

Meeresspiegelanstieg und Küstenschutz

Peter Petersen

*Kuratorium für Küsteningenieurwesen,
Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten, Kiel*

1. Begriffe

Unter Meeresspiegelanstieg ist zunächst der Anstieg des mittleren Meeresspiegels zu verstehen. Dieser ist an der Ostsee das über eine bestimmte Zeit errechnete arithmetische Mittel der um 12.00 Uhr abgelesenen Wasserstände, an der Nordsee das Tidemittelwasser, das ist der Wasserstand der waagerechten Schwerlinie der Tidekurve, nicht zu verwechseln mit dem Tidehalbwasser, dem Wasserstand bei halbem Tidehub. Für den Küstenschutz sind Veränderungen des mittleren Tidehochwassers, des mittleren Tideniedrigwassers und des mittleren Tidehubs, ferner der Höhe und Häufigkeit extremer Hochwasserstände von Interesse. Ferner sind, mit dem Meeresspiegelanstieg im Zusammenhang stehend, Seegang und Wellenauflauf von Bedeutung (Begriffe siehe DIN 4049).

Unter Küstenschutz wird der Schutz des Küstengebietes gegen unerwünschte natürliche Einwirkungen verstanden. Dabei ist Küstenschutz kein Selbstzweck, sondern auf Schutz von menschlichem Eigentum und Nutzen wie auch auf Schutz der Natur gerichtetes Handeln.

2. Empfindlichkeit der Küste

Die Empfindlichkeit der Küste wird einerseits geprägt durch ihre natürlichen Erscheinungsformen und vom Menschen zielgerichtet geschaffene Bauwerke, andererseits durch den subjektiv wie objektiv begründbaren Wert der Küste. Während im einem Extrem ein vom Meer und von Wind aufgebaute Außenwand flexibel auf Belastungen reagieren kann und darf, kann im anderen Extrem eine Hochwasserschutzmauer unter der Belastung spontan versagen, mit der Folge plötzlich auftretender erheblicher Schäden. Dementsprechend differenziert sind Wirkungen eines Meeresspiegelanstiegs zu beobachten und zu bewerten und Folgerungen für menschliches Handeln zu ziehen.

Zur Zeit wird für die gesamte deutsche Küste im Rahmen einer Aktion des IPCC eine Studie über die Empfindlichkeit der Küste erstellt. Daneben erarbeiten die Küstenländer mit unterschiedlicher Intensität Kataster über die Küstenschutzanlagen sowie Art und Nutzung der geschützten Gebiete. Diese Arbeiten können als Grundlage für langfristig angelegte Küstenschutzkonzepte dienen.

3. Belastung der Küste

3.1 Wasserstände

Da sich der mittlere Meeresspiegel an Tideküsten nur durch zeitaufwendige Auswertung der gesamten Tidekurve, also von 705 Tidekurven je Pegel und Jahr, ermitteln läßt, befassen sich vergleichsweise wenige Arbeiten mit dessen Entwicklung in der Deutschen Bucht. Weltweit wurde in verschiedenen Veröffentlichungen ein globaler eustatischer Meeresspiegelanstieg von ca. 0,12 cm je Jahr seit 1880 angegeben. Etwa derselbe Wert wurde für Pegel der Deutschen Bucht, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Landsenkungen, sowie für den Pegel Travemünde an der Ostsee ermittelt (JENSEN & TÖPPE, 1986).

Prognosen der künftigen Entwicklung des Meeresspiegels führten in jüngerer Zeit zu deutlich niedrigeren Werten als noch vor etwa einem Jahrzehnt. Ein beim deutschen Klima-Rechenzentrum in Hamburg eingesetztes gekoppeltes Atmosphären-Ozean-Modell (veröffentlicht 1991) führte zu folgenden Ergebnissen:

- Szenario A ("business as usual"): 16 cm bis 2085

- Szenario D (starke Emissionsreduzierung): 6 cm bis 2085

Unberücksichtigt blieb hierbei ein etwaiger Beitrag der Gletscher Grönlands und der Antarktis, der gegebenenfalls mit 50 % des gesamten Meeresspiegelanstiegs anzusetzen sei. Zu addieren ist der bisherige als nicht anthropogen beeinflußt angesehene Anstieg von 12 cm/Jahrhundert. Die Prognose würde dann ohne Gletschereinfluß auf 28 bzw. 18 cm, mit Gletschereinfluß auf 42 bzw. 27 cm lauten. Andere Institute geben Werte von z. B. 31-66 (100) cm an.

Trenddarstellungen für MThw und MTnw weisen eine divergierende Entwicklung etwa seit 1950 und damit einhergehend einen deutlichen Anstieg des MThb aus. TÖPPE (1993) gibt folgende Werte an:

- MThw-Anstieg: 23 cm/Jahrhundert
- MTnw-Anstieg: 9 cm/Jahrhundert

- MThb-Anstieg: 12 cm/Jahrhundert

Aus physikalischen Gründen kann sich jedoch die Divergenz von MThw und MTnw nicht unendlich fortsetzen. Über kurze Zeiträume sich abzeichnende Trends müssen im Zusammenhang mit astronomisch bedingten Periodizitäten gesehen werden und klingen seit etwa 1985 wieder ab.

Eine Betrachtung der Mittelwerte für Sommer, Winter und ganzes Jahr des Ostseepegels Travemünde der Jahre 1986 bis 1994 zeigt, daß offenbar Wettereinflüsse Änderungen der mittleren Wasserstände in der Größenordnung von einem Dezimeter bewirken, so daß auch hier von kurzfristigen Trendausagen Abstand zu nehmen ist.

TÖPPE (1993) hat in einer vom BMFT geförderten "Analyse der mittleren Tidewasserstände an der deutschen Nordseeküste" nachgewiesen, daß die astronomischen Tiden und der Windstau maßgeblich den Gang der Tidewasserstände bestimmen. Eine von den Einflüssen der Nodaltide, der Perigäumstide, des Luftdrucks und des Windstaus befreite Ganglinie weist eine lange Schwingung mit einer Amplitude von 25 bis 30 cm auf, die durchaus zu der von LIESE und LUCK (1978) beschriebenen 74-jährigen Schwingung mit einer Amplitude von 38 cm paßt.

Eine Erhöhung der für den Hochwasserschutz besonders wichtigen extremen Wasserstände konnte in den letzten Jahrzehnten weder an der Nordsee noch an der Ostsee beobachtet werden, wohl aber eine Häufung hoher Wasserstände an der Nordsee. Eine Darstellung der Verweilzeiten von Wasserständen über NN+ 2,0 Meter am Pegel List macht diesen Trend deutlich. Auch wenn, um die Sturmtätigkeit zu erfassen, der säkulare Meeresspiegelanstieg berücksichtigt wird, wird der Trend zwar gemildert, ist jedoch nach wie vor deutlich. Eine Beziehung zur seit etwa 1950 gestiegenen mittleren Windgeschwindigkeit ist nicht eindeutig. Die häufigste Windrichtung drehte nach 1950 nach Südwest, weshalb die Verhältnisse an der niedersächsischen Küste anders sein können.

Von STENGEL und ZIELKE (1994) vorgenommene Simulationen zeigen, daß aufgrund eines Meeresspiegelanstiegs sowohl relativ niedrigere als auch höhere Sturmflut-Scheitelwasserstände zu erwarten sind, wobei die maximale Erhöhung für Hamburg mit 20 % des Meeresspiegelanstiegs ermittelt wurde.

3.2 Seegang

Für eine statistische Auswertung geeignete langjährige, d. h. 50 bis 100 Jahre zurückreichende Seegangsmessungen liegen nicht vor. Da aber hohe Wasserstände durch Sturm erzeugt und damit von Seegang begleitet sind, kann geschlossen werden, daß generell die Seegangintensität zumindest in der Deutschen Bucht zugenommen hat.

3.3 Strömung

Auch langjährige statistisch auswertbare Strömungsmessungen sind nicht verfügbar. Eine Zunahme des Seegangs führt zu einer Zunahme oder längeren Dauer der Brandungsströmung. Größere Amplituden der Tidekurve, sowohl durch befristeten Windstau als auch durch Erhöhung des Tidehubs, führen zu höheren Strömungsgeschwindigkeiten, insbesondere in den Rinnen aber auch auf dem Watt. Der Einfluß eines Anstiegs des Tidemittelwassers auf die Strömung ist differenziert zu betrachten. Je nach Relief des Wattenzugsgebietes kann er zu einer Erhöhung wie auch zu einer Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit führen.

3.4 Regen, Temperatur

Mit Klimaänderungen können auch im Küstengebiet Änderungen der Intensität und jahreszeitlichen Verteilung des Regens sowie der Temperatur einhergehen. Regenintensität und Temperatur sind direkt oder indirekt von Einfluß auf die Mikro- und Makroflora und Fauna des Wattenmeeres und insofern auch auf das Erosionsverhalten. Für etwaige Prognosen verwendbare Forschungsergebnisse hierzu sind nicht bekannt.

Lang anhaltende Trockenperioden im Sommer können zu vermehrten Rissen im bindigen Abdeckboden der Deiche führen. Diese können dadurch anfälliger gegen Druckschläge werden, während die Durchfeuchtung des Abdeckbodens stärker von der einbaubedingten Struktur abhängig ist, wie RICHWIEN und WEISSMANN (1995) im Bericht aus einem Forschungsvorhaben über Wellenüberlauf darlegen.

4. Reaktionen der Küsten

4.1 Sandige Küsten

An Kliffs bewirkt ein Anstieg des mittleren Meeresspiegels einen vermehrten Küstenabbruch und Quertransport. Hierdurch wird die Rückverlagerung der Kliffkante beschleunigt, ein Vorgang, der jedoch begrenzt ist, da sich das natürliche Profil auf höherem Niveau im allgemeinen wieder einstellen wird.

Häufigere Hochwasserstände (höhere Verweilzeiten) führen jedoch dauerhaft zu einem vermehrten Quertransport, eine Wirkung, die zum Teil durch Aufhöhung des trockenen und des Unterwasserstrandes egalisiert wird, zum Teil jedoch durch küstenparallelen Materialtransport zu einem dauerhaften Verlust und damit einem anhaltend stärkeren Kliffrückgang führt.

An Außensänden ist mit einer schnelleren Rückverlagerung, einer geringfügigen Verkleinerung und mit einer dem Meeresspiegelanstieg entsprechenden Aufhöhung zu rechnen (HOFSTEDÉ 1993). Von Bedeutung dürfte hier allerdings die Materialzufuhr sein. Mangelt es etwa im Leebereich einer Nehrung an transportier- und sedimentierbarem Material, etwa weil der natürliche Sandtransport durch Uferlängswerke, Buhnen oder Molen unterbrochen wurde, so können Haken und Nehrungen unter Umständen dem Meeresspiegelanstieg in der Höhe nicht folgen und werden kleiner werden oder durchbrechen.

4.2 Deiche, Hochwasserschutzbauten

Da Deiche zur Abwehr von extremen Hochwässern gebaut werden, hat eine Erhöhung mittlerer Tidewasserstände auf ihren Bestand, außer vielleicht lokal bei einem aus den Vorland aufwachsenden Deichfuß, keinen Einfluß.

Ein Anstieg von extremen Wasserständen und/oder der Verweilzeiten kann infolge von Durchnässung des Abdeckbodens lokal zu Schäden führen.

Schwallbrecher im Scheitelbereich werden eventuell die Deichhaut stärker beanspruchen, Überschwappen von Wellen wird häufiger sein. Eine größere Häufung von Extremwasserständen würde insbesondere die noch nicht verstärkten Ostseedeiche gefährden, weil hier die Verweilzeiten je Sturmereignis ohnehin wesentlich länger sind. Kenntnisse über eine Häufung solcher Ereignisse liegen jedoch bisher nicht vor.

4.3 Wattenmeer

Von einem Anstieg der mittleren Wasserstände sowie vermehrtem Seegang sind generalisiert folgende Wirkungen zu erwarten: Die Vorlandhöhe wird überwiegend dem Meeresspiegelanstieg folgen können. Das Watt wird jedoch, vor allem infolge gestiegener Seegangsaktivität in exponierten Lagen, dieser Entwicklung nicht oder nicht so schnell folgen. Infolgedessen wird es auch zu einer Aufsteilung im Übergangsbereich zum Vorland und zu Kantenerosion am Vorland kommen. Diese Entwicklung ist jedoch nicht überall, insbesondere nicht bei ausgedehnten flachen Wattflächen zu erwarten. Die Entwicklung der Rinnen wird je nach Wattrelief und Tidekurve unterschiedlich verlaufen.

5. Belastbarkeit der Küsten

Seedeiche an der Nordseeküste, die entsprechend den Küstenschutzfachplänen verstärkt sind, dürften den zusätzlichen Belastungen infolge eines Meeresspiegelanstiegs in prognostizierter Höhe gewachsen sein, wenn sie, wie in Schleswig-Holstein, eine flache Außenböschung mit einer Neigung von 1:8 in Höhe des Bemessungswasserstandes aufweisen. Bei diesem Profil ist eine ausreichende Reserve für den Wellenauflauf vorhanden. Andere Seedeiche sollten entsprechend verstärkt werden.

Eine Überprüfung und ggf. Anpassung von Profil und Kronenhöhe ist bei Tidestromdeichen erforderlich, einerseits weil hier das Maß für den Wellenauflauf geringer ist, andererseits weil in Ästuaren und Tideströmen die Extremwasserstände bei einem steigenden Meeresspiegel stärker ansteigen werden. Ein verstärkter Rückgang von Kliffs wird vielfach hinnehmbar sein, oder aber es ist, wenn der Rückgang nicht toleriert werden kann, mehr oder häufiger Sand vorzuspülen. Soweit nicht ausreichend Sand, der möglichst nicht aus dem Wattenmeer genommen werden sollte, verfügbar ist, ist mit einer Kosten-erhöhung zu rechnen. Eine Besonderheit können durch Deckwerke gesicherte exponierte Küstenabschnitte darstellen, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll.

Ein Rückgang oder eine Verlagerung der Sände wird vorläufig hinzunehmen sein, da aufgrund der bisher prognostizierten Meeresspiegeländerung eine plötzlich einsetzende katastrophale Entwicklung nicht zu erwarten ist. Die Grenzen der Belastbarkeit können jedoch bei Nehrungen erreicht werden, wenn diesen eine Hochwasserschutzfunktion zukommt.

Hinsichtlich der Belastbarkeit der Watten besteht die größte Unsicherheit. Seegangsbedingte Korngrößenveränderungen auf der Wattoberfläche können zu einer Änderung des Erosionsverhaltens führen. Eine wesentliche Unsicherheit bei allen Prognosen besteht hinsichtlich der Verfügbarkeit von sedimentierbarem Material, das erforderlich ist, damit das Watt einem Meeresspiegelanstieg in der Höhe folgen kann. Soweit dieses Material aus dem System selbst stammen muß, sind lokal Materialdefizite und entsprechende Abtragungen zu erwarten.

6. Planungen, Untersuchungen, Forschungen

Eine Überprüfung der Sicherheit der Deiche wird mittelfristig auch unter Risikoaspekten durchzuführen sein, nicht zuletzt deshalb, weil die Frage nach der höchstmöglichen Sturmflut nach wie vor unbeantwortet ist. Zur Erleichterung der Deichunterhaltung bzw. zur Verminderung von Deichverstärkungskosten und zugleich im Interesse des Naturschutzes kommt an besonderen Stellen, vorrangig im Bereich der Ostsee, eine Rückverlagerung der Hochwasserschutzlinie in Frage. An der Nordseeküste und an den Stromdeichen wird der Existenz bzw. der Erschaffung einer zweiten Deichlinie besondere Aufmerksamkeit zu widmen sein, um das Sturmflutrisiko einzugrenzen.

Im Zusammenhang mit dem Rückgang von Kliffs werden längerfristig heutige Regelungen hinsichtlich der Nutzung der Flächen landwärts der Kliffkante zu überprüfen sein. Hierfür werden Risikoanalysen und Nutzen-Kosten-Betrachtungen heranzuziehen sein. Das Vorland soll, heute als Salzwiese wertvoller Bestandteil der Nationalparks, in seinem Bestand erhalten bleiben. Mit naturschonenden Maßnahmen, wie Lahnungsbau an der Vorlandkante, soll dieses Ziel erreicht werden. Grundsätzlich wäre die Bildung von Buchten im Wattenmeer, wie sie im nordfriesischen Wattenmeer durch Dammbauten zu Inseln und Halligen zum Teil verwirklicht wurden, nützlich für den Aufbau und Erhalt eines in der Höhe abgestuften Wattenmeeres. Etwa noch denkbare Dammbauten, die einen erheblichen Eingriff in das sensible Wattenmeer bedeuten würden, wären jedoch nur nach sorgfältigsten Vorarbeiten zu verantworten. Einer sicheren Prognose bedürfen vor allem das etwa veränderte Verhalten der Wattrinnen sowie die Herkunft des in neu geschaffenen Buchten sedimentierenden Materials, das möglicherweise an empfindlichen Stellen im seawärtigen Bereich des Wattenmeeres fehlen würde. Auf die Entwicklung der Außensände wird, solange durch ihren Rückgang nicht eine Gefahr für genutz-

tes Land entsteht, kein Einfluß genommen werden. Die etwaige Gefährdung von Nehrungen mit besonderer Schutzfunktion bedarf lokaler Untersuchungen und Abwägungen.

Die in der letzten Zeit gelegentlich im Zusammenhang mit der Diskussion über die Zukunft des Wattenmeeres erhobene Forderung, Deiche zurückzuverlagern, sollte von intuitiver Argumentation befreit werden. Die Forderung, daß eine große Zahl von Menschen ihr Eigentum, ihre Existenzgrundlage und ihr Heimatempfinden aufgeben sollen, um der Natur mehr Raum zu geben, ist nicht nur aus rechtlichen und ethischen Gründen, sondern auch aus fachlichen Gründen zu hinterfragen. Im Hinblick auf die Entwicklung des Wattenmeeres wäre konkret darzulegen, welcher Mißstand herrscht und welche nachvollziehbaren Argumente dafür vorliegen, daß dieser Mißstand durch eine Deichrückverlagerung zu beseitigen wäre. Die dokumentierte Entwicklung des Wattenmeeres und des Vorlandes in den vergangenen Jahrzehnten und Jahrhunderten läßt nicht ohne weiteres den Schluß zu, daß eine landwärtige Öffnung des Wattenmeeres generell positive Entwicklungen für den Bestand des Wattenmeeres einleiten würde.

Nachfolgend sind einige aktuelle Forschungsvorhaben des Küsteningenieurwesens mit Bezug zu Klimafolgen aufgelistet:

- Wadden Sea Development (deutsch-niederländisches Projekt/KFKI)
- Modelluntersuchungen zur morphologischen Stabilität des Wattenmeeres bei einem beschleunigten Meeresspiegelanstieg (KFKI).
- Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Wasserstände und die Windverhältnisse an den deutschen Küsten (BMBF/BEO).
- Auswirkungen von Klimaänderungen auf Sturmflutentwicklung und Extremwasserstände in der Nordsee (BMBF/BEO).
- Verbundprojekt Klimaauswirkung und Boddenlandschaft (AUG).
- Optimierung von Küstensicherungsarbeiten im Küstenvorfeld der Nordseeküste (KFKI).
- Windstauanalysen zur Änderung des Sturmflutklimas in Nord- und Ostsee (KFKI).

- Einfluß von Steiluferabbrüchen auf die Prozeßdynamik angrenzender Flachwasserbereiche (KFKI).
- Sedimentverteilung als Indikator für strukturelle Veränderungen des Watts (KFKI).
- Materialinventur an der deutschen Nordseeküste (KFKI).
- Morphologische Gestaltungsvorgänge im Küstenvorfeld der Deutschen Bucht (KFKI, geplant).
- Bemessung auf Seegang, Wirkung von Wellenüberlauf (KFKI).

Literatur

- Hofstede, J.: Morphologische Entwicklung der nordfriesischen Außensände. Ber. Landesamtes f. Wasserhaushalt Küsten, 1993.
- Jensen, J, Töppe, A: Zusammenstellung und Auswertung von Originalaufzeichnungen des Pegels Travemünde/Ostsee ab 1826. DGM 30, 1986, H. 4
- Liese, Luck: Verfahren zum Nachweis von Veränderungen der Tidehochwasserstände. DGM 22, 1978, H5.
- Richwien, W., Weißmann, R.: Zur Standsicherheit von Deichinnenböschungen bei Wellenüberlauf. Forschungsbericht 1995, unveröffentlicht.
- Stengel, T, Zielke, W: Der Einfluß eines Meeresspiegelanstiegs auf Gezeiten und Sturmfluten in der Deutschen Bucht. Die Küste, H. 56, 1994.
- Töppe, A: Zur Analyse des Meeresspiegelanstieges aus langjährigen Wasserstandszeichnungen an der deutschen Nordseeküste. Mitt. LWI der TU Braunschweig, H. 120, 1993.