

Forschungsbericht (MF 203)

Meeresforschung

Schlußbericht zum Forschungsvorhaben
Seegangmeßprogramm Ostfriesische Inseln und Küste

von

Dipl.-Ing. Hanz Dieter Niemeyer

Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz
der Niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung

Leiter: Dr.-Ing. Günter Luck

Bundesanstalt für Wasserbau
KFKI – Bibliothek
Wedeler Landstraße 157 22559 Hamburg

7
Juli 1981

Eingang: 07.10.1992

Signatur: E 29840/14

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung
2. Bisherige Ergebnisse des Forschungsprogramms
 - 2.1 Seegangsentwicklung im Küstenvorfeld
 - 2.2 Riffbrandung vor den Ostfriesischen Inseln und Seegaten
 - 2.3 Seegangsausbreitung auf Watten und Vorländern
 - 2.4 Wellenauflauf an Seedeichen
 - 2.5 Meßtechnik und Verfahren
3. Ausblick
4. Zusammenfassung
5. Literatur
 - 5.1 Literatur zu dem Forschungsvorhaben
 - 5.2 Allgemeines Schrifttum

1. Einleitung

Der Bundesminister für Forschung und Technologie hat das Forschungsvorhaben "Seegangsmessprogramm Ostfriesische Inseln und Küste" (MF 203) des Kuratoriums für Forschung im Küsteningenieurwesen in der Zeit vom 01.05.1975 bis zum 15.08.1980 mit einem Bundeszuschuß von insgesamt DM: 918.086,00 gefördert. Zuwendungsempfänger war der Niedersächsische Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, ausführende Stelle die Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz der Niedersächsischen Wasserwirtschaftsverwaltung. Die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens gewonnenen Erkenntnisse werden im folgenden in kurzer Form unter Hinweis auf die bereits hierzu erschienenen Veröffentlichungen dargestellt (s.a. 5. Literatur). Weiterhin wird über die wissenschaftliche Fortführung des Vorhabens berichtet.

2. Bisherige Ergebnisse des Forschungsprogramms

2.1 Seegangsentwicklung im Küstenvorfeld

Die Untersuchungen haben ergeben, daß für den Windsektor von West bis Nordost im Küstenvorfeld näherungsweise von einer einheitlichen Wellenhöhenentwicklung in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit ausgegangen werden kann (NIEMEYER 1979a, 1979b). Eine Verbesserung der statistischen Anpassung läßt sich - insbesondere für die maximalen Wellenhöhen - durch Berücksichtigung der den Windwirkwegen zuzuordnenden Wassertiefen erreichen (NIEMEYER 1980).

Untersuchungen im Hinblick auf Zusammenhänge der Wellenperioden mit der Windentwicklung sowie den im Entstehungs- und Meßgebiet herrschenden morphologisch-hydrographischen Randbedingungen haben nicht zu konkreten Ergebnissen geführt. Ursache hierfür dürfte der vielfältige Einfluß verschiedener älterer Dünungs-

systeme auf den gemessenen Seegang sein, die in Flachwassermeeren wie der südlichen Nordsee bereits bei geringer und kurzzeitiger Windwirkung entstehen können. Für die möglichen Perioden kann daher nur ein Streubereich angegeben werden (NIEMEYER 1980).

2.2 Riffbrandung vor den Ostfriesischen Inseln und Seegaten

Instrumentelle Naturuntersuchungen zur Riffbrandung sind im Bereich der Nordsee erstmals in der ersten Hälfte der siebziger Jahre vorgenommen worden, ohne daß eindeutige quantitative Beziehungen hierfür gewonnen werden konnten (DETTE 1974; FÜHRBÜTER 1974).

Im Rahmen diese Forschungsvorhabens ist es gelungen, für die Änderung der Wellenhöhen durch Riffbrandung statistisch sehr gut abgesicherte Beziehungen in Abhängigkeit von den örtlichen morphologischen Randbedingungen zu entwickeln (NIEMEYER 1979a, 1979b, 1980).

2.3 Seegangsausbreitung auf Watten und Vorländern

Erste Naturuntersuchungen über das Seegangsverhalten auf Watten sind von SIEFERT (1974) ausgeführt worden. Die Messungen wurden allerdings, aus technischen Gründen, im Winter unterbrochen, so daß keine Daten über Sturmflutseegang vorlagen.

Der Versuch, im Rahmen dieses Programms Sturmflutseegang zu erfassen, ist bisher nur in begrenztem Umfang gelungen, da eine hohe Ausfallquote der Geräte auftrat.

Die vorhandenen Meßdaten erlauben aber dennoch bereits einige wesentliche Aussagen über das Verhalten des Sturmflutseegangs auf Watten:

Zwischen Seegang und Wattmorphologie besteht ein dynamisches Gleichgewicht, das für die deichnahen Watten durch eine Beziehung von maximaler Wellenhöhe und Wassertiefe beschrieben werden kann. Der Seegang unterliegt bei seinem Einschwingen auf die Watten einer dauernden Dämpfung, die zu einer ständigen Abnahme von Wellenhöhen und Perioden führt (NIEMEYER 1979a; 1979b). Mit zunehmender Entfernung von den Seegaten wachsen die Watten bis hin zur Entstehung von Vorländern.

Es läßt sich feststellen, daß Vorländer gerade dort entstehen, wohin sich nur noch stark gedämpfter Seegang ausbreiten kann. Die bisher als gültig angenommene These, die geringe Seegangsbelastung der Vorlanddeiche werde durch die wellenhöhendämpfende Wirkung der Vorländer hervorgerufen, muß daher als ursächlich falsch bezeichnet werden (NIEMEYER 1977a). Es läßt sich mit Hilfe von Meßdaten nachweisen, daß bei Orkanfluten auf Deichvorländern dasselbe Wellenhöhen-Wassertiefen-Verhältnis auftritt wie vor Schardeichen (NIEMEYER 1979a, 1979b).

2.4 Wellenauflauf an Seedeichen

Die funktionelle Gestaltung moderner Seedeiche im Hinblick auf eine möglichst absolute Bruchsicherheit und geringen Unterhaltungsaufwand läßt die meßtechnische Erfassung von Daten zur Erstellung von Bemessungsgrundlagen nur bei sehr hohen Wasserständen zu. Die Ausbildung breiter Bermen an exponiert gelegenen Schardeichen bewirkt sogar noch im unteren Bereich der Orkanfluten eine solche Verformung des einschwingenden Seegangs, daß ein ungestörter Wellenauflauf im Bereich der 1:6 Böschung nicht auftreten kann. Die wünschenswerte Extrapolation für den Bemessungsfall ist daher nur bei solchen Daten möglich, die bei relativ hohen Orkanfluten erfaßt wurden. Die geringe Eintrittswahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses wird daran deutlich, daß es während des gesamten bisherigen Untersuchungszeitraumes nicht eingetreten ist.

Die Verknüpfung von Naturdaten mit den Ergebnissen experimenteller Untersuchungen hat aber zu bemerkenswerten Aufschlüssen geführt.

Die höheren Anteile des Auflaufspektrums werden überwiegend durch die längeren und nur in geringerem Umfang durch die höheren Wellen bewirkt (NIEMEYER 1977b). Auch dieses Ergebnis bestätigt, daß die geringere Seegangbelastung der Vorlanddeiche nicht auf eine etwaige Abminderung der Wellenhöhen auf den Vorländern zurückgeführt werden kann.

2.5 Meßtechnik und Verfahren

Vom ursprünglichen Forschungsziel her war dieser Problembereich kein Untersuchungsgegenstand. Der Betrieb des Meßnetzes und die Auswertung der Daten haben es aber erforderlich werden lassen, auch hierzu eingehende Überlegungen anzustellen.

Die verwendeten Ultraschallpegel vom Typ Fz-W 2005 haben sich als sehr störanfällig bei starker Seegangsentwicklung erwiesen und erscheinen im Hinblick auf zukünftige Programme stark verbesserungsbedürftig (NIEMEYER 1978).

Die Schwimmer-Wellenpegel der verschiedenen Fabrikate haben sich je nach Standort unterschiedlich bewährt. Es ist jedoch zusammenfassend festzustellen, daß die ohnehin hohe Ausfallquote dieses Gerätetyps auf seegangsexponierten Watten und vor Schardeichen unerträglich hohe Werte annimmt. Soweit dies von der Energieversorgung und den hydrographischen Randbedingungen her möglich ist, sollten hier in Zukunft Wellenpegel nach dem Druckaufnehmer-Prinzip eingesetzt werden.

Die Registrierung von Seegangsschrieben mit Analogschreibern erfordert bei der Digitalisierung einen hohen personellen Aufwand. Zwar konnte hier eine Verbesserung durch die Beschaffung eines Digitalisiergerätes erreicht werden, doch sollte in Zukunft eine

möglichst direkte rechnerkompatible Datenerfassung angestrebt werden. Eine besonders wirtschaftliche Form kann bei großräumigen Meßprogrammen die Datenfernübertragung sein (LIEBIG und NIEMEYER 1981).

Die Auswertung von Seegangsmessungen nach einzelnen Wellen erfordert die Festlegung auf ein bestimmtes Verfahren. Untersuchungen zur Vergleichbarkeit dieser Methoden haben gezeigt, daß gerade das häufig verwendete Nulldurchgangsverfahren insbesondere bei den Perioden zu starken nicht korrelierenden Abweichungen gegenüber den anderen Verfahren führt. Charakteristisch hierfür ist das scheinbare Auftreten überlanger Perioden.

Dieses Ergebnis macht deutlich, daß die Verwendung vereinfachter energetischer Verfahren wie von FÜHRBÖTER und DETÉ (1977) nur bei einer Standardisierung der Verfahren und gleichzeitiger Berücksichtigung der Perioden zu vergleichbaren Ergebnissen führt.

Dieser Nachteil tritt dagegen beim Verfahren der Spektralanalyse nicht auf. Allerdings fehlen für diese Betrachtungsweise konkrete Anwendungsmöglichkeiten im Küsteningenieurwesen. So fehlen derartige Beispiele selbst bei umfangreichen Spektraluntersuchungen für Seegang im Küstenvorfeld wie von BARTHEL (1980). Die Ursache hierfür dürfte darin liegen, daß die hierfür erforderliche Erstellung von Übertragungsfunktionen sich hier wesentlich schwieriger gestaltet als in der Meerestechnik und im Schiffbau, wo die Objekte vom Aufbau und vom Verformungsverhalten her eindeutiger dargestellt werden können.

3. Ausblick

Das Forschungsvorhaben soll gemäß einer Vereinbarung im Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen vom 26.04.1979 fortgesetzt werden, um die bisher gewonnenen Erkenntnisse zu vertiefen und zu erweitern.

Es sollen dabei folgende Schwerpunkte gesetzt werden:

1. Verbesserung der Seegangsvorhersage im Küstenvorfeld durch eine verfeinerte Berücksichtigung der Randbedingungen durch Bestimmung geeigneter Systemparameter. Hierdurch soll eine Ergänzung und Qualitätsverbesserung der Sturmflutvorhersage geschaffen werden.
2. Nähere Aufschlüsse über den stochastischen Prozeß der Periodenüberlagerung. Erst das Vorliegen quantitativer Erkenntnisse - z.B. in Analogie zu einem stochastischen Modell - wird die Anwendbarkeit energetischer Verfahren wie von DETTE und FÜHRBÖTER (1977) in physikalisch sinnvoller und glaubwürdiger Form ermöglichen.
3. Das Kollektiv von Messungen ausgeprägter Windsee auf Watten bei erhöhten Wasserständen soll - u.a. mit Hilfe verbesserter Meßtechniken - erheblich erweitert werden, um Grundlagen für die Erstellung verfeinerter statistischer Modelle zu liefern.
4. Für den Fall einer hinreichend hoch auflaufenden Orkanflut sollen Wellenauflauf und erzeugender Seegang synchron erfaßt werden. Auf der Basis dieser Messungen sind die der Deichbemessung zugrunde liegenden Annahmen zu überprüfen.

4. Zusammenfassung

Das Seegangmeßprogramm Ostfriesische Inseln und Küste hat zu einer Reihe von Erkenntnissen geführt, die neben ihrer grundsätzlichen Bedeutung auch für die Praxis des Küsteningenieurwesens von Wert sind. Insbesondere ist deutlich geworden, daß neben dem erzeugenden Wind im Küstenvorfeld die morphologischen Randbedingungen den örtlichen Seegang entscheidend prägen. Die Vielfalt dieser Wechselwirkungen, die zudem von anderen hydro-

dynamischen Erscheinungen überlagert werden, lassen sich aber nicht vollständig in einem Zeitraum von fünf Jahren lösen. Die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens haben es aber ermöglicht, weitere Untersuchungsziele zu formulieren.

5. Literatur

5.1 Literatur zu dem Forschungsvorhaben

- Luck, G. u.
H.D. Niemeyer Seegangsmessungen im Bereich der Ostfriesischen Inseln und Watten.
Meerestechnik, Bd. 7, H. 4. 1976
- Luck, G. u.
H.D. Niemeyer Das Seegangsmeßprogramm Ostfriesische Inseln und Küste.
Dt. Gewässerkundl. Mitt., H. 6. 1977
- Niemeyer, H.D. Seegangsmessungen auf Deichvorländern.
Jber. 1976 Forsch.-Stelle f. Insel- und Küstenschutz, Bd. 28. 1977
- Niemeyer, H.D. The Estimation of Design Wave Run-up on sea Dykes in Consideration of Overtopping Security.
Proc. 17th IAHR-Congress Baden-Baden, Vol. 5. 1977
- Niemeyer, H.D. Bericht über bisherige Erfahrungen mit dem Seegangsmeßgerät Fahrentholz W 2005.
Dienstber. Forsch., Stelle f. Insel- u. Küstenschutz, Norderney 1978 (unveröff.)
- Niemeyer, H.D. Wave Climate Study in the Region of the East Frisian Islands and Coast.

Proc. 16th Intern. Conf. o. Coastal
Eng., Vol. I, ASCE, New York, 1979

Niemeyer, H.D.

Untersuchungen zum Seegangsklima im
Bereich der Ostfriesischen Inseln und
Küste.

Küste, H. 34, 1979

Niemeyer, H.D.

Seebautechnische Planungsgrundlagen
zur Errichtung der Meßstation ostfrie-
sisches Wattenmeer.

Dienstber. Forsch.-Stelle f. Insel- u.
Küstenschutz, Norderney 1980 (unveröff.)

Liebig W. u.

H.D. Niemeyer

Fernübertragung und Erfassung von Daten
in der Forschungsstelle.

Jber. 1980 Forsch.-Stelle f. Insel- u.
Küstenschutz, Bd. 32, 1981 (in Vorbe-
reitung)

5.2 Allgemeines Schrifttum

Barthel, V.

Seegang in einem Ästuar am Beispiel der
Außenweser.

Küste, Heft 35, 1980

Detle, H.H.

Wellenmessungen und Brandungsuntersuchun-
gen vor Westerland/Sylt.

Mitt. Leichtweiß-Institut, H. 40, 1974

Detle, H.H. u.

A. Führböter

A Proposal for Wave Climate Analysis.

Proc. 15th Intern. Conf. o. Coastal
Eng. 1977

Führböter, A.

Einige Ergebnisse aus Naturuntersuchungen in Brandungszonen.

Mitt. Leichtweiß-Inst., H. 40, 1974

Siefert, W.

Über den Seegang in Flachwassergebieten,

Mitt. Leichtweiß-Inst., H.40, 1974