

# **Polder an der tidebeeinflußten Küste**

– Naturschutz versus Küstenschutz –

Stephan Mai, Dipl.-Phys. Dipl.-Ing. & Nicole von Lieberman, Dr.-Ing.

## **Zusammenfassung**

Die aktuelle Diskussion um einen zeitgemäßen umweltgerechten Küstenschutz an der niedersächsischen Küste beinhaltet u.a. Forderungen zur Öffnung bestehender Sommerpolder mit dem Ziel der Renaturierung der Süßwiese zur Salzwiese und zur Anlage neuer Sturmflutentlastungspolder an den Ästuaren mit dem Ziel der Absenkung des Tidehochwasserstands bei Sturmflut. Exemplarisch für den Lütetsburger Sommerpolder an der ostfriesischen Küste südlich der Insel Norderney und für Sturmflutentlastungspolder an der Unterweser werden die möglichen Auswirkungen der genannten Forderungen für Küsten- und Naturschutz diskutiert und durch hydrodynamische Simulationen zur Wirkung in Bezug auf Seegang und Wasserstand ergänzt.

## **1. Einleitung**

Die tidebeeinflusste niedersächsische Küste ist stark anthropogen geprägt und verdankt ihre heutige Form der etwa im 15. Jahrhundert, nach großen Landverlusten als Folge von Sturmfluten, einsetzenden Landgewinnung und den darauffolgenden Vordeichungen (BEHRE, 2001). Als Folge der Vordeichungen seit dem 19. Jahrhundert sind an der Küste verschiedene Polder, d.h. vollständig durch Deiche umgebende Flächen entstanden. Diese Polder sind entweder während des gesamten Jahres dem Einfluß des Meeres entzogen oder werden während schwerer Sturmfluten, d.h. der Tidehochwasserstand Thw tritt mehr als 2 m über dem mittleren Tidehochwasserstand MThw ein, geflutet. Letztere werden als Sommerdeiche bezeichnet. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Lage vorhandener Polder an der deutschen Nordseeküste.

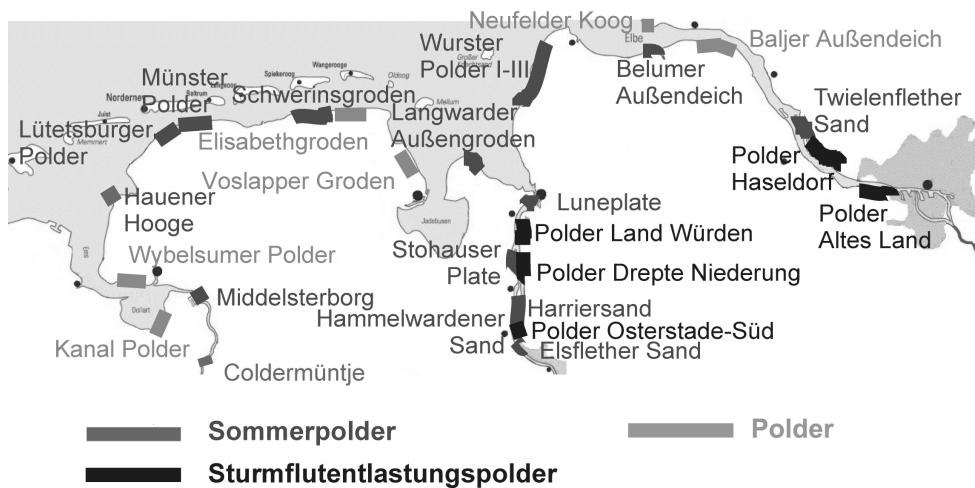


Abb. 1: Übersicht über Sommerpolder, Polder und mögliche Standorte von Sturmflutentlastungspoldern an der niedersächsischen Nordseeküste und ihren Ästuaren

Neben den vorhandenen Poldern wird derzeit die Anlage weiterer Polder an den Tideflüssen Weser (BUND, 1996) und Elbe (LENKUNGSAUSSCHUSS FÜR STURMFLUTUNTERSUCHUNGEN IN DER ELBE, 1983) zur Sturmflutentlastung diskutiert (siehe Abb. 1). Die Sturmflutentlastung, d.h. die Kappung des Tidehochwassers bei Sturmflut, wird speziell seitens des Naturschutzes zur Vermeidung weiterer Deicherhöhungen, welche i.a. den Verlust des ökologisch bedeutsamen tidebeeinflussten und durch Salzwiesen-Vegetation geprägten Deichvorlands mit sich bringen, in die Diskussion eingebracht. Neben der Erhaltung bestehender Vorlandflächen ist auch die Renaturierung bestehender Sommerpolder zu Vorländern mit Salzwiesenvegetation Teil der Forderungen von Naturschützern [WWF, 1995]. Im Zuge von Ausgleichsmaßnahmen bei umfangreichen wasserbaulichen Eingriffen, wie der Vertiefung von Außenweser und Unterelbe bzw. dem Bau der Pipeline „Europipe“, werden diese Forderung auch seitens des Küstenschutzes aufgegriffen. So wurde z.B. als Teil der landschaftspflegerischen Begleitplanung zur Vertiefung der Außenweser die Ausdeichung der Tegeler Plate

südlich von Bremerhaven durchgeführt [KIEMSTEDT & TESCH, 1997] und als Ersatzmaßnahme zum Bau der Europipe die Renaturierung des Lütetsburger Sommerpolders an der ostfriesische Küste südlich Norderney planfestgestellt (BEZIRKSREGIERUNG WESER-EMS, 1985, OBERBERGAMT CLAUSTHAL-ZELLERFELD, 1993).

In diesem Beitrag werden zwei Beispiele tidebeeinflusster Polder vorgestellt und hinsichtlich ihrer hydrodynamischen Wirkung und ihrer Auswirkungen auf Küstenschutz und Naturschutz bewertet. Einerseits erfolgt die Diskussion für die Anlage von Sturmflutenlastungspoldern am östlichen Weserufer andererseits für die Renaturierung des Lütetsburger Sommerpolders.

## **2. Sturmflutentlastungspolder**

### **2.1 Aufbau und Funktion von Sturmflutentlastungspoldern**

Während Entlastungspolder zur Regulierung von Hochwassern an nicht-tidebeeinflussten Flüssen, z.B. am Rhein, bereits eingesetzt werden und in Bemessungskonzepte für Flußdeiche bzw. Rückhaltebecken, wie der DIN 19712 bzw. der DIN 19700, Eingang gefunden haben (WEIß, 2001), ist eine Anlage von Entlastungspoldern an Tideflüssen bisher nicht erfolgt, wenngleich eine detaillierte Untersuchung der Wirksamkeit von Entlastungspoldern an der Unterelbe in der Hasseldorfer Marsch und im Alten Land zur Verbesserung des Sturmflutschutzes der Stadt Hamburg durchgeführt wurde (BERNDT ET AL., 1983). Weitere Untersuchungen finden sich bei STÜCKRATH & HEINL (1996).

Der prinzipielle Aufbau von Sturmflutentlastungspoldern ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Zuwässerung aus dem Fluß in den Entlastungspolder erfolgt entlang einer Überlaufstrecke, deren Kronenhöhe gegenüber der des angrenzenden Deichs abgesenkt ist. Die Überlaufstrecke wird erosionssicher, d.h. z.B. mit Asphalt befestigt, ausgeführt und der Überflutungsraum durch einen Polderdeich vom Hinterland abgegrenzt.

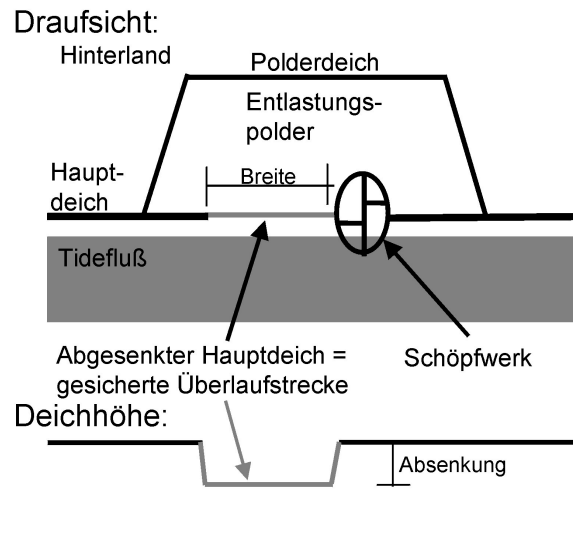


Abb. 2: Prinzipieller Aufbau von Sturmflutentlastungspoldern

Um das Poldervolumen und die benötigte Polderfläche im Sturmflutfall, insbesondere bei Sturmflutketten, optimal nutzen zu können, ist eine rasche Entleerung während der Tideniedrigwasser anzustreben und die Entwässerung durch ein entsprechend dimensioniertes Schöpfwerk zu gewährleisten.

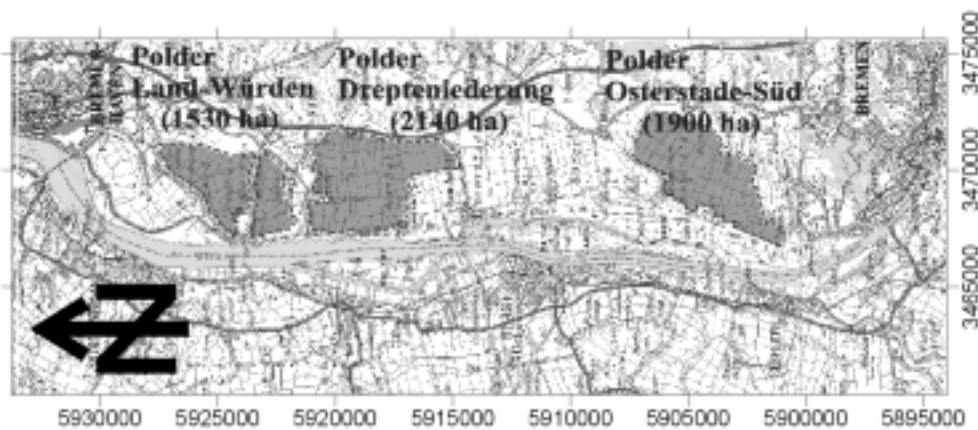


Abb. 3: Lage möglicher Entlastungspolder an der Unterweser  
(Grundlage: LGN, 1998)

An der Unterweser wird derzeit die Anlage der in Abbildung 3 dargestellten Entlastungspolder diskutiert. Die Polder weisen eine Fläche von insgesamt 5.570 ha auf. Die Geländehöhe der Polder liegt zwischen NN + 0 m und NN + 0,5 mNN für den Polder Land Würden, zwischen NN – 0,1 m und NN + 0,8 m für den Polder Drepteniederung und zwischen NN – 0,2 m und NN + 1,1 m für den Polder Osterstade-Süd.

## 2.2 Hydrodynamische Wirkung

Die Abschätzung der hydrodynamischen Wirkung der Sturmflutentlastungspolder erfolgte durch numerische Simulation unter Verwendung des Programms MIKE 21 des DANISH HYDRAULIC INSTITUTE DHI (ABOTT & WARREN, 1981). Als Randbedingungen wurden in Bremen ein mittlerer konstanter Abfluß der Weser von  $750 \text{ m}^3/\text{s}$  und ein Zufluß der Hunte von  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  angesetzt. Am nördlichen Modellrand bei Bremerhaven wurde die zeitliche Veränderung der Tidewasserstände während der Sturmflut vom 29. / 30.10.1996 vorgegeben. Die Abbildung 4 stellt diese Sturmflutwasserstände den mittleren Tideverhältnissen gegenüber.

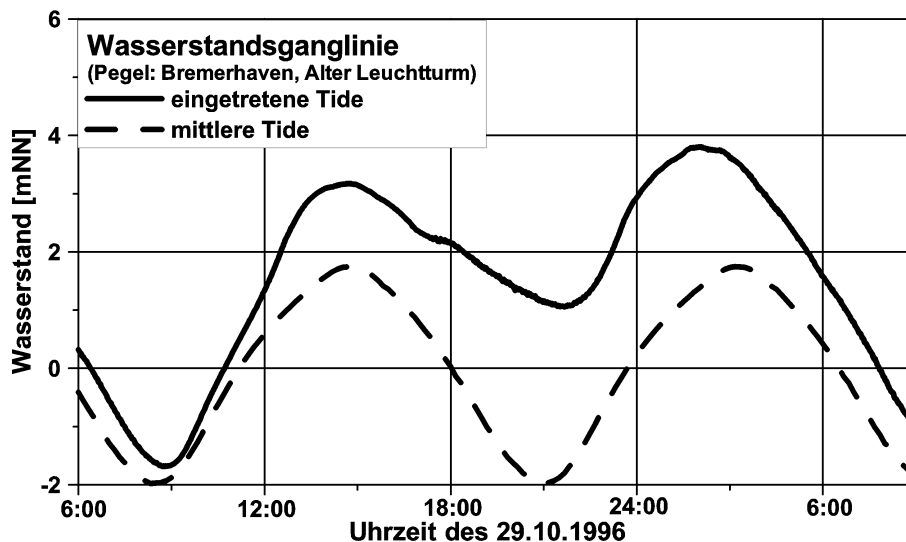


Abb. 4: Tidekurve der Sturmflut vom 29. / 30.10.1996 und mittlere Tidekurve

Die Untersuchungen der Tidewasserstände erfolgte zunächst für die sogenannte Nullvariante, d.h. ohne Sturmflutentlastungspolder, was eine Verifikation des durch OHLE & MAI (2000) kalibrierten numerischen Modells an Pegelaufzeichnungen in Brake und Bremen-Vegesack ermöglichte. Die Berücksichtigung der Sturmflutentlastungspolder erfolgte dann durch Vorgabe des zeitlichen Verlauf des Abflusses aus der Weser in die Sturmflutentlastungspolder. Die Abflußmenge  $Q$  wurde unter Voraussetzung eines vollkommenen Überfalls an den Überfalldeichen aus Absenkungsbreite  $B$  und Überfallhöhe  $h$  berechnet:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot B \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{1,5}$$

Der Abflußbeiwert  $\mu$  ist abhängig von der geometrischen Form der Überlaufdeiche und wird hier mit  $\mu = 0,6$  für dachförmige Überfallstrecken angesetzt. Abbildung 5 zeigt beispielhaft den Abfluß in den Polder Drepteniederung bei einer Breite der Überfallstrecke von 200 m und einer maximalen Überfallhöhe von 1,5 m, d.h. der Anspringpunkt des Polders liegt bei NN + 2,5 m. Der dargestellte formale Zusammenhang wurde für einen Polder am Jadebusen beim Schweiburg mit Hilfe einer numerischen Simulation des Flutungsprozesses erfolgreich geprüft [MAI ET AL., 2001].

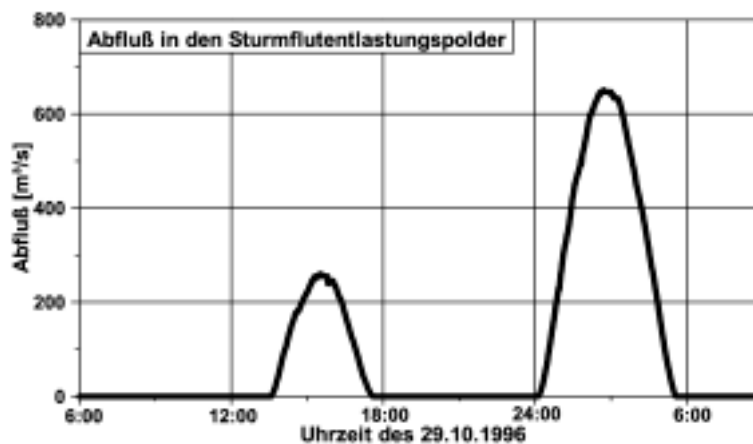


Abb. 5: Abfluß in den Polder Drepteniederung ( $B = 200$  m,  $h_{\max} = 1,5$  m)

Daneben wurden auch Entlastungspolder mit Überlaufstrecken von 500 m Länge und 2,0 m maximaler Überlaufmenge untersucht. Eine detailliertere Beschreibung findet sich bei V. LIEBERMAN ET AL. (2000). Die Wirkung der Sturmflutentlastungspolder beschränkt sich, wie Abbildung 5 zeigt, auf die Kappung des Tidehochwassers. Der zeitliche Verlauf der Wasserstandsabsenkung ist exemplarisch für die Stadt Elsfleth bzw. den Zulauf zum Polder Osterstade in Abbildung 6 dargestellt.

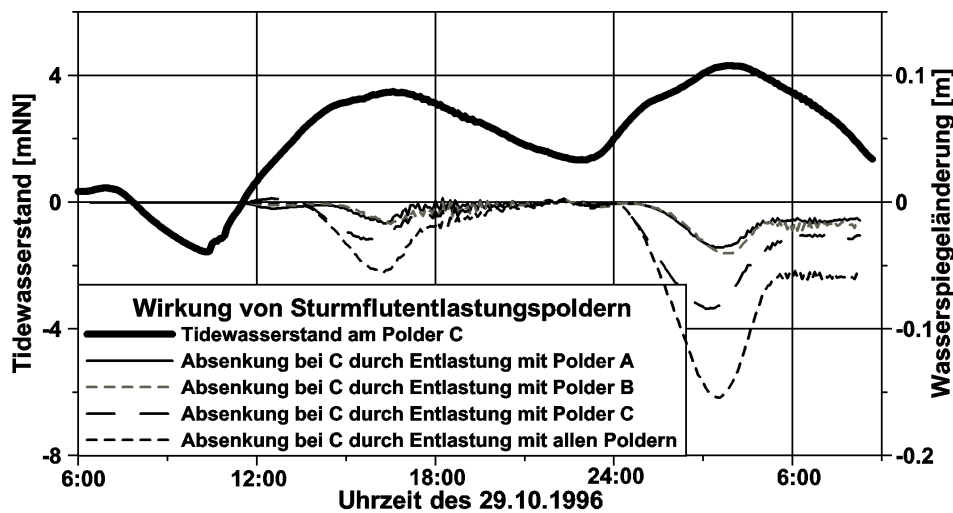


Abb. 6: Tidekurve und Zeitreihen der Wasserstandsabsenkung bei Elsfleth durch Nutzung jeweils eines bzw. aller Entlastungspolder

Werden alle Polder ( $B = 200$  m,  $h_{\max} = 1,5$  m) zur Entlastung genutzt, ergibt sich eine maximale Absenkung des Tidehochwasserstands bei Elsfleth von 0,15 m. Wird die Breite der Überlaufstrecke auf 500 m vergrößert und um 0,5 m abgesenkt, so ergibt sich eine Absenkung des Tidehochwasserstands um bis zu 0,65 m. Der Einfluß der Sturmflutentlastungspolder reicht von etwa 5 km stromab der Überlaufstrecke des Entlastungspolders und nimmt nach stromauf zu. Eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse findet sich bei V. LIEBERMAN ET AL. (2000).

### 2.3 Auswirkung auf Küstenschutz und Naturraum

Durch die Absenkung des Sturmflutscheitels um 0,65 m kann bei einer zukünftig, z.B. als Folge eines beschleunigten Meeresspiegelanstiegs, notwendigen Deicherhöhung eine um 0,65 m geringere Ausführung erfolgen. Neben der in Tabelle 1 (oben) dargestellten Kostenersparnis kann dies beispielsweise eine Anpassung des Küstenschutzes entlang der Weser erst ermöglichen, da diese aufgrund der begrenzten Tragfähigkeit des Untergrunds in der Wesermarsch sowie der räumlichen Beschränkung, speziell im Bereich von Siedlungsflächen, wie der Hafenstadt Brake, nur beschränkt möglich ist. Den Minderkosten für die Erhöhung der bestehenden Deichlinie von etwa 70 Mio. DM stehen Kosten für die Polderdeiche von etwa 590 Mio. DM entgegen (siehe Tab. 1, unten). Aufgrund der erheblichen Zusatzkosten der Entlastungspolder, welche außerdem teilweise besiedelt sind, sollte versucht werden, den vorhandenen Retentionsraum der in die Weser mündenden Nebenflüsse Hunte, Ochtum und Lesum, welche durch Sperrwerke bei Sturmflut abgeriegelt sind, durch ein geeignetes Management der Verschlussrichtungen im Sturmflutfall besser zu nutzen.

Weserufer	Allg. Kosten [10 <sup>6</sup> DM]	Grund- erwerb [10 <sup>6</sup> DM]	Sandkern- arbeiten [10 <sup>6</sup> DM]	Klei- arbeiten [10 <sup>6</sup> DM]	Rasen- arbeiten [10 <sup>6</sup> DM]	Deich- wege [10 <sup>6</sup> DM]
Summe links	53,65	1,34	7,54	4,61	0,74	12,74
Gesamtsumme links						46,62
Summe rechts	19,20	0,55	3,88	2,98	0,80	9,52
Gesamtsumme rechts						27,91
Gesamtsumme beide Ufer						66,53

Ausbauabschnitt	Allg. Kosten [10 <sup>6</sup> DM]	Grund- erwerb [10 <sup>6</sup> DM]	Sandkern- arbeiten [10 <sup>6</sup> DM]	Klei- arbeiten [10 <sup>6</sup> DM]	Rasen- arbeiten [10 <sup>6</sup> DM]	Deich- wege [10 <sup>6</sup> DM]
Polder A (Nord)	4,4	4,3	26,1	79,7	2,0	4,1
Polder A (Süd)	2,9	3,1	20,0	67,4	1,4	2,7
Polder B	5,6	5,8	39,9	109,6	5,0	5,3
Polder C	5,3	4,9	21,0	59,1	2,3	4,9
Polder C (Schutzdeich)	1,3	1,2	25,8	75,7	1,0	1,2
Summe	19,5	19,3	132,8	391,5	11,7	18,2
Summe gesamt						593,0

Tab. 1: Minderkosten an bestehenden Deichlinien entlang der Weser und Kosten für die Anlage von Entlastungspoldern



Die Auswirkungen auf den Naturraum betreffen im wesentlichen die als Entlastungspolder ausgewiesenen Flächen des Hinterlands. Diese werden zur Zeit im Bereich des Polders Land Würden und Drepteniederung zu etwa 51 % als Intensivgrünland und 40 % als mesophiles Grünland bewirtschaftet. Im Gebiet des Polders Osterstader Marsch erfolgt eine 60 % Grünlandnutzung und eine etwa 40 % ackerbauliche Nutzung, welche bei Nutzung zur Sturmflutentlastung nicht mehr möglich ist. Für das Grünland verschieben sich bei Überstauung im Fall von Wintersturmfluten der Mahd- und Auftriebszeitpunkt (VON LIEBERMAN ET AL., 2001). Die Beweidungsintensität ist gegebenenfalls als Folge der erhöhten Bodenfeuchte zu vermindern. Ein Wechsel der Pflanzengesellschaft ist bei Überstauungen von weniger als einer Woche nicht zu erwarten und tritt beispielsweise für das Weidelgras erst nach 40 Tagen ein. Auch positive Einflüsse, wie die Bildung von Salz- und Ästuarwiesenvegetation, sind nicht zu erwarten, da die Polderzuflüsse an bzw. jenseits der Brackwassergrenze liegen und somit nur Wasser geringer Salinität in die Polder fließt. Als positiv für den Naturraum und den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung der Unterweser (SCHIRMER ET AL., 1993) entsprechend bleibt jedoch festzuhalten, daß durch Entlastungspolder ein Verbrauch von Vorlandflächen für Deicherhöhungen vermieden wird. So geht eine Deicherhöhung um 0,65 m mit einer Verbreiterung der Deichbasis um 10 m einher.

### **3. Sommerpolder**

#### **3.1 Aufbau und Funktion von Sommerpoldern**

Sommerpolder stellen ehemalige Vorlandflächen vor dem Hauptdeich dar, die durch Sommerdeiche dem Einfluß der Tide teilweise entzogen sind. Ursprünglich wurden die Sommerpolder als landwirtschaftliche Weideflächen genutzt, heute dienen sie wesentlich der Vorlandsicherung und werden als bedeutendes Küstenschutzelement angesehen. Die Breite von Sommerpoldern beträgt zwischen 200 m und 1.200 m (ERCHINGER, 1970). Ihre Höhe entspricht etwa MThw + 2,0 m

(ERCHINGER, 1974). Abbildung 7 zeigt schematisch einen Querschnitt eines Sommerdeichs nach ERCHINGER (1976) sowie seine Anordnung vor dem Hauptdeich.

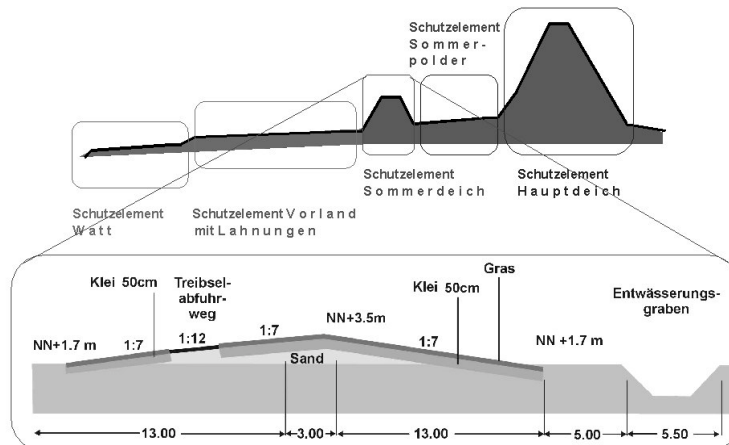


Abb. 7: Lage des Sommerpolders und Aufbau eines Sommerdeichs

Derzeit werden bzw. sollen die Sommerpolder i.w. aus Gründen des Naturschutzes, d.h. mit dem Ziel der Salzwiesenrenaturierung, wieder dem Tideinfluß zugeführt. Hierzu stehen verschiedene Methoden zur Verfügung:

**Sielbauwerke** ermöglichen den kontrollierten Einlaß der Tiden in den Polder bei Erhaltung der Wirksamkeit des Sommerpolders/-deichs als Element des Küstenschutzes. Bei Schließung des Siels während des Tidehochwassers ist außerdem der Einstau von Salzwasser im Polder möglich, wodurch der Salzeintrag in den Polder gesteigert werden kann. Ein Siel ist jedoch ein Fremdkörper im Naturraum, es verhindert ein schnelles Fluten des Polders und erfordert zusätzlich massive Erosionssicherungen. Dies führt zu hohen Baukosten und kontinuierlichen Unterhaltungskosten, z.B. für die Sielsteuerung. Diese Maßnahme zur Öffnung eines Sommerdeiches wurde im Salzwiesen-Projekt „Wurster Küste“ gewählt (WILLE & WONNEBERGER, 1990, LÜTZENKIRCHEN, 1993). In Abbildung 8 ist die Lage des Sommerpolders und das Sielbauwerk dargestellt. Eine wesentliche Erhöhung der Salzgehalte im Bereich des Sommerpolders wurde bei Einsatz von Sielbauwerken

im Sommerdeich noch nicht erreicht. Lediglich in den Zuwässerungsgräben kam es zu höheren Salzgehalten.

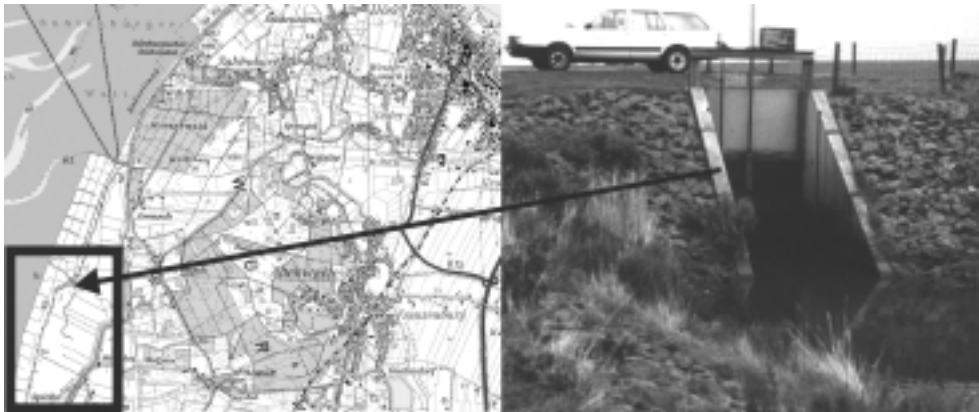


Abb. 8: Lage und Sielbauwerk des Salzwiesen-Projekts „Wurster Küste“

(Aufnahme S. MAI, Dezember 1995)

**Rohrdurchlässe** erhalten, wie auch die Sielbauwerke, die Wirksamkeit im Küstenschutz. Sie erfordern ebenfalls Erosionssicherungen, lassen jedoch keine kontrollierte Flutung bzw. Einstau zu. In Abbildung 9 ist ein Rohrdurchlaß eines Sommerdeichs auf der Weserinsel Harriersand abgebildet.



Abb. 9: Lage und Rohrdurchlaß zu einem Sommerpolder auf Harriersand

(Aufnahme N. v. LIEBERMAN, Juli 1997)

Ein **vollständiger Abtrag** des Sommerdeichs stellt die naturnaheste Möglichkeit zur Renaturierung des Sommerpolders dar. Er bedeutet jedoch den Verlust sämtlicher Vorteile eines Sommerdeichs. Diese Variante wurde als Ersatzmaßnahme für den am 14.12.1983 planfestgestellten Ausbau der Deichlinie vom Finkenheller bis Hilgenriedersiel für einen kleinen Bereich westlich des Lütetsburger Sommerpolders (Abb. 10) angewendet (REQUARDT-SCHOHAUS, 1996). Hierbei wurde der Sommerdeich auf eine Höhe von 2,4 mNN abgetragen. Trotz des bereits vor fünfzehn Jahren erfolgten Abtrags befindet sich der ursprüngliche Sommerpolder noch im Anfangsstadium der Salzwiesenentwicklung.

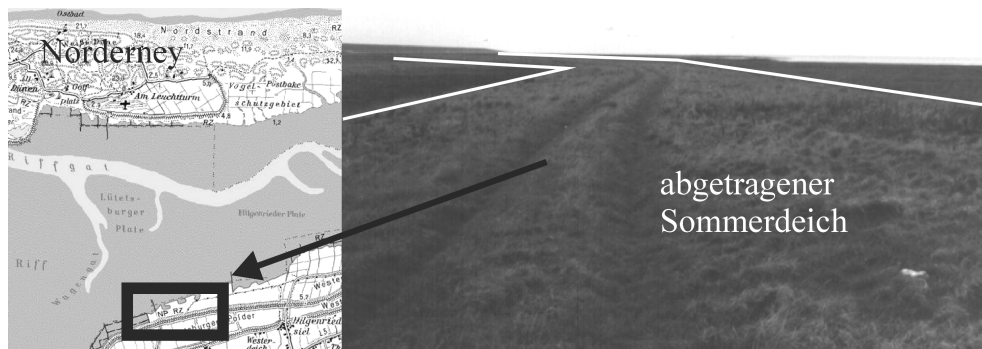


Abb. 10: Lage eines abgetragenen Sommerdeichs am Lütetsburger Polder  
(Aufnahme S. MAI, April 1998)

Der **teilweise Abtrag** des Sommerdeichs ermöglicht, wie der vollständige Abtrag, eine gleichmäßige Flutung des Polders. Die Öffnung wird in der Regel in Seegangslee angeordnet, so daß die Wirkung des Küstenschutzes im wesentlichen erhalten bleibt. Durch eine gestaffelte Anordnung von Sommerdeichen wird die Schutzfunktion vollständig erhalten. Abbildung 11 stellt einen teilweisen Abtrag eines im Jahre 1957 erstellten Sommerdeichs an der Hauener Hooge dar, welcher als Ausgleichsmaßnahme im Zuge der Baumaßnahme „Leybucht“ planfestgestellt war (BEZIRKSREGIERUNG WESER-EMS, 1985).



Abb. 11: Teilweiser Abtrag des Sommerdeichs der Hauener Hooge  
(Aufnahme S. MAI, Dezember 1995)

Zur Zeit ist als weitere Ersatzmaßnahme im Zuge der Baumaßnahme „Leybucht“ und als Ersatzmaßnahme für die Baumaßnahme „Europipe“ die Wiederherstellung des Tideeinflusses auf den Lütetsburger und den Münstersommerpolder in Planung (WESEMÜLLER, 1995). Diese soll nach Forderungen der Naturschützer durch Abtrag bzw. teilweisen Abtrag des Sommerdeiches erreicht werden, was seitens der Vertreter des Küstenschutzes abgelehnt wird. Die genannten Varianten werden im folgenden für den etwa 4 km südlich der Insel Norderney liegenden Lütetsburger Sommerpolder, der eine Polderfläche von rd. 65,5 ha (300 m x 2,1 km), eine Höhe von etwa NN + 2,00 m, einen Sommerdeich mit einer Kronenhöhe von etwa NN + 3,50 m sowie ein, westlichen Teil durch Lahnungen gesichertes Vorland von 50 m bis 100 m Breite aufweist, diskutiert (Abb. 12).



Abb. 12: Lage des Lütetsburger Sommerpolders

### 3.2 Hydrodynamische Wirkung

Der zur Zeit ungeöffnete Lütetsburger Polder ist während der Sommerzeit hochwasserfrei. Im gesamten Jahresverlauf tritt die Flutung infolge Deichüberströmung mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,2 pro Jahr ein (Abbildung 13). Bei Öffnung des Sommerdeichs erfolgt die Überflutung des Polders etwa 15 mal pro Jahr. Neben der Änderung der Wasserstandssituation im Polder ändern sich auch die Seegangsbedingungen. Für eine Überprüfung der Seegangssituation wurde daher zunächst der Seegang an der Vorlandkante zum Lütetsburger Polder mit Hilfe des an der TU Delft entwickelten numerischen Modells SWAN berechnet (MAI ET AL., 1999, v. LIEBERMAN & MAI, 1999). Abbildung 14 zeigt, beispielhaft für die signifikante Wellenhöhe, die Seengangausbreitung im Watt vor dem Lütetsburger Polder. Der mit SWAN bestimmte Eingangsseegang wurde dann für eine Detailanalyse des Seegang im Bereich des Sommerpolders mit Hilfe des vom Danish Hydraulic Institute entwickelten Modells MIKE 21 EMS verwendet. Abbildung 15 und 16 zeigen beispielhaft die signifikante Wellenhöhe bei einem sommerbedeichten Polder, einem Polder mit vollständig abgetragenem Sommerdeich sowie einem Polder mit teilweise abgetragenem Sommerdeich mit und ohne zurückgesetzter Verwallung.

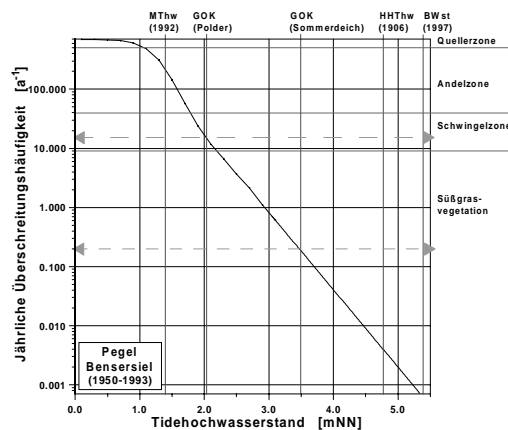


Abb. 13: Überschreitungshäufigkeit des Thw am Pegel Benersiel

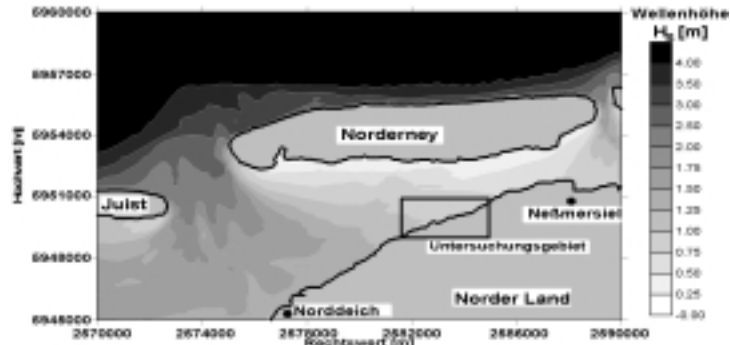


Abb. 14: Seegangsausbreitung im Rückseitenwatt Norderneys

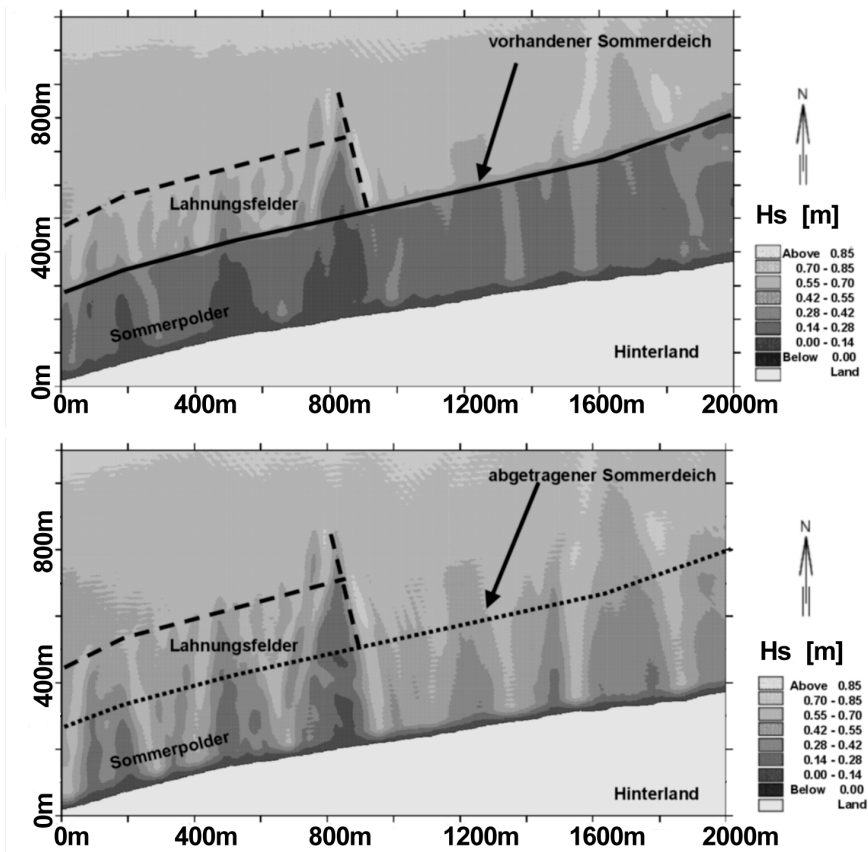


Abb. 15: Seegang im sommerdeichgeschützten (oben) und ungeschützten Polder



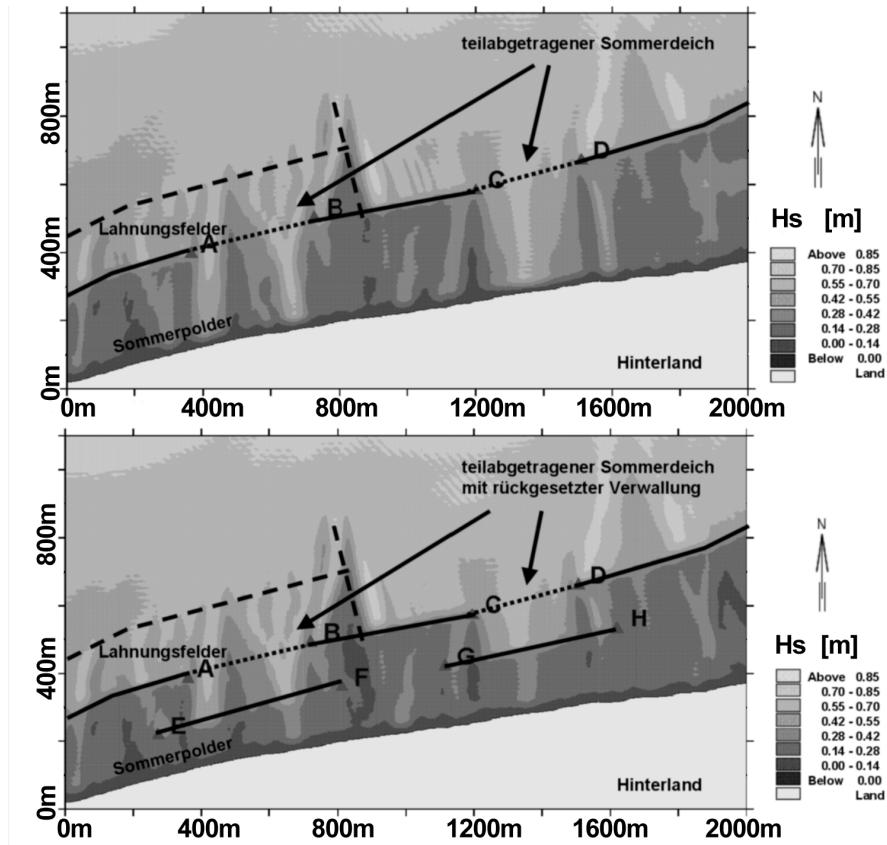


Abb. 16: Seegangausbreitung im teilweise geöffneten Polder mit (unten) und ohne (oben) zurückgesetzte Verwallung

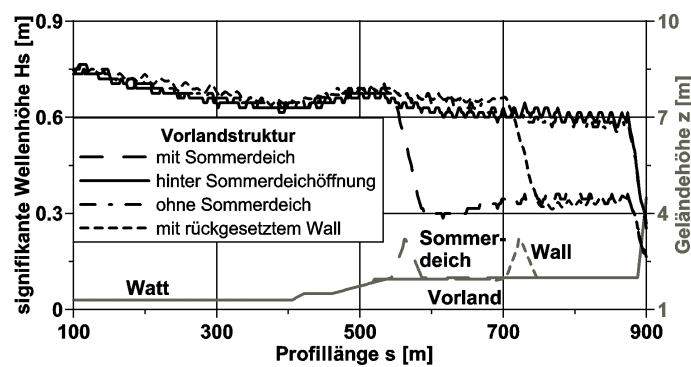


Abb. 17: Wellenhöhe bei verschiedenen Polderöffnungen  
( $Thw = NN + 3,5$  m,  $H_s = 0,85$  m,  $T_p = 8,0$  s)



Für den in den Abbildungen 15 bis 17 zugrundegelegten Tidehochwasserstand von NN + 3,5 m zeigt sich deutlich die seegangsdämpfende Wirkung des Sommerdeichs. Diese kann durch eine zurückgesetzte Verwallung vollständig wiederhergestellt werden. Der Einfluß der Diffraktion an der Polderöffnung ist als gering einzustufen. Bei höheren Wasserständen, insbesondere bei dem für die Deichbemessung maßgeblichen Sturmflutwasserstand geht diese Seegangsdämpfung jedoch stark zurück, wie physikalische Untersuchungen im Großen Wellenkanal (MAI ET AL., 1998) und numerische Untersuchungen mit dem Modell SWAN (MAI ET AL., 1998) zeigen.

### **3.3 Auswirkung auf Küstenschutz und Naturraum**

Die Wiederherstellung des Tideinflusses in den Sommerpoldern schränkt eine sichere Vorlandnutzung sowie die Vorlandpflege und Deichfußentwässerung ein. Problematisch aus Sicht des Küstenschutzes ist außerdem die Verlängerung der Standzeit der Sturmflutwasserstände sowie der erhöhte Teek- bzw. Treibselintrag in die Polder und an den Hauptdeich. Letzteres macht die Anlage von Treibselabfuhrwegen, welche zur Zeit am Sommerdeich vorhanden sind, auch am Hauptdeich erforderlich. Bei einer Öffnung des Sommerpolders durch Abtrag bzw. Teilabtrag ist mit einem erhöhten Wellenauflauf am Hauptdeich zu rechnen und damit eine höhere Kronenhöhe des Deichs erforderlich. Die Kosten für die Öffnung der Sommerpolder und die dadurch erforderlichen Küstenschutzmaßnahmen betragen für das Salzwiesen-Projekt „Wurster Küste“ (inkl. Grunderwerb) etwa 6 Mio. DM (NORDSEE-ZEITUNG, 1996), für die Hauener Hooge etwa 2 Mio. DM und werden für den Münstersommerpolder mit mehr als 5,8 Mio. DM (bis zu 21,2 Mio. DM) (REQUARDT-SCHOHAUS, 1996) und für den Lütetsburger Sommerpolder von den Autoren auf etwa 4 Mio. DM geschätzt.

Durch den häufigeren Einstrom von Salzwasser in geöffnete Polder ist mit einer Veränderung des Biotoptyps von der Süßgrasvegetation zur Salzwiese (als

einzigem Habitat für etwa 75 % seiner Gesamtfaua) zu rechnen (WWF, 1995). Besonderes Augenmerk ist dabei auf die Geländehöhe der Polderfläche zu richten. Während für die Hauener Hooge mit einer Geländehöhe um MThw die Ausbildung einer Vegetation der Andelzone zu erwarten ist, werden sie an den um ca. 0,5 m höheren Standorten Lütetsburger Polder, Münstersommerpolder und Polder „Wurster Küste“ eher der Schwingelzone entsprechen (vgl. Abb. 13, siehe auch STREIF, 1990, EIKHORST & GROPENIEßER, 1987). Der für die Renaturierung der Sommerpolder erforderliche Zeitraum wird, wie die Projekte Hauener Hooge und Wurster Sommerpolder zeigen, mindestens fünf Jahre betragen.

#### **4.     Schlußfolgerung**

In der aktuellen Diskussion um einen umweltgerechten Küstenschutz wird die Öffnung von Poldern – Sturmflutentlastungspoldern und Sommerpoldern – entlang der deutschen Nordseeküste als mögliche Alternative behandelt.

Sturmflutentlastungspolder, hier im Bereich der Unterweser, stellen nach Ansicht der Autoren wegen ihrer erheblichen Kosten und ihrer nur geringen Wirkung keine geeignete Maßnahme des Küstenschutzes dar. Ihre Anlage widerspricht dem Anspruch nach Deichlinienverkürzung, wie sie beispielsweise durch den Sperrwerkbau an Lesum, Ochtum und Hunte umgesetzt wurde.

Im Gegensatz dazu sind nach Auffassung der Autoren die Einschränkungen des Küstenschutzes bei Öffnung von Sommerpoldern durchaus vertretbar und werden durch die ökologische Aufwertung des Vorlands kompensiert. Dennoch ist seitens der betroffenen Küstenanwohner mit erheblichem Widerstand zu rechnen, wie die Diskussionen um eine Renaturierung des Belumer Außengrodens an der Elbe bei Otterndorf als Ersatzmaßnahme für die Fahrrinnenanpassung Unterelbe gezeigt haben [FERK, 2001].

## **5. Schrifttum**

- Abott, M.B. & Warren, I. R. (1981): Numerical Modelling of Free-Surface Flow that are 2D in Plan. – Proceedings of a Symposium on Predictive Ability of Transport Models for Inland and Coastal Waters, Academic Press.*
- Behre, K.-E. (2001): Meeresspiegelbewegungen und Siedlungsentwicklung in den Nordseemarschen. – Tagungsband der 19. AMK-Sitzung, Bamberger Geographische Schriften (dieser Band)*
- Berndt, D., Harten, H. & Rohde, H. (1983): Hydraulische Modellversuche zum Sturmflutgeschehen in der Untereibe (1976 – 1980). – Die Küste, Heft 38.*
- Bezirksregierung Weser-Ems (1985): Planfeststellungsbeschuß für das Unternehmen Küstenschutz Leybucht, Oldenburg.*
- Bund für Umweltschutz und Naturschutz Deutschland BUND (1996): Das Weserästuar im Spannungsfeld zwischen Natur- und Küstenschutz. Ein integriertes Entwicklungskonzept für die Weser und ihrer Marsch in Zeiten des Klimawandels der BUND-Arbeitsgruppe „Unterweser“. – Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz, Band 2.*
- Eikhorst, R. & Gropengießer, H. (1987): Ökosystem Salzwiese. – Landesbildstelle Bremen, Eigenverlag.*
- Erchinger, H. F. (1970): Deichbau und -erhaltung in Ostfriesland. – Die Küste, Heft 19.*
- Erchinger, H. F. (1974): Wellenmessungen an Seedeichen. – Naturmessungen an der ostfriesischen Küste, Mitteilungen aus dem Leichtweiß-Institut der Universität Braunschweig, Heft 41.*
- Erchinger, H. F. (1976): Deichschutzwerke, in Seedeichbau - Theorie und Praxis. – herausgegeben von K. H. Brößkamp.*
- Ferk, U. (2001): Das Monitoringverfahren zur Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe – Tagungsband der 19. AMK-Sitzung, Bamberger Geographische Schriften (dieser Band)*

*Kiemstedt, H. & Tesch, A. (1997): Ökologische Kompensationsmaßnahmen an der Wesermündung. – Hansa, Jg. 134, Heft 9.*

*Landesvermessung + Geoinformationssysteme Niedersachsen LGN (1998): Amtliche topographische Karten Niedersachsen/Bremen TOP 50. – Hannover.*

*Lenkungsausschuß für Sturmflutuntersuchungen in der Elbe (1983): Untersuchungen über Maßnahmen zum Sturmflutschutz in der Elbe. – Die Küste, Heft 38.*

v. *Lieberman, N. & Mai, S. (1999): Sturmflutschutz des Natur- und Wirtschaftsraumes zwischen Jade und Weser. – Tagungsband der 16. Jahrestagung des Arbeitskreis Meere und Küsten(AMK), Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung.*

v. *Lieberman, N., Mai, S. & Ohle, N. (2000): Auswirkungen von Sturmflutentlastungspoldern an der Unterweser. – Tagungsband zum 15. Deutschen Hydrographentag, Bremerhaven.*

v. *Lieberman, N., Grabemann, I., Osterkamp, S., Knogge, T. (2001): Verschiedene Reaktionsvarianten des Küstenschutzes an der Unterweser gegenüber einer Klimawirkung: Vergleichende Abschätzung der Effektivität und Nebenwirkungen. – Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften, Springer-Verlag (in Vorbereitung)*

*Lützenkirchen, M. (1995): Nordsee kann wieder ins Vorland spülen. – Wattenmeer International, Heft 3.*

*Mai, S., Daemrich, K.-F. & Zimmermann, C. (1998): Wellentransmission an Sommerdeichen. – Wasser+Boden, Heft 11.*

*Mai, S. & v. Lieberman, N. (2001): Flooding of Coastal Hinterlands. – Proceedings of the 22<sup>nd</sup> Int. Conf. on Hydrodynamics and Aerodynamics in Marine Engineering HADMAR, Varna, Bulgarien (zur Veröffentlichung angenommen).*

- Mai, S., Ohle, N. & Daemrich, K.-F. (1998): Numerical Simulations of Wave Propagation compared to Physical Modeling – Proc. of HYDRALAB-Workshop, Hannover.*
- Mai, S., Ohle, N. & Zimmermann, C. (1999): Applicability of Wave Models in Shallow Coastal Waters. Proc. of the 5th Int. Conf. on Coastal and Port Engineering in Developing Countries (COPEDEC), Kapstadt, Südafrika.*
- Nordsee-Zeitung (1996): Pflanzenwelt kennenlernen – Das Salzwiesenprojekt Wurster Küste läuft seit viereinhalb Jahren. – Nr. 99 (27.04.1996)*
- Oberbergamt Clausthal-Zellerfeld (1993): Planfeststellungsbeschluß für die Zulassung des Rahmenbetriebsplans über die Baumaßnahme für die Anlandung der Erdgasleitung „Europipe“ durch die Accumer Ee, Clausthal-Zellerfeld.*
- Ohle, N. & Mai, S. (2000): Comparison of Physical and Numerical Simulations of Currents. – Proc. of the 4th Int. Conf. on Hydroinformatics, Iowa, USA.*
- Requardt-Schohaus, E. (1996): Salzwiesen – mit oder ohne Beton? – Ostfriesland Magazin, Heft 3.*
- Schirmer, M., Neumann, P., & Claus, B. (1993): Die Unterweser. Hrsg. Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Weser.*
- Stückrath, T. & Heintz, M. (1996): Dämpfung der Tidebewegung in einem Polder. – Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Berlin, Heft 133.*
- Weiß, H. (2001): Hochwasserbemessungskonzept von Deichen. – Vortragsband der Nürnberger Wasserwirtschaftstage.*
- Wesemüller, H. (1995): Gas Marsch! – Wattenmeer International, Heft 4.*
- Wille, S. & Wonneberger, K. (1990): Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer, Cuxhaven. Hrsg. Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer, Wilhelmshaven.*
- World Wide Fund for Nature WWF (1995): Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer, 10 Forderungen zur weiteren Entwicklung. – Wattenmeer International, Heft 4.*