

Tagung der North Sea Coastal Engineering Group (NSCEG) in Dänemark im Oktober 1972

Summary

In October 1972 the North Sea Coastal Engineering Group (NSCEG) had a conference in Hanstholm/Denmark. For the fourth time German engineers attended this annual meeting. In Copenhagen and Hanstholm inspections were conducted and finally an excursion lead to interesting points at the Danish North Sea coast. The main part of the conference was a discourse- and discussion-function. The productive and easy way, thoughts were exchanged, are inducement to report on this in the German Coastal Engineering fairly unknown group and especially on the conference in Hanstholm.

Vom 23. bis 27. Oktober 1972 traf sich eine kleine Gruppe von Wasserbauingenieuren der Nordseeanrainerstaaten zu einer Fachtagung in Dänemark. Von deutscher Seite nahmen teil: Dr.-Ing. H. GÖHREN, Dipl.-Ing. G. LUCK, Dr.-Ing. H. ROHDE, Dr.-Ing. habil. F. F. ZITSCHER. Wegen der fachlichen als auch der kooperativen Bedeutung dieser seit mehreren Jahren regelmäßig stattfindenden NSCEG-Treffen erschien es den deutschen Teilnehmern nützlich, den folgenden, gemeinsam verfaßten Bericht zu veröffentlichen.

I. Die North Sea Coastal Engineering Group (NSCEG)

Hinter diesem Titel verbirgt sich eine fruchtbare Zusammenarbeit englischer, niederländischer, dänischer und deutscher Wasserbauingenieure, die vorwiegend in der Forschung, aber auch im Seebau an der Nordseeküste tätig sind. Sie entstand – zufällig und spontan – im Jahre 1966, als sich einige Teilnehmer der *Coastal Engineering Konferenz* von Tokio zu den am Rande solcher Konferenzen üblichen Fachgesprächen zusammenfanden und feststellten, daß sie sich auf engem Raum – nämlich an der Küste der Nordsee – mit den gleichen Problemen befaßten. Die Idee eines regelmäßigen Erfahrungsaustausches, verbunden mit Studien lokaler Küstenprobleme, war geboren und wurde in den folgenden Jahren konsequent verfolgt. Jährlich traf man sich in einem der Teilnehmerländer, veranstaltete ein zweitägiges Vortragsprogramm mit aktuellen Fragen aus Küstenforschung und Seebautechnik und besuchte interessante Bauwerke oder Küstenabschnitte, an denen die Natur Anschauungsunterricht zu dem theoretischen Stoff lieferte. Deutschland beteiligte sich erstmals im Juni 1969 an dem Treffen in Wallingford (England). Es ist vor allem der Initiative des damaligen Vorsitzenden des Küstenausschusses Nord- und Ostsee, des 1972 verstorbenen Präsidenten Dr.-Ing. E. h. LORENZEN, zu verdanken, daß gleich im folgenden Jahr die Gruppe nach Deutschland eingeladen wurde. Sie traf sich im April 1970 in Wilhelmshaven, von wo es mit dem Tonnenleger „Burkowitz“ nach Wangerooge ging, dem Tagungsort und auch dem Ziel interessanter Besichtigungen.

Im Jahre 1971 waren die niederländischen Kollegen Gastgeber. Nach der zweitägigen Arbeitssitzung im wasserbaulichen Laboratorium de Voorst wurden verschiedene interessante Küstenpunkte zwischen Hoek van Holland und dem Brouwershavenschen Gat, dem erst kurz vorher abgedämmten Deltaarm zwischen den Inseln Goeree und Schouwen, besichtigt. Den Abschluß bildete eine Befliegung der Küste zwischen Ijmuiden – der Mün-

dung des Amsterdamer Seekanals – und dem Haringvlietsperrwerk. Wie bei den früheren Tagungen, standen auch bei dieser nicht so sehr die Baukonstruktionen im Vordergrund, sondern die örtlichen küstendynamischen Probleme.

Folgendes zeichnet die NSCEG-Treffen besonders aus: Es ist ein kleiner Kreis von 15 bis 20 Teilnehmern. Die ausländischen Mitglieder kommen aus der HYDRAULICS RESEARCH STATION WALLINGFORD (England), dem RIJKSWATERSTAAT, dem WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM DE VOORST und der TECHNISCHEN HOGESCHOOL Delft (Niederlande) sowie dem DANISH HYDRAULIC INSTITUTE und dem VANDBYGNINGSVAESENET DIREKTORATET (Dänemark). Die annähernd gleiche und begrenzte Teilnehmerschaft wurde von den ausländischen Fachkollegen bereits vor der deutschen Beteiligung eingehalten und wird in einer stillschweigenden Übereinkunft als wesentliche Form der NSCEG gepflegt. Die Gruppe hat im übrigen weder eine Satzung noch eine Geschäftsordnung, sondern die Treffen werden auf Grund einer Initiative des gastgebenden Landes gestaltet. Ihr Wert liegt im fachlichen Erfahrungsaustausch über die engen Landesgrenzen hinweg und in der aktuellen Information über neue Forschungsvorhaben und -ergebnisse beim „Nachbarn am gleichen Gewässer“, der Nordsee.

Die für den Herbst 1973 vorgesehene Tagung soll an der südenglischen Küste stattfinden.

II. Besichtigungen in Lyngby/Kopenhagen und Hanstholm (23. und 24. 10. 1972)

Zu ihrer Tagung im Oktober 1972 war die *North Sea Coastal Engineering Group* nach Dänemark eingeladen worden. Sie traf sich am 23. Oktober 1972 zu einer Besichtigung des Danish Hydraulic Institute in Lyngby bei Kopenhagen. Dieses Institut wurde ursprünglich nur für eine begrenzte Zeit eingerichtet und diente zunächst ausschließlich dem Betrieb des Hafenmodells Hanstholm (1958 bis 1969). Inzwischen ist es jedoch zu einer festen Einrichtung mit überörtlichen Aufgabenstellungen geworden und ist beratend in Forschung und Planung tätig (Häfen, Seebau, Küstenschutz und in neuerer Zeit auch Umweltprobleme in Ästuarien). Es wurden Projekte in Nord- und Südamerika, in Afrika, im Fernen Osten und auch in den anderen skandinavischen Ländern bearbeitet. Das Institut ist sowohl für Behörden und öffentliche Einrichtungen als auch für private Auftraggeber tätig. Der wissenschaftliche und technische Mitarbeiterstab umfaßt z. Z. etwa 20 Personen.

Da die eigentliche Tagung der NSCEG in Hanstholm stattfinden sollte und somit auch eine Besichtigung des neuen Hafens vorgesehen war, bildete die Einführung in ältere und neuere Modelluntersuchungen zu diesem Vorhaben eine gute Vorbereitung der Besichtigung. Der Hafen Hanstholm liegt an der Westküste Jütlands an einer Stelle, wo die Küste beinahe im rechten Winkel nach Osten einschwenkt (Abb. 1). Da somit der Seegang aus den westlichen und nördlichen Quadranten ungehindert in das Seegebiet von Hanstholm eintreten kann, ist Hanstholm besonders exponiert. Es treten Wellenhöhen bis zu 8 m auf. Der mittlere Tidehub beträgt nur rund 0,3 m. Die Sandbewegung wird im hafennahen Küstenbereich auf 700 000 m³/Jahr geschätzt. Der Bereich Hanstholm wurde zur Anlage eines neuen Hafens gewählt, weil infolge konvergierender, seewärts versetzender Ströme auch der Sand seewärts verfrachtet wird.

Hierdurch ist gewährleistet, daß größere Versandungen im Hafen nicht zu befürchten sind. In der ursprünglichen Planung war ein kombinierter Fischerei- und Handels-hafen vorgesehen. Tatsächlich ist der Güterverkehr jedoch nach bisherigen Erfahrun-

gen so gering, daß neuerdings Überlegungen angestellt werden, auch den für den Güterumschlag vorgesehenen Hafenteil zum Fischereihafen für größere Schiffe bis zu 1000 tdw umzugestalten. Die Baukosten betragen rund 15 Mio. US-Dollar.

Da der Hafen außerordentlich seegangsempfindlich ist, werden seit September 1972 neue Untersuchungen ausgeführt, um die Liegemöglichkeiten für Schiffe zu verbessern. Das Modell ist im Maßstab 1 : 40 hergestellt. Es werden hierbei erstmals in einem dänischen

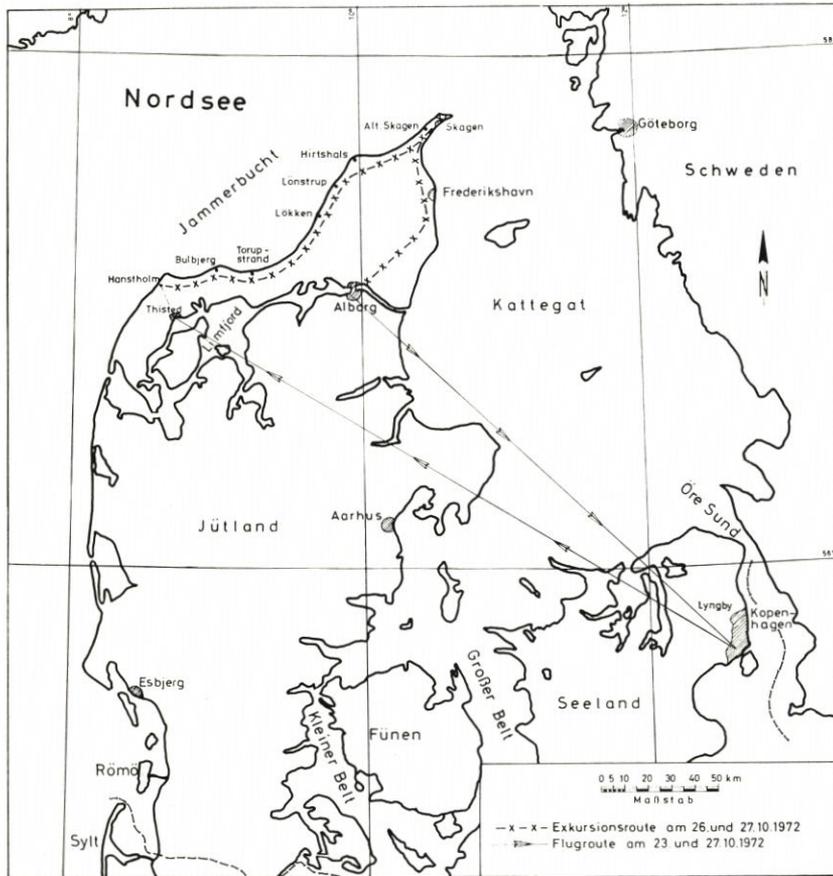


Abb. 1. Übersichtskarte von Dänemark

Institut Wellenmessungen aus der Natur in das Modell eingesteuert. Der hierzu erforderliche Wellengenerator wurde 1972 ebenfalls im Institut entwickelt und ist eine wesentliche Verbesserung für solche Modellversuche, in welchen auch Resonanzwirkungen zu untersuchen sind (4). Abbildung 2 zeigt das Hafenmodell Hanstholm, Abbildung 3 den Wellengenerator. Auf Abbildung 2 ist im Hintergrund ein Modellschiff zu erkennen. Ein weiterer Fortschritt konnte durch den Einsatz von Klein-Computern erzielt werden, die Datenanalysen von Wellen sowie von Bootsfinder- und Ankerbeanspruchung auf Schiffsmodellen vornehmen. Die Schwingungsvorgänge, die beim Betrieb des Modells im Hafen auftraten,

erreichten beträchtliche Ausmaße. Die Versuche waren zur Zeit der Besichtigung noch nicht so weit gediehen, daß bereits über endgültige Vorstellungen zur Abwehr dieser Erscheinungen berichtet werden konnte.

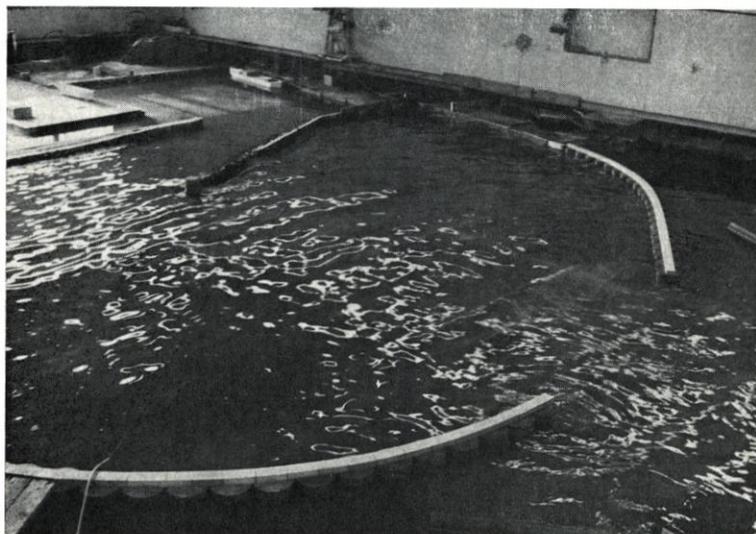


Abb. 2. Modell des Hafens Hanstholm

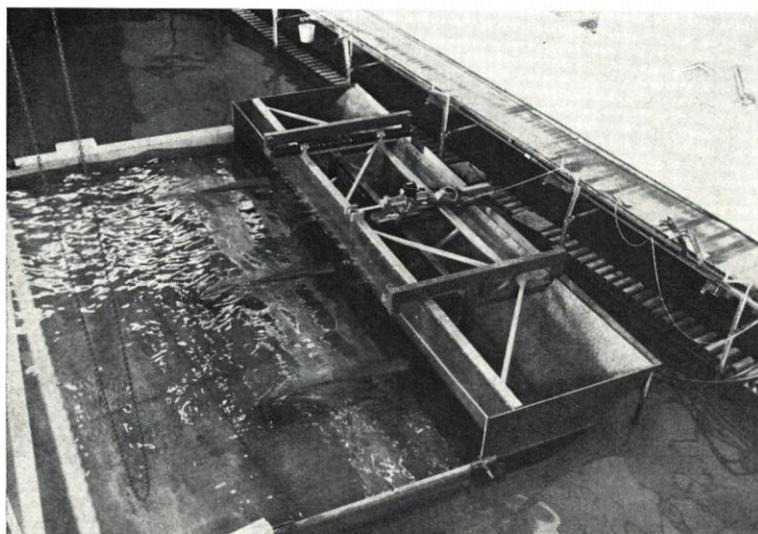


Abb. 3. Wellengenerator für das Modell des Hafens Hanstholm

Nach der Besichtigung des Hanstholm-Modells wurde noch das Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering der Technischen Universität von Dänemark besucht. Das Institut befindet sich seit September 1971 in seinen neuen Räumen in Lyngby und ist sehr modern eingerichtet. Während der Besichtigung liefen Versuche, in welchen die Be-

wegungen (horizontal, vertikal, Neigung) von Pontons (Maßstab 1 : 20) bei normalem Seegang verschiedener Perioden und Höhen untersucht werden. Die Wellen wurden vor und hinter den Pontons gemessen. Diese Versuche sind von Bedeutung für Jacht- und Motorboothäfen. In einem anderen Modell wurde die Beanspruchung zylindrischer Senkkästen, wie sie in Hanstholm verwandt wurden, im Seegang gemessen. Die gemessenen Daten wurden statistisch analysiert. Sehr eindrucksvoll war ein an Wellenmodellen gedrehter Lehrfilm, der die Entwicklung verschiedener Brechertypen hinter Glas in Zeitlupe zeigt (1).

Im Anschluß an die Modellbesichtigungen wurde die Tagung in Hanstholm fortgeführt. Da der 24. Oktober mit Windstärken bis 10 Bft außerordentlich stürmisch war, konnten die vorher im Modell simulierten Erscheinungen jetzt in der Natur beobachtet werden. Das Wasser im Hafen war infolge des Seeganges sehr unruhig und die den Hafen umgebenden Mauern sowie die vor der Hafeneinfahrt flankierend angeordneten Wellenbrecher waren voll beansprucht.

Der Hafen verfügt über fünf Becken mit Tiefen zwischen rund 8 und 4 m unter MSPtnw. Die Hafenzufahrt ist im Bereich der Wellenbrecher 9,4 m und in der Einfahrt 8,4 m tief. In die Hafenufermauern sind Auslässe für die Schlickbeseitigung eingebaut. Die Umschlags-, Lager- und Verkehrsanlagen sind landseitig angeordnet und dem Alter des Hafens entsprechend sehr modern. Nachteilig ist – wie erwähnt – die starke Seegangsempfindlichkeit. Die zum Schutz der Hafenzufahrt angeordneten Wellenbrecher bestehen aus dicht aneinandergesetzten zylindrischen Caissons, die eigens für Hanstholm entwickelt wurden. Anlaß für diese Neuentwicklung waren die örtlichen Untergrundverhältnisse, die einer Ramm- oder Spülbauweise entgegenstanden und die Tiefen- sowie Seegangsverhältnisse, die eine Schüttbauweise nicht sinnvoll und wirtschaftlich erscheinen ließen. Einzelheiten der Entwicklung sind in (2) enthalten.

Insgesamt wurde der Eindruck gewonnen, daß die laufende Überprüfung der Wirkung der Bauwerke in der Natur wie im Modell von der Planung bis zur Fertigstellung des Hafens im Endergebnis zu optimalen Lösungen geführt hat.

III. Vortragsveranstaltung in Hanstholm (24. u. 25. 10. 1972)

Den Kern der Tagung der NSCEG bildete die zweitägige Vortragsveranstaltung in Hanstholm. Von fast allen Teilnehmern wurde jeweils ein kurzes Referat gehalten, das anschließend diskutiert wurde. Als Gäste nahmen 2 norwegische Wissenschaftler an der Vortragsveranstaltung und an der folgenden Exkursion teil.

Während ein Teil der Fachvorträge vorwiegend theoretischer Natur war, behandelten andere praxisnahe Themen, wobei die hierüber Vortragenden ihre Erfahrungen auch aus der Sicht theoretischer Überlegungen abhandelten. Neben der straffen Form der eigentlichen Arbeitstagung war es angenehm, auch in persönlichen Gesprächen mit einem Teil der Anwesenden interessierenden Fragen nachzugehen oder sich auch an Gesprächen kleinerer Gruppen zu beteiligen, die die Tagesthemen weiter vertieften.

Im folgenden soll über die Vorträge kurz berichtet werden. Die Beiträge der vier deutschen Teilnehmer

1. Strombeobachtungen an Langzeit-Meßstationen (GÖHREN)
2. Strömungsgeschwindigkeit und Schwebstofftransport in einem Tidefluß (ROHDE)
3. Erfahrungen mit Deichschlußverfahren beim Seedeichbau (ZITSCHER)
4. Untersuchungen der Forschungsstelle Norderney über die Dünenabbrüche auf der ostfriesischen Insel Langeoog (LUCK)

Von den übrigen Teilnehmern der NSCEG wurden die folgenden Themen behandelt:

1. Mathematical models and their applications to the North Sea (ABBOTT, Danish Hydraulic Inst.)

Beim dänischen hydraulischen Institut sind mathematische Modelle entwickelt worden, die es gestatten, die hydrologischen Prozesse in begrenzten Meeren wie z. B. der Nordsee durchzurechnen. Die Anwendung ermöglicht, aus bekannten meteorologischen und topografischen Daten Wasserstände und Strömungen in einem engen Gitternetz zu ermitteln. In diesem Rahmen wurde bereits ein neues Nordseemodell entwickelt. Interessant war der Hinweis auf ein übergeordnetes Computerprogramm, das hydrodynamische Modelle bei Vorgabe der Randbedingungen produziert, also die recht zeitraubende Programmentwicklung für den Einzelfall ersetzt.

2. Water movement in coastal profiles (HULSBERGEN, Waterloopkundig Laboratorium, de Voorst, Niederlande)

Die vorgetragenen Aussagen über welleninduzierte Strömungsverhältnisse in der Brandungszone stützen sich auf Versuche im hydraulischen Modell. Die Versuche waren veranlaßt durch bisher nicht geklärte Erscheinungen, bei welchen die Strandprofile in der Natur häufig flacher sind als unter vergleichbaren Bedingungen im Modell. Durch Untersuchung aller an der morphologischen Gestaltung von Strandprofilen beteiligten Parameter gelang es, einige signifikante Trends herauszuarbeiten.

3. The shearstress and the velocity pattern in oscillatory flow (BAKKER, Rijkswaterstaat, Niederlande)

Die Ausführungen bauten auf früheren Arbeiten BAKKERS auf. Es wurde untersucht, welche Scherspannungen im Grenzbereich Wasser/Boden erforderlich sind, um Sandbewegungen hervorzurufen. Die mathematisch formulierten Zusammenhänge gründen auf der Annahme eines definierbaren Geschwindigkeitsgradienten über der bewegten Sohle. In den entwickelten Beziehungen wurden alle am Transportgeschehen beteiligten Parameter zusammengefaßt und in ihrer Bedeutung für die Vorgänge interpretiert.

4. Effect of permeable pile screens on coastal currents (HULSBERGEN)

Es wurde ein Überblick über den Einfluß von „Pfahlzäunen“ auf strandnahe Strömungen gegeben. Neuere Erfahrungen in Holland haben gezeigt, daß durchlässige Buhnen aus einer Reihe von Pfählen mit verschiedenen breiten Zwischenräumen auf die in ihrem Wirkungsbereich verlaufenden gezeiten- und welleninduzierten Strömungen verzögernd einwirken. Allerdings ist der Einsatz solcher Bauwerke offenbar nur dort nützlich, wo bestimmte Randbedingungen erfüllt sind. Nach der sehr günstigen Entwicklung eines Pfahlbuhnen systems bei Walcheren, über das EDELMANN bereits 1971 berichtet hat, werden zur Zeit Modellversuche ausgeführt, in welchen geklärt werden soll, unter welchen Randbedingungen der Einsatz durchlässiger Buhnen sinnvoll ist. Erste Ergebnisse wurden vorgetragen.

5. Suspended load measurements in the sea (KIRKEGAARD JENSEN, Danish Hydraulic Institute)

Der Vortrag gab einen Einblick in Suspensionsmessungen, die im Zusammenhang mit einem Untersuchungsvorhaben zu Seeverkehrsplanungen in Pakistan vom Danish Hydraulic Institute ausgeführt worden sind. Auf der Basis der Messungen wurden Voraussagen über Verschlickung einer gebaggerten Schiffahrtsrinne getroffen.

6. A program of measurement in the surf zone near Egmond, North Holland (BAKKER)

In der Nähe von Egmond sind interessante Ergebnisse mit einem Programm zur Synchronmessung von Wellenhöhen, Wellenformen, der Brandungsströmung und dem Schwebstoffgehalt erzielt worden. Durch dieses Programm sollen die vom Vortragenden entwickelten theoretischen Ansätze geprüft werden.

7. Plan shapes of beaches. Effect of beach groynes (PRICE, Hydraulics Research Station, Wallingford, England)

Der erste Teil des Vortrages behandelte im wesentlichen das Problem, Erosionsstrände durch Vorspülungen zu sichern. (Dieser „aktive Küstenschutz“ wird in zunehmendem Umfang auch an der deutschen Nord- und Ostseeküste geplant und ausgeführt.) Über Methoden und Erfahrungen wurde am Beispiel einer Strandvorspülung in der Bournemouth Bay berichtet. In einem durch starke Erosion gefährdeten Strandabschnitt wurde der Hopperbagger „Transmundum“ eingesetzt, der Material in 5 m Wassertiefe vor dem Strand verklappte. Ein kleinerer Grundsauger nahm einen Teil des verklappten Sandes noch einmal auf und verspülte ihn auf dem nassen Strand. Nach Kontrollmessungen sind rund 50 % des verklappten Materials am Strand abgelagert worden und haben zur gewünschten Verbreiterung und Aufhöhung geführt.

Im zweiten Teil ging PRICE auf Erfahrungen mit Strandbuhnen ein. Obgleich sich allgemein die Erkenntnis durchgesetzt hat, daß starke Stranderosion durch den Bau von Buhnen nicht aufzuhalten ist, werden in Einzelfällen immer wieder gute Erfahrungen gemacht. Zwei lange Buhnen nach der Bauweise „Makepeace Wood“ (die bei uns kaum bekannt ist) haben am Strand der Bournemouth Bay nach vorgelegten Fotos und Vermessungen zu einer überraschend starken Regeneration des Strandes geführt. Die gefürchtete „Lee-Erosion“ trat nicht auf. Die Buhnen bestehen aus einer Doppelreihe von Betonpfählen mit seewärts zunehmender Durchlässigkeit. Die Pfahlreihen sind in einer Art Querverzimierung durch vorgefertigte Betonsäulen miteinander verbunden und durch Platten abgedeckt.

8. Investigations for coastal protections with concrete mats. Investigations with artificial seaweed (VINJÉ, Waterloopkundig Laboratorium de Voorst, Niederlande)

Der erste Bericht informierte über die Eignung von Betonmatten für den Strand- und Dünschutz. Die Untersuchungen haben besonders an Interesse gewonnen, seitdem auf der Insel Borkum erhebliche Schäden an einem solchen Deckwerk entstanden sind. Es handelt sich um ein Kunststoffgewebe, auf das Betonsteine geklebt sind. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß Böschungsneigung, Maschenweite der Gewebe, Fugenabstand der Steine sowie deren Gewicht und Form zur Kornverteilung des örtlich vorhandenen Materials und zu den wirkenden Kräften in einem bestimmten Verhältnis stehen müssen.

Der zweite Teil des Vortrages behandelte Laboruntersuchungen mit künstlichem Seegrass (artificial seaweed). Nach dem gegenwärtigen Stand der in Holland sehr systematisch betriebenen Entwicklung wird das Seegrass am besten in Reihen quer zur Hauptstromrichtung ausgelegt. Bei den Laborexperimenten wurden Reihenabstand, Länge und Dichte der Kunststoffasern, Wassertiefe und Strömungsgeschwindigkeiten variiert. Gemessen wurden insbesondere die Einflüsse auf das Geschwindigkeitsprofil, Maßstabeffekte und – in einer besonderen Versuchsreihe mit beweglicher Sohle – Erosions- und Sedimentationsvorgänge.

9. Results obtained with artificial seaweed at the coast of Texel (EDELMAN, Rijkswaterstaat, Niederlande)

Es wurde über Ergebnisse berichtet, die über den Einsatz von künstlichem See gras an der Küste von Texel vorliegen. Danach hat sich der Einsatz an dieser Stelle als außerordentlich günstig erwiesen. Über das gleiche Thema hat EDELMAN bereits 1971 berichtet. Es wurden einige verfahrenstechnische Neuerungen dargestellt. See grasfelder, in einer tiefen Watrinne bei Texel ausgebracht, ergaben Sedimentablagerungen von 0,6 m innerhalb weniger Wochen. Während früher jährlich große Summen zum Festlegen des Unterwasserstrandes gegen die starke Gatströmung im Südwesten der Insel erforderlich waren, hat das See gras ein Sandpolster festgelegt, das es zunächst erübrigt, irgendwelche weiteren Maßnahmen zu treffen. So geartete Erfolge haben allerdings Randbedingungen zur Voraussetzung, die nicht überall gegeben sind.

10. Zum Schluß berichtete Prof. BIJKER, Delft, über Schutzmaßnahmen mit strandparallelen, intervallartig angeordneten Wellenbrechern an einem Strand in Israel. Während der Strand, an dem eine hohe küstenparallele Sandbewegung durch die Brandungsströmung vorhanden ist, vorher stark in Abbruch lag, haben die Maßnahmen eine erhebliche Sandzunahme bewirkt. Die Abstände der einzelnen Bauwerke untereinander und zur Küste wurden so festgelegt, daß sich Sandzungen im Lee jedes Wellenbrechers bis zur Küste ausbildeten (Tombolowirkung). Die Tombolowirkung kann nur an Stränden ohne oder mit nur geringem Tidehub erwartet werden.

IV. Exkursion in Nord-Jütland (26. und 27. Okt. 1972)

Die Gesamtlänge der dänischen Küsten beträgt etwa 7500 km (3). Diese Küsten weisen die verschiedensten Formen auf und stellen die unterschiedlichsten Probleme. Nur der kleinste Teil der dänischen Küste liegt an der Nordsee. Der mittlere Springtidehub nimmt vom Lister Tief von etwa 1,90 m bis auf Null bei Skagen ab (Esbjerg 1,40 m, Thyborön 0,60 m, Hanstholm 0,30 m).

Bei der großen Länge der dänischen Küsten konnte sich eine zweitägige Exkursion natürlich nur auf einen kleinen Küstenabschnitt beschränken. Dabei lag es nahe, in erster Linie einen Abschnitt an der Nordsee zu wählen, und zwar zwischen Hanstholm und Skagen. Dieser Abschnitt ist außerordentlich abwechslungsreich, und es stellen sich dem Küsteningenieur hier die verschiedensten Probleme.

Die Exkursionsroute ist auf Abbildung 1 eingetragen. Die Fahrt ging zunächst von Hanstholm nach Bulbjerg. Hier wird die Küste durch ein hohes Kliff aus Kreide gebildet, dem ein schmaler Strand aus grobsandigem, kiesigem Material vorgelagert ist. Die oberen Bodenschichten Jütlands bestehen aus pleistozänen (eiszeitlichen) Ablagerungen. Im Norden, etwa nördlich der Linie von der westlichen Limfjordmündung nach Aarhus, überlagern diese die obere Kreide (Semon und Danium) (3) (5). Von der Höhe des Kliffs bei Bulbjerg hat man einen ausgezeichneten Überblick über die Küste. Etwa 100 m vor dem Kliff ragt ein einzelner Kalkfelsen, der Skarrelit, aus der Brandung, ein Wahrzeichen dieses landschaftlich besonders schönen Küstenstriches. Das Kliff ist unten von der Brandung angegriffen und ausgehöhlt, es hängt über und liegt im Abbruch.

Etwas östlich von Bulbjerg konnte eine Kiesgewinnung größten Stils besichtigt werden. Guter Betonkies ist ein wertvoller Bodenschatz Westjütlands und ein begehrter Ausfuhrartikel. Nach der letzten Vereisung, der Weichseiszeit, kam es zu einer Transgression des Meeres. Vor den im Zuge dieser Transgression sich ständig neu bildenden Küstenlinien

des Litorinameeres bildeten sich Riffe und Strandwälle aus gut sortierten und sauberen Kiesen. Diese von jüngeren holozänen Ablagerungen überlagerten Lagerstätten werden heute sowohl vor als auch hinter der derzeitigen Küstenlinie im Naßbaggerbetrieb abgebaut (5). Der Abbau begünstigt stellenweise die natürliche Erosion erheblich. Der Vorstrand wird steiler, und es kommt zu Einbrüchen des Meeres in die Küstenlinie. Aus diesem Grunde ist die Kiesgewinnung in unmittelbarer Küstennähe seit kurzem auf gesetzlichem Wege stark eingeschränkt worden.



Abb. 4. Nordspitze der Halbinsel Jütland

In Torupstrand sind einige Fischkutter beheimatet. Hier ist kein Hafen angelegt, sondern die Kutter werden mit Hilfe einer sinnvollen Drahtseilführung mit Winden auf den flachen Strand gezogen. Dieses Verfahren war in früheren Zeiten, vor dem Bau der großen Häfen, an der Westküste allgemein üblich.

Die Westküste zwischen Bulbjerg und Skagen besteht vorwiegend aus flachem Sandstrand, hinter dem sich oft hohe Dünenketten befinden. An manchen Strandstrecken herrscht Akkumulation vor, wie z. B. an dem breiten Strand von Lökken. Andere große Strandstrecken befinden sich im Rückgang. Dort, wo unmittelbar hinter den in Abbruch befindlichen Stränden Ortschaften oder Sommerhaussiedlungen liegen, wird versucht, den Strand zu schützen und den Abbruch aufzuhalten. So ist bei Lönstrup südlich der Zufahrt zum Strand ein schweres Deckwerk aus Findlingen zum Schutz des Dünenfußes gebaut worden. Nördlich der Strandzufahrt schließen sich einige Buhnen aus Pfählen und sandgefüllten Kunststoffschläuchen an. Am Ende beider Sicherungsstrecken macht sich eine starke Lee-Erosion bemerkbar. Eine gute Schutzwirkung hat eine größere Gruppe von Buhnen in Findlingsbauweise am Strand von Alt-Skagen gehabt, die seit mehr als 10 Jahren den Strandrückgang verhindert. Nördlich davon ist eine starke Lee-Erosion zu beobachten. Ein besonders interessanter Punkt ist die schmale, flache Strandzunge der Nordspitze Jütlands bei Greenen, nördlich von Skagen, die die Nordsee vom Kattegat trennt. Sie baut sich zur Zeit um 30 bis 40 m im Jahr vor, während an den Flanken ein Rückgang der Küstenlinie von 1 bis 2 m im Jahr festzustellen ist. Abbildung 4 zeigt die Spitze dieser „Kap Skagen“ genannten Strandzunge.

Besonders stark im Rückgang befindet sich die Strandstrecke zwischen dem Hafen Skagen und der Nordspitze der Halbinsel Jütland. Offenbar ist durch die Molenbauten für die im Bau befindliche großzügige Erweiterung des Fischereihafens Skagen der nach Norden gerichtete Sandtransport an diesem Küstenabschnitt unterbunden worden, so daß



Abb. 5. Leuchtturm Skagen, Uferabbruch und Buhnen



Abb. 6. Buhnenstrecke südl. des Leuchtturms Skagen

es zu einer verstärkten Erosion kam. Unmittelbar südlich des 1858 gebauten Leuchtturms Skagen (Abb. 5) entstand ein starker Einbruch in die Küstenlinie, wodurch der Bestand des Leuchtturms und der dazugehörigen Gehöfte gefährdet war. Zur Sicherung dieses Abschnittes wurde vor kurzem eine Reihe von T-förmigen Strandbuhnen gebaut (Abb. 5

und 6). Auf Abbildung 6 (Blick nach Süden) ist deutlich der Strandrückgang an diesem Abschnitt zu sehen. Im Hintergrund ist zu erkennen, daß eine umfangreiche, inzwischen scharliegende Bunkeranlage aus dem 2. Weltkrieg den Strand- und Dünenrückgang aufgehalten hat. Infolge der geringeren Sandzufuhr an der Ostküste ist seit einiger Zeit ein Umschwenken der Strandzunge des „Kap Skagen“ nach Osten zu beobachten.

Bei der Exkursion wurden die drei staatseigenen Häfen Hirtshals, Skagen und Frederikshavn besichtigt. Hirtshals, ein Molenhafen wie Hanstholm, ist in dieser Form zwischen 1919 und 1930 ausgebaut worden. Umfangreiche Hafenerweiterungen wurden erst 1970 abgeschlossen. Hirtshals ist in erster Linie Fischereihafen. Die Anlandung betrug 1971 269 000 t und lag damit hinter Esbjerg und Skagen an 3. Stelle. Von hier verkehren aber auch Fährschiffe nach Norwegen. Zum besseren Schutz der Hafeneinfahrt gegen Wellen aus westlichen Richtungen wird zur Zeit die westliche Hafenmole durch eine weitere Stichmole verlängert. Der dammförmige Molenkörper aus schweren Findlingen wird mit Dolos-Betonformkörpern abgedeckt. Wie schon erwähnt, ist eine großzügige Erweiterung des Fischereihafens Skagen nach Nordosten im Bau, die 1975 abgeschlossen sein soll. Es ist auffallend, in welchem Maße Dänemark in den letzten Jahren seine Fischereihafenkapazität ausbaut. Mit der Anlage des Hafens Skagen wurde Anfang dieses Jahrhunderts begonnen. Wegen der ständigen Zunahme der Fischanlandungen sind seit der Inbetriebnahme im Jahre 1907 mehrere Hafenerweiterungen notwendig gewesen. Die Anlandung betrug 1971 273 000 t.

Frederikshavn ist der älteste der nordjütländischen Häfen, er wurde schon 1805 zunächst als militärischer Stützpunkt angelegt. Der Hafen, der im Laufe der Zeit mehrfach erweitert worden ist, bekam Bedeutung als Schutzhafen, Fischereihafen und schließlich in zunehmendem Maße als Fährhafen. In den 50er Jahren wurden in einem großzügigen Ausbau Verkehrshafen und Fischereihafen voneinander getrennt. Als Fischereihafen hat Frederikshavn gegenüber den zu den Fanggebieten günstiger gelegenen Häfen Skagen und Hirtshals eine geringere Bedeutung. Seine Hauptbedeutung hat der Hafen heute als Fährhafen für den Roll-on-Roll-off-Verkehr. Es verkehren von hier mehrere Fährlinien nach Schweden und Norwegen und nach den kleineren dänischen Inseln im Kattegat. 1971 betrug der Fährverkehr 210 000 Pkw und über 2 Mio. Personen, der Roll-on-Roll-off-Verkehr – vorwiegend mit Containern – 800 000 t. Eine Erweiterung der Fährhafenanlagen ist geplant.

Mit Abschluß dieser vorzüglich organisierten Exkursion, die einen guten Überblick von den Küstenproblemen Dänemarks gab, endete die Zusammenkunft der NSCEG 1972.

Schriftenverzeichnis

1. KJELDSSEN, S. P.; OLSEN, G. B.: Breaking Waves (Film). Part of M.Sc.Thesis. Coastal Eng.Lab., Techn. Univ. of Denmark, 1968.
2. LUNDGREN, H.: A new Type of Breakwater for Exposed positions. The Dock and Harbour Authority, November 1962.
3. MADSEN, V.: Übersicht über die Geologie von Dänemark, Kopenhagen 1928.
4. SÖRENSEN, T.: Model testing with irregular waves. The Dock and Harbour Authority, Mai 1973.
5. WIENBERG-RASMUSSEN, H.: Denmarks Geologie, Gjellerup 1966.

Bildnachweis

Abb. 2 und 3: Danish Hydraulic Institute, Lyngby/Kopenhagen.
Abb. 4-6: Dr.-Ing. Rohde, Halstenbek.