

Werk

Jahr: 1957

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 Z NAT 2148:23

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0023

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0023

LOG Id: LOG_0021

LOG Titel: Dynamik und Sediment-Transport an der Wattoberfläche des Weserästuars

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain there Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Dynamik und Sediment-Transport an der Wattoberfläche des Weserästuars

Von H. Lüneburg, Bremerhaven¹⁾

Zusammenfassung: Es wird zunächst ein Überblick über die topographischen und physikalisch-chemischen Verhältnisse der wichtigsten Wattflächen zwischen Jade und Elbmündung gegeben, wobei vor allem die Korngrößenverteilung, der Gehalt an organischer Substanz, an Kalk, Magnesium, kolloidem, sedimentbindendem Eisen usw. gebracht werden. — Im Hauptteil folgt dann in großen Zügen die Hydrographie der Priele sowie deren erodierende und sedimentierende Wirkung. Schließlich werden ausführlich die Messungen des Sinkstofftransportes an der Wattoberfläche mit Hilfe einer neuen Ausfärbemethode dargelegt sowie die ersten Ergebnisse, wie sie mit Strömungsmeßgeräten nicht erfaßt werden können, diskutiert. Das Sediment wandert generell auf die Küste zu, ohne diese jedoch zu erreichen, da die uferparallelen Priele stets für eine Rückführung nach See sorgen. Dieser Zirkulus wird erst bei Landgewinnungsarbeiten zu Gunsten einer gesteigerten Sedimentation unterbrochen.

Abstract: At first a survey is given on the topographical and physico-chemical state of the large tidalflats between the Jade and river Elbe. Chiefly the grain-size, the content of calciumcarbonate, of magnesiicarbonat and colloidal iron etc. are discussed; this iron has a certain significance as a sediment-cementing factor. — Then the hydrography of the tidalflat-gullies is treated, especially the eroding and sedimenting effect of these gullies. And finally the measurement of the sediment transport on the tidalflat-surface by means of a new coloring method is thoroughly described as well as the first results. — Generally the sediment is drifting towards the coast without ever reaching it. The gullies, which often run parallel to the marshland-cliffs, are transporting the above mentioned sediments back to the sea. This circulus only is interrupted by systematical land-reclamation-works, which hitherto not yet have begun in the Weser-estuary.

Die Fragen des Sedimenttransportes im Wattenmeer spielen für den Küstenschutz eine hervorragende Rolle. Wir sind dabei am Wattboden in erster Linie angewiesen auf den Einsatz *indirekter* physikalisch-chemischer Methoden wie Ausfärbungen des Sedimentes etc. Es handelt sich hier um Verfahren, die weder personell noch finanziell besonders große Aufwendungen erfordern.

Zunächst sei eine Einführung in die bodenkundlichen und hydrographischen Verhältnisse der als pars pro toto behandelten Außenweserwat-

¹⁾ Dr. H. Lüneburg, Inst. f. Meeresforschung, Bremerhaven

ten gebracht: Das gesamte Wattengebiet zwischen dem Marschensaum und der offenen See zerfällt im allgemeinen und ganz besonders in der Wesermündung in drei markante, etwa küstenparallele Zonen. Außen, in 10-20 km Küstenabstand, erstrecken sich rein sandige Watten, deren Oberfläche infolge der starken Strömung (bis zu 2 m/sec) und der Brandung recht mobil und daher biologisch arm ist. Wegen des geringen Gehaltes an organischer Substanz ($\leq 1\%$ i. Tr.) ist auch der Gehalt an Kalk, Magnesium und adsorbiertem kolloidem, verkittendem Eisen äußerst gering. Unter günstigen Umständen kann durch Strom und Wind in toten Winkeln der Sand über Mittelhochwasser aufgehäuft werden und auf diese Weise Dünenbildung eintreten (Vogelschutzgebiet Mellum, Knechtsand, Scharhörn).

Die durchschnittliche Korngröße der Oberflächensedimente liegt auf den Außensänden bei etwa 300μ . Diese Durchschnittswerte erhält man durch Addition der Produkte aus der mittleren Korngröße und deren prozentischer Häufigkeit. Die Summe wird dann noch in Rücksicht auf den Prozentsatz durch 100 geteilt. — Der Durchschnitt von 300μ ergab sich aus hunderten von Einzelanalysen nach dem *Kopecky*-Schlammverfahren.

Während die Außensände als "Schutzwälle" für die exponierten Marschenküsten kaum in Frage kommen, gilt dieses in hervorragendem Maße von dem nächsten landwärts anschließenden Wattengürtel, der oft durch tiefe küstenparallele Fahrwasser von den Außensänden getrennt ist. Diese zweite Wattzone besteht aus einer Kette einzelner Buckel oder Platen aus feinem Sand und Schluff (durchschnittliche Korngröße um 150μ), deren Oberfläche 1-2 m über die benachbarten Senken hinausragt und variierend mobil, aber doch wesentlich fester ist als die der Außensände. Diese Platen beherbergen infolgedessen eine zahlreiche Bodenfauna an Würmern und Muscheln, die die oberen 20-30 cm besiedeln. Die organischen, eiweißreichen Zerfallsprodukte dieses Lebensraumes tragen zur weiteren Verkittung und Befestigung der Wattoberfläche bei u. a. durch kolloidbedingte Adhäsion von Eisenhydroxyd- und unter der Oberfläche von Eisensulfidflocken. Der Eisengehalt kann hier um 0,5 % *reines* Eisen in Trockensubstanz betragen. Der für die Bonität des Bodens im Zusammenhang mit Landgewinnungsarbeiten so bedeutungsvolle Kalkgehalt steigt u. U. auf 5 % und mehr an, während das biologisch wichtige Magnesium in seiner Konzentration um eine Zehnerpotenz tiefer liegt.

Die von See heranströmende Flut staut sich zunächst vor dieser Platenzone an und bricht dann durch immer vorhandene, trennende Senken mit großer Intensität landwärts durch, wobei sich im Laufe der Zeiten mehrere Meter tiefe Großpriele herausbildeten, deren Verlauf senkrecht auf die Küste weist. Mit dem *Ottschen* Strommesser konnten hier besonders während der ersten Flut Stromgeschwindigkeiten von über 2 m/sec gemessen werden.

Durch diese aggressiven Priele dringt die Flutwelle mit der erwähnten Geschwindigkeit in die landwärts der Platen in einer Breite bis zu 1 km sich erstreckenden Schlicksenken unmittelbar vor der Grodenkante ein, bis sie dicht vor der im Schnitt 1 m hohen Marschenkante im Aufprall nach beiden Seiten am Ufer entlang ausweicht. Auf diese Weise setzen sich die erwähnten, ein Einfallstor zwischen den schützenden Platen darstellenden Priele in langsam flacher werdenden uferparallelen Läufen fort. Diese uferparallelen Priele erschweren nicht nur das Betreten der Watten, sondern sind in erster Linie die Hauptursache für die oft verhängnisvollen Erosionen an der Marschenkante, die an einigen Stellen des Landes Wursten (zwischen Bremerhaven und Cuxhaven) auch heute noch bis zu 5 m im Jahr zurückweichen kann.

U. U. kann nach eigenen Messungen im Raum dieser Priele unmittelbar vor der Grodenkante zur Zeit der Wasserbedeckung eine Strömung von 1 m/sec und mehr auftreten.— Mit Hilfe des auch am Deutschen Hydrographischen Institut und anderen Orts gebräuchlichen und von uns für den speziellen Wattengebrauch (variable Schichtdicke, Übertragung der Meßergebnisse durch entsprechend langes Kabel ins Beobachtungszelt an Land etc.) modifizierten Durchsichtigkeits-Meßgerätes, des sogen. D-Gerätes, stellten wir fest, daß das Wattenwasser dort in der Nähe der Grodenkante infolge des weichen Schlickbodens mit seiner großen Einsinktiefe (etliche dcm) und chemischen Bonität (durchschnittliche Korngrößen liegen unter 100μ) stark mit Sinkstoffen belastet ist. Bei windstillem Wetter transportiert das mit der Flut heranströmende und mit der Ebbe wieder fortziehende Wasser im Schnitt eine Sinkstoffmenge von über 1000 mg/l! Dieser Wert schwankt nicht besonders entlang der Grodenkante, da wir überall auf den inneren Watten aus der Marsch aufgearbeiteten Schlick vorfinden. Die Korngröße der Sinkstoffe liegt ebenfalls im Schluff- und Tonbereich des Schlicks. Interessant ist die Feststellung, daß bei stärkeren auflandigen Winden die Menge des mit der Ebbe verschwindenden Sinkstoffes oft um die Hälfte geringer ist als zur Fluttide, während bei ablandigen Winden gerade das Umgekehrte eintritt. D. h.: daß das zur Zeit der Wasserbedeckung durch Strömung und Brandung aufgearbeitete Material erst bei ablandigen Winden den küstennahen Raum durch die Priele hindurch endgültig nach See verläßt.

Diese negative Seite des Sinkstoffkreislaufes im Watt ist mit nachhaltigem Erfolg nur durch den Bau von Buhnen, besser noch von ganzen Lahnungsfeldern (ein Netzwerk langer, hölzerner Pfahlreihen), wie z.B. in Schleswig-Holstein, zu unterbinden, da diese Bauwerke im Raume der uferparallelen Priele die Erosion in eine Sedimentation umkehren.

Soviel über den allgemeinen Aufbau des Wattes, die dortigen Bewegungsvorgänge und die Sinkstoffkonzentrationen etc. — Im folgenden wird

die quantitative Erfassung des Oberflächensedimenttransportes behandelt (d.h. in den entscheidenden oberen 1-5 cm).

Es gilt hierbei festzustellen, inwieweit die Oberfläche der erwähnten schützenden Zentralwatten im Endeffekt landwärts, küstenparallel oder seewärts abwandert, d.h. wieweit in den einzelnen Gebieten die Tendenz besteht zur Sedimentation oder zur Abrasion (Erosion).

Verf. übernahm, da der Einsatz der zeitlich, personell und finanziell recht aufwendigen Isotopenmethode nicht in Frage kam, die schon früher bekannten und von *Wasmund* in Kiel sowie *Nielsen* in Skalling (Dänemark) praktizierten Ausfärbeverfahren, die allerdings von den erwähnten Autoren nur qualitativ eingesetzt worden waren. Das von uns ins Quantitative modifizierte Verfahren verläuft in großen Zügen wie folgt:

Auf den besonders interessierenden Platen wird ein mehr oder minder dichtes Beobachtungsnetz mit georteten Eisenstangen markiert. Am Beobachtungsort werden bei Niedrigwasser in dünner Schicht etwa 10 kg (1 Marmeladeneimer) des Oberflächensedimentes abgeschabt und in nummerierten Eimern ins Labor verbracht. Nach Trocknung bei 105° und Entfernung grober organischer Teile sowie Muschelschalen (Hindurchgabe durch ein Saftsieb, das die Korngrößen nicht beeinflusst) wird dieser Originalsand von Ort und Stelle in eine Farblösung von Methylenblau-B-Extra in Seewasser (1 g Methylenblau pro Liter Seewasser und kg Sand) gebracht. Bei der nachfolgenden mikroskopischen Auszählung der Farbkörner stellte sich Methylenblau-B-Extra als visuell am leichtesten erfaßbar heraus, während z.B. Sudanrot und andere Farben oft nicht von ähnlich gefärbten Schwermineralien im Sediment zu unterscheiden sind. Es handelt sich bei der Ausfärbung der Körner nicht um eine echte Färbung derselben, sondern lediglich um einen immerhin einige Tage haltbaren Niederschlag der kolloiden Blaufarbe auf der Oberfläche der Sedimentkörner; die Adhäsion des Methylenblau wird durch das Seewasser besonders gefördert. Es kann im übrigen nur immer wieder empfohlen werden, ausschließlich das Original-Sediment von Ort und Stelle zu verwenden und nicht etwa Glasgries oder ortsfremden Sand, da deren Körnung dem heranströmenden Wasser andere Angriffsflächen bietet als das Original-Sediment.

Bei einem folgenden Niedrigwasser wird das zuvor mit Seewasser angefeuchtete, gefärbte Sediment (die vorherige Anfeuchtung ist zur Vermeidung von irritierendem Sandflug bei dem stets vorhandenen Wind unerlässlich) an Ort und Stelle in etwa 1 cm mächtiger Schicht bei einer Fläche von rd. 1 qm ausgestrichen und so flach verteilt, daß der blaue Farbfleck sich im Watt völlig der umgebenden Oberfläche anpaßt. Es ist selbstverständlich, daß die Beobachtungsorte nur auf planen Strecken der Platen anzulegen sind, da andernfalls die wirkliche Transportrichtung durch die lokale Topographie störend überlagert wird. — Man überläßt den "Blau-

fleck" für 2 Tiden sich selbst und geht beim übernächsten Niedrigwasser nach 24 Stunden wieder an den Beobachtungsort. Oft ist dann das blaue Sediment so weit verstreut, daß selbst Spuren davon mit dem bloßen Auge nicht mehr zu erfassen sind. — Wir legen dann jedoch auf nachfolgende Weise ein Koordinatensystem um den Beobachtungsort herum, an dessen markanten Punkten mit einer kleinen Handschaufel Oberflächenproben in nummerierte Reagenzgläser nach stets gleichbleibendem Verfahren eingesammelt werden: Die Punkte unseres Koordinatensystems befinden sich auf den 8 Haupthimmelsrichtungen in einem Abstand von 3 m, 9 m und 15 m vom zentralen "Blaufleck" entfernt. Bei einem Abstand von 20 m und mehr ist es praktisch unmöglich, auch im Mikroskop noch beim Auszählen Blaukörner zu entdecken. Die Verstreuung ist jenseits dieser Entfernung zu groß. Die nach diesem System eingesammelten Oberflächenproben werden wieder ins Labor verbracht, getrocknet und zu losem Sand verrieben, der anschließend auf einer Zählplatte mit Quadratzentimeter-Einteilung (zu 36 Feldern) in einkörniger Schicht ausgebreitet wird. Die Zählplatte wird unter das Binokular gelegt, und wir erhalten durch Auszählen 36 Einzelwerte für die Anzahl Blaukörner pro Quadratzentimeter aus jeder einzelnen der 24 Proben. Die Mittelwerte werden an die entsprechenden Orte einer Arbeitskarte des erwähnten Koordinatensystems eingetragen. Zeichnet man dann die Linien gleicher Kornanzahl pro Quadratzentimeter ein, so zeigt der Verlauf derselben in anschaulicher Weise die *Wanderrichtung* des Oberflächensedimentes an.

Mit Hilfe der durchschnittlichen Korngröße, die auf den von uns erfaßten Schlicksandplatten der Wurster Watten etwa bei 200μ liegt, läßt sich errechnen, daß im zentralen "Blaufleck" unmittelbar an der Oberfläche etwa 3000 Blaukörner auf den qcm kommen. Diese Anzahl Blaukörner wandert natürlich von einem Tag zum anderen nicht in dieser Geschlossenheit fort, sondern es findet sofort eine "Verdünnung" beim Abwandern statt. Immerhin war es oft möglich, den Verbleib von beispielsweise 2000 Blaukörnern pro qcm in der Nachbarschaft des "Blaufleckes" messend zu verfolgen. So konnte man nach 24 Stunden den zurückgelegten Weg von $\frac{2}{3}$ der Blausandmasse, d. h. seiner größten Menge, feststellen und damit also auch die *Mindest*-wandergeschwindigkeit, da ja das fehlende $\frac{1}{3}$ jedesmal schon weiter fortgewandert ist. Das Wandertempo konnte häufig zu 1-2 m pro Tag festgestellt werden, d. h. auf vielen Platten des Wurster Wattes verschiebt sich deren Oberfläche im Jahr um etliche 100 m. An anderen Stellen lag jedoch trotz frischer Winde der "Blaufleck" am nächsten Tage praktisch unberührt da, d. h. in solchen Fällen kompensiert der Wind die aus einem ganz anderen Raum herankommende Strömung.

Hinsichtlich des Einflusses der Windstärke sind der Methode nur insofern Grenzen gesetzt, als die Tide jeweils immer noch so entwickelt sein muß, daß man um Niedrigwasser herum den Beobachtungsort zu Fuß aufsu-

chen kann. Andererseits ist das Verfahren in reinen Schlickwatten nicht durchführbar, da die feinen Tonpartikel dort infolge der Verkittung zu wenig mobil sind und eine Verlagerung des "Blaufleckes" zu langsam oder garnicht stattfindet.

Es sei abschließend zusammengefaßt, daß die meisten Platen des Wurster Wattes mit der oben erwähnten Geschwindigkeit bei fast allen Windrichtungen und -stärken in nordöstlicher Richtung auf die Grodenkante verlagert werden. Dennoch füllt das wandernde Material die küstennahen Senken nicht auf, da die erwähnten uferparallelen Priele fast jede Sedimentation unterbinden. Andererseits wird sich bei dieser günstigen Wanderichtung die Anlage von Bühnen etc. unter Land stets rentieren, da dann das von den Platen hereinwandernde Sediment in deren Schutz zur Ruhe gelangt. — Übrigens konnte Verf. neben der Transportrichtung und -geschwindigkeit noch feststellen, daß die Bewegung recht eindeutig in der erwähnten Richtung erfolgt und nicht etwa turbulent ausgebreitet ist, denn die erwähnten Kornanzahl-Isolinien waren stets in scharfer, schmaler Zunge angeordnet und nicht turbulent in die Breite verteilt.

Literatur

- [1] *Lüneburg, H.*: 1956. Untersuchung des Sedimenttransportes auf einigen Flächen des Wurster Wattes (Wesermündung). — Veröff. des Instituts f. Meeresforschung in Bremerhaven, Bremen. Bd. IV, H. 2, pp. 127-151.
- [2] *Nielsen, N.*: 1935. Eine Methode zur exakten Sedimentationsmessung. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter. — Biol. Medd. Copenhagen. Bd. XII. Heft 4.
- [3] *Nielsen, N.*: 1938. Et Instrument til Maaling af Sand — og Slamtransport i strømmende Vand. Geogr. Tidskr. Copenhagen. Bd. 41.
- [4] *Wasmund, E.*: Färbung und Gläszusatz als Meßmethode mariner Sand- und Geröllwanderung. Geol. d. Meeres u. Binnengew. Berlin. Bd. 3, S. 143-172.