafenbaues Hamburg geleistet.

Es fehlt aber ein zentrales Institut mit einem geeigneten Laboratorium, das Küstenforschung bewußt als ingenieurwissenschaftliche Grundlagenforschung betreibt, also nicht nur allein regionale Probleme untersucht, sondern in Zusammenarbeit mit den großen entsprechenden Instituten anderer Länder die grundlegenden Gesetze der Litoralprozesse untersucht.

Folgende Wissenschaften treffen sich in der Küstenforschung:

1. *Ozeanographie*
(Tideerscheinungen, Windstau und winderzeugte Strömungen, Schwingungen von Randmeeren und Buchten, Wellenelemente usw.; manche dieser Prozesse stehen im engen Zusammenhang mit der Meteorologie).
2. *Ingenieurwissenschaften*
(Wellen und wellenerzeugte Kräfte und Strömungen, Küstenschutz gegen Sturmfluten und gegen Verunreinigungen des Meerwassers, Veränderungen der Küste im Hinblick auf Schifffahrt, Wasserwirtschaft und Landgewinnung usw.; Pegelwesen und die gewässerkundlichen Fachgebiete).
3. *Geologie*
(insbesondere im Hinblick auf das Randgebiet zwischen Meer und Festland, in dem Wellen und Strömungen die Morphologie des Küstenraumes prägen).
4. *Physik*
(vor allem auf dem Gebiet der Meßtechnik, z. B. der quantitativen Erfassung von Sandbewegungen).
5. *Geodäsie*
(Die Untersuchung der Veränderung der Küstenmorphologie erfordert sehr genaue und dabei großräumig anwendbare Meßverfahren, die erst durch die elektronische Geodäsie in Zusammenhang mit der Luftbilddauswertung möglich wurden).

Diese Aufzählung erhebt nicht den Anspruch auf Vollzähligkeit; es können bei speziellen Problemen auch andere Fachdisziplinen beteiligt sein (z. B. Biologie, Geographie).

Die Aufgabenstellungen eines solchen Instituts ergeben sich sowohl aus den Naturvorgängen selbst als auch aus den Fragen, die sich mit der stetig zunehmenden Nutzung des Küstenraumes ergeben:

1. Nutzung der vorhandenen Ströme als Schiffsfahrtswege.
2. Anlage neuer Häfen für Superschiffe.
3. Untersuchung der Ausbaufähigkeit vorhandener Schiffsfahrtswege für größere Schiffe.
4. Schutz gegen Wellen und Welleneinwirkungen an Deichen und Deckwerken.
5. Veränderungen der Wattenmorphologie durch menschliche Eingriffe (Abdämmung der Eider, Landfestmachung der Inseln durch Dämme usw.).
6. Verhinderung von Uferabbruch und Strandrückgang (Sylt).
7. Untersuchungen für die Ansiedlung von neuen Industrien und Großkraftwerken an Küsten und Tideflüssen.
8. Untersuchungen über Verunreinigungen durch Abwässer.

Die zu verwendenden Untersuchungsverfahren sollten zweckmäßigerweise in einer gemeinsamen Anwendung von Außenmessungen, Untersuchungen im Laboratorium und von mathematischen Modellen bestehen. Besonderer Wert ist dabei auf die naturgetreue Simulation von Naturvorgängen im Laboratorium zu legen, weil die Nachbildung von Litoralprozessen im verkleinerten hydraulischen Modell oft auf unüberwindliche Schwierigkeiten stößt. Als eine der notwendigen Grundausrüstungen eines solchen Instituts wäre deshalb eine große Wellenrinne zu nennen, die es gestattet, Wellen bis zu etwa 1,5 m Höhe zu erzeugen und deren Wirkung sowohl auf den Unterwasserstrand als auch auf Uferschutzwerke im Naturmaßstab meßtechnisch zu erfassen. Diese Wellenrinne sollte in erster Linie der Grundlagenforschung, kann aber auch als Prüfstand für Uferbauwerke dienen.

Weiterhin wäre ein Kanal wichtig, in dem die Wirkung der Orbitalbewegung von Wellen, auch mit Strömungen überlagert, auf Sandmaterial verschiedener Kornzusammensetzung untersucht werden kann, im selben Maßstab wie in der Natur. Durch einen solchen Versuchsstand könnten quantitative Werte für die Sandwanderung durch Wellen gefunden werden und durch unmittelbare Beobachtung die physikalischen Vorgänge in der Grenzschicht festgestellt werden.

Fernerhin wäre eine Kreislauf Rinne zur Erzeugung von Tideströmungen günstig, wie sie bereits im kleinen Maßstabe mit gutem Erfolg im Franzius-Institut eingesetzt worden ist.

Wellenbecken und -rinnen für verschiedene Versuchszwecke würden die Ausrüstung vervollständigen.

Der Aufbau eines solchen Instituts kann in mehreren Stufen vorgenommen werden. Im Anfang könnte der große Wellenkanal (Länge etwa 250 m, Breite rd. 5 m, Tiefe 3 bis 5 m) und eine Versuchshalle von etwa 50 × 100 m mit den zugehörigen Labor- und Büroräumen und Werkstätten errichtet werden; die Kosten dafür würden etwa 10 Millionen DM betragen.

Der Personalbestand wäre maximal mit 8 bis 10 Wissenschaftlern und 15 bis 20 Personen technisches Personal zu veranschlagen. Dem Charakter der interdisziplinären Forschung entsprechend, sollten unter den Wissenschaftlern außer Ingenieurwissenschaftlern auch Geophysiker, Physiker und Geologen sein.

Eingehend wäre der Status eines solchen Instituts zu überlegen. Auf jeden Fall sollte aber der Leiter ein Ordinarius an einer wissenschaftlichen Hochschule sein, damit gewährleistet wird, daß dem wissenschaftlichen Nachwuchs die Forschungsmöglichkeiten dieses Institutes voll nutzbar werden. Aus diesem Grunde sollte das Institut in oder in unmittelbarer Nähe einer Stadt errichtet werden, in der eine Universität mit den entsprechenden Fachdisziplinen besteht. Eine Außenstelle (Lagerplatz und Werkstatt für Meßgeräte) unmittelbar an der Küste würde den Kontakt mit der See herstellen; vielleicht ist es später möglich, ein eigenes kleines Meßschiff anzuschaffen.

Um die Forschungskapazität dieses Instituts von den interessierten Dienststellen und

Hochschulen optimal ausnutzen zu können, wäre an ein Kuratorium zu denken, in dem der Bund (z. B. durch die Präsidenten der Bundesanstalten für Wasserbau und Gewässerkunde), die Küstenländer (Schleswig-Holstein, Hamburg, Bremen, Niedersachsen) und die wissenschaftlichen Hochschulen vertreten sind. In das Kuratorium sollte m. E. der Verwaltungsausschuß des Küstenausschusses Nord- und Ostsee, der auch weiterhin bestehen bleiben sollte, geschlossen aufgenommen werden.

Für die zahlreichen Aufgaben der Datenverarbeitung ist außerdem die unmittelbare Nähe eines leistungsfähigen Rechenzentrums wünschenswert, für die Dokumentation die Nähe einer entsprechenden wissenschaftlichen Spezialbibliothek.

Unter den heute gegebenen Umständen wäre ein Standort in oder bei Hannover günstig, weil dort an der Technischen Universität bereits sowohl ein Sonderforschungsbereich für Wasser als auch ein Sonderforschungsbereich für Vermessungen (Küstenvermessung) von der DFG gefördert wird; außerdem befindet sich in Hannover die Bundesanstalt für Bodenforschung, die sich ebenfalls an der Erforschung des Küstenraumes beteiligt. Im übrigen steht in Hannover die zentrale Technische Informationsbibliothek (TIB) für die Dokumentation zur Verfügung. Das Institut sollte aber nicht innerhalb der Technischen Universität, sondern als selbständige Forschungsanstalt, etwa nach dem Vorbild der Berliner Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau auf der Schleuseninsel gegründet werden.