

**BUNDESMINISTERIUM  
FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE  
-Meerestechnik und Küsteningenieurwesen-**

**ERMITTLUNG DES BEMESSUNGSSEEGANGS  
FÜR KÜSTENSCHUTZWERKE UND RANDDÜNEN  
MIT MATHEMATISCHER MODELLIERUNG**

von

**Hanz Dieter Niemeyer & Ralf Kaiser**

**NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE  
-Forschungsstelle Küste-**

# INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Ziele des Vorhabens	2
3. Das Modell SWAN als Werkzeug	2
4. Die Untersuchungsgebiete	4
4.1 Insel Norderney	4
4.2 Elisabethgroden an der Wanger Küste	6
4.3 Ditmarscher Bucht	7
5. Bemessungsseegang	9
5.1 Inselvorstrand	9
5.1.1 Problemstellung	9
5.1.2 Randbedingungen	11
5.1.2.1 Wind	11
5.1.2.2 Wasserstände	12
5.1.2.3 Seegang	12
5.1.2.4 Morphologie	14
5.1.3 Ergebnisse der Seegangmodellierung	14
5.1.3.1 Seegang beim HHThw	14
5.1.3.2 Seegang beim Wasserstand NN +5m	16
5.1.3.2.1 Naturspektrum mit $H_s = 6$ m und $T_M = 10$ s	16
5.1.3.2.2 JONSWAP - Spektrum mit $H_s = 8$ m und $T_M = 10$ s	17
5.1.3.2.3 JONSWAP - Spektrum mit $H_s = 10$ m und $T_M = 12$ s	19
5.1.3.2.4 Vergleich der Ergebnisse	20
5.1.4 Festlegung des Bemessungsseegang	23
5.1.4.1 Grundsätze für die Umsetzung der Ergebnisse	23
5.1.4.2 Bewertung und Nachprüfung der Auswahlkriterien	24
5.1.4.3 Vorgaben	24
5.2 Insellee	25
5.2.1 Problemstellung	25
5.2.2 Modellgebiet und Randbedingungen	25
5.2.3 Ergebnisse der Modellierung	26
5.3 Festlandsküste	29
5.3.1 Verfahrensweise und Vorgabe der Randbedingungen	29
5.3.2 Ergebnisse der Vergleichsuntersuchungen	31
5.3.3 Bemessungsseegang für den Elisabethgroden- Deich	33
5.4 Offene Festlandsküste	36
5.4.1 Vorgehensweise	36
5.4.2 Randbedingungen	37
5.4.3 Ergebnisse der Seegangmodellierung	38

6. Effekte morphologischer Variabilität .....	42
6.1 Riffbögen .....	42
6.1.1 Problemstellung .....	42
6.1.2 Änderungen des lokalen Seegangsklimas seit 1960 .....	42
6.1.2.1 Änderungen der Morphologie des Riffbogens seit 1960	42
6.1.2.2 Modellergebnisse für eine Normaltide mit erhöhtem See-	
gang .....	43
6.1.2.3 Modellergebnisse für eine Sturmflut .....	45
6.1.3 Aktuelle Topographie mit fiktiver Erosion im Riffbogen .....	47
6.1.3.1 Problemstellung .....	47
6.1.3.2 Naturspektrum mit $H_S = 6$ m und $T_M = 10$ s .....	49
6.1.3.2 JONWAP-Spektrum mit $H_S = 8$ m und $T_M = 10$ s .....	50
6.1.3.3 JONWAP-Spektrum mit $H_S = 10$ m und $T_M = 12$ s .....	51
6.2 Vorstrand/ Strand .....	52
6.2.1 Problemstellung .....	52
6.2.2 Naturspektrum mit $H_S = 6$ m und $T_M = 10$ s .....	54
6.2.3 JONWAP-Spektrum mit $H_S = 8$ m und $T_M = 10$ s .....	54
6.2.4 JONWAP-Spektrum mit $H_S = 10$ m und $T_M = 12$ s .....	56
6.3 Inseltopographie .....	57
6.3.1 Problemstellung .....	57
6.3.2 Ergebnisse der Sensitivitätsuntersuchung .....	58
7. Zusammenfassung und Schlussfolgerung .....	61
8. Literatur .....	63
9. Symbole und Abkürzungen .....	66

# 1. Einleitung und Problemstellung

Die Bemessung von Küstenschutzwerken und Randdünen beinhaltet zwei Aspekte von gesellschaftlicher Bedeutung: den der Sicherheit und den der Wirtschaftlichkeit. Zum einen soll mit der Bemessung die Funktion der sturmflutkehrenden Bauwerke und Randdünen gewährleistet werden, damit keine Gefährdung von Leib und Leben sowie Hab und Gut der Bewohner in den überflutungsgefährdeten Küstengebieten eintritt. Zum anderen soll beim Erreichen dieses primären Ziels der Kostenaufwand in einem angemessenen Rahmen gehalten werden. Für die erfolgreiche Überbrückung dieses Spannungsbogens sind verlässliche Methoden eine unerläßliche Voraussetzung.

Die wesentlichen Bemessungsparameter von Küstenschutzwerken und Randdünen hinsichtlich äußerer Belastungen sind Bemessungswasserstände und Bemessungsseegang. Für die Ermittlung von Bemessungswasserständen liegen seit längerem abgesicherte Verfahren und dafür geeignete Datengrundlagen vor, die zwar noch verbesserungswürdig sind aber eine -an üblichen technischen und rechtlichen Standards gemessen- belastbare Handlungsgrundlage darstellen. Hinsichtlich des Bemessungsseegangs bietet sich hingegen -insbesondere für Küstenbereiche mit begrenzten Wassertiefen und stark variierenden Topographien- ein gänzlich anderes Bild: die verfügbaren Zeitreihen von Naturmessungen sind zumeist im Umfang unzureichend für Extrapolationen und vielfach nicht übertragbar. Die empirisch-statischen Vorhersageverfahren sind ebenso untauglich wie Wind-Wellen-Korrelationen, wenn hydrodynamisch-morphologische Wechselwirkungen signifikant für das regionale Seegangsklima werden. Dieses Defizit wiegt deshalb schwer, weil einerseits -wie hier am Beispiel eines Deiches gezeigt- der Seegang auf Bereiche mit geringeren Dimensionen wirkt als der Bemessungswasserstand (Abb. 1.1) und andererseits das Versagen von Bauwerken vielfach durch Seegang bewirkt wird (Abb. 4.1).

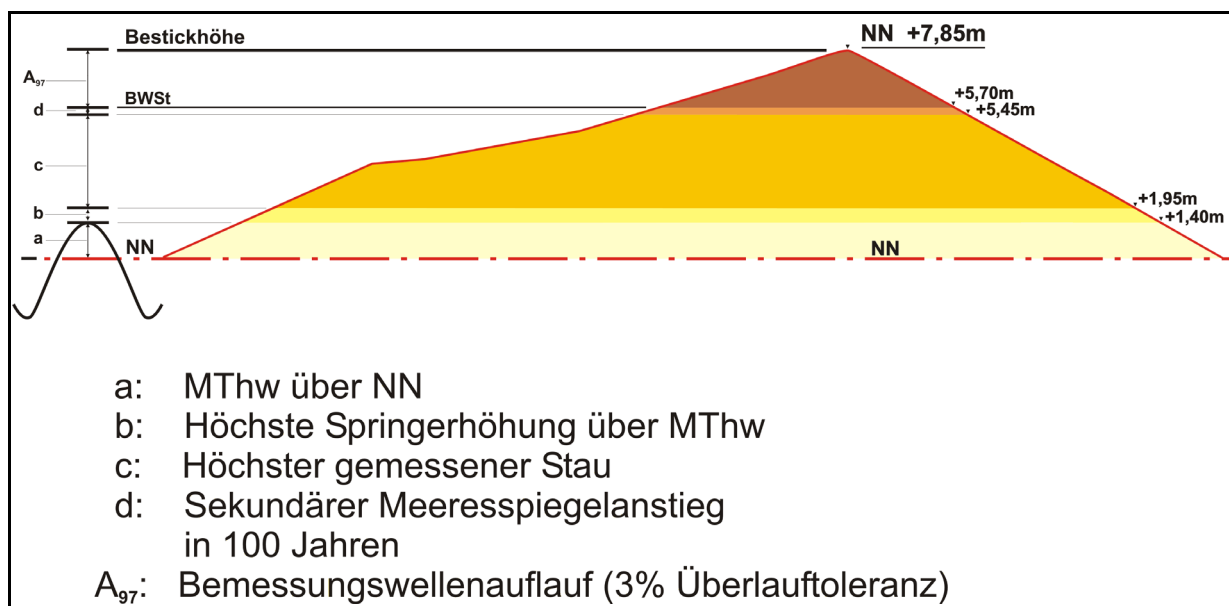


Abb. 1.1: Bemessung von Seedeichen am Beispiel der niedersächsischen Regeln

Die Entwicklung der mathematischen Modellierung des Seegangs hat in den letzten Jahrzehnten erhebliche Fortschritte gemacht und ist mittlerweile dank der implementierten physikalischen Prozesse auch auf Küstengewässer mit stark variierenden topographischen Strukturen anwendbar. Besonders ist dies für Modelle der dritten Generation wie SWAN (Simulation of Waves in Nearshore) zutreffend, einem vollspektralen Modell, das die wesentlichen hydrodynamisch-morphologischen Wechselwirkungen von Seegang und stark variierender Topographie reproduzieren kann. Dies gilt umso mehr, wenn in Kopplung mit Naturmessungen Naturähnlichkeit und Grenzen der Anwendbarkeit von mathematischen Modellen erfahrbar werden. Dieser Ansatz war Grundlage und Anlaß des Forschungsvorhabens „Bemessungsseegang von Küstenschutzwerken und Randdünen“, das vom BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE über das KURATORIUM FÜR FORSCHUNG IM KÜSTENINGENIEURWESEN unter dem Kennzeichen KIS 004 gefördert worden ist. Der hohe Anwendungsnutzen wird noch dadurch verstärkt, daß bei Verfahren vor Verwaltungsgerichten die Vorhabenträger von Küstenschutzprojekten zunehmend gezwungen sind, die Erfüllung des verfügbaren Stands der Technik nachzuweisen.

Der nachfolgende Bericht stellt in komprimierter Form die wesentlichen Ergebnisse des Forschungsvorhabens vor. Dabei werden neben der Validierung von Modellergebnissen vor allem auch Anwendungsprobleme und deren Lösungsmöglichkeiten dargestellt. Darüber hinaus werden exemplarisch die diagnostischen Möglichkeiten von Modellen erhellt, mit denen Auswirkungen wirklichkeitsnaher oder denkbarer Szenarien quantifiziert werden können.

## **2. Ziele des Vorhabens**

Wesentliches Ziel des Vorhabens war es, die sich aufzeigenden Möglichkeiten mathematischer Modelle für die Ermittlung von Bemessungsseegang im deutschen Nordseeküstengebiet auf ihre Belastbarkeit hin zu untersuchen. Ziel war -auf der Grundlage exemplarischer Untersuchungen für repräsentative Bereiche der deutschen Nordseeküste wie Inseln, inselgeschützte und offene Watten- für künftige Nutzer verlässliche Aussagen hinsichtlich der Anwendbarkeit dieser Werkzeuge zur Verfügung zu stellen. Dabei soll erkennbar sein, an welchen Küstenabschnitten unter welchen Randbedingungen eine Ermittlung des Bemessungsseegangs mit mathematischen Modellen im Hinblick auf Sicherheit und Wirtschaftlichkeit empfohlen werden kann.

Im Vordergrund stand dabei auch, die Handhabbarkeit und Verfügbarkeit der Werkzeuge zu untersuchen. Weder sollte die Anwendung der Modelle außergewöhnlich hohe Aufwendungen für eine hinreichende Rechnerinfrastruktur erfordern, noch das Modell selbst nennenswerte Beschaffungskosten verursachen. Weiterhin sollte für absehbare Zeit gewährleistet sein, dass einerseits das Modell weiterentwickelt wird und die Unterstützung der Entwickler bei -aus der Modellstruktur herrührenden- Anwendungsproblemen gegeben ist.

## **3. Das Modell SWAN als Werkzeug**

Hinsichtlich der Auswahlkriterien begrenzter Aufwand an Rechnerinfrastruktur und Beschaffungskosten standen seinerzeit verschiedene Modelle auf dem Markt zur Verfügung. In Bezug auf eine gesicherte Weiterentwicklung und Verfügbarkeit der Entwickler