

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Schumacher, Walter

Modellbetrachtungen zur Morphodynamik im Litoral - dargestellt am Beispiel der Westküste Poel

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106262>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Schumacher, Walter (1989): Modellbetrachtungen zur Morphodynamik im Litoral - dargestellt am Beispiel der Westküste Poel. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau 54. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 40-51.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



4) DLK 627. 521
551.468

Naturliche Umgestaltung von Ufern
Morphologie der Küste

Modellbetrachtungen zur Morphodynamik im Litoral — dargestellt am Beispiel der Westküste Poel

W. Schumacher

Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald

1. Einleitung

Um in sinnvoller Weise in das Naturgeschehen eingreifen zu können, sind für jede konkrete Aufgabe des Küstenschutzes umfangreiche und aufwendige Grundlagenuntersuchungen erforderlich. Der Aufwand für derartige Untersuchungen kann reduziert werden, wenn geeignete Modelle bestehen, die es gestatten, Strände unterschiedlicher Lokalitäten zu vergleichen, und damit das Wesen ihrer grundlegenden dynamischen Wechselbeziehungen sichtbar zu machen. Deshalb ist die Suche nach geeigneten Modellen ein bedeutsames Anliegen der Küstenforschung.

Am Beispiel der Westküste der Insel Poel soll gezeigt werden, daß

1. sowohl das "globale Modell" von SHORT (1978) als auch die Konzeption der Bilanzsysteme nach GURWELL u. a. (1982) geeignet sind, eine sinnvolle Klassifizierung und Systematisierung von Strandabschnitten zu erreichen, und
2. ausgehend von diesen Vorstellungen sowie über Analogieschlüsse eine dynamische Charakterisierung eines Strandabschnittes in halbquantitativer Form als zweckmäßige Grundlage detaillierterer Untersuchungen möglich ist.

2. Erläuterung der Grundlagen

Da für den betreffenden Küstenbereich keine hydrodynamischen Messungen vorliegen, muß die Einschätzung der Hydrodynamik in zumeist halbquantitativer Form über Analogieschlüsse aus anderen Gebieten in Verbindung mit vorhandenen meteorologischen Daten erfolgen. Die Zulässigkeit dieses Vorgehens wird durch eine frappierende Korrelation zwischen Windcharakteristik, Wellenhöhe und küstenparallelem Strömungsverhalten, wie sie FOX und DAVIS (1976) für mehrere Küstenareale nachwiesen, bestätigt.

Die morphodynamische Analyse des Gebietes stützt sich u. a. auf die Tatsache, daß sich die Küste in morphodynamisch zusammengehörige Abschnitte untergliedern läßt (vgl. GURWELL 1981). Dabei werden zweckmäßigerweise die

Aufeinanderfolge und die annähernde Geschlossenheit von Akkumulations-, Transport- und Abrasionsbereichen zugrunde gelegt.

GURWELL u. a. (1982) unterscheiden zwischen der physiographischen Einheit und dem Bilanzsystem, wobei ersteres Produkt eines hydrodynamischen Einzelereignisses, letzteres das küstendynamische Bild der räumlichen und zeitlichen Summation der Einzelereignisse bildet. Zwei aneinandergrenzende Bilanzsysteme werden durch eine Trennzone unterschiedlichen Durchdringungsgrades voneinander abgegrenzt. Unter der Voraussetzung, daß sich die Summe der Einzelereignisse in der morphologischen, bathymetrischen und topographischen Zustandsform einer Küstenzone widerspiegeln, sollte das Untersuchungsgebiet einem solchen System zugeordnet werden können (vgl. Pkt. 3.).

In jüngster Vergangenheit wurden gewaltige Anstrengungen unternommen, die dynamischen Vorgänge im Küstenbereich zu quantifizieren (z. B. GUZA und INMAN 1975, WRIGHT u. a. 1982) und auf dieser Basis eine anwendungsbereite und gesicherte Klassifizierung von Stränden zu erreichen. Insbesondere mit dem "globalen Modell" von SHORT (1978) bzw. SHORT und WRIGHT (1983) scheint dies gelungen.

Letztgenannte Autoren unterscheiden drei grundlegende Strandtypen - den dissipativen, einen mittleren und den reflektiven. Der mittlere Typ wird durch vier unterschiedliche Strandstadien repräsentiert. Jedes der insgesamt sechs Strandstadien besitzt eine spezifische Morphologie und Hydrodynamik (vgl. Tabelle 1).

Das hochenergetische Strandstadium 6 ist mit hohen Wellen und einem grossen Feinsandangebot (Md ca. 0,2 mm) gekoppelt. Kennzeichnend sind niedrige Strand- und Schorregradienten und häufig mehrere Sandriffe bzw. Brecherzonen. Kurzperiodische Wellen und der extrem flache Schorrehang bedingen generell Schwallbrecher ("spilling breaker"). Die Wellenflächenreduktion erfolgt allmählich, was zu multiplen Brechpunkten und häufig zu multiplen Riffen führt. Die Zerstreung der eingetragenen Wellenenergie erfolgt auf langer Strecke. Damit verbunden sind niederfrequente Oszillationen des Wasserspiegels an der Strandlinie, genannt "surf beat" sowie Energiespektren im Bereich infragravitativer Frequenzen (T größer 30 s). In der Brandungszone existiert eine vorherrschend küstenwärtige Strömungskomponente an der Wasseroberfläche, die durch eine seewärtige Rückströmung am Boden kompensiert wird.

Die mittleren Strandstadien 5 bis 2 repräsentieren den fortschreitenden Übergang von zerstreuen zu reflektiven, von Hochwellen- zu Niedrigwellen-

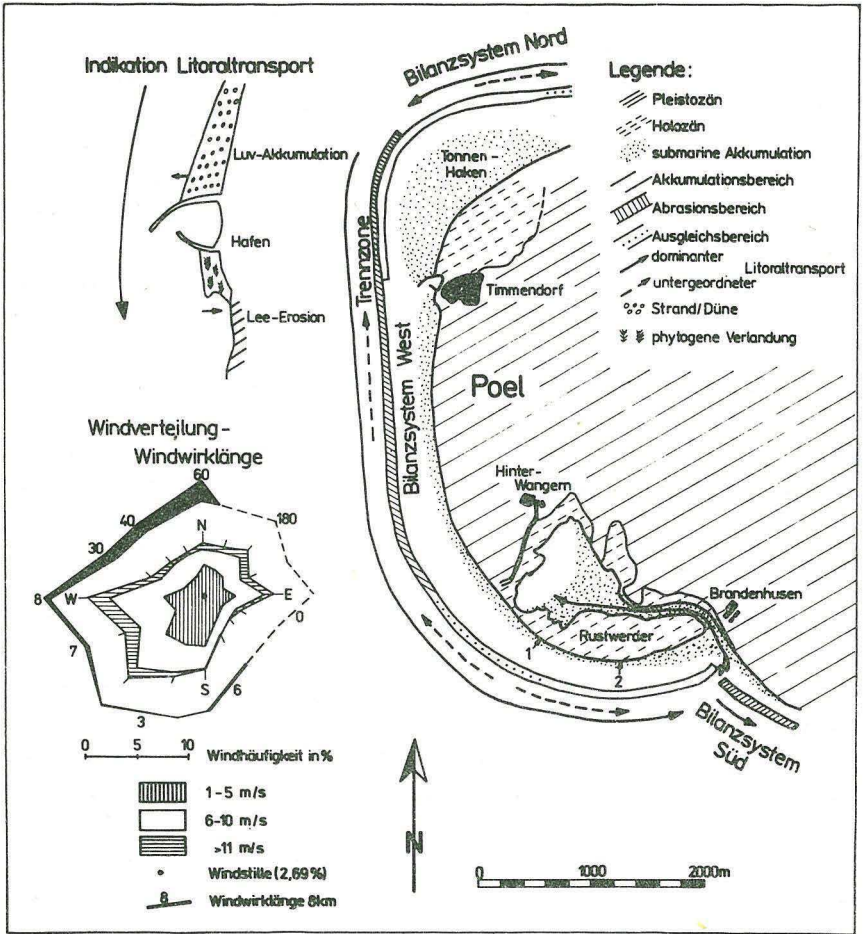


Bild 1: Küstendynamischer Überblick der Westküste Poel

bedingungen. Kontrollierende Milieufaktoren sind Mittelsande und mittlere Wellenhöhen. Allen vier Stadien ist eine ausgesprochene Küstenlängsvariabilität der Formen, verursacht durch eine alternierende Sandrifftopographie und durch ansteigende Ripströmungszirkulation, gemeinsam. Der vorherrschende Brechertyp sind Sturzbrecher ("plunging breaker") bzw. Mischformenbrandung aus Sturz- und Schwallbrechern.

Das Strandstadium 1 ist bei niedrigen Wellen besonders in Gebieten mit Grobsedimenten (Md ca. 0,6 mm) existent. Die Strand- und Schorreineigung ist relativ hoch, wodurch die niedrigen Wellen ungehindert bis zum Vorstrand fortschreiten und dort als Reflexionsbrecher ("surging breaker") ihre Energie gebündelt abgeben. In der Regel werden in diesem Stadium keine Brandungszonen- bzw. Sandriffmerkmale angetroffen.

3. Hydro- und morphodynamische Charakterisierung der Westküste Poel

Ausgehend von dem Windverteilungsdiagramm (Bild 1) und der topographischen Westexposition dieses Küstenabschnittes sollten:

W-N-Winde höchste,

NE-Winde hohe (gemindert durch Refraktionseffekte),

SW-Winde geringe (kleine Windwirklänge),

wellenenergetische Belastungen ergeben. Unter Berücksichtigung der Meßdaten von DAVIDSON, ARNOTT und RANDALL (1984), WEISS und JÄGER (1983) und HALE und GREENWOOD (1980) werden bei Windgeschwindigkeiten kleiner 5 m/s Flachwasserwellen eine Höhe von 0,5 m nur selten überschreiten. Auflandige Winde mit 6 bis 10 m/s können Wellenhöhen bis ca. 1 m und solche mit Geschwindigkeiten größer 11 m/s bis zu 2 m erzeugen. Kombiniert man diese Aussagen mit der Windverteilung im Untersuchungsraum, so sind für mehr als zwei Drittel des Jahres Wellenhöhen kleiner als 0,5 m und nur für 5 % des Jahres größer als 1 m zu erwarten. Die modale jährliche Wellenhöhe dürfte nicht größer als 0,5 m sein.

Insgesamt betrachtet, muß die Westküste Poel als niedrigerenergetischer Küstenraum eingestuft werden. Zusätzlich bewirkt die buchtwärtige Erstreckung eine mit Refraktionsprozessen verbundene Wellendämpfung in südlicher Richtung. Windverteilung und Wellencharakteristik lassen unter theoretischem Aspekt signifikante Küstenlängsströmungen mit ausreichender Transportkapazität nur bei Winden aus W-N-Richtung erwarten.

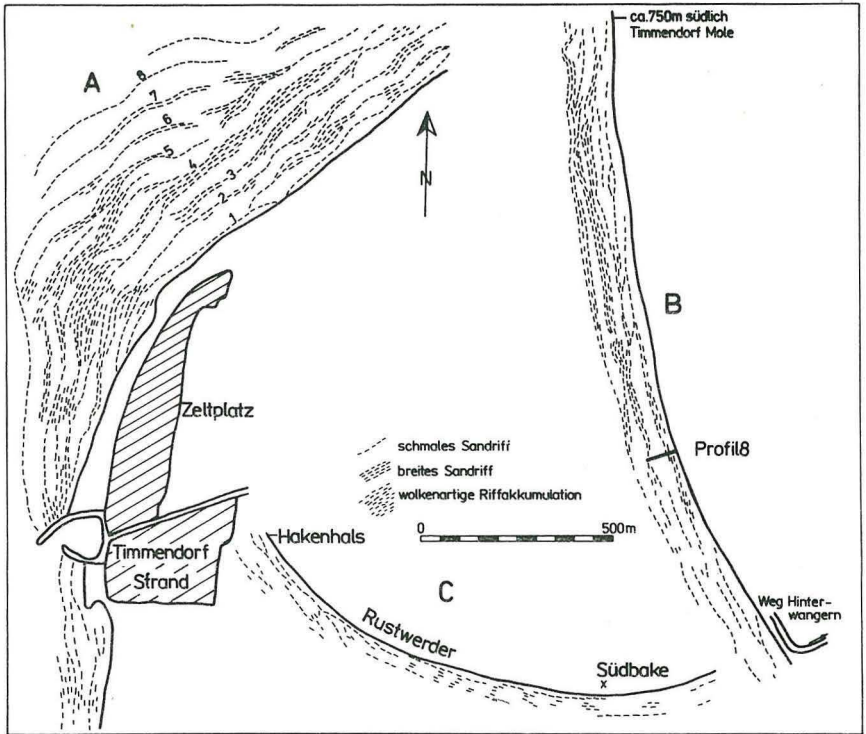


Bild 2: Submariner Sandriffverlauf vom Tonnenhaken (A) über die westliche Kliffstrecke (B) bis zur Rustwerder-Schaar (C)

Die Auswertung von Luftbildserien sowie morphologische Geländebeobachtungen zeigen, daß zwei Akkumulationsschwerpunkte (Tonnenhaken/Rustwerder) existieren, die durch die Abrasions- und Transitstrecke des Poeler Westufers getrennt sind (Bild 1). Der Tonnenhaken wird von den nordöstlich anschließenden Kliffstrecken (Bilanzsystem Nord) gespeist. In seinem südlichen Bereich wurde eine Trennzone postuliert, in der sich der Zuwachsbereich des nördlichen und der einsetzende Abtragsbereich des westlichen Bilanzsystems gegenseitig durchdringen.

Der annähernd durchgehende Sandriffverlauf des Tonnenhakens (Bild 2), das Sedimentationsbild der Hafemole Timmendorf (Bild 1) und der Rustwerder selbst sind verifizierender Hinweis einer dominanten, südlichen Litoraldrift. Es handelt sich also um einen Grenzbereich mit gleichen Transportrichtungen. Derartige Typen sind bis zu einem gewissen Grad materialdurchlässig (GURWELL 1981), so daß dem Bilanzsystem West Material des Bilanzsystems Nord über die Aufarbeitung der subaquatischen Trennzoneablagerungen zugeführt wird.

Auf der sehr flach einfallenden Schorre des Tonnenhakens gibt es 8 bis 9 Sandriffe. Sie sind annähernd symmetrisch und in der Draufsicht gerade bis sinusförmig. Eine Tendenz zu wolkenartiger Riffakkumulation wird deutlich (Bild 2). Solche Riffkörper werden als "multiple parallel bars" beschrieben (DAVIDSON-ARNOTT und PEMBER 1980).

Ab der Hafemole Timmendorf treten 3 bis 4 asymmetrische Riffe mit steilen landwärtigen Hängen auf. Die inneren Riffe sind sichelförmig ("crescentic bars"), die äußeren zeigen eine Tendenz zu geradem Verlauf ("straight bars"). Die Riffhöhen, Riffabstände und Wassertiefen über dem Riffkamm steigen seewärts kontinuierlich an. Derartige Riffe ("nearshore bars") wurden in der Literatur sowohl in gerader Form (SHORT 1975) als auch in Sichelform (HOMMA und SONU 1962, GREENWOOD und DAVIDSON-ARNOTT 1975) beschrieben.

Etwa 500 m nördlich des Weges Wangern beginnt eine langsame Auflösung der Sichelriffe durch schräg zur Küste ausgebildete Rinnen. Ab dem ersten markanten Knickpunkt des Rustwerder (Punkt 1, Bild 1) treten dann deutliche Quer- und Hakenriffe ("transverse bars", vgl. NIEDERODA und TANNER 1970 und Bild 3c) auf. Auf der Schaar des Rustwerder sind im Luftbild keine ausgeprägten Riffmerkmale erkennbar. Geländebeobachtungen weisen jedoch auf das zeitweilige Vorhandensein einer schwach ausgebildeten Riff-/Rinnenstruktur (ridge/runnel, vgl. DAVIS 1979) hin.

Neben den submarinen Merkmalen zeigen auch die subaerischen Verhältnisse deutliche Varianzen. Von der Hafemole Timmendorf bis zum Punkt 1 (Bild 1) bilden rhythmische Strandlinienkrümmungen ("protuberances") mit Amplituden zwischen 200 bis 500 m das subaerische Pendant zu den Sichelriffen. Riesenhörner ("giant cusps", Amplituden ca. 100 m) sind häufige Strandlinienmerkmale im Bereich der Querriffe. Die Süd-Strandlinie des Rustwerder ist in der Regel gradlinig. Zeitweilig können aber große erosive Strandhörner beobachtet werden.

4. Morphodynamisches Modell der Westküste Poel

Analogieschlüsse aus den erläuterten Grundlagen und die Fixierung der lokalen Verhältnisse führen zum halbquantitativen Küstenmodell in Bild 3. Wellenrefraktion und -dämpfung bewirken bei einer gegebenen Tiefwasserwellenkraft P_0 küstenparallele Variationen der Wellenbrecherkraft P_b . Geringe Wellenbrecherkraft erzeugt niedere Strandstadien (I/II), große Wellenbrecherkraft höhere (V/VI, vgl. SHORT 1978). Der räumliche Übergang vom Stadium V/VI (Tonnenhaken) bis zum Stadium I (Rustwerder-Schaar) belegt die kontinuierliche, buchtwärtige Abnahme der Wellenkraft.

Südlich des Rustwerder wurde ein Strandstadium 0 ausgehalten. Hier ist die Wellenbrecherkraft annähernd Null, und es herrschen strömungsdominante Prozesse vor. Kennzeichnend ist ein dichter Seegras- und Grünalgenbewuchs. Eine fast gleiche räumliche Variation beschreibt SHORT (1978) von der Coorong-Küste Südaustraliens.

Neben dieser räumlichen Variation ist die zeitliche Veränderlichkeit der Stadien bei unterschiedlichen dynamischen Belastungen ein interessanter Aspekt. Weder die Luftbilder noch die Geländebeobachtungen zeitigten hierfür eindeutige Beweise. Die topographische Ausbildung der Schorre und des höheren Strandes bleibt über große Zeiträume stabil. Veränderungen erfährt lediglich der Vorstrandbereich. Ursache dafür ist das Fehlen langperiodischer Dünungswellen an Fetch-begrenzten Meerestküsten. Die sturmerzeugte Morphologie bleibt häufig als Reliktform erhalten. Küstenparallele Riffe sind deshalb permanente Merkmale kleinflächiger, gezeitenloser Küstenareale.

Die Geländebeobachtungen über mehrere Jahre zeigen, daß die morphodynamischen Veränderungen im betrachteten Küstenraum nach zeitlicher und räumlicher Intensität im Bereich der Querriffe des Rustwerder-Strandes am

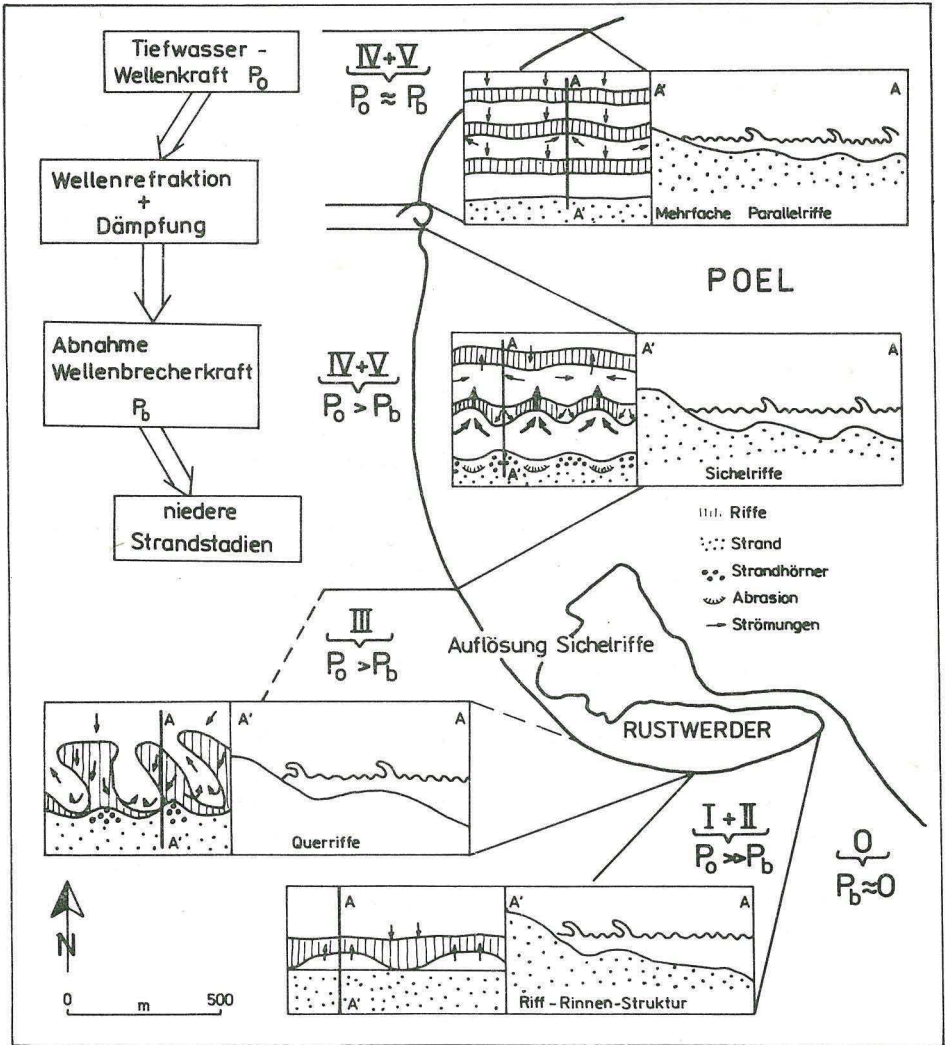


Bild 3: Morphodynamisches Modell der Westküste Poel

größten sind. Dies deckt sich mit den quantitativen Aussagen von SHORT und WRIGHT (1983), die für das entsprechende Strandstadium III den höchsten Strandmobilitätsindex angeben.

Nach SHORT und WRIGHT (1983) entsprechen die Stadien II bis V einer modalen Wellenhöhe von 1,0 m bis 2,5 m. Diese ist aber im Raum Poel kleiner als 0,5 m. Dieser vermeintliche Widerspruch löst sich auf, wenn man davon ausgeht, daß die Schorremerkmale als Reliktformen, nicht die modale, sondern die maximale Wellenhöhe widerspiegeln. Der grundsätzliche Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung bleibt dadurch gewahrt.

5. Schlußfolgerungen

Die Ausführungen weisen darauf hin, daß die angewandten Modelle bzw. Vorstellungen verallgemeinerungsfähig sind, und über sie eine relativ aussagekräftige Analyse der Wechselbeziehungen zwischen Hydro- und Morphodynamik eines bestimmten Küstenabschnittes erreicht werden kann. Diese Analyse ist für viele Interpretationen sedimentdynamischer, biodynamischer, genetischer und bilanzierender Art nützlich und ausreichend (vgl. SCHUMACHER 1986), muß aber im speziellen Fall durch konkrete Messungen unteretzt werden.

Wesentliche Erkenntnis der durchgeführten Modellübertragung ist, daß die sturmerzeugte Morphologie in der Regel als Reliktform erhalten bleibt und damit die hydrodynamischen Maximalereignisse die dominanten Milieukriterien an Binnenmeeresküsten darstellen.

Die Modellübertragung konnte hier nur in qualitativer und halbquantitativer Form erfolgen. In Zukunft wird es notwendig sein, diese Vorstellungen an anderen Küstenabschnitten und untermauert durch Messungen (Erfassung hydrodynamischer und morphodynamischer Parameter, wie Wellenhöhe und -periode, Schorre-/Strandneigung, Strandmobilitätsindex u. a.) weiter auf ihre Gültigkeit zu testen.

6. Zusammenfassung

Das an offenen Ozeanküsten abgeleitete Modell von SHORT (1978) wurde auf eine Binnenmeeresküste übertragen. Eine Übereinstimmung der morphologischen Charakteristika in Abhängigkeit von den hydrodynamischen Bedingungen zwischen Modell und Anwendungsbeispiel kann festgestellt werden. Die Gegenüberstellung eröffnet aber auch Unterschiede, die wesentliche Eigenheiten von Binnenmeeresküsten aufdecken.

Tabelle 1 Strandstadien und ihre verbale Charakteristik (nach SHORT 1978 und SHORT und WRIGHT 1983)

Strand- stadium	Milieubedingungen	Morphologie	Hydrodynamik Wellen brechen:	Strömungen
VI	hohe Wellenenergie, großes Feinsand- angebot (Md 0,2 mm)	niedriger Strand- Schorregradient; breiter, flacher Vorstrand, feine Riff-(Brecher)zonen (2-5) innerhalb Brandungszone	weit vor Strandlinie (200 bis 500 m); Energiezerstreu- ung auf weiter Strecke, Schwallbrecher	oberflächennahe-strand- wärtige, bodennahe- seewärtige Brandungs- strömungen
V	mittlere Wellen- energie (von V nach II abnehmend) Md 02, bis 0,6 mm	ausgeprägte strand- parallele Sandriffe und Rifftäler	auf Riff überwiegend als Sturzbrecher, begrenzte Energiezerstreuung, am Vor- strand z. T. reflektive Bedingungen	weiche Ripzirkulation
IV		Sichelriffe mit Rip- stromrinnen	stark über Riff, gering über Rinne	starke Ripzirkulation
III		alternierende Quer- riffe mit tiefen Riprinnen	stark über Riff und erzeu- gen pulsierendes seewärti- ges Abfließen in Riprinnen	stärkste Ripzirkulation
II		Niedrigwasserterasse oder flache, schmale Riff-Rinnen-Struktur	bei Hochwasser auf Strand- wall-Luvhang, bei Niedrig- wasser wird Wellenenergie auf Riff reflektiert	weiche Ripzirkulation
I	niedrige Wellen- energie, geringes Sedimentangebot grobe Klastika (Md 0,6 mm)	schmäler, steiler Strand/Vorstrand; großkörnige Niedrig- wasserstufe; keine Brandungszone und Sandriffe	direkt an Strandlinie als Reflexionsbrecher	in Strandnähe äußerst turbulentes Schwall- Sog-Verhalten, an- sonsten wie VI

Literatur

- DAVIDSON-ARNOTT, R. G. D.; PEMBER, G. F.:
Morphology and sedimentology of multiple parallel bar systems,
Southern Georgian Bay, Ontario.
In: S. B. Mc CANN (Ed.): The Coastline of Canada. -
Geol. Surv. of Coan., Pap. 80-10 (1980), S. 417 - 428
- DAVIDSON-ARNOTT, R. G. D.; RANDALL, D. C.:
Spatial and temporal variations in spectra of storm waves across a
barred nearshore. -
In: B. GREENWOOD und R. A. DAVIS Jr. (Eds.):
Hydrodynamics and sedimentation in a wave-dominated coastal environment.
Mar. Geol., Amsterdam 60 (1984), S. 15 - 30
- DAVIS, R. A.:
Beach and nearshore zone. -
In: R. A. DAVIS Jr. (Ed.): Coastal sedimentary environments. -
Springer-Verlag New York/Heidelberg/Berlin (1979), S. 237 - 285
- FOX, W. T.; DAVIS, R. A.:
Weather pattern and coastal processes. -
In: R. A. DAVIS Jr. und R. L. ETHINGTON (Eds.):
Beach and nearshore sedimentation, Soc. Econ. Palaeont. Mineral. Spec.
Pubn., Tulsa 24 (1976), S. 1 - 23
- GREENWOOD, B.; DAVIDSON-ARNOT, R. G. D.:
Marine bars and nearshore sedimentary processes,
Kouchibouguac Bay, New Brunswick, Canada. -
In: J. HAILS und A. CARR (Eds.):
Nearshore sediment dynamics and sedimentation,
John Wiley, London 1975, S. 123 - 150
- GURWELL, B. R.:
Sedimentologische und morphologische Parameter ausgewählter Küstenab-
schnitte - ihre Korrelation und räumlich-zeitliche Varianz. -
Greifswald, E.-M.-Arndt-Univ., 1981, Diss. A, 150 S.
- GURWELL, B.; WEISS, D.; ZIELISCH; E.:
Beitrag zur Charakterisierung von physiographischen Einheiten und
Bilanzsystemen an mecklenburgischen Küstenstrecken. -
Z. geol. Wiss., Berlin 10 (1982) 10, 1347 - 1355
- GUZA, R. T.; INMAN, D. L.:
Edge waves and beach cusps. -
J. Geophys. Res. 80, S. 2997 - 3012
- HALE, P. B.; GREENWOOD, B.:
Storm wave climatology: A study of the magnitude and frequency of
geomorphic process. -
In: S. B. Mc CANN (Ed.): The Coastline of Canada, Geol. Surv. of Can.,
Pap. 80 - 10 (1980), S. 73 - 88

HOMMA, M.; SONU, C.:

Rhythmic pattern of longshore bars related to sediment characteristics.
Proc. 7th. Conf. Coast. Eng.,
The Hague 1962, S. 248 - 278

NIEDERODA; A. W.; TANNER, W. F.:

Preliminary study of transverse bars. -
Geol., Amsterdam 9 (1970), S. 41 - 62

SCHUMACHER, W.:

Untersuchungen zur Sedimentation im Litoral der südwestlichen Ostsee-
küste - dargestellt am Beispiel des Untersuchungsgebietes Rustwerder
(Poel). -
Greifswald, E.-M.-Arndt-Univ., 1986, Diss. A, 98 S.

SHORT, A. D.:

Multiple offshore bars and standing waves. -
J. Geophys. Res. 80 (1975) 27, S. 3838 - 3840

--- :

Wave power and beach stages: a global model. -
Proc. 16th. Coast. Eng. Conf. ASCE/Hamburg 1978, S. 1145 - 1162

SHORT, A. D.; WRIGHT, L. D.:

Physical variability of sandy beaches. -
In: Mc LACHLAN & T. ERASMUS (Eds.):
Sandy Beaches as Ecosystems. -
Dr. W. JUNK Publ., The Hague 1983, S. 133 - 144

WEISS, D.; JÄGER, B.:

Das Küstenschutzsystem aus T-Buhnen und einem Natursteinwellenbrecher
bei Dranske/Rügen. -
Beitr. z. Meereskde., Berlin 49 (1983), S. 99 - 137

WRIGHT, L. D.; GUZA, R. T.; SHORT, A. D.:

Dynamics of a high energy dissipative surfzone. -
Mar. Geol., Amsterdam 45 (1982), S. 41 - 62