

Meer und Küste bei Wangeroog und die Kräfte, die auf ihre Gestaltung einwirken*

Von W. KRÜGER, Marineoberbaurat in Wilhelmshaven

Die ostfriesischen Inseln, zu denen als östliches Endglied die oldenburgische Insel Wangeroog gehört, würden ständiger Wanderung nach Osten unterworfen sein, wenn sie nicht durch Strandschutzwerke gehalten würden. Bau und Unterhaltung der Strandschutzwerke erfordern aber große Summen.

Preußen hat für die Erhaltung seiner ostfriesischen Inseln bisher etwa 15 Mill. Mark ausgegeben. Auf Wangeroog sind für die Erhaltung des westlichen Teiles der Insel und der Dünen im Osten vom Deutschen Reiche 2,4 Millionen und von den Weserstaaten 0,9 Mill. Mark aufgewandt worden. Außerdem hat Oldenburg, anlehnend an die Strandschutzwerke des Reiches zum Schutz des Dorfes Wangeroog noch für etwa 0,3 Mill. Mark Strandbauten ausgeführt. Mit den bisherigen Ausgaben ist es aber nicht getan; die Kräfte des Meeres gefährden die ausgeführten Bauten bald hier, bald dort, zeitweise sogar recht stark, wie es mit den Westbuhnen Wangeroogs gerade in letzter Zeit der Fall war und noch ist. Die Sandwanderung, die Ursache der Inselgefährdung, erschwert aber auch den Zugang zu den großen deutschen Nordseehäfen und erfordert bei den steigenden Anforderungen an die Zugänglichkeit der Häfen mit der Zeit Summen, die die für die Erhaltung der Inseln aufgewandten Beträge überschreiten werden. Es ist deshalb notwendig, daß auf die Einzelheiten eingehend danach geforscht wird, welches die Kräfte sind, durch die der Bestand der Inseln so gefährdet wird und die Fahrwasser so beeinträchtigt werden, da von der Kenntnis der Angriffskräfte die Abwehrmittel abhängen müssen. Die nachstehenden Ausführungen, die ich auf Grund meiner sechsjährigen Beschäftigung mit den Vorarbeiten und der Bauleitung für eine Korrektur der Jade, besonders der Außenjade, sowie auch mit Unterhaltung der Strandschutzwerke auf Wangeroog gemacht habe, sollen zur weiteren Ergänzung der Forschungen über die Küstengestaltung anregen.

Begriffsbezeichnung.

In den nachstehenden Ausführungen wende ich folgende Begriffe an:

Tide. Die Begriffe für die Tide sind nach den Annalen für Hydrographie 1904, S. 449 festgesetzt. Eine Tide ist die einmalige Erscheinung des regelmäßigen Steigens und Fallens des Wassers von Hochwasser zu Hochwasser oder Niedrigwasser zu Niedrigwasser. Flut ist das Steigen, Ebbe das Fallen. Hochwasser und Niedrigwasser sind die beiden äußersten Wasserstände einer Tide. „Bei drei Viertel Flut“ usw. bezeichne den Zeitpunkt, in dem drei Viertel der Flut verflossen sind. Mittleres Hochwasser und Niedrigwasser sind die aus der Gesamtzahl der Wasserstandsbeobachtungen gemittelten Werte. Tidenhub ist der Höhenunterschied zwischen dem Hoch- und dem Niedrigwasser einer Tide. Aus der Gesamtzahl der Tidenhübe wird der mittlere Tidenhub ermittelt. Springtide ist bei der Jade

* Nachdruck aus „Zeitschrift für Bauwesen“, Jg. 1911, Verlag W. Ernst u. Sohn, Berlin.

die fünfte Tide nach Neumond und Vollmond, bei der der Tidenhub im Mittel am größten ist; Nipptide die fünfte Tide nach halbem Mond, bei der der Tidenhub im Mittel am kleinsten ist. Hafenzzeit ist diejenige Zeit, zu der an dem betreffenden Küstenpunkte an dem Tage des Neumonds oder Vollmonds das Hochwasser eintritt. Die durch die Tide hervorgerufenen Ströme heißen Tidenströme; Flutstrom ist der Strom, der in der Hauptsache in der Zeit der Flut läuft, Ebbestrom der Strom in der Zeit der Ebbe. Der Übergang von einem Strom zum andern heißt das Stromkatern. Der Augenblick der Stromkenterung fällt in der Regel nicht mit Hochwasser oder Niedrigwasser zusammen, sondern tritt später ein. Es läuft also während der Ebbe noch eine Zeit lang Flutstrom und umgekehrt. Sturmflut ist eine durch starke Winde erzeugte, besonders hohe Flut. Westwinde erzeugen an der deutschen Nordseeküste hohe Wasserstände, Ostwinde niedrige. Die Tide schreitet von Westen nach Osten vor. Die Flut tritt in der Harle z. B. um zehn Minuten früher ein als in der Blauen Balje.

Geländebezeichnung. Die Fläche, die bei mittlerem Hochwasser unter Wasser kommt und bei mittlerem Niedrigwasser trocken läuft, heißt Watt. Unter Strand sei nachstehend diejenige flache Uferstrecke verstanden, die von schwerer See getroffen wird und deshalb an einer Sandküste aus reinem Sand besteht. Ein Teil des Strandes kommt regelmäßig unter Wasser und gehört deshalb zum Watt. Ein Teil des Strandes liegt über Hochwasser. In der Mitte der Insel ist der Strand verhältnismäßig steil; im Osten und Westen ist er jedoch breit und flach. J. Reinke, Die ostfriesischen Inseln, Seite 3, nennt diesen Teil des Strandes eine Sandplatte. Die Sandplatten enthalten schon etwas Schlick. Auf der Südseite der Sandplatten geht der Strand in das reine Watt über. Sonst geht er in die Dünen über. Das sind Erhöhungen aus Sand, die zusammengeweht sind. Außengroden ist das uneingedeichte Grünland, das bei höherem Hochwasser unter Wasser kommt. Inseln sind trockene, rundum von Wasser umgebene Flächen. Düneninseln verdanken ihre Gestaltung den Dünen, wie Wangeroog; Strandinseln, die Vorstufe der Düneninsel, sind Minsener-Old-Oog und Mellum. Ein Teil von letzterem ist allerdings Düneninsel mit etwas Außengroden. Wattinseln sind Wattflächen, die zeitweise rundum von Wasser umgeben sind. Riffe sind den Inseln vorgelagerte Sandbänke, von denen einige teilweise trocken laufen. Der Übergang vom Strande bis zur tieferen See, etwa bis zur 15-m-Linie oder bis dahin, wo der Seeboden flacher wird, sei der Vorstrand genannt.

Die Rinnen in der See. Auf dem Watt befinden sich Rinnen, die bei Niedrigwasser trocken laufen oder noch mit wirklichem Gefälle Wasser abführen; dies sind Priele. Sie münden in Baljen, die bei Niedrigwasser nicht trocken laufen, diese wieder in Seegatten, die die Inselkette durchbrechen und die Verbindung des Watts mit der See herstellen. Die Blaue Balje z. B. ist ein Seegatt. Die Jade und die Weser seien Ströme genannt, die durch die Platen in einzelne Rinnen geteilt werden. Eine sattelartige Niederung auf einem eine Wasserscheide bildenden Wattrücken heißt eine Legde (von leeg = niedrig). Die Rinnen auf dem Strande sollen Strandpriele heißen, die Rinnen zwischen Strand und Riff Strandbaljen.

An der Mündung eines Wasserlaufs in einen größeren liegt eine Barre. Der Strom aus dem kleinen Wasserlauf verteilt sich hier fächerförmig. Dadurch nimmt seine das Strombett reinigende Kraft ab. Es bilden sich Ablagerungen, in die der Strom Rinnen frißt, die aber flacher sind als der kleinere Wasserlauf oberhalb. Dieses Gebiet der Verflachungen heißt die Barre. Jedes Priel läuft mit einer Barre in die Balje aus, jede Balje mit einer Barre in das Seegatt, jedes Seegatt und jeder Strom mit einer Barre in die See. Die Barre der Jade ist das Gebiet der Platen nordöstlich von Minsener-Old-Oog.

1 Ort	2 Hochwasser + später, - früher als in Wilhelmshaven		3 Mittlere Dauer des		4 Fallens		5 Mittlerer Tidenhub	6 Mittleres Hoch- | Niedrig- wasser		7 Mittel- wasser	8 Mittel- wasser	9 Seekarten- null geschätzt
	h	m	h	m	h	m	m	m	m	m	m	m
	Steigens		Fallens		bezogen auf 0 am Wilhelmshavener Pegel							
Wilhelmshaven	0	0	6	12	6	13	3,59	+4,18	+0,59	+2,39	—	0,00
Arrgast, Leuchtturm	+0	13	—	—	—	—	—	+4,20	—	—	—	—
Voslapp, Balje	-0	18	6	09	6	16	3,21	+4,01	+0,80	+2,41	+0,23	—
Hooksiel	-0	40	6	15	6	10	3,14	—	—	—	—	—
Krildumersiel	-0	49	6	15	6	10	3,10	—	—	—	—	—
Horumersiel	-0	44	5	52	6	33	3,04	+3,97	+0,93	+2,45	+0,38	—
Minsener-Old-Oog (alte Bake)	-0	57	5	44	6	41	2,90	+3,80	+0,90	+2,35	+0,34	—
Wangeroog, Ostanleger	-1	10	5	52	6	33	2,81	+3,88	+1,06	+2,47	+0,52	—
West	-1	24	5	49	6	36	2,64	+3,85	+1,19	+2,52	+0,66	—
Mittelbalje (südl. Wangeroog)	-1	04	5	55	6	30	2,86	+3,89	+1,03	+2,46	+0,49	—
Friedrichschleuse	-0	34	3	37	8	48	1,82	—	—	—	—	—
Spiekeroog, Reede	-1	32	5	47	6	38	2,58	—	—	—	—	—
Neuharlingersiel	-0	44	4	10	8	15	2,04	—	—	—	—	—
Langeoog, Reede	-1	27	6	10	6	15	2,44	—	—	—	—	—
Norderney, "	-1	52	6	07	6	18	2,35	—	—	—	—	—
Juist	-2	04	5	41	6	44	2,33	—	—	—	—	—
Borkum	-2	12	5	59	6	26	2,47	—	—	—	—	—
Bremerhaven, Einfahrt	+0	06	5	18	7	07	3,30	+4,19	+0,89	+2,54	+0,33	—
Hoheweg, Leuchtturm	-0	26	5	56	6	29	3,13	+3,81	+0,68	+2,25	+0,10	—
Roter Sand, "	-1	05	5	46	6	39	2,74	+3,72 ^{*)}	+0,98 ^{*)}	+2,35 ^{*)}	+0,54	—
Cuxhaven	-0	05	5	34	6	51	2,87	+3,93	+1,06	+2,49	+0,52	—
Helgoland	-1	29	5	42	6	43	2,29	—	—	—	—	—
Borkumriff, Feuerschiff	-3	52	6	02	6	23	2,00	—	—	—	—	—
Norderney, "	-1	54	6	07	6	18	2,30	—	—	—	—	—
Weser, "	-0	49	5	45	6	40	3,00	—	—	—	—	—
Amrumbank, "	-1	06	5	39	6	46	1,90	—	—	—	—	—
Außeneider	-0	58	5	36	6	49	2,60	—	—	—	—	—

^{*)} Es ist angenommen, daß das Mittelwasser bei Minsener-Old-Oog und bei Rotersandleuchtturm gleich hoch liegt.
^{**)} Mitgeteilt von Dr. Hessen vom Kais. Observatorium Wilhelmshaven.

Bemerkungen zur Karte der Außenjade, Angabe über Flutkonstanten, mittlere und außergewöhnliche Wasserstände.

Zur Darstellung in der Karte (in der Rückentasche des Heftes) von der Außenjade (Bl. 1 u. 2) sei folgendes bemerkt: Die Karte ist aus verschiedenen Aufnahmen und Seekarten zusammengezeichnet. Die Skizze unten links auf der Karte erläutert den Ursprung der Einzelteile. Es ist immer die im größten Maßstab angefertigte Originalaufnahme verwertet. Die Meeressohle ist außerordentlich uneben; je größer der Maßstab der Aufnahme ist, desto mehr Unebenheiten kommen zur Erscheinung. Die Unebenheit tritt auch noch bei der Verkleinerung in den Maßstab der Karte (Bl. 1 u. 2) hervor, was bei genauem Studium sofort erkennbar ist. Um jedoch ein Beispiel der Darstellung eines Seegebietes in größerem Maßstab zu geben, ist ein Teil der Old-Oog-Rinne im Maßstab 1:15 000 abgedruckt (siehe Karte in der Rückentasche des Heftes). Der nördliche Teil dieser Darstellung ist eine Verkleinerung aus einer Auftragung 1:5000; der südliche Teil war von vornherein in 1:15 000 aufgetragen. Beim Maßstab 1:5000 wie 1:15 000 lagen die Lotwürfe so dicht nebeneinander, daß die Arbeitskarten mit Zahlen dicht besetzt waren. Die Darstellung 1:5000 enthielt also ursprünglich erheblich mehr Zahlen als die Darstellung 1:15 000. Der südliche Teil ist natürlich ähnlich so uneben wie der nördlichere. Die Verschiedenartigkeit der Erscheinung ist nur eine Folge der ungleich großen Anzahl Lotwürfe auf gleich großen Flächen.

Bei den Seekarten, die den Schiffer vor den gefährlichen flachen Stellen warnen sollen, sind diese gegenüber den tieferen Flächen mehr hervorgehoben. Seekarten geben daher dem Wasserbauer leicht eine falsche Vorstellung und sind z. B. als Unterlagen zu Querschnittsrechnungen der Strommündungen wenig geeignet, da sie einen zu geringen Querschnitt ergeben würden.

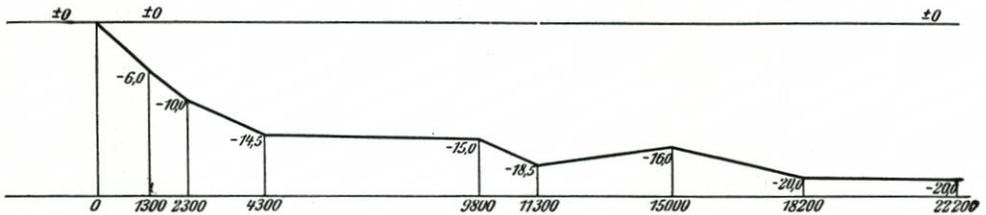


Abb. 1. Richtung: N.N.W. durch den Kirchturm von Haarlem.
(Aus der Seekarte Nr. 53 „Die Hoofden“ 1:300 000 vom 20. Oktober 1906.)

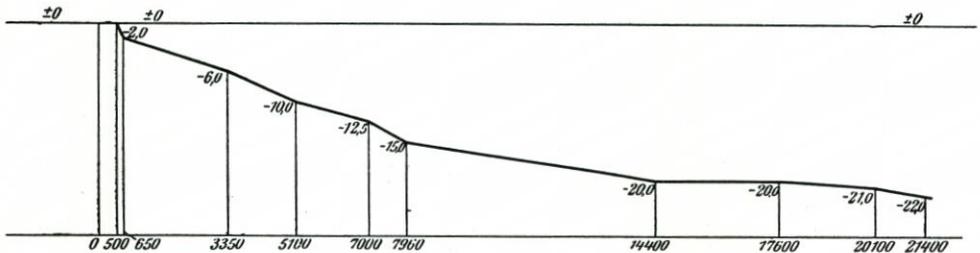


Abb. 2. Richtung: N. durch das „e“ des Wortes „Schiermonnikoog“
der Karte 64 (Tit. III Nr. 26) Ostfriesische Inseln vom Dezember 1910.
6° 11' 36" östl. Länge.

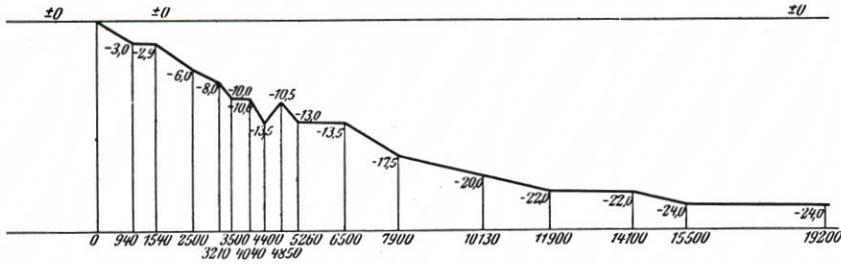


Abb. 3. Richtung: N. durch das „g“ des Wortes „Langeoog“
der Karte 64 (Tit. III Nr. 26) Ostfriesische Inseln vom Dezember 1910.
7° 32' 30" östl. Länge.

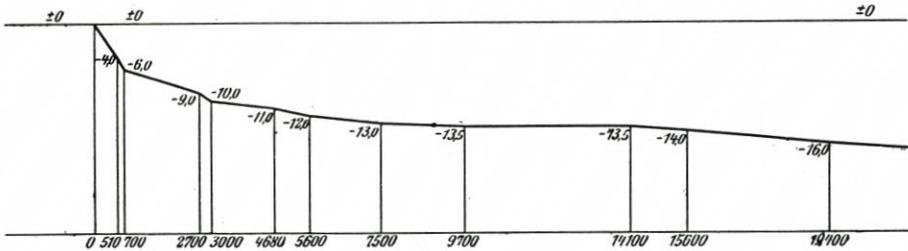


Abb. 4. Richtung: W.Z.N. durch den Kirchturm von „Westerland auf Sylt“.
Aus der Seekarte (Tit. III Nr. 8) Küste von Schleswig-Holstein vom 9. Januar 1909.

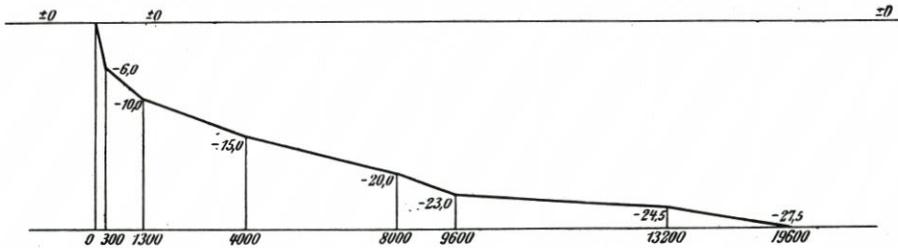


Abb. 5. Richtung: W.N.W. ½ W. durch den Kirchturm von „Ringkjöbing in Jütland“.
Aus der Karte (Tit. III Nr. 6) Westküste von Jütland. 1: 300 000 vom 9. November 1907.

Abb. 1 bis 5. Schnitte durch den Vorstrand verschiedener Küstenpunkte.
Maßstab 1: 200 000 f. d. Längen, 1: 1000 f. d. Höhen.

Sämtliche Höhenangaben und Höhenlinien der Karte der Außenjade, mit Ausnahme der aus Seekarten entnommenen Teile, sind auf + 1,0 am Wilhelmshavener Pegel bezogen, so daß + 1,0 W. P. der Nullpunkt der Karte ist. Diese Höhe entspricht rund gerechnet und für das ganze Kartengebiet gemittelt, gewöhnlichem Niedrigwasser. Im Westen Wangeroogs liegt das Niedrigwasser 0,21 m höher, bei Schillig etwa 0,15 m tiefer als + 1,0. Die Höhenangaben und Höhenlinien der aus Seekarten entnommenen Felder sind auf Seekartennull bezogen. Das ist eine Fläche, die bei den Karten der deutschen Nordseeküste um ein Sicherheitsmaß von 30 cm tiefer als mittleres Springniedrigwasser liegt. Zum Vergleich dieser beiden verschiedenen Angaben sind die Werte der Spalte 9 der vorstehenden Zusammenstellung angegeben (siehe Seite 109). Für den Wasserbauer ist es leichter, sich an Hand einer auf gewöhnliches Niedrig-

wasser bezogenen Darstellung eine Gegend vorzustellen als auf Grund der Darstellung der Seekarte.

Hafenzeit von Wilhelmshaven ist 0 h 54 m in M. E. Z., d. h. bei Neu- und Vollmond ist in Wilhelmshaven um 12 Uhr 54 Minuten Hochwasser.

In der vorstehenden Zusammenstellung sind die schwach gedruckten Zahlen den bekannten Kalenderwerten entnommen. Für Wilhelmshaven sind die halbfett gedruckten Werte der Auswertung der Pegelbeobachtungen von 1853 bis 1908 entnommen (vgl. weiter unten).

Um diejenigen Teile der Karte, die auf + 1,0 Wilhelmshavener Pegel bezogen sind, mit den anderen Teilen auf eine gleichwertige Höhe zu bringen, das heißt, um sie auf Seekarten-null zu bringen, muß von den Tiefen ein Maß abgezogen werden, das dem Tidenhub der betreffenden Gegend entspricht und das + 1,0 weniger dem Wert der Spalte 9 ist; z. B. für die Gegend bei der Minsener-Old-Oog-Bake + 1,0 - 0,34 = 0,66 m. - Zum Verständnis des See- und Küstengebietes ist es erforderlich, einigermaßen die vorkommenden Wasserstände zu kennen. Für Wilhelmshaven liegen seit 1854 dauernde Wasserstandsbeobachtungen vor, die zum Verständnis der Außenjade benutzt werden können. Die Beobachtungen sind von der Werft Wilhelmshaven übersichtlich zusammengestellt und liegen gedruckt vor. Folgende Werte seien daraus für Wilhelmshaven angegeben. Es traten auf:

Hochwasser.		
(Höchstwert) auf + 7,72	. . . . .	2mal,
über + 7,00	. . . . .	5mal,
über + 6,00	. . . . .	71mal,
mittl. H.W. auf + 4,18		
unter + 3,00	. . . . .	128mal,
unter + 2,00	. . . . .	2mal,
(Niedr. Wert) auf + 1,30	. . . . .	1mal.
Niedrigwasser.		
(Höchstwert) auf + 5,07	. . . . .	1mal,
über + 4,00	. . . . .	3mal,
über + 3,00	. . . . .	48mal,
mittl. N.W. auf + 0,59		
unter ± 0	. . . . .	940mal,
unter - 0,50	. . . . .	56mal,
unter - 1,00	. . . . .	4mal,
(Niedr. Wert) auf - 1,71	. . . . .	1mal.

Für das Gebiet von Blatt 1 u. 2 können nur folgende Werte gegeben werden. Das bisher höchste Hochwasser am 13. März 1906 erreichte eine Höhe:

bei Wangeroog von + 7,00 bezogen auf 0 des Wilhelmshavener Pegels = + 6,00 auf das Null
von Blatt 1 u. 2 bezogen,
Friedrichschleuse . . + 7,27 bzw. entsprechend + 6,27 und
in Bremerhaven von + 7,52 auf 0 des Wilhelmshavener Pegels bezogen.

Wangeroog ist bei hohen Sturmfluten bis auf die Dünen und den eingedeichten Groden ganz unter Wasser; das Eiland Mellum ist vereinzelt ganz unter Wasser, Minseroog ist bei einem Wasserstand von 1,50 m über gewöhnlichem Hochwasser ganz unter Wasser, das ist in 50 Jahren 102mal. Bei der Sturmflut vom März 1906 ist über dem Oststrand von Spiekeroog und Wangeroog von den Dünen ab östlich 2,5 bis 3,0 m Wasser gewesen. - Die ältesten Darstellungen der deutschen Küste sind in den holländischen Segelhandbüchern enthalten, das älteste derselben wird etwa von 1550 stammen.¹⁾ Es ist mir bisher nicht gelungen, diese

¹⁾ Siehe Dr. W. BEHRMANN, Niederdeutsche Seebücher usw., Jahrbuch für die Geschichte des Herzogtums Oldenburg 1909.

immerhin ziemlich rohen Darstellungen zu einem maßstäblichen Vergleich zu benutzen. Diese Karten geben wohl eine gute Anschauung von der Veränderlichkeit der ganzen deutschen Nordseeküste, die Gesetze der Veränderungen lassen sich aber nur an Hand maßstäblich genauer Karten untersuchen.

Aus dem Jahre 1667 sind die am weitesten vorspringenden Punkte der Ostdünen und des östlichen Fußstrandes von Spiekeroog und der Westdünen und des westlichen Fußstrandes von Wangeroog bekannt. Die Grenze zwischen Jeverland und Ostfriesland, die sogenannte goldene Linie, sollte mitten zwischen den äußersten Punkten der Dünen hindurchgehen. Diese Punkte wurden daher 1667 bei den Grenzverhandlungen aufgemessen und in einer Karte, die auch Spiekeroog und Wangeroog wiedergibt, ausgetragen. An Hand dieser Karte und des zugehörigen Vermessungshandrisses sind diese Punkte in den heutigen Zustand eingetragen. Auf Blatt 1 und 2 sind sie mit roten Kreuzen bezeichnet. Die Vertragskarte ist abgesehen von diesen Punkten unzuverlässig, da sich grobe Verzeichnungen nachweisen lassen. Die vier Punkte ermöglichen aber ein sicheres Urteil über das Maß der Wanderung von Wangeroog. Außerdem zeigt die Karte von 1667, daß damals zwischen Wangeroog und Spiekeroog viel mehr Wattinseln gewesen sind als jetzt²⁾.

Als älteste zuverlässige Karte der Mündung der Weser habe ich eine Karte aus dem Jahre 1787 ermittelt. Diese Karte ist nach Mitteilung des Herrn Regierungs-Geometers Thomas in Oldenburg auf Veranlassung und Kosten des Herzogs von Oldenburg durch Dreiecksmessung mit Nachprüfung durch eine Basismessung bei Karolinensiel ausgeführt und zwar auch in den nicht oldenburgischen Gebieten, wie in dem zu Anhalt-Zerbst gehörenden Jeverland und in Hannover; auch die Watten sind im Anschluß an auf ihnen gesetzte Dreieckspunkte aufgemessen, eine für damalige Zeit recht gefährliche Arbeit. Diese Karte bildete die Unterlage für mehrere Auflagen der Elbe- und Weserkarten des hamburgischen Baudirektors Reinke aus den Jahren um 1800, die aber für den Jadestrom unzureichend sind.

1812 haben die Franzosen unter Oberleitung von Beaumemps-Beauprès die Zufahrten zu den deutschen Häfen sehr sorgfältig aufgemessen. Diese Karten sind 1821 von Frankreich herausgegeben.

An der Seegrenze leiden diese Karten an Arbeitsstörung durch englische Kriegsschiffe. Was dargestellt ist, erscheint aber zuverlässig. Die französische Karte der Jade ist zu den Vergleichen herangezogen. Dann sind weiter einzelne hamburgische und Bremer Karten erschienen, die auch die Jade wiedergeben, aber unzuverlässig sind. Die nächste zuverlässige Karte ist die des oldenburgischen Vermessungskondukteurs Hullmann aus dem Jahre 1845, die bei der Weser- und Elbe-Karte des Bremer Barsemeisters Bosse aus dem Jahre 1847 verwertet ist. Die Bossesche Karte ist verschiedentlich verbessert worden. Die Karte von 1845 ist benutzt.

1859 erschien die erste preußische Admiralitätskarte, die zuerst ein wirkliches Bild des Seebodens gibt. Von da ab stehen dem Strombau-Ressort der Werft von Wilhelmshaven etwa 30 Karten zur Verfügung, nach denen die Veränderungen der Jade zu beurteilen sind. Die Karten vor 1859 können nur dazu dienen, in großen Zügen nachzuprüfen, ob die nach 1859 auftretende Wanderung auch rückwärts zu verfolgen ist.

Von Wangeroog liegen aus der Zeit vor 1790 viele Handskizzen zu Berichten vor, die Naturereignisse oder dergleichen erläutern. Die nächste Karte Wangeroogs nach 1787, die die Höhen richtig angibt, ist die von 1845. Von 1869 bis 1894 liegen 14 Pläne der ganzen Insel

²⁾ Siehe Prof. Dr. RÜTHNING, Jahrbuch für die Geschichte des Herzogtums Oldenburg V, S. 49: Über die Hoheitsgrenze zwischen Ostfriesland und Jeverland.

oder ihrer westlichen Hälfte vor, die die Strandschutzwerke, die durch sie bewirkten Veränderungen sowie die nächsten Riffe darstellen. Die nächstjüngere Karte dieser Art stammt von 1907. Von 1907 ab hat die Werft Wilhelmshaven alljährlich die Umgebung Wangeroogs sehr sorgfältig aufgemessen, um an diesen Aufmessungen die Gesetze der an dieser Küste wirkenden Kräfte zu erforschen.

Gesamtwanderung der Inselkette.

Die Kette der Düneninseln nördlich von Ostfriesland und Jeverland, allgemein als ostfriesische Inseln bezeichnet, war von Juist ab östlich bis zur Inangriffnahme der Strandbefestigungen auf den Inseln Borkum, Norderney, Baltrum, Spiekeroog und Wangeroog in ständiger Wanderung von Westen nach Osten begriffen. Die Inseln brachen im Westen ab und wuchsen im Osten wieder an. Borkum und das Westende von Juist scheinen durch den in den letzten Jahrhunderten wenig veränderlichen Lauf der Ems in ihrer Lage festgehalten zu sein. Wengleich sich der Westen von Juist scheinbar wenig verändert hat, macht sich die Wanderung hier in einer Verlängerung des Ostendes geltend. Das Westende konnte nicht abbrechen, weil das Heranwandern von Borkum durch die Osterems verhindert wurde, und deshalb keine von Westen herankommende Insel auf das Westende von Juist drückt. Die Wanderung der Inselkette ist aber nicht so zu verstehen, als ob alle Inseln gleichzeitig und gleichmäßig gewandert wären. In derselben Zeit, in der sich Baltrum, Spiekeroog und Wangeroog so stark veränderten, ist Langeoog fast unverändert geblieben und hat Juist nur nach Osten zu stark zugenommen, ohne im Westen abzubringen. Früher wird aber die Osterems ganz anders verlaufen sein, denn sonst könnte am Weststrande des Memmert auf Mittelwasser keine Torfschicht liegen.

Jetzt sind durch die Strandbefestigungen die angeführten Inseln im wesentlichen festgelegt, wengleich ein Teil von ihnen noch nicht so befestigt ist, daß vorspringende Teile nicht mehr abbrechen. So ist z. B. das Westende von Norderney so festgelegt, daß große Veränderungen dort nicht mehr zu erwarten sind, während bei Wangeroog der südwestliche Haken, dessen Festlegung sich nicht lohnt, noch stark im Abbruch ist. Doch ist wohl anzunehmen, daß die Inselbefestigungen jetzt so weit gediehen sind, daß die Wanderung der Inselkette im wesentlichen aufgehört hat. Vor der Inselkette vorbei findet aber noch immer eine starke Wanderung des Sandes statt.

Ursache der Wanderung.

Diese Sandwanderung und die früher damit in Verbindung stehende Wanderung der Inseln wird durch verschiedene Ursachen hervorgerufen. Soweit ich es übersehen kann, sind es folgende Ursachen:

1. Die Wellenwirkung auf den Strand. Die Wellen sind auf tiefem Wasser senkrecht zu dem Winde gerichtet und schreiten in der Richtung des Windes fort. Auf ansteigendem Grunde ändern sie ihre Richtung. Diese wird allmählich parallel zu den Tiefenlinien des Untergrundes, ihr Fortschreiten aber senkrecht zu den Tiefenlinien. Sie brechen aber auf der Windseite früher, so daß die Brandung mit der Windrichtung fortschreitet, was jeder am Strande beobachten kann. Mit der Brandung treiben die Wellen das Wasser am Strande entlang vor sich her und erzeugen dadurch hart am Ufer eine Strömung, die den durch die Brandung aufgerührten Sand mit sich fortreibt. Bei Nordwest, Stärke 6, und Flut

habe ich zwischen Brandung und Ufer in 60 cm tiefem Wasser eine geradezu reißende Strömung an dem Ufer entlang nach Osten beobachtet. Es war mir nicht möglich, mich knieend darin zu halten; ich wurde fortgetrieben. Etwa 100 m vom Ufer war gleichfalls sehr starke Strömung nach Osten. Weiter hinaus habe ich mich nicht begeben. Es ist aber anzunehmen, daß die Strömung weiter nach draußen abnimmt. Diese Annahme wird durch die Erfahrung bestätigt, die man beim Landen am Strande durch die Brandung hindurch macht. Außerhalb der Brandung ist der Strom derselbe wie bei stillem Wetter. Zwischen Brandung und Strand wird aber das Boot stark in der Richtung fortgetrieben, die die Wellen auf tiefem Wasser haben. Sind mehrere Brandungswellen hintereinander, so zeigt sich der starke Strom mindestens schon bei der mittelsten Brandung. Die Winde kommen an der Küste vorwiegend aus Westen, so daß die durch die Wellen hervorgerufene Sandwanderung in ihrer Gesamtheit nach Osten gerichtet ist. Außerdem kommen die Wellen von Osten her über flacheres Wasser und haben sich nicht so entwickeln können wie die aus der freien Nordsee kommenden Wellen, sind daher kleiner.

Wellenwirkung auf den Vorstrand. Auch den tieferen Teil des Vorstrandes greifen die Wellen an. Die Wellen verändern auf flacherem Wasser ihre Form, damit geht das Wasser aus einer Pendelbewegung in eine fortschreitende Bewegung über, rührt dadurch die Sandoberfläche auf und treibt Sand mit vorwärts. Die Wellenrichtung ändert sich bei ansteigendem Grund je nach der Größe der Welle früher oder später, und entsprechend tritt die Wirkung auf den Untergrund früher oder später ein. Ablandige Wellen sind auf dem Vorstrand sehr selten. Diese Wirkung der Wellen treibt also den Seeboden immer von der Tiefe den Strand hinauf und auch in der Windrichtung weiter. Je höher auf den Strand hinauf, desto stärker ist das Strandwärtswandern des Sandes; die Wellen bilden aus dem abgelagerten Sand einen Strandwall, und, wo dieser nicht nach rückwärts überströmt werden kann, den hochwasserfreien Strand. Der Vorstrand ist in der Nähe der Hochwasserlinie am steilsten und wird nach See zu immer flacher. Man kann daraus vielleicht schließen, wie tief die Wellenwirkung geht. Von 15 m ab wird der Vorstrand meist viel flacher. Schnitte durch den Strand bei Harlem, Schiermonnikoog, Langeoog, Sylt und Ringkjöbing (Text-Abb. 1 bis 5) scheinen dies zu bestätigen. An vielen Stellen reicht die Steilstrecke tiefer, an anderen weniger tief; die Fluß- oder Wattstrommündungen, die Bodenbeschaffenheit und auch die Wellenhöhe sind die Ursache dieser Unterschiede. Die Betrachtung derartiger Querschnitte dürfte das wichtigste Mittel sein, um zu beurteilen, bis auf welche Tiefe die Wellen den Seeboden bewegen und auch inwiefern sie auf die Sandwanderung in den Strommündungen mitwirken. – Auch diese Wellenwirkung läßt vor den ostfriesischen Inseln wegen Überwiegens der Wellen bei Westwinden den Sand ostwärts wandern.

2. Der Wind unmittelbar. Der durch die Wellen auf den Strand geworfene Sand wird vom Wind getrocknet, aufgewirbelt und springend und rieselnd fortgetrieben; er lagert sich ab, sobald er hinter Erhöhungen wie Gras, Sträucher oder Dünen in windstillen Raum kommt oder sobald er nasse Flächen, nassen Strand oder Watt erreicht und hier anhaftet. Hat er die nassen Flächen so weit erhöht, daß sie trocken werden, so wandert er auch über sie weiter. Das Sandwehen entsteht nicht nur auf hochwasserfreiem Strand, sondern bei starkem Wind auch auf Strand, Riffen und schlickfreien Wattflächen, die erst bei halber Ebbe oder noch später trocken geworden sind. Nasse Witterung und andauernd hohe Wasserstände verhindern Sandwehen auf den etwas schlickigen Sandplatten. Auf schlickfreiem Sand weht der Sand auch bei Regen, bei trockenem Wind natürlich mehr. Der Hauptwindrichtung entsprechend wird auch der über Hochwasser liegende Teil der Inseln so nach Osten verschoben. Die Sandanhäufung zu Dünen kann sich aber nur dort bilden, wo die Hindernisse, die den Sand sich ablagern lassen, so widerstandsfähig sind, daß sie durch die bei hohen

Fluten auftretende Strömung nicht gestört werden. Bei unbeeinflusster Natur sind die Hindernisse die Pflanzen; darüber siehe die beiden Schriften von J. Reinke über die ostfriesischen Inseln und die Küsten des Herzogtums Schleswig. Wo wegen zu tiefer Lage des Strandes oder der Sandplatten sonst Dünen nicht entstehen können, solche aber erwünscht sind, muß der Mensch mit widerstandssicheren Mitteln nachhelfen, wie mit Buschpflanzung und bei stärkerer Überströmung mit Buschdämmen. Zu zwingen ist es, wenn überhaupt Sandwehen eintritt. Siehe Karte der Außenjade Blatt 1 u. 2, Buschdamm auf Wangeroog-Ost.

3. Der täglich 2×6 Stunden laufende Flutstrom. Der Flutstrom setzt von Borkum bis zur Wesermündung schräg auf die Küste zu und wird von dieser beim Aufstoßen an den Vorstrand abgelenkt; bei Flut entsteht daher längs der Küste eine Strömung nach Osten, die stärker ist als die entgegengesetzte Ebbestromung an der Küste entlang. Der Ebbestrom setzt von der Küste ab, wird also nicht von der Küste abgelenkt. An der Küste geht zwar bei Ebbe auch ein Strom entlang, der aber schwächer sein muß als der Strom bei Flut. Es entsteht daher längs der Küste eine nach Osten gerichtete Wanderung der Wassermenge, deren Betrag der Ablenkung des Flutstromes an der Küste entspricht. Hierdurch wird des weiteren eine Wanderung des Sandes bewirkt.

Die Strömungen an der Küste sind noch sehr wenig beschrieben. Eine bildliche Darstellung gibt der Atlas der Gezeiten und Gezeiteströme für das Gebiet der Nordsee und der britischen Gewässer, herausgegeben von der Deutschen Seewarte 1905. Die Angaben dieses Atlases stützen sich auf Messungen, die von den wenigen Feuerschiffen ausgeführt sind. Weitere Angaben sind in dem Segelhandbuch für die Nordsee vorhanden. Diese Angaben reichen aber bei weitem nicht aus, um eine Vorstellung von den außerordentlich verwickelten Verhältnissen zu bekommen. Deshalb sind von der Werft Wilhelmshaven zahlreiche Strommessungen mit vom Winde unbeeinflussten Schwimmern mit Treibankern verschiedenen Tiefganges ausgeführt. Die Messungen erstrecken sich nach See zu und in die Harle und Weser hinein so weit, wie sie auf Blatt 1 bis 3 wiedergegeben sind; sie reichen nach Süden bis auf die Watten des Jadebusens. Die Angaben auf Blatt 1 bis 3 sind nur ein kleiner Auszug aus den zahlreichen Messungen. In den Jahren 1907 bis 1909 wurden die Messungen nur am Tage ausgeführt. Im Jahre 1910 sind im Sommer einige Wochen lang Schwimmer auch Tag und Nacht verfolgt. Auf Blatt 1 und 2 Außenjade sind nur Auszüge aus Tagesbeobachtungen eingetragen, und zwar ist die Stromrichtung und Stromstärke bei halber Ebbe und bei halber Flut eingetragen. Flut ist durch rote, Ebbe durch schwarze mit Pfeilen versehene Linien dargestellt. Es ist der Zeitpunkt der wirklichen halben Tide durch einen größeren Kreis angedeutet und nach Möglichkeit nach beiden Seiten von diesem Kreis aus der Weg in einer vollen Stunde eingetragen. An der Schwimmerbahn ist das Ende einer vollen Stunde durch einen kleineren Kreis bezeichnet; manchmal mußte dieser Kreis fortbleiben, weil die Messung nicht mehr so weit reichte. An die Linien ist die Stromgeschwindigkeit in m/sek angetragen. Ferner ist in dem Blatt 1 und 2 Außenjade durch die Kenterpunkte angedeutet, welchen Weg etwa ein Wasserteilchen nimmt, das sich bei Niedrigwasser nördlich von Old-Oog befindet. Während die Strompfeile lediglich gemessene Werte wiedergeben, sind die fortlaufenden Kenterpunkte eine Zusammenstellung auf Grund zahlreicher Einzelmessungen. Die Winde ändern die Strömungen, so daß oft das Wasser einen anderen Weg nimmt, als durch die Kenterpunkte angedeutet ist. Mit Sicherheit kann jedoch gesagt werden, daß alle Schwimmer allmählich aus der Jade in die Weser kommen. Dies kommt daher, daß die Richtung des Flutstromes und Ebbestromes sich an der Ecke, an der die Jade und Weser in die See einbiegen, überkreuzen, und zwar, weil das Wasser das Bestreben hat, geradeaus zu fließen. Das Wasser der Außenjade muß deshalb immer von Westen her ersetzt werden. Ebenso ist es bei jedem Seegatt, bei dem sich auch die Richtung des Flutstromes und Ebbestromes

überkreuzen. Um dies nachzuprüfen, sind 1910 die oben erwähnten Dauermessungen gemacht. Auszugweise sind sie auf Blatt 3 (in der Rückentasche des Heftes), deutsche Nordküste der Nordsee, wiedergegeben. Bei den durchgehenden Messungen ist an den Kenterpunkten Windrichtung und Windstärke eingetragen. Man verfolge der Pfeilrichtung nach die Schwimmbahnen und wird finden, daß die Bahnen durchaus den Gesetzen der Bewegungskraft entsprechen. Auffällig ist die außerordentlich schnelle Durchquerung der Jade. Dafür ist aber eine mehrere Tage dauernde Messung in der Old-Oog-Rinne und im Minsener Fahrwasser fortgelassen, da die Schwimmer wiederholt dieselbe Bahn beschrieben und die vielen Schwimmbahnen an einer Stelle in dem kleinen Maßstab nicht mehr darzustellen waren. Diese fortgelassenen Bahnen widersprechen aber nicht der allgemeinen Erscheinung, da sie kein Westwärtswandern zeigten. Beachtenswert ist auch das Wandern des Schwimmers von einem Seegatt zum anderen, wieder daher rührend, daß der Flutstrom nach Osten setzt, der Ebbestrom nach Norden. Die Messung bis in die Elbe hinein sollte nur die Richtigkeit der allgemeinen Anschauung bestätigen. Nach Mitteilung des Kapitäns des Hamburger Vermessungsdampfers Scharhörn trifft das Gesetz auch für die Elbe zu. Der Flutstrom setzt der einlaufenden Flutwelle entsprechend nach Osten, der Ebbestrom der Richtung des Fahrwassers bei Kuxhaven entsprechend mehr nach Norden. Der wegen Sturm bei Scharhörn verlassene Schwimmer wäre demnach in der Norderelbe zu suchen gewesen. Eigenartig ist das Heranwandern des Schwimmers an Spiekeroog. An der Windrichtung scheint es nicht zu liegen, denn dann hätte auch die Kenterung bei Hochwasser auf die Inseln zu gerichtet sein müssen wie bei Niedrigwasser. Vielleicht erklärt es sich dadurch, daß der Strom an der Küste früher kentert als auf tieferem Wasser – die Grenze ist etwa die 10-m-Linie – und daß dann durch den starken Küstenstrom das Wasser von See her angesogen wird. Ebenso ließe sich auch das Kentern bei Hochwasser nach See zu dadurch erklären, daß auch bei Hochwasser der Strom auf dem Vorstrand früher kentert und die Wassermenge im tieferen Wasser nach See zu drückt. Daß der Strom an der Küste früher kentert als etwas weiter in See, berichtet auch W. H. Wheeler im *The Engineer* 1907, Nr. 2682. Er sagt unter Tideströmungen: Der Tidestrom, nahe an der Sunderlandküste, wechselt bei Hoch- und Niedrigwasser, eine Meile von der Küste ist es eine Stunde später, während vier oder fünf Meilen außerhalb der Wechsel drei Stunden nach Hochwasser oder Niedrigwasser eintritt.

Aber auch außerhalb des Vorstandes ist in der Nordsee ein linksdrehender Reststrom – das ist das Überwiegen eines der Gezeitenströme nach einer Richtung – vorhanden. Die vom Professor Dr. Krümmel in der *Meereskunde* 1908 mitgeteilte Karte von Flaschenposten in der Nordsee stellt dies dar für die Küste von Belgien und Holland bis nach Norwegen. Entsprechend berichtet W. H. Wheeler am Ende des oben erwähnten Aufsatzes unter Oberflächenströmungen über einen Strom, der an der Ostküste Schottlands und Englands entlang bis zur Südseite an der Doggerbank südlich läuft und von da ab in ONO.-Richtung durch den Silver Pit nach Holland und Dänemark und dann zum Skagerrak setzt.

Die einzelnen Wasserteilchen folgen aber bei weitem nicht der Bahn der Schwimmer, die nur die Stromrichtung in einer bestimmten Wassertiefe angeben, je nach dem Tiefgang des Treibankers. Dasselbe Wasser ist aber bald an der Meeresoberfläche, bald an der Sohle, auch in Gebieten annähernd gleicher Wassertiefe in Richtung der Strombahn, was bei ruhiger See an den aufquellenden Wirbeln zu erkennen ist.

Noch viel verwickelter ist die Wasserbewegung aber in Gebieten, in denen Platen quer zur Strombahn liegen; Einblick in diese Verhältnisse ist nur in einer Wasserbauversuchsanstalt zu bekommen, in der man bei der geringen Wassertiefe auch die Unterströmungen beobachten kann. An Einzelbeobachtungen kann man dann einen Vergleich zwischen Versuchsanstalt und Natur ziehen. In Wilhelmshaven ist eine Versuchsanstalt mit einem Becken von 14 × 25 m

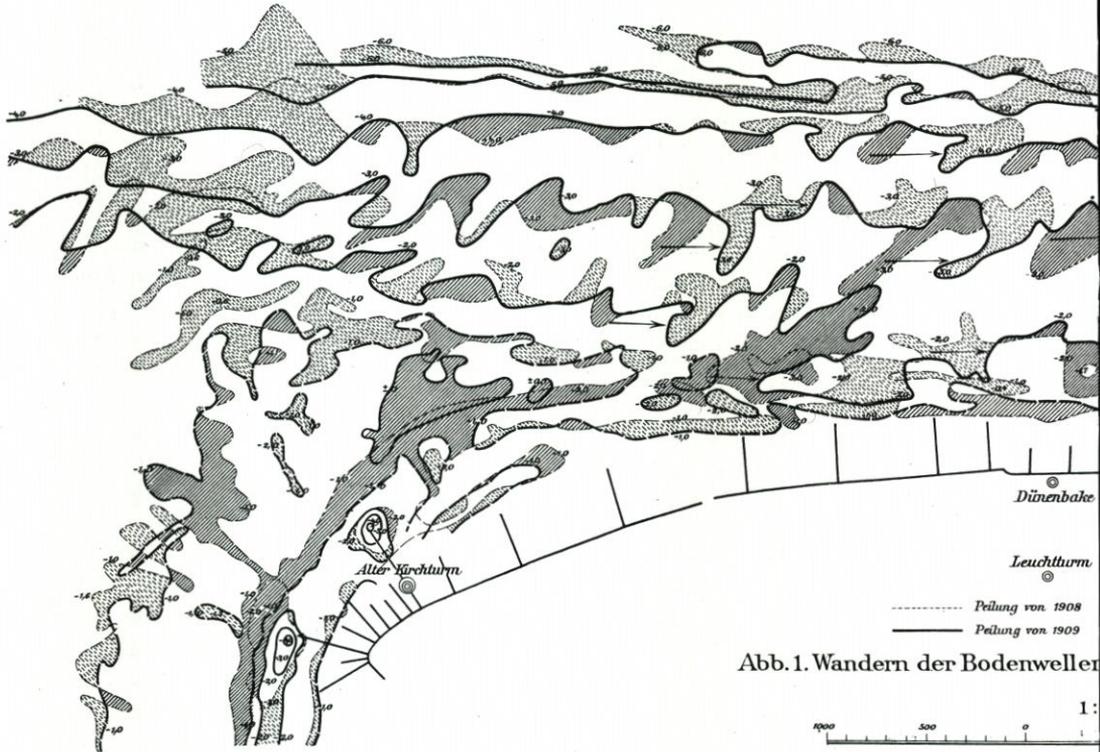


Abb. 1. Wandern der Bodenweller

Abb. 2-4. Wanderung der B

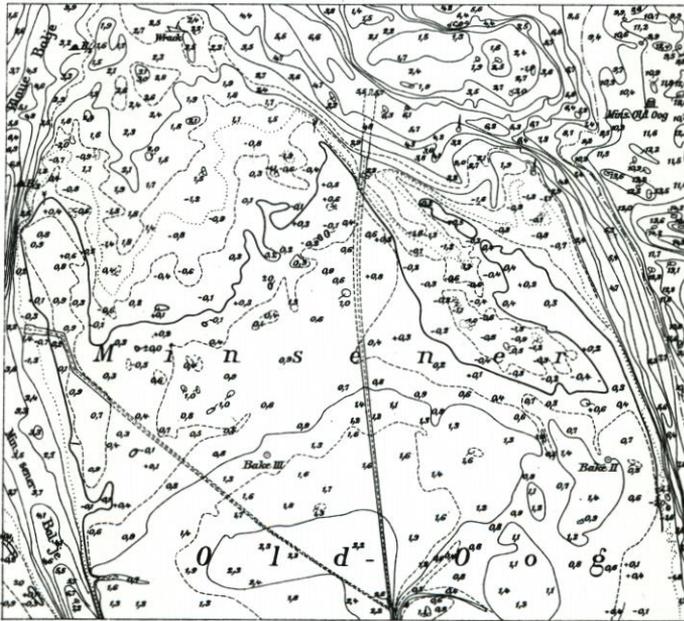


Abb. 2. Frühjahr 1910.

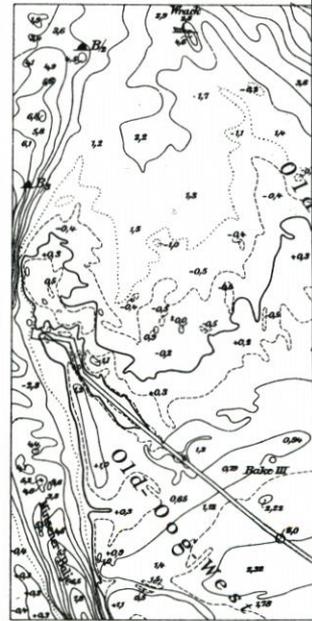
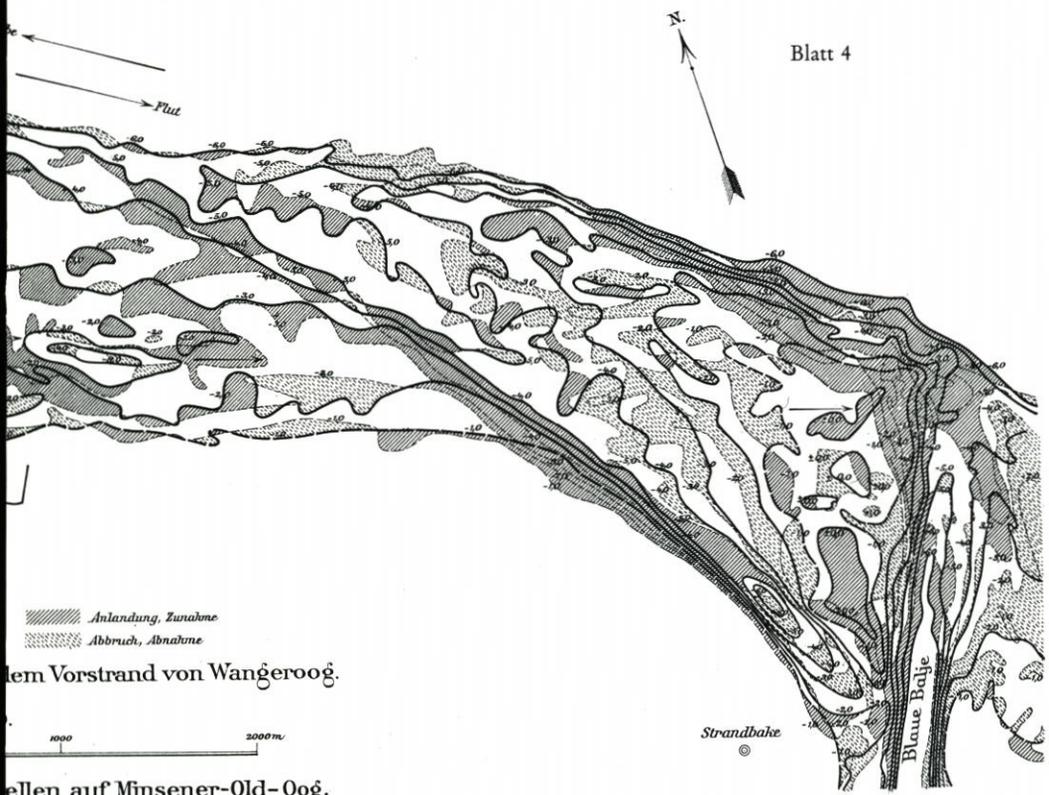


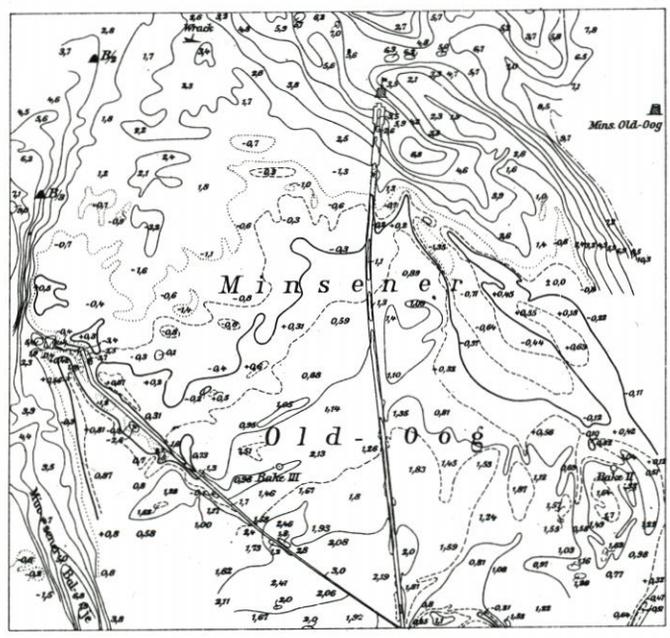
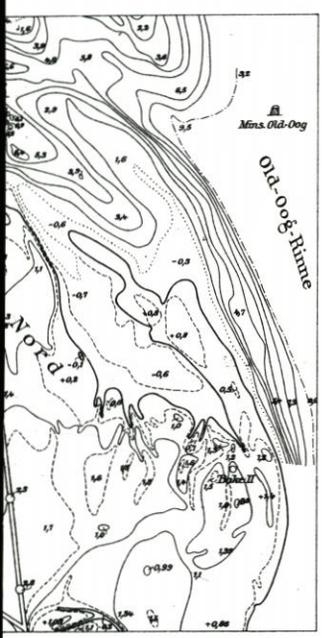
Abb. 3.

Wangerooǵ.



dem Vorstrand von Wangerooǵ.

ellen auf Minsener-Old-ooǵ.



er 1910.

Abb. 4. Herbst 1910.

Grundfläche und bis zu 25 cm Wassertiefe, in dem die Strömung von allen Seiten ein- und austreten kann. In diesem Becken wurde das in der Karte der Außenjade (Bl. 1 und 2) schwarz umränderte Gebiet im Flächenmaßstab 1 : 500 und Höhenmaßstab 1 : 100 eingebaut. Ebbe und Flut kann in der Versuchsanstalt nicht dargestellt werden, sondern nur eine der Wirklichkeit gleichgerichtete Strömung zu gewissen Zeiten der Tide ohne gleichzeitiges Ansteigen oder Fallen des Wassers. Die Wasserbewegungen stimmen aber gut mit der Wirklichkeit überein, soweit sie sich draußen beobachten lassen.

Es zeigt sich, daß in einem Gebiet, in dem die Platen quer oder schräg zur Strombahn liegen, Unterstrom und Oberstrom ganz verschiedene Richtung haben. Im Stromlee einer Plate folgt der Unterstrom der Richtung der Plate, während der Oberstrom über den Unterstrom hinweggeht und erst in einiger Entfernung von der Plate die Sohle berührt. An der Berührungsstelle beider Ströme haben dieselben gleiche Richtung. Dadurch erhält der Unterstrom eine spiralförmige Drehung, die an der Sohle etwas gegen den Oberstrom und auf die Plate zu gerichtet ist. Mit dem Strome über die Plate wandernder Sand bleibt im Stromlee der Plate liegen, ohne weit in die Rinne hinter der Plate zu kommen. Aus dieser Rinne wird er im Gegenteil auf die Plate zu geführt, so daß hinter der Plate ein Kolk entsteht. In der Karte der Außenjade (Bl. 1 u. 2) lassen sich so an vielen Stellen die Kolke erklären. Im einzelnen wird nachstehend noch darauf hingewiesen. Bei der Überströmung einer Plate tritt wie bei einer Buhne im Fluß ein unruhiger Streifen auf. Etwa da, wo diese Plate abfällt, fängt ein blanker Streifen an, eine Strecke, in der das Wasser anscheinend schneller fließt. Dann folgt ein Streifen kabbelige See. Bei ruhigem Wetter ist an solcher Erscheinung auch bei großer Wassertiefe ein Abfall der Meeressohle zu erkennen. Weitere Wirbelbewegung entsteht beim Zusammenfluß zweier Rinnen. In der Berührungslinie weicht das Wasser nach unten aus; das Treibzeug, wie Schmutz und Schaum, geht nicht unter und bildet einen schmalen Streifen, der bei ruhigem Wetter weithin in der See zu erkennen ist. Auch in der Versuchsanstalt war dies zu sehen. Meistens bilden sich beim Zusammenfluß zweier Rinnen Kolke, was auf dem Watt deutlich zu sehen ist und mit Wirbelbewegung zu erklären ist. Bei Ebbe ist auch beim Zusammenfluß von Jade und Weser immer ein Schaumstreifen. Der hohe Rücken zwischen Jade und Weser ist eine Folge der Platenwanderung.

Die Sandwanderung.

Es ist schwer, ein Urteil darüber zu bekommen, wie der Sand im Wasser wandert. Es sind überall im Strom Wirbel, die gelegentlich Sand bis an die Meeresoberfläche bringen. Dies ließe darauf schließen, daß der Strom immer große Sandmengen mit sich führt. Eine Beobachtung auf dem nördlichen Teil von Minsener-Old-Oog scheint dem aber zu widersprechen und deutet darauf hin, daß die Sandwanderung in der Hauptsache im Wandern von Bodenwellen und Platen besteht, deren Verschiebungen sich durch Kartenvergleich zeigen lassen. Auf dem nördlichen Teil von Minsener-Old-Oog kommt von NW ein Rücken nach dem anderen heran. Nun wurde hier im Sommer 1910 eine bis dahin 0,8 m hohe Buhne aus Buschpackwerk auf einem Rücken erbaut mit einem Sinkstückkopf als Ausläufer unter Niedrigwasser. Die Buhne wird hauptsächlich vom Flutstrom überströmt. Im Frühjahr lag der Rücken westlich der Buhne, im Sommer in Richtung der Buhne, im Herbst 1910 östlich derselben; ein neuer Rücken kommt von Westen heran. Zu Anfang war im Busch kein Sand, dann wurde der Busch ungefähr überdeckt und jetzt wird der Sand langsam herausgewaschen; an der Ostkante wird das Packwerk sogar unterwaschen, überdeckt ist nur noch das mittlere Drittel der Buhne. Wäre die Sandwanderung über das ganze Watt verteilt, müßte im Buschkörper überall

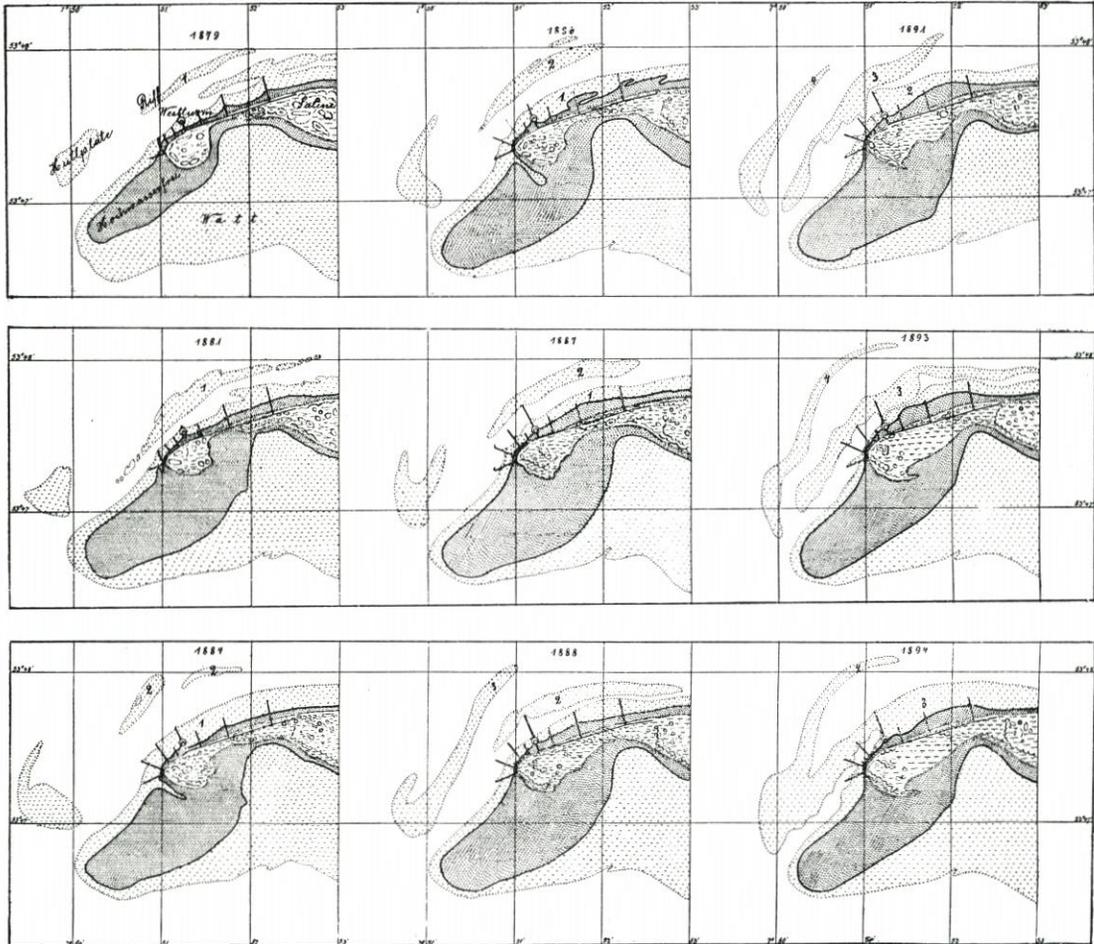


Abb. 6. Wandern der Riffe im Westen von Wangeroog von 1879 bis 1894.

Sand liegen, denn der Busch hemmt den Strom und bringt den Sand zur Ablagerung. Man kann sich die Wanderung in Bodenwellen wie folgt vorstellen. Auf der Windseite dieser Rücken wirken die Wellen stark, das heißt sie branden und lassen diesen Abhang wandern; jenseits der Höhe aber haben sie ihre Kraft verloren und können daher hier den Sand nicht mehr aufrühren. Auch ist das Wasser auf der Höhe des Rückens eingengt, fließt hier schneller und läßt am Abhang, wo die Wassertiefe größer wird, den Sand fallen. Zu Unterströmung dürfte der Rücken wohl zu flach sein. In dem östlich vom Rücken liegenden Tal scheint keine Sandwanderung zu sein. Ähnlich wird die Wirkung auf den gezackten Vorstränden vor den Inseln sein, wo auch die Rücken zu niedrig sind, als daß sich ein Unterstrom bilden könnte. Etwas anders ist es bei den Platen, an die sich ein Kolk anschließt.

Zur Erläuterung der Wanderung der Platen und Bodenwellen sind Kartenvergleiche beigelegt und zwar der Riffe im Westen von Wangeroog von 1879 bis 1894 (Text-Abb. 6), des Vorstrandes von Wangeroog 1908 bis 1909 (Abb. 1 Bl. 4), von Minsener-Old-Oog Frühjahr, Sommer und Herbst 1910 (Abb. 2 bis 4 Bl. 4) und der Außenjade mit Weser von 1859 bis 1909 (Blatt 5 u. 6 – in der Rückentasche des Heftes).

Wanderung der Riffe. Bei Wangeroog und vermutlich auch bei den anderen Inseln gestaltet sich die Wanderung der Riffe folgendermaßen. Im Norden der Inseln wird von der Barre des Seegatts durch die Wellen ein in Richtung WSW nach ONO liegendes Riff herangetrieben, indem die Wellen den Sand von der Nordwestseite des Riffes wegnehmen und an der Südostseite fallen lassen, wodurch das langgestreckte Riff auf der Nordwestseite einen flachen Anstieg, auf der Südostseite einen steilen Abfall erhält. Wenn das Riff dichter an den Strand herankommt, wird es höher, so daß sich an der Strandseite des Riffes ein vom Strande ab gerichteter Unterstrom bildet. Der Strand wird dann nur von Wellen getroffen, deren Wasser keinen Sand enthält; es wird vom Strande nur Sand abgeführt. Der Strand bricht stark ab, bis das Riff ganz an den Strand herangekommen ist.

Abbruch des Strandes. Auf dem verschmälerten Strand laufen die Wellen stärker auf und nehmen die Dünen fort, besonders bei Sturmfluten, bei denen infolge der durch den hohen Wasserstand vergrößerten Wassertiefe schon an sich größere Wellen den Strand treffen. Der Abbruch der Inseln wird sich den Inselbewohnern also besonders bei Sturmfluten bemerkbar machen, so daß diese oft allein als die Ursache des Abbruches bezeichnet werden, trotzdem eigentlich das Heranwandern der Riffe die Ursache ist. Dies wird aber nicht durch Sturmfluten, sondern in der Hauptsache durch die immerwährenden, gewöhnlichen Wellen bewirkt. Das Riff verdrängt schließlich die zwischen Riff und Strand befindliche Strandbalje, legt sich an den Strand, erhöht denselben wieder und verstärkt auch wieder die Dünen. Der Anwuchs ist jedoch nicht so stark, daß er den Abbruch ausgleicht. Das Westende der Insel verschiebt sich also nach Osten. Die Nordwestecken der Inseln sind deshalb am meisten der Zerstörung ausgesetzt. Wangeroog ist an dieser Stelle 1780 und 1865 durchbrochen. Der südwestliche Teil der eigentlichen Insel ist von 1780 bis 1812 ganz verschwunden, und der 1865 abgelöste Teil würde ebenfalls verschwunden sein, hätte nicht 1874 die Strandbefestigung angesetzt. Auch auf den preußischen Inseln scheint die Strandbefestigung mit der Verhinderung derartiger Durchbrüche im NW. begonnen zu haben.

Sandwanderung an der Insel vorbei. Nur ein Teil des im Westen der Insel herangekommenen Riffs legt sich hoch auf den Strand. Der größere Teil des in den Riffen enthaltenen Sandes wandert als ein Unterwasserriff, eine Vertiefung vor sich her treibend, an der Insel vorbei. Die Vertiefung verschmälert in gleicher Weise wie die vorstehend erwähnte Strandbalje in seiner Wanderung den Strand. Wo eine solche Vertiefung vor dem Strande ist, laufen die Wellen stärker auf. Das Wasser fließt den Strand hinauf und muß sich einen Weg suchen, auf dem es wieder zurückfließen kann, ohne von neuem zurückgedrängt zu werden. Deshalb sammelt sich das Wasser einer größeren Strandlänge zu einem Strom, der stark genug ist, die Brandung zu durchbrechen. Durch diese Ströme entstehen auf dem Strande der ostfriesischen Inseln in der Windrichtung schräg vom Strand herabführende Rinnen, die Strandpriele, die besonders den Strand schwächen und zu deren Durchdämmung die Buhnen vorhanden sein müssen, wenn nicht der Strand bei einer zum Abbruch neigenden Insel schnell kleiner werden soll. Unter günstigen Umständen, z. B. wenn die Dünenkette schmal ist und hinter ihr ein tiefes, durchgehendes Düental liegt, kann durch solchen Strandabbruch ein Inseldurchbruch entstehen, ein „Sloop“, wie er früher auf allen Inseln vorhanden war. Diese Durchbrüche vergrößern sich durch den Strom, der entsteht, wenn bei starken Winden das Wasser auf dem Watt andere Höhe hat als in der See. Je nach den Windverhältnissen ist das Wasser auf dem Watt oder in der See höher. Der Strom in einem Sloop ist zeitweise stark, was an den Kolken zu erkennen ist, die sich in dem Sloop bilden. Aus der Form der Kolke kann man auch gelegentlich die überwiegende Stromrichtung erkennen. Jetzt sind diese Sloops fast überall geschlossen. 1894 drohte auf Wangeroog eben östlich der Saline ein gleicher Durchbruch. Zum Schutz dagegen wurde 1895/96 vom Reiche die Strandmauer von der Saline bis

zur Sirene hergestellt. – Solche Durchbrüche sind die Ursache zur Teilung zu langer Inseln, wie sich andererseits solche Durchbrüche gelegentlich von selber schließen und auch ganze Seegatten sich geschlossen haben, so daß sich auch die Zahl der Inseln geändert hat. Sie hat bei den ostfriesischen Inseln seit 1500 abgenommen.

Das Strandriff und die Blaue Balje. Die vor Wangeroog vorbeiwandernden Bodenwellen sammeln sich eben westlich des Seegatts, der Blauen Balje, zu einem niedrigen Vorsprung der Insel, der nur wenig über Niedrigwasser aufragt, an. Hat sich solch ein Vorsprung gebildet, so ist der Osten der Insel im Lageplan fast rechteckig, während er sonst abgerundet ist. Ist dieser Vorsprung so groß geworden, daß er den Flutstrom zu sehr hindert, so reißt sich eine Rinne hindurch, eine Strandbalje, die den Vorsprung als Riff nach Norden schiebt. Dies Riff, auf der Westseite flach ansteigend, auf der Ostseite steil abfallend, ist zunächst nicht sehr hoch, nimmt aber allmählich an Höhe zu, so daß es bis 1,5 m über N.W. hinausragt. Auf der Westseite bricht es ständig ab und nimmt im Osten zu, wandert also in das Seegatt, dieses vor sich herdrängend. Solange das Riff hoch ist, ist das Seegatt tief. Scheinbar ist dies auf den Unterstrom bei Flut zurückzuführen. Der Flutstrom der oberen Wasserschichten setzt, sobald das Wasser etwas gestiegen ist, nach Osten über das Riff hinweg, überquert auch das Seegatt im Bogen und erreicht erst weiter nach Süden zu, etwa östlich der Strandbake, wieder das Gatt. Dadurch wird der Strom, der in den unteren Schichten der tiefen Rinne des Gatts nach Süden geht, mitgerissen und erhält eine zum Riff aufsteigende Drehung, so daß der Sand aus der Tiefe mit zum Riff hinaufgetrieben wird. Die Richtung der Strömung an der Oberfläche und an der Sohle überkreuzen sich also. Nimmt das Riff aber an Höhe ab, nimmt auch die Drehung ab und damit die Tiefe des Gatts. Das Gatt ist deshalb tief, so lange das Riff hoch ist und umgekehrt; der Ebbestrom wird dabei aber mitwirken; solange das Riff hoch ist, wird er geschlossen in die See geführt und wirkt mit bei der Vertiefung des Gattes. Solange das Riff noch hoch ist, lösen sich von ihm an der Barre zwar einzelne kleine Platen ab, die aber von Strom und Wellen bald nach Osten geschoben werden und die Schifffahrt nicht stören. Sobald das Riff aber zu weit nach Osten vorgedrungen ist, zerteilt der Ebbestrom das Riff, so daß sich dieses dicht an der Ausmündung des Gatts in die See in das Gatt legt und in diesem die Barre verflacht. Das Gatt erhält dann mehrere flache Ausmündungen und ist schlecht befahrbar, zumal da auf der Barre leicht Brandung steht. Die Blaue Balje, die doch eigentlich als östliches der Seegatten den Wattfahrern, die bis zu 2 m tief gehen, als Einfahrtsgatt dienen müßte, ist öfters wegen zu geringer Wassertiefe nicht betont gewesen und lange von den Schiffsversicherungen als Fahrwasser nicht anerkannt worden.

Die dicht am Inselstrand vorbeifließende Strandbalje verstärkt die Drehbewegung des Unterstromes im Gatt weiter, so daß am Ostende der Insel ein stark aufsteigender Strom ist, der in Verbindung mit der Brandung an der Ecke, das ist am Ostende der Insel, einen hohen Strandwall aufwirft, der zeitweise Dünenbildung veranlaßt. Die Düne bei der Strandbake ist in den Plänen seit 1894 zu erkennen. Aber auch 1873 ist eine Düne angedeutet.

Der Eckvorsprung von Minsener-Old-Oog. Wie das nach Osten wandernde Riff das Gatt vor sich her drückt, so schiebt dieses auch wieder eine Sandwelle vor sich her. Diese wie auch die kleinen, die Barre durchquerenden Platen und auch das zeitweise vom Gatt zerteilte Riff wandern östlich der Blauen Balje dem Flutstrom und der Wellenrichtung folgend, nach Südosten und bilden hier die schon oben beschriebenen Rücken. Diese schließen sich nach Süden zu an das Watt an und bilden mit der Zeit einen mehr oder weniger großen Wattvorsprung, der sich auch unter Niedrigwasser nach Norden und Nordosten fortplant. Das Watt und auch die unter Niedrigwasser liegenden Teile sind hier recht zerklüftet, so daß es schwer ist, eine Vorstellung von der Gegend zu bekommen. Scheinbar schieben sich die Sände zuerst in kleinen Platen vor, bis der Vorsprung so groß ist, daß er

sowohl den Flutstrom wie den Ebbestrom einengt und dadurch tiefe Rinnen von beiden Seiten entstehen läßt, die den Vorsprung als große Plate ablösen. Alle zwanzig Jahre etwa löst sich eine neue Plate ab, die dann durch die Jade und Weser wandert und mit ihren Vorgängern zusammen die Barre der Außenjade und der Außenweser bildet. Auch an der Ecke von Minsener-Old-Oog überquert bei Flut der in den oberen Schichten nach S. O. fließende Strom den auf der Sohle im Schutz der Old-Oog-Plate nach Süden fließenden Strom und versetzt diesen in eine nach Westen aufsteigende Drehung, die von unten her Minsener-Old-Oog Sand zuführt. Wo dieses vom Flutstrom nicht mehr so stark überströmt wird, bildet sich eine Strandinsel. Mit dem sich immer wiederholenden Ablösen der Platen hat sich die Strandinsel aber immer weiter nach Süden verlegt, z. B. seit 1790 um 2500 m, gleichzeitig an Größe ständig abnehmend. Um 1200, als der Jadebusen vielleicht noch kleiner war als jetzt, mag diese Strandinsel noch mehr einer Düneninsel geglichen und daher ihren Namen erhalten haben. Nach einer Seekarte von 1550 war sie bereits eine Strandinsel.³⁾

Die Platen, die sich von Minsener-Old-Oog ablösen, wandern zunächst geschlossen nach NO. In der Mitte der Jade hat sich aber die Plate, die dem heutigen Minsener Sand voraufging, etwa in den Jahren 1873 bis 1883 aufgelöst. Sie wird den Zwischensand gebildet haben. Der heutige Minsener Sand scheint sich nicht aufzulösen, sondern sich mit dem Zwischensand zu verbinden, eine neue große Plate zu bilden und dann weiterzuwandern; zunächst wird er die Stelle des Roten Grundes, dann die des Roten Sandes einnehmen und dann so weiter wandern. In etwa hundert Jahren kommt eine Plate, die sich von Minsener-Old-Oog ablöst, in die Lage des Roten Grundes und in weiteren siebzig Jahren in die Lage des Roten Sandes.

Der Rotesandleuchtturm, der im Jahre 1884 mitten auf dem Rotensand gebaut wurde, würde 1859 nördlich von Rotensand gelegen haben; jetzt liegt er südlich vom Rotensand. Fast auf derselben Stelle, auf der 1859 die Neue Weser floß, ist jetzt die Alte Jade. Das Feuerschiff Minsener Sand liegt auf der jetzigen Wasserscheide zwischen Jade und Weser.

Die Stelle aber, auf der der Hohewegleuchtturm steht, hat seit 330 Jahren annähernd gleiche Gestaltung gehabt, denn 1697 ist hier hart an der Niedrigwasserlinie, an der in Blatt 1 u. 2 Außenjade bezeichneten Stelle, die Bremer Bake gebaut. 1783 wurde sie durch eine neue, 1850 m SOzS von der alten gelegenen ersetzt. 1855 bis 1856 wurde in deren unmittelbarer Nähe der Leuchtturm erbaut.⁴⁾ Ebenso ist seit 1859 die Fahrwasserkante bei Schilling unverändert.

Die wechselweise Wirkung des Flut- und Ebbestromes bewirkt in diesem Gebiet die Wanderung der Platen. Der Bewegungskraft folgend setzt beim Umbiegen von der See in die Jade der Flutstrom mehr nach Osten, der Ebbestrom mehr nach Norden zu. Die beiden Stromrichtungen überkreuzen sich also, und die Platen wandern in der Winkelhalbierenden der beiden Richtungen. Die Untersuchung dieser Platenwanderung hat zu den oben beschriebenen Stromuntersuchungen geführt.

Die Wanderung der Platen im Jadegebiet nach N. O. erstreckt sich auf das Gebiet östlich von 7° 57' und nördlich von 53° 44'. Seitdem die Lage der Jadeplate bekannt ist, das ist seit 1845, hat ihr westlicher Teil seine Lage annähernd behalten; westlich von 7° 57' hat Flut- und Ebbestrom auch annähernd dieselbe Richtung. Über 53° 44' nach Süden hinaus sind die Wanderplatten seit 1859 nicht vorgedrungen.

³⁾ S. Jahrbuch für die Geschichte des Herzogtums Oldenburg XVII, 1909, S. 48. Dr. BEHRMANN, Niederdeutsche Seebücher.

⁴⁾ Sieh J. J. VAN RONZELEN, Der Bau des Bremer Leuchtturms. Bremerhaven 1857 bei S. v. Vangerow.

Der Rotesand ist mit der 10-m-Linie unter gleichzeitiger Nordwärtswanderung von 1859 bis 1910 von $7^{\circ} 57' 10''$ bis $7^{\circ} 56'$ vorgedrungen. Es wurde daraufhin die Vermutung ausgesprochen, daß er auf Spiekeroog wieder zuwandere. Die Strommessungen haben aber nichts Entsprechendes ergeben.

Fast alle Platen steigen auf der Südwestseite flach an, fallen nach N. O. steil ab und werden hier durch einen Kolk begrenzt, so die H-Plate, der östliche Teil der Jadeplate, der Minsener Sand, der westliche Teil des Roten Grundes und des Roten Sandes und die Tegeler Plate. Die Platen werden an den Stellen, die Steilkanten zeigen, schräg überströmt: die H-Plate im südlichen Teil vom Flutstrom, im nördlichen vom Ebbestrom, die Jadeplate vom Ebbestrom, der Minsener Sand vom Ebbestrom und vom Flutstrom, der westliche Teil des Roten Grundes und des Roten Sandes vom Ebbestrom, der Ausläufer der Tegeler Plate vom Flutstrom. Die Platen wandern nach der Seite, auf der sie steil sind.

Ursprung und Verbleib des Sandes. An der französischen, belgischen, holländischen und ostfriesischen Küste wandert der Sand von Westen nach Osten. Er stammt nach den Angaben in P. de Mey, ports en plage de sable, von der Normandie und wird durch Sand aus der Seine, der Schelde, dem Rhein usw. vermehrt. Er wird auch durch die Elbe wandern, sonst müßte ja vor der Weser eine große Sandanhäufung sein, die aber nicht vorhanden ist. Die nördliche Steilkante vom Scharhörner-Riff westlich der im Norden der Scharhörner-Bake liegenden Tonne C (s. Bl. 3) scheint aber keine Wanderkante zu sein, denn seit 110 Jahren ist diese Kante fast unveränderlich. Östlich der Tonne C ist die Elbe aber veränderlich, wenn auch bei weitem nicht so stark wie die Jade und Weser. Vielleicht daß der Sand ähnlich wie auf dem Vorstrande von Wangeroog zwischen der Strandinsel Scharhörner und der Elbe hindurchwandert und dann als kleiner Vogelsand oder als Mittelgrund die Elbe durchquert. Der Sand scheint sich in der Bucht südlich von Eiderstedt zu sammeln. Der Sand von Amrum und Sylt ist jedenfalls viel gröber als der der ostfriesischen Inseln, der also nicht bis dahin durchgewandert sein kann. Die Seegatten sind hier auch viel weniger veränderlich. So war es z. B. im Graa-Tief, dem zum dänischen Hafen Esbjerg führenden Seegatt, in den letzten Jahren möglich, durch geringe Baggerung die Wassertiefe von 3 m auf 7 m zu bringen. Bei den ostfriesischen Seegatten wäre dies nicht möglich gewesen.

Die deutsche Nordseeküste ist eine Senkungsküste. Auf den Watten des Jadebusens ist alter Süßwasserpflanzenwuchs von der Hochwasserlinie bis zur Niedrigwasserlinie vorhanden. Beim Feuerschiff Geniusbank (Bl. 3) liegt eine Torfschicht auf 8 m Wassertiefe, im Wangerooger Fahrwasser auf 12 m, bei der Scharhörntonne auf 18 bis 20 m. Die Küste wird sich seit der Eiszeit also mindestens um etwa 22 m gesenkt haben.⁵⁾ In frühalluvialer Zeit war die Küste wahrscheinlich viel buchtenreicher. Borkum-Riff, die Verbindung von Helgoland mit Eiderstedt, Amrum-Bank, Rote-Kliff-Bank, Horns-Riff, Dogger-Bank und Jütland-Bank werden diluviale Rücken gewesen sein, die die ganze Küstenbildung beeinflussten. Erst als diese untertauchten oder vom Meere zerstört wurden, wird die deutsche Küste eine so stark ausgeprägte Sandwanderungsküste geworden sein, wie sie es jetzt ist, was bei einer tiefer hinabreichenden Untersuchung der Küste zu beachten ist.

⁵⁾ Über die Senkung der holländischen Küste siehe BEEKMANN, Polders en droogmakerijen, S. 47. S'Gravnhage. Gebr. van Cleef. 1908.

Die Watten.

Allgemeine Erscheinungen. Die auf Blatt 1 u. 2 Außenjade dargestellten Wattgebiete zeigen ganz verschiedene Gestaltungen. Gewisse Erscheinungen finden sich aber überall, wo der Wattboden nicht aus altem, verlorenem Land besteht, was bei den dargestellten Watten mit einer verschwindend kleinen Ausnahme bei Schillig der Fall ist, wenigstens soweit es nach Geschichtskennntnis und Bodenuntersuchung beurteilt werden kann.

Der Wattboden besteht dort, wo er von Wellen oder Strom oder von beiden stark getroffen wird, aus Sand oder aus festem im Abbruch befindlichen Schlick. An den anderen Stellen lagert sich Schlick ab. Auf der Wattseite der Sandplatten lagert sich einzeln auch an ruhigen Stellen bei Sandwehen Sand ab und zwar weiter nach unten schichtenweise mit dünnen Schlickschichten abwechselnd.

Zunächst der See, wo noch die stärkeren Wellen wirken, besteht das Watt aus inselartigen Rücken reineren Sandes, die durch Baljen voneinander getrennt sind. Hinter diesen Rücken und im Schutze derselben lagert sich Schlick ab. Von hier aus steigt das Watt allmählich wieder an und besteht dann bis zum Ufer oder zur Wasserscheide aus Schlick, wenn es nicht von Wellen oder Strom getroffen wird, andernfalls geht es wieder in Sand über. In den tieferen Teilen der Schlickablagerung siedeln sich Muscheln an, die allmählich recht unebene Bänke bilden, den Schlick verstärkt festhalten und das Watt erhöhen. Muschelbänke sind einzeln unter Wasser auch über die Sandrücken hinaus nach See zu vorgeschoben. Eine Muschelbank kann sich immer nur auf Schlick, also im stillen Wasser bilden. Ist sie aber einmal vorhanden, so kann sie dem Strom widerstehen. Die Muschelbänke werden in der Hauptsache von Miesmuscheln gebildet, zum kleineren Teil auch von Herz- und Tellmuscheln. Die Sandklaffmuschel lebt im Boden und ist lebend fast nie zu sehen, sie sitzt zu tief im Sande; große Haufen von Schalen dieser Muschel sammeln sich aber gelegentlich bei Verlegung von Prielen und Baljen. Wo das Watt in das Grünland übergeht, siedelt sich der Queller (*Salicornia Herbacea*) an, der in dichterem Bestande die Wellen dämpft und Schlickablagerung befördert. Weitere Tiere und Pflanzen des Watts möchte ich nicht besprechen, da ich ihre technische Bedeutung nicht genügend beurteilen kann.

Die Wattgestaltung ist abhängig von dem Windstrom, dem Gezeitenstrom und von den Wellen, die das Watt treffen. Das flache Wasser auf den Watten wird stark vom Winde fortgetrieben. Bei dem Vorwiegen des Westwindes bewirkt der Windstrom, daß das Wattwasser nach Osten wandert, zumal da bei Ostwinden die Flut nicht so stark aufläuft und nur wenig Wasser auf den Watten ist. Daß das Wattwasser stark vom Winde fortgetrieben wird, ist bei Weststurm an der Strömung in der Jade bei der Legdetonne zu erkennen; dort ist z. B. bei starkem Westwind eine Stunde vor Hochwasser des öfteren Strömung nach Osten beobachtet, während der Strom hier sonst nach Süden geht. Auch unter der Old-Oog-Wohnbake ist starker Windstrom beobachtet. Je breiter das Watt, desto stärker der Gezeitenstrom auf ihm. Die Breite des Wattes, das ist die Entfernung der Hochwasserlinie von der eigentlichen See, hängt vom Angriff der Wellen und von der durch den Wind verursachten Strömung ab; wo diese Kräfte klein genug sind, kann sich Land bilden. Diese Kräfte aber hängen wieder ab von der Lage zur See und zur ganzen Küste.

Die Wasserscheiden auf den Watten. Hinter jeder der Inseln befindet sich auf dem Watt eine Wasserscheide, auf die bei Flut von Westen und Osten her das Wasser zufließt, von der bei Ebbe das Wasser nach beiden Seiten wieder abfließt. In der Gegend der Wasserscheide ist der Strom am schwächsten, deswegen lagern sich hier die Sinkstoffe ab, so daß das Watt hier am höchsten ist. Die Lage der Wasserscheide richtet sich nach der Größe der Seegatten. Im allgemeinen liegt das Hohe vom Watt der von Westen kommenden Flutwelle

entsprechend ungefähr auf $\frac{2}{3}$ der Inselnlänge vom Westende jeder Insel ab gerechnet (sich Blatt 3, deutsche Nordküste der Nordsee).

Verschiedenheiten der Watten. Bei den Watten der Karte der Außenjade (Blatt 1 u. 2) kann man vier Gestaltungen unterscheiden: Erstens das Inselwatt, das ist das an die Insel anschließende Watt und zwar zwischen Wangeroog und der Telegraphenbalje, ein schmaler Streifen südwestlich Minseroogs, sowie die Fläche zwischen Alte-Mellum und der Mellum-Balje bezw. Bollensiel; zweitens das Watt zwischen der Telegraphenbalje und dem Festland; drittens das Watt an der Jeverschen Ostküste und viertens das Watt zwischen Jade und Weser, der Hohe Weg.

Das **Inselwatt** ist durch Sandwehen von den Sandplaten der Insel her entstanden und besteht daher in den höheren Teilen aus Sand mit wenig Schlickbeimengung. Es fällt von der Insel her in ziemlich glatten Höhenlinien zu den anschließenden Baljen ab. Zur Bildung größerer Priele ist es zu schmal. Im Osten und Westen geht es in den Strand über. In der Nähe der Baljen ist es schlickig. Bei Wangeroog geht vom Westanleger bis an das Hohe vom Watt der Sand bis 1 m über N.W. hinunter; nur in der Bucht ist es etwas schlickiger. Etwa auf 1 m über N.W. fallen am Ostufer der Bucht die Wattschiffe trocken, die die Güter nach Wangeroog bringen. Die Güter werden in Wagen geladen, die auf dem festen Watt an die Schiffe heranfahren, sobald das Wasser abgelassen ist. Östlich der Wasserscheide, wo das Inselwatt weniger von den Wellen des Westwindes getroffen wird, fängt der Schlick schon von 1,7 bis 2 m über N.W. an. An der Telegraphenbalje ist er hier so weich, daß man 0,7 m tief in ihm einsinkt, und ist stark mit Muscheln durchsetzt.

Das Watt zwischen der **Telegraphenbalje** und dem Festland ist im nördlichen Teil stark zerrissen; nach Land zu ist es wieder ganz einheitlich, da hier noch nicht so viel Wasser abläuft, daß sich Priele bilden könnten. Der Groden ist von der Landesgrenze bis zum Ostende des Elisabethgroden im Anwuchs, der noch durch Begrüpfung befördert wird. Das Watt besteht hier aus Schlick, dem nicht viel Sand beigemischt ist, da dieser hier allgemein nicht so hoch hinaufgeworfen wird. Nur bei Sturm kommt er bis an den Außengroden. Von Förrien bis Schillig besteht das Watt aus Sand, da es hier von den Wellen aus der Jade getroffen wird. Von der 1-m-Linie bis zu der Innenseite der Sandrücken besteht es aus Schlick und Muschelbänken, in die man stellenweise tief einsinkt, z. B. ist die große Muschelbank auf der Wasserscheide zwischen der Telegraphenbalje und der Mittelbalje kaum zu begehen. Die Zerrissenheit kommt von der Menge des abfließenden Wassers und daher, daß sich die Wattbaljen ständig verwerfen. Überall, wo eine Balje einen Knick macht, treten Sandbänke auf und zwar meistens auf der vorspringenden Wattecke. Bei einer Stromverlegung tritt oft in ganz kurzer Zeit Überdeckung von Schlick und Muschelbänken durch große Sandmassen auf. Daß das Hohe vom Watt keine gleichmäßig durchgehende Höhe hat, sondern in Verlängerung der Hauptbaljen Senken hat, ist wohl auf die gerade in der Verlängerung der Hauptbaljen verstärkt wirkenden Wellen und Windströmung zurückzuführen. Der Hohe Rücken zwischen Minseroog und Schillig besteht ganz aus Sand. Von Minseroog bis an die Legde besteht er aus gelbem Sand und zeigt den Übergang vom Strande zum Watt; südlich der Legde besteht er aus grauem Sand.

Auf dem **Watt zwischen Jade und Weser** kann sich erst dort Land bilden, wo die Entfernung der beiden Ströme so groß ist, daß die auf das Watt aus den Strömen auflaufenden Wellen die Schlickablagerung in der Hochwasserlinie noch zulassen. An der Nordspitze von Butjadingen (Bl. 3) hat das Land zeitweise abgenommen, jetzt nimmt es wieder zu. Das wird mit einer bedeutenden Verlegung der Rinnen der Weser zusammenhängen. Vor hundert Jahren war das Fahrwasser von Fedderwardersiel nach Blexen an Butjadingen entlang noch so tief, daß es das betonnte Weserfahrwasser war; jetzt ist es hohes Watt.

Nach Mellum zu laufen Jade und Weser zunächst dichter zusammen und laufen dann parallel miteinander weiter. Die Wellen können mit Abnahme der Wattbreite stärker auflaufen, das Hohe vom Watt nimmt entsprechend zunächst an Höhe ab und behält dann gleiche Höhe bei. Das Hohe vom Watt ist wieder durch verschiedene Senken geteilt. Im südlichen Teil des Hohenweges, wo das Watt breiter ist, sind wieder mehr Baljen als im schmalen nördlichen Teil. Nach der Jade zu besteht das Watt aus inselartigen Sandrücken, in deren Schutz sich Schlickablagerung und Muschelbänke halten können. Das Hohe vom Watt besteht auf dem Hohenweg fast ganz aus Sand, wohl weil der Windstrom hier stärker wirkt und auch die Wellen stärker angreifen können.

Das Watt an der Jeverschen Ostküste wird wenig von Wellen getroffen und steigt deshalb von der Niedrigwasserlinie schnell und bis 0,7 m unter Hochwasser an. An der ganzen Küste entlang liegt zunächst dem Fahrwasser ein hoher Sandrücken, der von den Sieltiefen in einzelne Inseln zerschnitten ist. Auf der Westseite dieser Wattinseln ist ein Steilabhang und dann fast überall ein Priel. Im Schutze des Sandrückens, am Priel beginnend, liegt Schlick, der nach dem Lande zu ansteigt. Von Schillig bis dicht vor Horumersiel besteht das Watt aus Sand; hier muß früher das Fahrwasser weiter nach Osten gelegen haben, sonst ist der Landverlust zwischen Schillig und Horumersiel nicht zu erklären. Von Schillig bis Hooksiel endigt der Außengroden mit einer Steilkante, ist also im Abbruch. Erst südlich Hooksiel fängt der Groden an allmählich in das Watt überzugehen und ist somit im Anwuchs.

Ursprung des Schlicks. Der Sand auf dem Watt südlich der Inseln und auch der vom nördlichen Teil des Hohenweges ist von Westen herangewandert. Ebenso stammt der Schlick südlich der Inseln sowie auch ein großer Teil des Schlicks der Jade von Westen. Schlick ist in der Hauptsache Ton, und dieser ist ein Verwitterungserzeugnis des Festlandes, ist also durch die Flüsse dem Meere zugeführt. Vermehrt wird der Schlick aber auf dem Watt selbst durch absterbende Tiere und Pflanzen, besonders durch Diatomeen. Ob Mischung von Süßwasser und Salzwasser an sich Schlick erzeugt, ist fraglich. Eine Mischung von weichem Wasserleitungswasser und reinem Salzwasser bildet keinen Niederschlag, wohl aber eine Mischung von reinem Moorwasser und reinem Salzwasser. Die vielen Moorwässer, die aus Hollands und Deutschlands Niederungen dem Meere zufließen, wären vielleicht imstande, den Schlick zu vermehren. Diese Frage soll weiter untersucht werden. Das Wattwasser ist sehr schlickhaltig; das Wasser beim Feuerschiff Weser und bei Helgoland aber enthält noch nicht $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{16}$ der Sinkstoffe, wie die Jade bei Wilhelmshaven bei ruhigem Wetter.

Wie oben erwähnt, wandert das Wasser der Nordsee die Küste entlang von Westen nach Osten und dann nach Norden. Es ist sogar möglich, daß der Strom an der Küste stärker ist und das Wasser von See her ansaugt. Auf den Wattflächen kann sich nun der Schlick ansammeln. In dem ruhigen Wattwasser kann er zu Boden fallen, besonders bei schwachen Winden. Das zuletzt vom Watt herabfließende Wasser nimmt aber einen Teil des frisch abgelagerten Schlicks wieder mit fort und zwar je nach der Höhe der Wellen mehr oder weniger. Das zuletzt abgeflossene Wasser bleibt aber in den Wattbaljen und tritt als erstes wieder auf die Wattflächen hinauf, so daß der in ihm enthaltene Schlick weiter nach oben geschoben wird. Bei starkem Wind wird zwar auch bei höherem Wasserstande schon das ganze Wattwasser durch den aufgerührten Schlick getrübt, aber auch dann enthält das zuletzt abfließende Wasser bedeutend mehr Schlick als das zuerst abfließende. Bei ruhigerem Wetter wird der durch Stürme bewirkte Verlust des Schlickgehaltes auf dem Watt durch die wiederholte Zufuhr des von den Stürmen her noch im Seewasser schwebenden Schlicks von außen ersetzt. Durch die andauernde Wiederholung dieses Vorganges bleibt das Wasser auf den Wattflächen stark schlickhaltig.

Schlickablagerung am Strande. Bei Südwinden ist das Wasser auch am Nordstrand der Inseln stark schlickhaltig. Das reinere Wasser an der Oberfläche wird nach

See zu fortgetrieben und von unten her durch schlickigeres Wasser ersetzt; dann lagert sich auch am Nordstrand in den Strandprieln, wenn sie durch irgend welche Veränderungen in der Riffgestaltung dem Strome entzogen sind, stark Schlick ab. Der meiste Schlick der Nordsee ist also auf dem Watt und in der Nähe der Inseln gesammelt und muß mit dem Wasser wandern, stammt also von Westen.

Wasserwanderung infolge Richtung der Wattbaljen. Zu den oben erwähnten Ursachen für die Wasserwanderung tritt auf dem Watt vielleicht noch eine weitere hinzu. Die großen Baljen, die das Watt zur Hauptsache auffüllen, sind fast alle von N.N.W. nach S.S.O. gerichtet, eine Folge der Lage der Wasserscheiden zu den Inseln. In gewisser Weise wird dabei auch die Bewegungskraft des von außen eintretenden Flutstromes mitsprechen. Nur bei der Wichter Ehe zwischen Norderney und Baltrum (Bl. 3), deren Wasserscheiden wegen der Kleinheit von Baltrum symmetrisch zum Seegatt liegen, und bei der Blauen Balje, die wegen der Nähe der Jade gleiche Verhältnisse hat, sind die Wattbaljen gleichmäßig zum Seegatt verteilt. Der auf das Watt tretende Flutstrom ist schräg auf die Festlandküste gerichtet und wird an dieser nach Osten abgelenkt. Bei Ebbe stößt der Strom nicht auf die Küste und damit fällt auch der Strom an der Küste entlang fort. Dieser Umstand trägt auch ein wenig dazu bei, daß das Wattwasser von Westen nach Osten wandert und damit auch die vom Wattwasser bewegten Sinkstoffe.

Schlickgehalt des Jadewassers. Auf gleiche Weise, wie das Wasser der Watten zwischen Inseln und Festland, wird das Wasser der Jade mit Schlick angereichert. Es wird nach Süden zu immer schlickiger. Auch der der Jade neu zugeführte Schlick muß von Westen stammen. Abgesehen von dem über das Neubrack kommenden Wattwasser nimmt, wie schon oben erwähnt, das Wasser, das sich an der Biegung der Jade nordöstlich von Minsener-Old-Oog befindet, seinen Weg in die Weser, so daß auch von außen herum das Jadewasser nur durch von Westen kommendes Wasser erneuert werden kann. Weserwasser könnte nur über den Hohenweg kommen. Hier wird wieder bei Westwinden wohl Wasser aus der Jade in die Weser getrieben, während bei Ostwinden, bei denen der Hohenweg ganz oder fast ganz trocken bleibt, nur wenig Wasser über den Hohenweg kommen kann.

Ein großer Teil des in der Jade enthaltenen Schlicks stammt von den eigenen Watten, und da die Jade früher zur Weser gehörte, vielleicht aus der Weser. Bei unruhigem Wetter ist das Wasser der Watten, der Jade usw. stark getrübt, und da es bei Niedrigwasser in die See kommt, ist diese dann in der Nähe der Küste auch getrübt und zwar bei den Strommündungen weiter hinaus als vor den Inseln, da die Ströme größere Wassermengen ein- und austreten lassen als die Seegatten.

Anwuchs auf Watt und Inseln infolge von Schutzbauten. Ein Beispiel, wie durch Menschenwerk Anwuchs befördert werden kann, bietet Wangeroo. 1866 war südlich vom Durchbruch eine weit nach Süden reichende Vertiefung vorhanden, vielleicht daß hier von der Strömung die leichteren Bestandteile fortgenommen waren, wodurch das Watt abnahm. Nach Schluß des Durchbruchs landete Wangeroo im Schutz der Bauwerke wieder an. Hauptsächlich im westlichen Teile der Bucht, die von dem Kern der Insel und von dem Südweststrand gebildet wird, nahm es zu, erheblich weniger an der gegenüberliegenden östlichen Seite der Bucht, die stärker von den Westwinden getroffen wurde. Auf ähnliche Weise entstand der neue Anwuchs auf dem östlichen Teile der Insel. Bevor das Reich den Dünendamm im Osten hergestellt hatte, ging bei jeder höheren Flut die Strömung von Norden nach Süden und umgekehrt über den Oststrand und nahm die feinen Sinkstoffe, den Schlick und feinen Sand immer wieder mit. Seitdem aber diese Überströmung durch die 1888 begonnene Dünengewinnung und neuerdings durch einen Buschdamm abgeschnitten wurde, blieben die feinen Sinkstoffe liegen. Die Höhe des Oststrandes und infolge davon auch das

nutzbare Grünland nahm ganz bedeutend zu. Der Strand ist aber nicht nur im Süden des Dammes, sondern auch im Norden höher geworden, was an dem Verlauf der Höhenlinien deutlich zu erkennen ist. Lehrreich ist es, die Abmessungen Wangeroogs in verschiedenen Jahren zu vergleichen.

Jahr	Bemerkenswertes für den Zustand der einzelnen Jahre	Flächeninhalt der eigentlichen Insel in qkm	Länge der eigentlichen Düneninsel am Strande entlang gemessen in km
1790	Insel wie in den früheren Jahrhunderten, abgesehen von dem Sloop im Westen, das um 1780 entstanden war	4,31	6,1
1812	Nach Abbruch der Südwestdünen	2,26	4,2
1859	Nach Zerstörung des Westdorfes	2,48	4,7
1869	Durchbruch der Insel zwischen Saline und Westturm und vor Beginn der Strand-schutzbauten	2,36	4,6
1887	Beginn der Dünengewinnung im Osten	2,66	4,78
1908	Dünengewinnung im Osten gut gefördert (s. Blatt 1 u. 2 Außenjade)	4,02	6,9

Der Vergleich mit Spiekeroog zeigt den Zustand, den eine Insel mit gleicher Strandbildung hat, wenn der Mensch nicht eingreift. Die Ostdünen schieben sich dort nach Süden herum. Der Oststrand nimmt aber nur wenig an Höhe zu, und Grünland kann sich östlich der Dünen nicht bilden. Ähnlichen Anwuchs wie Wangeroog hat auch Borkum gezeigt, seitdem daselbst das Sloop, „das Tüßkendoor“, durch einen Damm geschlossen wurde, und seitdem als Bahnkörper für die Inselbahn auf dem Südweststrande ein Damm hergestellt wurde. An der letzteren Stelle ist der Unterschied östlich und westlich des Dammes bei der Bahnfahrt sofort zu erkennen. Auch der Leitdamm westlich des Außentiefs von Karolinsiel, der dasselbe vor Verschlickung schützen soll und der eine besonders günstige Lage zur Wellenrichtung hat, hat in ähnlicher Weise verlandend gewirkt, wie es aus den Höhenlinien des Blattes 1 u. 2, noch besser durch Augenschein zu erkennen ist. Westlich vom Leitdamm liegt das Land im Abbruch, östlich davon stark im Anwuchs, so daß dort noch 1895 der Elisabethgroden mit 584 ha Inhalt eingedeicht werden konnte. Durch Bühnenbauten kann man also Land gewinnen, und durch lange und viele Bühnen hintereinander ließe sich auch ein guter Teil des Schlicks fangen, der jetzt über die Watten in die Jade wandert. Man könnte mit Bühnen sowohl den Anwuchs am Festlande wie auf den Inseln fördern. Der vielfach gemachte Vorschlag, zur Landgewinnung eine Insel mit dem Festlande durch einen Damm zu verbinden, hat gegenüber dem Bau von Bühnen den Nachteil, daß ein einzelner Damm den Windstrom aufstauen würde. Sturmflutfrei dürfte der Damm nicht sein, weil er die westlich von ihm liegenden Deiche gefährden würde. Wäre er hochwasserfrei, würde der westlich von ihm liegende Außengroden in der ersten Zeit nach Herstellung des Dammes oft unter Wasser kommen, bis er wieder hinreichend aufgeschlickt wäre. Später wäre die größere Höhe für den Groden vorteilhaft. Wollte man die zeitweilige Überflutung der Groden vermeiden, müßte

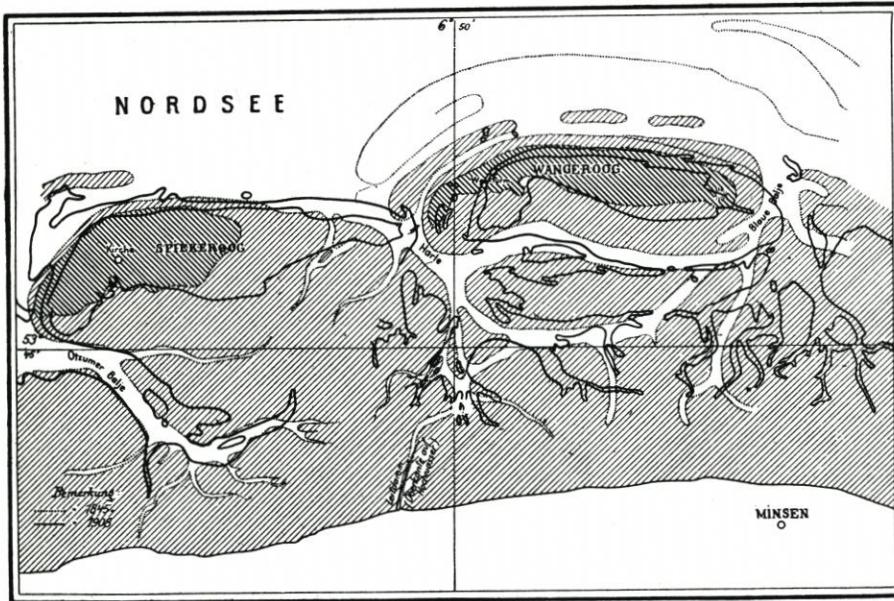


Abb. 7. Vergleich der Hoch- und Niedrigwasserflächen von Spiekeroog und Wangeroog.
1:200 000.

der Damm im mittleren Teil so tief liegen, daß der Windstrom genügend über ihn hinweggehen kann.

Der Vorschlag, eine Insel mit dem Festlande durch einen Damm zu verbinden, geht meistens von der Voraussetzung aus, daß auf dem Watt starke Sandwanderung ist.

Sandwanderung über das Watt. Der Sand wandert aber über das Watt in erheblich kleinerem Maße von Westen nach Osten als am Nordstrande der Inseln entlang. Die einzelnen Priele und Baljen des Watts verlegen sich zwar ständig, ebenso wie ein verwilderter Fluß sich bei jedem großen Hochwasser, wenn er über die Ufer getreten ist, verwirft. Die Sandwanderung im großen über das Watt von Westen nach Osten wird aber wenig über das Maß hinausgehen, das der Wanderung der Seegatten entspricht. Dies wird schon dadurch gekennzeichnet, daß das Hohe vom Watt zum großen Teil aus Schlickablagerung besteht und nicht aus Sand. Wattkundige Schiffer sehen immer wieder, wie schnell sich die Wattinseln und Watthalbinseln verschieben und sich die Fahrwasser verlegen, besonders in der Nähe der Seegatten, wo es den Anschein hat, als wenn die Wattinseln, die sich auf den Barren der Wattbaljen finden, in die Seegatten und dann vor die Inseln geschoben werden; sie sind daher der Meinung, daß auch über die Watten große Sandmengen wandern. Diese Ansicht werde ich nachzuprüfen versuchen. Ich halte sie jedenfalls für nicht wahrscheinlich, da auf dem Watt nicht die großen Kräfte vorhanden sind, wie auf dem Strande, der starke Seegang und das Überwiegen eines einheitlichen starken Stromes fällt hier fort. Es ist jedoch in Aussicht genommen, das Hohe vom Watt in Wangeroog, das Gebiet der Wasserscheide, durch alljährliche Aufmessung darauf hin zu untersuchen, ob sich das Hohe nach Osten verschiebt. Nur wenn das Hohe im ganzen wandert, ist auf dem Watt eine durchgehende Sandwanderung anzunehmen, da diese immer mit einer Wanderung der Sandbänke verbunden ist. Von 1907 bis 1910 hat sich auf dem Hohen vom Watt südlich Wangeroogs keine Wanderung von Westen nach Osten gezeigt. Die Veränderungen im Gebiet der Barre der Seegatten verändern

die Stromrichtung auch im übrigen Teil der Gatten. Der Strom sucht sich deshalb auch auf den Watten eine andere Bahn, so daß sich mit der Veränderung draußen auch das Watt ändern muß. Da die Veränderungen draußen viel schneller vor sich gehen als auf dem Watt und auch an sich größer sind, so werden die im Watt durch dessen Eigenkräfte verursachten Veränderungen nur wenig Einfluß auf das Seegatt haben.

Die Wanderung der Seegatten. Wie die Seegatten wandern, ist nicht bekannt. Einige Darstellungen deuten darauf hin, daß sie wenigstens in einzelnen Fällen nicht allmählich wie die Platen wandern, das heißt, daß das Ostende der einen Insel anwächst und das Westende der anderen abbricht, und daß sich so das Seegatt nach Osten verschiebt. Einzelnen scheint sich auch ein Seegatt ganz zu schließen und dafür sich ein neues aufzutun. Auf einer im oldenburgischen Archiv befindlichen Handskizze von Wangerooog ist auf dem Oststrande in einer nach Süden offenen in der Strandlinie geschlossenen Balje eingetragen: „Steinbalje 1781 im Oktober mit Sand gefüllt“, östlich davon steht im Seegatt: „Blaue Balje itziges Fahrwasser.“ Die Steenbalje war schon nach der Seekarte von Gouert Willems von etwa 1550 das Seegatt östlich Wangerooogs und ist als solches auch nach einer Handskizze Wangerooogs von 1740 eingetragen. Das Eingehen der Steenbalje scheint ziemlich plötzlich vor sich gegangen zu sein. Vor dem Eingehen der Steenbalje wird das Watt südöstlich von Wangerooog wohl längere Zeit durch zwei Rinnen mit der See verbunden gewesen sein, ähnlich vielleicht wie das Bl. 1 u. 2 Außenjade östlich der Blauen Balje noch eine kleine Rinne zeigt. Diese Rinne hat sich zwar seitdem wieder geschlossen, hätte aber der Flutstrom jetzt nicht den bequemeren Weg durch die Strandbalje gehabt, hätte er möglicherweise mit mehr Kraft durch die kleine Rinne gesetzt, diese offen gehalten und vielleicht auch vertieft. Mit der Zeit hätte sich infolge Veränderungen auf der Barre der ganze Strom der Blauen Balje dorthin verlegen und sich das jetzige Seegatt schließen können.

Eine Trennung des Seegatts in einzelne Teile deutet auch die Grenzkarte von 1667 durch zahlreiche Wattinseln zwischen Spiekeroog und Wangerooog für die Harle an. Auch die vergleichende Darstellung von Spiekeroog und Wangerooog, 1845 zu 1908 (Text-Abb. 7), zeigt für 1845 eine Teilung des Oststrandes von Spiekeroog. Der Zustand von 1845 ist der der oldenburgischen Fluß- und Wegekarte von 1852 (v. Schrenksche Karte) und der gleichaltrigen Reymannschen Karte (Verlag von Flemming in Glogau) entnommen und wird etwa den Zustand von 1845 wiedergeben. In dieser Darstellung sind die Riffe wahrscheinlich zu groß wiedergegeben und entgegengesetzt bei dem Wangeroooger Watt die Wasserflächen zu groß, denn die Karte von 1845 bis 1859 entspricht auch in ihren anderen Teilen dieser Auffassung. Die Darstellung von 1908 ist die des Blattes 1 u. 2 der Außenjade. Jetzt geht der Oststrand von Spiekeroog ohne Unterbrechung mit einer Höhe von etwa 0,4 m über Hochwasser durch. Die Harle läuft 1845 nördlich der engsten Stelle nach NWzW, jetzt nach NNW. 1869 hatte der Hauptkolk schon diese Richtung, während 1845 nur noch eine schmale Strandbalje ist, aber noch betont ist. Das Südwestende von Wangerooog ist seit 1845 erheblich mehr nach Osten zurückgegangen als das Ostende von Spiekeroog; dafür hat sich auf Spiekeroog die Balje geschlossen und in der Harle eine große Sandbank gebildet, die Hullplate, die die Harle von der Doven Harle trennt. Die Balje von 1845 auf Spiekeroog mag ein Rest der vielen Rinnen von 1667 sein. Diese wieder könnten durch die damals noch größere Harlebucht erklärt werden. Die Dove Harle hat in den letzten Jahren immer mehr an Mächtigkeit zugenommen, so daß auch die Strandschutzwerke auf Wangerooog zur Zeit stark beansprucht werden. Ich halte eine Verlegung der Harle in die Dove Harle nicht für ausgeschlossen, wengleich ich keine Anschauung über den voraussichtlichen Zeitpunkt der Verlegung habe. Über die Wanderung von Wangerooog siehe auch die entsprechende Darstellung. Bei den Seegatten ist es nicht ein Gefällestrom, der die Gestaltung der Rinne macht,

sondern die Stoßkraft der Ströme, besonders des Flutstromes, und die Wirkung der Wellen auf die Sandwanderung.

Strandbefestigung. Der Abbruch im Westen der Insel hört auf, wenn der Strand so weit durch Buhnen geschützt ist, daß er der Einengung des Stromes durch die Riffe widerstehen kann, und sobald der Strand so breit ist, daß die Dünen nicht abbrechen, oder sobald der Dünenfuß durch Mauern, die tiefer hinabreichen, als der Strand je abbricht, geschützt sind. Man erlebt aber leicht Überraschungen bei der Beurteilung des erforderlichen Maßes.

Bewertung der Unterlagen für die Untersuchungen. Die Unterlagen für die Ausführungen über die Platenwanderung sind eigentlich nicht ausreichend. Ein sicheres Urteil ist nur an Hand von im großen Maßstabe aufgetragenen Aufmessungen zu bekommen, die aber nur seit vier Jahren vorliegen. Sie lassen daher nur ein Urteil über die Erscheinungen bei der jetzigen Küstengestaltung zu, geben aber kein zuverlässiges Bild, wie es sich bei anderen Küstengestaltungen verhält, die nach Ausweis der Seekarten früher schon vorhanden waren und in Zukunft wieder zu erwarten sind. Wollte man aber mit seinem Urteil warten, bis es abgeschlossen ist, würde man überhaupt nicht fertig werden, da immer wieder neue, früher noch nicht beachtete Erscheinungen auftreten werden.

Bei allen Inseln wiederkehrende Erscheinungen. Die besprochenen Erscheinungen, soweit sie das Gebiet von der Mitte der Harle bis zur Mitte der Blauen Balje betreffen, können als Beispiel für die anderen ostfriesischen Inseln gelten, aber auch da für die Seegatten nur soweit, als der Kolk des Seegatts am Ostende der westlich von ihm liegenden Insel liegt, nicht am Westende der östlich von ihm liegenden Insel. Um dieses allgemeine Urteil zu bekräftigen, ist vor Spiekeroog auch ein Teil des Vorstrandes im Jahre 1909 und 1910 aufgemessen und miteinander verglichen. Die Aufmessung von 1910 ist in Blatt 1 und 2 Außenjade eingetragen. Das Bild sowohl der Gestaltung des Vorstrandes wie der Wanderung desselben ist hier ganz ähnlich wie vor Wangeroog.

Betrachtet man die Tiefenlinien vor den ostfriesischen Inseln, so sieht man, daß die 10-m-Linie überall gerade durchgeht, daß die 6-m-Linie bei den größeren Seegatten schon etwas nach außen vorgebogen ist, daß aber die 4-m- und die 2-m-Linie bei den Seegatten überall weit vorgeschoben sind. Vor den Gatten liegen daher die 10-, 6-, 4- und 2-m-Linie dicht zusammen; die 4- und 2-m-Linien gehen aber bald wieder auf die Inseln zu, so daß vor der Mitte der Inseln die 0-m-, die 2-m-Linie und einzeln auch die 4-m-Linie dicht zusammenliegen. Die Tiefenlinien von 0 bis 4 m sind ferner überall stark gezackt, die 6-m-Linie erheblich weniger. Wie schon oben erwähnt, wandern die Zacken nach Osten. Dies könnte eine Andeutung dafür sein, daß der Sand hauptsächlich innerhalb der 4-m-Linie, weniger in den tieferen Schichten wandert, wohl weil in den größeren Tiefen die Wellen nicht mehr so stark wirken. Wäre das Maß der Wanderung in den größeren Tiefen ebenso stark wie in der geringeren Tiefe, würde sich auch die 6-m-Linie auf die Mitte der Inseln zubiegen. Bei Wangeroog, wo von der Mitte ab nach Osten der kräftige Jadestrom schon stark mitwirkt, dürfte dies nicht mehr zutreffen. Hier werden auch die tieferen Schichten mitwandern. Die 6-m-Linie läuft dort auch nicht so gleichmäßig wie bei den anderen Inseln.

Wirkung des Jadestromes auf Wangeroog. Den Einfluß der Jade auf Wangeroog zeigt auch folgende Erscheinung. Mit dem Ablösen einer Plate von Minsener-Old-Oog ist gleichzeitig immer wieder die dort gelegene Strandinsel nach Süden zurückgegangen, wie aus der vergleichenden Darstellung Wangeroog 1790 bis 1908 (Text-Abb. 8 bis 12) zu sehen ist. Dieses Zurückweichen hat auch dem Strand von Wangeroog die Stütze geraubt. Der starke Jadestrom tritt daher dichter an den Strand heran, so daß auch an diesem starker Strom läuft und ihn abbricht. Das Ostende von Wangeroog ist infolgedessen allmählich immer mehr

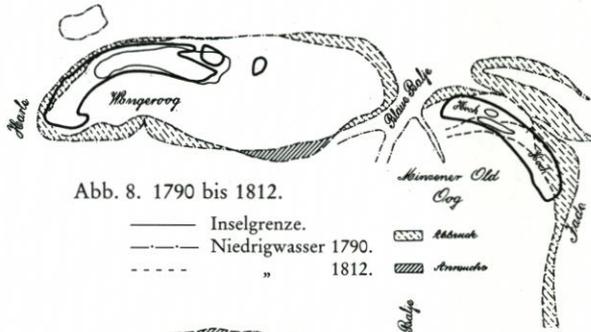


Abb. 8. 1790 bis 1812.

— Inselgrenze.
 - - - Niedrigwasser 1790.
 . . . " 1812.

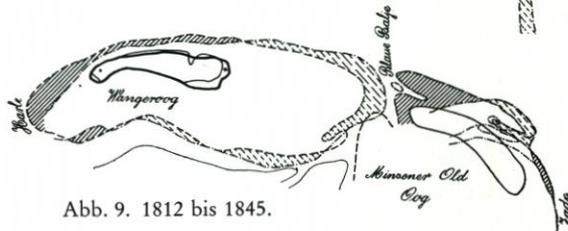


Abb. 9. 1812 bis 1845.

— Niedrigwasser 1812.
 - - - " 1845.

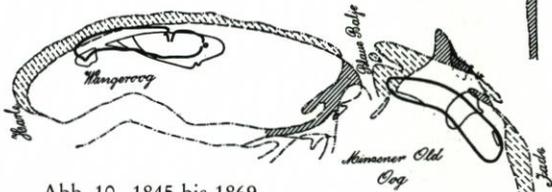


Abb. 10. 1845 bis 1869.

— Niedrigwasser 1845.
 - - - " 1869.

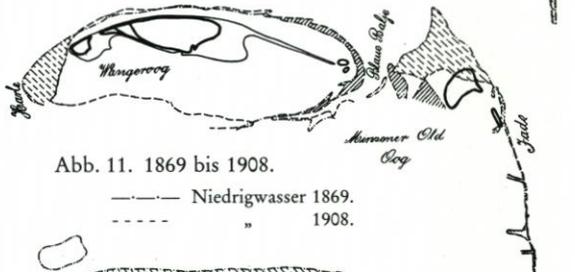


Abb. 11. 1869 bis 1908.

— Niedrigwasser 1869.
 - - - " 1908.

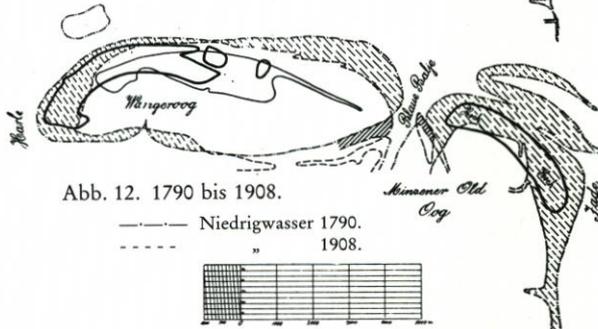


Abb. 12. 1790 bis 1908.

— Niedrigwasser 1790.
 - - - " 1908.

Abb. 8 bis 12. Veränderung Wangeroogs und Minsener-Old-Oogs vom Jahre 1790 bis 1908.

nach Süden umgebogen. Es hat mit der Zeit eine andere Form bekommen, als die anderen ostfriesischen Inseln. Auch auf die Sandplatte des Oststrandes scheint der Jadestrom schon zu wirken, wenn auch nur bei Sturmfluten, die über den Oststrand hinweggehen. Die Dünen konnten trotz des Abbruchs im Westen der Insel im Osten nicht mehr anwachsen, weil bei Sturmfluten der von See über den Oststrand in die Jade setzende Strom sowie auch der umgekehrte Strom Dünenbildung nicht mehr zuließ. 1866 scheint Wangeroog schon so stark dem Jadestrom ausgesetzt gewesen zu sein, daß sein Dünengelände nur noch abnahm, nicht mehr zunahm, und daß es anfang das Bild einer Düneninsel zu verlieren, wenn nicht mit den Strandbefestigungen dem Abbruch Einhalt geboten und der Anwuchs wieder befördert worden wäre, welchen Standpunkt auch der oldenburgische Oberbaudirektor Lasius in der Zeitschrift des hannöverschen Architekten- und Ingenieur-Vereins von 1866 einnimmt. Der spätere Anwuchs im Osten ist nur eine Folge recht umfangreicher Dünenbauten, die zeitweise, z. B. bei der großen Sturmflut am 13. März 1906, von solchen Rückschlägen begleitet waren, daß allgemein diese Dünenbauten für undurchführbar erklärt wurden. Diese Dünenbauten sollen bei Sturmfluten eine Überströmung des Oststrandes verhindern. Dadurch wird des weiteren auch vor Minsener-Old-Oog eine Stromverstärkung bewirkt. Um mit den Dünen doch weiter zu kommen, wurde bei dem Ausläufer der Düne dazu übergegangen, die Dünengewinnung im Schutze eines 0,8 m hohen, etwa 5 m breiten gewölbten Buschdammes zu machen, der bei Überflutung einen Durchbruch des Dünenrückens verhindert.

Einfluß der Sandwanderung auf die Korngröße. Man könnte annehmen, daß der Sand auf der langen Wanderung an den Inseln vorbei immer feiner wird und daß er deshalb in Norderney gröber ist als in Wangeroog. Dies glaubte ich auch beobachtet zu haben. Der Vergleich von Sanden der verschiedenen Inseln auf Korngröße hat jedoch ergeben, daß dies nicht zutrifft. Der Sand vom Strande von Wangeroog ist stellenweise gröber, als der von Borkum und Norderney. Die Korngröße wird wohl sehr von der Festigkeit des Materials abhängen.

Die Barren als Wellenscheide. Die Barre der Außenjade bildet eine Grenze in der Höhe der Wellen. Außerhalb der Barre ist die See hoch und lang, auf der Barre werden die Wellen noch höher, aber kürzer, und brechen auch auf den höheren Teilen der Platen. Innerhalb der Barre ist die See bedeutend niedriger. Bei Ebbe und Nordwind ist in der Jade eine für kleine Fahrzeuge unangenehme, kurze See. Ist weit draußen in See Sturm, an der Küste aber ruhiges Wetter, so ist an der Küste doch oft starke Dünung; meistens tritt sie mit Beginn der Flut auf; gegen Strom kann Dünung nicht soweit laufen, wie mit Strom. Hört die Dünung auf, so tritt dies hauptsächlich bei Ebbe ein. Starke Dünung läuft auch gegen Strom. Auch für die Seegatten bildet die Barre eine Scheide in der Wellenhöhe. Auf dem Watt sind die Wellen kleiner; je weiter vom Seegatt entfernt, desto mehr. In der Richtung der Seegatten, also südöstlich von ihrer engsten Stelle, sind die Wellen stärker, da die Wellen das Bestreben haben, geradeaus zu gehen, und jede Richtungsänderung ihre Höhe vermindert. Es ist z. B. in gleicher Entfernung von der Enge beim Ostende Wangeroogs in der Minsener Balje viel unruhiger als in der Mittelbalje.

Zunahme der Gesamtfläche der Inseln. Die Zahl der Düneninseln hat bei der Wanderung im Laufe der Jahrhunderte abgenommen. Zwischen Juist und Norderney lag früher die kleine Insel Buisen, die sich später mit Juist verbunden hat. Zwischen Spiekeroog und Wangeroog lag nach Waghenaer, Spienhel der Zeevaert, Ausgabe 1626, früher, vielleicht im Anfang des 16. Jahrhunderts, die den Seefahrern damals wohlbekannte Insel Lüttik-Spiekeroog. Die Gesamtfläche der Inseln dürfte aber eher zu- als abgenommen haben, denn der Gesamtquerschnitt der Seegatten muß ihrer Stromkraft entsprechen. Diese ist aber abhängig von der Fläche des Wattenmeeres zwischen den Inseln und dem Festland. Diese

Fläche muß in den letzten Jahrhunderten abgenommen haben; denn seit 1500 ist an der Festlandsküste fast nur Land gewonnen und nur wenig verloren. Am stärksten ist der Anwuchs wohl in der Harlebucht an der Grenze zwischen Ostfriesland und Jeverland gewesen, wo die größte Entfernung zwischen Insel und Festland von rd. 14 km im Jahre 1560 auf 7,4 km im Jahre 1891 abgenommen hat (siehe Blatt 1 und 2 Außenjade). Außerdem wirken die Strandbefestigungen auf eine Abnahme der Breite der Seegatten. Einmal vertieft sich vor ihnen das Gatt, so daß dementsprechend seine Breite abnimmt, und dann verzehren die Werke auch einen Teil der Stromkraft, wenn auch vielleicht nur einen ganz kleinen Teil, so daß der Tidenhub auf den Watten abnehmen muß, und damit die Stromkraft der Seegatten und ihre Breite.

Einzelmaße des Abbruchs des Westens von Wangeroog. Bei der Ermittlung der Goldenen Linie der Grenze zwischen Jever und Ostfriesland wurde 1664 auf der westlichsten Düne eine Bake gesetzt, deren Fuß mit Findlingen befestigt war; 1721 berichtet ein Wangerooger, daß diese Findlinge nur noch bei ganz tiefem Niedrigwasser zu sehen seien. In der Zeit von 1664 bis 1721 muß demnach der Strand um die Breite des Fußstrandes, den dieser 1664 hatte, das ist um 134 Ruten = etwa 850 m, nach Osten zurückgegangen sein, das ist dasselbe Maß, um das die Südwestecke von Wangeroog in der Zeit von 1869 bis 1908 zurückgegangen ist (siehe Text-Abb. 8 bis 12, Vergleich Wangeroog 1790 bis 1908). Daß der Abbruch in den letzten Jahren nicht gleichmäßig vorgeschritten ist, ergibt sich aus den nicht beigefügten Vergleichsblättern von Wangeroog-West. Von 1907 bis 1910 ist die Niedrigwasserlinie von der letzten Buhne bis zur Südwestecke im Mittel um 125 m nach Osten zurückgegangen, das ist im Jahre um 40 m. Von 1879 bis 1894 ist diese Strecke aber fast unverändert.

Aus der Eintragung des Zustandes von Wangeroog von 1667 in den heutigen Zustand, der in Bezug auf die Lage der westlichsten Dünen dem von 1874 gleichkommt, ergibt sich mit Sicherheit, daß in 207 Jahren von 1667 bis 1874 die westlichsten Dünen von Wangeroog um rd. 2,1 km nach Osten zurückgegangen sind, das ist in 100 Jahren rd. 1 km. Vorher hat Wangeroog gleichfalls schon starke Veränderlichkeiten gezeigt, denn der frühere Kirchturm war schon 1580 von der See zerstört worden und dieser Turm wird doch auch nicht unmittelbar an die See gebaut worden sein. Die Wanderung der Inseln denke ich mir als schon immer vorhanden gewesen und auch das Maß der Wanderung wird immer ähnlich gewesen sein.

Theorie, daß die Inseln der Rest einer Nehrung. Diese Veränderlichkeit der Inseln, die auf das Zuwandern des Inselinhaltes von Westen her zurückzuführen ist und die mit einer ständigen Erneuerung des Bodens verbunden ist, ist aber so groß, daß sie der Theorie vieler Geologen, daß die Inseln der Rest einer alten Nehrung sind, nicht entsprechen kann. Die Zeit der Nehrung wird in die Zeit verlegt, wo vor dem Durchbruch des englischen Kanals der Tidenhub in der Nordsee noch schwächer gewesen sein soll. Diese Zeit liegt aber sicher so weit zurück, daß der Inhalt der Inselkette sich seitdem mehrfach von Westen her erneuert haben muß.

Bodenbeschaffenheit des Inselkernes. Ferner möchte ich einer weiteren prinzipiellen Auffassung über die Gestaltung der Inseln entgegenreten. Im Handbuch der Ingenieurwissenschaften III, Der Wasserbau 3, Das Meer und die Seeschifffahrt, von L. Franzius und Dr. Schilling in Bremen, ist auf Tafel IV, Fig. 2 ein schematischer Querschnitt durch die ostfriesischen Inseln wiedergegeben, nach dem der Kern der Inseln bis dicht unter die Oberfläche aus altem Sandboden besteht. Unter altem Sandboden ist sonst nach der Darstellung dieses Querschnittes Diluvialsand zu verstehen, jedenfalls ein Sand, der sich in seiner Beschaffenheit von dem im allerletzten Jahre umgelagerten Boden unterscheidet. Für

Wangerooß trifft die Auffassung des Handbuches nicht zu. Die unteren Schichten sind zwar älter als die oberen. Bei der Wanderung ist der flache Oststrand immer den Dünen vorhergegangen; schon deswegen liegt dieser Boden viel länger als die Dünen. Ferner sind die Dünen viel mehr dem Wechsel unterworfen, da sie häufig verweht werden. Der Sand des Untergrundes unterscheidet sich aber nur durch den Schlickgehalt von dem Dünen sand. Bei der Wanderung der Insel ist der ganze Kern der Insel durch das mitwandernde Seegatt auf die Tiefe des Seegatts, das ist auf eine Tiefe von mindestens 14 m unter Niedrigwasser, umgepflügt worden. Da die Insel 8 km lang ist und in 100 Jahren um 1 km wandert, so wird der Boden unter dem Westen der Insel schätzungsweise seit 800 Jahren an derselben Stelle liegen. Bei der Untersuchung des Bodens von Wangerooß fand sich bei 16 Bohrlöchern die höchste Lage einer älteren Schicht, und zwar die des diluvialen Sandes, auf 14 m unter Niedrigwasser; vielfach wurde aber noch auf 23 m Seesand gefunden. Im Gegensatz dazu findet sich nördlich von der westlichen Hälfte von Wangerooß in dem in Blatt 1 und 2 Außenjade hervorgehobenen Gebiet stellenweise anstehend, einzeln schon bei 10 m unter Niedrigwasser, sonst aber fast durchgehend 3 m unter der Meeressohle alter Ton. In diesem Gebiet überkreuzen sich der Ebbestrom und Flutstrom nicht. Deswegen ist das Gebiet wenig veränderlich und konnten die festen Schichten erhalten bleiben, die ihrerseits wieder auf eine Beständigkeit der Gegend hinwirken. Nördlich von diesem Gebiet wurde bis zu 20 m unter Niedrigwasser nur Seesand gefunden. Auf Minsener-Old-Oog und in dem Gebiet nördlich, nordöstlich und östlich davon, das andauernd durch die Wanderung der Platen umgepflügt wird, fand sich bis zu 16 m unter Niedrigwasser fast nur Seesand. Nur ganz einzeln sind dort Reste alter Schichten und zwar Steingerölle, Ton und Torf über dieser Tiefe gefunden. Ähnlich wie auf Wangerooß werden die Bodenarten auf den andern Inseln sein, wengleich auf einigen die alten Schichten etwas höher liegen mögen.

Wert der Festlegung der Inseln für die Erhaltung der Festlandküste. Nun seien noch einige Beiträge zur Frage gegeben, welchen Einfluß die Festlegung der Inseln auf die Unterhaltung der Festlandsdeiche hat. Fülcher hat in seiner Schrift über die Schutzbauten auf den Inseln (Jahrg. 1905, S. 305 u. f. d. Zeitschr. f. Bauw.) diese Frage eingehend erörtert und steht auf dem Standpunkt, daß es keinen Zweck hat, die Inseln zu halten, um die Festlandküste zu schützen.

Abgesehen davon, daß die Inseln durch das Festhalten auf ihrem Westende Zeit haben, im Osten anzuwachsen, so daß jetzt die Kette der Düneninseln mehr sturmflutfreie Länge haben wird als früher und daß deshalb bei Sturmfluten Wasser und Wellen wahrscheinlich nicht mehr in dem Maße auf die Watten kommen können wie früher, hat die Festlegung der Inseln sicher den Wert, daß die durch die Seegatten aus der offenen See eindringenden, landzerstörenden Kräfte immer nur dieselbe Stelle treffen, so daß der Landschutz mehr auf einzelne Stellen beschränkt werden kann. In der Richtung der Seegatten und der an sie anschließenden Baljen dringen von See her Strom und Wellen auf die Küste ein, die Wellen rühren den Boden auf, der Strom führt ihn ab. Es muß deshalb südöstlich der Seegatten das Land in Abbruch liegen. Das scheint auch die der Seekarte entnommene Darstellung der ostfriesischen Küste auf Blatt 3 zu bestätigen. Entweder befinden sich an diesen Stellen zahlreiche Buhnen, oder es ist dort eine Einbuchtung der Küste vorhanden. Würden die Seegatten wandern, würden auch die im Angriff liegenden Stellen wandern, und man wäre gezwungen, hier entweder auch Buhnen anzulegen oder Land aufzugeben.

Ich habe an drei Beispielen nachzuweisen versucht, daß die Gestaltung der Seegatten auf die Höhenlage des Wats vor den Deichen und damit auf die Kosten für deren Unterhaltung von großem Einfluß ist.

1801 bis 1802 war das Land westlich vom Strohdamm bei Karolinensiel im Anwuchs,

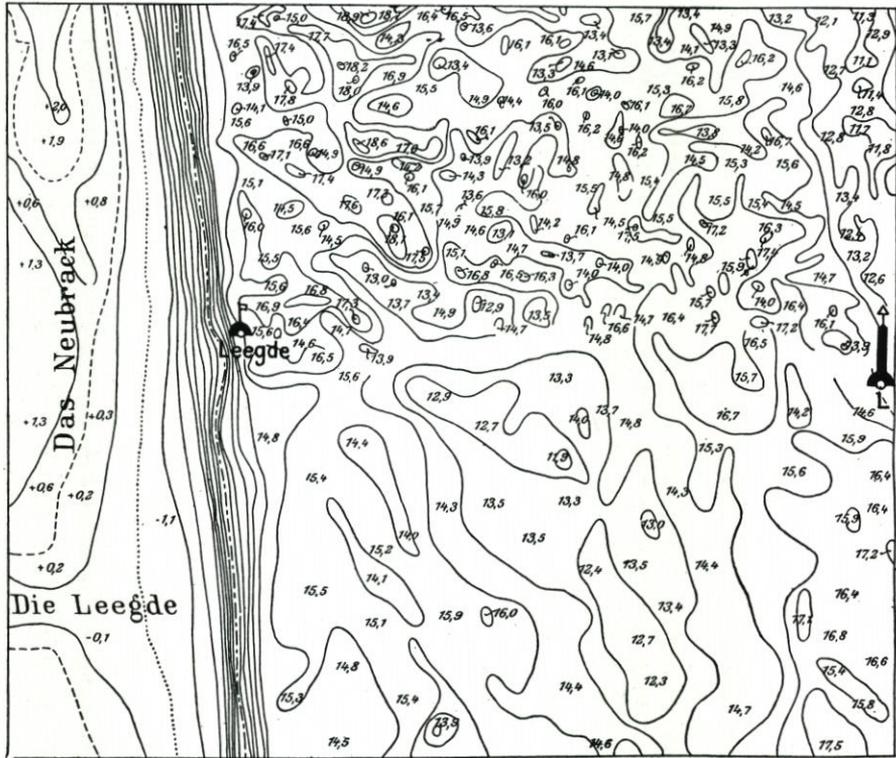


Abb. 13. Teil der Old-Oog-Rinne 1908.

denn es wurde derzeit der Jheringsgroden eingedeicht (s. Bl. 1 u. 2 Außenjade). 1827 war der Außengroden schon so stark abgebrochen, daß der Deich im Westen brach. 1832 bis 1833 wurde der westliche Teil des Grodens aufgegeben und der Flügeldeich hergestellt. Diese Veränderung wird mit einer Verlegung der Otzumer Balje zusammengehangen haben. Der Westen Spiekeroogs brach ab, der Osten nahm zu. Die Balje auf dem Oststrande begann sich zu schließen. Die Wasserscheide rückte nach Osten und zog die Otzumer Balje nach sich, so daß Wellen und Strom andere Teile der Küste trafen und das Land zum Abbruch kam. Um den Rest des Deiches halten zu können, stellten die Besitzer um 1880 an der auf Bl. 1 u. 2 bezeichneten Stelle einen Strohdamm her, der auch wieder vor dem Deich des Jheringsgrodens Anwuchs erzeugte, dessen Unterhaltung sie aber nach Erzielung eines genügenden Vorlandes aufgaben, da der Anwuchs nicht ihnen, sondern dem Staate zufällt. Die Wasserscheide zwischen Otzumer Balje und Harle geht jetzt gerade auf das Karolinensieler Außentief zu (Bl. 3). Das Außentief war deswegen der Gefahr der Versandung ausgesetzt und mußte durch den Leitdamm geschützt werden, wollte man nicht die ganze Entwässerung nach Neuharlingersiel verlegen, was jedenfalls sehr teuer gewesen wäre. Würde die Wasserscheide noch weiter nach Osten wandern, was eintreten würde, wenn Spiekeroog und Wangeroog weiter nach Osten wanderten, würde das Tief durch eine weitere Verlängerung des Leitdammes zu schützen sein.

Wirkung der Verlegung der Harle im 17. Jahrhundert. An einer Stelle der Akten über die Grenzverhandlung zwischen Ostfriesland und Oldenburg von 1667

wird bei den Erwägungen über die Wahl der Grenzlinie die Veränderung besprochen, die die Harle in den letzten Jahren vor 1664 gehabt hat. Es heißt daselbst: „Vor 40 Jahren war die Harle auf Abbruch von Spiekeroog gerichtet, jetzt auf Abbruch von Wangeroog, und das Seewasser habe sehr große Kraft auf Schillig zu, so daß die Jeverische Küste gefährdet sei.“ Dadurch wird eine ähnliche Stromverlegung angedeutet sein, wie sie in der Zeit von 1845 bis 1908 in der Harle zu erkennen ist.

Durch diese Verlegung des Seegatts änderten sich die Strom- und Wellenverhältnisse im Watt zwischen Wangeroog und dem Festlande; Wellen und Strom waren mehr auf die Küste östlich der Harlebucht gerichtet. Die Wellen lockerten den Boden und der von der Jeverischen Küste nach Osten abgelenkte Flutstrom führte den aufgelockerten Boden ab, während die Harlebucht, die vielleicht vorher gleichfalls durch die Wanderung der Harle und den dadurch verstärkten Angriff der Wellen entstanden war, weniger vom Wellenangriff getroffen wurde und anwachsen konnte. So entstand das Bild, daß gleichzeitig in der Harlebucht starker Anwuchs und östlich von ihr Abbruch war.⁶⁾

Wattabbruch bei Schillig in den letzten Jahren. Ähnliche Wirkungen der Veränderung der Blauen Balje wird man als Ursache dafür annehmen können, daß das Watt nördlich und nordwestlich von Schillig in den letzten Jahren zeitweise zu-, zeitweise abgenommen hat.

In den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts lag das Watt bei Schillig niedriger als jetzt und war auch im Abbruch. 1882 wurde der Leuchtturm, der bis dahin außendeichs auf der in Blatt 1 u. 2 bezeichneten Stelle auf dem Rest eines alten Deiches gestanden hatte, nach innen verlegt, weil der alte Deichrest nicht mehr gehalten werden konnte. Derzeit war es bei Hochwasser an der Steinböschung des Deiches beim Leuchtturm so tief, daß man dort baden konnte, und die Küstenfahrer fuhren dicht unter Land längs. Dann wuchs das Watt wieder an, so daß es 1903 nur rund 0,5 m unter der Oberkante der Steinböschung lag. Die Wattfahrt ging viel weiter nördlich. Jetzt hat das Watt wieder um 1 m abgenommen, und die weniger tiefgehenden Schiffe fahren wieder dicht unter Land längs an der in Blatt 1 u. 2 Außenjade rot bezeichneten Stelle.

Ursache der Veränderung bei Schillig. Die Veränderungen erkläre ich mir folgendermaßen. Bis Mitte der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts ragte Minsener-Old-Oog weit nach Norden vor und fing trichterförmig den Flutstrom auf. Es ging daher über das Neubrack ein Flutstrom hinüber, der an der ganzen Jadekante des Neubracks imstande war, den durch die Brandung von Minsener-Old-Oog herumgetriebenen Sand wieder in die Jade zu treiben, so daß die Minsener Balje mit der Jade durch eine Legde verbunden war, die nicht trocken lief, und daß auch noch bei Schillig das Watt im Abbruch war. Die Legde war damals westlich der Stelle, wo jetzt die Legdetonne liegt.

Um die Mitte der achtziger Jahre wich der Norden von Minsener-Old-Oog nach Süden zurück. Minsener-Old-Oog wirkte nicht mehr so stark trichterförmig, so daß der Flutstrom über das Neubrack abnahm. Zunächst blieb noch die alte Minsener Balje und deren Legde erhalten, während das Watt bei Schillig zunahm. Zwischen 1893 und 1900 wurde die alte Minsener Balje in ihrer Mündung geschlossen, da das vorliegende Watt so schmal wurde, daß der Sand von der See herübergeschlagen wurde; sie bekam zwar einen Ausweg nach Norden, der sich verschiedentlich verlegt und sich in der Old-Oog-Balje bis jetzt erhalten hat. Sie hatte aber keine Kraft mehr, so daß die Sandmassen, die von der immer mehr nach Süden

⁶⁾ Sieh TENGE, Jeverischer Deichband, Blatt 7, und die danach angefertigte Darstellung auf Blatt 1 u. 2 Außenjade.

zurückgedrängten Strandinsel von Minsener-Old-Oog herumgetrieben wurden, die alte Legde vollständig schlossen und nur noch die heutige Legde, deren tiefste Stelle 1,4 m über Niedrigwasser liegt, südlich davon überließen. Der Flutstrom, der aus der Blauen Balje immer noch, wenn auch mit nur geringer Geschwindigkeit in die Jade hinübersetzt, wird deshalb auf Schillig zugedrängt und ist imstande, hier den von den Jadewellen aufgelockerten Sand abzuführen, während allem Anschein nach die jetzige Legde noch höher wird. – Wäre die alte Minsener Balje nicht infolge Zurückweichens von Minsener-Old-Oog zugeschlagen, so hätte sich die alte Legde offen halten können, und diese wäre imstande gewesen, den Flutstrom aufzunehmen, der jetzt auf Schillig gedrängt wird.

Vergleich der ostfriesischen Küste und der Küste zwischen Jade und Eider. Zusammenfassend sei eine Übersicht über die Gestaltung des südlichen Teiles der deutschen Nordseeküste gegeben.

Geologisch gehört die Küste von Texel bis St. Peter auf Eiderstedt dem Alluvium an; die Küste weiter nördlich hat zahlreiche Punkte älterer Formation, die scheinbar auch die Küstengestaltung beeinflussen. Der Meeresboden besteht hier meist aus braunem Sand und nur dicht an der Küste aus grauem Sand, während vor der ostfriesischen Küste grauer, vom Schlick gefärbter Sand vorherrscht. Es zieht sich auch von Helgoland nach St. Peter ein hoher Rücken durch, dessen tiefste Stelle nur 15 m unter Niedrigwasser liegt, der aber mit einzelnen diluvialen Höhen, z. B. der Loreleybank und dem Steingrund bis 9 m unter Niedrigwasser aufragt. Dieser Rücken scheint eine Scheide im Verlauf der Flutwelle zu erzeugen.

Die Küste von Texel bis nach Holstein südlich von dem Rücken zeigt nun, trotzdem sie fast ganz in ihren küstenbildenden Schichten dem Alluvium angehört, in dem Teil von Texel bis Wangeroog ganz andere Gestaltung als in dem Teil von Wangeroog bis St. Peter. Der erstere Teil kann als Inselküste bezeichnet werden, der letztere als Wattzungenküste. Der Unterschied ist begründet durch die verschiedene Lage zur Hauptwindrichtung und besonders zum Gezeitenstrom.

Beim westlichen Teil ist die Windrichtung und der Gezeitenstrom parallel zur Küste. Die Wellen werfen den Strandwall der Düneninseln parallel zur Küste auf; dessen Entfernung von den Tiefenlinien der See ist durch Tiefenwirkung der Wellen bedingt. Der Strandwall würde geschlossen sein, wenn nicht der Tidenhub wäre.

Infolge des Tidenhubes wird die Fläche hinter dem Strandwall in jeder Tide gefüllt und geleert; der dabei entstehende Strom reißt einzelne Rinnen in den Strandwall, die kleineren schließen sich bei schwachen Tiden. Es bleiben die großen, die Seegatten, die bei gewöhnlichen Tiden den ganzen Strom aufnehmen. Sie häufen auf ihren beiden Seiten am Ost- und Westende der Inseln den Sand verstärkt an; es bilden sich hier Hügel, die viel Muscheln enthalten, einzeln bewachsen sind und Dünen bilden. Auf dem trockenen Teil des Strandwalles entstehen Dünen. Sturmfluten verhindern aber zu lange Ausdehnung der Dünen und lassen im Osten und Westen der Inseln die Sandplatten entstehen. Wenn der Tidenhub kleiner ist, wie südlich Texel, kann sich eine geschlossene Dünenkette halten, wenn auch manchmal nur infolge menschlicher Nachhilfe. Die in jeder Tide überströmte Fläche hinter den Inseln ist Watt, dessen Breite infolge der Wellenwirkung im allgemeinen im Beharrungszustand ist, wenn nicht Menschenkraft eingreift. Durch die Seegatten wird der Wandersand immer wieder nach See zu geworfen.

Der fast senkrecht zur Küste laufende Ebbestrom der Seegatten wird aber bald außerhalb des Strandes von der größeren Bewegungskraft des Hauptgezeitenstromes abgelenkt, so daß der Sand nicht allzuweit vorgetrieben werden kann und bald von den Wellen und vom Flutstrom auf die Mitte der Inseln zurückgeworfen wird. Immerhin treiben die Seegatten doch den Sand so weit vor, daß auch mitten vor den Inseln der Vorstrand – diesmal bis zur 16-m-Linie gerechnet –

etwa dreimal so breit ist als der insellose Vorstrand der Küste südlich von Texel und der Vorstrand vor der langen Insel Sylt, was wieder einen Schutz für die Küste bedeutet.

Nordöstlich Minseroog werden die Wandersände durch den starken Jadestrom und weiterhin durch den Weserstrom als Platen nach Nordosten weitergeschoben. Beim Zusammenfluß des Ebbestromes der Jade und der Weser ist ein stromschwaches Gebiet, in dem sich die vom Ebbestrom mitgeführten Sandmengen ablagern können, es ist dies die Mellumplate. Von Nordnordwest setzt der Flutstrom auf beiden Seiten der Wasserscheide zwischen Jade und Weser auf diese Plate zu und schiebt im Verein mit den Wellen die Sandmengen, die von den Wandersänden abgegeben werden, landwärts, die dann zwischen den beiden Strömen parallel zur Küste einen Strandwall, die Strandinsel Mellum, bilden. In deren Schutz hält sich geteilt wie eine Rieselwiese mit Rückenbau das Watt des Hohenweges, dessen Haupt- und Nebenwasserscheiden mit den Hauptstengeln und Nebestengeln eines Fliederblattes verglichen werden können. Die Hauptachse der Wattzunge zwischen Jade und Weser, das ist von Mellum und Hoheweg, ist parallel zu den beiden Hauptstromrichtungen. Die große Länge der Wattzunge kommt daher, daß der Hauptzeitenstrom die Sandmengen nördlich der Strandinsel Mellum nicht parallel zur Küste ablenkt, wie vor der Inselküste außerhalb der Seegatten, sondern die Ablagerung in einer dreieckigen Spitze gestattet, an deren Basis der Strandwall entsteht, und daß auf beiden Seiten des Strandwalles die großen Ströme, die Jade und Weser, die von See kommenden großen Wellen über die Linie des Strandwalles nach Land zu eindringen und wirken lassen. Die über den Gleichgewichtszustand durch Flut und Wellen zugeführten Sandmengen werden durch den Ebbestrom wieder seewärts geführt.

Nach der Darstellung der Seekarten wird die Gestaltung der Küste zwischen der Weser und Elbe und zwischen der Elbe und Eider der Gestaltung von Mellum und Hoheweg in vielen Punkten ähneln. Das Watt ist durch große Rinnen in Wattzungen geteilt, an deren See-Ende vielfach Strandinseln liegen oder gelegen haben. Zwischen Weser und Elbe sind es an Strandinseln: Tegeler Plate, Ewersand, Knechtsand, Scharhörn, und an Rinnen: die Tegeler Rinne, die Robins-Balje und der Till, zwischen Elbe und Eider sind es die Strand- bzw. Düneninseln, Buschsand und Blauortsand und an Rinnen die Norder Elbe, Falsche Tief, Süder Piep mit dem Flackstrom, Norder Piep, Dove Fief Faden und die Eider. Annähernd hat sowohl der Ebbestrom wie der Flutstrom die Richtung der Rinnen, nur daß überall der Flutstrom mehr nach Osten, der Ebbestrom mehr nach Norden setzt, die Strömungen sich also der allgemeinen Küstenströmung entsprechend überkreuzen. Zwischen den Rinnen bilden sich weit nach See zu vorspringende Unterwasserplatten, die auf der Süd- bzw. Südwestseite flach ansteigen, auf der Nordost- bzw. Nordseite steil abfallen, ein Zeichen, daß sie nach dieser Seite wandern. Damit wandern auch die Rinnen.

Der Ursprung dieser Rinnen ist ein anderer wie der der Jade, Weser und Elbe. Die Jade ist die Verbindung der See mit dem auf geheimnisvolle Weise im Mittelalter entstandenen Jadebusen; Weser und Elbe sind der Mündungstrichter großer Inlandströme. Die Rinnen sind aber im Grunde genommen dasselbe wie die Seegatten, wenngleich sie infolge ihrer anderen Lage zum Gezeitenstrom ganz anderes Aussehen haben. Sie sind die Durchbrechungen des Strandwalles und vermitteln das Füllen und Leeren des Watts, nur daß der Strandwall weiter vom Lande entfernt ist, da die trennenden Platen sich weit nach See zu erstrecken und daher den Strandwall mehr nach See zu sich bilden lassen. Weil das Watt breiter ist, sind auch die Rinnen breiter, und deswegen kann auch die See stärker auf das Watt hinauflaufen und damit erst in großer Entfernung vom Strandwall Landbildung zulassen. Da die Watten breiter sind, sind die Strandwälle fast nur Strandinseln, denn sie werden bei Sturmfluten zu stark überströmt. Nur Trischen ist seit etwa 60 Jahren eine Düneninsel geworden und jetzt etwa so groß wie Wangeroog.

Die Dünen- und Grodenbildung auf Trischen wird auf eine unbekannte oder unbeachtete Veränderung der Rinnen zurückzuführen sein, ebenso wie es unbekannt ist, welche Kräfte gerade in den letzten 30 Jahren auf Mellum die kleine Düneninsel haben entstehen lassen.

Da die Rinnen zwischen Weser und Eider viel größer sind als die Seegatten, sind ihre Veränderungen auch viel einschneidender als die der Seegatten, wengleich sie viel langsamer vor sich gehen. Die Veränderungen der holsteinischen Küste sind daher auch viel größer als die der ostfriesischen Küste.

In den letzten vier Jahrhunderten ist hier allerdings fast nur Land gewonnen, verloren nur dem Festland vorgelagerte Inseln in kleinerem Umfange. Die zusammenhängende Fläche Kronprinzenkoog, Friedrichskoog und Kaiserwilhelmkoog mit den zugehörigen Sommerkoogen, die in der Zeit von 1786 bis 1900 eingedeicht sind, beträgt 69 qkm, das ist zwei Drittel der Fläche Budjadingens nördlich der Linie Eckwarderhörne-Blexen. An der holsteinischen Küste vorbei findet eben die Sandwanderung nicht in dem Maße statt wie an der ostfriesischen Küste; ein Teil des zuwandernden Sandes bleibt liegen. Trotzdem scheint im Mittelalter nach den Berichten der Chroniken auch hier großer Landverlust eingetreten zu sein.

Bei dem großen Unterschied der natürlichen Verhältnisse der ostfriesischen Küste und der holsteinischen Küste kann man nicht aus dem ohne menschliches Zutun entstandenen Landanwuchs an der holsteinischen Küste darauf schließen, daß auch an der ostfriesischen Küste Menschenhilfe bei der Festhaltung der Inseln für den Landschutz ohne Wert ist, wie Fälscher es tut.

Bitte um Beiträge zu den vorstehenden Erörterungen. Die vorstehenden Ausführungen bedürfen noch in vielen Teilen der Ergänzung, wengleich ich sie eingehend mit meinen Arbeitskollegen, besonders mit dem Marine-Baumeister HERMEKING, dem Ingenieur BECKER, dem Steuermann WEHEN und dem Wérftthilfstechniker v. VAREL, sowie auch mit Herrn Rektor H. SCHÜTTE aus Oldenburg, durchgesprochen habe.

Erwünscht wäre eingehendere Kenntnis von dem früheren Zustand der Küste Ostfrieslands, der Inseln und der Watten, von den Strömungen in der Nordsee und an den Inseln und von der Wirkung der Wellen und der Strömung auf den Meeresboden.

Ergänzende Anmerkungen zu KRÜGERS Aufsatz „Meer und Küste bei Wangeroog und die Kräfte, die auf ihre Gestaltung einwirken“

(von Dipl.-Ing. SIEGFRIED VON LILIENFELD-TOAL, Wilhelmshaven)

Dr. h. c. WILHELM KRÜGER ist im ersten Drittel dieses Jahrhunderts eine der herausragenden Persönlichkeiten des Jadesraumes. In 35 Jahren aktiver Arbeit im Hafen- und Strombauressort der Kaiserlichen Werft in Wilhelmshaven hat sich KRÜGER als Wasserbauer, Naturforscher, Wissenschaftler und nicht zuletzt als Heimatforscher einen Namen gemacht. Niederschlag fand dies in der Benennung zweier in Lübeck gebauter Saugbagger auf die Namen „Dr. h. c. W. Krüger“ i. J. 1939 (kurze Zeit danach umbenannt in „Geheimrat Göker“) sowie „Hafenbaudirektor Dr. h. c. Krüger“ i. J. 1942, später umbenannt in „Wilhelm Krüger“. Letzterer arbeitet bis heute für die Kanalbauverwaltung in Brunsbüttel (heute WSA Brunsbüttel), seit 1982 im Unternehmereinsatz. In Wilhelmshaven wurde gleich nach dem 2. Weltkrieg eine Straße auf den Namen „Wilhelm-Krüger-Straße“ umbenannt und i. J. 1984 eine seitens des Wasser- und Schifffahrtsamtes Wilhelmshaven fertiggestellte 5. Schwimmbrücke im Vorhafen der Seeschleuse von Wilhelmshaven auf den Namen „Wilhelm-Krüger-Brücke“ getauft.

Die hier vorliegende frühe Arbeit von KRÜGER macht in Ansätzen deutlich, warum

KRÜGER für die Region so bedeutende Arbeit geleistet hat. Der systematische Aufbau mit Begriffsbestimmungen, die formale Auswertung von vorliegenden Karten, Wasserständen und Witterungseinflüssen unter Einbeziehung der gesamten ostfriesischen Inselkette sowie die selbst entwickelten Betrachtungen zu den Naturvorgängen unter Einbeziehung der erdgeschichtlichen Entwicklung lassen deutlich werden, mit welcher Sorgfalt KRÜGER versucht hat, die Naturvorgänge an der ostfriesischen Küste aufzudecken und für das offenzuhaltende Fahrwasser nach Wilhelmshaven nutzbar zu machen. Natürlich stehen bei diesen Betrachtungen die Insel Wangerooge und das Watt von Minsener-Old-Oog im Vordergrund aller Überlegungen, weil die sich gen Osten ablösenden Sandplatten bei Durchwanderung des Fahrwassers für die im Aufbau befindliche Marine Probleme bringen, die an einer stabilen Fahrrinne mit Wassertiefen von 10 m interessiert ist.

KRÜGER erkennt, daß es nicht genügt, die Vorgänge in Modellversuchen nachzuvollziehen, sondern daß Naturbeobachtungen, damals weitestgehend noch ohne den Einsatz umfassender technischer Mittel, wichtigste Grundlage für die Beurteilung von Naturvorgängen sein müssen. Bezeichnend hierzu ist seine Äußerung unter der Überschrift ‚Ursache der Wanderung, 1. Die Wellenwirkung auf den Strand‘: *„ . . . Bei Nordwest, Stärke 6, und Flut habe ich zwischen Brandung und Ufer in 60 cm tiefem Wasser eine geradezu reißende Strömung an dem Ufer entlang nach Osten beobachtet. Es war mir nicht möglich, mich knieend darin zu halten; ich wurde fortgetrieben. Etwa 100 m vom Ufer war gleichfalls sehr starke Strömung nach Osten. Weiter hinaus habe ich mich nicht begeben . . . “*

KRÜGER legt Grundlagen für die auch heute noch vertretene Auffassung, daß die ostfriesischen Inseln nicht Rest einer Nehrung, sondern aus Wind und Wasserströmungen entstandene Neubildungen sind. Er erkennt die Riffwanderungen vor den Seegatten der Inseln und die Ursachen für die Lage-Veränderung der Inseln mit ihren sich verändernden Sandbilanzen. Demzufolge leitet KRÜGER auch die baulichen Maßnahmen, die in den Jahren von 1909 bis 1936 zur Festlegung der Strandinsel „Minsener-Old-Oog“ (heute „Insel Minsener Oog“) durch ein Buhnsystem führen. Verbunden mit Baggerungen gelingt es, ein durchgehend lagestabiles Fahrwasser herzustellen. An der Konzeption und dem Bau der zahlreichen Buhnen auf Wangerooge, von denen heute 23 Stück unterhalten werden, hat KRÜGER wesentlichen Anteil. Die Sandfangmaßnahmen zur Entstehung der Ostdünen auf Wangerooge hat er maßgeblich weitergeführt.

WILHELM KRÜGER wurde am 15. Februar 1871 in Oldenburg geboren. Er besuchte das Gymnasium in Oldenburg und studierte an den Hochschulen Hannover und Berlin-Charlottenburg. Im Jahre 1895 legte er das Staatsexamen ab und begann seine berufliche Laufbahn 1896 bei der Direktion der Großherzoglichen Eisenbahnen in Oldenburg. KRÜGER wechselte zur Kaiserlichen Marinewerft in Wilhelmshaven, wo er ein Jahr später Hafenbaumeister wurde.

Sein Auftrag bestand in der Verbesserung des Jade-Fahrwassers, für die er seine Denkschrift erstellte. Zu vorbereitenden Studien fuhr er in den Jahren 1905 und 1906 nach Dresden und Berlin, um Erfahrungen im wasserbaulichen Versuchswesen zu erwerben. Er errichtete ein Jahr später ein erstes wasserbauliches Versuchslaboratorium in Wilhelmshaven (westlich des Geländes der Neuen Jade-Werft am Strombauhafen/Kanalhafen gelegen), das 1926 durch Bau einer zweiten Anlage erheblich erweitert und modernisiert wurde. Wir wissen aus einem Versuchsbericht vom März 1928, daß sich KRÜGER im Modell beispielsweise mit der Frage auseinandersetzte, wie hoch die Buhne B auf Minsener Oog aufgebaut und wie der Kopf der Buhne B ausgestaltet werden müsse, damit die Kraft des Stromes bei halber Tide einen Wert erreichte, der den Strom befähigte, Sandablagerungen in der Fahrrinne zu verhindern.

In seiner Arbeit, die viele Impulse für die Küstenforschung brachte, hat KRÜGER den

Kontakt zu dem oldenburgischen Schulrektor HEINRICH SCHÜTTE gesucht, der sich als Autodidakt der Erforschung von Wurtten, Deichen und Watten widmete. KRÜGER unterstützte SCHÜTTE bei seinen Bodenaufschlüssen durch Bereitstellung von Marine-Gerät. Dieser machte sich vor allem einen Namen durch Feststellungen zur Küstensenkung, die er an den Oberahneschen Feldern im Jadebusen zu ca. 23 cm pro Jahrhundert konstatierte. KRÜGER schloß sich seinen Theorien an.

Die Universität Frankfurt a. M. verlieh KRÜGER am 07. 01. 1926 aufgrund hervorragender Forschungsarbeit die Ehrendoktorwürde. Er suchte weiter Verbindung zu Wissenschaftlern, um eigenen Fragestellungen näher zu kommen. Er initiierte ein 1928–1931 durchgeführtes Küstennivellement zur Erforschung der Küstensenkung und wirkte mit bei der Gründung des Heimat-, Natur- und Vogelschutzvereins Wilhelmshaven-Rüstringen (1924), des Mellumrates (1925) und des Forschungsinstituts Senckenberg am Meer (1928).

Durch WILHELM KRÜGER fanden Heimatforschung, Geologie und der Wasserbau zueinander. Dies wurde auf einer ersten Tagung der Arbeitsgemeinschaft der nordwestdeutschen Geologen i. J. 1927 in Vechta deutlich, auf der KRÜGER durch seinen Vortrag über die „Wichtigkeit der geologischen Erforschung der Nordsee“ maßgebende Impulse gab. Vielen Lesern wird bekannt sein, daß diese Arbeitsgemeinschaft in lockerer Organisationsform bis zum heutigen Tage besteht.

Neben dem hier vorgestellten Werk hat KRÜGER u. a. bedeutende Veröffentlichungen verfaßt:

„Die Jade, das Fahrwasser Wilhelmshavens, ihre Entstehung und ihr Zustand“ (im Jahresbericht der Hafentechnischen Gesellschaft. – Hamburg 1921),

„Die heutige Insel Wangeroog, ein Ergebnis des Seebaues“ (in: Wangeroog, wie es wurde, war und ist, Franz Leuwer – Bremen 1929),

„Riffwanderung vor Wangeroog“ (in: Abh. Nat. Ver. Bremen Bd. 30, H. 1/2. – Bremen, 1937),

„Die Entwicklung der Harlebucht und ihr Einfluß auf die Außenjade“ (Jahrb. der Hafentechn. Ges., 16. Band. – Berlin, 1937/1938).

Im Jahr 1936 wurde Marine-Hafenbaudirektor Dr. h. c. WILHELM KRÜGER in den Ruhestand versetzt. Danach blieb er bis zu seinem Ableben am 29. Februar 1940 seinem Beruf eng verbunden, was auch seine Veröffentlichungen beweisen. Er starb in Wilhelmshaven und wurde in Bad Zwischenahn beigesetzt. Seine Urne wurde 1961 auf den Ehrenfriedhof Wilhelmshaven überführt. Der dort aufgestellte Gedenkstein trägt folgende Inschrift:

„Die letzte Ruhestätte fand hier in heimatlicher Erde Marinehafenbaudirektor Dr. h. c. WILHELM KRÜGER, geb. am 15. 02. 1871, gest. am 29. 09. 1940, mit seiner Lebensgefährtin ANNA KRÜGER, geb. Piesbergen, geb. am 08. 08. 1879, gest. am 24. 04. 1951. Der Nordseeküste, ihrem Werden und ihrer Geschichte, ihrer Landschaft und ihren Menschen galt sein Schaffen. Ringend um die Gesetze von Land und Meer, Sonne und Wind, Wirken und Wesen der Gezeiten war er der strebenden Jugend Vater, Lehrer und Freund, blieb er Dienender immer, so Schüler und Meister zugleich. Sein ganzes reiches Leben war Arbeit für die Heimat. – Dem Freund und Menschen, dem rastlos tätigen Sucher und Forscher schulden seine Mitbürger Dank. – Selig sind die Toten, die in dem Herrn sterben von nun an. Ja, der Geist spricht, daß sie ruhen von ihrer Arbeit, denn ihre Werke folgen ihnen nach.“