Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

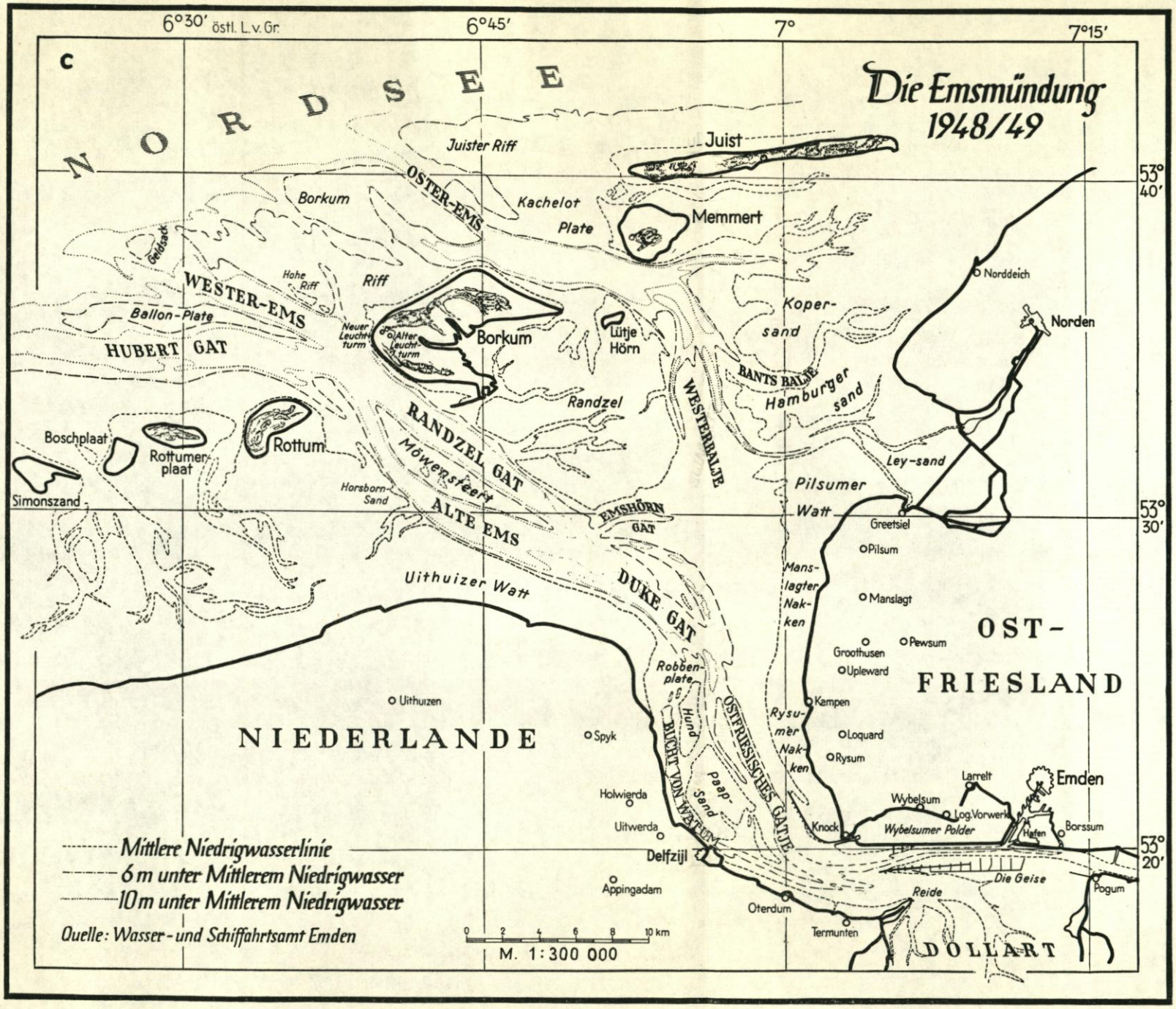

Abb. 1. Die Emsmündung (Aus Atlas Niedersachsen, Deutscher Planungsatlas Band 2, 1950)

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

627.16.160

Über die neuere Entwicklung der Außenems und ihre vermutlichen Ursachen

Von Wulff Niebuhr

Das Strombild der Außenems (Abb. 1), wie es sich heute zeigt, wird gekennzeichnet durch das Nebeneinander von Mäanderbögen und Gaten. Von der Mündung stromauf gesehen entsprechen den Strombögen: Alte Ems, Emshörnfahrwasser, Bucht von Watum, die Stromsehnen oder auch Gaten genannt: Randzelgat, Dukegat und Ostfriesisches Gatje. Diese Erscheinung ist im Mündungsgebiet von Tideströmen in mehr oder weniger ausgeprägter Form immer wieder zu beobachten. Sie ist bedingt durch Stärke und Richtung der wechselseitig auftretenden Strömungen (Flut und Ebbe) und, da letztere sowohl hinsichtlich ihrer Stärke als auch ihrer Richtung ständigen Veränderungen unterliegen, ebenfalls einem ständigen Wechsel unterworfen. Dennoch läßt sich jedenfalls für die Ems eine gewisse Stetigkeit der Entwicklung feststellen. Während noch um 1800 die Bögen (Alte Ems, Emshörnfahrwasser und Bucht von Watum) eindeutig überwogen, haben sie heute zugunsten der Sehnen an Bedeutung wesentlich verloren. Abnahme des Querschnitts, zum Teil auch Barrenbildungen in den Strombögen waren die Folge.

Das Dukegat sowie das Ostfriesische Gatje finden wir bereits in den älteren bekannten Seekarten vom Emsmündungsgebiet (von WAGHENAER 1584 und von MARTIN FABER 1642) verzeichnet. Das Randzelgat wird dagegen erst etwa ein Jahrhundert später auf den überlieferten Seekarten angedeutet. Hauptfahrwasser bildeten jedoch damals noch die Alte Ems, Pilsumer Fahrt und die Bucht von Watum. Die Gaten waren von untergeordneter Bedeutung und nur für die Kleinschiffahrt passierbar. Die Bedeutung, zu der die Gaten heute gelangt sind, haben sie im wesentlichen erst im Laufe des vergangenen sowie in den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts gewonnen.

Die erste genauere Seekarte des Emsmündungsgebietes nach Originalvermessungen mit neuzeitlichen nautischen Hilfsmitteln ist eine französische Karte aus dem Jahre 1812 (*Plan de l'embouchure de l'Ems par* BEAUTEMPS-BEAUPRÉ). Es folgt die erste amtliche holländische Seekarte, datiert aus dem Jahre 1833 (bearbeitet von KEUCHENIUS). Seit 1833 sind dann fortlaufende Neubearbeitungen der Karte der Emsmündung teils holländischen (1850, 1859, 1874), teils hannoverschen (1866) und ab 1896 auch deutschen Ursprungs erschienen. Auf diesen, durch genaue Unterlagen belegten Zeitraum soll sich die nachfolgende Untersuchung beschränken.

Von TH. JANSSEN (4) wurde *„die neuere Entwicklung des Seegebietes vor Borkum seit 1833"* in einer gleichlautenden Schrift bereits bearbeitet. In der genannten Schrift weist JANSSEN auf die auffällige Erscheinung der Schwenkungen der Emsmündungen im Laufe des vergangenen Jahrhunderts hin und bemerkt hierzu: *„Es fällt sofort in die Augen, daß sowohl die Osterems als auch die Westerems und das in Höhe von Borkum auf Süd abzweigende Hubertgat eine Schwenkung entgegen dem Uhrzeiger durchgemacht haben."*

Der Drehwinkel der Osterems und der Westerems wird von JANSSEN zu etwa 30 Grad und des Hubertgats zu etwa 40 Grad angegeben. Die Drehung ist so stark, daß sie, wie auch schon von JANSSEN bemerkt, nur über eine verhältnismäßig kurze Zeit angedauert haben kann.

Daß solche wesentlichen Veränderungen im Mündungsgebiet auf den Verlauf der Unterems zwischen dem Dollart und Borkum nicht ohne Einfluß geblieben sind, ist anzunehmen. Eingangs wurde bereits erwähnt, daß das Durchsetzen der Gaten im betrachteten Zeitraum bedeutende Fortschritte gemacht hat. Ihre Entwicklung im einzelnen zeigen die seit 1833 vorliegenden Seekarten. Sie lassen die Zunahme der Gaten und parallel dazu die Abnahme der Durchflußquerschnitte der Bögen (Alte Ems, Emshörnfahrwasser und Bucht von Watum) in aller Deutlichkeit erkennen. Bevor jedoch auf diese Entwicklung näher eingegangen wird, erscheint es erforderlich, zunächst einmal die Vorgänge im Mündungsgebiet selbst einer näheren Betrachtung zu unterziehen.

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

1. Die Veränderungen im Emsmündungsgebiet seit 1833

a) Die Westerems (Riffgat und Hubertgat, Randzel- und Dukegat).

Wegen der mutmaßlichen Bedeutung der Vorgänge im Mündungsgebiet für die Entwicklung der Außenems wurde das Mündungsgebiet der Westerems in vier Blättern (Abb. 2—5) für die Zeit von 1833 bis 1947 besonders herausgezeichnet. Es wurden die 8- und 5-m-Tiefenlinie (unter Kartennull) eingetragen. Zum besseren Vergleich der jeweiligen Veränderungen wurde ferner ein Parallelogramm A-B-C-D eingezeichnet.

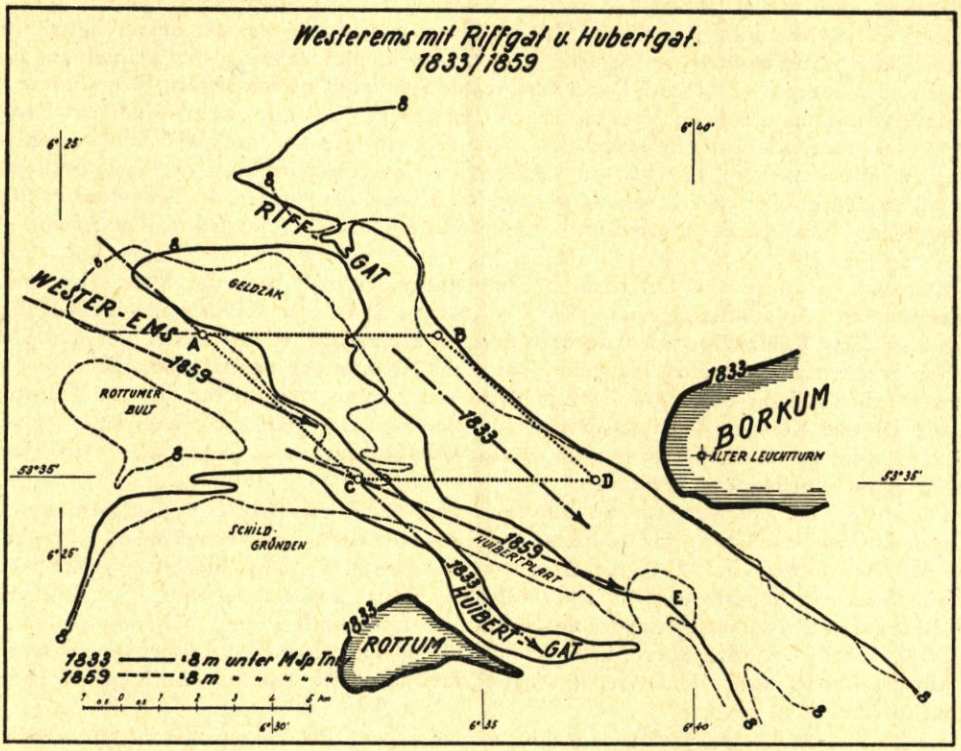

Abb. 2. Durchbruch der Westerems zwischen Geldsack und Hubertplate

Abbildung 2 gibt die Entwicklung von 1833 bis 1859 wieder. Noch 1833 bildeten Riffgat und Westerems die Hauptmündungsarme. Zwischen beiden erstreckte sich auf einheitlichem Sockel in etwa nordwest-südöstlicher Richtung die Hubert- und Geldsackplate. Der Rottumer Bult (1859) ist weder auf der französischen Seekarte von 1812 noch auf der Seekarte von 1833 verzeichnet. Da die Tiefenangaben auf den genannten Seekarten nicht bis in die Gegend des Rottumer Bults reichen, muß die Frage, welche Form der Rottumer Bult damals gehabt hat, offen bleiben. Daß er bereits bestanden hat, ist mit Sicherheit anzunehmen. Ältere Karten zeigen an dieser Stelle eine Plate mit der Bezeichnung „Äußere Rottumer Gründe".

In der Zeit von 1833 bis 1859 sind wesentliche Veränderungen festzustellen. Die Hubertplate ist an ihrer schwächsten Stelle (südlich C-D) durchstoßen und zu einem wesentlichen Teil aufgerieben. Nur an der Wurzel ist ein stark nach Osten verlagerter Stumpf (E) bestehen geblieben. Der nördliche Rest der Plate hängt noch mit dem Geldsack-Sockel zusammen und erstreckt sich bis etwa zur Linie C-D. Im Riffgat zeigt sich eine gewisse Verlagerung der Tiefenlinien. Zwischen der Geldsackplate und den Schildgründen erscheint der Rottumer Bult, der, wie bereits erwähnt, auf den Seekarten von 1812 und 1833 nicht ver-

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

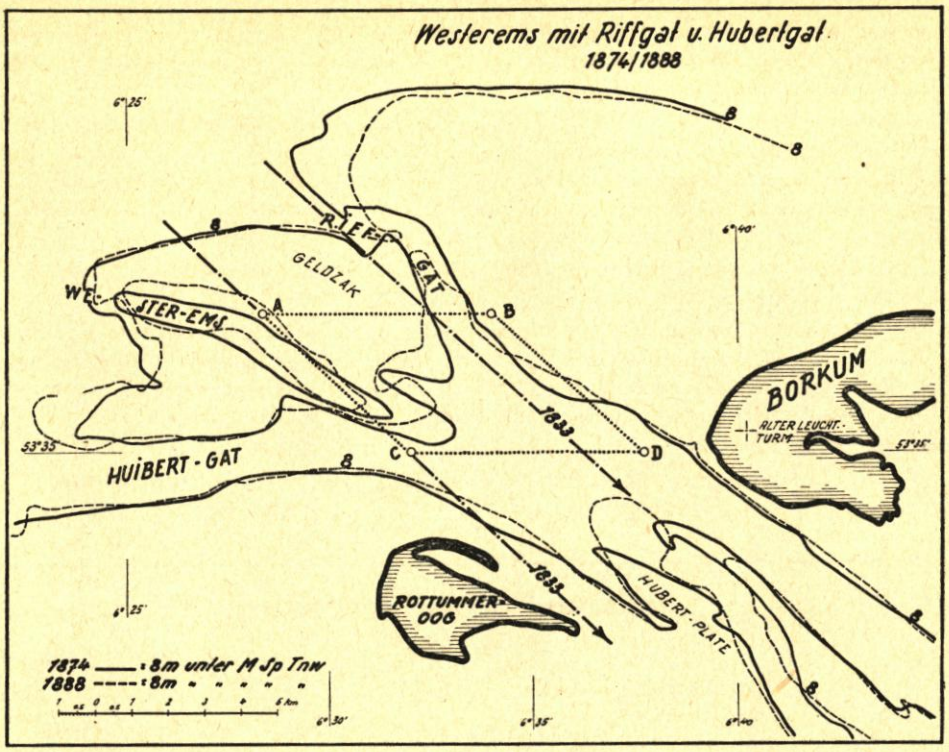

Abb. 3. Vordringen der Hubertplate nach Norden

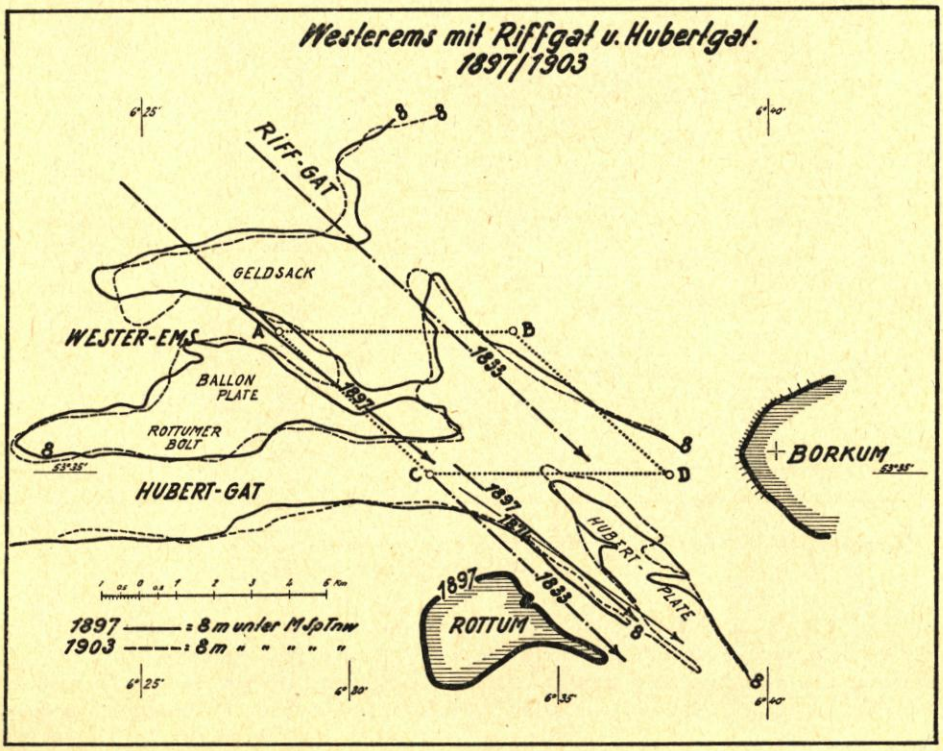

Abb. 4. Weiteres Vordringen der Hubertplate nach Norden. Verflachung des Riffgats

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

zeichnet war. Im Süden ist ein merkbares Zurückweichen der 5- und 8-m-Linie vor den Schildgründen festzustellen. Das alte Hubertgat (1833) ist vollständig verlandet. Nur ein kleiner Einriß zeigt sich östlich des ehemaligen Gats.

1 8 7 4 (vgl. Abb. 3) ist die 1859 bereits vorhandene Durchfahrt (Hubertfahrt) zwischen Geldsack und den Schildgründen weiter geworden. Das Riffgat hat sich verengt, die 8-m-Linien haben sich von Westen und Osten in das Gat vorgeschoben. In der Westerems zeigen sich seewärts sowie nach dem Hubertgat zu schmale Barren mit Tiefen unter 8,0 m. Am Südufer des Hubertgats zeigen sich keine wesentlichen Veränderungen.

1 8 8 8 zeigen sich gegenüber 1874 keine wesentlichen Veränderungen. Nur die Hubertplate hat an Ausdehnung nach Norden zugenommen.

1 8 9 7 (Abb. 4): Die Hubertplate hat sich weiter nach Norden entwickelt. Sie reicht mit ihrer Nordspitze fast bis an die Linie C-D heran. Das ehemalige Riffgat ist stark aufgehöht. In der Westerems ist die seewärtige Barre verschwunden. Die Rinne hat sich vertieft, verbreitert und gleichzeitig wieder eine mehr südwestliche Richtung angenommen. Das Hubertgat hat sich bedeutend verbreitert.

1 9 0 3 : Verflachung der Westerems am Nordausgang. Sonst keine wesentlichen Veränderungen.

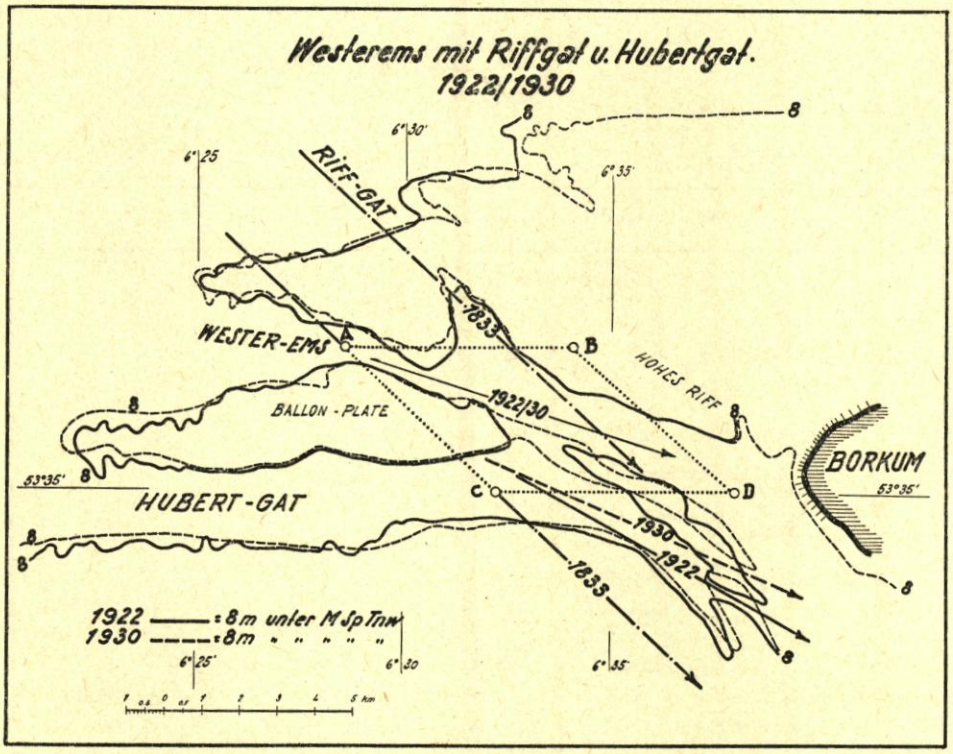

Abb. 5. Aufspaltung der Hubertplate und Zusammenwachsen ihres nördlichen Teiles mit der Ballonplate

1 9 2 2 : Die Hubertplate hat sich weiter nach Norden bis über die Linie C-D herausgeschoben. Gleichzeitig ist jedoch eine Spaltrinne (1912 zum ersten Male verzeichnet) zwischen der Plate und den südlichen Wattgründen bemerkbar. Diese Rinne darf als Beginn einer erneuten Auflösung der seit 1874 wieder nach Norden gewachsenen Plate angesehen werden.

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

Eine zweite flache Spaltrinne ist südlich C-D angedeutet. Am Südende des Hohen Riffs Zurückweichen der 8-m-Tiefenlinie. Das Riffgat hat sich weiter aufgehöht und zeigt Mindesttiefen von nur noch 4 m. Die Westerems hat sich wieder vertieft und zeigt eine mehr nach West-Ost geneigte Richtung.

1 9 3 0 : Die südliche Spalte in der Hubertplate hat sich vertieft und weiter nach Norden verlegt. Gleichzeitig hat die Plate sich in ihrem mittleren Teil nach Norden verlagert. Sie nimmt dabei, je weiter sie nach Norden wandert, eine immer mehr nach Westen neigende Richtung an. In ihrem nördlichen Teil ist sie bereits in der 8 m Linie mit dem Sockel der Ballonplate zusammengewachsen. Im Riffgat haben sich wieder Tiefen von mehr als 6 m eingestellt. Westerems und Hubertgat zeigen keine wesentlichen Veränderungen.

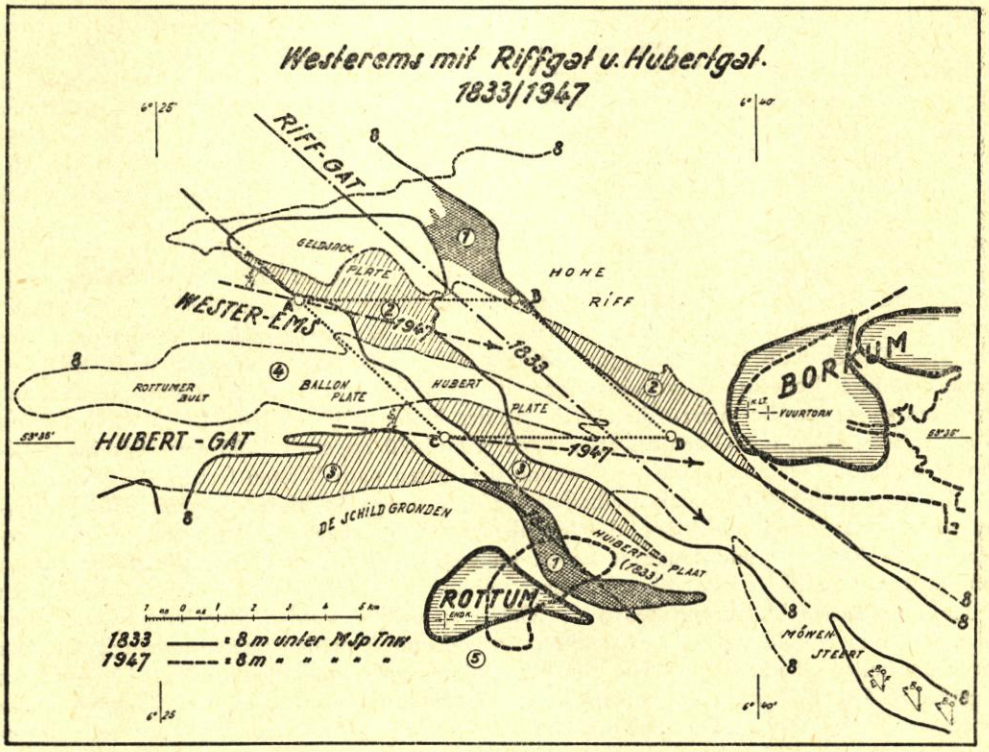

Abb. 6. Veränderungen im Mündungsgebiet der Westerems von 1833 bis 1947

1 9 4 7 (Abb. 6): Die Hubertplate ist in Richtung und Breite des Hubertgats aufgerieben. Der nördliche Teil der Hubertplate ist mit der Ballonplate jetzt in der 6-m-Linie verbunden und bildet mit dieser und dem Rottumer Bult eine einheitliche in westöstlicher Richtung sich erstreckende Plate. Das Riffgat ist durch eine breite Barre mit Tiefen von weniger als 6,5 m versperrt. Die Westerems hat sich gegenüber 1930 im westlichen Teil verbreitert und vertieft. Das Hubertgat ist nunmehr von der See her bis Borkum untiefenfrei. Der Gezeitenstrom kann ungehindert in westöstlicher Richtung vordringen. Erst unmittelbar vor Borkum wird er nach Südwesten umgelenkt.

Als wesentliches Endergebnis der mehr als hundertjährigen Entwicklung (1833 bis 1947, vgl. Abb. 6) ist festzustellen:

1. Verlandung des Riffgats mit einer Tiefe über der Barre von rund 6 m. Verlandung des alten Hubertgats (1833).

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

2. Drehung der Westerems um rund 30 Grad, als Folge hiervon Durchbruch des ursprünglich zusammenhängenden Sockels Geldsack- und Hubertplate sowie Zurückweichen des Hohen Riffs in seinem südöstlichen Teil bis zu 1 000 m. Gleichzeitig Abbruch am Westrand von Borkum bis etwa 1874 (seit 1866 durch Strandschutzwerke gesichert).
3. Drehung des Hubertgats um rund 35 Grad, als Folge hiervon Auflösung der alten Hubertplate in ihrem mittleren Teil. Zurückweichen der 8-m-Linien vor den Schildgründen im Mittel um rund 1 500 m.
4. Bildung einer neuen langgestreckten Plate (Rottumer Bult, Ballon- und [neue] Hubertplate) zwischen Westerems und Hubertgat.
5. Verlagerung der Insel Rottum um rund 1 800 m nach Osten.

Alle diese Veränderungen deuten auf eine Veränderung der Hauptangriffsrichtung des Gezeitenstroms hin. War dieser nach Lage und Richtung der Platen und Gaten für die Zeit um 1833 noch in vorwiegend nordwestlich-südöstlicher Richtung anzunehmen, so darf man auf Grund der festgestellten Verlegung der Rinnen und Umbildung der Platen wohl schließen, daß er seit 1833 in eine immer mehr westöstliche Richtung umgeschwenkt ist. Die erfolgten Umbildungen sind hierbei nun keineswegs stetig vor sich gegangen. War von 1833 bis 1859 eine Schwenkung des Hubertgats unter gleichzeitiger Auflösung des mittleren Teiles der Hubertplate um rund 20 Grad entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn festzustellen, so hat sich diese Bewegung nach 1859 nicht in gleichem Maße fortgesetzt. 1874 hat sich ein neues Gat wieder in Südostrichtung westlich Rottum gebildet. Auch die Westerems zeigt wieder eine mehr von Nordwesten nach Südosten weisende Richtung. Dieser Zustand hält etwa bis um die Jahrhundertwende an. In der gleichen Zeit hat sich die Hubertplate (alte Richtung und Lage) wieder nach Norden entwickeln können. 1922 zeigt die Westerems jedoch schon wieder eine mehr von Westen nach Osten geneigte Richtung. Die 1912 noch vorhandene Barre zwischen Geldsack- und Ballonplate ist verschwunden. Bis 1947 hat sich dann die zweite Schwenkung der Gaten sowie parallel hierzu die Auflösung der Hubertplate vollzogen. Wir stellen somit ein erstes Schwenken der Gaten bis etwa 1870, von 1870 bis etwa 1900 eine rückläufige Bewegung und von hier ab erneute Schwenkung der Gaten nach Westen fest.

Die oben dargestellten unzweifelhaften Veränderungen im Mündungsgebiet der Westerems werden auf die Entwicklung des anschließenden Stromgebiets nicht ohne Einfluß geblieben sein. Randzel- und Dukegat haben im gleichen Zeitraum wesentlich an Bedeutung gewonnen. Als charakteristisch für diese Entwicklung kann der jeweilige Zustand der Barren an den südöstlichen Durchbruchstellen der Gaten angesehen werden. Zur Veranschaulichung wurde daher in Abbildung 7 die Querschnittsentwicklung über den Barren abhängig von der Zeit dargestellt. Gleichzeitig wurde die Schwenkung des Hubertgats seit 1812 graphisch aufgetragen. Die Entwicklung der wirksamen Durchflußquerschnitte über den Barren ergibt keinen stetigen Linienzug. Die mannigfaltigen Einflüsse sowie insbesondere auch wahrscheinliche Unterschiede in den Kartenhorizonten ergeben starke Schwankungen. Immerhin ist ein wesentlicher Anstieg seit 1812 für beide Gaten festzustellen. Das Randzelgat zeigt hierbei eine bemerkenswerte Unterbrechung in seiner ansteigenden Entwicklung (etwa zwischen 1859 bis 1900). Beim Dukegat zeigt sich ein Tiefpunkt der Entwicklung um 1888. Von hier ab nimmt der Querschnitt bis 1930 ständig zu. Im Verlauf von etwa vier Jahrzehnten hat sich eine breite, nach Norden verlagerte Durchfahrt ausgebildet, die dann im wesentlichen bis heute bestehen geblieben ist.

Eine gewisse Parallelität zwischen der Schwenkung des Hubertgats (c) sowie der Entwicklung der Barren (a, b) ist unverkennbar. Beide Erscheinungen zeigen dieselbe rückläufige Bewegung zwischen 1859 und 1900. Es erscheint daher sehr wahrscheinlich, daß sich die Schwenkung der Mündungen auf die genannten Gaten ausgewirkt hat.

b) Die Osterems (Hommegat, Voorentief)

Abbildung 8 gibt die Hauptrichtungen des Tiefs zwischen Borkum und Memmert (Osterems) in den Jahren von 1812 bis 1947 wieder. Eine besonders starke Veränderung zeigt sich

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

in der Zeit zwischen 1833 und 1873. Ab 1873 scheint die Bewegung langsamer zu werden. Heute hat das Gat eine nicht ganz westöstliche Richtung angenommen. Durch die Nordecke von Borkum sowie die Südkante vom Memmert wird es an einer weiteren Schwenkung gehindert. In neuester Zeit auftretende Abbrüche am Südstrand vom Memmert können als ein Zeichen des in Westostrichtung andrängenden Gezeitenstromes angesehen werden.

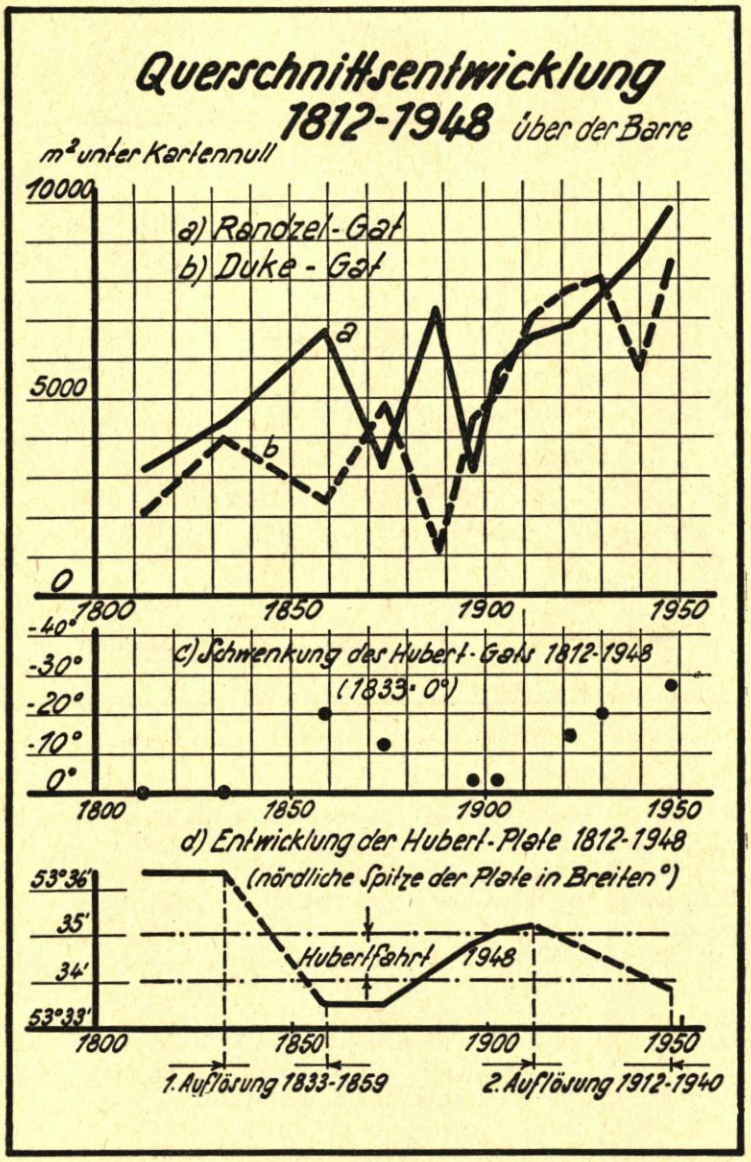

Abb. 7. Querschnittsentwicklung im Randzel- und Dukegat und Beziehung zwischen der Schwenkung des Hubertgats und der Entwicklung der Hubertplate

Die äußere Osterems — etwa nördlich der Strandlinie Borkum—Juist — hat die vorgenannte Schwenkung nicht mitgemacht. Dies mag auf die seit altersher festliegende Brauersplate und das Juister Riff zurückzuführen sein. Bemerkenswert ist jedoch, daß das nach 1812

bedeutende Hommegat östlich des Juister Riffs heute verlandet ist, dagegen hat sich westlich der Osterems zwischen Brauersplate und Borkum das Voorentief kräftig entwickelt. Der Vorgang der Schwenkung der Osterems ist grundsätzlich ähnlich verlaufen wie bei der Westerems. Auf eine Darstellung im einzelnen kann hier verzichtet werden. Die Auswirkung der Schwenkung auf das Wattgebiet seit 1833 ist von JANSSEN in dem bereits zitierten Aufsatz behandelt. Westerbalje, Leeg- und Bantsbalje verlieren immer mehr an Bedeutung. Die Osterems, so schreibt JANSSEN, entwickelt sich offenbar immer mehr von einem Emsarm, d. h. einer an das Sammelbecken der Außenems angeschlossenen Stromrinne zu einem Seegat für die Leybucht und das große Wattengebiet südlich von Juist.

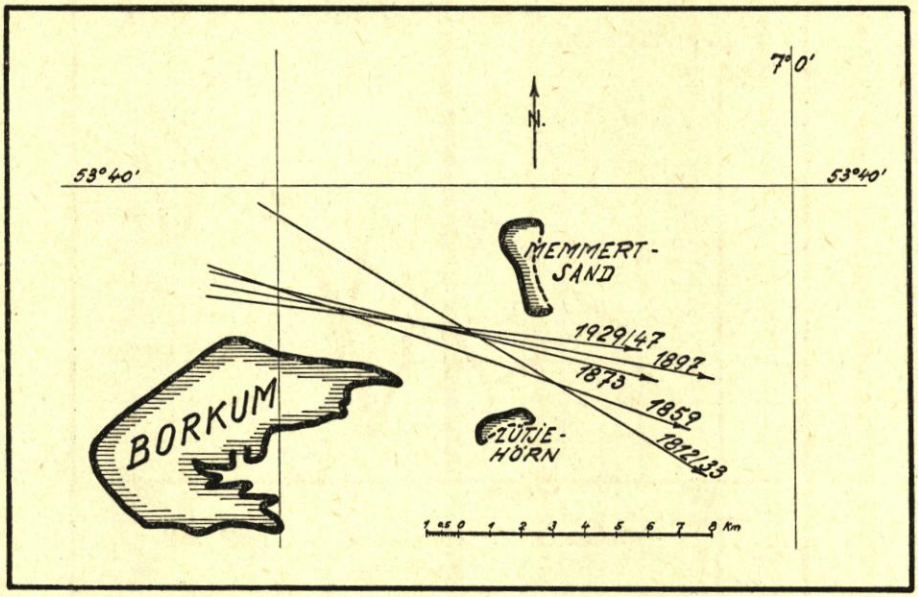

Abb. 8. Die Entwicklung der Osterems zwischen Borkum und Memmert von 1812 bis 1947

c) Die Westerbalje

Im engsten Zusammenhang mit der Osterems steht offenbar die Westerbalje, die ja die Osterems mit der Westerems verbindet. In Abbildung 9 sind die 0,5- und 8-m-Tiefenlinien nach der Karte von 1833, bezogen auf damaliges Niedrigwasser, und darüber die entsprechenden Tiefenlinien von 1940 eingetragen. Die Darstellung läßt deutlich die zwischen 1833 und 1940 eingetretene Verflachung der Westerbalje erkennen. Während 1833 noch eine breite Rinne von 5—8 m Tiefe weit in das Watt eingeschnitten war, ist die Rinne 1940 (durch Schraffung herausgehoben) auf weniger als die Hälfte der alten Breite zurückgegangen und nach Westen verlagert. Die südliche Spitze der 5-m-Linie hat sich um etwa 2800 m nach Norden verlegt. Der Wattrücken zwischen Osterems und Westerems hat sich entsprechend verbreitert. Aus einem Verbindungskanal zwischen beiden Emsarmen ist die Westerbalje zu einem Priel geworden, d. h. während früher durch die Westerbalje offensichtlich noch größere Wassermengen von Norden nach Süden und umgekehrt strömten, hat sich im Laufe der Zeit eine Wasserscheide quer durch die Westerbalje gebildet, die nunmehr beide Stromsysteme voneinander trennt und keinen nennenswerten Wasseraustausch mehr zuläßt. Auffällig an der Darstellung ist das Zurückweichen der 0-m-Linie an der Ostseite der Westerbalje. Dieses mag vielleicht auf eine Zunahme der westlichen Winde im letzten Jahrhundert hindeuten. Dafür spricht auch die starke Zersägung der 2-m- und 0-m-Linie 1940 auf der Ostseite der Balje. Sollte diese Erscheinung etwa die gleiche Ursache haben, die auch für die Schwenkung der Mündungen verantwortlich ist?

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

d) Bucht von Watum, Ostfriesisches Gatje

WILDVANG schreibt in „Der Einbruch der Nordsee in das Mündungsgebiet der Ems" (11):

„Die fortan über die Osterems vordringende Flutwelle stieß mit der über die Westerems einströmenden zusammen und lenkte sie aus ihrer bisher fast rechtwinklig auf die Küste gerichteten Bahn ab."

Folgt man diesem Gedanken WILDVANGS, so wird es verständlich, warum die Bucht von Watum solange — bis etwa um die Mitte des vorigen Jahrhunderts — trotz des längeren Weges das Übergewicht gegenüber dem Ostfriesischen Gatje bewahren konnte. Der Zuschuß aus der Osterems — die Rinne in der Westerbalje zeigt Nordsüdrichtung — drängte die Wassermengen bei Flut in die Bucht von Watum ab. Hierzu kommt das hydraulisch bedingte Pendeln des Stromes in Krümmung und Gegenkrümmung. Die aus der Erdumdrehung resul-

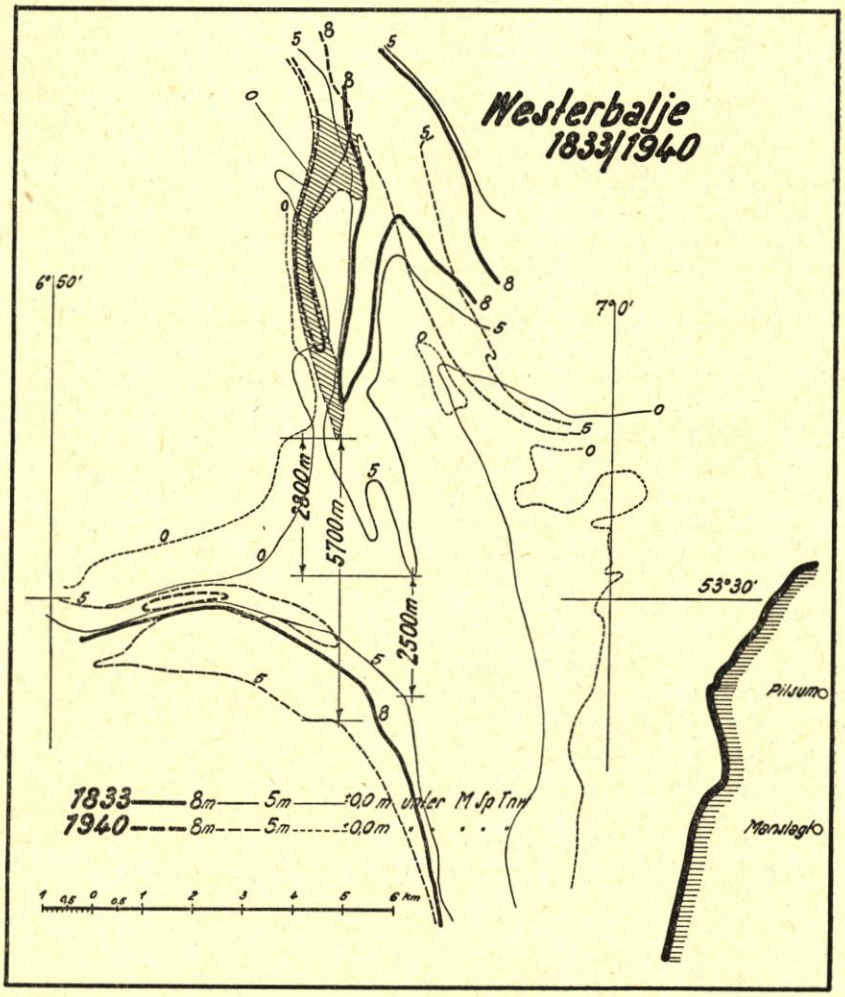

Abb. 9. Verlegung und Verflachung der Westerbalje von 1833 bis 1940

tierende Rechtsablenkung mag gleichfalls ihren Teil zur Ablenkung des Flutstromes nach Westen beigetragen haben. Es müssen daher schon besondere Umstände eingetreten sein, die diesen natürlichen Stromverlauf so grundlegend verändert haben.

Infolge der Schwenkung der Osterems und der damit offensichtlich in ursächlichem Zusammenhang stehenden Verlandung der Westerbalje hat der Zustrom von Norden abge-

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

nommen. Das heutige Profil der Westerbalje schließt das Vorhandensein eines durchgehenden Stromes von wesentlicher Bedeutung aus. Die verbleibende Rinne dient im wesentlichen nur noch der Füllung sowie Entleerung des zugeordneten Wattgebiets. Infolge Schwenkung der Westerems haben Randzel- und Dukegat (vgl. Seite 48) wesentlich an Bedeutung gewonnen. Der Gezeitenstrom verläuft in gestreckter Führung durch die Gaten. Die noch vorhandenen Mäanderbögen (Alte Ems, Emshörnfahrwasser) treten dieser neuen Stromführung gegenüber zurück. Damit fällt aber auch der obenerwähnte zweite Grund (Bildung einer Gegenkrümmung) zur Bevorzugung der Bucht von Watum fort. Es bleibt somit lediglich die Rechtsablenkung aus der Erdumdrehung, die jedoch offenbar nicht stark genug ist, um eine Schwenkung von fast 90 Grad an der Hundsteertspitze zu erzwingen. Sie macht sich vielleicht bemerkbar in der Bildung einer Rinne hart an der Ostseite des Hundsteerts bzw. Paapsandes. Der erste Ansatz zu dieser Rinne zeigt sich im Jahre 1903.

Die zwingende Folge dieser Entwicklung mußte die Vertiefung des Ostfriesischen Gatjes und damit die allmähliche Verlandung der Bucht von Watum besonders am Nordausgang sein. Im Zuge dieser natürlichen Entwicklung wurden um die Jahrhundertwende einmalig Baggerungen im südlichen Ausgang des Ostfriesischen Gatjes durchgeführt. Sie mögen die Entwicklung wohl beschleunigt haben, sie können jedoch nicht als die Ursache einer schon lange vorher angebahnten Umbildung des Stromsystems angesehen werden.

Zur Erhärtung der vorstehend erläuterten Zusammenhänge wurde die Entwicklung der Durchflußquerschnitte in der Westerbalje, in der Bucht von Watum sowie im Ostfriesischen Gatje seit 1812 untersucht. Das Ergebnis ist in Abbildung 10 dargestellt.

Gegenübergestellt wurden:

a) die Durchflußquerschnitte (unter Kartennull) auf der jeweiligen Wasserscheide in der Westerbalje sowie
b) das Mittel von je drei Durchflußquerschnitten (unter Kartennull) durch die Bucht von Watum und
c) durch das Ostfriesische Gatje.

Außerdem wurde die Schwenkung der Osterems (e) graphisch aufgetragen. Die gegenseitige Abhängigkeit ist unverkennbar: Von 1833 einerseits ein Abnehmen der Westerbalje und gleichzeitig ein starkes Abnehmen der Bucht von Watum. Die Entwicklung des Ostfriesischen Gatje ist entgegengesetzt. Sie zeigt eine Zunahme ihres Querschnitts von rund 8000 m² im Jahre 1833 auf etwa 12 000 m² im Jahre 1910. Um 1898 haben Gatje und Watum etwa gleiche Durchflußquerschnitte. Von hier ab verändert sich das Verhältnis Watum zu Gatje weiter bedeutend zu Ungunsten von Watum (Abb. 9 f).

Ab 1912 zeigt die Westerbalje keinen wesentlichen Rückgang mehr. Der Querschnitt hat sich wohl den heute hauptsächlich vom Windstau abhängigen Strömungsverhältnissen zwischen Osterems und Westerems angepaßt.

Die aus den holländischen Karten von 1833 und 1859 ermittelten Querschnitte fallen aus der allgemeinen Linie heraus. Sie liegen sowohl für Watum als auch für das Gatje zu hoch. Dies zeigt sich besonders deutlich in der Summenlinie beider (Abb. 9 d). Es ist durchaus unwahrscheinlich, daß die Querschnittssumme von 1812 bis 1833 um rund 4000 m² angestiegen sein und in der kurzen Zeit von 1859 bis 1873 um rund 6000 m² wieder abgenommen haben soll. Vermutlich ist dieser Unterschied darauf zurückzuführen, daß in den holländischen Karten ein höherer Bezugswasserstand („gewoon laag Water") zugrunde gelegt ist. Nimmt man einen um 0,5 m niedrigeren Bezugshorizont an, so ergeben sich die eingeklammerten Werte, die sich besser in die allgemeine Linie einfügen. Bei den Verhältniswerten (Watum zu Gatje, Abb. 9 f) liegen auch die holländischen Werte gut in der stetig abfallenden Kurve. Der vorübergehend starke Abfall der Kurve (1899—1912) ist offensichtlich auf die von 1899 bis 1901 erfolgte Durchbaggerung der südlichen Barre des Ostfriesischen Gatje zurückzuführen. Ihre Auswirkung scheint jedoch bereits 1912 beendet. Jedenfalls verläuft die n-Linie von hier ab wieder flacher (etwa in derselben Neigung wie vor 1899).

Bemerkenswert ist die Abnahme der Querschnitts-Summe (Abb. 9 d) von rund 22 000 m² im Jahre 1812, auf rund 18 000 m² im Jahre 1948. Sie scheint auf eine ständige, wenn auch

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

langsame Verlandung der Bucht hinzudeuten. Diese wird noch größer, wenn eine allgemeine Erhöhung des Wasserspiegels, wie sie unter anderem von GAYE (2) ermittelt ist, stattgefunden hat.

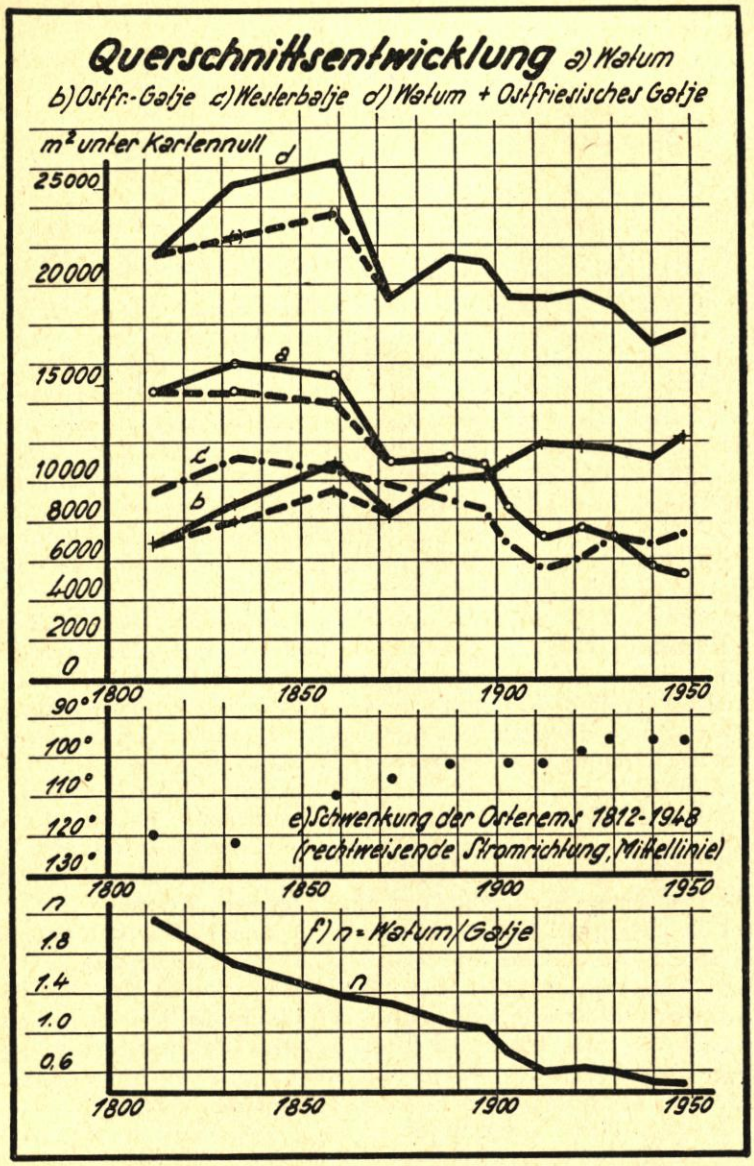

Abb. 10. Entwicklung der Querschnitte in der Bucht von Watum, im Ostfriesischen Gatje und in der Westerbalje. Schwenkung der Osterems

e) Die Entwicklung der Platen

In ursächlichem Zusammenhang mit den Stromrinnen und Gaten stehen die zwischen ihnen gelegenen Platen. Die Hubertplate, Mövensteert, Emshörn und Paapsand mit Hund sind bereits in der Seekarte von BEAUTEMPS-BEAUPRÉ (1812) verzeichnet (LANG (7). Sie lassen sich zum Teil geschichtlich noch erheblich früher nachweisen. Wie nicht anders zu erwarten, sind die Platen in Lage und Ausdehnung im Zusammenhang mit den grundsätzlichen Veränderungen

in der Stromführung seit 1812 bedeutenden Umbildungen unterlegen gewesen. Ohne im einzelnen die Entwicklung hier weiter verfolgen zu wollen, erscheint es jedoch wichtig, den grundsätzlichen Zusammenhang mit den oben geschilderten Vorgängen in den Gaten an einigen charakteristischen Beispielen aufzuzeigen.

Die Hubertplate war 1833 an ihrem südlichen Ende mit dem Horsbornsand westlich Rottum verbunden. Ihre nördliche Fortsetzung bildete die Geldsackplate mit gemeinsamem Sockel in der 8-m-Linie (vgl. Abb. 2). Hubert- und Geldsackplate stellten somit gewissermaßen die Verlängerung des westlichen Ufers der Alten Ems dar, von den Rottumer Wattgründen allerdings durch das Hubertgat getrennt. Mit der Schwenkung der Westerems sowie des Hubertgats, das gleichzeitig erheblich an Bedeutung gewann, konnte sich die Hubertplate in ihrer alten Form nicht halten. Sie mußte mit der Zeit durch den immer mehr von Westen her andrängenden Gezeitenstrom zerrieben werden, was dann auch tatsächlich geschah. Heute ist von der „alten" Hubertplate bis auf einen Stumpf an der Wurzel praktisch nichts mehr übrig geblieben (vgl. Abb. 6). Statt dessen hat sich ein erneuter langgestreckter Sand (Rottumer Bult, Ballon und „neue" Hubertplate) in Richtung der geschwenkten Emsmündungen gebildet, und zwar wieder zwischen diesen. Die erfolgte Schwenkung wird hier besonders deutlich.

Diese Entwicklung ist, wie bereits dargelegt, keineswegs stetig vor sich gegangen. War die Hubertplate 1859 bereits weitgehend verschwunden, so hat sie sich bis etwa 1912 (nördlichste Lage, vgl. Abb. 8) wohl wegen der rückläufigen Bewegung der Schwenkung wieder in gewissem Umfang aufbauen können. 1912 zeigt sich aber bereits die erste Spaltrinne in der Plate in westöstlicher Richtung, ein Zeichen für den Beginn der erneuten Auflösung. 1930 ist der nördliche Teil der Plate mit der Ballonplate verbunden. In Höhe nördlich Rottum hat sich wieder eine Rinne (Hubert-Fahrt genannt) ausgebildet, die sich dann bis heute zu einer Durchfahrt von rund 1700 m Breite entwickelt hat.

Der Mövensteert (Abb. 6) hat in demselben Zeitraum eine bedeutende Erweiterung nach Nordwesten erfahren. Gleichzeitig hat sich der nördliche Eingang der Alten Ems beträchtlich nach Westen verlagert. Eine merkbare Verengung gegenüber 1833 ist hierbei eingetreten. Zu einer Verlandung des nördlichen Ausgangs, wie etwa in der Watumer Bucht, ist es jedoch nicht gekommen. Auf dem Mövensteert in Richtung Nord—Süd verlaufende Stromrinnen zeigen deutlich, daß die Plate bei Flut von Norden nach Süden überströmt wird. Infolge der im Randzelgat voreilenden Flutwelle entsteht ein Gefälleunterschied zur Alten Ems. Umgekehrt tritt bei Ebbe eine Überströmung des Mövensteerts in mehr nordwestlicher Richtung ein. Im Zusammenwirken von Flut und Ebbe ergibt sich eine Resultierende in westlicher Richtung, die die dargestellte Verlagerung der Plate veranlaßt haben mag. In ursächlichem Zusammenhang hiermit steht die gleichzeitige Verlagerung der Alten Ems nach Westen.

Die Emshörn (I) (Abb. 11) ist 1833 noch mit dem Uithuizer Wattsockel fest verbunden. Sie ist ähnlich wie die alte Hubertplate als Fortsetzung des linken Stromufers anzusehen. In Form eines breiten Sandes ist die Emshörn in der Zeit von 1833 bis 1947 nach Nordosten gewandert. 1929 ist sie bereits in der 6-m-Linie mit der Westerbalje verbunden (II). Gleichzeitig hat sich eine neue Spaltrinne durch die Plate (das heutige Emshörnfahrwasser) gebildet. Der hierdurch abgespaltene südliche Teil trägt wieder den Namen Emshörn (III).

Die beträchtliche Wanderung der Emshörn nach Nordosten wird verständlich, wenn man sich die heute voneinander abweichenden Stromrichtungen von Ebbe und Flut an dieser Stelle vergegenwärtigt. Sie ergeben eine Resultierende in Richtung der tatsächlich erfolgten Verlagerung. Diese Wirkung hat sich mit zunehmender Ausweitung des Dukegats sowie des Ostfriesischen Gatjes herausgebildet. Untiefen, die sich noch heute in der inzwischen breit gewordenen Durchfahrt zeigen, bewegen sich ebenfalls in nordöstlicher Richtung.

Die Entwicklung des Paapsandes bedarf nach dem Vorhergesagten eigentlich keiner näheren Erläuterung mehr. Die Abnahme des Sandes auf der Ostseite ist ebenso folgerichtig wie seine Zunahme auf der Westseite. Die 6-m-Linie ist im Verlauf der Jahre bis weit über die Mitte des alten Fahrwassers (Bucht von Watum) nach Westen gewandert. Das Nordende ist bis in die Höhe der alten Emshörn vorgerückt und heute in der 6-m-Linie mit dem „Uithuizer" Wattsockel verbunden.

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

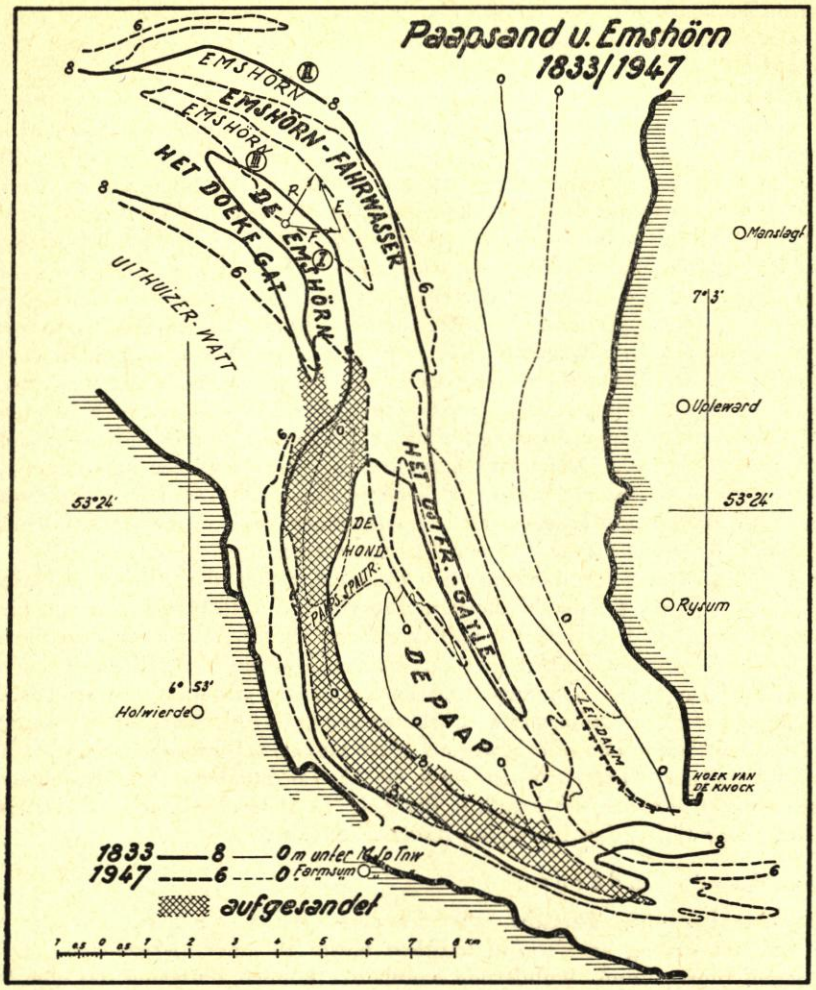

Abb. 11. Wanderung der Emshörn nach Nordosten. Verflachung der Bucht von Watum und Entwicklung des Ostfriesischen Gatje

2. Ursachen der Veränderung

a) Die Theorien von Jessen und Isbary

Als wesentliches Ergebnis seiner Untersuchungen über die Verlegung der Flußmündungen und Gezeitentiefs gibt Jessen (5) an, daß sich sowohl die Mündungen sämtlicher größerer Nordseeflüsse von der Schelde bis zur Eider als auch die in diesem Raume gelegenen Gezeitentiefs in jungalluvialer Zeit nach links verlegt haben; d. h. sie haben ihre Achse (nach Jessen) aus einer ursprünglich mehr nördlichen bis nordwestlichen Richtung in entgegengesetztem Sinne des Uhrzeigers, also in die Nordwest-Südost- bzw. Westostrichtung gedreht. Die Ursache für diese Verlegung der Festlandflüsse und Gezeitentiefs sieht Jessen *„in dem Bestreben der Wasserläufe, sich den heutigen Küstenverhältnissen, im besonderen der Angriffsrichtung der Gezeiten und Sturmfluten und der Sandwanderung anzupassen"*. Die heutigen hydrographischen Verhältnisse haben sich nach Jessen allmählich mit der Entwicklung der Deutschen Bucht (Vertiefung der Nordsee in ihrem südlichen Teil, beträchtliche Erweiterung und Vertiefung

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

des Ärmelkanals) herausgebildet. Zeitlich nimmt JESSEN den Beginn der Ablenkung mindestens in frühgeschichtlicher Zeit an. Sie soll dann durch die ganze geschichtliche Zeit bis heute angedauert haben.

Wenn auch anzunehmen ist, daß sich die im Laufe der Zeit eingetretene morphologische Veränderung der Deutschen Bucht auf die Strömungsverhältnisse in der Nordsee ausgewirkt bzw. diese erst herausgebildet hat, so liegt der Beginn dieser Veränderung doch so weit zurück, daß sie für die in dem betrachteten Zeitraum (1812—1948) eingetretenen Verlagerungen kaum verantwortlich gemacht werden kann. Die Morphologie der Deutschen Bucht darf für diesen Zeitraum wohl als unverändert angenommen werden. Es müssen daher andere Ursachen vorhanden sein, die diese verhältnismäßig kurzfristigen Veränderungen hervorgerufen haben.

ISBARY (3) hat sich gleichfalls mit der Drehung der Stromsysteme im Wattengebiet befaßt. Nach ISBARY war als Folge der großen Meereseinbrüche an der nordniederländischen Küste die Richtung der alten Gezeitengaten mehr von den in die Meereseinbuchten ein- und ausströmenden großen Wassermassen als von der Gezeitenströmung bestimmt. Erst mit dem Stillstand der Landsenkung mußten nach ISBARY die Kräfte des von Gezeiten bewegten Meeres wieder die Oberhand gewinnen. ISBARY ist daher der Meinung, daß nicht die Änderung der maximalen Flutstromrichtung, die JESSEN annimmt, die große Veränderung aller Küstenformen seit Beginn unserer Zeitrechnung hervorrief, sondern ihre natürliche Wiederanpassung, aus der nach Ablauf der vorgeschichtlichen Senkung entstandenen Lage an die wieder in den Vordergrund tretenden Kräfte des von Gezeiten bewegten Meeres.

War bei JESSEN die Veränderung des Gezeitenstromes die primäre Ursache für die Schwenkung, so hält ISBARY die Westostrichtung für die natürliche durch die Gezeiten gegebene Ausgangslage, in die die Gaten nach vorübergehender Ablenkung zurückkehren. Auch diese von ISBARY vertretene Theorie gibt für die vorliegenden Verhältnisse in der Ems keine hinreichende Erklärung. Die Vorgänge sind zu kurzfristig, als daß man sie aus einer etwa durch die Meereseinbrüche Dollart bzw. Leybucht bedingte Ablenkung in eine mehr nördliche Richtung erklären könnte. Die Rückbewegung hätte ISBARY zufolge bereits kurz nach dem Einbruch des Dollarts (um 1413), spätestens Ende des 15. Jahrhunderts einsetzen müssen. Die hier betrachteten Vorgänge haben sich jedoch in der Zeit seit 1833 abgespielt, wobei zwischen 1874 bis 1900 sogar eine rückläufige Bewegung festzustellen war.

b) Die Sandwanderung

Es ist eine bekannte Tatsache, auf die auch JESSEN hinweist, daß die westöstlich gerichtete Sandwanderung an der ostfriesischen Küste zu einer zeitweiligen Verlegung der Mündungsgaten führen kann. Wandernde Sandbänke können zeitweilig das eine Seegat versperren, wodurch ein anderes Seegat größere Bedeutung erlangt. Das Riffgat wird z. B. ab 1897 durch Sandbänke, die sich in westöstlicher Richtung bewegen, stark eingeschränkt. Erst ab 1930 ist das Riffgat wieder frei, ohne daß es allerdings seine ursprüngliche Tiefe wieder erlangt hätte. In der Westerems sowie im Hubertgat zeigen sich dagegen auffälligerweise keine derartig ausgeprägten Sandbänke. Der Strom ist hier offenbar zu stark, um im Gat selbst größere Ablagerungen zuzulassen. Vermutlich wird der sicherlich auch durch die Westerems und das Hubertgat transportierte Sand, soweit er nicht mit dem Strom weiter aufwärts verfrachtet wird, in größeren Tiefen durch das Gat vertriftet.

Eine Wanderung des Sandes in einzelnen Riffen, die sich bogenförmig am Rande des Mündungsgebietes nach Osten bewegen [vgl. GAYE und WALTHER (1)] konnte bei der Ems nicht festgestellt werden. Sowohl der Sockel der Geldsackplate als auch der des Rottumer Bults haben trotz mannigfacher Veränderungen ihrer äußeren Form besonders in den höher gelegenen Teilen seit 1812 bzw. seit 1859 ihre geographische Lage kaum verändert.

c) Veränderung der meteorologischen Bedingungen

Nach diesen Feststellungen können weder die Theorien von JESSEN und ISBARY noch die Sandwanderungen an der Küste allein als ausreichende Erklärung der eingetretenen Veränderungen im Emsmündungsgebiet angesehen werden. Maßgebende, nicht zu unterschätzende

Faktoren in der Formung unserer Küste sind aber ohne Zweifel Wind und Wetter. Es liegt daher die Vermutung nahe, daß Veränderungen auf meteorologischem Gebiet eine wichtige, vielleicht sogar ausschlaggebende Rolle gespielt haben.

Eine Zusammenstellung neuerer Untersuchungen auf meteorologischem Gebiet gibt A. WAGNER (10). Die Untersuchungen erstrecken sich auf etwa hundert Jahre. Aus Raummangel ist es leider nicht möglich, auf Einzelheiten dieser sehr interessanten Arbeit einzugehen. Nur die Ergebnisse seien hier wiedergegeben. WAGNER stellt fest, daß:

1. das Jahrmittel der Temperatur zugenommen hat,
2. der mittlere meridionale Druckunterschied zwischen dem 50. Grad und 70. Grad nördlicher Breite zugenommen hat,
3. die Intensität der allgemeinen Zirkulation seit mehr als einem Jahrhundert bis in die Jetztzeit hinein dauernd, besonders aber in den letzten Jahrzehnten zugenommen hat,
4. die Westwinddrift ebenfalls im Zusammenhang der Verstärkung der allgemeinen Zirkulation, zugenommen hat.

Bei verstärkter Zirkulation ist nach WAGNER auch mit Verstärkung der mittleren Windstärke zu rechnen. Eine bestimmte Ursache für die Verstärkung der allgemeinen Zirkulation konnte bisher nicht angegeben werden*).

Die Ergebnisse der Untersuchungen von WAGNER scheinen bereits einen gewissen Hinweis auf mögliche Zusammenhänge zwischen den meteorologischen Bedingungen und dem jeweiligen Geschehen im Küstengebiet zu geben. Insbesondere scheint die Feststellung WAGNERS, daß *„besonders in den letzten Jahrzehnten"* die Intensität der allgemeinen Zirkulation zugenommen hat, beachtenswert. Auch die beobachteten Veränderungen im Emsmündungsgebiet waren in den letzten Jahrzehnten besonders lebhaft (vgl. Abb. 8 und 9). Doch sind diese Feststellungen WAGNERS noch zu allgemein gehalten, um hieraus bereits einen unmittelbaren Zusammenhang mit den spezifischen Erscheinungen im Emsgebiet ableiten zu können. Es erscheint vielmehr erforderlich, unmittelbar im Raum des Emsgebietes durchgeführte Windbeobachtungen in die Betrachtung einzubeziehen.

Aus einer Aufstellung der Wetterwarte Emden für die Zeit seit 1879 wurden jeweils für die Jahrzehnte (1881/90; 1891/1900; 1901/10; 1911/20 und 1921/30) sowie für das Jahrfünft 1931 bis 1935 die entsprechenden gemittelten Windrosen aufgetragen (Abb. 12). Dargestellt wurden hierbei die Häufigkeiten der acht Hauptwindrichtungen in v. H. aller Terminbeobachtungen. Bei Zwischenrichtungen wie WNW wurden bei der Windverteilung die benachbarten Hauptrichtungen mit je 0,5 berücksichtigt. Nicht enthalten sind in der Aufstellung die Windstärken, die nur für die letzten beiden Jahre 1947 und 1948 angegeben werden konnten. In den für 1947 und 1948 aufgetragenen Windrosen sind auch die Windstärken mit berücksichtigt. Die Darstellung zeigt wohl eine gewisse Veränderung der Verhältniszahlen zugunsten der Windrichtungen mit der größeren Häufigkeit. Im Grundsatz verändert sich das Bild jedoch nicht wesentlich, so daß wohl auch aus den Häufigkeiten Schlüsse auf die Verteilung der Windkräfte in den verschiedenen Zeitabschnitten gezogen werden dürfen, zumal es bei der nachfolgenden Untersuchung nicht so sehr auf die absoluten Größen der Windkräfte, als auf ihre Veränderung mit der Zeit ankommt.

Als vorherrschende Windrichtung ergibt sich für das Emder Gebiet eindeutig die Südwestrichtung mit 21,0—31,4 v. H. sämtlicher Terminbeobachtungen. An zweiter Stelle folgt die Westrichtung mit 11,0—15,3 v. H. Die geringste Häufigkeit zeigt die Südrichtung (1901/10) mit 3,7 v. H. Aber auch die Nordrichtung zeigt zeitweise verhältnismäßig geringe Häufigkeit (1931/38 nur 4,7 v. H.).

Auf die Küstengestaltung werden im wesentlichen nur die den Wasserspiegel und damit auch die Strömungsgeschwindigkeiten erhöhenden Windrichtungen, d. h. die auflandigen Winde von Einfluß sein. Die Streichlinie der ostfriesischen Küste verläuft im wesentlichen von WSW nach ONO. Als auflandige Winde kommen daher an der ostfriesischen Küste die

*) Als mögliche Ursache gibt WAGNER eine Zunahme der Sonnenstrahlung durch Vergrößerung der sog. Solarkonstanten bzw. durch eine größer gewordene Durchlässigkeit der Atmosphäre für kurzwellige Strahlen an.

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

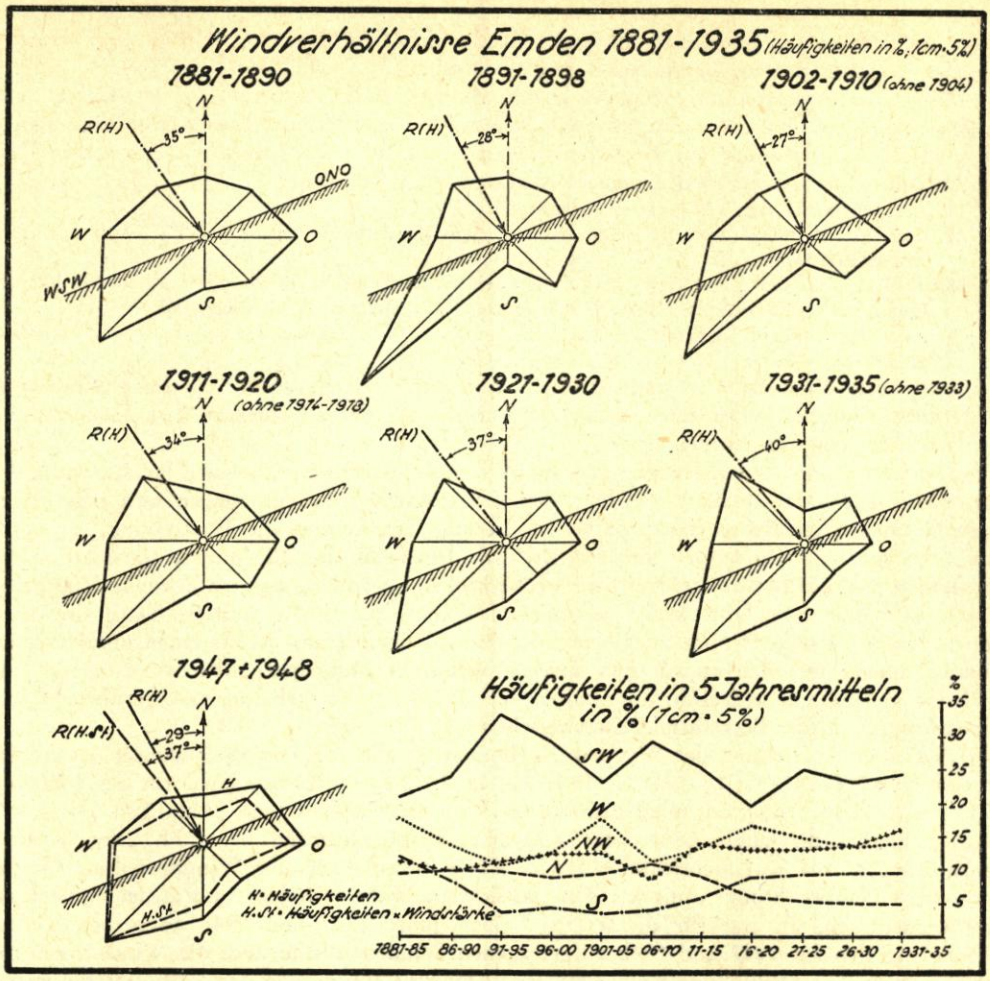

Abb. 12.

vier Hauptwindrichtungen W, NW, N und NO in Betracht. In den gemittelten Windrosen wurde aus den genannten Hauptrichtungen jeweils die Resultierende R ermittelt und eingetragen. Wie die Darstellung zeigt, ergibt sich hierbei für den Zeitraum 1880 bis 1910 eine Drehung der resultierenden Windrichtung im Uhrzeigersinn um etwa 8 Grad, für den Zeitraum 1911 bis 1935 dagegen eine Drehung entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn um etwa 13 Grad. Diese Drehungen stimmen aber bezeichnenderweise mit den für die Außengaten bereits festgestellten Schwenkungen grundsätzlich überein. So wurde beispielsweise für das Hubertgat (Abb. 7) eine Schwenkung im Uhrzeigersinn von 1874 bis 1903 um 9 Grad festgestellt; von 1903 bis 1930 dagegen eine entgegengesetzte Schwenkung um etwa 17 Grad. Die Richtungen der Gaten sind zwar nicht mit den ermittelten Windrichtungen (R) identisch. Sie zeigen im allgemeinen eine mehr westlich geneigte Richtung. Hierzu ist zu sagen, daß die Formen der Gaten vorwiegend von den örtlichen Bedingungen, insbesondere der West-Ost gerichteten Gezeitenbewegung bestimmt werden. Die Windkräfte stellen somit nur eine der vielen die Küste gestaltenden Komponenten dar. Hinzu kommt, daß die Darstellung lediglich die Häufigkeit der Windrichtungen, nicht aber die Windstärken berücksichtigt. Bei Berücksichtigung auch der Windstärken ist mit einer Verschiebung der Resultierenden zugunsten der

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

größeren Häufigkeiten, d. h. nach Westen, zu rechnen (vgl. Windrose 1947/48). Die Windrose 1947/48 zeigt eine wieder mehr nördlich gerichtete Resultierende (bis 29 Grad)! Es ist möglich, daß hierauf das in neuester Zeit wieder festgestellte Anwachsen der Hubertplate zurückzuführen ist. Jedoch scheint ein nur zweijähriger Beobachtungszeitraum zu kurz, um hieraus bereits bestimmte Schlußfolgerungen ziehen zu können. Abbildung 12 zeigt ferner noch die Veränderung der Windhäufigkeit mit der Zeit. Aufgetragen ist in diesem Falle jeweils das fünfjährige Mittel. Die Drehung der Resultierenden ist hiernach im wesentlichen der Abnahme der nördlichen Winde zugunsten der nordwestlichen und westlichen Winde zuzuschreiben.

Die Untersuchung ergibt, daß die Veränderung der Windverhältnisse mit den im Mündungsgebiet der Ems festgestellten Veränderungen durchaus parallel läuft. Die Vermutung, daß die jeweiligen meteorologischen Verhältnisse auf die Küstengestaltung von wesentlichem Einfluß sind, scheint daher berechtigt.

Erst nach Abschluß der vorliegenden Untersuchung dem Verfasser bekanntgewordene Arbeiten von A. Labrijn (6) über das Klima der Niederlande während der letzten zweieinhalb Jahrhunderte und von van Veen (8) über die herrschende Windrichtung in Amsterdam seit 1700 gestatten die Nachprüfung des Ergebnisses der Emder Windbeobachtungen. Es darf angenommen werden, daß die Windverhältnisse in Holland im wesentlichen auch für das Emsmündungsgebiet zutreffen. Zumindest werden dort festgestellten Veränderungen der vorherrschenden Windrichtung gleichartige Veränderungen im Emsmündungsgebiet entsprechen.

A. Labrijn untersucht die Entwicklung der Temperatur, des Niederschlags, der Windrichtung und des atmosphärischen Drucks in den letzten zweieinhalb Jahrhunderten. Hier interessieren in erster Linie seine Feststellungen über die Veränderung der Windrichtung. Labrijn benutzt für seine Untersuchungen außer den Amsterdamer Beobachtungen (1700 bis 1936), die auch van Veen wiedergibt, die Beobachtungsreihen (Windrichtung):

Bilderdam:	1708—1732
Zwanenburg:	1795—1839
Oude Wetering:	1816—1944
Utrecht de Bilt:	1849—1944
Den Helder:	1919—1942
Groningen:	1919—1942
Amsterdam:	1937—1944

Die einzelnen Beobachtungsreihen zeigen nach Labrijn mit Ausnahme derjenigen von Oude Wetering (1816—1873) eine sehr zufriedenstellende Übereinstimmung. Die Ergebnisse dürfen daher als für ein größeres Gebiet — und damit auch für das Emsmündungsgebiet — gültige, von örtlichen Erscheinungen unabhängige Feststellungen gewertet werden.

Labrijn stellt die aus den vorliegenden Beobachtungsreihen berechneten überlappenden Dreißigjahresmittel der Temperaturen, des Niederschlags und der mittleren Windrichtung in Abhängigkeit von der Zeit dar. Abbildung 13 a enthält die mittlere Windrichtung (Amsterdam) für einen Zeitraum von fast zweieinhalb Jahrhunderten (1715—1930). Der Schwenkungsbereich der mittleren Windrichtung beträgt in dem genannten Zeitraum über 25 Grad. Und zwar ergibt sich vom Beobachtungsbeginn bis etwa 1790 ein Anstieg, d. h. eine Drehung im Uhrzeigersinn um etwa 20 Grad; von 1790 bis etwa 1870 ein Abfall, d. h. eine Drehung entgegen dem Uhrzeigersinn um etwa 18 Grad. Von 1870 bis etwa 1890 ist ein erneuter, wenn auch schwach ausgeprägter Anstieg von etwa 6 Grad festzustellen. Hierauf folgt bis in unsere Zeit wieder ein neuer Abfall der mittleren Windrichtung um etwa 20 Grad (= Drehung entgegen dem Uhrzeiger).

Daß es sich hierbei nicht um zufällige Rechnungsergebnisse, sondern um wirkliche Klimaschwankungen handelt, dafür sprechen die in gleicher Weise ausgewerteten Temperaturbeobachtungen (Abb. 13 b und 13 c). Sie lassen ähnliche Wendepunkte wie in Abbildung 13 a erkennen. Besonders markante und mit den Wendepunkten der Abbildung 13 a fast übereinstimmende Wendepunkte weist hierbei die Abbildung 13 b (Wintertemperaturen) auf. Weniger

deutlich und etwas verschoben sind sie dennoch in Abbildung 13 c (Sommertemperaturen) erkennbar. Es dürfte demnach wohl kein Zweifel darüber bestehen, daß echte Klimaschwankungen, deren Ursachen allerdings bisher noch ungeklärt sind, stattgefunden haben und noch andauern.

VAN VEEN stellt als Ergebnis seiner Untersuchung ebenfalls eine Drehung der Windrose entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn fest. Die Entwicklung im einzelnen, wie sie von LABRIJN aufgezeigt wird, kommt bei den von VAN VEEN gebildeten Fünfzigjahresmitteln (1700/1750 und 1890/1937) naturgemäß nicht zum Ausdruck.

Die holländischen Beobachtungen stellen somit eine wertvolle Ergänzung der Windbeobachtungen der Wetterwarte Emden (seit 1881) dar, zumal sie zweieinhalb Jahrhunderte zurückreichen und somit die Bildung überlappender Jahresmittel über längere Zeiträume gestatten.

Vergleicht man die Ergebnisse der Untersuchungen von LABRIJN und VAN VEEN mit den Beobachtungen über die Schwenkungsbewegungen der Seegaten im Emsmündungsgebiet, so ergibt sich eine unverkennbare Parallelität der Erscheinungen. Die Untersuchung über die Veränderungen im Emsmündungsgebiet seit etwa 1800 — die erste zuverlässige Seekarte (BEAUTEMPS-BEAUPRÉ) datiert von 1813 — ergab in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts eine Schwenkung der Seegaten entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn von rund 20 Grad. Etwa ab 1870 kommt diese jedoch zum Stillstand und zeigt im Gegenteil eine rückläufige Bewegung, die bis Ende des Jahrhunderts anhält. Der Einfluß dieser rückläufigen Bewegung zeigt sich nicht nur in der Umlagerung der Außengaten (Westerems und Hubertgat), sondern bezeichnenderweise auch, bedingt durch die veränderte Strömungsrichtung, in der Querschnittsentwicklung des oberhalb gelegenen Randzel- und Dukegats, die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eine deutliche Unterbrechung aufweist. Erst mit Beginn des 20. Jahrhunderts tritt eine neue Schwenkung der Seegaten wieder entgegen dem Uhrzeigersinn ein. Sie bewirkte gleichzeitig den endgültigen Durchbruch des Randzel- und des Dukegats und verhalf diesen damit zu ihrer heute vorherrschenden Stellung gegenüber der alten Ems bzw. der Pilsumer Fahrt.

Aus der Zeit vor 1800 liegen genauere Seekarten nicht vor. Aus Segelanweisungen, Berichten der Schiffahrt und anderen Urkunden (vgl. LANG [7]) lassen sich jedoch gewisse Rückschlüsse auf die Fahrwasserverhältnisse in früherer Zeit ziehen. Es scheint erwiesen, daß bis 1700 die Westerems von der Großschiffahrt unbestritten als Fahrwasser bevorzugt wurde, also wohl ausreichende Wassertiefen besaß. Mit Beginn des 18. Jahrhunderts verschlechterten sich jedoch offenbar die Fahrwasserverhältnisse in der Westerems.

In einem Bericht des Emder Tonnenlegers aus dem Jahre 1731 wird bereits von einem neu aufgekommenen „Noorde Westergat" sowie von einem „Drempel" von nur 3 m Tiefe zwischen Geldsackplate und Hubertplate gesprochen. Die Westerems war demnach um diese Zeit weitgehend verflacht, während sich dafür das Noorde Westergat, vermutlich das heutige Riffgat, öffnete. Erst Ende des 18. Jahrhunderts gewann die Westerems wieder an Bedeutung. Dies geht aus einem Bericht des Jahres 1793 hervor, worin ausdrücklich betont wird, daß in der Westerems nirgends weniger als 3,5 Faden (= 6,3 m) Lotungstiefe angetroffen wird, eine Tiefe, die gegenüber den heutigen Verhältnissen in der Westerems zwar noch sehr gering ist, aber doch schon den Beginn einer neuen Austiefung zeigt.

Diese Mitteilungen lassen vermuten, daß im 18. Jahrhundert (bis etwa 1790) eine Klimaentwicklung, die der des 19. Jahrhunderts entgegengesetzt war, stattgefunden hat. Tatsächlich zeigen die Abbildungen 13 a—13 c (LABRIJN) einen Wendepunkt des Klimaverlaufs um 1790.

Auch für die Zeit vor 1790 scheint demnach eine Parallelität zwischen Klimaveränderung (hier Windrichtung) und den Veränderungen im Mündungsgebiet der Westerems feststellbar zu sein. Die Vermutung einer Abhängigkeit der jeweiligen Küstenformen von der vorherrschenden Windrichtung scheint sich demnach auch aus den Untersuchungsergebnissen der Arbeit von LABRIJN zu bestätigen.

Die Küste, 1 Heft 1 (1952), 43-62

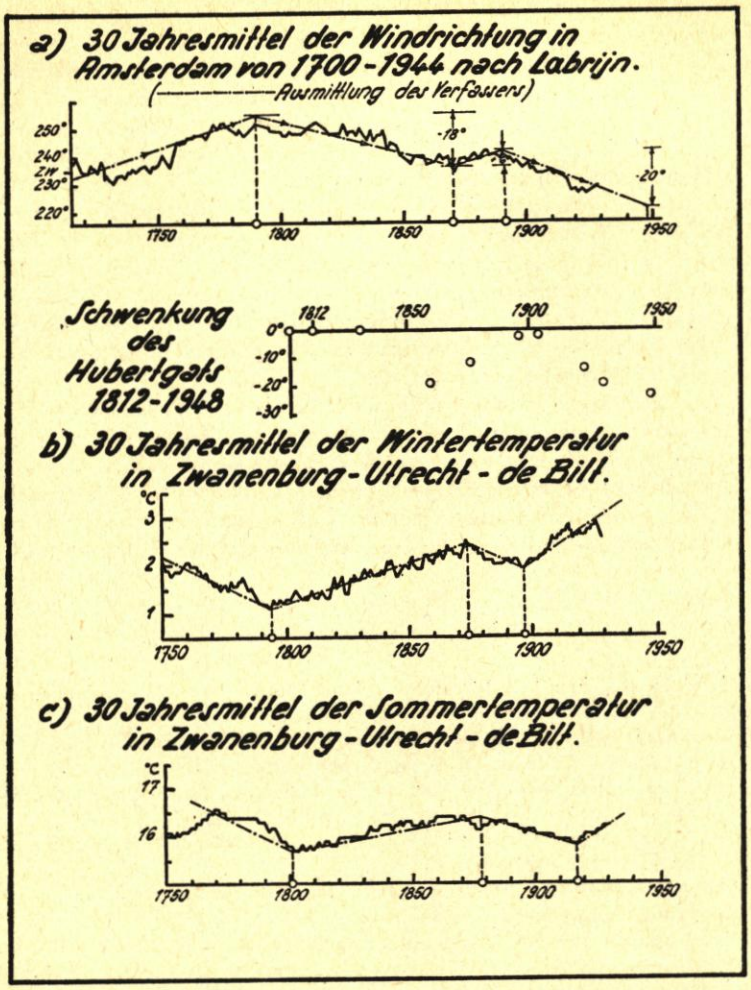

Abb. 13. Schwenkung des Hubertgats im Vergleich mit der Änderung der Windrichtung (nach Labrijn)

Zusammenfassung

Fassen wir nochmals die möglichen Ursachen für die Schwenkung der Ems-Mündungen sowie die vermutlich infolge der Schwenkung aufgetretenen Änderungen im Stromsystem der Außen-Ems seit 1833 zusammen, so müssen die von JESSEN und ISBARY aufgestellten Theorien als für die Ems nicht zutreffend (jedenfalls für die Vorgänge seit 1833) ausgeschieden werden. Es bleibt somit lediglich die Ost-West gerichtete Sandwanderung sowie die Änderung der meteorologischen Bedingungen. Wenn auch der Sandwanderung ein gewisser Einfluß auf die jeweiligen Verhältnisse im Mündungsgebiet einzuräumen ist, konnte doch nachgewiesen werden, daß sie die Vorgänge im Emsgebiet nicht allein ausreichend erklärt. Es bleibt daher nur die Annahme übrig, daß die Veränderung der meteorologischen Bedingungen von maßgebendem Einfluß auf die Gestaltung der Seegaten gewesen ist. Eins scheint jedenfalls sicher, daß nämlich die Ursache, die die Verlegung bewirkt hat, nicht im System der Ems selbst, sondern außerhalb dieser liegen muß. Das Durchsetzen der Gaten gegenüber dem alten Ems-

lauf (Mäanderbögen) ist daher kaum auf Veränderung der Strömungsverhältnisse im Emsgebiet selbst, keinesfalls aber auf künstliche Eingriffe (Durchbaggerung des Ostfriesischen Gatje 1899—1901), sondern auf außerhalb dieses Gebietes vorhandene Kräfte zurückzuführen. Die treibenden Kräfte haben von außerhalb beginnend den Emslauf umgestaltet und ihm die heutige Form gegeben. Die Umbildung der Platen war hierbei, wie nachgewiesen werden konnte, nur die natürliche Folge der Veränderungen in den Strömungsverhältnissen.

Was nun die voraussichtliche zukünftige Entwicklung anbelangt, darf angenommen werden, daß sich, solange sich die meteorologischen Bedingungen nicht wesentlich ändern — irgendwelche Anzeichen hierfür liegen bisher nicht vor — die eingeleitete Entwicklung, d. h. das Durchsetzen der Gaten gegenüber den Bögen, fortsetzen wird. Hierbei sind zeitweise Rückschläge entsprechend den wechselnden meteorologischen Verhältnissen durchaus möglich. Eine Rückkehr der alten Verhältnisse, d. h. eine Wiederherstellung der alten Fahrt (Alte Ems, Pilsumer Fahrt und Bucht von Watum), scheint nach Lage der Dinge jedoch ausgeschlossen. Dazu ist die Entwicklung zu weit fortgeschritten.

Eine besondere Beachtung verdient noch die Insel Rottum. Sie ist in ihrer Westostwanderung der Westerems bereits bedenklich nahegerückt. Bei weiterem Vorrücken, und damit ist zu rechnen, wird sie eines Tages die Westerems erreicht haben. Vermutlich wird sie dann an ihrer Ostseite von dieser abgetragen werden. Gleichzeitig wird die zunehmende Verengung des Abflußquerschnittes zwischen Borkum und Rottum wahrscheinlich zu einer Vertiefung des Gats vor Borkum und damit zu einer Gefährdung der Westseite Borkums führen.

Schriftenverzeichnis

1. Gaye, J. und Walther, Fr.: Die Wanderung der Sandriffe vor den ostfriesischen Inseln. Die Bautechnik Bd. 13, H. 41, S. 555—567. Berlin 1935.
2. Gaye, J.: Wasserstandsänderungen in der Nord- und Ostsee. (Unveröffentlichter Vortrag, Bremen 1949, Manuskript im Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Kiel.)
3. Isbary, G.: Das Inselgebiet von Ameland bis Rottumeroog. Morphologie und Hydrographie. Archiv d. Deutschen Seewarte, Bd. 56, H. 3, S. 1—55. Hamburg 1936.
4. Janssen, Th.: Die neuere Entwicklung des Seegebietes vor Borkum. Abhandl. Nat. Ver. Bremen, Bd. 30, H. 1/2, S. 253—261. Bremen 1937.
5. Jessen, O.: Die Verlegung der Flußmündungen und der Gezeitentiefs an der festländischen deutschen Nordseeküste in jungalluvialer Zeit. S. 181. Stuttgart 1932.
6. Labrijn, A.: Het klimaat van Nederland gedurende de laatste twee en een halve eeuw. Koninkl. Nederl. Meteorologisch Instituut Nr. 102. Mededeelingen en Verhandlingen. 1949.
7. Lang, A.: Untersuchung zur morphologischen Entwicklung des Emsmündungstrichters von der Mitte des 16. Jahrhunderts bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts. (Unveröffentlicht, Manuskript im Wasser- und Schiffahrtsamt Emden.)
8. van Veen, J.: Is de heerschende Windrichting te Amsterdam sedert 1700 gekrompen? Tijdschr. van het Kon. Nederl. Aardr. Genootsch. S. 704. Amsterdam 1940.
9. van Veen, J.: Eb- en vloedschaar systemen in de Nederlandsche getijwateren. Waddensymposium S. 43—65. 1950.
10. Wagner, A.: Klimaänderungen und Klimaschwankungen. Braunschweig 1940.
11. Wildvang, D.: Der Einbruch der Nordsee in das Mündungsgebiet der Ems. Abhandl. Nat. Ver. Bremen, Bd. 30, H. 1/2, S. 33—53. Bremen 1937.
12. Atlas Niedersachsen, Deutscher Planungsatlas Bd. 2. Veröff. d. Niedersächs. Amtes f. Landesplanung u. Statistik, Reihe K, Band 9. Bremen 1950.