Die Küste

ARCHIV
FUR FORSCHUNG UND TECHNIK
AN DER NORD= UND OSTSEE

FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY
ON THE NORTH SEA AND BALTIC COAST



3950-A-2012-00000047



ARCHIV FUR FORSCHUNG UND TECHNIK AN DER NORD= UND OSTSEE

ARCHIVE
FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY
ON THE NORTH SEA AND BALTIC COAST

HERAUSGEBER: KURATORIUM FÜR FORSCHUNG IM KÜSTENINGENIEURWESEN

Heft 51 - 1991

DRUCK UND KOMMISSIONSVERLAG:
WESTHOLSTEINISCHE VERLAGSANSTALT BOYENS & CO. HEIDE I. HOLST.

ISSN 0452-7739 ISBN 3-8042-0490-2

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	
VAN RONZELEN, JACOB JOHANN: Beschreibung des Baues des Bremer Leuchtthurmes an der Stelle der Bremerbaake in der Wesermündung (Bremerhaven, auszugsweiser Nachdruck von 1857 mit ergänzenden Anmerkungen von DiplIng. Heinz-Jürgen Pohl)	1
Franzius, Ludwig: Die Korrektion der Unterweser (Bremen, Nachdruck von 1888 mit ergänzenden Anmerkungen von DiplIng. Jan Dirksen)	39
HAGEN, GOTTHILF: Über die Fluth- und Boden-Verhältnisse des Preußischen Jade-Gebietes (Auszug aus dem Monatsbericht der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1856)	75
Lentz, Hugo: Zwei Gutachten "das Fahrwasser der Jade betreffend" (1899 und 1903 mit ergänzenden Anmerkungen von DrIng. Günter Luck)	83
Krüger, Wilhelm: Meer und Küste bei Wangeroog und die Kräfte, die auf ihre Gestaltung einwirken (Nachdruck aus "Zeitschrift für Bauwesen", Jg. 1911, Berlin, mit ergänzenden Anmerkungen von DiplIng. Siegfried Lilienfeld-Toal)	107
POPPEN, HARM: Die Sandbänke an der Küste der Deutschen Bucht der Nordsee (auszugsweiser Nachdruck aus "Annalen der Hydrographie", 1912, H. VI)	145

Vorwort

In einem ersten Sonderheft der Küste über historische Beiträge aus dem Küsteningenieurwesen (Heft 46, 1988) wurden acht Arbeiten aus der Unterelbe und ihrem Mündungsgebiet nachgedruckt. Im vorliegenden zweiten Sonderheft folgen sechs bedeutsame Beiträge aus dem Gebiet der Unter- und Außenweser sowie aus dem Jadebereich.

Der Rückblick soll aufzeigen, welche Kenntnisse und Erfahrungen bereits frühere Generationen von Wasserbauern an der Küste besaßen, welche Wagnisse sie bei großartigen Bauvorhaben eingingen und damit den Ausbau von Häfen und Wasserstraßen sowie den Küstenschutz sicherten und welche Aufmerksamkeit sie schon damals über die rein technischen Fragen hinaus den beherrschenden Naturgewalten an der Küste widmeten.

Die Außen- und Unterweser wird durch Aufsätze zweier bekannter Wasserbauer angesprochen:

JACOB JOHANN VAN RONZELEN (geb. 1800, gest. 1865) Baurat und Hafenbaudirektor in Bremerhaven

Ludwig Franzius (geb. 1823, gest. 1903) Oberbaudirektor in Bremen

J. J. v. Ronzelen war der Planer der ersten großen Hafenanlagen in Bremerhaven, nachdem Bremen 1827 das Kernstück der heutigen Stadt Bremerhaven von König Georg in Hannover erworben hatte. Er leitete durch die Planung und den Bau des Bremer Leuchtturms (Leuchtturm Hoheweg) 1856 eine ganz neue Entwicklung in der Kennzeichnung von Schifffahrtsstraßen ein. Erstmalig wurde ein massiver Leuchtturm im Seegebiet exponiert vor der deutschen Küste errichtet und damit eine Pionierleistung vollbracht.

Ludwig Franzius öffnete mit der Planung und Ausführung der ersten Korrektion der Unterweser der Weltschiffahrt den Weg zur Stadt Bremen. Die große Bedeutung der Korrektion der Unterweser und die von ihm begonnene Korrektion der Außenweser wurden in zahlreichen Veröffentlichungen gewürdigt. Ein für die damalige Zeit fast gigantisch anmutendes Projekt, für das es kein Beispiel auf der Welt gab, konnte Ludwig Franzius, gestützt durch den Mut und das Vertrauen der Bremer Kaufleute, erfolgreich vollenden.

Die Jade und die im Außenjadebereich angrenzende Insel Wangerooge werden durch drei namhafte Wasserbauer behandelt:

GOTTHILF HAGEN (geb. 1797, gest. 1884) Oberlandesbaudirektor und Wirklicher Geheimer Rat in Berlin

Hugo Lentz (geb. 1828, gest. 1903) Wasserbauinspektor in Cuxhaven

WILHELM KRÜGER (geb. 1871, gest. 1940) Marinehafenbaudirektor in Wilhelmshaven

GOTTHILF HAGEN studierte zunächst Rechte, Philosophie, Mathematik und Astronomie, wandte sich aber bald dem Baufach zu und legte 1822 unter Friedrich Schinkel seine Baumeisterprüfung ab. Damals hatte er sich schon Kenntnisse vom Jadegebiet angeeignet und sein Interesse dafür entwickelt. In die Akademie der Wissenschaften zu Berlin wurde er 1842 auf Veranlassung Alexander v. Humboldts berufen. Aus seinen dort gehaltenen Vorlesungen stammt auch der abgedruckte Vortrag über die Flut- und Bodenverhältnisse des Jadegebietes. Bekannt wurde HAGEN durch seine Planungen für einen großen preußischen Kriegshafen an

der Jade, der später Wilhelmshaven genannt wurde. Seine Planungsarbeiten bei der königlich preußischen Admiralität (1854 bis 56) wurden Grundlage für die anschließend ausgeführten Hafenbauten. HAGEN ist auch ständiger Berater des Bremer Senats bei der Weserkorrektion gewesen und hatte somit sicher engen Kontakt zu Ludwig Franzius. Letzterer war wiederum für den Jaderaum tätig, in dem er 1892 für die "Kaiserliche Werft" ein Gutachten zum Leitdammbau im Jadebusen anfertigte.

Hugo Lentz zählt für den Hamburger und Cuxhavener Raum zu den bekannten Wasserbauern. Er wurde als Gutachter zu der Verlandungserscheinung im Jadebusen und der damit zusammenhängenden Verschlechterungen des Fahrwassers vor Wilhelmshaven herangezogen. Seine in diesem Heft abgedruckten zwei Gutachten aus den Jahren 1899 und 1903 behandeln dieses Thema. Lentz hatte sich große Verdienste u. a. durch seine Gezeitenvorausberechnung (1879) erworben und wurde deshalb u. a. sowohl bei der Weserkorrektion als auch bei der Jade mit Gutachten betraut.

Nicht weniger bedeutend für Wilhelmshaven und die Jade war der von 1901 bis 1936 im Strombauressort bei der kaiserlichen Werft tätige Wilhelm Krüger. Von ihm wurde 1909 bis 1931 der Ausbau der Jade durchgeführt. Ihm gelang es insbesondere, durch Baggerungen für die Schiffahrt ein ausreichend tiefes und festliegendes Fahrwasser mit wenigen Wechselpunkten zu schaffen. Zusammen mit Heinrich Schütte (1863–1939) hat er sich außerdem intensiv interdisziplinärer Nordsee-Küstenforschung gewidmet. Dies zeigt sich auch in der in diesem Heft abgedruckten Veröffentlichung über Wangerooge. Dieser Insel galt sein besonderes Interesse. Zusammen mit Minsener Oog hat er Eckpfeiler zur Sicherung des Jadefahrwassers geschaffen. Seine Tätigkeit erstreckte sich auch auf das Seezeichenwesen. Unter seiner Leitung wurden die Leuchttürme Arngast und Voßlapp errichtet.

Einen Beitrag für die aufkommende Küstenforschung Anfang unseres Jahrhunderts lieferte Harm Poppen (geb. 1866, gest. ?) mit seiner Dissertation an der Universität Jena über "Die Sandbänke an der Küste der Deutschen Bucht der Nordsee". Zunächst war er bis 1908 als Lehrer in Wilhelmshaven tätig. Vielleicht hat er sich von Krüger und Schütte, die er mehrfach zitiert, anregen lassen, und mit 42 Jahren beim Studium der Philologie eine Dissertation über ein Nordseeküstenthema verfaßt. Anders als bei den o.a. bekannten Wasserbauern ist wenig über Poppen in Erfahrung zu bringen. Vielleicht war die abgedruckte Arbeit seine einzige, aber andere Forscher sicher anregende Veröffentlichung.

Es ist anzunehmen, daß in den Archiven noch weitere auch für den heutigen Leser wertvolle Arbeiten und Veröffentlichungen vorhanden sind. Es wird angeregt, weiter nachzuforschen, um auch diese Beiträge erneut bekannt machen zu können.

O. Franzius

BESCHREIBUNG DES BAUES

DES

BREMER LEUCHTTHURMES

AN DER

STELLE DER BREMERBAAKE IN DER WESERMÜNDUNG

VON

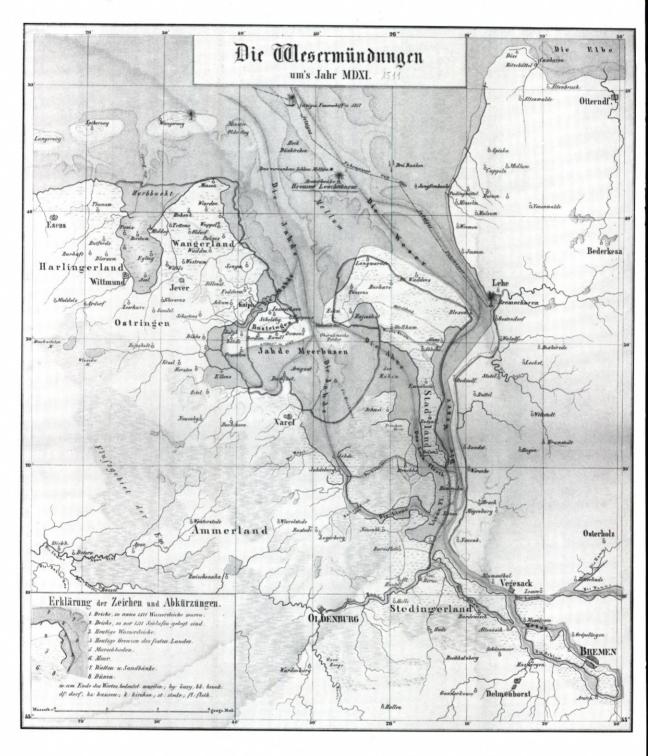
J. J. VAN RONZELEN

BAURATH UND HAFENBAUDIRECTOR ZU BREMERHAVEN.

BREMERHAVEN, IN COMMISSION BEI L. v. VANGEROW.

1857.





Vorwort.

a die Art des Baues dieses Leuchtthurmes und namentlich die Construction seines Fundaments von der gewöhnlichen Behandlung der Grundbauten gänzlich abweicht und also für sich isolirt dasteht, so habe ich ausser äusserer Anregungen geglaubt, es ins Besondere der praktisch-technischen Welt schuldig zu sein oder derselben einen Dienst damit zu erweisen, dieses Bauwerk sowohl in seinem Ganzen als in seinen einzelnen Theilen zu beschreiben.

Es kommt nämlich wohl nicht oft vor, dass dem Ingenieur ein, fast in See, wenigstens von der nächsten Küste noch zwei deutsche Meilen entfernt liegender Punkt als Bauplatz angewiesen wird, welcher aus einem reinen Treibsandlager besteht und sich nicht weniger als sechs Fuss unter der täglichen Fluthhöhe befindet. Ferner hoffe ich, wird diese Beschreibung nicht allein meine vorgesetzte Behörde, sondern auch das handeltreibende Publicum wie alle Bürger, welchen das

Wohl des Bremer Staats in seiner so raschen Entwickelung am Herzen liegt, interessiren. Namentlich wird die Kaufmannschaft es gewiss dankend anerkennen, dass Senat und Bürgerschaft im Vertrauen auf die gute Réussite des Werks, durch Erbauung dieses Leuchtthurmes wesentlich zur Sicherheit und zum Aufblühen der Schifffahrt beigetragen haben.

Gerne unterwerfe ich dieses Werkchen, zu meiner eigenen Belehrung, der technischen Kritik von Männern, die in der Wasserbaukunst durch selbständige eigene Praxis Erfahrungen erlangt haben.

Bremerhaven, im März 1857.

J. J. van Ronzelen,
Baurath und Hafenbaudirector.



ieses Werkchen zerfällt in 6 Abtheilungen. Sie enthalten:

- Die Gründe, welche Senat und Bürgerschaft bewogen haben, an der Stelle der Bremerbaake in der Wesermündung einen Leuchtthurm zu erbauen.
- 2) Die Beschreibung des Terrains, auch in historischer Beziehung.
- 3) Die Einrichtung des Bauplatzes und die Beschreibung des Baues.
- 4) Die störenden Einwirkungen auf den Grundbau, durch die schweren Seegänge und Brandungen bei stürmischem Wetter.
- 5) Die Art der Beleuchtung des Thurmes und ihre Wartung.*)
- 6) Hülfsleistung in der Aufnahme von Schiffbrüchigen im Thurm, so wie über die gefährliche Landung daselbst, nebst Vorschlägen zu deren Abhülfe.

^{*)} Abschn. 5 nicht nachgedruckt!

I. Abtheilung.

Die Gründe, welche Senat und Bürgerschaft bewogen baben, an der Bremerbaake in der Wesermündung einen Leuchttburm zu erbauen.

s war ein schon längst gefühltes Bedürfniss, an der Stelle der jetzigen Bremerbaake einen Leuchtthurm zu erbauen und zwar aus folgenden Gründen:

- 1) Ist es einleuchtend, dass sofort ein grosser Gewinn für die Schifffahrt darin liegen müsse, wenn man das bis jetzt nur für den Tag geltende Zeichen der Bremerbaake auch für die Nacht nutzbar und anwendbar machen konnte.
- 2) Kann das binnenste Leuchtschiff, welches in der Nähe der Bremerbaake seine Station hat, während der Nacht das Zeichen der Bremerbaake nicht vollständig ersetzen, indem nicht allein die Beleuchtung des Schiffes in den langen dunkeln Winternächten, zumal bei Schnee und Regen, als dem Lichte besonders störende Affecte, nicht so kräftig wirken kann, dass das Schiff immer sichtbar ist, sondern weil es bei eintretendem Eisgange, seine Station sogar zu verlassen gezwungen wird.
- 3) Eine Commission aus den erfahrensten bremischen Schiffscapitänen und Lootsen bei einer Untersuchung, welche am 6. Juli 1854 stattfand, erklärte, dass die Stelle der Bremerbaake in nautischer Beziehung eine durchaus geeignete sei zur Erbauung

- eines Leuchtthurmes, und ich meinerseits erklärte, dass das Terrain, obgleich dem Bau überaus ungünstig, dennoch in technischer Beziehung eben keine Unmöglichkeit darbiete, die nicht zu überwinden wäre.
- Es war Factum, dass die gehörige Unterhaltung eines Leuchtschiffes und dessen Bemannung überall eine mühsame Administration erfordert und jährlich bei weitem grössere Kosten in Anspruch nimmt als ein solider Leuchtthurm mit dessen geringer Besatzung, und dass also
- 5) dem Staate in zwiefacher Weise geholfen werden könne, einmal in Beziehung auf die Schifffahrt und ferner in Beziehung auf die verminderten Ausgaben der Staatshaushaltung.

II. Abtheilung.

Die Beschreibung des Gerrains, auch in historischer Beziehung.

as Terrain, auf welchem die Bremerbaake steht, ist ein Theil eines etwa 3¹/₂ □Meile grossen, sehr mächtigen und sehr flüssigen Treibsandlagers, welches unter dem Namen Mellum die Jahde von der Weser trennt. Diese Mellum ist von mehreren Baljen (Stromrillen) durchschnitten, wodurch Abtheilungen entstanden sind, welche eigene Namen angenom-

men haben und so trägt der Theil des Sandes bei der Bremerbaake den Namen Hoheweg. Vermuthlich war hier früher der höchste Rücken des mit Namen Mellum bezeichneten Sandes, den man jetzt an einem andern Theil desselben findet mit Namen Dünkirchen, etwa ½ deutsche Meile unterhalb der Bremerbaake.

Die Bremerbaake selbst befindet sich in der Richtungslinie, welche von der Jungfernbaake aus nach WNWest (siehe die Weserkarte vom Barsemeister J. Bosse, 1852, zu haben bei F. A. Dreyer in Bremen) gezogen wird, oder genauer noch auf 53° 42′ 51″ nördlicher Breite und 8° 14′ 52″ östlicher Länge von Greenwich.

Die ganze Mellum war in alten Zeiten vermuthlich ein grünes, etwas zu früh oder nur schwach eingedeichtes Land. An ihre Vergangenheit knüpfen sich interessante Erinnerungen, die ich hier glaubte eigens anführen zu müssen, weil sie sonst sicherlich in die Vergessenheit gerathen.

Mir wurde nämlich von Anbeginn meines Hierseins von älteren Schiffscapitänen wiederholt die Sage mitgetheilt,

«dass in der Nähe der Bremerbaake das Schloss Mellum gestanden habe», aber es konnte mir Niemand darüber Beweise und noch viel weniger Details beibringen.

Der Bau unsers Leuchthurms trieb mich nun zu ferneren Forschungen, aber lange Zeit hindurch waren dieselben vergeblich. Endlich gelang es mir ganz unverhofft, ein altes zerrissenes gedrucktes Bruchstück von einer armen Tagelöhnerfamilie in der Nähe von Fedderwarden und Langwarden zu bekommen. Dasselbe deckt Vieles auf. Ich sandte es nach Oldenburg an den Herrn Baurath Lasius mit der Bitte, da weder Titel noch Schluss daran zu sehen war, dasselbe in der Bibliothek gegen die Oldenburger Chroniken anzuhalten und zu vergleichen und ich erhielt es, von dem Herrn Archivar Dr. Leverkus geprüft, zurück mit der Erklärung, dasselbe sei:

«Ein historisch-theologisches Werk von Johann Friedrich Jansen, Diener des göttlichen Wortes zu Nyende in Jeverland, zu finden bei Joh. Andreas Grimm in Bremen und in Jever, 1722.»

Der Herr Pastor Jansen geht in diesem seinen Werk bis auf diejenige Vorzeit zurück, in welcher unsre Seeküste zu allererst bedeicht worden. Er theilt die Traditionen mit, welche die damalige Bevölkerung der Nachwelt überliefert haben und bezieht sich dabei auf alte Chroniker, als Hamelmann, Henning, Michaelis, Reusner, Winkelmann, Helmold und Emmius. Nach diesen Autoren erzählt er, dass gerade die erste bekannte Sturmfluth nach der ersten Bedeichung dieser Länder die vom Jahre 1066 gewesen ist, welche das Schloss Mellum vernichtete, das etwa eine deutsche Meile unterhalb Langwarden - die Spitze des jetzigen Budjadinger Landes - gelegen war.

Dieses Schloss befand sich — so steht geschrieben — auf einem Sande, einem Keile ähnlich, welcher die Weser von der Jahde trennt. (Siehe die anliegende Weserkarte von Anno 4544, welche mir durch die Güte des Herrn Baurath Lasius mitgetheilt ist.)

Von diesem Schloss sagt Jansen wörtlich das Folgende, indem er sich auf Hamelmann bezieht:

«Es ist dies Schloss von Walberto, Herzog Wigberti Sohn und Widekindi, des grossen Königs von Sachsen Kindeskind erbauet, und ist unter Grafen Huno, nachdem es an die 200 Jahre gestanden, durch die Kraft der Wellen verloren gegangen.» Er meint ferner, dass daran, «dass ein solches Schloss, Mellum genannt, gewesen»,

nicht gezweifelt werden könne, «wenn man eine geschriebene gewisse Schrift von

Henningius und Reusnerus lieset», worin es folgendermassen lautet:

«Johannes comes Oldenburgicus Henrico II. Imperatori contra Saracenos et Graecos in Italia Anno Christi 4007 et decennio post contra Polono militavit. Tenuit arces Mellum circa mare et Jadeleh, ad Jadam fluvium a Majoribus aedificatas, ex quibus Frisios ad Groningam usque domuit.»

Herr Archivar Dr. Leverkus in Oldenburg behauptet übrigens dennoch, dass für die ganze Geschichte vom Jahre 1066 keine einzige ächte historische Quelle aufzufinden sei und meint ferner, dass Dasjenige, was Herr Pastor Jansen hier erzählt, dieser wieder aus Handschriften von Laurentius Michaelis geschöpft habe, welchen Graf Johann XVI. von Oldenburg, der 1575 Jeverland von seiner Grosstante, Fräulein Marie ererbte, zur Auslieferung des Manuscriptes zwang.

Wie dem aber auch sei, so ist hiermit doch noch kein logischer Schluss ausgesprochen, dass eben Alles, was sich auf das Schloss Mellum bezieht, als Mährchen aufzunehmen wäre, da z. B. auch wiederum die Geschichte des Schlosses Mellum mit der des Schlosses Jadeleh eng zusammensteht. Man findet da ferner zugleich das Entstehen des in jetziger Zeit wegen der intendirten umfangreichen preussischen Hafenbauten so interessant gewordenen Jahdebusens in der Sturmfluth vom Jahre 1218 am 17. November beschrieben, und ich kann es bei dieser Gelegenheit, obwohl diese Sachen nicht zum Technischen des Thurmbaues gehören, nicht unterlassen sie anzuführen, damit die Zusammenstellung solcher interessanter Daten der Nachwelt erhalten bleiben mögen. Es heisst weiter in Jansen's Schrift:

«Zu dieser Zeit Anno 1218 ist der Jahdefluss zu der Grösse gediehen, dass da er vorhin nur ein kleiner Fluss war, nun zu einer grossen See geworden, nachdem nemlich so viel Land verschlungen und mit dem Meere bedecket ist. Es ist auch in dieser Fluth der sogenannte Schlicker-Siehl (der von dem Schlick [Limo] in der See, wie Winkelmann bezeuget, den Namen geführt hat), welcher mit starken kupfernen Thüren und von Graf Otto I. um's Jahr 970 gemacht worden, nicht weit von dem Ausflusse der Ahne gelegen (siehe die Weser- und Jahdekarte von Anno 1511), wie der Autor der geschriebenen Beschreibung von Rastedt anzeigt, eingebrochen und verloren gegangen.»

Es heisst daselbst ferner:

«Und wird man die Grösse des Unglückes in etwas besser erkennen, wenn ich die Beschreibung einer geschriebenen Chronique eines Autoris, dessen Name Laurentius Michaelis gewesen und unter Fräulein Marie, Regentin von Jeverland, gelebet, so in teutschen Reimen verfertigt worden, hierher setze. Die Verse sind, nach der damaligen Reimart gar elend und lauten sie, soviel zu unserm Vorhaben dienlich, also:

Wann einmahls kamm ein grosser Sturm Erwarff sich mit Wasser wie Gewürm An ihre feste Wasserteiche, Die sie gemachet vor der Sehe, Welche damahlen manchen theten wehe Sie müssen davor alle weichen, Uebergoss das Land wol überall Und litten grossen Niederfall An Allem in dem Lande. Da gedachte Gott vielleicht ob sie einmahl Ihnen vor den HEren kanden. Nun war in Rüsterland, ein grosser Seyl Mit kupfernen Thüren als ich sage in Eil Durch den Sturm und Wasser eingebrochen Nach Christi Geburth achtzehn Jahr zweihundert Und tausend, hat sich mancher verwundert Dass Gott es hette gerochen Ihre Sünde in Sothanen grossen Zorn Ertrunken Menschen, Vieh und Korn Dass erstlich durch diesen Schlickerseyl Rüsterland Durch ihre Sünde und Uebermuth einginck Wann sie ihre Nachbauern noch Gott achteten im Land Viel Menschen da vertranken bald Mit Vieh, Weib, Kind, Jung und Alt » u. s. w.

Wenn man hier nun gefunden hat, dass dieser Schlickersiehl am Ausflusse der Ahne, aber auch **zugleich** noch am Rüstingerlande gelegen gewesen ist, so geht daraus ohne Widerspruch hervor (siehe die anliegende Karte der Jahde und Weser von Anno 4544), dass derselbe sich mitten zwischen Heppens und Eckwarden muss befunden haben und also das Budjadingerland daselbst bis zu dieser Zeit geschlossen gewesen ist. Durch den Einbruch dieses Siehls und der umliegenden Deiche ist also der Jahdebusen wirklich entstanden.

Doch ich muss nun zum Schluss auf das Schloss Mellum zurückkommen. Ich glaube nämlich für meine Person, sogar die genaue Stelle, wo dasselbe gestanden, aufgefunden zu haben. Nicht allein stimmt dieselbe mit den Chronikern überein, sondern weil noch jetzt mit Augen die zu Tage geförderten Ueberreste eines grossen Gebäudes in der Weser zu schauen sind. Was können dieselben anders sein als die des Schlosses Mellum? — Ich fand nämlich selbst im Octobermonat des verflossenen Jahres bei der Absteckung der Richtung für das unten im Thurm ebenfalls für die Schifffahrt angebrachte einschneidende Licht, ein wenig unterhalb der Bremerbaake ganz in der Nähe der schwarzen M Tonne, eine Stelle, woselbst eine starke Brandung herüberstürzte.

Bei näherer Untersuchung fühlte ich deutlich mit dem Peilstock Bruchstücke von Mauerwerk. Der Steuermann des zweiten Leuchtschiffes, welches nicht weit von der M Tonne seine Station hatte, und welcher jetzt den Posten eines ersten Wächters auf dem Leuchtthurm bekleidet, sagt bestimmt aus, dass er von diesem Mauerwerk bereits Bruchstücke aufgefischt habe, welche aussahen wie reines Mauerwerk von Tufstein, und genau dasselbe Material ist, welches zu der Kirche von Blexen, die fast zu gleicher Zeit vom Bischoff Wilhardi um das Ende des achten Jahrhunderts erbaut ist, verwendet worden.

Eine während des Druckes dieses Werkchens vorgenommene Ausmessung ergab, dass das Fundament des Schlosses Mellum sich wirklich und zwar etwas westlich von der Linie der schwarzen Tonnen befindet. Sein Fuss liegt auf 5 Faden Wasser und misst daselbst einen Kreis von 200 Fuss im Durchmesser. Die Grundmauern dieses Schlosses sind von Felsen und steigen mit einem Talüd von 2:1 hinauf bis zu einer Höhe von nicht weniger als 23 Fuss, woselbst ein genau horizontales kreisrundes Plateau von 420 Fuss im Durchmesser gefunden ist. Dieses Plateau wird von nur 7 Fuss Wasser gedeckt zur Zeit des niedrigsten Ebbespiegels. Ich zweifle nicht daran, dass diese jetzt aufgefundene Steinmasse früher auf der Oberfläche des jetzigen Sandes, die später durch Wellenschlag und Sturmfluthen minirt ward und senkrecht versank, gestanden hat, da ich im vorigen Jahre bei dem Thurmbau selbst erfuhr, in wie kurzer Zeit das schnelle Ausschleifen des losen Treibsandes um das Fundament herum, einen sonst festen Bau in die grösste Gefahr bringen kann. Denkt man sich nun diese 23 Fuss hohe Steinmauer auf dem 5 Fuss über Ebbespiegel liegenden Sand, so gab diese gesammte Höhe von 28 Fuss genügende Sicherheit, um das Schloss Mellum selbst auf dem noch vorhandenen 120 Fuss im Durchmesser haltenden Plateau, vor Sturmfluthen gesichert, zu erbauen. Diese Höhe stimmt auch mit der der Seedeiche.

Endlich sagt uns schliesslich die Geschichte der freien Stadt Bremen, nach den alten Bremer Chroniken wörtlich:

«4066 wurde eine Seetonne unten an der Weser gelegt und nach dem von der See verschlungenen Schlosse Mellum benannt. Bremen wurde damals belagert von dem Herzog Magnus von Sachsen.»

Da nun hier erwiesen wird, dass in demselben Jahre, in welchem das Schloss Mellum versunken, daselbst von Bremen auch eine Seetonne gelegt ist, so ist evident, dass eben diese Seetonne als Warnungszeichen für die Schiffe hat dienen sollen.

Aus den Acten des Hauses Schütting in Bremen geht hervor, dass man an der Stelle der auf dem Smidtsteert um 1697 erbauten, dann abgebrannten und schliesslich durch Sturm wieder vertriebenen Nothbaake, 5360 Fuss südlicher eine neue Baake (die jetzige Bremerbaake) um 4783 errichtet hat, indem das Ausschleifen des Sandes um diese 90 Fuss im Durchmesser haltende Steinbank, auch damals noch Burg genannt, das Terrain von der Mellumplate abriss. Diese Steinbank liegt nahe bei der M Tonne und trifft ganz genau mit der für das in den Oldenburger Chroniken von Reusner, Henning, Michaelis und Hamelmann für das Schloss Mellum bezeichneten Stelle — 4½ Meilen unter Langwarden im Wasser — zusammen.

Und damit möge denn endlich in historischer Beziehung über diesen Sand genug gesagt und genug bewiesen sein. Kehren wir nun wieder zu der technischen Sache zurück.

Mit aller Behutsamkeit habe ich die Lage des Sandes, worauf jetzt der Leuchtthurm gebaut ist, untersucht, um hauptsächlich zu ermitteln, ob der Sand im Zu- oder Abnehmen begriffen sei. Aus Acten vom Jahre 4783, welche im Hause Schütting in Bremen vorhanden sind, das Jahr, in welchem die jetzige Bremerbaake, obgleich in anderer Gestalt, erbaut wurde, geht im Vergleich gegen die jetzige Lage des Sandes deutlich hervor, dass der Sand sich im Verlauf dieser Zeit um 3 Fuss erhöht und um 300 Fuss in Breite nach der Ost- oder Stromseite (die Weserseite) zugenommen hat. Wir wissen nun zwar nicht, in welcher Progression nach Zeitintervallen eine solche Zunahme stattgefunden hat, um darnach mit einiger Sicherheit wieder auf eine folgende Serie von 74 Jahren zu schliessen; allein die an der Stromseite in der Benetzungslinie des niedrigen Wassers vorliegende convexe Curve lässt auf die nächste Zukunft wenigstens noch Anwachs erwarten, wie denn auch bei der noch beträchtlichen Entfernung des neuen Leuchtthurms von 800 Fuss von dieser Linie vor der Hand wohl keine Besorgniss für Abbruch zulässig ist. Indessen wird man wohl thun, alljährlich von einer bestimmten Linie auf dem Lande ausgehend, an bestimmten Punkten Ordinaten nach dem Wasser hin sorgfältig zu messen und diese zu nivelliren.

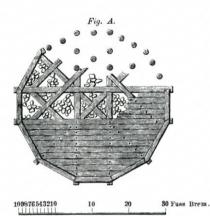
III. Abtheilung.

Die Einxichtung des Bauplatzes und die Beschreibung des Baues.

s wurden in den Tagen vom 23. September bis zum 4. October 1854 Untersuchungen über die Tragfähigkeit von Pfählen in dem Treibsande angestellt. Sowohl an der Widerstandsfähigkeit der Reibung des Sandes an den Pfahlflächen im vorhandenen Baakenfundament, wie auch an dem Eintreiben neuer Pfähle in den Sand musste ich erkennen, wie das Thurmfundament einzurichten sei. Man hielt es unter Umständen auch noch für möglich, dass vielleicht das Baakenfundament für das Thurmfundament dienen könne.

Bei dieser Untersuchung, die erste, welche vorgenommen wurde, nach dem etwa 4 deutsche Meilen von hier abgelegenen Bauplatz mit einem Rammgestell zum Eintreiben von Pfählen so wie mit Wuchten und Hausschrauben zum Herausziehen der Baakenpfähle und mit etwa 24 Arbeitern, erhielten wir gleich eine Warnung, uns daselbst sicher einzurichten, indem urplötzlich ein Sturm eintrat, welcher den aufsichtführenden Baubeamten und noch 44 Arbeiter in wirkliche Lebensgefahr brachte, so dass diese sich mit ihrem Schiff auf einige Tage von der Arbeitsstelle wegflüchteten und die Arbeit geradezu eingestellt werden musste, nachdem noch erst ein Theil der Mannschaft sich eine Nacht hindurch in der Baake halten musste, da nicht an Bord zu kommen war.

Wir fanden das Fundament der Bremerbaake als ein zwölfseitiges Polygon von 42 Fuss kleinstem Durchmesser mit 70 Stück Pfählen, wie nachstehender Grundriss Fig. A. angiebt. Davon waren die Eckpfähle 20 Fuss und die Mittelpfähle 42 Fuss lang.



Bei der Untersuchung über die Widerstandsfähigkeit dieser Pfähle fand ich bei eigener Anschauung, dass zwei Gestelle starker Hausschrauben nöthig waren, die Eckpfähle zum Nachgeben zu bringen. Die Mittelpfähle liessen sich dagegen bei nur geringer Kraftanwendung herauswuchten. Die Pfähle waren alle von Eichenholz, mit eisernen Schuhen beschlagen und von verschiedener Stärke, ⁶/₉ bis ¹⁴/₁₄ Zoll haltend.

Das Fundament der alten Baake hat die Höhe des gewöhnlichen Hochwassers. Die Fundamentpfähle sind mit Schwellen belegt in gehörigem

Zimmerverbande, wie die Zeichnung aufweist. Zwischen den Pfählen sind die Räume mit Ballaststeinen angefüllt und darauf mit einem Bohlenbelag bedeckt. Um das Polygon herum ist zum Schutz der Baake eine unregelmässige Steinböschung ohne ein bestimmtes Profil von Feldsteinen geschüttet, im Gewicht von 50 bis zu 600 Pfund abwechselnd. Die Steinböschung hat keinen eingeschlossenen Fuss und bildet also vielmehr ein loses Steingerölle, welches durch die im Winterhalbjahr aus dem Nordwest herkommenden und oft wiederkehrenden Stürme, so wie durch die dieselben begleitenden schweren Seegänge regelmässig alljährlich von der Nordwest- nach der Südostseite gewandert war. Man hatte sich dann einfach damit begnügt, diese leicht zu handhabenden Steine im Frühjahre wieder aufzunehmen und an die Nordseite zu bringen, wo sie dann bis zum Spätherbst ungestört liegen blieben.

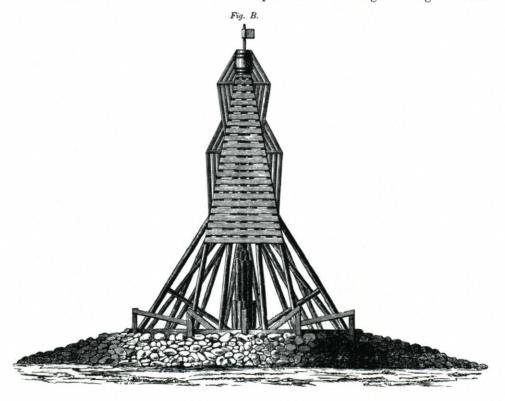
In früherer Zeit scheint Bremen die Beschützung der Bremerbaake durch gar zu leichte und kleine Steine beschafft zu haben, denn die alten Rechnungsbücher weisen darüber viele Tausend Lasten nach, die nicht zu finden sind und demnach wohl regelmässig fortgespült sein müssen.

Das Holzwerk ist, sofern Wasser und Luft dasselbe abwechselnd hat berühren können, bis auf etwa 3 Fuss unter Hochwasser meistens vergangen und verwittert; darunter fand ich es wieder gesund, obgleich vom Seewurm in den Gängen der Holzfasern 2 Fuss tief stark durchnagt, aber noch weiter nach unten, also unter der Höhe der halben Tiede, war das Holz völlig gesund und hart geblieben und vom Seewurm nicht im geringsten angethan. Das Fluthintervall beträgt hier 12 Fuss.

Da der Sand an der Stelle der Bremerbaake, etwa 6 Fuss unter Hochwasser liegt,

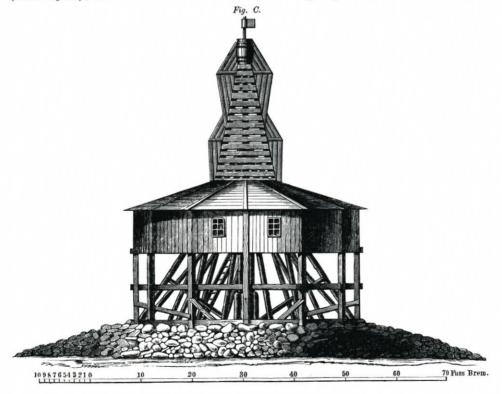
so hätte man von den Fundamentpfählen die oberen Theile herunterschneiden und zum Thurmfundament verwenden können; aber dazu wären allein nur die 12 Eckpfähle tauglich gewesen, da die anderen nicht die erforderliche Länge hatten. Auch während der Bauzeit des Thurmes dürfte die Bremerbaake als Seezeichen von den Seefahrenden nicht vermisst werden, da solches in der Schifffahrt Anlass zu Verwirrungen hätte bringen können. Aber noch ein anderer wichtiger Grund sprach dafür, den Thurm neben der Baake zu bauen.

Es kam hier nämlich zunächst darauf an, in welcher Weise der Bau in Angriff zu nehmen sei, damit derselbe unausgesetzt und ungestört während der täglich zu benutzenden Ebbestunden fortschreiten konnte und es war das keine leichte Aufgabe. Wollte man ein Schiff in der Nähe der Bremerbaake vor Anker legen, welches sowohl den Arbeitern wie auch dem Baumaterial respective als Wohnung und Magazin dienen



sollte, so würde bei dem jedesmaligen Zeitverlust des Ein- und Ausschiffens von Menschen und Materialien es oft vorgekommen sein, dass für die Arbeit selbst gar keine Zeit übrig geblieben wäre und dieselbe sich also auf Null reducirt hätte, denn je nach dem herrschenden Winde und den Spring- und Todtentieden ist nur jedesmal auf 3 bis Stunden Arbeitszeit zu rechnen, in welchen der Sand bei der Ebbe nicht inondirt ist. Bei anstehendem östlichem Winde aber, und sogar im Sommer beim schönsten Wetter wäre das Ausschiffen oder Landen sehr beschwerlich gewesen, da eine alsdann stattfindende Brandung gegen das flache Ufer solches fast unmöglich macht, und ausserdem hätte das Schiff bei einer solchen Gelegenheit jedesmal nach einem anderweitigen sicheren Ankerplatz flüchten müssen.

So richtete ich dann zur Unterbringung des Arbeiterpersonals die Bremerbaake selbst (siehe Fig. B.), die ich zu diesem Zwecke noch stark genug fand, ausser einem Lager-



raum für Handwerksgeräthe, für Utensilien und Materialien, welcher unten in der Baake auf & Fuss über gewöhnlich Hochwasser angebracht werden konnte, auf etwa 20 Fuss hoch über den Sand völlig fluthfreie Wohnungen, Küche u. s. w. ein. Für den Aufsichtsbeamten und den Unternehmer wurden völlig möblirte Zimmer eingerichtet und als die höchste Zahl (etwa 70 Menschen) nach Einstellung der Rammarbeit auf beinahe die Hälfte sich verlor, konnte auch für mich eine kleine Abtheilung eingerichtet werden. Die Ansicht dieser fluthfreien Wohnungen giebt die umstehende Fig. C. an.

Auf diese Weise konnte die Arbeit bereits anfangen, wenn das Terrain bei fallendem Wasser noch etwa ½ Fuss unter Wasser stand und eben so auch bei der rückkehrenden Fluth. Es hat sich diese Einrichtung als zweckmässig während der ganzen Bauzeit und namentlich während der langwierigen Rammarbeit des Fundaments herausgestellt. Freilich konnten die Bewohner dieser Baake in der Zeit des Hochwassers und namentlich während der Nacht bei stürmischem Wetter sich nie des Gefühls einer grossen Unsicherheit erwehren, aber durch den Umgang mit der Gefahr wird man mit derselben vertraut und der Eine genirt sich vor dem Andern, Furcht auszusprechen, wie man das kennt. Genug es liess sich das nicht anders machen.

Beim Eintreiben von zwei Stück Probepfählen von starkem Kiehnenholz fanden wir das Resultat, dass mit einem Rammbär von circa 600 Pfund bei durchschnittlich 5 Fuss Fallhöhe und 24 rasch aufeinander folgenden Schlägen bei einem Gewicht des Pfahls von 600 Pfund der Einzug des Pfahls höchstens noch ½ Zoll betrug und dieses nach der dafür berechneten Formel:

$$P = \frac{G \, 2}{G + G}, \, -\frac{n \cdot h}{s}$$

864,000 Pfund als todtes Gewicht ergab, welches der Pfahl zu tragen im Stande sei. Die Pfähle waren 18 Fuss lang und zogen bei dem 12ten Fuss ihrer Länge ebenso wenig als bei dem 18ten Fuss.

Da nun der Sand ein überaus mächtig angeschwemmtes und an sich loses Treibsandlager bildet, so ist es klar, dass hier von einer Cohäsion fast nicht die Rede sein kann und dass unter so bewandten Umständen ein Pfahl von 30 Fuss und noch länger keine nennenswerthe grössere Widerstandsfähigkeit hervorbringen kann, als einer von 12 Fuss.

Das Gewicht des projectirten Thurms wurde gerechnet auf eine 3,000,000 Pfund und es sind zu dem Neubau veranschlagt 420 Stück Pfähle zu 15 Fuss Länge, wo-

nach jeder Pfahl 25,000 Pfund zu tragen hat. Dieselben können aber nach der Berechnung wie vorhin einzeln 864,000 Pfund tragen und garantirt das Fundament mithin eine 34½ malige Sicherheit.

Die neuen Pfähle kamen mit ihren Köpfen gleich mit dem Sand und circa 6 Fuss tiefer zu stehen als die an der Bremerbaake und sie sind in dieser Tiefenlage vollkommen geschützt gegen den Seewurm.

Die hier beigefügte Bauzeichnung, mit den Fig. 1 bis 11, weist die Construction des ganzen Baues des Leuchtthurms auf, und ich werde nun, während ich die einzelnen Theile desselben in ihren Dimensionen und ihrer Beschaffenheit behandeln will, zugleich da, wo es mir nöthig erscheint, Gründe anführen, welche mich dazu bestimmt haben, die Construction so zu nehmen und nicht anders.

Da der Sand an der Baustelle 6 Fuss unter dem ordinären Hochwasser liegt, so musste das Grundmauerwerk des Thurmes vom Sande ab bis auf einige Fuss über Hochwasser aufgezogen werden, um daselbst den Eingang in den Thurm zu gewinnen. Dieses Mauerwerk musste aber auch wieder nicht allein gegen den täglichen Wellenschlag, sondern auch gegen den Eisgang im Winter geschützt werden, und diese Beschützung konnte nur durch eine Steinböschung in Ausführung gebracht werden, die ihrerseits wiederum in dem losen Treibsand so befestigt werden musste, dass sie nicht ausweichen konnte. Ausserdem mussten die Fundamentpfähle allesammt fest eingeschlossen werden, damit möglicherweise der Sand durch den Druck des Thurmgebäudes nicht seitwärts ausweichen könne. So entstand nach diesen Bedingungen für das Thurmfundament eine Construction, wie sie die Zeichnung aufweist.

Um nämlich solchen Anforderungen möglichst zu genügen, hielt ich es für zweckmässig, das Thurmfundament durch eine achteckige mit übereinandergreifenden Gurthölzern versehene Kernwand zu umschliessen und die einzelnen Polygonseiten vermittelst eiserner Anker miteinander diametral zu verbinden. Auf diese Weise war der Sand eingeschlossen und es liess sich derselbe fast nicht mehr zusammendrücken. Hätte man das mit erdenklichster Gewalt dennoch thun wollen, so hätte derselbe unter die Kernwand hindurch entweichen müssen, was freilich sehr schwer gehalten hätte, aber doch möglich gewesen wäre. Ich hielt darum eine Pilotage für erwünscht, obwohl eine einfache Einschüttung von Béton zwischen dem Achteck allenfalls wohl genügt haben würde. Uebrigens gebietet es die Vernunft, bei einem so weit abgelegenen, den Elementen stets preisgegebenen Bauwerke möglichst auf der Hut zu sein.

Zwischen den eingerammten Pfählen wurde nun der Sand 3 Fuss tief ausgegraben und dieser Raum mit Béton ausgefüllt und war damit unbedingt das Thurmfundament sichergestellt.

Um das Mauerwerk des Thurmfundaments herum construirte ich eine, in einer concaven Linie ansteigende Steinböschung. Der Fuss dieser Steinböschung stützt sich gegen 6 Fuss lange bei 1½ Fuss tief unter die Oberfläche des Sandes eingerammte Pfähle, die ich mit einer ½ Zoll starken eisernen Kette der besten Sorte (proved chain) umspannen und diese wiederum an den Fundamentpfählen des Thurmes vermittelst eingemauerter Kreuzhölzer befestigen liess. Wegen einer zu frühzeitigen Oxydation dieser Ketten bin ich nicht besorgt, da der Sand gerade in seiner Beschaffenheit als Treibsand sich durch Anbringung von Faschinen so fest in dieselben einsetzt, dass an ein Ausweichen der Steinböschung nicht gedacht zu werden braucht. Ihr Fuss ist alsdann gesichert und die zur Sicherung angebrachten Anker werden auf diese Weise bald überflüssig.

Ich habe die Form der Steinböschung concav genommen, um dadurch den geraden Anlauf der Wellen in ihrer fortgesetzten Bewegung zu uuterbrechen, so dass wenigstens die gewöhnlichen täglichen Fluthen nicht gegen das Thurmmauerwerk auflaufen und ausserdem das Aufschieben des Eises gegen den Thurm erschwert werde. Ich habe diese Absicht erreicht.

Die Steine selbst habe ich von schwerem Kaliber genommen, denn Erfahrungen, die mir nicht allein in Bremerhaven, sondern auch in früheren Zeiten an den Seeküsten in Holland vorlagen, haben es genugsam herausgestellt, dass bei schweren Seegängen und einem angelegten Talüd von 2:1 die Böschungen von mindestens 2 Fuss dicken Steinen bekleidet sein müssen. Es dürfte eine solche auch für die neuerdings ausgesprochene beabsichtigte Befestigung der Westküste der Insel Norderney nothwendig sein.

Hier sind keine Steine unter 4000 Pfund schwer, aber wohl darüber, in Anwendung gekommen und die Créte der Steinböschung, welche sich vermittelst eines Banketts von 2 Fuss Breite gegen den Thurm anlehnt, besteht aus einer 3 Fuss tiefgehenden Bétonmasse. Bis zu $4^{1/2}$ Fuss über ordinär Hochwasser ist der Thurm durch diese Steinböschung gegen den Andrang der Wellen und des Eises geschützt und wenn gleich diese Steinböschung kein eigenes unterrammtes Fundament besitzt und sich dieselbe noch wohl ein wenig setzen kann, so wird sie dennoch der von ihr gehegten Erwartung entsprechen.

Die Fugen der Steinböschung sind erst mit Treibsand ausgeschlemmt, dann mit einem Bétonmörtel nachgegossen und die Oberfläche endlich mit starkem Portlandcement ausgestrichen und so ist dergestalt die Steinböschung mit den mir bekannten besten Mitteln versorgt.

Das Grundthurmmauerwerk misst in seiner Basis 45 Fuss im Durchmesser und hat in demselben nicht allein einen hinreichenden Platz zu einem Keller von 46 Fuss im Durchmesser und einer Cisterne von 650 Kubikfuss Wasser gelassen, sondern von demselben hat man noch ein parallel mit der Kellerwand laufendes und mit Sand ausgefülltes Spargewölbe von 9½ Fuss hoch und 6 Fuss breit um den Keller herum abnehmen können, ohne den Grundbau eben mehr als gebührend zu schwächen.

Den Fuss des Thurmes, wo sich derselbe an die Créte der Steinböschung anschliesst, bilden zwei Reihen belgischer Kalksteine, welche sich gegen ein in starkem Trasmörtel gemauertes Mauerwerk anlehnen.

Der Tras ist nicht vom Rhein als gemahlen direct genommen, eben weil man oft erfahren hat, dass dadurch viel Betrug stattfindet, dass gelbe Erde oder sogenannter wilder Tras mit eingeladen oder verkauft wird. Er ist vielmehr in Holland gemahlen und von daher entnommen, eben weil man dann sicher ist, dass er daselbst rein gemahlen und, wenn es sein kann, aus den besten Tuffsteinstücken genommen, geliefert wird. In Holland darf nämlich gesetzlich am Rhein gemahlener Tras, obiger Gründe halber, nicht eingeführt werden. Dass dennoch der am Rhein gemahlene zweifelhafte Tras noch immer in Norddeutschland eingeführt wird, hat seinen Grund darin, dass er etwas billiger geliefert werden kann, indem es dabei weniger auf das Material wie auf die Schiffsfracht ankommt und daher ist es gekommen, dass die Trasmühlen von Nielsen, Philippi und Bröckelmann in Bremen u. s. w., welche die Tuffsteinstücke in Original mahlten, eingegangen sind. Aehnlich ist es in Hamburg gegangen, und es ist das für den praktischen Wasserbau nicht sonderlich erfreulich, da ein paar Thaler mehr pro Last von 4000 Pfunden für das eigentliche Bindemittel eines Wasserwerkes doch wohl kein Object abgeben kann.

Das äussere Mauerwerk geht sodann in einer concaven Linie hinauf bis zur Höhe von 33 Fuss über Null oder 6 Fuss über die Kappenhöhe der hannoverischen Deiche und hat daselbst einen Durchmesser von 30 Fuss.

Dieses Mauerwerk besteht an der Aussenfläche aus sogenannten Bockhorner braunen Klinkersteinen, wechselsweise 4½ und 2 Steine tief in Portlandcement und Sand, im Verhältniss von 4:4 bis ganz hinauf. Das übrige Mauerwerk besteht aus gaaren Mauersteinen in Bastardtras gemauert, ausgenommen die Umschliessung der beiden unteren Räume im Thurm, welche des Wellenschlages wegen in der vollen Dicke in Portlandcement wie oben gemauert ist. Das Fugen alles Mauerwerks ist gleichzeitig bei dem Aufmauern mit dem frisch ausgepressten Cement beschafft. Zur Melange des sämmtlichen Mauerwerks ist süsses Wasser aus der Leher Wasserleitung in Anwendung gebracht, welches selbstverstanden eigens per Schiff nach der Arbeitsstelle geschafft werden musste.

Der Eingang zum Thurm ist mit Werkstücken von belgischen Steinen eingefasst und kunstgemäss verankert. Die nach dem Lagerraum führende Treppe ist von Sandstein.

Das so aufgezogene concave dicke Mauerwerk ist auf 33 Fuss über Null mit Grauwerksplatten gedeckt, welche eine mit einem eisernen Geländer eingeschlossene den Thurm umgebende 4 Fuss breite Terrasse bildet.

Zwei Fuss hoch über der Terrasse münden zwei seitwärts aus der dicken Thurmmauer für den Keller angebrachte, einander diametral gegenüberstehende Ventilirungskanäle, deren Ausmündungen mit einer gusseisernen Rosette in zwei übereinander schiebbaren durchwirkten Platten verschlossen werden können, wodurch dem Keller beständig frische Luft zugeführt wird.

Der Lagerraum unter der Terrasse wird beleuchtet durch drei runde Fenster von Gusseisen von 2 Fuss Durchmesser.

Dann sind noch im Mauerwerk unter der Terrasse vier Stück schwere, 6 Fuss lange eiserne Anker je zwei zu zwei übereinander eingemauert und daselbst mit Schotten aufgeschlossen und zwar an der südöstlichen Aussenseite des Thurmes zur Anbringung von zwei beweglichen Krahnarmen für ein Rettungsboot. Zu diesem Zwecke liegen zwei Anker 6 Fuss tiefer als die anderen, jedoch genau lothrecht übereinander. Jene unteren Anker sind, da wo sie aus dem Mauerwerk heraustreten, mit einem kleinen verstahlten Topf versehen; dieser Topf hält im Lichten 2½ Zoll und hat einen convexen Boden von ¼ Zoll Erhöhung, um darin die drehbaren Krahnspindeln aufzunehmen, dagegen sollen die beiden obersten Ankeraugen, welche genau lothrecht über den Töpfen stehen, als Führung der genannten Spindeln dienen.

Von der soeben genannten Terrasse an ist der Thurm in der Form einer regulären achtseitigen Pyramide, die in der Höhe von 93 Fuss über Null abgestumpft ist, aufgezogen. Die Pyramide hat an der Basis einen kleinsten Durchmesser von 22 Fuss und 40 Zoll und beträgt die Mauerdicke hier genau vier Steine oder incl. der Fugen 44 Zoll. In der Höhe von 88 Fuss über Null, das ist bis zu den Widerlagern des obersten Gewölbes des Thurmes, ist der kleinste Durchmesser des Achteckes noch 48 Fuss und beträgt demnach die ganze Verjüngung der Pyramide von ihrer Basis an 2 Fuss

5 Zoll. Die Mauerdicke beträgt daselbst 3 Fuss. Davon ist das Mauerwerk bis über die Küchenetage ganz mit starkem Portlandcement gemauert, gegen das mitunter vorkommende Anspritzen der Wellen; die übrige Höhe des Thurmes dahingegen ist an der Aussenseite mit Bockhorner Klinkern wechselsweise 1 und 4½ Steine in starkem Portlandcement und das Binnenmauerwerk in Bastardtrasmörtel vermauert.

Im Innern ist der Thurm rund und hält in der Höhe der Terrasse an seiner Basis 46 Fuss und oben 42 Fuss im Durchmesser und dieses Thurmmauerwerk ist durch ein Gesims von Grauwerk, welches ebenfalls die Tamboursmauer der Laterne umschliesst. abgedeckt. Das Krongesims ist mit einem eisernen Geländer umgeben und so schliesst dasselbe wie unten auch hier wiederum eine Terrasse ausserhalb der Laterne ein. Ueber der unteren Terrasse hat der Thurm fünf verschiedene Etagen, wobei ein Küchenraum mit Sparherd u. s. w.

Die sämmtlichen in dem Thurm befindlichen Treppen sind von Sandstein und sind Freitreppen, welche ohne weitere Unterstützung jedesmal an ihrem oberen Ende das für sie ausgeschnittene Gewölbe zum Widerlager haben.

Die Abtheilungen sind sämmtlich inwendig rund und mit eisernen Fenstern, mit Schränken und Schlafstellen versehen. Alle haben eiserne Windöfen mit separaten Schornsteinen bis oben hinaus und sie sind durch Verschläge über den Treppenöffnungen mit darin angebrachten Thüren von einander getrennt. Die Küche und der Lagerraum so wie die Dienst- und Laternenstube sind mit Fliesen belegt und in letzterem Raum noch die Wand mit kleinen weissen Fliesen besetzt gegen das Stauben.

Das Licht der Laterne steht mit seinem Kern 107 Fuss über Null und das Obere der Kuppel der Laterne etwa 118 Fuss.

Die Laterne bildet ein regelmässiges Zwölfeck, hat 44½ Fuss äusseren Durchmesser mit zwölf gusseisernen Ständern von 4 bei 3½ Zoll stark. Sie hält 60 Zwischensprossen, wovon die drei unteren Reihen mit Wasserrinnen und die untersten mit Ventilationsöffnungen versehen sind. Ausserdem habe ich in der Tambourmauer noch drei verschliessbare Oeffnungen zur Vervollständigung der Ventilation anbringen lassen, denn es kann dafür bei einer jeglichen Beleuchtungsart nie genug geschehen. Man muss nämlich dahin streben, die Luft in der Laterne möglichst in derselben Temperatur mit der Aussenluft zu halten, als einziges Mittel, um das Beschlagen der Fenster zu verhüten. Die Laterne wird von einem kugelförmigen starkem Kupferdach, wovon der Quadratfuss mindestens 2 Pfund wiegt, gedeckt, und auf diesem Kuppeldach befindet sich ausserdem ein grosser Kugelventilator nebst noch zwölf kleinen Ventilatoren. Die

Laterne ist verglast mit 48 Stück grossen ½ Zoll starken Spiegelscheiben und ist ausserdem mit einem Blitzableiter versehen. Die Fortsetzung der gemauerten Schornsteinröhren bilden starke kupferne Röhren, welche über die Laterne hinausreichen und an der Tambourmauer befestigt sind.

Auf diese Weise ist also der Thurmbau ausgeführt worden und während (siehe das Titelblatt) eine Communicationsbrücke von der Baake, in welcher die Arbeiter wohnten, in den Thurm führte, war an der anderen Seite des Thurmes ein Gerüst, etwa 20 Fuss hoch über dem Sande und à claire voie gebaut, zu freiem Durchgang der Wellen und gross genug zu einem geräumigen Schuppen für Kalk, Cement, Eisen und Holz mit noch einem freien Lagerplatz für etwa 400,000 Stück Ziegelsteine, so auch zur Lagerung der erforderlichen Tonnen mit süssem Wasser zum Vermauern.

Dieses Gerüst mit seinem Schuppen ist gleich nach der Beendigung des Baues abgebrochen worden, allein die alte Baake mit den darin eingerichteten Wohnungen, etwa 60 Fuss vom Fusse des Thurmes entfernt, ist für den Augenblick noch stehen geblieben, da man glaubte, dass dieselbe zu weiteren Zwecken vielleicht noch dienen könnte.

Bis etwa medio November 1856 war die Aufstellung des Lichts, welches nach dem Fresnee'schen System ein katadioptrisches festes Licht zweiter Ordnung bildet, ebenfalls beschafft, so wie die Bemannung und Verproviantirung des Thurmes angeordnet, so dass am 4. December 1856 das Licht zum ersten Male der Schifffahrt seinen Dienst erweisen konnte. Die folgende Bekanntmachung wurde dieserhalb vom hohen Senate dem Publicum unterm 10. November 1856 mitgetheilt:

Nachricht für Seefahrer. Leuchtthurm an der Weser auf dem hohen Wege.

«An der Stelle der bisherigen Bremerbaake auf 53°, 42′, 51″ nördlicher Breite und 8°, 44′, 52″ östlicher Länge von Greenwich ist ein, aus Ziegelmauerwerk bestehender, von einer concaven Steinböschung umgebener Leuchtthurm erbaut worden. Der Thurm ist achteckig und auf 34 Fuss über ordinärer Fluth von einer, mit einem eisernen Geländer eingefassten Terrasse umgeben.

Das Licht ist ein katadioptrisches nach Fresnel'schem System zweiter Ordnung, es steht 407 Fuss über ordinärer Fluth und ist ein festes, weisses Licht. Dasselbe ist auf 45 bis 46 Seemeilen weit sichtbar, kann mithin bei der ersten Weserschlüsseltonne gesehen werden. Die Beleuchtungsfläche ist in dem Kreise der Compassstriche von Süden durch Osten bis Nordwest zum Westen enthalten.

Vom äussersten Leuchtschiff peilt man den Thurm im Süden zum Osten ¼ Ost und hat derselbe die Langwarder Kirche im Süden hinter sich.

Vom 4. December dieses Jahres an wird das Licht vom Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang brennen und von diesem Tage an das Binnenleuchtschiff von seiner Station entfernt werden.

Zur besseren Orientirung für die in die Weser einsegelnden Schiffe, ohne übrigens den Gebrauch des Loths überflüssig zu machen, ist auf dem Leuchtthurm eirea 38 Fuss über ordinärer Fluthhöhe noch ein kleines weisses Licht aufgestellt, welches bei hellem Wetter auf 7 Meilen sichtbar wird. Dies Licht wird unsichtbar werden, wenn man dem schwarzen Tonnenwall in der Gegend der H und I Tonne zu nahe kommt. In das Dwasgat einsegelnd wird, sobald man in die Linie der rothen Tonne kommt, das Licht einen röthlichen Schein annehmen und unsichtbar werden, wenn man in die Linie der schwarzen W A Tonne gelangt. Dies Licht wird einen Sehkreis von Norden zum Westen ³/₄ West durch Norden bis Ost zum Süden haben.»

Im Auftrage des Senats bekannt gemacht aus der Regierungskanzlei.

Bremen, den 10. November 1856.

A. Heinecken Dr. Secr.

Ich werde später auf die Wirkung des Lichts und seiner Intensität, so wie seiner Einrichtung zurückkommen.

Indem ich nun Alles, was den Bau des Leuchtthurmes anbetrifft, abgehandelt und die Lage des Thurmes in seinem Zustand bis zum 4. December 1856 vorgeführt habe, darf ich ein Ereigniss nicht übergehen, welches sich bald darauf zutrug und mich die grosse Beweglichkeit des Treibsandes bei den darüberlaufenden Strömungen so recht erkennen liess und darum für die Technik wichtig ist:

Am 22. December 1856 nämlich erhielt ich von dem ersten Wächter des Thurmes einen am 16. geschriebenen Bericht, dessen Eintreffen durch Mangel an Communication verspätet war, des Inhalts:

«dass vom 6. bis zum 43. December, also im Verlaufe einer einzelnen Woche, sich um den Fuss des Thurmes eine 6 Fuss tiefe Rille, 30 bis 50 Fuss breit, gebildet habe, welche, nachdem sie sich aus dem Sande herausgeschliffen, zu einer einzelnen Balje von derselben Tiefe, an der Ost- oder Weserseite des Thurmes vereinigt habe. Diese Balje habe ihren Lauf nach der Weser genommen und den

ganzen Strand von etwa 810 Fuss Breite bis auf Weniges durchbrochen. An dem Fuss der Steinböschung sei auf einer kleinen Stelle eine Versackung bemerkbar.»

Diese Hiobspost beunruhigte mich in hohem Grade, da sich daraus nothwendig folgern liess, dass bei fernerer Entwickelung dieses Ausschleifens der ganze Bau des Leuchtthurmes in wirkliche Gefahr gerathen müsste; denn, wenn in der kurzen Zeit von einer einzigen Woche solche verheerende Erscheinungen eintreten konnten, so ist es analog, ja selbst ausser Zweifel, dass die Steinböschung um den Thurm bald zusammenstürzen und die nur 40 Fuss tiefgehende Spundwand, welche den Sand unter dem Fundament des Thurmes zusammenhält oder einschliesst, bald minirt werden könnte und folglich die Sicherheit des Thurmes durchaus in Frage kommen müsste.

Eine in der letzten Hälfte des Decembers v. J. dahin abgesandte Expedition zur Aufnahme des Thatbestandes kehrte unverrichteter Sache wieder zurück, da das stürmische Wetter es platterdings nicht zuliess, daselbst zu landen. Ich musste daher, ohne den Sachverhalt genauer zu kennen, von hieraus handeln, und das so schleunig, wie möglich. Erfahren hatte ich schon früher, dass der durch die Strömung in Bewegung gebrachte Sand sich gerne im Buschwerk festsetzt, und dasselbe musste mir also das Mittel sein, diese Naturwirkung zu unterstützen.

Ich liess also ein Schiff mit Busch, Buschpfählen, angefertigten Wiepen und Flechtlatten beladen und mit der erforderlichen Mannschaft, unter guter Aufsicht von hier beim ersten etwas ruhigeren Wetter abgehen und verordnete, da die Ebbeströmung von der Jahde nach der Weser über diesen Sand stürzt, die Hinlegung von drei Stück spiralförmigen und zugleich gegen den Strom inclinirenden Buhnen, welche indess die Höhe des Sandes nicht überragen sollten. Ich liess auch zugleich den Fuss der Baake mit dem des Thurmes verbinden, damit auch da die Durchströmung aufgehalten werde.

Diese Arbeit wurde in einigen wenigen Tagen glücklich ohne Störung des Wetters vollbracht und eine etwa 10 Tage später von mir abgehaltene Inspection stellte das erfreuliche Resultat heraus, dass die erwähnte 6 Fuss tiefe Rille auf etwa 1½ bis 2 Fuss wieder versandet und selbst die nach der Weser eingerissene Balje zum grossen Theile nicht mehr zu finden war.

Ursache dieses Vorkommnisses scheint mir die noch nicht abgebrochene alte Bremerbaake gewesen zu sein, welche mit dem Thurm nah zusammenstehend, den anlaufenden Wellen erst einen directen Widerstand leistete und diese dann längs des Fusses

der Baake und des Thurmes hinwiesen. Beide Wirkungen werden vermuthlich in dem Augenblick eines Ebbestandes von 4 bis 2 Fuss hoch über dem Sande das schnelle Ausschleifen des Sandes hervorgebracht haben. Wie sehr schnell sich in diesem Treibsandlager Baljen bilden, erfuhr ich in letztem Herbste in höchst überraschender Weise, als ich behufs Anlegung eines elektrischen Submarinentelegraphen vom Leuchtthurm bis zur oldenburgischen Küste das dazwischen liegende und bis auf ein paar Fuss bis zur Ebbelinie heruntergehende sehr ausgedehnte Watt zu vermessen hatte; denn plötzlich zeigten sich auf demselben tiefe für die Wattenschifffahrt fast prakticable Baljen, wovon die dabei anwesenden und dort bekannten Lootsen nichts wussten oder ahnten, und im Gegentheil bestimmt behaupteten, dass selbige im Frühjahre desselben Jahres noch nicht vorhanden gewesen wären. Doch jetzt mag genug davon gesagt sein.

Es muss sich nun nächstens herausstellen, was für Wirkungen die von mir angeordneten Vorkehrungen hervorgebracht haben und werde ich darnach mein weiteres Verfahren einrichten; aber ich glaube doch dadurch schon jetzt das Mittel gefunden zu haben, welches zur Sicherstellung des Thurmes ferner in Anwendung gebracht werden muss. Der Abbruch der Bremerbaake wird jedenfalls die jetzt bestandene Gefahr vermindern.

Der Hergang dieser Sache hat für die Technik ein um so grösseres Interesse, da man nicht oft Gelegenheit hat, mit einem so gefährlichen Feind Bekanntschaft zu machen. 28

IV. Abtheilung.

Die störenden Einwirkungen auf den Grundban durch die schweren Seegänge und Brandungen bei stürmischem Wetter.

ei Bauten von solcher Beschaffenheit hat man Ursache, mit möglichster Vorsicht zu Werke zu gehen, da nicht allein die immerwährenden Transporte der Materialien und Utensilien, so wie die regelmässige Anlieferung des erforderlichen Proviants für die Arbeitsleute durch schlechtes Wetter oft in hohem Maasse erschwert wird und geradezu

unterbleiben muss, sondern die Arbeit selbst und namentlich der Theil derselben, welcher unter dem Bereich der täglichen Fluthwellen ausgeführt werden muss, ist lediglich vom Wetter abhängig. Ich habe gefunden, dass solche Bauten sich eben darum auf selbst 50 Procent nicht veranschlagen lassen.

Da dieser Leuchtthurm der erste derartige und besonders schwierige Bau war, der mir in meiner langjährigen Baupraxis vorkam, so muss ich bekennen, dass ich solche, den Bau fortwährend störenden Einwirkungen nicht hoch genug in Anschlag gebracht habe, zumal ich namentlich den Grundbau als eine Sommerarbeit betrachtete, die höchstens bis Septembermonat währen würde. Allein hier nicht zu nennende Hindernisse veranlassten es, dass der Bau erst im Monate Juni des Jahres 1855 in Angriff genommen werden konnte und so kamen wir auch später in den Herbst hinein, als es ursprünglich die Absicht war. Es wäre daher besser gewesen — wie ich erst später erkannte —, wenn ich keine öffentliche Ausverdingung dieses Grundwerks meiner Behörde anempfohlen hätte, da die geringe Accordsumme, für welche dasselbe angenommen wurde, kein Object abgeben konnte, um damit so viele Unsicherheiten zu bestehen.

Die ganze Grundarbeit bis $4\frac{1}{2}$ Fuss hoch über Hochwasser wurde incl. aller zu bestehenden Gefahren zu Louisd'or Thaler 45,900. übernommen.

Leider war der stürmische Sommer von 1855 dieser schwierigen Arbeit sehr ungünstig. Vom ersten Beginn der Arbeit an, drei Tage nach ertheiltem Zuschlage, befanden sich bereits zwei Ladungen mit Holz zur Aufzimmerung der Wohnungen für die Arbeiter unterwegs, wovon bei plötzlich eingetretenem starkem Sturme schon gleich ein guter Theil forttrieb. Desgleichen kam wiederholt vor.

Auch die Schiffer wollten nicht immer ihre Schiffe auf dem Sande exponiren, wo sie bei Hochwasser, da auch bei dem schönsten Wetter immer eine Dünung vorhanden ist, starke Stösse auszuhalten haben und es kam daher vor, dass es bei nur etwas windigem Wetter oft an Material fehlte, da sich die beladenen Schiffe alsdann an irgend einer geschützten Stelle unter die, in der Nähe der Bremerbaake befindlichen Sände legten, woselbst, je nach der Richtung des Windes, immer eine solche gefunden werden kann. Da sie also hier, in schlichtem Wasser liegend, und folglich von der Bewegung der Grundwellen nicht zu leiden hatten, so verweilten sie daselbst so lange, bis der Wind umgesprungen und das Wetter ruhiger geworden war. Indem kein eigentlicher Bauplatz vorhanden, weil der Sand nur auf ein paar Stunden bei der Ebbe zu benutzen ist, folglich nur während dieser kurzen Zeit einmal des Tages gearbeitet werden kann, so gerieth man bei dem geringsten störenden Vorkommniss, in Anbetracht der weiten Entfernung (4 deutsche Meilen) von Bremerhaven, sofort in Verlegenheit. Auch kam es einmal vor, dass ein Schiff, mit Baumaterialien beladen, welche auf dem Sand gelöscht werden mussten, zwischen drei aufgestellte Rammgestelle gerieth und zwei derselben umwarf und zerbrach, wodurch die Arbeit gestört ward, selbstverständlich also eine Menge Leute — welche in der Baake eng eingepfercht — nicht beschäftigt werden konnten, aber doch bezahlt werden mussten.

Dass es unter solchen Umständen äusserst schwer hielt, die erforderliche Disciplin unter den in solcher Weise nichtsthuenden Arbeitern zu erhalten, liegt auf der Hand. Die Arbeit erlitt bei solchen Vorkommnissen eine unangenehme Unterbrechung bis von Bremerhaven wieder Hülfe geschafft war, doch liess sich nichts dagegen machen.

Verschiedene Male trieben bei stürmischem Wetter Materialen fort, die dann jedesmal ersetzt werden mussten, und so waren Klagen immer an der Tagesordnung. Dessenungeachtet waren die sämmtlichen Rammarbeiten am Fundament am 1. September beschafft.

Hier wäre es nun an der Zeit gewesen, für dieses Jahr die Arbeit einzustellen und mit dem über den Sand sich erhebenden Mauerwerk nicht weiter in den Herbst vorzugehen. Doch das Wetter liess sich gut an, und da der Monat September für unsere Gegend als der beste gilt und der Sommer so schlechtes rauhes Wetter gebracht, so hoffte man zuletzt noch etwas Gutes.

Nach meiner Berechnung konnten wir den Rest des Grundbaues in 4 bis 6 Wochen fertig bekommen, wenn wir auch die Nachtebbetieden — was übrigens schon oft geschehen war — bei Beleuchtung von Pechfackeln zur Arbeit benutzten, was denn auch geschah. Es hielt schwer in der bereits so weit vorgerückten Jahreszeit, die erforderlichen Steinsetzer für die projectirte Steinböschung zu bekommen, was man schon daraus entnehmen kann, dass die Gesellen mit 2 und der Vorarbeiter mit Thlr. 5. pro Tag, bei freier Kost, bezahlt werden mussten.

Die Steinböschungsarbeiten und auch die Grundmauer mussten nun gleichmässig in die Höhe geführt werden und bis reichlich zur Hälfte der für den Unterbau bestimmten Höhe ging das bei kleinen Belästigungen gut. Der Monat October fing aber mit unruhigem Wetter an, so dass namentlich das frische, bei der Ebbe gemachte Mauerwerk von der darauf folgenden Fluth viel zu leiden hatte und verschiedene Male zum Theil weggespült wurde.

Ich liess nun um das Grundwerk, welches etwa 3 bis 4 Fuss hoch über den Sand aufgezogen war, aufrechtstehende, dicht aneinander gestellte Bunde von Faschinen herumbringen und diese durch zwei Ketten, die stark angezogen und geknebelt waren, festhalten. Das half in der ersten Zeit ganz gut. Die Faschinen hinderten den Durchgang der Fluthwelle nicht, indem sich ihre oberen Enden herüberbogen, wodurch auf dem frischen Werke etwas Stau- und schlichtes Wasser hervorgebracht wurde, und es hatte also das innere Mauerwerk weit weniger von der Wellenbewegung zu leiden. Das Wetter wurde aber immer unruhiger und stürmischer und die Seegänge so schwer, dass der Busch allein kein genügendes Schutzmittel mehr ergab. Da liess ich nun ausserdem das Werk nach jedesmaliger vollbrachter Arbeit, also jedesmal, wenn die Fluth im Anzuge war, mit einem grossen starken Segel bedecken. Allein wenn dasselbe auch auf kurze Zeit half, so konnte es doch keine positive Dichtigkeit hervorbringen. Es bewegte sich dann das Segel durch den heftigen Stoss der Wellen und zerriss solchergestalt mehrmals und ruckweise das frische Mauerwerk.

Endlich wurde wiederum das Wetter ruhiger und neue Hoffnung stählte von neuem den Muth. Die Nachttieden wurden mit benutzt und so gelangten wir, nachdem abwechselnd ganze Stücken Mauerwerk weggeschlagen und dann wieder das nächste Mal aufgemauert wurden, auf diese consequente Weise endlich am 9. October 1855 bis auf etwa 3 Fuss über die volle Höhe der Fluth oder etwa 9 Fuss über den Sand. Aber da erhob sich ein Sturm, der solchergestalt zunahm, dass an keine weitere Arbeit zu denken war.

Das ganze Arbeitspersonal war in der Baake zwar aufgehoben und glaubte vollkommen sicher zu sein, aber der Sturm nahm immer an Heftigkeit zu und war am
10. October förmlich zu einem Orkane herangewachsen. Es trat die Zeit einer wirklichen Lebensgefahr ein, da die Wellen das unten in der Baake lagernde und wie
man glaubte sicher befestigte Holz losrissen und davon ein Theil durch den Fussboden
der Wohnräume stiess. Die Küche mit Herd und aller Einrichtung schlug weg und
auch sämmtliche Wasserfässer trieben fort.

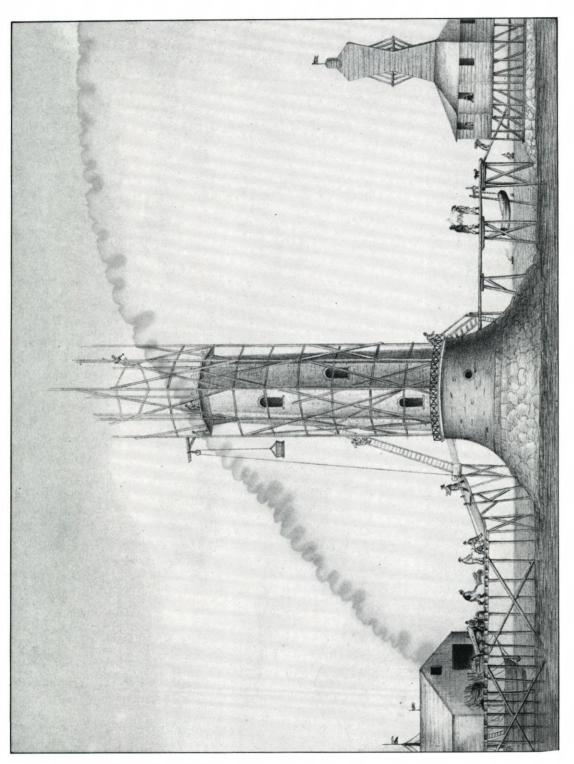
Ich sandte an diesem Tage das Schleppdampfschiff Simson, Capitän Schwart, zur Rettung dahin ab, da ich die Leute an der Bremerbaake in Noth wusste. Das Dampfboot hatte alle Kraft seiner starken Maschinen nöthig, um dahin zu gelangen, und es wurde dies nicht ohne Havarie vollführt. Am Abend dieses Tages kam dasselbe in die Nähe der Bremerbaake, allein der Sand wurde bei dieser Sturmfluth bei Ebbezeit nicht frei. Es rollte eine solche Brandung über den Sand, dass an kein Landen zu denken war, denn es würde jedes Boot sofort zerschellt sein. Der Simson war also genöthigt, die Arbeitsstelle zu verlassen, ohne geholfen zu haben, und derselbe hatte selbst Schutz gegen die gewaltigen Seen nöthig, weshalb er einen anderen mehr gesicherten Ankerplatz aufsuchte. Die Nacht, welche darauf folgte, war für die Bewohner der Baake eine ganz schreckliche, da ihre Hoffnung, gerettet zu werden, nun von ihnen genommen war. Ueber die einzelnen Vorkommnisse ist es hier nicht der Ort, zu reden; es genügt wohl, hier zu sagen, dass sie, von Kälte und Nässe erstarrt, die Nacht zusammengekauert, zubrachten. Am andern Morgen, den 11. October, 8 Uhr, sahen sie aber den Simson wieder der Bremerbaake zusteuern und das erfüllte die Herzen mit neuer Hoffnung. Es stürmte noch recht stark und zuerst war es auch nicht möglich, eine Landung auszuführen, aber etwa eine Stunde später legte sich der Wind gerade so lange Zeit, dass die Leute in aller Eile gerettet werden konnten. Einen Augenblick später wäre es, und dann auch überall den ganzen Tag, nicht mehr

Was die Arbeit anbetraf, so lag alles bis dahin mit Mühe aufgeführte Mauerwerk wie ein Schutthaufen durcheinander und ich konnte in der ersten Zeit nach dem Sturme auch die Leute nicht dazu bewegen, die Arbeit wieder aufzunehmen, denn ausser dem bestandenen Schreck war auch die Jahreszeit zu weit vorgerückt. Erst 6 Wochen später wurde noch eine Beschützung des wenigen stehengebliebenen Werkes ausgeführt, darin bestehend, dass alles Mauerwerk mit Steinen und Schutt ausgefüllt und dann das ganze in seiner Oberfläche mit Béton überdeckt wurde. Dieses Schutzmittel hat sich als vollkommen genügend erwiesen und weder Eisgang noch die täglichen Fluthen haben besondere Schäden daran machen können. In diesem Zustande verblieb das Grundwerk den Winter über.

Im Monat April 1856 wurde dasselbe wieder von neuem angefasst und bald beendigt. Darauf wurde für den Hochbau die Bremerbaake von neuem zur Wohnung für das Arbeitspersonal eingerichtet und auch eine geräumige Löschbrücke (siehe das Titelblatt) in der Art einer Pilotage à claire voie mit einem grossen Schuppen darauf, hauptsächlich zur Lagerung von Cement und Kalk, gebaut. An drei Seiten dieser Löschbrücke konnten die Schiffe anlegen und immer an einer Seite löschen, je nach der Richtung des Windes.

So ging dann der fernere Thurmbau nicht allein ohne irgend nennenswerthe Behinderungen durch das Wetter von statten, sondern derselbe wurde so energisch betrieben, dass der ganze Oberbau contractlich schon am 21. August 1856 vollständig ausgeführt war.

Des aufsichtführenden Beamten, Herrn A. Volkmann, will ich hier lobend erwähnen, da dessen Eifer für den Bau auf dieser so sehr isolirten Station beharrlich bis ans Ende ausgehalten hat, während ich wegen anderer Dienstverhältnisse nur ab und an, bald auf einige Tage, und je nachdem ich es für nöthig hielt, auf einige Wochen daselbst verweilte.



ANSICHT DER BAUSTELLE BEI HOTHWASSER,

VI. Abtheilung.

Hülfsleistung in der Aufnahme von Schiffbrüchigen im Eburme, sowie über die gefährliche Landung daselbst, nebst Vorschlägen zu deren Abhülfe.

ie Schiffbrüchigen finden in dem Thurm eine reelle Rettungsstätte. Es hat sich derselbe für die kurze Zeit seines Bestehens schon ein paar Male als eine solche erwiesen.

Zu begreifen ist es, mit welchem Muth und mit welcher Zuversicht die Schiffbrüchigen, wenn sie ihr Schiff, das auf irgend einer der Sandbänke in der Weser - oder Elbmündung gestrandet ist, mit einem offenen Boot in furchtbarem Sturm und vielleicht noch in kalter dunkler Winternacht haben verlassen müssen, auf ein festes kräftiges, die ganze Wesermündung völlig beherrschendes Licht zurudern können und ebenso, mit welchem Vertrauen sie dann bei einem solchen Sicherheitsgefühl alle vorhandenen Kräfte anwenden, um dem Wellentode zu entgehen.

In dem Thurme befinden sich erwärmte Räume und die Behörde hat eigens für diesen Zweck eine gute Anzahl wollener Decken dahin geschickt, womit die Unglücklichen zunächst die starren und erschöpften Glieder erwärmen können, und es wird dafür gesorgt, dass zu jeder Zeit ein genügender Vorrath von Proviant vorhanden ist. Schliesslich können die Schiffbrüchigen, sobald die zwischen Oldenburg und Bremen vertragsmässig vereinbarte submarine-telegraphische Verbindung zwischen dem Thurm und dem Festlande eingerichtet sein wird, bei dem ersten eintretenden ruhigerem Wetter durch die zum Schleppdienst in Bremerhaven stets bereit liegenden Dampfer abgeholt werden.

Das Landen am Leuchtthurm findet in zwiefacher Weise statt, nämlich bei niedriger Ebbe und bei der vollen Fluth. Bei niedriger Ebbe liegt der Rücken des Sandes, auf welchem der Leuchtthurm steht, 5 Fuss frei und das Landen geschieht also am flachen Strandufer. Bei der gewöhnlichen vollen Fluth liegt derselbe dahingegen 6½ Fuss unter Wasser und das Landen geschieht also am Thurme selbst.

Bei niedriger Ebbe kann man mit einem gewöhnlichen Boote dem trockenen Strande bis auf etwa 400 Fuss nah kommen; dann steigt man heraus und geht bis etwas über das Knie durchs Wasser oder lässt sich auch von Anderen hindurchtragen. Die Sachen, die man zu landen hat, sind ebenfalls durchs Wasser zu tragen, was denselben, wenn das Wasser schlicht ist, nicht schadet.

Bei den in hiesigen Küstengegenden herrschenden westlichen Winden findet man bei niedrigem Wasser (siehe die Karte) dort Opperwall und Schutz vom Sande. Bei den Nordost-, Ost- und Südostwinden indessen findet man bei niedrigem Wasser an derselben Stelle Legerwall und stete Brandung und das Landen ist aus eben diesem Grunde bei einigermaassen heftigem Winde platterdings unmöglich, da an dem harten, flach anlaufenden Sande jedes Boot sofort entzweischlagen würde, bevor an ein Aussteigen gedacht werden kann. Im Winter bei Eisgang und zugleich bei anstehendem Ostwind ist die Landung ebenfalls nicht möglich, wie solches leicht begreiflich ist.

Bei hoher Fluth gestaltet sich das ganze Bild anders. Der Sand ist, wie bereits erwähnt, alsdann tief unter Wasser und es ist keine andere Stelle zum Landen übrig geblieben, als der Thurm selbst. Es ist dieses Landen, wenn das Wetter nicht besonders still ist, stets mit Gefahr verbunden, denn die Dünung im Wasser und die dadurch stets stattfindende Brandung an der, den Thurm umschliessenden Steinböschung lässt sich als Naturgewalt nicht beseitigen. Jedes Boot hat Gefahr, gegen dieselbe zu zerschellen, und die Schiffbrüchigen würden auf diese Weise, statt sich zu retten, gerade an der vermeintlichen Rettungsstelle ihr Leben einbüssen.

Ich habe nicht allein dieserhalb, sondern namentlich auch für den augenblicklichen Schutz kleiner Schiffe, welche ihres Tiefganges wegen bei Hochwasser über die Mellum fahren können, und worunter auch die Schiffe, welche zum Transport von Wasser und Proviant für den Thurm dienen, zu rechnen sind, die Herstellung einer circa 420 Fuss langen, in der Richtung nach SO. laufenden Brücke empfohlen, an welcher, wenn dieselbe mit einer genügenden Zahl von Sturmpfählen versehen ist, bei allen Fluthständen angelegt werden kann, wobei der Thurm selbst Schutz bietet gegen den herrschenden Westwind. Bei voller Fluthhöhe findet man um den Thurm herum,

36

4 »

wie schon gesagt, 6½ Fuss Wasser, und da die sogenannten Wattenfahrer, als Tjalkschiffe, Ever u. s. w., meistens wenig mehr als ¼ Fuss tief laden, so findet sich während des vollen Verlaufs des Tiedeintervalls immer Zeit genug, dass man an dieser Brücke Menschen oder Sachen lande. Es liegen mir keine Erfahrungen vor, mit welcher Gefahr das Eis diese Brücke bedrohen wird, allein die wirklichen motivirten Gründe, welche für die Anlegung dieser Brücke sprechen, überbieten jedenfalls alle Bedenken, die doch nur imaginär sind und also keine bestimmte Grundlage haben, und ich will hoffen, dass eine recht feste Construction namentlich für das Breitenverband der Brücke mit Schwertern und Andreaskreuzen an jedem Joche, die Gefahr für die Brücke selbst, wenn vielleicht nicht ganz beseitigen, dieselbe doch zu einem nur geringem Grade ermässigen wird. Ich gebe mich dieser Hoffnung um so mehr hin, da die stärkste Strömung dort nicht stärker als 3 bis 3½ Fuss per Secunde läuft.

Die Nachrichten vom Leuchtthurm vom verflossenen Winter haben dargethan, dass das Eis sich daselbst mitunter in grossen Volumen bewegt hat, dass aber die bereits öfter erwähnte, um den Thurm herumliegende Steinböschung im Stande gewesen ist, die ausgedehntesten Eisfelder, auch wenn sie mit der Richtung der Strömung angetrieben kamen, zu zerspalten.

Es wird schliesslich zu empfehlen sein, dass man — wie ich schon angab — durch Feststellung irgend einer bestimmten langen Basis, parallel mit dem Stranduser lausend, sich durch Messung von Ordinaten auf derselben alljährlich überzeuge, wie es mit Abbruch oder Anwachs des Sandes seinen Verlauf habe, und dass man durch Nivellirung dieser Ordinate es ferner beachte, ob der Theil der Mellum, worauf der Thurm steht, sich erhöht oder nicht. Damit würde man sich in den Stand setzen, mit geeigneter Faschinenanlage etwaiger drohender Gefahr zur rechten Zeit zu begegnen.

Druckfehler.

 Seite
 3 Zeile
 4 von oben statt: äusserer Anregungen, lies: äusseren Anregungen

 n
 9 n
 32 n
 n
 n
 Polono, lies: Polonos

 n
 11 n
 33 n
 n
 n
 n
 haben. Nicht allein, lies: haben, denn nicht allein.

 n
 12 n
 n
 n
 n
 n
 wilhardi, lies: Willehadus

 n
 22 n
 n
 10 n
 n
 n
 wildet, lies: bilden

 n
 23 n
 27 n
 n
 n
 rambourmauer, lies: Tamboursmauer

 n
 24 n
 17 n
 n
 n
 Fresnee'schen, lies: Fresnel'schen

John Wlale, lies: John Whale

Ergänzende Anmerkungen zum Aufsatz von JOHANN JACOBUS VAN RONZELEN über "Beschreibung des Baues des Bremer Leuchtthurmes an der Stelle der Bremerbaake in der Wesermündung"

(von Dipl.-Ing. Heinz-Jürgen Pohl, Bremerhaven)

Der sich durch Weitblick, politisches Fingerspitzengefühl und Verhandlungsgeschick auszeichnende Bremer Bürgermeister JOHANN SMIDT wird allgemein als der Gründer der heutigen Seestadt Bremerhaven angesehen. Ohne den am 12. Juni 1800 in Amsterdam geborenen Ingenieur JOHANNES JACOBUS VAN RONZELEN, der am 16. Mai 1827 zum Hafenbaudirektor und Baurat für das gesamte Wasser-, Deich- und Landbauwesen des bremischen Staates ernannt worden war, wäre SMIDTS Werk nicht von Erfolg gekrönt gewesen. Mit Recht muß man VAN RONZELEN als Mitbegründer Bremerhavens bezeichnen.

Die erste Hafenanlage, die im Herbst 1830 nach nur etwa 3jähriger Bauzeit durch den genialen Ingenieur fertiggestellt worden war, stellte ein viel bewundertes Wasserbauwerk seiner Zeit dar. In den Jahren 1847–1851 folgte der Bau des Neuen Hafens. Die Errichtung des Amtshauses für den bremischen Amtmann, der Entwurf eines Stadtplanes, die Verteilung von Bauplätzen, die Schaffung von Straßenverbindungen liefen unter der Regie von VAN RONZELEN. Er war damit auch erster Architekt des entstehenden Gemeinwesens Bremerhaven.

Mit dem Leuchtturm Hohe Weg (1855–1856) schuf der vielseitige Ingenieur ein wahrhaft bedeutendes Ingenieurbauwerk. Damit begann zugleich die Entwicklung der festen Schifffahrtszeichen in der Außenweser.

Die Gründe, die den Bremer Senat bewogen hatten, einen Leuchtturm in der Wesermündung erbauen zu lassen, werden von VAN RONZELEN aufgezählt. Sie zeigen Rationalisierungssinn sowie Kostendenken in Verbindung mit dem Nutzen für die Schiffahrt, bedingt durch verbesserte Fahrtbedingungen. Auch heute sprechen wir von Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs und Schutz der maritimen Umwelt, wenn wir Ziele und Aufgaben der Wasser- und Schiffahrtsverwaltung des Bundes beschreiben. Die letzten bemannten Feuerschiffe wurden erst in jüngster Vergangenheit außer Dienst gestellt und durch neue, weniger kostenträchtige Systeme ersetzt. Die damaligen Gründe könnten unverändert in die Gegenwart übernommen werden!

Ein schwieriger Baugrund und eine Gründung, die abwich von dem was damals üblich war, waren nicht die besten Voraussetzungen für ein dauerhaft zu errichtendes Bauwerk im Seegebiet der Außenweser. Der Bau ging dann auch, wie 1857 van Ronzelen schrieb, unter schwierigsten Umständen vonstatten.

Der Aufsatz ist dabei viel mehr als eine technische Abhandlung. Er geht auf die vielfältigen Probleme ein, die sich bei der Baudurchführung ergaben. An das eingesetzte Personal wurden Anforderungen gestellt, die heute als nicht zumutbar angesehen würden.

Hydrologische und morphologische Zusammenhänge zu erkennen, zu bewerten und mögliche Entwicklungen für die Zukunft richtig zu berücksichtigen sind Voraussetzung für die Planung und erfolgreiche Realisierung von Ingenieurbauwerken, die in besonderem Maße den Naturgewalten ausgesetzt sind und diesen standhalten sollen: "Es gebietet die Vernunft bei einem so weit abgelegenen – den Elementen stets preisgegebenen Bauwerke – möglichst auf der Hut zu sein" und "indessen wird man wohl thun, alljährlich . . . zu messen und zu nivelliren . . . ob der Sand im Zu- oder Abnehmen begriffen ist". Eine sorgfältige Planung (bei Planungszeiten, von denen man nach heutigen Maßstäben nur träumen kann) war damals und ist heute unabdingbare Voraussetzung für Ingenieurbauwerke, die für Generationen errichtet werden.

Die Station Hohe Weg ist auch heute noch eine der bedeutendsten im Bereich der

Außenweser. Das fernüberwachte und ferngeschaltete Leuchtfeuer, das erst 1941 elektrifiziert worden war, bezeichnet mit einem weißen Leitsektor die Mitte der Hoheweg-Rinne. Außerdem werden Warnsektoren und zwei Orientierungsfeuer gezeigt.

Als Radarstation ist Hohe Weg wichtiges Glied in der Radarkette der Außenweser. Mit den Radarbereichen Hohe Weg I und II werden rd. 18 km Weser-Fahrwasser von der Hoheweg-Rinne bis zum Fedderwarder Fahrwasser abgedeckt. Dafür dreht auf dem Turmkopf heute eine 7 m lange Array-Antenne. Redundante Radarsender und -empfänger liefern Zieldaten, die über Breitband-Richtfunkverbindung nach Bremerhaven übertragen werden. Eine ausgefeilte Prozeßdatenverarbeitung liefert die erforderlichen Rohrader- und Synthetikradarbilder in der Revierzentrale. Radardaten- und Schiffsdatenverarbeitung sind Voraussetzung für eine effektive Verkehrsüberwachung und Navigationsunterstützung bei verminderter Sicht.

Während später errichtete Bauwerke längst ihre Bedeutung verloren haben, ist der "Leuchtturm" Hohe Weg aus dem Verkehrssicherungssystem Weser nicht wegzudenken.

Van Ronzelen verstarb am 30. November 1865 in Bremerhaven. Es wurde berichtet, daß er in späten Lebensjahren immer wieder mit besonderem Stolz vom Bau des Hoheweg-Leuchtturmes gesprochen hatte. Dieser Stolz ist auch aus heutiger Sicht angebracht. Van Ronzelen sollte noch lange Vorbild für alle Küsteningenieure bleiben.

Die Korrektion der Unterweser.*)

Von L. Franzius, Oberbaudirektor.

A.

Allgemeine Verhältnisse der Unterweser, insbesondere vor Ausführung der Korrektion.

Die vom Thüringer Wald kommende Werra und die vom Vogelsgebirge und der Rhön kommende Fulda vereinigen sich bei Münden und bilden daselbst die Weser. Dieselbe hat von dort bis Bremen 366 km und von Bremen bis Bremerhaven noch 69 km Länge. Erstere Strecke hat etwa 755 Quadratmeilen*), letztere, die Unterweser, außerdem 120 Quadratmeilen Zuflußgebiet. Etwa 500 Quadratmeilen entfallen davon auf bergiges und starkhügeliges Land, so daß die Hochwasseranschwellungen sehr rasch entstehen und verhältnismäßig bedeutend sind. Die Gefälle sind auf der oberen 45 km langen Strecke Münden–Karlshafen im Durchschnitt 1:2100, auf Stromschwellen jedoch bis 1:300, in der zweiten, durch den Stau eines festen Wehres zu Hameln unterbrochenen 160 km langen Strecke Karlshafen–Minden 1:3000, in der letzten 161 km langen Strecke Minden–Bremen abnehmend von 1:4000 bis auf 1:6500. Der mittlere Jahreswasserstand zu Münden liegt 114,6 m, der zu Minden 35,3 m über dem entsprechenden Wasserstande zu Bremen, welcher nach den Ermittlungen der Jahre 1870 bis 1879 gleich 0,73 m am Hauptpegel zu Bremen gewesen ist. (S. Tab. III, sowie Erläuterungen.)

Die Oberwassermengen und die zugehörigen Wasserstände und Geschwindigkeiten ergeben sich aus Tabelle I, sowie aus Fig. 14 der anliegenden Tafel (in der Rückentasche des Heftes).

Vergleicht man zunächst die Wasserflächen, so kann die der oberen Weser zwischen Münden und Bremen innerhalb der Ufer zu etwa 3300 ha, die der Unterweser von Bremen bis Bremerhaven zu 6600 ha, und des untersten Fluttrichters von Bremerhaven bis zur eigentlichen Mündung zu 53 000 ha gerechnet werden. Es überwiegt also trotz der ansehnlichen Länge des oberen Flusses die Fläche des Flutgebietes die des oberen Laufes, welche mit ihren Nebenflüssen auf etwa 6000 bis 7000 ha gerechnet werden mag, bedeutend.

In ungleich höherem Maße übertreffen auch die im Flutgebiete sich bewegenden Wassermengen die des oberen Flusses. Denn jenen 150 cbm Sommerwasser, welche bei Bremen in einer Sekunde dem Flutgebiete zufließen, entsprechen 6400 cbm, welche bei Bremerhaven im Mittel einer ganzen Tide in einer Sekunde und etwa 56 000 cbm, welche ebenso in der Mündung sich bewegen.

Dem größten Zufluß an Oberwasser bei Bremen von 3150 cbm steht aber bei Bremerhaven und bei einer 1,5 m über ordinärem Hochwasser auflaufenden Flut eine mittlere Wassermenge von 12 000 cbm, in der Mündung von mindestens 100 000 cbm gegenüber. Wenn endlich statt der mittleren Bewegung im Flutgebiet die etwa bei halber Ebbe oder Flut eintretende Maximalbewegung beachtet wird, so steigen die angegebenen Zahlen auf etwa das Doppelte.

Diesen Verhältnissen entsprechend hört schon bei Brake jede äußere Einwirkung des Oberwassers auf, wie sowohl die Hoch- und Niedrigwasserlinien im Längenprofil als auch die betreffenden Berechnungen ergeben.

^{*) ...} Nachdruck von 1888

^{**) 1} Quadratmeile = 55,063 Quadratkilometer.

Wie schon erwähnt, war der mittlere, d. h. der sich aus dem arithmetischen Mittel der einzelnen Tageswasserstände ergebende Wasserstand bei Bremen in den Jahren 1870–1879 gleich 0,73 m am Bremer Pegel. Die Zahl der Tage von höherem Stande beträgt 147,6, die von niedrigerem Stande 217,6 im Jahre nach 10jährigem Durchschnitt. Eine besonders lange Zeit in nahezu gleicher Höhe steht das Wasser bei Bremen auf etwa 0, indem 82,4 Tage mit einem Stande von –0,5 bis 0,0 und 77,5 Tage mit einem Stande von 0,0 bis +0,5 jährlich vorkommen. Der sog. normale oder gewöhnliche Stand, welcher im Jahre ebenso oft überschritten als nicht erreicht wird, ist nahezu +0,5 m. Die Zahl der Tage mit höherem Oberwasser nimmt mit dessen Höhe rasch ab, so daß ein Stand von über 4,0 m nur noch 1,9 Tage im Jahre eintritt.

Haben also hohe Oberwasserstände nur noch im oberen Teile des Flutgebiets merklichen Einfluß, so hängt in der Nähe der Flutgrenze, also bei Bremen, die mittlere Wirkung des Oberwassers am meisten von dem mittleren Jahreswasserstande ab, während die Flutverhältnisse auch im oberen Teile des Flutgebiets sich am reinsten und besten bei einem Stande von 0 erkennen lassen. So zeigt sich bei diesem etwa das halbe Jahr umfassenden Stande bei Bremen eine mittlere Fluthöhe von 0,15, wogegen bei niedrigerem Oberwasser und hoher Flut schon Fluthöhen von 1,3 m beobachtet sind.

Es liegt also die gewöhnliche Flutgrenze etwas oberhalb Bremen, doch kann wegen der unbedeutenden Größe der gewöhnlichen Flut der Hauptpegel in Bremen an der sog, großen Weserbrücke als die Grenze gelten. – Aus der Tabelle III geht hervor, daß der mittlere Wasserstand bei und oberhalb Bremen in den Jahren 1879–1887 im Durchschnitt niedriger war, als in der Periode 1870–1879. Besonders zeichnen sich die Jahre 1886 und 1887 durch niedrige Jahresmittel aus. Obige Zahlen entsprechen also den jetzigen Zuständen nicht mehr nach den Höhen, können aber einstweilen in Bezug auf Dauer der verschiedenen Gruppen noch als richtig gelten. (S. auch Erläuterungen D.)

Die feste Eisdecke, die übrigens wegen der Nähe der See bei Bremen nicht einmal jedes Jahr eintritt, und höchstens bis Brake abwärts reicht, hindert für das obere Flutgebiet die Flutbewegung. Hohe Fluten bringen die etwaige Eisdecke von Vegesack abwärts zum Abtreiben. Die Korrektion der Unterweser wird durch die grössere Wasserbewegung das Festsetzen des Eises erschweren und das Abtreiben befördern.

Von den an der Flutgrenze in das Flutgebiet eintretenden Sinkstoffen kommen die feineren nur in der unteren Gegend, in Nebenarmen und geschützten Buchten zur Ablagerung, während der gröbere Sand und der erbsengroße Kies schon an vielen Stellen Gelegenheit zur Ablagerung finden, namentlich in der Strecke zwischen Farge und Brake. Größere, etwa nußgroße Kiesel finden sich nur in den tieferen Rinnen, wo die stärkste Strömung herrscht.

Das Verhalten der Flutwelle in der Unterweser ist zum vollen Verständnis schon von der See her zu betrachten. Es laufen Weser und Elbe in sehr spitzem Winkel mit ihren Außenfahrwassern so zusammen, daß die bezüglichen Richtungen in der Nähe von Helgoland zusammentreffen. Man kann die Betten derselben, aber mehr noch die Strömungen, bis in etwa 15 bis 20 Seemeilen Entfernung von Helgoland verfolgen. Die Flutwellen aus der Nordsee treffen aber in nordwestlicher Richtung bei Helgoland, also auch bei der Vereinigung der beiden Außenfahrwasser ein. Es läuft also von derselben Flutwelle der eine Teil in die Weser und der unmittelbar daneben befindliche Teil in die Elbe, so daß man in Beziehung auf die Flut beide Flüsse wie zwei Zweige eines Stammes betrachten kann.

Auf der 50,4 km langen Strecke von Bremerhaven bis Vegesack ist der unkorrigierte Strom (abgesehen von kleineren Nebenarmen, z.B. hinter der Luneplate und den Inseln vor Elsfleth u. s. w.) auf etwa 21,6 km durch Inseln oder trocken laufende Bänke vollständig gespalten. Die übrige 28,8 km lange Strecke besitzt mit Ausnahme der schon früher von Preußen und Oldenburg korrigierten Strecke von Farge bis Elsfleth eine sehr unregelmäßige

Bettform. Bei Elsfleth mündet die bis Oldenburg 25,5 km lange und dort aufgestaute Hunte ein. Bei Vegesack münden rechts die Lesum und links die Ochtum, welche mit einem 26 bezw. 13 km langen Flutgebiet zwar wertvolle Flutbassins bilden, aber auch die Fluthöhen zwischen Vegesack und Bremen abschwächen. Die Strecke Vegesack bis Bremen ist ebenfalls schon früher von Bremen korrigiert und gleichmäßig ausgebildet. So ist eine große Spaltung bei der Moorlosen Kirche aufgehoben und der ganze Fluß durch etwa 200 Buhnen und einzelne Parallelwerke in seiner ganzen Länge mit durchaus regelmäßigen Ufern versehen. Die Breiten nehmen von Bremen bis Vegesack im Hochwasser von 159 auf 175 m, im Niedrigwasser von 151 auf 157 m zu.

Am vollständigsten und übersichtlichsten gehen die meisten Verhältnisse des Flutgebiets zwischen Bremen und Bremerhaven aus der in Fig. 4 gegebenen graphischen Darstellung hervor. (S. w. u. Erläuterungen unter D.)

Zum vollen Verständnis der sämtlichen Erscheinungen gehören die aus der Zusammenstellung der Flutkurven abgeleiteten Fortschrittsgeschwindigkeiten, sowie das Verhalten der Flutwellen. Für erstere dienen die nachstehend unter VIII enthaltenen tabellarischen Angaben, während die Flutwellen für normale Verhältnisse vor der Korrektion und nach der Korrektion in Fig. 2 u. 3 gegeben sind. Ähnliche Darstellungen sind übrigens auch für andere Wasser-Verhältnisse, als normale, notwendig zur Beurteilung und demnach auch bei dem vorliegenden Projekt gemacht worden.

Nach diesen Angaben läßt sich nun klar erkennen, wie die Flutverhältnisse vor der Korrektion in dem unteren Teile Bremerhaven–Brake noch einigermaßen den günstigen Umständen unterhalb Bremerhaven entsprechen, wie sie aber oberhalb Brake bald an den Folgen der ungünstigen Form des Flußbettes zu leiden haben. Während in einem gut ausgebildeten Flutgebiet die Hochwasserlinie stetig steigt oder wenigstens horizontal bleibt, fällt sie von Brake bis Farge schon etwas ab. In noch auffallenderem Maße aber steigt von Brake nach oben, insbesondere zwischen Farge und Vegesack, die Niedrigwasserlinie, die bei guter Ausbildung des Bettes nur noch eine sanfte Neigung haben müßte.

Die Ursachen dieser ungünstigen Erscheinungen liegen in der raschen Abnahme der Querschnittsgrößen oberhalb Brake, namentlich der Tiefen und in der nur aus der Karte ersichtlichen mehrfachen Spaltung. Ähnlich wie die ungünstige Lage der Hoch- und Niedrigwasserlinien ist aber auch die rasche Abnahme der Fortschrittsgeschwindigkeiten und die Abnahme der Flutdauer (Vgl. Tabelle III) auf die ungünstige Bettform und die vielen Spaltungen zurückzuführen.

Die scheinbare Anomalie des raschen Fortschreitens des Hochwasserscheitels zwischen Vegesack und Hasenbüren bei niedrigem Oberwasser wird jedenfalls darin ihren Grund haben, daß das Eintreten des Hochwassers bei Vegesack durch die daselbst einmündenden Nebenflüsse Ochtum und Lesum bedingt und verzögert wird, indem diese Flüsse fast ebensoviel Flutwasser aufnehmen als die Weser oberhalb Vegesack. Es findet also bei Vegesack eine dreifache Teilung der Flutwelle statt, und ist daher auch der obere Teil der Flutkurve so eigentümlich zugespitzt und nach hinten hinübergebogen. Es kamen sogar einzelne thatsächliche Beobachtungen vor, wonach das Hochwasser in dem oberhalb Vegesack gelegenen Hasenbüren eher eingetreten ist, als in Vegesack.

Die ungünstigsten Erscheinungen treffen fast sämtlich in der Strecke von Brake bis Vegesack zusammen, während selbst nach der erheblichen Schwächung der Flut bis Vegesack von dort nach oben hin wieder bessere Verhältnisse eintreten. Es befinden sich aber auf der Strecke Brake-Farge, insbesondere unterhalb Elsfleth, die geringsten mittleren Tiefen unter dem Niedrigwasserspiegel und die größten Verwilderungen des ganzen Flutgebietes. Es ist nämlich die Strecke von Elsfleth bis Vegesack durch Korrektionswerke und zwar vorzugs-

weise durch Buhnen stark eingeengt, während unterhalb Elsfleth der Strom in ein völlig wildes, viel zu breites und fast ununterbrochen gespaltenes Bett kommt. Durch eine vorzugsweise seit dem Jahre 1866 ausgeführte Korrektion ist zwar das Bett auf der betreffenden Strecke weit regelmäßiger gestaltet als es vorher war, und ist die praktikable Fahrtiefe daselbst vergrößert, aber es ist zunächst der Ebbespiegel am oberen Ende wesentlich gehoben (um etwa 0,27 m) und dadurch das hydraulische Vermögen für die fragliche und die ganze untere Strecke geschwächt. Die durch diese Strecke, namentlich bei hohem Oberwasser, rascher hindurchgetriebenen Sinkstoffe finden nun um so mehr Gelegenheit, unterhalb, wo die Strömung so rasch abnimmt, sich niederzulegen und eine förmliche Barre zu bilden. Diese zwischen Brake und Elsfleth liegende Barre wirkt besonders schädlich auf die obere und untere Strecke zurück, weil die Flut nur schwach über sie hinaufdringt und die Ebbe weniger tief hinter ihr abfällt. Wollte man aber die Korrektion wiederum nur auf diese Barrengegend beschränken, so würde man die Barre nur verschieben.

B.

Das Projekt für die Korrektion.

Es geht das vorliegende Projekt*) darauf hinaus, das ganze obere Flutgebiet oberhalb Bremerhaven so zu verbessern, daß sich die neugeschaffenen Verhältnisse in demselben durch die vermehrte und geregelte Stromkraft, etwa mit geringer Nachhülfe, erhalten und daß auch das untere Flutgebiet nur eine Verbesserung infolge des vermehrt eindringenden Flutwassers erfahren wird.

Im einzelnen bestehen nun die Mittel zu einer solchen Verbesserung in folgendem: Es sind möglichst alle scharfen Krümmungen und Unregelmäßigkeiten in der Bettform zu beseitigen, weil sie in allen Fällen der Bewegung des Wassers hinderlich sind. Namentlich sind Stromspaltungen nachteilig, weil sie besonders eine geringere Tiefe und eine Unbeständigkeit bewirken; es muß also vor allen Dingen ein einheitlicher Flußschlauch hergestellt werden. Um das Bett festzulegen, erscheinen vorspringende Werke, sog. Buhnen oder Schlengen nicht geeignet, weil sie unvermeidlich stromaufwärts einen Aufstau erzeugen. Wenn auch von jeder einzelnen Buhne dieser Stau nur gering ist, so addiert er sich bei einer großen Anzahl Buhnen zu einer merklichen Größe. Ein solcher Aufstau ist aber gleichbedeutend mit einer entsprechenden Verringerung der Flutgröße oder Abschwächung der Flutwelle für die betreffende Gegend. Je ungehinderter sich die Flutwelle an jedem Punkte entwickeln kann, eine desto größere Wassermenge strömt bei Flut nach oben und vergrößert sowohl bei dieser, als auch rückströmend bei der tiefer abfallenden Ebbe die Stromkraft. Deren Größe ist nach mechanischen Gesetzen = $\frac{M \cdot v^2}{2}$, d. i. gleich dem halben Punkt aus der Wassermasse mal dem Quadrat der Geschwindigkeit, und bedeutet die Fähigkeit, ein Bett bis zu einem bestimmten Umfange auszubilden und von Sinkstoffen frei zu erhalten. Da in der Weser die Wassermengen und Geschwindigkeiten an gewissen Stellen mehr als verdoppelt werden, so ergiebt sich in solchen Fällen eine um reichlich das Achtfache vergrößerte Stromkraft. (S. w. u.)

^{*)} Ausführlicheres über das Projekt siehe dasselbe vom Verf. (Leipzig, W. Engelmann, 1882), ferner die Kap. des Verf. im Handbuch für Ingenieurwissenschaften (Leipzig, W. Engelmann, 1884), zweite Auflage.

Indem nun die Flutwelle vom Meere aus ihren Impuls erhält und trotz der Beseitigung aller vermeidlichen Hindernisse fortwährend nach oben hin abgeschwächt wird, so muß auch die Größe des Flußbettes von der Flutgrenze bis zur Mündung ununterbrochen zunehmen. Ein bestimmtes Gesetz für diese Zunahme existiert nicht, es kommt vielmehr bei Bestimmung der Querschnittsgrößen darauf an, daß sie nirgends zu klein sind, um noch weiter aufwärts die nötige Wasserbewegung zu gestatten, und daß sie in einer solchen Weise zunehmen, welche wenigstens keine Abnahme der Geschwindigkeit bedingt, sondern vielmehr thunlichst eine stetige Zunahme derselben hervorbringt. Alsdann wird namentlich die untere Gegend immer am sichersten gegen die Ablagerung von Sinkstoffen geschützt werden. Es ist also theoretisch die Ausdehnung der Korrektion nicht begrenzt, wogegen sie praktisch ihre Begrenzung durch die Größe der zu beschaffenden Änderungen oder durch die aufzuwendenden Geldmittel erfährt. Mit Rücksicht hierauf ist auch bei der Aufstellung des vorliegenden Projektes verfahren, zu welchem Zwecke mehrfache, probeweise durchgeführte Berechnungen der schließlichen Bestimmung der einzelnen Stücke voraufgegangen sind.

Der Gang der Projektierung ist kurz folgender gewesen: Zunächst sind die neuen Hoch- und Niedrig wasserlinien angenommen, welche unter Festhaltung der Flutgröße in der Gegend von Bremerhaven und der Flutgrenze in der Nähe von Bremen, nach beseitigten Hindernissen für die freie Entwicklung der Flutwelle, als wahrscheinlich gelten müssen, wobei jedoch eine zu günstige Annahme absichtlich vermieden ist. Sodann sind vorläufig die nach der Korrektion entstehenden, neuen Sohlentiefen angenommen. Mit Hülfe dieser einstweilen angenommenen Stücke und der normalen Flutkurve des untersten Punktes (Bremerhaven), sowie endlich die Formel: $C = \sqrt{2 g \frac{1}{2}}$ (worin C die Fortschrittsgeschwindigkeit der Flutwelle auf ihrem vorderen oder Flut-Abhange, g die Erdacceleration und h die zeitweilige Wassertiefe der betreffenden Strecke bedeutet) ist sodann für jede obere Station die neue Flutkurve in ihrer vorderen Hälfte, ferner nach Analogie mit den bisherigen Kurven die hintere Hälfte derselben bestimmt, weil auf keine andere Weise die neuen Kurven mit gleicher Sicherheit gewonnen werden konnten.

Diese neuen Kurven (S. Fig. 7) verbunden mit den nach der Korrektion angenommenen Breiten der jeweiligen Wasserspiegel geben sodann nach dem bereits oben erwähnten Verfahren die Möglichkeit, die neuen Wassermengen zu berechnen, wie solche in Tabelle IV, sowie in Fig. 4 u. 5 auf Grund mehrfacher Wiederholung des Rechnungsganges sich ergeben haben. Da nun Wassermenge W, Querschnitt F, und Geschwindigkeit v sich gegenseitig bedingen (W = F v) und dabei unaufhörlich wechseln, so mußte, um zu einer gewissen mittleren Querschnittsgröße für jede Station zu gelangen, eine mittlere Geschwindigkeit für diese Stationen während einer ganzen Tide angenommen werden.

Diese mittlere Geschwindigkeit, die also für die verschiedenen Strecken verschieden zu denken ist, hat nun auch insofern die größte Bedeutung, als sie nach dem vorhin Gesagten neben der Wassermenge den Maßstab für die zukünftige Fähigkeit des Stromes bildet, sein Bett frei von Ablagerungen zu halten. Denn ohne merklichen Fehler wird man annehmen können, daß die zeitweilige Abnahme der Geschwindigkeiten bis zu Null um die Zeit nach Hochwasser und Niedrigwasser und die alsdann eintretende Tendenz zur Ablagerung wieder aufgewogen wird durch die zeitweilige Überschreitung der mittleren Geschwindigkeit etwa während der Mitte der Flut und Ebbe. Da ferner die mittlere oder normale Flutgröße der ganzen Betrachtung zu Grunde gelegt ist, so können ebenfalls anormale, also sehr kleine und sehr große Fluten als sich in der Wirkung ausgleichend betrachtet werden. Nur in der oberen Gegend des Flutgebiets muß auf die zeitweilige Vergrößerung der Geschwindigkeit durch hohes Oberwasser Rücksicht genommen werden.

Es kommt nun auf eine genaue Kenntnis der Natur und Größe der Sinkstoffe des betreffenden Flusses an, um eine mittlere Geschwindigkeit zu wählen, welche im stande ist, die größeren Sinkstoffe noch so fortzubewegen, daß eine Ablagerung derselben nicht eintreten kann. Die der Masse nach geringfügigen, besonders groben Sinkstoffe werden eben nur von der stärkeren Strömung und daher nur in den tieferen Rinnen fortbewegt, bleiben also unschädlich, wenn nur die Hauptmasse der Sinkstoffe fortgeschafft wird. Man darf sich ferner nicht dadurch täuschen lassen, daß in den unteren Strecken vorzugsweise nur feine Sinkstoffe an der Oberfläche, z. B. auf den trocken laufenden Bänken u. s. w., zu erscheinen pflegen, während die obere Strecke an ihren Ufern gröbere Stoffe zeigt. Es ist zwar der Schlickfall vorwiegend nur in den unteren Strecken des Flutgebiets heimisch, aber nichtsdestoweniger werden in der Tiefe des unteren Stromlaufes auch grobe Sinkstoffe bewegt.

Nach den Sinkstoffen des betreffenden Flusses muß also die mittlere Geschwindigkeit gewählt werden, und hierzu sind die erfahrungsmäßigen Geschwindigkeitszahlen zu benutzen. Dabei genügt freilich nicht eine Geschwindigkeit, welche gerade eben den fraglichen Körper in Bewegung setzt, sondern nur eine solche, die ihn dauernd in Bewegung erhält und mit merklicher Geschwindigkeit fortschafft. Es ist dies im Flutgebiet noch notwendiger als im oberen Flußgebiet, damit nicht bei wechselnder Flut- und Ebbeströmung die Sinkstoffe nur unmerklich hin- und hergeschoben werden und dabei doch ihren Ort kaum verändern. Und namentlich im eigentlichen Stromschlauch oder dem Niedrigwasserbett muß noch auf der Sohle eine lebhafte Strömung stattfinden, und ferner ist es zweckmäßig, die Geschwindigkeit von oben nach unten für normale Flutverhältnisse zunehmen zu lassen, damit auch um so sicherer die Tiefe nach unten wächst.

Es ist daher die mittlere Geschwindigkeit nicht unter 0,5 m angenommen und wächst, wie in Fig. 4 angegeben, bei mittlerem Jahresoberwasser von der Flutgrenze Bremen bis zum unteren Punkt Bremerhaven von 0,5 auf auf 0,86; statt der kleinen alten Geschwindigkeit in der Barrengegend bei Farge von 0,33 wächst sie daselbst auf 0,73. Bei höherem Oberwasser wird aber von der Flutgrenze bis dort, wo das Oberwasser noch eine Wirkung äußerst, die Geschwindigkeit wegen der verhältnismäßig geringen Zunahme der Profilgrößen wachsen, und so wird für die häufigeren Oberwasserstände, welche 2 und 3 m über den mittleren liegen, die mittlere Geschwindigkeit im ganzen Flutgebiet nahezu eine gleiche oder die gelbe Linie in Fig. 4 horizontal. Selbstverständlich ist auch das Projektieren der Geschwindigkeiten durch mehrfache Versuche so lange wiederholt worden, bis sich überall gute Verhältnisse ergaben.

Nachdem nun die Querschnittsgrößen für jede Stelle einfach aus den betreffenden Wassermengen und Geschwindigkeiten zu berechnen waren, erübrigte noch die Form der Querschnitte festzustellen. Es erschien hierbei besonders erwünscht, den Querschnittsteil zwischen Hoch- und Niedrigwasser möglichst groß zu lassen und umgekehrt den unter Niedrigwasser liegenden Teil entsprechend einzuengen, damit möglichst viel Flutwasser aufgenommen und die Strömung im Niedrigwasserbett möglichst stark werde. Bei einer einheitlichen Gestalt des Bettes würde unfehlbar nach einiger Zeit eine unregelmäßige Trennung in ein Hochwasser- und Niedrigwasserbett erfolgen, wie dies jeder unkorrigierte Fluß zeigt. Selbstverständlich hat im oberen Teil des Flutgebiets die größere Breite für das Hochwasser keine Bedeutung mehr, da der Flutwechsel gering ist und nur durch bloßen Aufstau, ohne wirklichen Flutstrom erzeugt wird. Die Fig. 12 zeigt in schematischer Form die projektierten Querschnitte, wobei dieselben jedoch noch völlig symmetrisch zur Mittellinie des neuen Stromes gedacht sind. Es ergab sich aber mit Rücksicht auf die möglichste Ersparung an Kosten die Notwendigkeit, die Querprofile zum Teil unsymmetrisch zu formen, um das neue Niedrigwasserbett möglichst mit dem alten Stromschlauche zusammentreffen zu lassen. Eine Berechnung der zu bewegenden Erdmassen ergab nämlich, daß, wenn

die Querprofile sämtlich symmetrisch hätten ausgebildet werden sollen, etwa grade die doppelte Erdmasse, nämlich 107 Mill. cbm, zu bewegen gewesen wäre, während bei der gewählten Lage der Profile nur 55 Mill. cbm zu bewegen sind. Im Hinblick auf eine so bedeutende Kostenersparnis kann es gewiß als kein Mangel erscheinen, daß die Hoch- und Niedrigwasserlinien nicht überall dieselbe Richtung verfolgen, zumal wenn, wie im vorliegenden Beispiel geschehen, das Niedrigwasserbett die gradere Richtung erhält. Ferner sind zur Kostenersparung an zwei Stellen die normalen Profile im Hochwasserbett etwas eingeschränkt, wie dies das Schema Fig. 12, sowie die Karte an den Uferstrecken gegenüber Brake und Nordenhamm erkennen läßt. An der oberen Stelle ist das Niedrigwasser entsprechend verbreitert, weil gerade vor dem Hafenort Brake eine etwas breitere Reede erwünscht erschien. Endlich ist noch mit Hinweis auf die genannten Figuren zu bemerken, wie die Profile sich nach Hinzutritt eines Nebenflusses oder eines oben abgeschlossenen Armes plötzlich erweitern. Die betreffende Profilvergrößerung entspricht jedesmal derjenigen Wassermenge, welche bei normaler Flut sich in dem fraglichen Seitenbassin ablagert und mit der für die nächstuntere Strecke des Hauptstromes projektierten mittleren Geschwindigkeit eben diese Strecke zusammen mit dem Wasser der oberen Strecke zu durchlaufen hat.

Offenbar haben die schematisch gezeichneten Profile hinsichtlich ihrer Seitenböschungen nur eine ideelle Bedeutung, denn es kann keineswegs erwartet werden, daß selbst nach Herstellung solcher regelmäßigen Figuren sich diese Regelmäßigkeit einige Zeit lang erhalten würde. Es mußten aber zur Berechnung der zu bewegenden Erdmassen den Ufern solche Böschungen zugeschrieben werden, welche erfahrungsmäßig in den betreffenden Stromstrekken durchschnittlich vorkommen.

Das Niedrigwasserbett bedarf an allen konkaven Ufern der Einfassung durch Leitdämme. Dieselben sind in der Karte durch stärkere rote Linien hervorgehoben und werden größtenteils aus Sinkstücken hergestellt. Da nach Hinterfüllung der dem Lande zugekehrten Seite der Angriff nur gering bleibt, so sind sie z.B. bei 3 m Tiefe in der Niedrigwasserlinie, wie Fig. 14 zeigt, projektiert. Nur die Krone und die vorderen Absätze bedürfen dabei einer nachträglichen Beschüttung mit Steinen. An vielen Stellen genügen zwei je 1 m hohe Schichten. Die einzelnen Sinkstücke sind in möglichst langen Körpern herzustellen.

Zum Schluß der ganzen Projektierungsarbeit sind mehrfache Rückblicke angestellt, um die Zweckmäßigkeit und Zulässigkeit der angenommenen Verhältnisse zu prüfen. Es ist namentlich durch Berechnung der Spiegelgefälle für die Zeit des Niedrigwassers untersucht, ob die angenommene Niedrigwasserlinie nicht etwa gar tiefer liegt als die berechnete. Da, wie die Fig. 5 deutlich zeigt, bei dem Eintritt des Niedrigwassers noch ein kräftiger Ebbestrom besteht, so kann auch aus der bekannten Geschwindigkeit und der Profilform das zu dieser Zeit stattfindende Gefälle berechnet werden. Selbstverständlich kann solches Gefälle nur für mäßig lange Strecken gelten und zwar, je weiter nach oben im Flutgebiet, für desto kürzere.

Tabelle V giebt für Niedrigwasser die berechneten, sowie die thatsächlichen und projektierten Gefälle; aus derselben geht hervor, daß das letztere durchweg größer als das berechnete, also keineswegs zu günstig als Grundlage für die weitere Projektierung angenommen war. Mit anderen Worten, es kann bei guter Ausbildung des Bettes erwartet werden, daß die Niedrigwasserlinie tiefer abfällt als angenommen war, oder es wird die Wirkung der Korrektion größer, als im Projekt angenommen ist, sein.

Indem nun nach diesen Prinzipien und Hülfsoperationen für jede Stelle des Flusses eine solche Richtung, Bettform und Bettgröße aufgefunden sind, welche einerseits eine möglichst starke Ebbe- und Flutbewegung befördern und andererseits an den bestehenden zweckmäßigen oder wenigstens nicht nachteiligen Verhältnissen thunlichst wenig ändern, so schafft die

projektierte Korrektion, neben der Beseitigung aller Hindernisse für die leichte Bewegung des Ebbe- und Flutwassers, auch eine möglichst gleichmäßig von oben nach unten zunehmende Stromkraft. Das neue regelmäßige Bett ist ferner so in das alte verwilderte hineingelegt, daß fast alle größeren Tiefen ausgenutzt, die wertvollen Ländereien dagegen möglichst unberührt gelassen und nur die vorhandenen Wasserflächen und wertlosen Landflächen zur Herstellung des neuen Bettes und zur Ablagerung der zu verschiebenden Erdmassen benutzt sind. Auf diese Weise werden also auch die vorgenannten Ziele mit den geringsten Opfern und den billigsten Mitteln erreicht. Alle Stromspaltungen werden bis auf ganz untergeordnete beseitigt und die neuen, größtenteils künstlich hergestellten Ufer für das Niedrigwasser werden möglichst sanft gekrümmt, wogegen die zwischen Niedrig- und Hochwasser liegenden Uferverhältnisse, abgesehen von den neuen künstlichen Auflandungen, möglichst unverändert gelassen worden sind.

Wie schon vorhin erwähnt ist und aus Tabelle IX näher hervorgeht, müssen im ganzen rund 55 Mill. cbm Erdmassen bewegt und zwar hiervon 8,6 Mill. über Niedrigwasser und 46,6 Mill. unter Niedrigwasser beseitigt werden. Von dieser Gesamtmasse ist etwa ½ als künstlich durch Graben und Baggern zu bewegen angenommen, während ½ oder 24 Mill. cbm als von der Strömung zu beseitigen angesehen wird. Um wirklich in diesem Umfange die Mitwirkung des Stromes zu gewinnen, ist die Ausführung mit viel großer Vorsicht zu leiten, weil andernsfalls ein sehr viel ungünstigeres Verhältnis eintreten könnte. (S. w. unter Ausführung.)

Daß mit Vollendung der Korrektion also auch, je mehr sich die Ausführung dem Ende nähert, die Stromkraft eine wesentlich bedeutendere wird, als sie vor der Korrektion gewesen ist, geht am anschaulichsten aus Fig. 4 u. 5 hervor, wenn die darin angegebenen alten und neuen Wassermengen und Geschwindigkeiten mit Hülfe der oben genannten Formel $\frac{M-v-2}{2}$ verglichen werden. Der größte Unterschied in den Werten findet sich in der am schlimmsten verwilderten Strecke in der Nähe von Farge, indem bei Farge die alte Wassermenge und Geschwindigkeit 400 cbm bezw. 0,33 m war und die neue 990 cbm bezw. 0,73 m werden wird. Das Verhältnis der alten und neuen Stromkraft ergiebt sich daher wie 21,78 zu 263,79 oder rund wie 1:12.

Wie aus derselben Figur hervorgeht, beträgt unter normalen Verhältnissen die sich im Durchschnitt einer ganzen Tide bei Bremerhaven in einer Sekunde bewegende Wassermenge nach der Korrektion 7500 cbm, während vor der Korrektion sich nur 6400 cbm bewegten. Diese um ein Sechstel vermehrte Wassermenge wird in Verbindung mit der ebenfalls vergrößerten Geschwindigkeit die unterhalb Bremerhaven befindliche eigentliche Stromrinne noch vertiefen. Wenn ferner angenommen wird, daß von der durch die Strömung fortzuschaffenden Bodenmenge etwa die Hälfte oder 12 Mill. cbm mit der Ebbe nach unten gelangen, also dort abgelagert werden müssen, so kann diese Ablagerung nur auf den die Stromrinne seitlich begrenzenden Sandbänken oder Wattflächen geschehen. Nun ist aber die Fläche des ganzen Fluttrichters von ca. 53 000 ha so unverhältnismäßig groß gegen jene Sandmassen, daß deren Ablagerung auf den höheren Bänken eben gar nicht merkbar sein wird, und weil nach beendigter Korrektion von oben her überhaupt nicht mehr Sand als früher herabtreibt, die Vermehrung der Wassermenge aber erhalten bleibt, so kann die untere Strecke nur gewinnen, was allerdings nach allem Obigen stets die Folge einer guten Korrektion sein muß. Indem übrigens noch 19 Mill. cbm Fassungsraum unter den Wasserflächen im korrigierten Gebiet neben dem eigentlichen korrigierten Strome zur Aufnahme von Sinkstoffen disponibel bleibt, so ist endlich für die Ablagerung der zu bewegenden Erdmassen mehr wie reichlich Raum in dem Korrektionsgebiet allein vorhanden.

Der Kostenanschlag für das ganze Projekt durfte wegen der bis zur Ausführung

nach Wahrscheinlichkeit vergehenden Zeit nur überschläglich aufgestellt werden	, so entfällt
für	M.
I. Grunderwerb und Entschädigung wegen Ausdeichung	495 600
II. Grab- und Baggerarbeit nebst Transport	23 641 212
III. Korrektionswerke	2 748 860
IV. Nebenanlagen und Änderung von Abwässerungsanlagen	950 000
V. Allgemeine und unvorhergesehene Kosten	2 164 328
Im ganzen	

Von diesen Positionen werden die unter IV und V nicht unerheblich überschritten, indem, worauf weiter unten noch zurückzukommen sein wird, bei den auf die Ausführung des Projekts bezüglichen Verhandlungen Entschädigungsansprüche in Frage gekommen sind, auf welche bei Aufstellung des Kostenanschlages nicht zu rechnen gewesen war. Andererseits weist die Hauptsaison II für rund 31 Millionen Kubikmeter Grab- und Baggergut einen Durchschnittspreis von rund 0,78 Mark für den Kubikmeter auf, ein Preis, der so vorsichtig gegriffen ist, daß trotz jener Überschreitungen die Innehaltung des Anschlags erwartet werden darf.

C.

Die Ausführung.

Das Projekt selbst war auf Veranlassung der durch Beschluß des Bundesrats vom 15. Febr. 1874 berufenen Reichskommission, bestehend aus dem Geh. Oberbaurat Gercke zu Berlin, dem Oberdeichgräfen Nienburg zu Oldenburg und dem Oberbaudirektor Franzius, von letzterem in den Jahren 1879–1881 entworfen, und nach Feststellung durch die Kommission im Jahre 1882 durch autorisierten Abdruck veröffentlicht. (Leipzig, bei W. Engelmann.)

Ein Teil des ganzen Projekts, der Durchstich der sehr nahe unterhalb der Stadt Bremen zwischen Lankenau und Hasenbüren belegenen starken Krümmung, der sogenannten Langen Bucht, wurde vorläufig mit geringerer als projektierter Tiefe schon i. d. J. 1883–1886 von Bremen zur Ausführung gebracht. Es war dies einerseits möglich, indem die fragliche Strecke ganz auf Bremischem Gebiete liegt, und es war andererseits diese Ausführung besonders dringlich, weil gerade auf dieser Strecke für die Schiffahrt bis zur Stadt die fühlbarsten Mängel sich befanden. Denn für längere Schiffe fehlte es fast an genügend geradem und tiefem Fahrwasser in der stärksten Krümmung. Die Wirkung der fast unausgesetzten Baggerungen wurde aber durch jedes Hochwasser wieder aufgehoben, indem dabei der Strom eine von der Fahrrinne abweichende Richtung annahm. Auf dem linken Ufer des neuen Strombettes wurde der zum Teil zu beseitigende Winterdeich (S. Karte) parallel zu jenem wieder angelegt, das alte Bett wurde sogleich nach der Ausführung des neuen abgeschnitten und ist sodann durch Baggersand und die Wirkung des Stromes bis zum Jahre 1888 größtenteils zur Verlandung gebracht.

Die Wirkung des Durchstiches ergab zunächst eine wesentliche Erleichterung der Schifffahrt, so daß es möglich wurde, Seeschiffe bis zu 3 m Tiefgang bei normalen Wasserverhältnissen in einer Tide von See an die Stadt zu bringen. Auch eine merkliche Verringerung der Baggerkosten gegen früher trat ein.

Die zweifellos oberhalb des Durchstiches eingetretene Vergrößerung der Fluthöhe ließ sich jedoch nicht mit Sicherheit zahlenmäßig feststellen, weil die Verhältnisse des Oberwassers

sich gerade in der fraglichen Periode stark verändert haben, wie dies die Tabelle III angiebt. In dieser sind die Jahresmittel einiger Pegel der Oberweser und der selbstregistrierenden Pegel der Unterweser aus der Zeit von 1879 bis 1887 zusammengestellt, welche zeigen, daß oberhalb der Flutgrenze eine größte Senkung von 1,28 m, in Bremen (also in der Nähe der Flutgrenze, aber oberhalb des Durchstichs) von 1,53 m bzw. 1,68 m, endlich bei Hasenbüren von 1,20 m stattgefunden hat. Indem aber ferner in den Jahren 1885 bis 1887, also in der Zeit vor und nach Eröffnung des Durchstichs, bei Hasenbüren (unterhalb des Durchstichs) 0,35 m und am Weserbahnhof Bremen 0,57 m Senkung im Niedrigwasser eingetreten ist, so kann der Durchstich nur etwa 0,22 m hieran bewirkt haben.

Vor der Ausführung des Gesamt-Projekts war jedoch noch eine Reihe von großen Anständen zu beseitigen.

Zwar nahm sich die öffentliche Meinung in Bremen von vornherein mit Wärme des Projektes an. Die eigenartige Lage Bremens gegenüber seinen Mitbewerbern an Elbe und Rhein war der Bremischen Bevölkerung zu sehr ins Bewußtsein übergegangen, als daß letztere nicht mit raschem Blicke hätte erkennen sollen, wie der Vorschlag, Bremen für Seeschiffe bis zu 5 m Tiefgang erreichbar zu machen, für Bremens Handel und Verkehr ein hoch bedeutsamer sei. Wie sich der Mitbewerb unter den verschiedenen Häfen immer mehr verschärft hatte, so mußte es für Bremen von größter Wichtigkeit sein, seinen Seeverkehr den Konsumtionsund Produktionsgebieten um reichlich 9 Meilen näher zu rücken und damit die beim Bezug oder Versandt über Bremen erwachsenden Kosten thunlichst herabzumindern. Und zwar machte sich das Bedürfnis hierfür in erster Linie im europäischen Verkehr geltend, in welchem die Gesamtbezugskosten der Waren weniger hohe und daher auch die aus der Unvollkommenheit der Schiffahrtsverhältnisse zwischen Bremerhaven und Bremen erwachsenden Mehrkosten am stärksten fühlbar sind. Gerade dem europäischen Verkehr, welcher im Vergleich zum transatlantischen Verkehr an der Weser eine geringe Entwicklung aufzuweisen hat, trug jedoch das Projekt, Schiffen bis zu einem Tiefgang von 5 m das Heraufkommen zur Stadt Bremen zu ermöglichen, hauptsächlich Rechnung.

Dem entsprechend trat denn auch die Bremer Handelskammer, unter Darlegung der wirtschaftlichen Bedeutung des Projekts für Bremen und sein Hinterland, auf das nachdrücklichste für dasselbe ein, während Senat und Bürgerschaft zur thunlichsten Förderung eine Deputation für die Vorbereitung der Korrektion einsetzten.

Andererseits waren die für die Ausführung der Korrektion erforderlichen Mittel so erhebliche, daß an eine Flüssigmachung derselben bremischerseits nur gedacht werden konnte, wenn das Reich oder die Uferstaaten sich entschlossen, in Würdigung des bei der Korrektion in Frage kommenden Allgemeininteresses, dem Werke ihre Unterstützung zu teil werden zu lassen, sei es, daß dieselben größere Beiträge zu den Gesamtkosten gewährten, sei es, daß das Reich Bremen das Recht verlieh, behufs Wiederaufbringung der Kosten von dem aus der Korrektion Nutzen ziehenden Verkehr eine Abgabe zu erheben.

Diese Unterstützung wurde ihm in letzterer Richtung zu teil. Das auf Antrag Bremens erlassene Reichsgesetz vom 5. April 1886 bestimmt:

§ 1. Falls die freie Hansestadt Bremen eine Korrektion der Weser in der Strecke von Bremen bis Bremerhaven ausführt, welche Schiffen bis zu 5 Meter Tiefgang die Fahrt auf dieser Flußstrecke ermöglicht, so kann dieselbe von den Ladungen der die korrigierte Wasserstraße benutzenden, aus See nach bremischen Häfen oberhalb Bremerhavens oder von denselben nach See gehenden Schiffe, welche einen Raumgehalt von mindestens 300 Kubikmetern haben, eine Abgabe nach Maßgabe der für künstliche Wasserstraßen im Artikel 54 Absatz 4 der Reichsverfassung getroffenen Bestimmungen erheben.

§ 2. Der Reichskanzler bestimmt den Zeitpunkt, von welchem an die Abgabe erhoben werden darf.

Die Abgabe kann hiernach erst erhoben werden nach Fertigstellung der Korrektion; sie darf nur erhoben werden von aus See nach bremischen Häfen oberhalb Bremerhavens bestimmten oder von solchen Häfen nach See ausgehenden Ladungen, insbesondere also nicht von den für die oldenburgischen Häfen Brake und Elsfleth bestimmten oder von denselben ausgehenden Ladungen; sie darf schließlich in Gemäßheit des angezogenen Artikels 54 Absatz 4 der Reichsverfassung "die zur Unterhaltung und gewöhnlichen Herstellung der Anstalten und Anlagen erforderlichen Kosten nicht übersteigen."

Es frug sich nun, ob gestützt auf die Korrektionsabgabe Bremen das finanzielle Risiko der Korrektion übernehmen könne. Davon ausgehend, daß es angängig sein werde, von jeder aus See einkommenden oder nach See ausgehenden Tonne Guts, welche die korrigierte Weser im Verkehr mit bremischen Häfen benutzt, eine Abgabe in Höhe von einer Mark zu erheben, haben die Bremer Handelskammer (Eingabe derselben an Senat und Bürgerschaft vom Juni 1986) und mit ihr Senat und Bürgerschaft diese Frage bejaht. Der von den letzteren auf Grund der Ausführungen der Handelskammer vereinbarte Finanzplan nimmt an, daß im ersten Jahre nach vollendeter Korrektion der abgabenpflichtige Seeverkehr Bremens 500 000 Tonnen beträgt, sowie daß dieser Verkehr von da an jährlich im Durchschnitt um 40 000 Tonnen zunimmt, und kommt damit zu dem Ergebnis, daß bei einer Verzinsung des Anlagekapitals mit 31/2 Prozent im 28. Jahre nach vollendeter Korrektion die Einnahme aus der Korrektionsgebühr die Zinsen des Anlagekapitals begleicht und daß im 65. Jahre nach vollendeter Korrektion das Anlagekapital mit Zins und Zinseszins getilgt sein wird. Senat und Bürgerschaft haben sich bei Annahme dieses Finanzplans selbstverständlich nicht verhehlt, daß sich derselbe im wesentlichen nur auf Schätzungen stützt, andererseits aber vertraut, daß er sich im großen und ganzen bewähren werde. Dies Vertrauen darf wohl als ein berechtigtes angesehen werden, wenn man sich die Entwickelung des Verkehrs sowohl der Weserhäfen, wie auch der mit denselben in Wettbewerb stehenden Häfen an Rhein und Elbe vergegenwärtigt und wenn ferner in Betracht gezogen wird, daß Hand in Hand gehend mit dem Ausbau der Wasserstraßen Nordwestdeutschlands auch Bremen über kurz oder lang leistungsfähige Wasserwege nach dem Binnenlande zu Gebote stehen werden.

Der sich auf den Finanzplan stützende, der Bürgerschaft vom Senate unter dem 21. Juni 1887 mitgeteilte Gesetzentwurf, betreffend die Aufbringung der Mittel für die Korrektion der Unterweser, ist von der Bürgerschaft in ihrer Sitzung vom 29. Juni 1887 angenommen worden. (Als Gesetz publiziert im Bremischen Gesetzblatt unter dem 18. März 1888). In derselben Sitzung wurde dem Antrage des Senats entsprechend beschlossen, der mit der Vorbereitung der Korrektion betrauten Deputation nunmehr die Ausführung derselben zu übertragen.

Den vorstehenden Beschlüssen vorangehend war eine autoritative Prüfung und Begutachtung des Projektes seitens der Königlich Preußischen Akademie des Bauwesens veranlaßt worden. Dieselbe war durch das am 23. Juni 1886 abgegebene Gutachten der Akademie in befriedigender Weise erfolgt.

Aber noch eine andere Vorfrage hatte zum Austrage gebracht werden müssen. Bevor an die Ausführung gegangen werden konnte, hatten Preußen und Oldenburg, als die bei der Stromstrecke Bremen–Bremerhaven mitbeteiligten Nachbarstaaten, ihre Zustimmung zu derselben zu erteilen. Die dieserhalb zu führenden Verhandlungen waren mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft wegen der von den Interessenten dieser beiden Staaten erhobenen Entschädigungsansprüche. Dieselben sind zwar auf beiden Gebieten sehr ähnlicher Natur, ihre Behandlung ist jedoch dadurch eine sehr verschiedenartige geworden, daß in Preußen auf

Grund des Enteignungsgesetzes vom 11. Juni 1874 die sämtlichen Entschädigungsansprüche geregelt werden können, und hierdurch der am 12. Februar 1887 geschehene Abschluß des am 5. Juli/21. Juli 1887 ratifizierten Vertrages sehr erleichtert wurde, während in Oldenburg bei dem Fehlen eines auf derartige Fälle anwendbaren Gesetzes über die einzelnen Forderungen der Interessenten schon vor Abschluß des am 22. November 1887 zustande gekommenen und am 21. Februar/1. März 1888 ratifizierten Vertrages eine kommissarische Einigung erzielt werden mußte. Was den Inhalt dieser Verträge anlangt, so mögen über denselben hier nur einige allgemeine Angaben gemacht werden, was sich um so mehr empfehlen dürfte, als zur Zeit noch in keinem der beiden Staaten eine definitive Feststellung dessen, was zur Abwendung der von der Korrektion befürchteten Schäden geschehen soll, erfolgt ist.

Dies vorausgeschickt, waren in dem Korrektionsprojekte zwar die zur Einhaltung einer genügenden Abwässerung der Marschen nötigen Änderungen vorgesehen, jedoch war dabei von der Reichskommission als stillschweigend angenommen, daß die darüber etwa hinausgehenden besonderen Ansprüche von Privaten oder Genossenschaften aus den Mitteln der betreffenden Staatsregierungen ihre Befriedigung finden würden, indem zweifellos infolge der Korrektion der Unterweser auch manche lokale Verbesserungen bestehender Verhältnisse in den Uferdistrikten in Anregung kommen müssen, und während der Aufstellung des Projekts der Glaube fast allgemein war, daß dasselbe auf gemeinsame Kosten der Uferstaaten zur Ausführung kommen werde. Nachdem nun aber Bremen die Ausführung allein übernehmen mußte, erschien dasselbe auch verpflichtet, alle ung ünstigen Folgen auf sich zu nehmen.

Als eine besondere, bei der Projektierung von keiner Seite geltend gemachte, ungünstige Folge wurde von Seiten verschiedener Marschdistrikte das wegen der verstärkten Flutbewegung stärkere Hinaufdrängen des Salzwassers hervorgehoben. Es sollte hierdurch das in trockener Jahreszeit bisher und insbesondere zum Tränken des Viehes übliche Einlassen von Weserwasser in die Marschgräben demnächst nicht mehr oder nur mit Nachteil und Gefahr für den Viehstand möglich sein.

Wenn nun auch mit Hülfe von hydrotechnischer Berechnung nachgewiesen werden konnte, daß die an jeder Stelle eintretende Verschlechterung des Weserwassers oder die Verschiebung des Salzgehaltes nur eine sehr geringe, und zwar höchstens um etwa 5–6 Kilometer bemerkbare sein werde, so war doch von Seiten der beteiligten Interessenten eine Anerkennung dieser für Laien nicht verständlichen Berechnung nicht zu erwarten und es wurde daher bremischerseits in den kommissarischen Verhandlungen mit Preußen und Oldenburg vorgeschlagen, längere Zeit hindurch, und zwar vom unkorrigierten Zustande der Weser bis zur Vollendung der Korrektion, das Weserwasser an vielen Punkten regelmäßig auf seinen Salzgehalt zu untersuchen. Dies geschieht seit Juni 1887 an den Punkten Bremerhaven, Nordenhamm, vor dem Üterlander Siel zwischen der Luneplate und dem Festlande, vor dem Neuenlander Siel in der Nähe von Eljewarden, bei Sandstedt, bei Käseburg und bei Rekum, und zwar so, daß an jedem Sonnabend bei Hochwasser, mit gleichen flaschenartigen und erst unter Wasser zu öffnenden Gefäßen in 1½ m unter der Oberfläche des Wassers geschöpft wird. Dieses Wasser wird sodann von dem Direktor der Moorversuchsstation in Bremen einer genauen chemischen Analyse unterworfen.

Obgleich die während der Sommerzeit von Anfang Juni bis Oktober 1887 in dieser Weise angestellten Untersuchungen nur den Zustand vor der Korrektion angeben können, so gewähren doch schon ihre Resultate, gegenüber der bisher nur sehr unvollkommenen Kenntnis der einzelnen Thatsachen, ein sehr klares Bild von der Vermischung des Salzwassers mit dem Süßwasser und sie gestatten ferner, unter gewissen Voraussetzungen, einen genügend sicheren Schluß hinsichtlich der zu befürchtenden Verschlechterung des Wassers durch die Korrektion.

Die Resultate der bisherigen Untersuchungen sind sowohl in der Tabelle XI als auch in der Figur 13 in graphischer Weise dargelegt, wobei zunächst zu bemerken ist, daß auch an 3 Sielen das eingelassen e Wasser geschöpft und untersucht ist, sowie ferner, daß auch einige Messungen bei Niedrigwasser stattgefunden haben. Aus diesen Zusammenstellungen ergiebt sich nun folgendes:

Die Salzgehalte von Juni bis Oktober 1887 sind Maximal-Werte, weil bei Hochwasser gemessen, während die bei Niedrigwasser gemessenen sehr viel niedrigere Werte zeigen. (Vergl. Linie vom 10. Septbr. 1887.) Das Einlassen des Wassers in die Siele geschieht zwischen Hoch- und Niedrigwasser. Aus 14 Beobachtungen ergaben sich für 3 Siele als Durchschnitt die in dem Längenprofil eingetragenen Werte. Thatsächlich kommen dabei einzelne Maximalwerte den Mengen bei Hochwasser gleich.

Die bei weitem größte Anzahl der Messungen in der Weser stimmt in dem Verhältnis der Abnahme nach oben so überein, daß die graphische Mittellinie leicht und sicher zu ziehen ist. (Siehe blau schraffierte Linie.)

Um zu sehen, wie weit die Verschiebung der Salzmengen durch die Korrektion erfolgt, sind die zwei Linien der mittleren Wassermengen (aus Fig. 4) in Verbindung mit der Linie der bisherigen mittleren Salzwerte zu bringen, so daß danach durch einfache Verhältnisrechnung die Linie der dem nächstigen Salzmengen zu konstruieren ist, wenn angenommen wird, daß der Vermehrung des Wassers die Zunahme des Salzes entspreche. Diese Annahme ist offenbar ungünstig, da die Vermehrung des Wassers vorzugsweise aus einem verstärkten Rückstau des Oberwassers entsteht.

Alsdann ergiebt sich, daß diese neue Linie eine ähnliche Lage wie jene ältere annehmen muß, jedoch sich der vermehrten Wassermenge entsprechend weiter nach oben hin verschiebt oder überall jener Vermehrung entsprechend größere Mengen Salz zeigt.

Es ergiebt sich aber auch mit überzeugender Sicherheit, daß die Vermehrung der Salzmengen oberhalb Sandstedt eine so unbedeutende ist, daß weder für das Einlassen des Wassers noch für Außenländereien dort noch ein Schaden entstehen kann. Ersteres ist besonders durch Vergleichung mit den bisherigen thatsächlichen Salzmengen im Binnenlande ersichtlich.

Es kann also schon für mehr als ausreichend gelten, wenn Bremen sich in dem oben erwähnten Vertrage Oldenburg gegenüber verpflichtet hat, für die linksseitigen unterhalb Brake belegenen Marschdistrikte schon von Klippkanne ab die Ausführung eines Süßwasserkanals auf seine Kosten, und zwar gegen eine Pauschalsumme von 2 188 000 Mark zu bestreiten, wogegen die weiter übernommene Verpflichtung, für den Fall des Nichtgenügens dieser Einrichtung eine nachträgliche Verlängerung des betreffenden Kanals aufwärts bis Käseburg zu beschaffen, zwar zur Beruhigung der genannten Distrikte eingegangen werden mußte, in Wirklichkeit aber kaum zur Tracht kommen dürfte, indem ihre Voraussetzung als außer dem Bereiche aller Wahrscheinlichkeit liegend angesehen werden darf.

Für das rechtsseitige, größtenteils Preußische Ufer ist zu ähnlichem Zweke noch kein bestimmtes Projekt aufgestellt und vereinbart worden.

Von allgemeinem Interesse ist ferner noch die mit der Oldenburgischen Regierung getroffene Übereinkunft, im Warflether Arme, von Motzen bis zur Einmündung in die korrigierte Weser unmittelbar am linksseitigen Ufer einen Kanal von mindestens 10 m Sohlenbreite und 1 m Tiefe unter ordinär Niedrigwasser des Projekts zu belassen, wobei es Bremen freisteht, diesen Kanal durch Kammerschleusen von mindestens 4 m Weite und 1 m Tiefe unter Niedrigwasser des Projekts abzuschließen. Es dient also diese Bestimmung dazu, nach der übrigens angenommenen gänzlichen Verlandung des Warflether Armes dem ganzen linksseitigen Weserufer daselbst die Zugänglichkeit mit kleinen Schiffen zu erhalten. Desglei-

chen ist zu erwähnen, daß im Gegensatz zu dem Korrektionsprojekt, jedoch im Interesse der Schiffahrt von und zur Stadt Elsfleth, sowie des Verkehrs nach der an der Westergate belegenen Strecke, die Offenhaltung der beiden kleinen Nebenarme, des sog. Woltjen Lochs oder der Rövers Gate und des Rekumer Lochs, in bestimmter geringer Profilweite von Bremen zugestanden werden mußte.

Da es für Bremen von der größten Wichtigkeit sein mußte, die Ausführungs-Arbeiten so bald als möglich zu beginnen, um namentlich schon im Oktober 1888 bei Eröffnung des neuen, als Freibezirk dienenden und zu rund 30 Millionen Mark veranschlagten Hafens an der Stadt eine merkliche Vertiefung des Weser-Fahrwassers zu erlangen, so war demselben auf seinen Antrag von Preußen und Oldenburg auf Grund der kommissarischen Verhandlungen gestattet worden, schon vor endgültiger Regelung aller Entschädigungen die Arbeiten in gewissem Umfange und unter besonderen Bedingungen zu beginnen. So wurde von Preußischer Seite die von Bremen gewünschte Durchschlagung des rechtsseitigen Armes hinter dem Harrier Sande und Großen Pater etc., sowie die Ziehung des Leitdammes von der Frühplate bis zum Harrier Sande nur unter der Einschränkung gestattet, daß einstweilen der schmale Arm zwischen Ripken Plate und Nonne offen gelassen und ferner vor dem Hammelwarder Sand eine 200 m breite Wasserfläche mit einer mindestens 10 m breiten und 1 m unter Niedrigwasser tiefen Rinne offen gehalten werden solle, damit die Marschgebiete auf dem Preußischen Ufer ihre Entwässerung, Zuwässerung und Zugänglichkeit für kleine Schiffe nach wie vor bis zur endgültigen Regelung dieser Verhältnisse behalten würden.

Desgleichen wurde von Oldenburgischer Seite die von Bremen beantragte Durchschlagung des Armes hinter der Strohhauser Plate, in welchem zur Zeit der Verhandlungen die Stromrinne 13 m unter ord. Hochwasser tief war, bis zur Abschließung des Vertrages nur insoweit zugestanden, daß noch mindestens 5,5 m Tiefe unter Hochwasser in der Fahrrinne bleiben solle, so lange nicht etwa in dem rechtsseitigen Arme eine solche oder größere Tiefe hergestellt sei. Ferner wurde die Durchschlagung des Warflether Armes zwar mit einer niedrigen Schwelle einstweilen gestattet, aber eine Ablagerung von Baggergut in demselben bis zum Abschluß des Vertrages versagt, während von Preußischer Seite außerdem noch eine der vorläufigen Absperrung entsprechende Baggerung im Rönnebecker Arme gefordert wurde.

Unter diesen, die Ausführung zwar etwas erschwerenden Bedingungen konnte Bremen im Sommer 1887 an die eigentliche Arbeit gehen, nachdem die zur Vorbereitung der Korrektion niedergesetzte Deputation bereits im November 1886 die Vorschläge des Oberbaudirektors auf Beschaffung der zunächst notwendigsten Baggergeräte genehmigt hatte. Bei der Beschaffung dieser Geräte waren die nachstehenden Gesichtspunkte maßgebend gewesen. In der Voraussetzung, daß die eigentliche Baggerarbeit in Regie getrieben werden müsse, weil dabei die häufig notwendig werdenden Änderungen in der Disposition, sowie die Schwierigkeit in der Bestimmung der Leistung nicht wie bei Unternehmerarbeit in Betracht kommen, wurden sowohl die nach Tab. IX berechneten Erdmassen, als auch die Zahl der Stellen, an denen gleichzeitig gebaggert werden muß, der zu beschaffenden Zahl und Größe der Bagger zu Grunde gelegt und zwar erstere einstweilen auf 8 Stück bestimmt. Die Größe wurde wie folgt bestimmt: Nach Abzug der durch die Strömung zu beseitigenden oder durch Grabung zu bewegenden Erdmassen sind etwa 18 Millionen Kubikmeter zu baggern. Sodann ist eine 6jährige Bauzeit, und in jedem Jahr eine Arbeitszeit von 200 Tagen angenommen, woraus sich eine täglich zu beschaffende Leistung von 15 000 cbm ergiebt. Unter weiterer Annahme von Nachtbetrieb, jedoch nur 15 Stunden täglicher reiner Arbeitszeit, wegen der unvermeidlichen Störungen, sind also in 1 Stunde zu baggern 1000, oder zur Sicherheit mit 10 % Aufschlag 1100 cbm. Es waren demnach in Aussicht zu nehmen für die 4 Hauptstrecken und für stündliche Leistung:

```
      Bremerhaven-Brake
      2 Bagger zu je 200 cbm = 400 cbm

      Brake-Lienen
      2 " " 150 " = 300 cbm

      Lienen-Vegesack
      2 " " 100 " = 200 cbm

      Vegesack-Bremen
      2 " " 100 " = 200 cbm
```

also 8 Bagger mit zusammen 1100 cbm stündlicher Leistung, während jedoch zu aller Sicherheit die erste Baggerklasse (C) mit je 250, die zweite (B) mit je 180 und die letzte Klasse (A) mit je 120 cbm stündlicher Leistung in Bestellung gegeben sind.

Von dieser Zahl war einer von 120 cbm bereits bei Ausführung des Durchstichs in der Langen Bucht angeschafft. Von den übrigen wurden zunächst von Klasse C und A je einer, von Klasse B dagegen zwei zu Anfang des Jahres 1887 auf Grund von öffentlicher Submission in Bestellung gegeben und zum Teil im Oktober und November 1887 abgeliefert und in Thätigkeit gesetzt.

Für die Beseitigung des gebaggerten Bodens sind nur für die oberen Strecken und die kleineren Bagger A gewöhnliche, mit Dampfern zu schleppende Klappenprahme von 40 cbm, für die unteren Strecken und die größeren Bagger B und C dagegen Dampfprahme von 100 und 200 cbm Tragfähigkeit angenommen. Gleichzeitig mit den zuerst bestellten Baggern wurden nur 12 Schlepprahme, sowie bezw. 2 und 4 Dampfprahme in Bestellung gegeben, um unter Mitbenutzung geliehener älterer Prahme den verhältnismäßig geringen Baggerbetrieb im Herbst 1887 gerade noch aufrecht erhalten und für die weiter zu beschaffende größere Zahl der Prahme noch nützliche Erfahrungen machen zu können. Nachdem dies gegen Ende 1887 geschehen war, wurden weitere 12 Schlepprahme, 12 Dampfprahme D von 100 cbm und 4 derselben E von 200 cbm in Submission gegeben. Nur bei letzterer Art machte sich das Bedürfnis einer besonderen Vorrichtung geltend, um den leeren Prahm besser steuern zu können. Im Übrigen haben sich alle Prahme gut bewährt.

Für das Schleppen der gewöhnlichen Prahme waren bis Ende 1887 angeschafft oder in Bestellung gegeben 2 größere und 3 kleinere Schleppdampfer (darunter 1 alt) von etwa 65 bis 190 Pferdekräften und je ca. 32–42 000 Mark Kosten; ferner mußten für die dienstlichen Wege der bauleitenden Ingenieure, sowie namentlich für die häufigen Peilungen (S. w. u.) eine Anzahl Dampfbarkassen beschafft werden. Hiervon waren Ende 1887 4 vorrätig und 3 weitere anzuschaffen beschlossen. Je nach den verschiedenen Strecken waren dieselben mehr oder weniger seetüchtig und tiefgehend, alle aber mit starken Maschinen ausgerüstet. Endlich wurde schon im Winter 1886 ein Bereisungs-Dampfer für die häufigen Fahrten des Oberbaudirektors und seines Assistenten sowie für gelegentliche Reisen der Deputation bestellt.

Tabelle X giebt eine Zusammenstellung der im Winter 1887/88 vorhandenen und in Bestellung gegebenen Bagger und Fahrzeuge.

Gleichzeitig mit den ersten Beschlüssen über Beschaffung der Baggergeräte und Schiffe erfolgte auch die Anstellung des zunächst nötigen Personals. Dasselbe wurde zum kleineren Teil schon im Winter 1886, größtenteils im Laufe des Jahres 1887 angenommen und umfaßt i.W. außer dem bereits erwähnten, die Ausführung leitenden Oberbaudirektor und seinem Assistenten: 1 Regierungs-Baumeister mit 7 Bau-Ingenieuren und 1 Maschinen-Baumeister mit 1 Schiffbau-Ingenieur. Je nach Bedürfnis sind diese Beamte zeitweilig in Bremen im Zentralbureau, meistens jedoch auf den verschiedenen Baustrecken verteilt, wobei Brake als Mittelpunkt ein größeres Bureau besitzt und als der gewöhnliche Aufenthalt der beiden Baumeister in Aussicht genommen ist. Außer diesen technischen Oberbeamten sind nach Bedürfnis Bauaufseher, Buchhalter und Schreiber, sowie Schiffsführer, Maschinisten, Heizer und Matrosen, teils mit festem Engagement, teils als in Tagelohn stehend, angenommen. Die sämtlichen Beamtenstationen an der Unterweser wurden im Herbst 1887 telephonisch mit dem Zentralbureau in Bremen verbunden.

Die ersten wichtigeren Arbeiten des Personals bestanden zunächst auf dem Centralbureau im Verarbeiten der Pegelbeobachtungen seit Aufstellung des Projekts aus den Jahren 1880 bis zur neuesten Zeit, sodann in Peilungen des ganzen Stromgebiets zwischen Bremen und Bremerhaven. Es mußten nämlich zur Sicherheit die aus den Jahren 1875 bis 1879 stammenden Grundlagen des Projekts auf ihre Brauchbarkeit für die Ausführung geprüft und besonders die veränderlichen Tiefenverhältnisse durch neue Peilungen festgestellt werden. Danach hatten sich z. B. die beiden abzuschneidenden Arme hinter der Strohhauser und Dedesdorfer Plate sehr ungünstig verändert, indem sie von bezw. 11 und 10 m größter Tiefe unter Hochwasser (also rund 3 m geringer bei Niedrigwasser) auf bezw. 13 und 16 m gewachsen waren.

Als für die sichere Ausführung absolut notwendig wurde von der Bauleitung die öftere Wiederholung der Peilungen in jedem Jahre erklärt, und zwar mindestens zweimal für die ganze Flußstrecke und außerdem noch nach Bedürfnis an jeder besonders wichtigen Baustelle, z.B. neben Durchschlägen. Es muß nämlich als Grundsatz einer solch ausgedehnten Korrektion gelten, daß der leitende Ingenieur jederzeit auch die kleinsten inneren Vorgänge in dem ganzen Strome erkennen soll, damit die geeigneten Maßregeln mit größter Sicherheit getroffen werden können, und damit namentlich die in so großem Umfange erhoffte Mitwirkung des Stromes auch thatsächlich erfolge.

Damit die Peilungen jederzeit leicht mit den älteren verglichen werden können, sind in regelmäßigen Abständen von 500 m ganz bestimmte Querprofile zu beiden Seiten des ganzen Flusses gemessen und durch Pfähle und zeitweilig durch Baken festgelegt.

Die in diesen Linien gemessenen Tiefen werden sowohl in Form von Querprofilen als auch in Lageplänen von 1:4000 zu Horizontalkurven zeichnerisch dargestellt, so daß namentlich durch letztere und kräftig getuschte Karten eine sehr deutliche Vergleichung sich ergiebt. Es sei hier bemerkt, daß auch unterhalb Bremerhaven die Wasserstrecke bis zur Jungfernbake jetzt seitens der Unterweserkorrektion jährlich zweimal gepeilt werden wird, während sie früher nur je alle 2 Jahre abwechselnd von Preußen und Bremen gepeilt wurde. Die älteren bis 1814 zurückreichenden Karten dieser Strecke ergeben, daß in der Größe und Form der Querprofile eine bedeutende und nicht zu erklärende Schwankung besteht.

Da die eigentlichen Korrektionsbauten dem Projekte gemäß vorzugsweise aus Faschinenbusch und zwar besonders in Gestalt von Sinkstücken ausgeführt werden, so wurde auch mit den vorbesprochenen Maßregeln die Anschaffung der nötigen Materialien so frühzeitig angeordnet, daß sofort nach erteilter Genehmigung der Nachbarstaaten und zwar im Monat Juli 1887 die ersten baulichen Arbeiten in Angriff genommen wurden. Diese bestanden im wesentlichen aus der Durchschlagung der zunächst oberhalb des Harrier Sandes abzweigenden beiden Arme, so daß nach der in den letzten Jahren fast gänzlich vollendeten Verlandung zwischen dem kleinen Pater und der Nonne nur noch der zwischen letzterer und der kleinen Ripken Plate vorhandene schmale Arm wirksam blieb. (S. oben.) Gleichzeitig wurde von der Einmündung der Hunte bis etwa zum kleinen Pater abwärts die hier besonders seichte Barre kräftig mittels Baggerung angegriffen und auch seitlich durch Herstellung der obersten Strecke des etwa bei der Frühplate beginnenden rechtsseitigen Leit dammes zum Abtreiben gezwungen. Um die Einmündung des einstweilen auf der rechten Seite offen bleibenden Armes unterhalb der Ripken Plate regelrecht zu gestalten, wurde ferner in Verlängerung des Ufers dieser Plate bis zum gedachten Leitdamm eine aufwärts gerichtete Buhne vorgetrieben, welche die Wirkung des Leitdammes merklich unterstützte. Durch vorgenannte Arbeiten war gegen Ende des Jahres die Fahrtiefe der fraglichen Flußstrecke, welche bisher als größtes Schiffahrtshindernis galt, um etwa 1 m vergrößert.

Sodann wurde zur Abschwächung des ganzen sich rechts hinter dem Harrier Sande hinziehenden Armes die linke Hälfte desselben zwischen dem genannten Sande und der

Nebelplate durchschlagen. Der etwa 300 m breite und eine weiche Sohle besitzende Arm war in letzterer Zeit der eigentlich wirksame geworden, während der rechts von der Nebelplate belegene Arm fast verlandet war, aber nach dem Abkommen mit Preußen einstweilen wieder eröffnet werden mußte. Zu diesem Zwecke ist daselbst zeitweilig ein kleiner gemieteter Bagger in Thätigkeit gesetzt und schließlich gegen Ende des Jahres eine schmale Rinne mit dem geradeauslaufenden Pumpenbagger (B I) hergestellt. Der Durchschlag im anderen Arme machte wegen des dort vorhandenen weichen Untergrundes und der fast bei jeder Ebbe und Flut zeitweilig eintretenden Spiegeldifferenz von etwa 0,5 m große Schwierigkeit, indem häufig Versackungen und Durchbrüche eintraten, die aber gegen Ende 1887 bis auf eine absichtlich gelassene Öffnung von etwa 20 m stets wieder geschlossen wurden.

Gegen Anfang August 1887 wurden ferner die beiden großen Durchschläge hinter der Strohhauser und der Dedesdorfer Plate in Angriff genommen und zwar so, daß zunächst durchschnittlich 2 Schichten Sinkstücke je von etwa 0,7 m Höhe durch die bis Niedrigwasser reichenden tiefen Rinnen jener Arme eingelegt wurden. Die untere Schicht bestand aus 2 Reihen von je rund 13 m breiten Sinkstücken, erhielt also 26 m Breite, die obere bestand aus einer einfachen Reihe. Alle Sinkstücke waren meistens nur 10 m in der Breite des Stromes gemessen. Um die Wirkung dieser Durchschläge zu verstärken, wurde, sobald der Bagger A I, C I und B II geliefert waren, mit entsprechender Baggerung in dem Hauptarme begonnen, wodurch schon bald die Schiffahrt auf dem linken Arm neben der Strohhauser Plate in den rechten verwiesen werden konnte. Oberhalb der abzuschneidenden Arme wurden die Leitdämme vom linken Ufer thunlichst weit, wenn auch zunächst nur mit einer einzigen Schicht Sinkstücken vorgetrieben. Gegen Ende des Jahres 1887 bis zur Mitte April 1888 mußten wegen des Winters alle Arbeiten auf diesen Bauplätzen eingestellt werden.

Die letzte erst gegen November 1887 in Angriff genommene Arbeitsstelle war im Warflether und Rönnebecker Arme, woselbst nur in dem oben angegebenen geringen Umfange gearbeitet werden konnte. Die dort erwähnte Schwelle wurde am unteren Ende des Armes mittels Senkfaschinen in etwa 1,0 m Höhe hergestellt. Der Erfolg war aber auch hier, wie an den andern Stellen, trotz der kurzen Arbeitszeit ein sehr günstiger.

D.

Erläuterungen.

Tabelle n. Zur Aufklärung des scheinbaren Widerspruchs zwischen den als normal bezeichneten Wasserständen der Tabellen II, IV-VIII und den Jahresmitteln der Tabelle III muß in Erinnerung gebracht werden, daß in den Jahren 1879–1881 das Projekt zur Korrektion der Unterweser entworfen wurde. Es sind dem Projekte damals die Wasserstände der Periode 1870–1879 zu Grunde gelegt und diesen Wasserständen entsprechen die Zahlen in den Tabellen. Seit 1879 hat aber, wie aus der Tabelle III ersichtlich, eine bedeutende Senkung der Jahresmittel des Oberwassers stattgefunden. Inwiefern diese Senkung auf eine durch Korrektionsarbeiten bewirkte Vertiefung des Strombetts der Weser schließen läßt, ist schwer zu entscheiden. Wahrscheinlich ist sie zum großen Teil einem geringeren Zufluß des Oberwassers zuzuschreiben. Die Tabelle III zeigt nämlich, daß bei Intschede, 34,9 km oberhalb Bremen, die Wasserstände sich in den Jahren 1879–1887 beinahe ebensoviel gesenkt haben, als bei der großen Weserbrücke. Gleiche Resultate giebt die Betrachtung älterer Perioden. Das Mittel von 1860–1869, 1870–1879, 1880–1887 ist bei Intschede resp. 1,29, 1,11, 0,94 und am Pegel der großen Weserbrücke 0,96, 0,73, 0,45. Ist, wie hieraus mit Wahrscheinlichkeit

hervorgeht, ein geringerer oberer Zufluß die Hauptursache, so kann man die niedrigen Stände der letzten Jahre nicht als dauerhaft betrachten. Vielmehr hat man längere periodische Schwankungen anzunehmen, wie solche auch bei anderen Flüssen beobachtet worden sind. Es erschien also nicht erforderlich, neue, den augenblicklichen Verhältnissen mehr entsprechende Berechnungen zu machen, um so weniger, weil das dem Projekt zu Grunde liegende Mittel von 1870–79 zwischen den Mitteln von 1860–69 und 1880–87 liegt.

Die in den Tabellen und im Text angegebenen Entfernungen der Pegelstationen sind die von 1879. In späteren Veröffentlichungen, welche sich auf neuere Zustände beziehen, werden bei den Angaben der Entfernungen, u.A. die Abkürzung infolge des Durchstichs der langen Bucht (1060 m), sowie sonstige etwa durch die Korrektion bewirkte Veränderungen in Betracht gezogen werden.

Der selbstregistrierende Pegel am Weserbahnhof wurde erst im Dezember 1885 in Betrieb gesetzt. Für die Jahre 1879–1885 (Nov.) sind die Wasserstände berechnet aus den Angaben des bis 1885 bestandenen selbstregistrierenden Pegels am Sicherheitshafen, mit Berücksichtigung des durch gleichzeitige Beobachtung ermittelten Unterschieds in den Angaben der beiden Pegel. Am Sicherheitshafen ist bei niedrigen Ständen bis etwa + 1,5 m Br. Null das Niedrigwasser 9 cm und das Hochwasser 1 cm niedriger als am Weserbahnhof. Die kleine Weser hat nämlich kein Gefälle, so lange sie durch das Parallelwerk von der großen Weser getrennt bleibt, und es wird also am Sicherheitshafen derselbe Wasserstand beobachtet als 600 m unterhalb, wo die Vereinigung der beiden Arme stattfindet. Ferner mußte noch der Höhenunterschied der Nullpunkte der beiden Pegel in Betracht genommen werden. Es liegt der Nullpunkt des Pegels am Weserbahnhof gleich Bremer Null, am Sicherheitshafen 0,6 m + Bremer Null. Wenn das Parallelwerk überschwemmt ist, giebt es keinen Unterschied in den Wasserständen bei den beiden Pegeln. Es ist also für Stände über + 1,5 m Bremer Null nur der Unterschied in der Höhenlage der Nullpunkte berücksichtigt.

Flutkurven in Fig. 6, 7, 8, 9 und 10. Die Flutkurven der 7 Stationen des Gebiets zwischen Bremen und Bremerhaven sind im Maßstabe von Fig. 6 und 7 durch die selbstregistrierenden Pegel aufgezeichnet, und zwar auf je einem eine ganze Woche umfassenden Blatte. Von diesen Originalen sind sie, nach einer etwaigen Correktur hinsichtlich genauer Übereinstimmung in der Zeit, wie Fig. 8 und 9 zeigen, untereinander aufgetragen. In diesen Zusammenstellungen, deren einzelne Blätter also je eine Woche umfassen, sind die Nullpunkte der betreffenden Pegel, nach deren Entfernung in der Linie des Flusses, nach bestimmtem Maßstabe (in den Originalen ist für alle Darstellungen stets derselbe Maßstab beibehalten) untereinander gezeichnet. Die Flutkurven sind von den Originalen gepaust. Die senkrechten Zeitlinien sind im Original nach ganzen Stunden gezeichnet, so daß bei einiger Übung eine Schätzung nach etwa 5 Minuten möglich ist. In den Zusammenstellungen sind ferner die hauptsächlichsten Mondphasen sowie ungewöhnliche Winde angegeben. Es ergiebt sich darnach aus diesen, für das Projekt ein volles Jahr (1879) umfassenden Zusammenstellungen deutlich die Wirkung der Stellung von Mond und Sonne, sowie von den starken Winden. Ersteres namentlich aus Fig. 8, woraus sowohl die halbmonatliche als auch die tägliche Ungleichheit ersichtlich, letzteres namentlich aus Fig. 9, in welcher das Verhalten einer hohen Flut zu erkennen ist.

Aus diesen Beobachtungen eines ganzen Jahres wurden zunächst alle durch hohes Oberwasser, Eisstand, Sturmflut u. s. w. hervorgerufenen Erscheinungen ausgeschieden. Von den übrig bleibenden wurden 2 Gruppen abgesondert, welche man in der Weise zusammenstellte, daß ihre Mittelwerte am Bremer Pegel resp. 0,73 m den mittleren Jahreswasserstand, und 0,00 m den mittleren Sommerwasserstand der Periode 1870–79 ergaben und daß die Abweichungen der einzelnen Beobachtungen vom Mittelwert nur unbedeutend waren. Für

die anderen Pegelstationen wurden sodann die zu den beiden Gruppen gehörenden Mittelwerte der Höhen des Hoch- und Niedrigwassers und der Eintrittszeiten dieser Stände durch Rechnung bestimmt. Mit Hülfe dieser Mittelwerte und einer großen Anzahl auf Pauspapier in eine Figur zusammengetragenen Flutkurven, welche diese Werte möglichst nahe enthielten, wurde die Form der mittleren Kurven jedes Orts konstruiert. Auf diese Weise sind zunächst die in Fig. 6 und 10 dargestellten gemittelten Kurven ("vor der Korrektion") entstanden. Es erschien nämlich zweckmäßig, sowohl die bei dem mittleren Jahres-Oberwasser von + 0,73 m am Bremer Pegel eintretenden normalen Fluten, als auch die bei dem mittleren Sommer-Oberwasser von 0,0 m an demselben Pegel erscheinenden und in der oberen Flußstrecke stärker hervortretenden normalen Fluten darzustellen und den weiteren Berechnungen zu Grunde zu legen.

In Fig. 6 und 7 sind die normalen Flutkurven bei niedrigem Oberwasser = 0 in Bremen ohne Rücksicht auf die Entfernung der Stationen, jedoch bezogen auf ein und denselben Horizont und in Originalgrößen zusammengetragen. Diese beiden Figuren machen den Unterschied der Flutkurven vor und nach der Korrektion besonders anschaulich.

Die Flutwellenlinien Fig. 2 und 3 des ganzen Flutgebiets zeigen für bestimmte Zeitpunkte die Lage des Wasserspiegels. Es genügt, um die Schwankungen der Oberflächen ohne merklichen Fehler von Zeit zu Zeit darzustellen, daß für diese Zeitabschnitte je eine Stunde genommen wurde. Indem mit dem Eintritt des Hochwassers zu Bremerhaven begonnen wurde, konnte genau jede zu dieser Zeit an den anderen Pegelstationen vorhandene Höhe durch den Schnittpunkt der vertikalen Stundenlinie mit der Kurve des betreffenden Ortes gefunden und in das Längenprofil eingetragen werden. Ebenso wurde für jede Stunde vor oder nach dem Hochwasser in Bremerhaven die betreffende Spiegelhöhe an jedem anderen Punkt gefunden. Da aber die normale Flut- und Ebbe-Dauer zu Bremerhaven 5 Stunden 57 Minuten bezw. 6 Stunden 28 Minuten beträgt, so mußte die von Niedrigwasser zu Bremerhaven ausgehende Flutwelle von den beiden nächst vorhergehenden der Zeit nach nur um 57 bezw. 28 Minuten entfernt sein. In den Originalen sind der besseren Deutlichkeit wegen die beiden Perioden in zwei getrennten Figuren unterschieden. Die einzelnen Flutwellenlinien sind aber auch dort, wie in den Figuren 2 und 3 durch allmählich übergehende Farben unterschieden, so daß die bei Hochwasser in Bremerhaven vorhandene Flutwelle rein blau, die bei Niedrigwasser daselbst auftretende Welle aber rein gelb erscheint, während die bei Flut oder vor Hochwasser in Bremerhaven auftretenden Linien von Gelb durch Rot nach Blau und die bei Ebbe oder nach Hochwasser erscheinenden Linien von Blau durch Grün nach Gelb gefärbt sind.

Daß zwischen den benachbarten Pegelstationen die betreffenden Teile der Flutwelle gradlinig ausgezogen sind, ist allerdings als eine nur unvollkommene Darstellung zu betrachten, weil thatsächlich nur allmähliche Übergänge zwischen den einzelnen Teilen der zu einer Welle gehörenden Linie vorkommen können. Wenn man nicht etwa die Pegelstationen noch wesentlich näher setzen will, so kann man aus den vorläufig gradlinig gezeichneten Flutwellen mit größter Wahrscheinlichkeit die thatsächlich gekrümmten Linien konstruieren. Diese Arbeit ist aber ziemlich umständlich und dennoch nur von geringer Bedeutung, weil die benachbarten krummen Linien fast genau die gleichen Flächen zwischen sich einschließen als die von Stunde zu Stunde gezogenen gradlinigen.

Um nun die jeweiligen Oberflächen zwischen je zwei Pegelstationen zu bestimmen, sind vom höchsten bis zum niedrigsten Spiegel in Abständen von 0,1 m die Oberflächen der einzelnen Strecken nach den Maßstäben der Karten und Querprofile berechnet und tabellarisch zusammengestellt, so daß nötigenfalls durch Interpolation leicht die zu einer bestimmten Wasserhöhe zugehörige Oberfläche zu finden war.

Wassermengen. Somit konnte durch Multiplikation der einzelnen Strecken-Oberflächen mit ihren zugehörigen Schwankungs-Höhen das in einer Stunde oder einem Teil derselben ein- oder ausfließende Wasserquantum berechnet werden. Der Übersichtlichkeit wegen sind dann alle diese Berechnungen der Wassermengen nach einem Schema vorgenommen, wovon nachstehend in Tabelle VI ein Beispiel, und zwar für die 6. Stunde vor Hochwasser in Bremerhaven, gegeben ist.

Zu dieser tabellarischen Berechnung, deren einzelne Zahlen sich teils direkt aus den betreffenden Zeichnungen, teils aber erst durch einfache Rechnungsoperationen ergeben, ist nur noch zu bemerken, daß die Wassermengen der Nebenflüsse Ochtum, Lesum und Hunte nach den dafür vorliegenden besonderen, hier nicht weiter ersichtlichen Daten ermittelt und an den entsprechenden Stellen der Wassermenge der Weser hinzugerechnet sind. In den Bemerkungen sind z. B. die einzelnen Faktoren der Hunte, wo deren zeitweilig in Frage kommende Länge in verschiedene Teile geteilt ist, in Zahlen angegeben.

In dieser Weise sind also zunächst die sämtlichen einzelnen Stunden (bezw. Teile von Stunden) vor und nach Hochwasser in Bremerhaven berechnet und zwar zunächst für normale Flut und mittleres Jahres-Oberwasser bezw. mittleres Sommer-Oberwasser, sodann aber auch für normale Flut und hohes Oberwasser, für hohe Fluten und mittleres Oberwasser, für kleine Flut und normales Oberwasser u. s. w.

Nebenbei sei hier schon bemerkt, daß in gleicher Weise für die spekulativ ermittelten Flutkurven, welche nach der Korrektion eintreten werden, unter Zugrundelegung der projektierten Breiten, auch die nach der Korrektion für mittlere Verhältnisse sich ergebenden Wassermengen für jede Stunde berechnet sind.

Aus diesen einzelnen Stunden-Tabellen sind sodann die Wassermengen, Querprofile und Geschwindigkeiten in andere, die ganze Ebbe und Flut einer bestimmten Tide umfassende Tabellen zusammengetragen, wovon Tabelle VII ein Beispiel, und zwar für mittleres Oberwasser und normale Flut, giebt. Während die Zahlen dieser Tabelle sämtlich Mittelwerte für eine gewisse Stunde angeben, aber dabei die Schwankung der betreffenden Größe deutlich erkennen und, wie in Fig. 5 geschehen ist, graphisch bequem auftragen ließen, ist noch in einer anderen Tabelle VIII, die durchschnittlich während einer ganzen Tide für jede Pegelstation stattfindende Größe von Wassermengen, Querschnitt und Geschwindigkeit berechnet und zusammengestellt. Nach dieser Tabelle sind sodann in Fig. 4 die betreffenden Durchschnittswerte graphisch aufgetragen und zu kontinuierlichen Linien verbunden.

Um aus der Wassermenge die Stromgeschwindigkeit zu finden, ist die erstere durch das für die betreffende Zeit vorhandene Querprofil zu dividieren, wobei nur auf die Veränderlichkeit der Profilgrößen zu achten ist. Es ergiebt sich aus der ganzen Entwicklung, daß die Stromgeschwindigkeit als eine Funktion der Fortschrittsgeschwindigkeit anzusehen ist. Als wesentlichstes allgemeines Resultat dieser Betrachtungen über die Wassermenge ergiebt sich ferner die Schwierigkeit der genauen Bestimmung, aber außerdem, daß die nicht unbedingt feststehenden Größen, aus denen die bewegte Wassermenge sich zusammensetzt, die Oberflächen und die Schwankungen, durch ihre etwaige Vergrößerung eine weit mehr als im einfachen Verhältnisse stehende Vermehrung der Wassermen en ge hervorbringen.

In der Figur 4 sind mit verschiedenen Farben die für den Durchfluß des Wassers wirksamen Breiten im Hoch- und Niedrigwasser, ebenso die Querschnittsgrößen unter diesen beiden Spiegeln, ferner die Hoch- und Niedrigwasserlinien für normale Verhältnisse, endlich die Tiefen jedes Querprofils und zwar sowohl die mittlere Tiefe des ganzen Querschnitts als auch die größte oder Fahrwassertiefe eingetragen. Die aus den einzelnen Querprofilen sich ergebenden und auffallend rasch wechselnden Stücke sind

I. Tabelle der Geschwindigkeiten und Wassermengen der Oberweser an der Flutgrenze.

in sorgfältiger Weise zunächst für die größeren zwischen den Pegelstationen liegenden Strecken gemittelt und sodann für das ganze Flutgebiet in kontinuierlichen Linien so gezeichnet, daß in diesen die einzelnen lokalen Unregelmäßigkeiten verschwinden und nur die großen Verhältnisse sichtbar bleiben. Ebenso sind endlich die mittleren Wassermengen und Geschwindigkeiten eingetragen.

E. Tabellen.

		Bemerkungen					0,73 m war der mittlere Jahreswasserstand von 1870—1879.		Für die Stände von	Stücke nach den Kur-	ven der graphischen Darstellung ermittelt		Höchster Wasserstand 27. Dezember 1880.	Höchster Wasserstand 13. März 1881.	100	um direkt, in der Weser selbst, gemessenen 5150 com sind aber nach 1000 com hinzuzurechnen, welche oberhalb Bremens auf den linksseitigen Abfluss gefunden haben und erst durch das Ochtum-Thal wieder in die
negi		des	ganzen	Stromes	chm	150	296	340	580	006	1470	2500	2690	3150	0,1	gemessenen 3190 cbm oberhalb Bremens auf durch das Ochtum - Th
Wassermengen	= M	der	kleinen	Weser	chm	0	0	0	0	0	540	1035	1070	1240		alb Bre das C
Was		der	großen	Weser	cbm	150	596	340	580	900	930	1465	1620	1910		gemes oberh t durch
Geschwindigkeiten in m pro Sek. Querschnittsgrößen		des	ganzen	Stromes	шb	293	387	418	543	899	1320	1523	1566	1624		selbst, welche nd erst
hnitts	= F	der	kleinen	Weser	шb	1	I	1	1	1	510	583	009	620	#	Weser chnen, aben un
Querso		der	grofsen	Weser	шb	293	387	418	543	899	810	940	996	1004		Zu den als Maximum direkt, in der cung noch bis etwa 1000 cbm hinzuzure ndereien seitlichen Abfluss gefunden ha gelangt sind.
o Sek.	es ganzen Stromes		Ober- fläche Mittel	νm		0,52	92,0	0,81	1,07	1,30	1,13	1,17	1,72	1,94		kt, n m hir gefun
m br	des ganzen Stromes	an der	Ober- fläche	٨		29'0	96'0	1,04	1,35	1,65	1,40	2,09	2,10	2,00 1,90 2,24 1,94	;	dire 30 cb fluss
iten i	kleinen Weser		im Mittel	ΔM	in Metern	0	0	0	0	0	1,06	1,76	1,79	1,90		imum va 10 n Ab
digke	der kleinen Weser	an der	Ober- im	٨	in M	0	0	0	0	0	1,32	2,13	2,15	2,00	;	als Maximum dire i bis etwa 1000 cb seitlichen Abfluss sind.
hwin	der großen Weser			ΔM		0,52	92'0	0,81	1,07	1,30	1,18	1,56	1,69	2,41		n als och b n sei t sine
Gesc	der groß Weser	an der	Ober- im fläche Mittel	٨		29'0	96'0	1,04	1,35	1,65	1,43	1,90	2,02	2,28		n del ing no dereie gelang
	star egel erbrü	d i	380 /		н	0	0,73	1	81	æ	4	ıQ	5,22	5,54		Zu den als Maximi Schätzung noch bis etwa Uferländereien seitlichen Weser gelangt sind.

II a. Tabelle der mittleren Tiden nach Höhe, Dauer, Fortschrittszeit und Geschwindigkeiten **vor** der Korrektion.

Normale Flutwelle bei mittlerem Jahreswasserstand

= 0,73 m an der grossen Weserbrücke.

	g der		n am gel	lse	18	Da d	ue: er	r		rtsc			gesch	chritts- windig- des
der Profile nach Orten	Entfernung Profile	I. Niedrig- wasser	II. Hoch- wasser	Flutgröfse	FI	ut	Eb	be	I. Niedrig	wassers	II. Hoch-	wassers	I. Niedrig- wassers	II. Hoch- wassers
	km	m	m	m	Std.	Min.	Std.	Min.	Std.	Min.	Std.	Min.	m pr	o Sek.
1. Bremerhaven	00.00	0,26	3,56	3,30	5	57	6	28						
2. Brake	26,93 14,80	0,97	4,11	3,14	5	0	7	25		42 30			4,30	9,50
3. Farge	8,67	1,07	3,02	1,95	4	17	8	8		42			2,74 1,40	5,30 3,52
4. Vegesack	8,54	1,02	1,93	0,91	3	16	9	9		56			2,54	4,07
5. Hasenbüren	8,46	0,84	1,10	0,26	2	55	9	30		39			1,42	1,50
6. Bremen Sicherheitshafen	1,63	0,56		0,10	2	50	9	35						,
7. Bremen gr. Weserbrücke		0,73	0,73	0	_	-	_	-	Fl	utg	rena	ze.		
Zwischen Bremer- haven u. Bremen, gr. Weserbrücke	69,03								7	29	4	23	2,50	4,27

Normale Flutwelle bei niedrigem Oberwasser

= 0 an der grossen Weserbrücke.

1. Bremerhaven	22.00	0,26	3,56	3,30	5	57	6 28		40				0.50
2. Brake	26,93	0,97	4,11	3,14	5	0	7 25		42		47	,	,
3. Farge	14,80	0,98	3,02	2,04	4	17	8 8		30			2,74	5,30
4. Vegesack	8,67	0,76	1,79	1,03	3	32	8 53		34	_	39	1,50	3,70
5. Hasenbüren	8,54	0	0,60	0,60	3	13	9 12	-	34	_	7	4,10	20,30
6. Bremen	8,46	-0,43	-0,12	0.31	3	2	9 23	.1	37	1	33	1,45	1,50
Sicherheitshafen 7. Bremen	1,63	-0.15	0,02			56	9 29		32	_	28	, .,	, ,
gr. Weserbrücke		0,10	0,02	0,11	_		0 20	F			halb		weiter
Zwischen Bremer-													
haven u. Brem en gr. Weserbrücke	69,03							7	31	4	20	2,50	4,40*

^{*} Mittlere Fortschrittsgeschwindigkeit mit Beachtung der Länge der einzelnen Strecken.

II b. Tabelle der mittleren Tiden nach Höhe, Dauer, Fortschrittszeit und Geschwindigkeiten nach der Korrektion.

Normale Flutwelle bei mittlerem Oberwasser

= 0,73 m der grossen Weserbrücke.

	g der	Höhe Pe		se.	:	Da d	ue: er	r	2	rtsc eit	de	8	gesch	chritts windig t des
Bezeichnung der Profile nach Orten	Entfernung Profile	I. Niedrig-	II. Hoch-	Flutgröfse	FI	ut	Eb	be	I. Niedria	wassers	II. Hoch-	Wassers	. Niedrig- wassers	II. Hoch- wassers
	km	wasser m	wasser	m	Std.	Min.	Std.	Min.	Std.	Min.	Std.	Min.	_	o Sek.
1. Bremerhaven		0,26	3,56	3,30	5	57	6	28				_		0.0
2. Brake	26,96	0,76	4,11	3,35	5	43	6	42	1	4		50		9,0
3. Farge	14,80	0,28	3,07	2,79	5	35	6	50	-	38	-	30	6,5	8,2
4. Vegesack	8,67	-0,01		1,94		59		26	1	3	-	27	2,3	6,1
5. Hasenbüren	8,54	-0,02		1,12		45		40		40	-	26	3,6	5,5
	8,46			1					1	-	-	57	2,4	2,5
6. Bremen Sicherheitshafen	1,63	0,34	1	0,32		42		43	_	19	-	5	1,4	5,03
7. Bremen gr. Weserbrücke	6,82	0,60		0,20	4	28	7	57	_	_		_	_	_
8. Habenhausen		0,60	0,60	0	_	-	_	-	Fl	utg	ren	ze.		
Zwischen Bremer- haven u. Bremen, gr. Weserbrücke	69,03								4	44	2	55	4,0	6,6*

Normale Flutwelle bei niedrigem Oberwasser

= 0 an der grossen Weserbrücke.

1. Bremerhaven	22.02	0,26	3,56	3,30	5 57	6 28			- A	0.0
2. Brake	26,93	0,76	4,11	3,35	5 43	6 42	1 4 -	50	7,0	9,0
3. Farge	14,80	0,28	3,07	2,79	5 35	6 50	- 39 -	30	6,5	8,2
4. Vegesack	8,67	-0,31	1,85	2,16	5 29	6 56	-24	18	6,0	8,0
5. Hasenbüren	8,54	-0,75	0,60	1,35	5 25	7 _	- 23 -	- 19	6,1	7,5
6. Bremen	8,46	-0,66	-0,12	0,54	5 24	7 1	- 22 -	- 21	6,3	6,7
Sicherheitshafen 7. Bremen	1,63	-0,38	0,02	0,40	5 22	7 3	- 5-	- 3	5,3	5,03
gr. Weserbrücke 8. Habenhausen	6,82	-0,32	-0,32	0			- - - Flutgre	-		
Zwischen Bremer- haven u. Bremen, gr. Weserbrücke	69,03						2 57 5	223	6,5	8,0*

^{*} Mittlere Fortschrittsgeschwindigkeit mit Beachtung der Länge der einzelnen Strecken.

III. Verzeichnis der Wasserstände der Weser von Intschede bis Bremerhaven. Jahresmittel von 1879-1887.

	Int- schede		Haben- hausen		Bremen	Bre	Bremen		:	;		,		,		1	
	ober- halb	ober- halb	ober- halb	Gr. Wes	Gr. Weserbrücke		Weserbahnhof	Hase	Hasenburen	Veg	Vegesack	H g	Farge	Br	Вгаке	Breme	Bremerhaven
	Bremen 34,90 km	10,85 km	Bremen 6,80 km	HW.	NW.	HW.	NW.	HW.	NW.	HW.	NW.	HW.	NW.	нw.	NW.	нw.	NW.
1879	1,58	1,27	1,02	1,25	1,19	1,07	1,00	1,41	1,13	1,96	1,26	3,04	1,26	4,06	1,04	3,58	0,25
1880	1,44	1,12	98'0	1,03	68'0	0,94	0,82	1,19	0,87	1,93	1,16	2,97	1,06	4,11	1,01	3,61	0,35
1881	1,33	0,91	0,70	98'0	89'0	0,82	99'0	1,23	29'0	2,01	1,16	2,96	1,23	3,99	0,97	3,55	0,26
1885	1,24	68'0	0,62	0,73	0,64	0,62	0,47	1,01	96,58		0,94	2,94	101	4,13	96'0	3,57	0,28
1883	0,84	0,50	0,26	0,50	0,26	0,43	60'0	0,87	0,27	1,81	0,81	2,98	1,04	4,19	1,04	3,52	0,24
1884	66'0	89'0	0,41	0,65	0,47	0,57	0,25	68'0	0,34	1,87	98'0	2,91	1,03	4,17	1,02	3,55	0,27
1885	98′0	0,52	0,26	0,35	0,15	0,19	-0,11	0,91	0,28	-	08'0	2,96	1,01	4,14	1,03	3,44	0,27
9881	0,55	0,27	10'0	0,18	70,0	-0,03	-0,45	0,72	0,10	1,65	0,63	2,79	0,91	4,09	1,02	3,45	0,25
1887	0,30	0,04	-0,24	10'0	-0,34	-0,16	89'0 -	19'0	-0.07	1,63	0,55	2,84	98'0	4,19	1,02	3,46	0,18

In vorstehender Zusammenstellung sind sämtliche vorhandene Angaben berücksichtigt, also auch die durch hohes Oberwasser, Sturmflut, Eis etc. beeinträchtigten. — Die Wasserstände sind bezogen auf die Nullpunkte der betreffenden Pegel.

IV. Tabelle der Fortschrittsgeschwindigkeiten und Fortschrittsdauer für Hoch- und Niedrigwasser bei verschiedenen Tiefen nach der Korrektion

bei normaler Flut und mittlerem Sommer-Wasserstand = 0 m Br. P.

nach Scott Russel's Formel $v = \sqrt{2gh/2}$.

Bezeichnung	Strecken				ohlenti b. für		2. B	a. für	ung mit Sohlen Niedrig- sser	tiefen b. für	efini- Hoch-
der Strecken	Länge der	tiefe = / unter NW.	Fortschritts- geschwin- digkeit	Fortschritts- dauer	Fortschritts- geschwin- digkeit	Fortschritts- dauer	tiefe = h unter NW.	Fortschritts- geschwin- digkeit	Fortschritts- Jauer	Fortschritts- geschwin- digkeit	Fortschritts- dauer
	km	m	m pr.Sk.	St. M.	m pr.Sk.	St. M.	m	m pr.Sk.	St. M.	m pr.Sk.	St. M
1. Bremerhaven - Brake .	26,93	5,0.	7,0	1 4	9,0	50	5,5	7,3	1 2	9,3	- 48
2. Brake-Farge	14,80	4,0	6,3	- 39	8,3	- 30	5,0	7,0	- 35	8,9	- 28
3. Farge-Vegesack	8,67	4,0	6,3	- 24	· 8,0	18	4,6	6,7	— 22	8,3	- 17
4. Vegesack - Hasenbüren	8,54	4,0	6,3	- 23	7,5	- 19	4,3	6,5	— 22	7,7	- 18
5. Hasenbüren - Sicher- heitshafen	8,46	4,0	6,3	_ 22	7,3	_ 21	4,4	6,6	_ 21	7,6	_ 18
6. Sicherheitshafen- Große - Weserbrücke, Bremen	1,63	4,0	6,3	_ 5	6,6	_ 3	4,1	6,3	– 5	6,7	-

V. Tabelle der berechneten Spiegelgefälle des Niedrigwasser vor und nach der Korrektion.

$$J = \left(0,00028 + \frac{0,00035}{R}\right) \frac{v^2}{R}.$$

Bezeichnung	Länge der		ndigkeit v		e Tiefe	Berechnet	es Gefälle J	Thatsächlich vorhandenes	Projektier- tes Gefälle
der Strecken	Strecken km	vor der Korrek- tion	nach der Korrek- tion		nach der Korrek- tion	vor der Korrek- tion	nach der Korrek- tion	Gefälle vor der Korrektion	nach der Korrektion
Bremerhaven-Brake	26,93	0,35	0,44	3,0	4,7	0,000019	0,000014	0,000020	0,000015
Brake-Farge	14,80	0,53	0,55	2,0	3,6	0,000064	0,000032	0,000070	0,000038
Farge-Vegesack	8,67	0,59	0,93	2,1	3,4	0,000073	0,000100	0,000130	0,000110
Vegesack - Hasenbüren	8,54	0,69	0,72	2,5	3,7	0,000080	0,000053	0,000120	0,000140
Hasenbüren - Sicherheits- häfen in Bremen	8,46	0,74	0,60	3,2	4,0	0,000066	0,000034	0,000095	0,000160
Sicherheitshafen - Haben- hausen	8,45	0,73	0,65	3,0	3,5	0,000072	0,000050	0,000175	0,000190

VI. Berechnung der Wassermengen und Geschwindigkeiten vor der Korrektion während einer Tide bei normaler Flut und mittlerem Oberwasser = 0,73 m Br. P. 6. Stunde vor Eintritt des Hochwassers in Bremerhaven.

										-						
Bezeichnung der Profile nach Orten	Nr. der Profile Britternung	seinensen je Reiffort S	Mittlere Breite swischen je reilforg S	Oberfläche zwischen je 2 Profilen	Mittlere Hebung d. Wasserspiegels bei Flut und Senkung bei Ebbe	Kubik - Inhait zwischen der jeweiligen Hebung oder Senkung	Perioden	Jew Jew Hebu Se des spi	Zeitdauer der jeweiligen Hebung resp. Senkung des Wasser-	Ober Sek.	Oberer Zuflufs	Unterer Abflufs += Ebbe, -= Flu im ganzen pr. Se	Abflufs - = Flut pr. Sek.	enseltstinnsreud elhor9 seb	Geschwindigkeit pro Sekunde	Bemerkungen
		.km	m	dm	m	cbm		W.	Sek.	cbm	cpm	cpm	cpm	dm		
Habenhausen	Н	188	ı	1	1	1	1	1	1	+ 296	+1012000	+ 1012000 +	967 + 0		320 0,92	
Bremen	01	1 63	106	340 000	10	10	1	22	3420	+ 296	+1012000	+ 1012000 + 1012000 +	0 + 296		92'0	386 0,76 Flutgrenze.
Bremen	ಣ	846	15.9	1 350 000 ± 0.09	1000	27 000	Ebbe	ž2	3420	+ 296	+1012000	+ 1012000 +	0 + 296	406	0,73	123
Hasenbüren	4	1 2	1 1 2	1 500 000 1 0,05	20, 10	8 18	Eppe	22	3420	+ 296	+1012000	+ 1012000 + 1039000 +	0 + 304	420	0,73	Hochwasser in Bremer- haven = 57 Min.
Vegesack	īĊ	8.67	388	$\frac{1360000 + 0.03}{2360000 + 0.13}$	- 0,03 + 0.13	+ 436 800	Ebbe	52	3420	+ 304	+304 + 1039000	$+\ 1114\ 000\ +\ 326$	1 + 326	565	0,58	Weser
						+132600	1	1	I	1	I	I	1	١	1	Ochtum und Lesum.
Farge	9	14,80	786 11 6	$-\frac{-}{11640000+0,25}$		+ 569 400 + 2 910 000	Ebbe 57	57	3420	+ 326	+ 326 + 1114 000	+ 1 683 400 + 492 1018 0,48	+ 492 -	1018	0,48	Weser.
Brake	2	1 803	86 93 1988 34	750 000 -012		+3113200	Ebbe 57	57	3420	+ 492	- + 1 683 400	+492 + 1683400 + 4796600 + 140225240,56	+1402	2524	0,56	Hunte (6550 \times 90 \times 0,19) + (19000 \times 40 \times 0,12) = + 203,200.
Bremerhaven	00		1			1	Flut	(37 57 (20	3420	+1402 -	$\begin{vmatrix} -1402 \\ -1 \end{vmatrix} + 4796600$	- 1105 800 	+17	- 6460 -	0,03	0,03 Ebbeströmung). 0,19 Flutströmung).
Habenhausen 1		6,82	1	ı	5. St	5. Stunde vor Eintritt des Hochwassers in Bremerhaven. $- - - + 296 + 1066 000 + 106$	intrit —	t de	s Hocl	1 wasse + 296	rs in Breme + 1066000	hwassers in Bremerhaven. + 296 + 1 066 000 + 1 066 000 + 296 320 0,92	0 + 296	320	0,92	6
			9					0	etc. etc.							

VII. Berechnung der Wassermengen und Geschwindigkeiten vor der Korrektion während einer Tide bei normaler Flut und mittlerem Oberwasser = 0.73 m Br. P.

Bezeichnung der Profile nach Orten	Wass men W. cl Querp F. q Geschi digk	ge bm rofil m win- eit m	I. :	vor Ei	in Bre ntritt de Bremerha	s Hoch		in		. Ebbe		des H			in	Summe der Wa in Kubikn während	netern	Dau de Flut- Strön	Ebbe- nung	Mittler Wasse menge Sek. Quersch und G schwind keit pro bei Flut-	nitt e- lig- Sek.	Wassermenge pro hnitt u. Geschwir ro Sek. während
	E. = 1 Fl. =	Flut	557	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	628	Ström	ung	Seku	nden	Strömu	ing s	Querso
	W. (296	296	296	296	296	296	296	296	296	296	296	296	296		13 231 200		44700		296	29
Habenhaus.		E.	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320					1	320	32
nabennaus.	v.)	1.	0,92	0,92	0.92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92						0,92	0,
	3.4. %		500000	-			2000	,	10.000		200	900	296	296	296		13 231 200		44700		296	2
1	W. [296	296	296	296	296	296	296	296	296	296		386	386		15 251 200		11100		386	3
Bremen (grofse Weser-	F. {	E.	386	386	386	386	386	386	386	386	386	386	386		0,76						0,76	0,
brücke)	v. l		0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76							100
1	W. (296	297	297	296	296	296	296	296	294	294	296	297	298		13 231 100		44700		296	2
Bremen {	F. {	E.	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406						406	
(Sicherheits- hafeu)	v.		0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73						0,73	0
nateu)	W .		304	308	305	300	296	300	289	274	275	294	307	305	307		13 269 800		44700		297	5
	W.]	-			412	408	404	400	412	424	436	432	428	424							418	4
Hasenbüren	F. {	E.	420 0.73	416 0,74	0.74	0.74	0.74	0.75	0.70	0,65					0,73						0.71	0
o. Vegesack	v.		326 565 0,58 492	333 542 0,62 500	325 519 0,62 441	312 496 0,63 201	473	272 460 0,60	176 527 0,33	604 0,33	293 660 0,43 570	657 0,50	634 0,54	611 0,54	588 0,57		13 262 800 15 866 700		32700		297 560 0,52 485	(
- 1	w. {	Fl.					(20) 52	124	282	58						1 732 800		12000)	144		
		(E.	1018	912	806	700	1				1664	1548	1326	1220	1124						1230	1
. Farge	F. (FI.					965	1230	1495	1760										1220		
		(E.	0,48	0,55	0,55	0,29	0,14				0.35	0.42	0.47	0.49	0,52						0,40) (
		FI:	0,40	0,55	0,00	0,20	0,05	0,10	0,19	0,03	,	0,10	0,21	0,20	0,02					0,12	1	
							0,00	0,10	0,10				2100	1700	1700		47 272 900		27600		1713	
	w.	(E.	1402		54(15)					828	2614	2071	2126	1790	1703	33 056 100	41 212 300	17100		1933	1113	1
		(Fl.		(f.45M	1.)1495	1764	2255	2307	1735							55 000 100				1000	0.300	
. Brake	F. <	E.	2524	2100						5068	4644	4220	3796	3372	2948					4000	3230	3
. Drake	F.	(Fl.			3054	4008	4962	5714	5492											4830		
		[E.	0,56	0,51	0,01					0,16	0,57	0,61	0,56	0,54	0,57						0,53	3 (
	v. '	FI.			0,49	0,44	0,45	0,40	0,30											0,40		
			404						200	0500	10324	0949	75.60	5659	3830		149 133 600)	24300		6137	6
	w. ·	E.	191 (37)	orac	10000	9050	9010	2050	306 (40)		10024	0240	1000	3000	3000	136 223 800	100 000	20400		6678		1
			(20)1275	2569	10223	8656	8013	6256	(20)5094					-	0.00			2020		0010	7890	9
B. Bremerhav.	F.	E.								10970	10056	9142	8228	7314	6460					11500	10000	1 9
. Diemernav.		Fl.	6460	7728	8996	10264	11532	12800	11884											11500		
		E. Fl.	0,03						0,03	0,60	1,02	1,01	0,92	0,77	0,60						0,78	3 (
1								0,50												0,58		

Bemerkung. Bei denjenigen Stunden, in welchen eine Zeitlang sowohl Ebbe- als auch Flutstrom auftritt, sind diese Zeiten durch die Zahl der Minuten () hinter bezw. vor der betreffenden Zahl der Wassermenge angegeben.

VIII. Tabelle zur Vergleichung der Wassermengen und Geschwindigkeiten

(im Mittel pro Sekunde während einer Tide)

von normalen, hohen und niedrigen Fluten vor und nach der Korrektion bei verschiedenen Oberwasserständen.

Bezeichnung der Profile nach Orten	mds D br C S									
der Profile nach Orten	0	I. Vor der	Vor der Korrektion	II. Nach de	II. Nach der Korrektion	rç	.6	7.	œ	ď
	re Wasse ro Sek. c schnitt u ndigkeit p rend der Tide	I. Normale Flut und mittleres	2. Normale Flut und niedriges	3. Normale Flut und mittleres	4. Normale Flut und niedriges	Hohe Flut am 18. Okt. 1879 und niedriges	Normale Flut am 21. Febr. 1879 und hohes	Hohe Flut am 21. Febr. 1879 und hohes	Niedrige Flut am 17. März 1879 und hohes	Normale Flut und
	q TauD Iiwhos	Oberwasser = 0,73 m Br. P.	Oberwasser = 0 m Br. P.	Oberwasser = 0,73 m Br. P.	Oberwasser = 0 m Br. P.	Oberwasser = 0,6 m Br. P.	Oberwasser = 3,0 m Br. P.	Oberwasser = 3,0 m Br. P.	Oberwasser = 0,3 m Br. P.	Oberwasser = 0 m Br. P.
,	W.	296	150	296	150	135	006	006	006	150
1. Habenhausen	표.	320	230	406	310	210	630	630	630	230
	۷.	0,92	0,65	0,73	0,49	0,64	1,43	1.43	1.43	0.65
	W.	596	150	297	150	127	900	006	006	150
2. Bremen	E.	386	280	540	480	1	ı	1	8 1	086
(gr. Weserbrücke)	۷.	92'0	0,54	0,55	0,40	ı	ı	I	I	0.54
	Μ.	506	150	297	150	124	006	006	006	151
3. Bremen	F.	406	325	580	460	330	029	029	029	395
(Sicherheitshafen)	۷.	0,73	0,46	0,50	0,33	0,38	1,34	1,34	1.34	0.46
	M	297	150	301	150	135	006	006	006	156
4. Hasenbüren . \	표.	418	350	590	510	400	620	620	628	350
J	Α.	0,71	0,43	15,0	0,31	0,34	1,45	1,45	1,45	0.44
	> 1	297	191	346	330	204	006	868	006	164
5. Vegesack	Ξ.	260	505	630	570	009	092	780	200	505
	Α.	0,52	0,32	99,0	0,53	0,34	1,19	1,15	1,28	0.32
	×	400	393	066	066	040	968	872	907	377
6. Farge	. ·	1230	1200	1340	1340	1450	1630	1800	1450	1200
	۷.	0,33	0,33	0,73	0,73	0,44	0,55	0,49	0.63	0.32
	W.	1800	1807	2670	2700	2456	1462	1894	1298	1865
7. Brake	F.	3900	3900	3390	3390	4700	4000	4160	3730	3900
	ν.	0,46	0.47	08'0	08'0	0,53	0,37	0,45	0.35	0.48
	W.	6400	6416	7510	0092	9217	6323	7236	5173	6542
8. Bremerhaven	Α.	9200	9200	0698	0698	11400	9400	9850	9100	9200
	۷.	99'0	99'0	98'0	0,87	0,81	29'0	0,74	0,56	29'0

IX. Tabelle der zu bewegenden Erdmassen.

Bezeichnung	Nummer	Länge		de Erdmassen er einzelnen strecken		nde Erdmassen Pegelstationen
der Strecken zwischen den Pegelstationen	der Arbeits- strecken	der Arbeits- strecken	über Niedrig- Wasser zu graben	von Niedrig- Wasser bis zur Sohle zu baggern oder durch Strömung zu entfernen	über Niedrig- Wasser zu graben	von Niedrig- Wasser bis zur Sohle zu baggern oder durch Strömung zu entfernen
		km	com	com	com	Com
	I.	9,300	3.840.500	9.729.600		
	II.	5,070	1.088.350	7.621.850		
	III.	6,530	1.316.800	8.349.150		
Bremerhaven-Brake .					6.767.350	29.553.450
	IV.	12,100	1.081.600	10.010.225		
	V.	6,850	_	4.341.300		
Brake-Farge					559.900	10.498.675
	VI.	4,440	_	2.354.800		
	VII.	2,700	_	1.147.000		
	VIII.	1,260	_	633.500		
Farge - Vegesack					_	4.135.300
	IX.	8,250	_	1.656.000		
	X.	3,500	1.279.000	263,600		
Vegesack - Bremen					1.279.000	2.207.600
(Eisenbahnbrücke)	XI.	4,170	_	288.000		
v. BremerhavBremen	I.—XI.	64,17	8.606.250	46.395.025	8.606.250	46.395.025
			Summa 5	5.001.275	Summa	55.001.275

X. Zusammenstellung der für die Unterweserkorrektion beschafften Geräte und Fahrzeuge.

I. Abteilung: Bagger.

But	Dynamo-	31	-	7 65 50	5 65 50	10 65 50*		6 65 55	8 65 70	
Seleucht	smaschinen	dreh. Min.	. b .i	1	350	800		550	250	
Elektrische Beleuchtung	Betriebs	Tebni	-	1	150 120	130 100	_	225 120	225 175	
Elek	_	msldi	_	12	17	15		15	25	
	-1	sogen Sogen	9	0.1	03	67		62	67	
_		icheir	S		-	-	_	-	-	_
	Svatem	der	renerrohr	rückkehrend	vorgehend	do.		rückkehrend	rorgehend	
Kessel		ostfil.		1,4	6'0	1,43		2,56	1,548	
M	sels	eizfi. Kes	H H	9	35,4	37,9		9'62	53,2	
	nok n.	ndre n Atr	40	ő	2	2		10	-	
	ĮL	sznA	,	1	-	63		н	01	
	.gn.	drehi I. Min	mU i. d	145	145	300		8	110	
		문	mm	430	430	250		540	089	
nen	chm.	beil ruck	PH	475	475	400		780	250	
aschi	derdur	letti Jour	p w	1	1	1		200	1	
bsm	Cyline	ruck och-	p mm	275	275	250		275	130	
Hauptbetriebsmaschinen	B. d. Probe nach-	für jed. obm ge- fördert. Rodens	, to	ı	0,35	ı		0,65	0,45	
	Ge- samt-	stär- ke in	Pf.	20	20	150		170	200	
_		IABS		-	-	-		-	-	
9	doilbr	Stür	cbm	120	120	180		180	250	Co.
Eimer	±	IABZ		25 34	33	1	_	35	4 35	3e &
	1 4	=	cbm	0,2	0,2	ı	_	0,3	6,0	Figee
el	1	inD ggs8		2	2	80		00	6	homas
ren	But	gjelj	L g	1,25	1,25	1,50		1,50	0.1	H
Buns	9,	TieiT	н	2,9	2,8	2,4		3,3	3,2	von
Abmessungen	93	len8	В	0'2	6,85	8,5	8,7	9,00	8,8	bagger
A	ef	Lăn	m	35,2	32	25	31,5	32,8	42	enba
	,	Kiasse		A	A	В	B	bzw.	ပ	Pump
	Ė	A.		1	33	П	1		22	-

^{*} Pumpenbagger von Broduitz & Seydel.

II. Abteilung: Geschleppte Prahme.

					6	-61	Laderaum	aum	M	Klappen	_
Anzahi	Konstruktion	Länge	Breite	eleiT	nagîeiT	Ladefäh keit	Länge Breite Zahl Länge Breite an Deck der Einzeiklappen	Breite ck	Zahl	ahl Länge Brei der Einzeiklappen	Breite
		m	ш	п	п	cpm	m	m		ш	m
01	ohne Klappen	21	9'*	1,6	1,15	35	0,01	8,8	1	1	1
-	mit Bodenklappen	55	4,8	1,8	1,2	01	11,75	3,3	00	2,25	0,55

III. Abteilung: Dampfprahme, Schleppdampfer, Bereisungsdampfer und Vermessungsdampfer

			A	Abmessungen	Suns	ne		fie eg		Laderaum	raum	M	Klappen	g			Hauptbetriebsmaschinen	smas	chin	ne					×	Kessel
An-	Klasse	0	9	0	But	-ya	-n	agibi			1	3				Ge-	B. d. Probe nach-	Cylindurchm	ırchm.		.gn	1	ok .	ele	sle	
zahl	bezw.	Buğl	tiera	ileiT	gleiT	Schra nubne ssem	shoc ned ugiets	sohwin r Fah in Kn	stebs.	an D	Breite	der E	Einzelklappen	арреп	Zahl	stär- ke in	gew. Kohlenverb. für jede indic. Pf. f. d. Stunde	ruck och-	lied ruck	류	udenb I. Min	Anzah	mJA n	ileizilä Kess	ostflä Kess	System der Feuerrohre
		я	В	п	н	g E	я	ges	0	ш	m		ш	В		Pf.		РШ	n m	mm	mU i. d	-	10	din e	din din	
00	D	36	8'9	2,20	1,5	1,3	1,6	9	100	9'01	4,8	00	2,9	2'0	1	75	66'0	260	480	260	150	-	2	30,5	990'1	rückkehrend
4	D	35	8'9	2,40	1,5	1	1	9	100	16,0	4,5	1	1	1	Н	80	1	250	400	400	160	-	9	40	1,62	,E
03	D	35	0'2	2,35	1,5	1	1	9	100	1	1	I	1	1	П	100	ı	310	520	300	200	-	2	0#	1,16	R
4	R	45	8,0	3,0	2,0	1,3	1,1	9	200	1	ı	1	1	1	67	110	6'0	200	375	200	200	-	10	50,35	1,55	Paucksch rückk,
4	ы	45	6'2	3,0	2,0	1	1	9	200	25,0	2,8	12	3,0	8'0	67	130	1	270	9440	260	160	н	2	09	1,53	anges. Peuerb., rückk. Rohre
67	Nord und Süd	20	50	2,075	1,5	1,450	1,450 2,184	80	1	1	1	1	1	1	-	100	16'0	305	500	400	150	-	9	48,7	1,49	anges. Feuerb., rückk. Rohre
82	Ost und West	17,2	3,6	2,1	1,4	1	I	œ	1	1	1	1	1	1	-	65	ı	260	074	300	155	-	2	33	1,1	rückkehrend
1	Pony	15,5	3,4	1,6	1,4	1,250 1,	1,675	œ	1	1	1	1	1	1	П	65	I	234	415	254	200	-	9	23,7	0,85	r
-	Tide	58	4,6	2,55	1,4	1,3501	1,700	10	1	1	1	1	1	1	6.1	110	ca. 0,9	200	375	270	200	-	2	50,35	1,55	Paucksch rückk.
63	Ebbe und Flut	11	2,2	1,2	1,0	0,800	1,200	8	1	1	1	1	- 1	-1	П	25	ı	160	260	150	300	-	80	11	98'0	rückkehrend
1	Nipp	9,50	2,401,	1,40	1,0	008'0	1,200	61/2	1	I	1	1	1	1	-	15	ı	140	240	140	300	-	2	10	98'0	,
1	Spring	9,30	2,20	1,21	1,0	0,820	1,400	61/2	1	1	1	1	1	1	-	15	1	140	240	180	250	-	œ	10	0,35	anges. Feuerb., rückk, Rohre
03	Barkasse	13,0	3,1	1,7	1,0	1	1	œ	1	1	1	1	1	1	П	35	ı	180	300	200	220	-	2	18	1	rückkehrend
П	Peildampfer	17,5	3,8	2,1	$1,\tilde{5}$	1	1	œ	1	1	1	1	1	1	-	65	1	1	1.	1	1	ч	2	35	1	:

welche sich in den an verschiedenen Orten der Weser entnommenen Wasserproben befunden haben. XI. Zusammenstellung der in der Moorversuchsstation ermittelten Kochsalz-Mengen, Kochsalzgehalt in 10 000 Theilen Wasser.

Schöpfstelle		,				Ges	ьбрг	1887	7 bei	Geschöpft 1887 bei Hochwasser 1,5 m unter Oberfläche	Wass	1,5	un u	ter O	berflä	che	1				
		_	ııı			٠	Juli				A	August	3 6			2	September	MOC	1	_	OKT.
	4.	11.	18.	25.	જાં	6	16. 23.		30,	6.	ø.	8. 13.	- 50.	27.	 	HW.	NW.	17.	D. HW. b. RW. 17. 20. 24.	_	1.
Wasserständein Bremerhaven (3,54) (3,72)	(3,54)		(3,10)	(3,72)	$ \left (3,72) \left (3,38) \left (3,74) \left (3,16) \left (3,96) \left (3,42) \left (3,54) \left (4,25) \left (3,26) \left (3,78) \left (3,12) \left (3,79) \left (3,26) \left (0,47) \left (3,56) \left (4,26) \left (4,26) \left (3,56) \left (3,26) (3,26) \right (3,26) $	(3,74)	(3,16)	(3,96)	(3,42)	(3,54)	(4,25)	(3,26)	(3,78)	(3,12)	(3,79)	(3,26)	(0,47)	(3,56)	(4,26)	(3,32)	(3,56)
Bremerhaven 80,52 71,61	80,52	19'12	101,67	150,41	101,67 150,41 131,05 171,66 147,38 176,04 149,92 164,27	171,66	147,38	176,04	149,92	164,27		145,35	173,27	159,35	170,40	60,791	61,50	158,42	- 145,35 173,27 159,35 170,40 167,09 61,50 158,42 185,80 171,84	171,84	1
Nordenhamm . 24,39 35,40	24,39	35,40	28,68	77,84	28,68 77,84 53,48 108,75 77,70 115,76 74,93 81,20	108,75	77,70	115,76	74,93	81,20	1	70,70	102,27	83,55	104,85	90,15	21,24	١	70,70 102,27 83,55 104,85 90,15 21,24 — 146,21 105,27	105,27	84,05
Luneplate	1	1	8,40	21,85	25,28	25,28 37,69 36,77 39,87 35,23	36,77	39,87		27,72	ļ	39,72	39,72 51,86 39,93 66,74 54,48 57,55	39,93	66,74	54,48	57,55	52,46	I	54,71	49,51
Eljewarden	2,80	8,37	6,38		25,54 27,03 40,28 31,72 40,08 36,77 31,08	40,28	31,72	40,08	36,77	31,08	55,04	39,95	39,95 52,51 41,08 52,57	41,08	52,57	44,73	44,73 8,77	54,68	39,72	48,39	49,11
Sandstedt	0,58	1,14	1,10	6,43	5,27	10,27	8,61	10,34	6,53	5,93	10,05		10,12 12,62	8,22	10,04	12,79	1,27	19'2	١	7,33	16,92
Käseburg	0,49	99'0	0,73	1,35	1,65	3,13	1,98	2,41	1,70	1,63	3,23	1,83	3,16	1,70	6,26	3,77	1,07	3,10	6,91	1,45	4,48
Rekum	0,46	0,64	0,81	0,92	1,07	1,12	1,17	1,09	66'0	66'0	1,17	1,10	1,17	1,24	1,33	1,22	1,10	1,15	2,21	1,10	

Binnendeichs - Wasser.

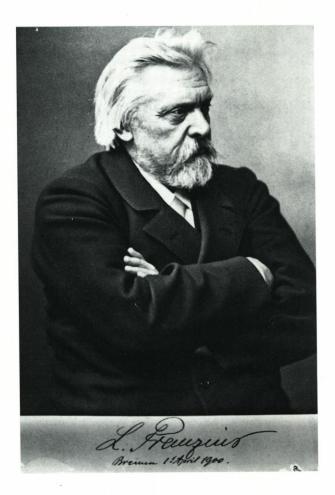
Flagbalger Siel	1	1	1	1	Mittel 45,47	42,27 34,39 41,58	34,39	41,58	ı	40,52 47,87 51,43 48,60 93,38	47,87	51,43	48,60	93,38	1	26,94	١	48,48 24,70	24,70
Kleinensiel	- 1	1	1	Ī	Mittel 28,49	31,11 25,89 23,83	25,89	23,83	ı	22,94 23,63 46,87 27,75 23,32	23,63	46,87	27,75	23,32	ı	30,93	I	26,32 30,85	30,85
Strobhausen	ı	1	1	ı	Mittel 10,04	13,63 10,76	10,76	5,51	1	69'9	3,25 7,70 11,03 21,87	02'2	11,03	21,87	ı	19'9	1	13,68 9,71	12'6

Ergänzende Anmerkungen zur Schrift "Die Korrekturen der Unterweser" von L. Franzius (von Dipl.-Ing. Jan Dirksen, Bremen)

Die Korrektion der Unterweser von 1887–95 nach dem Plan von Ludwig Franzius gilt auch heute noch als eine große Pionierleistung der sich entwickelnden Wasserbaukunst. Sie war zugleich mit einem hohen technisch-wirtschaftlichen Wagnis verbunden, denn Vorbilder für einen Eingriff in das Tidestromregime dieser Größenordnung gab es bis dahin nicht.

Die Genialität des Ostfriesen und – bis zu seiner Berufung durch den Bremer Senat – preußischen Wasserbauordinarius der Bauakademie Berlin bestand wohl darin, erstmals den Strom ganzheitlich zu betrachten. Vorgänger hatten sich vergeblich bemüht, das infolge Sturmfluten, Hochwasser und Eisbarrieren zunehmend durch Stromspaltungen und Bankbildungen verwilderte Gewässerbett als Fahrwasser zu erhalten. Alle örtlichen beschränkten Teilmaßnahmen gegen Rinnenverlagerungen und Auflandungen scheiterten, so daß in der alten Hansestadt ernsthaft befürchtet werden mußte, daß diese den Seehafenstatus endgültig verlieren könne.

Eine der modernen Handelsschiffahrt angepaßte seewärtige Zufahrt und leistungsfähige Hafenanlagen waren aber die unbedingte Voraussetzung für die Anerkennung eines Freiha-



fenstatus und damit – im beginnenden Industriezeitalter – eine notwendige Möglichkeit für Bremen, mit seinem Stadtbereich sich dem Zollgebiet des Deutschen Reiches anzuschließen.

Reichskanzler Bismarck lehnte jedoch den von Bremen vorgelegten, durch Oberbaudirektor Ludwig Franzius ausgearbeiteten Plan für eine umfassende Weserkorrektion als zu weitgehend ab. Damit entfiel eine Mitfinanzierung durch das Deutsche Reich. Bremen mußte nun die Ausbaukosten alleine tragen und somit das volle Risiko des Korrektionserfolges, wenn es als Seehafen- und Handelsplatz bestehen bleiben wollte.

Franzius gelang es nach langem Ringen, Senat und Kaufmannschaft von seinem Plan zu überzeugen.

Die Umgestaltung des verwilderten Flußbettes (Abb. 2) sollte so erfolgen, daß künftig überwiegend eine natürliche Räumkraft des Stromes die künstlich zu schaffende Rinne erhalten sollte. Dazu mußten alle Hindernisse und Unregelmäßigkeiten abgetragen und alle Stromspaltungen zumindest oberstromseitig durch Leitdämme abgeriegelt werden, um die kinetische Energie der einlaufenden Flutwelle so wenig wie möglich abzubauen. Die Zusammenfassung der Tideströmungen in einem vertieften Flußbett würde zwar ein Absinken der Tideniedrigwasserstände bewirken, die Hochwasserstände mußten jedoch erhalten bleiben, um das Ausbauziel, Bremen mit 5 m tiefgehenden Seeschiffen unter Ausnutzung des Hochwassers anzulaufen, zu erfüllen.

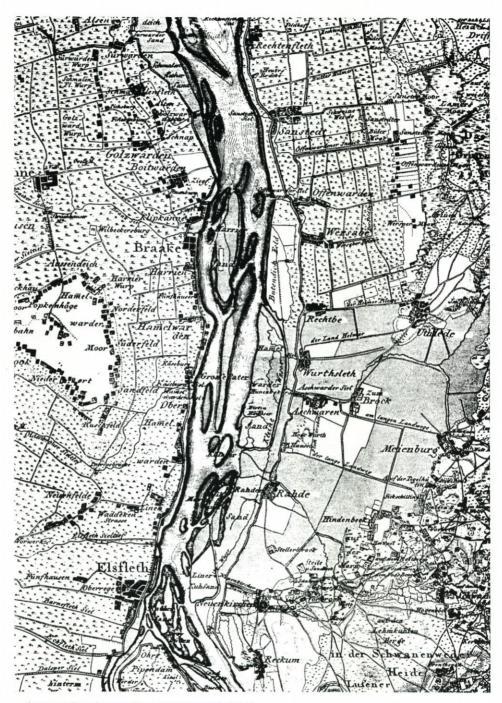
Um Sedimentation im Fahrwasser zu vermeiden, sollten die Gewässerquerschnitte stromab stetig entsprechend dem Tidevolumen vergrößert werden. Hiermit sollte eine möglichst gleichbleibende bzw. leicht zunehmende, betträumende Ebbstromgeschwindigkeit erzeugt werden. Ein bestimmtes Gesetz, so fand Franzius, besteht zwischen der komplexen Tidedynamik und der Gestalt des trichterförmig sich erweiternden Stromes für die geforderten Randbedingungen nicht. Ihm stand aber auch das sich schon bald überzeugend entwikkelnde hydraulische Modellversuchswesen noch nicht zur Verfügung. Franzius stützte sich allein auf jahrelange Naturbeobachtungen und wissenschaftlich betriebene Messungen und entwickelte hieraus eine Näherungsberechnung, deren Ergebnis sich voll bestätigen sollte.

Er traf zunächst Annahmen für die mittlere Tidehoch- und Niedrigwasserlinie zwischen Bremen und Bremerhaven und konstruierte hierfür in einem ersten Schritt örtlich zu erwartende Tidekurven. Hiermit führte er abschnittsweise von Bremen ausgehend die Berechnung der Tidevolumina (Kubizierung) in der Folge der geplanten künftigen Flußquerschnitte durch. Unter Zugrundelegung mittlerer Ebbstromgeschwindigkeiten konnte er diese Querschnitte stetig nach unterstrom in Flächengröße und Sohltiefe zunehmend bemessen.

In einem zweiten Schritt wurde für den aufgrund der Annahmen gestalteten "Stromschlauch" eine Berechnung des Spiegelgefälles für die Tnw-Phase durchgeführt mit dem Ergebnis, daß das projektierte Gefälle größer als das im o.g. ersten Näherungsschritt angenommene war. Hieraus war zu folgern, daß das MTnw an den untersuchten Pegeln tiefer abfallen würde als nach der Kubizierung und Querschnittsbemessung vorgesehen war, d.h., daß die Räumkraft durch höhere Geschwindigkeiten eher erhöht würde.

Die Unterweserkorrektion hat das Planungsziel vollständig erfüllt. Die veranschlagten Baukosten, 30 Mio Goldmark, wurden nicht überschritten. Dieses ist besonders bemerkenswert, weil nur die Hälfte der zu bewegenden rd. 50 Mio Kubikmeter Boden gebaggert, die andere Hälfte aber durch die vorausberechnete Räumkraft des Ebbstromes abgetragen werden sollte – ein Annahme, die in vollem Umfang eintrat.

Mit der hervorragenden Ingenieurleistung der "Weserkorrektion" begann Bremens Entwicklung und Aufstieg zu einer modernen Seehafenstadt. Für den Strombauingenieur sind die Arbeiten und Schlußfolgerungen des Ludwig Franzius, die auch bei den fünf nachfolgenden Ausbauten der Unterweser beachtet wurden, noch heute vom Grundsatz her richtungweisend.



Kartengrundlage: Karte von Nordwestdeutschland 1:86400 von v. Lecoq (1797 — 1813) Section IV. Vervielfältigt mit Erlaubnis des Niedersächsischen Landesverweitungsamtes — Landesvermessung — B 5 — 475/86.

Abb. 2: Stromabschnitt der Unterweser um 1800

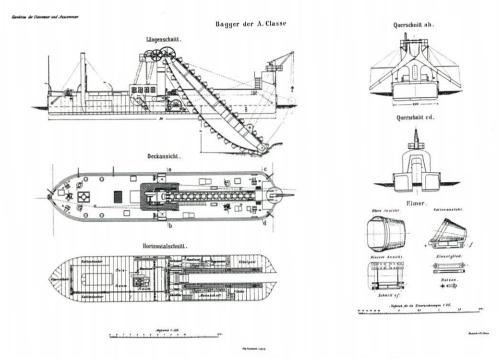


Abb. 3: Risse eines bei der Unterweserkorrektion eingesetzten Dampfbaggers



Abb. 4: Baggereinsatz bei der Unterweserkorrektion – Verspülen des Bodens am Ufer (Schwemmapparat)

"Über die Fluth- und Boden-Verhältnisse des preußischen Jade-Gebietes"*

Die Veränderungen, denen die Ufer der Jade noch gegenwärtig ausgesetzt sind, lassen keinen Zweifel, daß im Laufe der Zeit hier wesentliche Umformungen des Landes statt gefunden haben. Zwischen Weser und Jade giebt es nur hin und wieder eine natürliche Wasserscheide. Die Hochwasser beider Ströme würden das zwischenliegende Land überfluten und überströmen, wenn nicht die Deiche an beiden Seiten dieses verhinderten. Die tieferen Rinnen, welche beide Stromgebiete früher verbanden, bestehen noch.

In dem ausgedehnten Busen der Jade liegen einige Inseln, namentlich die Oberahnschen Felder, die von Jahr zu Jahr weiter abbrechen. Sie sind die Reste älterer Landestheile, die mit den Ufern zusammenhingen. Andrerseits findet beinahe rings um den ganzen Busen eine starke Verlandung statt, welche Gelegenheit giebt, die Eindeichungen nach und nach immer weiter auszudehnen und dadurch die Wasserfläche in festes Land zu verwandeln.

Die historischen Überlieferungen bestätigen diese Veränderungen. Ein großer zusammenhängender Busen der Jade entstand erst, als das Land bereits eingedeicht war, bei einer Sturmfluth im November 1218, wobei sieben Kirchspiele theils zerstört, theils vom festen Lande getrennt wurden. Die Verwüstungen setzten sich besonders in den nächsten Jahren fort, alsdann scheinen sie lange Zeit hindurch nicht vorgekommen zu sein, bis der Busen in der berüchtigten Antoni-Fluth 1511 ungefähr seine jetzige Gestalt annahm und besonders an der westlichen Seite sich ausdehnte.

Seit dieser Zeit haben keine bedeutende Einbrüche mehr stattgefunden, wenn auch an der nördlichen Seite des Busens die Deiche weiter zurückgelegt werden mußten, weil sie beim fortgesetzten Abbruche der Ufer nicht zu halten waren. Das südliche, östliche und besonders das westliche Ufer sind dagegen in starkem Anwachse begriffen. Im letzten Jahrhunderte ist im Ganzen hier etwa ein Drittel Quadratmeile neu eingedeicht. Die Verbindungen der Jade mit der Weser wurden schon im 16ten Jahrhundert vollständig geschlossen.

Bei allen Zerstörungen und Verlandungen ist die Fluth und Ebbe vorzugsweise wirksam. Wenn ein Seedeich bricht und die Fluth sich in die dahinterliegende Marsch ergießt, so treten Verwüstungen ein, die ohne Vergleich viel größer sind, als wenn ein Flußdeich durchbrochen wird. Die Niederung wird in diesem Falle nicht nur einmal mit Wasser überdeckt, vielmehr strömt dieses an jedem Tage zweimal aus und ein. Der Boden wird also immer von Neuem angegriffen und ausgespült, bis die Öffnung sich so verbreitet und vertieft hat, daß ohne heftige Strömung die Fläche dahinter sich sanft füllen und entleeren kann.

Außerdem führt die Fluth aber auch die erdigen Theilchen, welche das neue Land bilden, dem Jade-Busen zu. Das aus dem Binnenlande eintretende Wasser, auf einer kleinen Fläche gesammelt, und in den Entwässerungsgräben der Niederung zugeführt, enthält keine, oder doch nur sehr wenige Erdtheilchen.

Der Jade-Busen, soweit er bei gewöhnlichen Fluthen mit Wasser angefüllt wird, nimmt gegenwärtig eine Fläche von 3½ preußischen Quadratmeilen ein. Das gewöhnliche niedrige Wasser bedeckt in ihm dagegen noch nicht eine halbe Quadratmeile. Am Ende der Ebbe ist

^{*} Auszug aus dem Monatsbericht der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 16. Juni. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse. Lesung Hr. Hagen

eine Fläche nahe 2¾ Meilen groß, ein unzugänglicher Sumpf, der aus weichem Schlamme besteht. Indem der Fluthwechsel über 11 Fuß beträgt, so läßt sich übersehn, welche große Wassermasse bei jeder Fluth aus dem Meere diesem Busen zuströmt, und bei jeder Ebbe wieder zurückfließt. Hieraus erklärt es sich, daß der Schlauch der äußern Jade, in welchem diese Strömung erfolgt, wenn derselbe auch nicht regelmäßig begrenzt und sogar über 5 Meilen lang ist, dennoch in einer großen Breite und Tiefe sich dauernd erhält.

Ich gehe zunächst zur Beschreibung der Fluthverhältnisse über.

Zum Beobachten der Wasserstände wurde im westlichen Jade-Gebiete und zwar auf der Ecke zwischen dem nördlichen Ufer des Busens und dem westlichen Ufer der äußern Jade ein Pegel aufgestellt, und dessen Nullpunkt mit andern Festpunkten verglichen, um den Maßstab, falls er zerstört werden sollte, immer in gleicher Höhe wieder aufstellen zu können. Dieser Nullpunkt entspricht ungefähr dem Niedrig-Wasser zur Zeit der Springfluthen.

Seit dem 1. Juni 1854 sind alle Hoch- und Niedrig-Wasserstände, mochten sie bei Tage oder bei Nacht eintreten, gemessen worden. Nur in den beiden Wintern traten einige Unterbrechungen ein, indem zweimal der Pegel durch das Eis zerstört wurde, und zuweilen das Eis während der Ebbe sich so dicht stellte, daß die Beobachtung des niedrigen Wassers nicht möglich war.

Aus den Messungen bis Ende Mai 1856 ergiebt sich der mittlere Stand, d. h. das arithmetische Mittel aller Wasserstände

des Hochwassers 12 Fuß 2,75 Zoll des Niedrigwassers 1 – 1,30 – daher der Fluthwechsel 11 – 1,45 –

Sucht man dagegen aus diesen Beobachtungen den gewöhnlichen oder wahrscheinlichen Wasserstand, das heißt denjenigen, der eben so oft überschritten, wie nicht erreicht wird, so findet man

das Hochwasser 12 Fuß 4 Zoll das Niedrigwasser 1 – 0 – also den Fluthwechsel 11 – 4 –

Die äußersten Grenzen des Hochwassers während dieser Beobachtungszeit sind 7 Fuß 3 Zoll und 23 Fuß 9 Zoll, und die des Niedrigwassers 1 Fuß 11 Zoll unter Null und 8 Fuß 5 Zoll über Null. Es ist also in diesen Jahren ein Unterschied im Wasserstande von 25 Fuß 8 Zoll vorgekommen, und das kleinste Hochwasser ist 1 Fuß 2 Zoll unter dem höchsten Niedrigwasser geblieben. Die höchsten bekannten Wasserstände traten bei Sturmfluthen am 25. December 1717 und am 3. Februar 1825 ein. Sie erhoben sich 13 Fuß und 13 Fuß 1 Zoll über gewöhnliches Hochwasser. Die anhaltend niedrigen Fluthen im März dieses Jahres (1856), die einmal sogar nur die Höhe von 7 Fuß 3 Zoll erreichten, scheinen zu den niedrigsten zu gehören, die je vorgekommen sind.

Berechnet man die mittleren und gewöhnlichen Wasserstände für kürzere Zeiträume, so ergeben sich Resultate, die von den obigen etwas verschieden sind. Bemerkenswerth ist es dabei, daß der Fluthwechsel oder der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser im Sommer etwas größer, als im Winter ist. Doch zeigt sich noch eine andre auffallende Abweichung. Im Jahre 1855 war der Fluthwechsel durchschnittlich um 4 Zoll größer, als 1854, und vergleicht man die sechs Monate Juni bis November in beiden Jahren, so ergiebt sich sogar, daß der Fluthwechsel im Jahre 1855 um 8,4 Zoll größer als 1854 gewesen ist. Diese Differenz bildet sich dadurch, daß 1855 das Hochwasser im Mittel um 1,6 Zoll höher, und das Niedrigwasser um 6,8 Zoll tiefer war.

Man darf die Ursache dieser Erscheinung kaum in der verschiedenen Richtung und Stärke des Windes suchen, denn die Beobachtungen ergeben sehr deutlich, daß das Hochwasser eben

so, wie das Niedrigwasser, davon gleichmäßig abhängig ist. Beide Linien, wodurch man die einzelnen Beobachtungen der Fluth und Ebbe verbindet, bleiben fast parallel.

Um zu erfahren, ob vielleicht an andern Orten ein ähnlicher Unterschied auch bemerkt sei, wendete ich mich an Hrn. Baudirector Hüße in Hamburg. Nach dessen Mittheilung ergiebt sich aber aus den in Cuxhaven angestellten Beobachtungen für dieselben Monate in beiden Jahren nur die geringe Differenz von 1,7 Zoll, indem dort 1855 das Niedrigwasser durchschnittlich um 1,8 Zoll tiefer sich stellte, als im vorhergehenden Jahre, das Hochwasser dagegen gleichfalls um 0,1 Zoll niedriger blieb.

Bei den wesentlichen Veränderungen, welche in dem Fahrwasser der untern Weser ohnfern ihrer Verbindung mit der Jade in diesen beiden Jahren eingetreten sind, darf man vielleicht voraussetzen, daß 1854 die untere Jade stellenweise durch Sandbänke verengt war. Hieraus würde es sich erklären, daß damals die Wasserstände der See sich in dem Jade-Busen nicht so vollständig darstellten, so wie auch daß der Unterschied bei niedrigem Wasser viel bedeutender war, als bei Hochwasser.

Im Vorstehenden ist nur von den durchschnittlichen Fluthhöhen die Rede gewesen, ohne daß dabei auf den Stand des Mondes gegen die Sonne Rücksicht genommen wäre. Auch an der Jade zeigt sich unverkennbar ein Unterschied zwischen Springfluthen und todten Fluthen, doch ist derselbe bei Weitem geringer, als an der französischen und englischen Küste. Während am Atlantischen Ocean, am Canale und zum Theil auch an der englischen Küste der Nordsee der Fluthwechsel bei Springfluthen ungefähr das Doppelte von dem der todten Fluthen beträgt, so sind an der Jade, wie auch an der Weser und Elbe diese Differenzen nur etwa dem sechsten Theile des mittleren Fluthwechsels gleich. Die höchsten Springfluthen pflegen hier in der dritten Fluth nach Neu- und Vollmond einzutreten, und eben so die todten Fluthen 1½ Tage nach dem ersten und letzten Viertel. Legt man diese dritten Fluthen zum Grunde, so findet man durchschnittlich für das Jahr 1855

für Springfluthen,	Hochwasser	13	Fuß	2,8	Zoll
	Niedrigwasser	0	_	0,0	-
also	Fluthwechsel	13	-	2,8	-
für todte Fluthen,	Hochwasser	12	_	0,1	_
	Niedrigwasser	0	_	10,4	_
also	Fluthwechsel	11	_	1.7	_

Die Hafenzeit oder die Zeit des Hochwassers bei Voll- und Neumonden, fällt nahe auf 12 Uhr, doch gaben die bisherigen Beobachtungen zur sichern Bestimmung derselben keine Gelegenheit.

Außer den erwähnten Beobachtungen wurden noch vielfach ganze Fluthwellen gemessen, indem während einer Fluth und der folgenden Ebbe von 10 zu 10 Minuten der Wasserstand abgelesen wurde. In ähnlicher Weise hatte Brahms (Anfangsgründe der Deichund Wasser-Baukunst) bereits vor hundert Jahren eine Fluthwelle der Jade beobachtet, die sich sehr genau dem Gesetze anschließt, welches später Laplace für die Fluthen im offenen Meere entwickelt hat. Den Beobachtungsort hat Brahms nicht näher bezeichnet, wahrscheinlich lag er viel weiter seewärts, als der jetzige Pegel.

Die neuern Messungen zeigen unter sich auffallende Verschiedenheiten. In einzelnen Fällen ist die Curve der Fluthwelle regelmäßig und ziemlich symmetrisch, gewöhnlich findet dieses aber nicht statt, besonders wenn die vorhergehende und folgende Ebbe nicht gleich tief herabsinken.

Um die mittlere Form der Fluthwelle zu bestimmen, wählte ich unter den sehr zahlreichen Messungen dieser Art siebenzehn aus, die bei ruhiger Witterung angestellt, und soweit ausgedehnt waren, daß die Zeit und Höhe des Niedrigwassers sowol am Anfange, als am Ende

der Beobachtungsreihe sich hinreichend sicher entnehmen ließ. Nachdem die einzelnen Ablesungen graphisch dargestellt, und durch eine möglichst anschließende Curve verbunden waren, wurde die Niveau-Differenz zwischen dem Scheitel des Hochwassers und dem des vorhergehenden Niedrigwassers in 20 gleiche Theile getheilt. Die Zeichnung ergab alsdann die Zeit, in welcher jeder einzelne dieser Höhentheile erreicht wurde. In gleicher Art wurde hierauf auch der abfallende Schenkel, der die Elbe darstellt, behandelt. Aus der Verbindung aller Beobachtungsreihen ergaben sich die Zeiten, in welchen vor und nach dem Eintritt des Hochwassers diese verschiedenen Höhen bei der Fluth und Ebbe erreicht wurden. Die folgende Tabelle enthält dieselben.

Höhen über Nie	drigwasser.	Zeitabstände v	vom Hochwasser bei Ebbe.
Niedrigwasser	0,00	6 St. 14,5 M.	6 St. 5,9 M.
	0,05	5 - 37,5 -	5 - 22,6 -
	0,10	5 - 19,1 -	5 - 0,2 -
	0,15	5 - 3,2 -	4 - 41,3 -
	0,20	4 - 49,4 -	4 - 23,6 -
	0,25	4 - 36,5 -	4 - 7,1 -
	0,30	4 - 24,0 -	3 - 51,3 -
	0,35	4 - 11,5 -	3 - 36,4 -
	0,40	3 - 59,6 -	3 - 22,2 -
	0,45	3 - 47,4 -	3 - 8,1 -
	0,50	3 - 34,5 -	2 - 54,1 -
	0,55	3 - 21,5 -	2 - 41,2 -
	0,60	3 - 7,9 -	2 - 27,4 -
	0,65	2 - 53,8 -	2 - 13,9 -
	0,70	2 - 38,9 -	2 - 0,2 -
	0,75	2 - 23,1 -	1 - 46,8 -
	0,80	2 - 5,5 -	1 - 32,6 -
	0,85	1 - 45,5 -	1 - 17,5 -
	0,90	1 - 22,2 -	1 - 1,2 -
	0,95	0 - 53,6 -	0 - 42,6 -
Hochwasser	1,00	0 - 0,0 -	0 - 0,0 -

Es ergiebt sich hieraus, daß die Dauer der Fluth etwas länger, als die der Ebbe ist und zwar nach diesen Beobachtungen um 8,6 Minuten. Der Schenkel der Fluth ist von dem der Ebbe besonders in der Nähe des Scheitelpunktes merklich verschieden, indem die Fluth in gleichem Abstande von letzterem viel langsamer steigt, als die Ebbe fällt. Wahrscheinlich rührt dieses von den ausgedehnten Wattgründen in dem Bassin der Jade her, die eine schnelle Ausgleichung des Wasserspiegels verhindern. Gegen Ende der Fluth ergießen sich deshalb noch große Wassermassen über diese Untiefen, während beim Beginne der Ebbe dieselben nicht schnell genug abfließen können, und es dadurch möglich machen, daß der Wasserstand vor dem Pegel anfangs stärker sinkt. Dieser Mangel an Symmetrie zeigt sich ohne Ausnahme und zwar in gleichem Sinne in allen Beobachtungsreihen.

Demnächst untersuchte ich den Schlickgehalt, oder die Quantität der im Wasser schwebenden erdigen Teilchen. Das Jade-Wasser ist niemals klar, doch ist seine Trübung nicht

so stark, als die des Weser-Wassers. Schon die Fischer und Lootsen dortiger Gegend hatten bemerkt, daß das Wasser im Allgemeinen beim Beginne der Fluth die meisten erdigen Theilchen enthält. Dieses erklärt sich durch die große Ausdehnung der seewärts liegenden Klaibänke, die sich über Wangeroog hinaus erstrecken. Aus der Eingangs erwähnten allmähligen Verlandung des Jade-Busens ergiebt es sich auch, daß mit der Fluth mehr erdige Theilchen eintreiben, als mit der Ebbe hinausgehen.

Um den Erdgehalt des Wassers in allen Perioden der Fluth und Ebbe zu ermitteln, ließ ich wiederholentlich von Stunde zu Stunde während einer Fluth und Ebbe Wasser schöpfen. In zwei Fällen geschah dieses aber nicht nur an der Oberfläche, sondern auch 6 Fuß über dem Grunde. Die Wassertiefe betrug an dieser Stelle beim kleinsten Wasser etwa 30 Fuß.

Zum Schöpfen des Wassers in der angegebenen Tiefe bediente ich mich eines Blechcylinders, der oben mit einer Öffnung versehen war. Diese Öffnung wurde durch ein von innen aufstoßendes Ventil geschlossen, und an dem Stiele des letzteren, der sich auswärts fortsetzte, hing der Apparat. Der Blechcylinder war unten mit einer Oese versehen, woran ich die Leine eines schweren Lothes befestigte, das so tief unter der Öffnung schwebte, als man über dem Grunde Wasser schöpfen wollte. Die Wirksamkeit des Apparates ergiebt sich aus dieser Zusammensetzsung. So lange das Loth schwebt, ist der Cylinder geschlossen, und sobald es auf dem Grunde liegt, öffnet sich das Ventil. Letzteres wurde überdies durch eine Feder aufgedrückt, weil es sich sonst zuweilen nicht öffnete.

Ich versuchte zunächst, den Schlickgehalt aus dem specifischen Gewichte des Wassers zu bestimmen, doch führte dieses zu keinem Resultate, weil die Erdmasse zu unbedeutend war. Es wurde daher das gewöhnliche Verfahren gewählt, das Wasser zu filtrieren und die erdigen Rückstände zu wiegen. Das Volumen der Wassermasse betrug jedesmal 12 bis 25 Kubikzoll, und wurde durch Abwiegen der gefüllten Flasche ermittelt. Die Filtra, die immer gleiche Größe hatten, waren vor dem Gebrauche einzeln lufttrocken gewogen und zwar zweimal und in umgekehrter Reihenfolge, um den Einfluß einer verminderten oder vergrößerten Trockenheit während des Abwiegens zu beseitigen. Jedesmal zeigte sich auch wirklich und ganz regelmäßig eine geringe Änderung der Gewichte. Diese Vorsicht war nothwendig, da der in den Filtern aufgefangene trockene Erdgehalt nur 10 bis 30 Milligramme wog.

Nach Beendigung der Filtration wurden die Filtra sorgfältig zusammengelegt, damit der darauf liegende Schlick beim Auslaugen nicht entweichen möchte. Alsdann wurden sie in einem geräumigen Glasgefäße mit destillirtem Wasser übergossen. Letzteres wurde nach einer Stunde mit einem Heber abgezogen, und durch frisches ersetzt, bis es zuletzt so rein abfloß, daß es beim Verdampfen keinen sichtbaren Rückstand ließ.

Da jedoch nicht vorausgesetzt werden durfte, daß die Filtra beim späteren Wiegen denselben Grad der Trockenheit haben würden, wie beim ersten, vielleicht auch ein kleiner Rest Salz darin zurückgeblieben war, so wurden jedesmal noch zwei bis drei Filtra hinzugefügt, die im Übrigen eben so behandelt wurden, wie die andern, durch welche jedoch eine gleiche Quantität bereits filtrirtes Seewasser hindurchfloß. Die Zunahme ihres Gewichtes ergab demnach die Änderungen, von denen man annehmen durfte, daß sie bei allen Filtern eingetreten seien. Nachdem die Filtra lufttrocken waren, wurden sie wieder und zwar zweimal und in umgekehrter Reihenfolge gewogen.

Aus dieser Untersuchung ergab sich das Gewicht der im Seewasser enthaltenen erdigen Theilchen, und es kam darauf an, das Volum derselben zu bestimmen. Der Schlick zeigt aber in seiner natürlichen Ablagerung eine sehr verschiedenartige Beimengung von Wasser. Seine obern Lagen sind dünnflüssig, weiter abwärts werden sie fester und sind in großer Tiefe sogar sehr hart. Mit Rücksicht auf den technischen Zweck dieser ganzen Untersuchung schien es angemessen, eine breiartige Consistenz zum Grunde zu legen, derjenigen des zubereiteten

Töpferthones entsprechend. Es ergab sich, daß 1 Gramm lufttrockener Schlick, also eben so trocken, wie er in den Filtern gewogen war, wenn er durch Zusatz von filtrirtem Seewasser in einen Brei von der Consistenz des Töpferthons verwandelt wird, 0,052633 preuß. Kubikzoll mißt. Hiernach ließ sich der gefundene Schlickgehalt in Theilen der Wassermenge, worin er enthalten gewesen, ausdrücken. Die folgende Tabelle giebt in dieser Weise die Mittelwerthe des Schlickgehaltes für jede Stunde der Fluth und Ebbe an. Die Zahlen darin bezeichnen zugleich die Höhe des Niederschlages in der zum Grunde gelegten Consistenz, der aus einer Wassersäule von der Höhe = 1 bei vollständiger Klärung zu Boden sinkt.

	Schlic	k-Gehalt
Zeit.	in der Oberfläche.	6 F. über d. Grunde.
Niedrig-Wasser	0,00014	0,00016
1 Stunde Fluth	0,00019	0,00023
2	0,00019	0,00026
3	0,00015	0,00024
4	0,00012	0,00020
5	0,00011	0,00016
Hoch-Wasser	0,00010	0,00013
1 Stunde Ebbe	0,00010	0,00012
2	0,00010	0,00012
3	0,00010	0,00012
4	0,00012	0,00012
5	0,00013	0,00013
Niedrig-Wasser	0,00014	0,00016

Der Schlickgehalt ist sonach in der Nähe des Grundes um 1/5 bis 1/3 größer, als an der Oberfläche. Während der Fluth ist er größer, als während der Ebbe, und sein Maximum erreicht er in den ersten Stunden der Fluth. Bei den höchsten Wasserständen vermindert er sich, sowol während der Fluth, als Ebbe. Letzteres rührt ohne Zweifel davon her, daß die Wattgründe alsdann weniger von der Wellenbewegung angegriffen werden.

Die Messungen, deren Resultate hier mitgetheilt sind, waren sämmtlich in einer Zeit angestellt, wo schwache südliche und östliche Winde herrschten, wobei also das Wasser im Jade-Busen verhältnißmäßig stärker bewegt war, als das äußere Wasser.

Um diese Beobachtungen bequem fortsetzen zu können, ohne jedesmal die erwähnten, sehr zeitraubenden Operationen vornehmen zu dürfen, richtete ich noch einen anderen Apparat vor. Ich suchte nämlich aus einer großen Anzahl cylindrischer Flaschen von weißem Glase achtzehn Stück aus, die gleiche Weite hatten. Sechzehn derselben füllte ich mit Mischungen an, deren Schlickgehalt 0,00005... 0,00010... 0,00015... u.s.w. betrug. Sie wurden aber nur zu zwei Drittel ihres Inhaltes angefüllt, damit sie vor dem jedesmaligen Gebrauche gehörig geschüttelt werden konnten, alsdann wurden sie hermetisch verschlossen. Zwei dieser Flaschen sind dagegen zur Aufnahme des zu untersuchenden Wassers bestimmt, und müssen in gleicher Höhe gefüllt werden. Die Probegläser lassen zwar nur schwache, aber bei scharfer Vergleichung doch merkliche Unterschiede in ihrer Durchsichtigkeit erkennen, sie bieten also ein Mittel, um den Schlickgehalt des geschöpften Wassers sogleich annähernd zu schätzen.

Zwei Versuche, die hiermit angestellt sind, haben ergeben, daß auch bei westlichen

Winden der stärkste Schlickgehalt im Anfange der Fluth vorkommt: nach einer Beobachtung soll derselbe 0,00035 betragen haben.

Aus dem Schlickgehalte und dem Steigen des Wassers in jeder Stunde der Fluth läßt sich leicht die Höhe des Niederschlages während einer ganzen Fluth ermitteln. Es ist zwar nicht anzunehmen, daß in einem Bassin, in welches die Fluth frei eintritt, das Wasser vollständig geklärt werden sollte, so daß es bei der Ebbe ganz rein abfließt. Wenn diese Voraussetzung aber auch gemacht wird, so ergiebt sich dennoch aus den vorstehenden Tabellen, daß der Niederschlag in jeder Fluth nur 0,001872 oder 0,002638 Fuß hoch ist, je nachdem das an der Oberfläche, oder das in der Tiefe geschöpfte Wasser in Rechnung gestellt wird. Der Niederschlag in einem Jahre oder während 705 Fluthen beträgt also 1,32 oder 1,86 Fuß. In der Wirklichkeit dürfte diese Höhe sich wohl nicht darstellen, weil die Ebbe einen großen Theil der im Wasser schwebenden Erdmasse wieder abführt, und am wenigsten dürfte bei starkem Wellenschlage auf merkliche Klärung des Wassers zu rechnen sein. Die Erfahrung zeigt auch, daß die Verlandungen nur bei ruhiger Witterung erfolgen, und bei anhaltenden starken Winden sogar wieder abgespült werden.

Nach den Erfahrungen über das Verlanden des Jade-Busens ist der Niederschlag in demselben ohne Vergleich viel geringer. Seit einem Jahrhunderte sind die Ufer, mit Ausschluß des nördlichen, das beinahe gar nicht anwächst, durchschnittlich in jedem Jahr etwa 40 Fuß vorgerückt. Am Dollart, wo die Verlandung mit sehr großer Sorgfalt befördert wird, treten die Ufer in jedem Jahre durchschnittlich um 20 Meter oder 64 Fuß weiter vor.

Schon bei Bestimmung des Schlickgehaltes drängte sich die Frage auf, ob der Salzgehalt in allen Stunden der Fluth und Ebbe derselbe sei. Indem ich das Wasser, das während einer vollständigen Beobachtungsreihe sowol oben, als unten geschöpft war, in dieser Beziehung nach der Filtration untersuchte, wobei durch sorgfältiges Zudecken das Verdunsten während des Filtrirens verhindert war, so ergab sich das specifische Gewicht in allen Fällen sehr nahe gleich groß. Es war bei 8 Graden Réaumur im Maximum 1,02398 und im Minimum 1,02335. Es schien, daß es etwa eine Stunde vor Hochwasser am größten sei, was sich dadurch erklärt, daß alsdann das reinste Seewasser vorbeifließt, denn die Ebbe führt auch das süße Wasser der Siele ab, dessen Masse freilich vergleichungsweise überaus geringe ist. Ein Unterschied zwischen dem an der Oberfläche und in der Tiefe geschöpften Wasser ließ sich in Beziehung auf das specifische Gewicht nicht erkennen.

Endlich wäre in Betreff der Fluthverhältnisse noch zu bemerken, daß obwol mit großer Sorgfalt die Richtung und Stärke der Strömungen gemessen wurden, die gleichzeitig an verschiedenen Stellen statt finden, dennoch keine merkliche Verschiedenheit darin wahrgenommen werden konnte, wie man solche in andern Meerbusen beobachtet hat. In den Umgebungen des preußischen Gebietes treten Fluth und Ebbe überall gleichzeitig ein.

Was die Bodenverhältnisse betrifft, so besteht das ganze preußische Gebiet aus Marschland, das 8 bis 10 Fuß über dem Nullpunkte des Pegels, also 2 bis 4 Fuß unter den gewöhnlichen Fluthen liegt. Nur die außerhalb des Deiches belegenen Wiesenflächen, oder die sogenannten Außen-Groden sind etwas höher und erheben sich über das mittlere Hochwasser. Das Terrain, welches das preußische Gebiet umgiebt, hat nahe dieselbe Beschaffenheit. Nur in der Entfernung von mehr als einer Meile, und zwar in der Richtung nach Jever, trifft man auf eine sandige Geest.

Unter der obern Dammerde findet sich ein sehr zäher reiner Thon, hier Klai genannt, der mit dem Niederschlage aus dem Jade-Wasser übereinstimmt. Dieser Niederschlag enthält nach der Analyse des Hrn. Dr. R. HAGEN

^{65,2} Kieselerde,

^{4,2} Thonerde,

- 6,9 Eisen- und Manganoxyd,
- 3,5 Kalkerde,
- 1,3 Bittererde,
- 1,4 Kali,
- 1,5 Natron,
- 1,4 Chlor,
- 14,3 Wasser, Kohlensäure und organische Substanzen.

Außerdem fand sich darin etwas Phosphorsäure, jedoch in so geringer Menge, daß eine quantitative Bestimmung derselben nicht möglich war.

Die Beschaffenheit des Untergrundes wurde schon im Jahre 1854 durch verschiedene Bohrungen untersucht, vorzugsweise aber durch eine im Herbst 1855 begonnene Bohrung in größerem Maaßstabe. Man hatte zu dieser eine Stelle ohnfern des Deiches und zwar innerhalb desselben gewählt, die durch frühere künstliche Anschüttung auf 18 Fuß am Pegel erhöht war. Unter einer sehr dünnen Schicht Dammerde kam man in den Klai, der bis 8 Fuß unter Null oder das niedrige Wasser herabreichte. Bis zu dieser Tiefe zeigte sich kein Wasser im Bohrloche, wiewohl in den Gräben daneben das Wasser 15 Fuß höher stand. In der angegebenen Tiefe erbohrte man eine Dargschicht (Torf aus Schilf) die 2¼ Fuß mächtig war. Unter derselben befand sich feiner Sand, der beinahe in gleicher Beschaffenheit sich soweit fortsetzt, als gebohrt ist, nämlich bis 108 Fuß unter Null. Es fanden sich darin anfangs kleine Stückchen Braunkohle. In der Tiefe von einigen 70 Fuß unter Null brachte der Bohrer häufig Stückchen Grauwacke heraus, die 1 bis 4 Kubikzoll groß waren und von dem Bohrer zerschlagen zu sein schienen. Außerdem zeigten sich durchweg in dem Sand eine große Menge Glimmer-Blättchen.

Als die Dargschicht durchdrungen war, füllte sich nicht nur das ganze Bohrloch, sondern zum Theil auch der Schacht darüber mit Wasser an: dasselbe stellte sich etwa auf 8 Fuß am Pegel, also auf 1 Fuß über den mittleren Stand der See, und auffallender Weise schwankte es, der Fluth und Ebbe entsprechend, einige Zolle auf und ab.

Die von Hrn. R. Hagen ausgeführte Analyse des Sandes ergab als Bestandtheile der obern Lage

- 88,1 Kieselerde,
- 4,6 Thonerde,
- 1,3 Eisenoxyd,
- 2,8 Kalkerde,
- 1,3 Kali,
- 2,2 Kohlensäure, nebst Spuren von Bittererde und Chlor.

In der Tiefe von 50 Fuß unter Null betrug der Gehalt an Kieselerde 87,6 p. C.

Die Analyse des Sandes in 85 Fuß Tiefe ergab dagegen

- 94,1 Kieselerde,
- 3,0 Thonerde,
- 1,1 Eisenoxyd,
- 0,1 Bittererde,
- 1,7 Kali, sowie Spuren von Kalkerde und Chlor.

Es muß jedoch erwähnt werden, daß die durch den Bohrer ausgebrachte Sandmasse ungefähr das Zehnfache des Inhalts der Röhre betrug, woher bedeutende Höhlungen neben der Röhre sich gebildet haben, die ein Nachstürzen der oberen Schichten veranlassen mußten. Das in größerer Tiefe ausgehobene Material bestand daher wahrscheinlich zum Theil aus solchem, das ursprünglich höher gelegen hatte.

Zwei Gutachten, "das Fahrwasser der Jade betreffend"*

Von Hugo Lentz

1. Gutachten über die Erhaltung des Fahrwassers der Jade (1899)

Das Fahrwasser der Jade ist abhängig von der Größe der Wassermassen, die mit jeder Fluth in den Jadebusen strömen und ihn mit jeder Ebbe wieder verlassen.

Gegen Ende des sechzehnten Jahrhunderts war der Jadebusen etwa um ein Drittel größer als jetzt und in ähnlichem Verhältnisse werden auch die Breiten und Tiefen des Fahrwassers der Jade damals größer als jetzt gewesen sein.

Im Fluthgebiet der Ströme werden die Sandmassen, aus denen gemeiniglich das Flußbett besteht, unaufhörlich hin- und herbewegt. Dadurch schleifen sie sich ab und bilden, vereint mit den Resten abgestorbener Organismen, den Schlick, der vom Wasser entführt wird, und mit ihm entweder stromab und stromauf fließt, oder, wenn er genügenden Schutz gegen die Strömung findet, sich ablagert.

Geschützte Stellen finden sich vielfach an den Ufern des Jadebusens. Auf diesen wird der Grund durch den Schlick allmählich erhöht. Er bewächst und wird für den Menschen nutzbar, und wenn sich auf diese Weise eine Fläche grünen Außendeiches von hinreichender Größe gebildet hat, wird sie eingedeicht und für immer dem Einflusse des Wassers entzogen.

Durch Deichbrüche, aufstehende Winde und durch das aus den Schleusen abfließende Wasser wird dieser Vorgang des allmählichen Anwachsens unterbrochen, verzögert und beeinträchtigt, aber wie die Geschichte der verflossenen Jahrhunderte lehrt, vollzieht er sich geräuschlos und unaufhaltsam.

Schon seit der Erbauung des Kriegshafens sind seine Folgen bemerkbar geworden. Im Jahre 1874 sah sich der Bundesrath veranlaßt, die Errichtung oder Veränderung von Bauten, welche eine Einengung der Wasserflüsse oder eine Verringerung der Wassertiefe der Jade herbeiführen könnten, von seiner Genehmigung abhängig zu machen und in einem der nächsten Jahre wurde der "Durchschlag" beseitigt, ein langer Faschinendamm, der den Außendeich vor dem Augustgroden mit den Oberahnschen Feldern zur Behinderung der Aufschlickung verband. Dieser Buschdamm war im Jahre 1855 hergestellt worden und hatte seinen Zweck in überraschender Weise erfüllt.

Ein weiterer Beweis für die Verschlechterung der Verhältnisse in jüngster Zeit muß in der Anlage des "Leitdammes" gefunden werden. Die Einfahrten zum Kriegshafen liegen nicht an dem Hauptabflußarm des Jadebusens, sondern an einem Nebenarm, der sich erst tausend Meter nördlich von den Hafeneinfahrten mit dem Hauptstrom vereinigt. Die Tiefe vor den Einfahrten wird sich wahrscheinlich verringert haben und um sie zu vergrößern, erbaute man den Leitdamm, der einen Theil des Wassers, das früher dem Hauptstrom zufloß, jetzt dem Nebenarm zuzufließen zwang. Dieser Leitdamm wird ohne Zweifel seinen Zweck erfüllt haben, aber für den Jadebusen im ganzen wirkt er schädlich. Aehnlich wie der beseitigte "Durchschlag", der Anlaß zu vermehrtem Schlickfall war, wird auch der Leitdamm längs seiner beiden Seiten Ruhepunkte für den Schlick darbieten, und wenn man ihn trotzdem

^{*} bearbeitet 1899 und 1903, unveröffentlicht

erbaute, so muß in dieser Thatsache ein Beweis für seine Unentbehrlichkeit und Nothwendigkeit zur Erreichung des ersten Zweckes: Der Vermehrung der Tiefe im Nebenarm, gefunden werden.

Wenn nun auch die stetige Abnahme der den Jadebusen mit jeder Tide füllenden Wassermassen und damit die fortschreitende Verschlechterung des Fahrwasseres der Jade ohne weitere Beweise als bekannt angenommen werden dürfen, so sind doch sorgfältige Untersuchungen nothwendig, um das Maaß der Abnahme und ihre Wirkung auf das Jadefahrwasser feststellen zu können.

Zur Erreichung dieses Zweckes sind genaue und vollständige Karten die erste Bedingung und da die Karten aus früheren Jahrhunderten weder genau noch vollständig sind, so können nur Karten aus diesem Jahrhundert in Frage kommen. Deren stehen die folgenden zur Verfügung:

- Beautemps-Beaupré'sche Karte der Jademündung um 1812.
 Diese Karte hat wegen ihrer Unvollständigkeit nur beschränkten Werth.
- 2. Karte des Jadebusens von H. Wöbcken von 1839 und 1840.
- bis 5. Admiralitätskarten der Jade-, Weser- und Elbmündungen aus den Jahren 1859, 1878 und 1895.
 - 6. Oestlicher Theil der Admiralitätskarte der Ostfriesischen Inseln 1868. Nur für die Außenjade zu verwenden.

Von diesen Karten ist die Wöbcken'sche aus dem Jahre 1840 für den vorliegenden Zweck bei weitem die werthvollste. Sie umfaßt zwar nur den Jadebusen, aber sie ist im doppelten Maaßstabe der Admiralitätskarten und sie enthält so zahlreiche Höhenangaben, daß sie alle Einzelheiten, die man vom Jadebusen zu wissen wünscht, für das Jahr 1840 mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen gestattet. Die anderen Karten erhalten eigentlich erst durch diese ihren Werth.

Zunächst habe ich also auf der Wöbcken'schen Karte die Profile I bis VIII eingetragen, deren Lage auf dem beiliegenden Abschnitt der Admiralitätskarte von 1895 ersichtlich gemacht ist. Profil I geht durch die Deichecke bei Eckwarden, kreuzt die Jade rechtwinklig und trifft das westliche Ufer etwa tausend Meter nördlich von der Einfahrt zum alten Hafen. Die anderen Profile liegen je 2000 Meter von einander und das Profil VIII, das jetzt ganz auf dem grünen Außendeiche liegt, lag damals noch auf 1450 Meter Länge im Watt.

Für jedes dieser Profile ist der Querschnitt von Niedrigwasser bis Hochwasser für jeden halben Meter der Höhe ermittelt und daraus sind die Wassermengen gefunden worden, die der ganze Jadebusen damals enthielt, wobei eine mittlere Tide von 3,5 Meter Fluthgröße zu Grunde gelegt wurde. Auf diese Weise finden sich die Wassermengen des Jadebusens im Jahre 1840

Höhen über Niedrigwasser	Wasserinhalt
von 0 bis 0,5 m	26 865 000 cbm
von 0,5 bis 1,0 m	43 130 000 cbm
von 1,0 bis 1,5 m	54 855 000 cbm
von 1,5 bis 2,0 m	62 365 000 cbm
von 2,0 bis 2,5 m	70 180 000 cbm
von 2,5 bis 3,0 m	74 980 000 cbm
von 3,0 bis 3,5 m	81 475 000 cbm
im Ganzen bei Hochwasser zwischen Niedrig- und Hochwasser	413 850 000 cbm

Diese Zahl, der Wasserinhalt des Jadebusens zwischen Niedrig- und Hochwasser im Augenblicke des Hochwassers, läßt sich für spätere Jahre leider nicht feststellen und man ist darauf angewiesen, die bis jetzt eingetretenen und die vermuthlich später eintretenden Veränderungen auf andere Weise ausfindig zu machen.

Die ganze, von den Deichen und dem Profil I im Jahre 1840 umschlossene Fläche maß nach der Wöbcken'schen Karte 19 970 ha und die von Profil I und der Hochwasserlinie umschlossene Fläche enthielt in demselben Jahre 17 828 ha. Zwischen den Jahren 1840 und 1880 wurden reichlich 1200 ha neu eingedeicht, also im Durchschnitt jährlich 30 ha. Nimmt man an, daß der grüne Außendeich in demselben Zeitraume um ebenso viel gewachsen ist und daß er auch künftig jährlich um 30 ha wachsen wird, so folgt, daß der ganze Meerbusen nach (17 828/30 = 594 Jahren, vom Jahre 1840 an gerechnet, in grünen Außendeich verwandelt, also als Meerbusen im Jahre 2434 verschwunden sein wird.

Unmittelbare Beobachtungen über das Anwachsen des Außendeiches liefern ähnliche, wenn auch abweichende Zahlen für das Verschwindungsjahr des Meerbusens.

Die von dem Oldenburgischen Oberbauinspektor O. Tenge verfaßten Werke: "Die Deiche und Uferwerke etc", geschrieben 1876, und "Der Jewersche Deichband", geschrieben 1884, enthalten verschiedene Zahlen, die sich für diesen Zweck benutzen lassen:

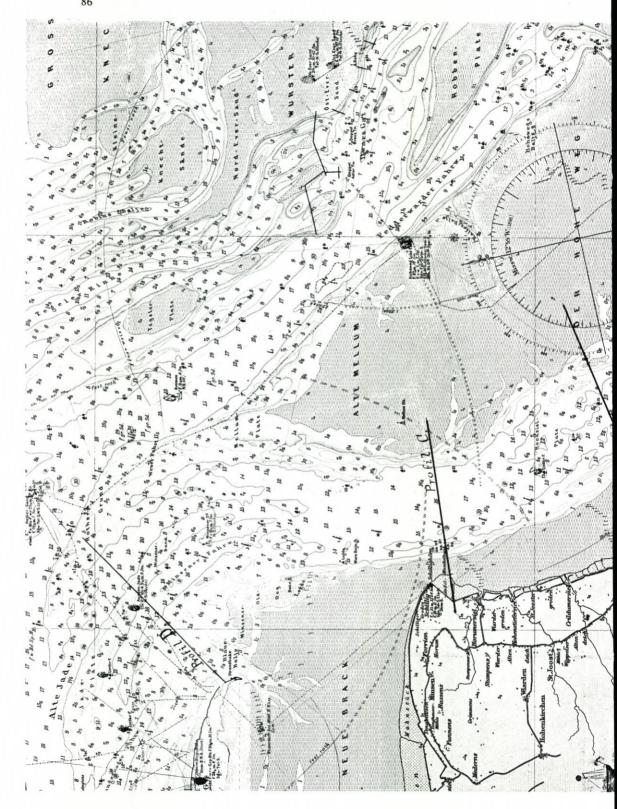
Bei der Bedeichung des Augustgrodens in den Jahren 1853 bis 1855 verblieb vor dem Deiche nur soviel Vorland wie zur Entnahme der Deicherde erforderlich war. Jetzt aber – 1875 – sind nicht nur die Püttlöcher vollständig wieder zugeschlammt und begrünt, sondern der Außengroden mißt an der breitesten Stelle schon 511 Meter. Die ganze Fläche des Andels ("Andel" eine Pflanze, die gerade in und etwas über der mittleren Hochwasserlinie wächst) vor dem Augustgroden enthält 234 ha. Setzt man die Länge des Grodens zu 7500 Metern, so nahm der Anwachs in 22 Jahren durchschnittlich um 312 Meter an Breite zu, also in jedem Jahre um 14,2 m.

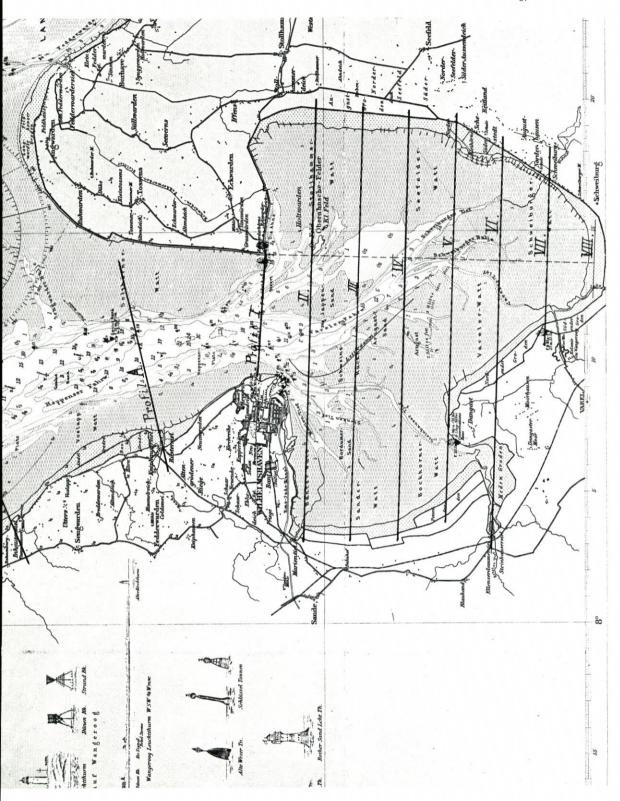
Dieser Anwachs muß aber als ungewöhnlich stark bezeichnet werden und es wird auch angeführt, daß er durch den erwähnten "Durchschlag", durch andere Schlengen und durch Begrüppungen befördert worden sei.

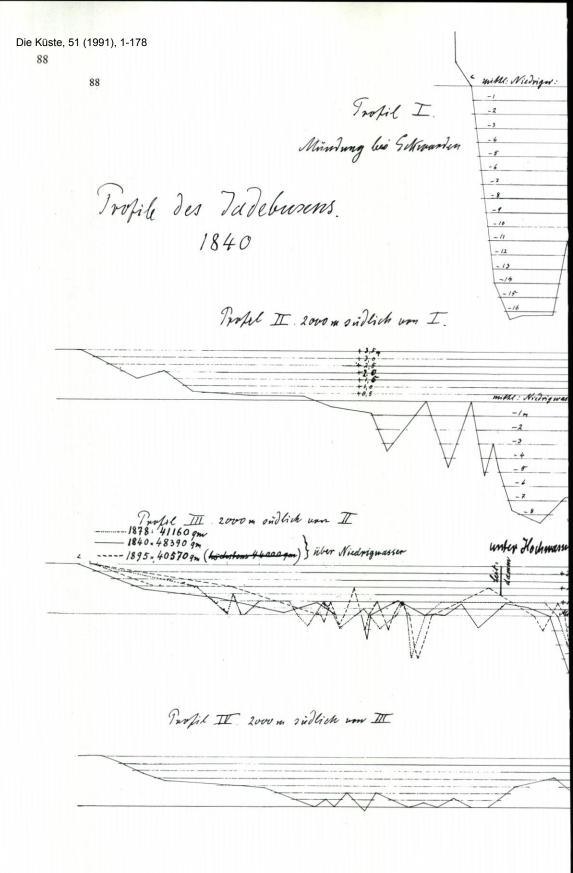
Ebenso muß der Anwachs vor dem, schon vor Jahrhunderten gelegten Ellenserdamm ganz außerordentlich genannt werden. Er betrug in den ersten hundert Jahren nach Legung des Dammes jährlich 16 Meter und in den nächsten noch jährlich 10 Meter. Diese Zahlen sollen deshalb als Ausnahmen betrachtet und zu weiteren Folgerungen nicht benutzt werden. Dagegen dürften die nachstehenden sich dazu eignen:

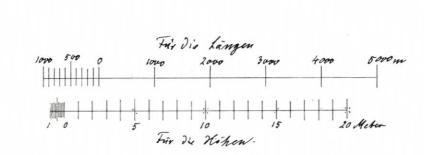
Vor dem Idagroden betrug der Anwachs	
von 1643 bis 1814, also in 171 Jahren	840 m
von 1814 bis 1879, also in 65 Jahren	400 m
Vor dem Bochhorner Groden	
von 1732 bis 1820, also in 88 Jahren	792 m
von 1833 bis 1881, also in 48 Jahren	259 m
Vor dem Sander Groden	
von 1643 bis 1774, also in 131 Jahren	472 m
von 1833 bis 1881, also in 48 Jahren	250 m

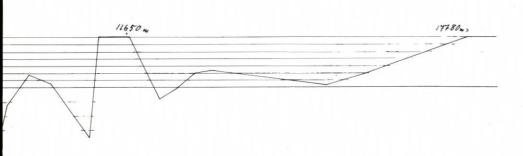
Aus diesen sechs Beobachtungen ergiebt sich als Mittelzahl ein jährlicher Anwachs von 5,5 Metern.

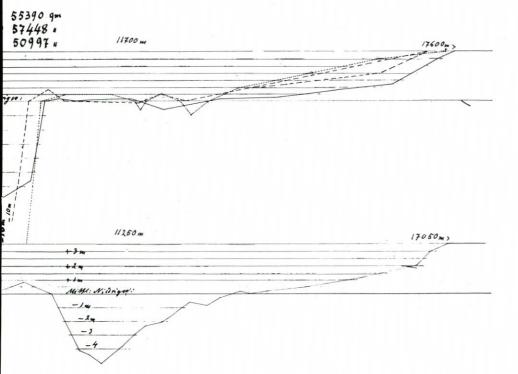




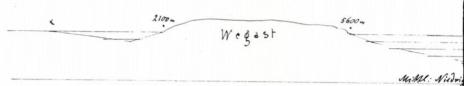


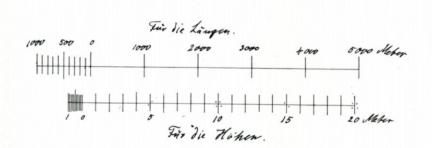


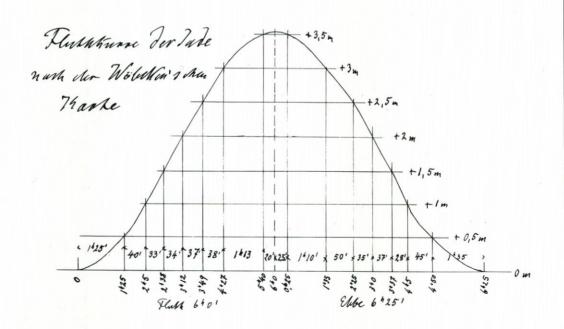




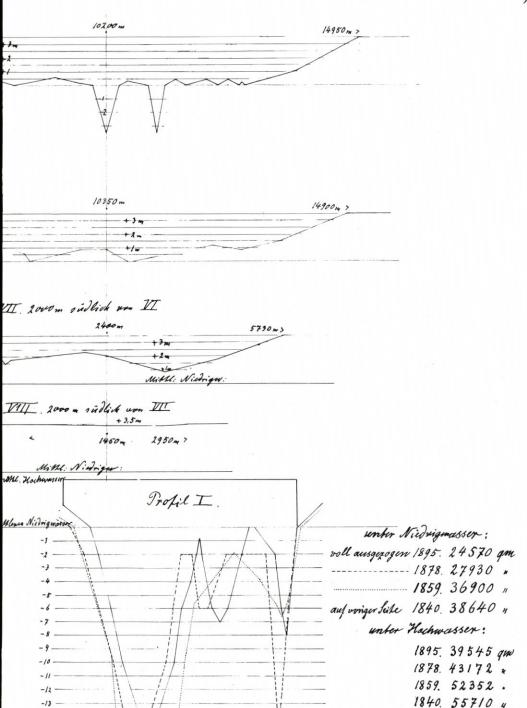








-17



Nun ist es zwar bekannt, daß stellenweise überhaupt kein Anwachs stattfindet und daß in vergangenen Zeiten sogar Deiche am Jadebusen zurückgelegt werden mußten, allein da auch die Fülle von ungewöhnlich starkem Anwachs ausgeschlossen worden sind, so darf man wohl mit dieser Mittelzahl als Durchschnitt rechnen. Nimmt man demnach an, daß der jährliche Anwachs rings um den Jadebusen 5,5 Meter beträgt und zeichnet sich die dem entsprechenden Küstenlinien etwa von hundert zu hundert Jahren in die Karte, so findet man, daß der Meerbusen im Jahre 2871 vollständig gefüllt, also als solcher verschwunden sein wird.

Durch unmittelbare Vergleiche zwischen dem Flächeninhalt des Meerbusens im Jahre 1840 und demjenigen im Jahre 1895 kann man ebenfalls eine Zahl für das Maaß des jährlichen Anwuchses finden. Nach der Karte vom 1895 enthielt der Meerbusen zwischen Profil I und den Deichen 18 818 ha und zwischen Profil I und der Hochwasserlinie 16 804 ha. Da die seit dem Jahre 1840 eingedeichte Fläche 1227 ha beträgt, so müßte die von Profil I und den Deichen umschlossene Fläche bei Zugrundelegung der Wöbcken'schen Karte im Jahre 1895 nicht 18 818, sondern 19 970 – 1227 = 18 743 ha, also 75 ha weniger, betragen. Nimmt man an, daß dieser unbedeutende Fehler, der genügend durch die unvermeidlichen Ungenauigkeiten der Karten erklärt wird, sich ebenfalls in der Messung der Fläche zwischen Profil I und der Hochwasserlinie findet, so betrug im Jahre 1895 diese Fläche 1672 ha. Da sie im Jahre 1840 die Größe von 17 828 ha hatte, so sind in den fünfundfünfzig Jahren von 1840 bis 1895 der Wasserfläche des Jadebusens 1099 ha durch Aufschlickung verloren gegangen. Setzt sich diese Aufschlickung künftig in demselben Maaße fort, so wird der Meerbusen i m Jahre 2 7 3 2 bis zur Hochwasserhöhe aufgeschlickt sein.

Von den Profilen I bis VIII der Wöbcken'schen Karte lassen sich nur die Profile III und I mit den späteren Karten vergleichen, weil sich in den übrigen Profilen auf den Admiralitätskarten so wenig Höhenangaben befinden, daß sie nicht hinreichen, um diese Profile mit einiger Sicherheit aufzuzeichnen.

Für das Profil III, das übrigens nach der Karte von 1859 nicht construirt werden kann, finden sich die folgenden Werthe:

	Querschnitte des Profi	ls III
Im Jahre	Zwischen Hoch- und Niedrigwasser	Unter Hochwasser
1840	48 390 qm	57 448 qm
1878	41 160 qm	55 390 qm
1895	40 570 gm	50 997 am

Es sind hier für jedes Jahr die Querschnitte zwischen Hoch- und Niedrigwasser und die Querschnitte unter Hochwasser angeschrieben, weil es zweifelhaft sein könnte, ob man die ersteren oder die letzteren als maaßgebend betrachten soll. Sie widersprechen sich scheinbar. Nach den ersteren soll der Querschnitt von 1840 bis 1878 sehr stark abgenommen haben und von 1878 bis 1895 sehr wenig. Nach den letzteren ist es gerade umgekehrt. Die Erklärung liegt in den großen Veränderungen, die sich unter der Niedrigwasserlinie zugetragen haben. Wenn man, um die großen Unregelmäßigkeiten auszugleichen, die für 1878 und 1895 gefundenen Werthe in der Weise combinirt, daß man ihre Mittelzahlen für den in der Mitte zwischen ihnen liegenden Zeitpunkt, also für das Jahr 1886,5 als gültig betrachtet, so findet man aus den Querschnittsgrößen zwischen Hoch- und Niedrigwasser, daß das Profil im Jahre 2139, und aus den Querschnittsgrößen unter Hochwasser, daß es i m Jahre 2468 gefüllt sein wird. Die erste dieser beiden Zahlen soll nicht weiter berücksichtigt werden, weil sie von den bisher gefundenen so außerordentlich abweicht, und man könnte geneigt sein, auch die zweite aus demselben Grunde auszuschließen. Aber es wird sich herausstellen, daß auch die anderen

Profile, die jetzt betrachtet werden sollen, eine schnellere Abnahme zeigen als der Wasserinhalt des Jadebusens. Da nun die Abnahme der Profile in der Jade den eigentlichen Kernpunkt dieser Untersuchung bildet, so wäre es unrichtig, ihr Verhalten unberücksichtigt zu lassen und sich nur nach dem des Jadebusens zu richten.

Im Profil I zeigen sich dieselben Erscheinungen wie in dem eben erörterten, nämlich überraschend starke Querschnittsabnahmen seit dem Jahre 1840.

_		1	D C.	1 T
Ouersc	hnitte	dec	Proti	le l

Im Jahre	Zwischen Hoch- und Niedrigwasser	Unter Hochwasser
1840	38 640 qm	55 710 qm
1859	36 900 qm	52 352 qm
1878	27 930 qm	43 172 qm
1895	24 570 qm	39 545 qm

Beide Zahlenreihen zeigen große Unregelmäßigkeiten. Da aber auf den Admiralitätskarten wegen ihres kleinen Maaßstabes überhaupt nur annähernd richtige Profile entnommen werden können, und da wegen der großen, bis zwanzig Meter betragenden Tiefen, die in diesem Profil gemessen werden mußten, auch die Wöbcken'sche Karte vielleicht nicht ganz fehlerfrei ist, so habe ich die Zahlenreihen geändert, indem ich diejenige gerade Linie ermittelte, die für jede Reihe die kleinsten Abweichungen von den einzelnen Werthen ergab und daraus habe ich die durchschnittliche Abnahme der Querschnitte für den Zeitraum von 1840 bis 1895 festgestellt. Auf diesem Wege findet sich, fast übereinstimmend aus den Profilgrößen zwischen Hoch- und Niedrigwasser und aus denen unter Hochwasser, daß der ganze Querschnitt des Profils etwa im Jahre 2000 bis auf Null abgenommen haben müßte. Obgleich nun keineswegs behauptet werden kann, daß der Querschnitt eines Profils sich in demselben Verhältnisse wie die durchfliessende Wassermenge verringern muß, so ist auch diese Zahl nicht weiter benutzt worden, weil sie zu allzu ungünstigen Schlüssen zwänge.

Zur Beurteilung der in der Jade eingetretenen Veränderungen stehen nur die Admiralitätskarten und für die Außenjade in beschränktem Maaße die Beautemps-Beaupré'sche Karte zur Verfügung. Die Profile A, B, C und D, deren Lage sich auf dem beiliegenden Kartenabschnitt angegeben findet, sind hier untersucht worden.

Profil A. 3 Seemeilen nördlich vom alten Hafen

Im Jahre	Unter Niedrigwasser	Unter Hochwasser	
1859	32 440 qm	44 970 qm	Bemerkung: Das Hochwasser-
1878	29 940 qm	42 295 qm	profil ist nur für die Breite des
1895	28 760 qm	41 115 qm	Niedrigwasserprofils berechnet

Wenn man die geringen Unregelmäßigkeiten in den Querschnittsverminderungen für die beiden Zeiträume ausgleicht, so findet man aus den Hochwasserprofilen, daß das Profil i m Jahre 2272, aus den Niedrigwasserprofilen, daß es im Jahre 2183 völlig versandet sein wird. Von diesen beiden Jahreszahlen soll nur die günstigere weitere Verwendung finden.

Profil B. 7 Seemeilen nördlich vom alten Hafen

Im Jahre	Unter Niedrigwasser	Unter Hochwasser	
1859	44 550 qm	64 045 qm	Bemerkung wie beim Profil A
1878	43 670 qm	62 185 qm	
1895	41 340 qm	60 940 qm	

Hier gilt dasselbe, was beim Profil A gesagt wurde. Aus den Hochwasserprofilen findet man das Jahr 2581, aus den Niedrigwasserprofilen das Jahr 2412 als Verschwindungsjahr des Profils. Die günstigere dieser Zahlen wird weiter unten berücksichtigt werden.

Profil C. 12 Seemeilen nördlich vom alten Hafen

Im Jahre	Unter Niedrigwasser	Unter Hochwasser	
1812	52 970 qm	69 560 qm	Bemerkung wie beim Profil A
1859	47 350 qm	63 030 qm	
1878	58 900 qm	74 545 qm	
1895	49 070 qm	65 415 qm	

Dieses Profil zeigt keine stetige Abnahme, dagegen sehr starke Schwankungen, woraus hervorgeht, daß hier noch andere Einflüsse außer den aus dem Meerbusen abfließenden Wassermengen wirksam sind.

Profil D. 19 Seemeilen nördlich vom Hafen

Im Jahre	Unter Niedrigwasser	Unter Hochwasser	
1868	52 498 qm	76 823 qm	Bemerkung wie beim Profil A
1878	54 095 qm	77 895 qm	
1895	59 322 qm	88 197 qm	

In diesem Profil zeigt sich seit siebenundzwanzig Jahren eine stetige Vergrößerung des Querschnittes. Ob sie dauernd sein wird, kann nur die Zukunft lehren. Leider ist die Beautemps-Beaupré'sche Karte an dieser Stelle nicht zu gebrauchen, weil sie im Minsener und Wangerooger Fahrwasser keine Tiefenzahlen enthält, und ebenso nicht das mir zur Verfügung stehende Exemplar der Admiralitätskarte von 1859, weil darauf Aenderungen gemacht sind.

Aus den Profilen C und D kann man ersichtlich schädliche Einwirkungen der Verkleinerung des Jadebusens nicht unmittelbar folgern, aber ebensowenig ist man zu der Behauptung berechtigt, daß sie nicht stattgefunden haben. Hätte der Jadebusen noch seine frühere Größe, so würden vielleicht auch diese Profile jetzt größer sein und man darf aus ihrem Verhalten nur schließen, daß sie auch von anderen Umständen – wahrscheinlich von den, auf den ausgedehnten Wattflächen zur Seite des Stromes ab- und zuströmenden Wassermassen und von der Verschiebung der Wasserscheide zwischen Jade und Weser – abhängig sind. Von diesen Profilen ist also zunächst abzusehen und es wird später auf sie zurückgekommen werden.

Was folgt nun aus den bisher ermittelten Thatsachen?

Stellt man die im vorhergehenden nach verschiedenen Anhaltspunkten gefundenen Verschwindungsjahre des Jadebusens zusammen, so hat man:

Aus den Eindeichungen von 1840 bis 1880 .															2434
Aus der Annahme eines jährlichen Anwachse															
Aus der Abnahme der Hochwasserfläche von	18	40	bi	s 1	89	95									2732
Aus der Querschnittsabnahme des Profils III															2468
Aus der Querschnittsabnahme des Profils A															2272
Aus der Querschnittsabnahme des Profils B															
					I	n	M	itt	el	d	as	I	ah	ır	2560

D.h. Es ist zu erwarten, daß der Jadebusen im Jahre 2560 bis zur Hochwasserhöhe aufgeschlickt sein wird und daß mithin dann auch das Fahrwasser der Jade, mindestens auf seinem südlichen Theile und vielleicht mit Ausnahme einer schmalen und seichten Rinne, nicht mehr vorhanden sein wird.

Man kann nicht bestreiten, daß sich gegen jede einzelne Zahl, die zur Berechnung des wahrscheinlichen Verschwindungsjahres gedient hat, Einwände erheben lassen, und vielleicht wird ein anderer mit vollkommeneren Hülfsmitteln, als sie mir zu Gebote standen, eine richtigere Zahl ausfindig machen. Allein bis dahin wird es gestattet sein, sie zu benutzen, und läßt man sie demnach gelten, so folgt daraus, daß sich im Jadebusen vom Jahre 1840 bis zum Jahre 2560, also in 720 Jahren, soviel Schlick abgelagert haben wird, wie bei Hochwasser im Jahre 1840 Wasser darin vorhanden war, nämlich 413 850 000 Cubikmeter, jährlich also 574 792 Cubikmeter. Diese Masse erscheint unglaublich, allein sie verschwindet fast auf der großen, bei gewöhnlichen Witterungsverhältnissen unübersehbaren Fläche des Jadebusens. Im Jahre 1840 umfaßte diese Fläche 17 828 ha, und 574 792 cbm, gleichmäßig verteilt, hätten sie nur etwa drei und einen viertel Millimeter hoch bedeckt. Hätte man also im Jahre 1840 angefangen, vom ganzen Jadebusen jährlich drei und einen viertel Millimeter abzuschälen und hätte man das Jahr für Jahr wiederholt, so würde die Jade jetzt noch genau in demselben Zustande sein wie damals. Da man aber bis zum heutigen versäumt hat, den Anfang zu machen, so muß man das Versäumte so viel wie möglich nachholen und mindestens jährlich 600 000 Cubikmeter aus dem Jadebusen fortschaffen.

Die Schwierigkeiten, die bei der Ausführung dieses gründlichen Mittels zur Erhaltung des Fahrwassers der Jade besiegt werden müßten, werden nicht gering sein und, um ihnen zu entgehen, könnte man meinen, wäre es richtiger, in der Jade selbst zu baggern und dadurch das Fahrwasser künstlich offen zu halten. Für diesen Fall stellt sich aber die Rechnung noch ungünstiger dar.

Der Querschnitt der Profile A und B hat von 1859 bis 1895 jährlich in runder Zahl um hundert Quadratmeter abgenommen. Im Profil C ist zwar eine stetige Abnahme nicht nachzuweisen, allein sie würde höchst wahrscheinlich eintreten, wenn der Wasserzufluß aus dem Jadebusen aufhörte. Man müßte sich also darauf richten, auf der ganzen Strecke von Wilhelmshaven bis Schillighörn, ungefähr 22 000 Meter lang, den Querschnitt des Fahrwassers jährlich um hundert Quadratmeter zu erweitern, oder, mit anderen Worten, jährlich 2 200 000 Cubikmeter zu baggern, wozu mindestens vier oder fünf Dampfbagger von den größten Abmessungen während des ganzen Jahres in Betrieb gehalten werden müßten. Es wird nicht nöthig sein, nachzuweisen, daß die Anwendung dieses Mittels nicht nur viel kostspieliger, sondern auch viel bedenklicher und gefährlicher ist als das Abgraben von Erde im Jadebusen.

Dabei darf nicht vergessen werden, daß auch die Außenjade sich vielleicht verschlechtern würde, wenn der Zufluß aus dem Jadebusen versiegte. Aus den Profilen C und D ersieht man zwar nur starke Schwankungen und sogar Vergrößerungen der Querschnitte, aber Niemand kann dafür bürgen, daß diese Profile nicht abnehmen würden, sowie der Zufluß aus dem Jadebusen sich dauernd vermindert, denn wenn auch das Fahrwasser von Wilhelmshaven bis Schillighörn durch Baggerung in seinem jetzigen oder in einem besseren Zustande erhalten wird, so vermindert sich doch die Durchflußmenge bei Schillighörn und in der ganzen Außenjade um ebensoviel wie die im Jadebusen aus- und einströmende Wassermenge abnimmt.

Die Zweckmäßigkeit einer Baggerei im großen Maaßstabe ist also wohl unter allen Umständen zu verneinen und die Baggerei könnte höchstens als gelegentliches Hülfsmittel auf der Außenjade in der Gegend von Wangeroog in Frage kommen.

Alle Ströme, die von der Dänischen bis zur Belgischen Küste in die Nordsee münden, besitzen – mit Ausnahme der Elbe und einiger Wattenströme in ihrer nächsten Nähe – unreine Mündungen und die Mündung der Jade theilt diese Eigenschaft im höchsten Grade. Die Jade mündet abwechselnd in einem Arme oder in zwei oder drei Armen in die See, bisweilen auch

mit einigen Nebenarmen in die Weser. Diese Arme verändern und verschieben sich unaufhörlich in der auffallendsten Weise, und wenn auch gewöhnlich einer oder mehre von ihnen eine große Tiefe besitzen, so finden sich doch auch immer Stellen von ungenügender Tiefe. Z. B. nach der neuesten Admiralitätskarte giebt es zwei Fahrwasser, in denen größtentheils zehn bis zwanzig Meter bei Niedrigwasser gelothet werden, aber mitten darin sind einzelne Stellen, sogenannte Tründel, von geringerer Tiefe, die in der alten Jade, dem zur Zeit nicht befeuerten Fahrwasser, bis auf fünf und einen halben Meter bei Niedrigwasser hinaufreichen. Für solche Stellen könnte möglicherweise eine zeitweilige Baggerei zweckmäßig sein, und es ist, wenn ich nicht irre, auch schon vor Jahren ein geeigneter Dampfbagger für diesen Zweck angeschafft worden.

Unter anderen Umständen könnte man daran denken, die Außenjade durch Dämme zu verbessern, die auf beiden Seiten vom Festlande ausgehend sich allmählich einander nähern um, in tiefem Wasser endigend, die Jademündung einzuschließen. Solche Dämme würden aber auf beiden Seiten des Stromes die Wattenfahrt verhindern, und nicht nur das, sie würden auch die Wesermündung in bedrohlichster Weise gefährden. Zuletzt kämen auch noch die Kosten in Frage, und diese würden so hoch werden, daß sie allein den Plan als unausführbar erkennen lassen müßten.

Somit wird man wieder auf das Ausgraben des Jadebusens als auf den einzigen Rettungsanker zurückgeführt.

Die Menge von sechshunderttausend Kubikmetern, die jährlich ausgegraben oder ausgebaggert und weggeschafft werden soll, muß zwischen Hoch- und Niedrigwasser weggenommen werden und zwar mit dem Schwerpunkt ungefähr auf halber Tide liegend, denn um diese Zeit oder bald nachher ist der Spülstrom am wirksamsten. Dabei wird es sich empfehlen, den Anfang auf der westlichen Hälfte des Meerbusens zu machen, um zunächst die Tiefe vor dem Hafen zu verbessern. Ist sie dort genügend geworden, so muß der "Leitdamm" bis zur Niedrigwasserhöhe abgetragen werden, um seine nachtheiligen Wirkungen auf den Schlickfall aufzuheben. Auch in der verminderten Tiefe wird er seinen Zweck noch erfüllen, wenn auch in minder kräftiger Weise. Dann kann die Arbeit auf der östlichen Hälfte des Meerbusens fortgesetzt werden. Durch sorgfältige Messungen, die von Zeit zu Zeit sowohl im Jadebusen wie in der Jade angestellt werden müssen, wird man im Laufe der Jahre oder Jahrzehnte beurtheilen können, ob der Erfolg befriedigend ist und ob die Ausgrabungen verstärkt werden müssen oder auf ein geringeres Maaß beschränkt werden dürfen. Auf einen schnellen Erfolg ist keinesfalls zu hoffen, aber ausbleiben kann er ebenso wenig. Sollte später eine Einengung der Mündung des Jadebusens vortheilhaft erscheinen, so ist sie wahrscheinlich am besten durch allmähliches Vorschieben eines Dammes von Eckwarden aus zu bewirken, aber nicht durch Theilung der Mündung, wie sie durch den Leitdamm bewerkstelligt wurde.

Zum Schluß erlaube ich mir noch eine Bemerkung.

Als man sich vor fast fünfzig Jahren zur Anlage des Kriegshafens an der Jade entschloß, ermaß man die Folgen nicht, die durch die naturgemäße und unabwendbare Aufschlickung des Jadebusens herbeigeführt werden mußten. Das war verzeihlich, denn noch vor fünfundzwanzig Jahren sprach ein namhafter Hydrotechniker die Ansicht aus, daß der Jadestrom noch für lange Zeit schiffbar bleiben werde, obgleich kurz vorher ein Fachgenosse die entgegengesetzte Ansicht zu begründen versucht hatte. Jetzt dagegen kann kein Zweifel darüber sein, wer von den Beiden Recht hatte und man sollte mit der größten Entschiedenheit und um jeden Preis dahin streben, der ferneren Verkümmerung der Jade, einem der wichtigsten Ströme Deutschlands, ein schnelles Ende zu bereiten.

Hugo Lentz Cuxhaven am 7^{ten} Februar

Zweites, das Fahrwasser der Jade betreffendes Gutachten vom 14^{ten} Februar 1903

Im Gutachten vom 7^{ten} Februar 1899 wurde ermittelt, daß der Wasserinhalt des Jadebusens im Jahre 1840 zwischen Hoch- und Niedrigwasser 413 850 000 cbm betragen hat und ferner, daß bis zum Jahre 2560 diese ganze Wassermasse durch natürliche Aufschlickung in Land verwandelt sein wird, woraus sich eine jährliche Wasserabnahme im Jadebusen von 574 792 cbm ergiebt.

Will man diese Wasserabnahme und damit die Verkleinerung der von ihr durchströmten Profile verhindern, so muß man jährlich rund 600 000 cbm aus dem Jadebusen entfernen und anderweitig ablagern. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß die zu beseitigende Masse in den Fördergefäßen einen größeren Raum einnimmt, wodurch man zu einem bedeutenden Zuschlag gezwungen wird, namentlich da auch die Möglichkeit vorliegt, daß die Rechnung die zu beseitigende Menge zu klein ergeben hat. Auch davon abgesehen, ist es wünschenswerth, lieber anfänglich zu viel als zu wenig wegzunehmen, damit der gewünschte Erfolg keinesfalls ausbleibt.

Man wird deshalb darauf rechnen müssen, daß jährlich 800 000 cbm fortzuschaffen sind. Wohin mit den ungeheuren Massen, die im Laufe der Jahre untergebracht werden müssen?

Die Ablagerungsplätze können sowohl außen- wie binnendeichs eingerichtet werden und diese beiden Fälle sollen nacheinander untersucht werden, so gut es sich ohne nähere Ortskenntnis thun läßt.

A uß en deichs kann man einen Lagerplatz schaffen, wenn man von Eckwardenhörn bis Feldhausen bei Langwarden einen Steindamm auf dem Watt erbaut, der von 2 bis 4 m über Niedrigwasser reicht. Vorläufig genügt es, ihn bis Ruhwarden zu führen und dort wieder an den Deich zu schließen. Nimmt man an, daß sein Abstand vom Deich durchschnittlich 2000 m beträgt, so wird er eine Fläche von 16 Millionen qm einschließen und etwa 24 Mill. cbm Wasser dem Strome entziehen. Dieser Verlust dürfte zu ertragen sein, da er in die erste Zeit der Ebbe fällt und deshalb von geringerer Wichtigkeit ist. Erhöht man die Fläche um 7 m, so können 112 Mill. cbm darauf untergebracht werden. Mit einem Drittel der Fläche käme man also schon 50 Jahre aus, es ist aber im Folgenden der Steindamm für 150 Jahre in Ansatz gebracht, um nicht zu günstig zu rechnen.

Die Zahl der jährlichen Arbeitstage darf man wohl nicht höher als 200 annehmen, da Eis, Sturmfluthen und aufstehende Winde an vielen Tagen die Arbeit stören oder ganz verhindern werden. Demnach müßten täglich 4000 cbm gefördert werden.

Die tägliche Arbeitszeit kann man höchstens zu 8 Stunden annehmen und jeder Prahm kann nicht mehr als 2 Reisen machen. Es werden also 20 Prähme von 100 cbm Inhalt nöthig sein.

Die mittlere Entfernung vom Lade- zum Löschplatz beträgt 6 Seemeilen; wenn also 1 Dampfer 2 Schuten schleppt, so sind täglich 20·12 = 240 Seemeilen zurückzulegen. Mit 4 Knoten Geschwindigkeit legt ein Dampfer in 8 Stunden 32 Seemeilen zurück, wonach für 240 Seemeilen 7,5 oder 8 Dampfer erforderlich sind.

Die einmaligen Ausgaben lassen sich demnach schätzen wie folgt:

12 km Uferdeckwerk zu M 175 000						M 2	100 000
20 Prähme von 100 cbm Inhalt zu M 20 000						M	400 000
8 Schleppdampfer zu M 80 000.–						M	640 000
Landungsbrücken, Lokomotiven, Wagen, Gleise	, A	uf	sic	cht	,		
Verwaltung & Vorarbeiten						M	860 000
	Zι	ısa	ım	me	en	M 4	000 000

Das zu gewinnende und zu fördernde Material muß in die Prähme geworfen, dann an die Landungsbrücke geschleppt, dort gehoben und endlich, je nach dem Stande der Arbeit, kilometerweit landwärts geschafft werden. Mit Rücksicht auf die zu erwartenden mannigfachen Störungen darf man einen Kubikmeter nicht niedriger als mit M 2.- veranschlagen. Jährlich sind also erforderlich 800 000 × 2 = M 1 600 000.-, wozu ein Kapital vorhanden sein muß von $\frac{1\,600\,000}{31/2}$ 100 = M 45 714 286.-.

Dazu obige M 4 000 000.- ergiebt die nöthige Summe im ganzen zu rund <u>50 Millionen Mark.</u>

Es ist nicht zu verkennen, daß die Lösung des Problems auf diese Weise sehr große Schattenseiten hat. Durch die Nothwendigkeit des Steindammes oder Uferdeckwerkes erfordert der Betrieb mehrjährige Vorarbeiten und da er sich theils auf dem Wasser, theils auf dem Lande abspielt, ist er zwiefach von der Witterung abhängig, wodurch er sehr theuer wird. Der Wasserverlust, der sich nach 300 Jahren auf 48 Millionen chem steigert, ist immerhin nicht unbedenklich und könnte leicht zu störenden Reklamationen auch von Seiten der an der Wasserschiffahrt Interessierten Veranlassung geben. Nach 300 Jahren würde überhaupt kein Löschplatz außendeichs zu beschaffen sein und es ist deshalb jedenfalls gerathen, sich von vorne herein anders einzurichten. Wahrscheinlich läßt sich das in günstiger Weise binnendeichs machen.

Löschplätze binnendeichs. Am vortheilhaftesten würde es sein, wenn man große Haidflächen zur Beschüttung erwerben könnte. Sie wären billig zu erwerben, böten festen Untergrund zur Anlage von Eisenbahnen und könnten, nach erfolgter Aufhöhung mit Kleierde, mit großem Vortheil wieder verkauft werden. Leider finden sich aber solche Flächen, soweit die Landkarte ein Urtheil gestattet, nicht in erreichbarer Entfernung vom Jadebusen. Dagegen sind Moore von genügender Ausdehnung vorhanden; es ist aber nicht ohne nähere Untersuchung zu wissen, inwieweit sie sich ohne große Schwierigkeiten zur Aufhöhung eignen. Zwölf Kilometer vom Südende des Jadebusens liegt ein Moor von 1200 ha Größe bei Menzhausen. Neun Kilometer weiter das Ipweger Moor von 2800 ha Ausdehnung. Diese beiden Moore würden mit einer Eisenbahn von 21 km Länge zu erreichen sein und könnten 2 m hoch beschüttet 100 Jahre lang jährlich 800 000 cbm aufnehmen. Dadurch wären sie in den fruchtbarsten Ackerboden verwandelt und könnten vielleicht mit einem Vortheil von M 1000.- pro ha gegen den Einkaufspreis wieder veräußert werden. Das ergäbe die Mittel, um die Eisenbahn weitere 24 km bis zum Wildenloher Moor zu verlängern, das ebenfalls, wie die beiden genannten, 4000 ha umfaßt. An das Wildenloher Moor schließen sich 40 000 ha andere Moore, die sich in Ostfriesland noch fortsetzen, also Ablagerungsplätze auf unabsehbare Zeiten hinaus bieten.

Zum Laden des Bodens muß man Eisenbahngleise in den Busen legen und mit den Arbeiten an der Mündung der Priele, diese angemessen erweiternd, beginnen und dann von den Prielen aufwärts schreitend die Arbeit fortsetzen, wobei die abzugrabende Fläche stets zu verbreitern ist, indem man thunlichst die vorhandenen Wasserscheiden einhält. Die einfache

Gleislänge wird etwa 14 km nicht überschreiten, allein wegen etwaiger Krümmungen und wegen Verdoppelung der Gleise an den Ladestellen muß man etwa 20 km Gleise veranschlagen. Bei diesem Betriebe wird man vom Winde viel weniger abhängig sein als im vorigen Falle und darf deshalb etwa auf 250 Arbeitstage im Jahre rechnen, wonach täglich $\frac{800\ 000}{250}$ = 3200 cbm gefördert werden müssen.

Die einmaligen Ausgaben werden dann etwa betragen:

Zusammen	M 4	714 286
Lokomotiven, Wagen, Schuppen, Aufsicht	M	944 286.–
20 km schmalspurige Eisenbahn im Jadebusen zu M 10 000	M	200 000
schmalspurig herzustellen) zu M 170 000	M 3	570 000
21 km normalspurige Eisenbahn (anfänglich vielleicht ebenfalls		

Das Laden und Befördern des Bodens auf durchschnittlich 30 km wird man einschließlich Unterhaltung der Lokomotiven, Wagen, Gleise und Geräthe mit M 1.50 pro cbm ansetzen müssen. Dies ergiebt ein Kapital von:

$\frac{800\ 000\cdot 1,5}{3^{1/2}}$ 100										M	34	285	714.–
Dazu die einmaligen Ausgaben .													
ergiebt die erforderliche Summe z	zu									M	39	000	000.–

also M 11 000 000.- weniger als für die Löschstellen auf dem Watt ermittelt wurden. Abgesehen von der offenen Frage, ob sich die Moore als geeignete Löschstellen verwenden lassen, ist deshalb diese Art des Betriebes jedenfalls sicherer und vortheilhafter als die zuerst erörterte.

Baggerung in der Jade. Schon im Gutachten vom 7^{ten} Februar 1899 wird die Ansicht ausgesprochen, daß es nicht zweckmäßig sein könne, das Fahrwasser der Jade unter völligem Verzicht auf die Spülung durch das Wasser des Jadebusens durch Baggerei allein offen zu halten, allein es empfiehlt sich doch, auch dieser Frage näher zu treten, um sich auch in dieser Richtung völlige Klarheit, soweit das möglich ist, zu verschaffen.

In jenem Gutachten wird die jährlich zwischen Wilhelmshaven und der Gegend von Schillighörn zu baggernde Masse auf 2 200 000 cbm jährlich berechnet. Für das unvermeidlich mit zu baggernde Wasser und für die etwa außerhalb Schillighörn vorzunehmenden Baggerungen muß man einen erheblichen Zuschlag machen und wird deshalb die jährliche Baggerleistung nicht geringer als 3 Millionen Cubikmeter annehmen dürfen. Bei höchstens 200 Arbeitstagen im Jahre ergiebt sich daraus eine tägliche Leistung von 15 000 cbm.

Besondere Schwierigkeiten macht es, diese Masse loszuwerden, weil es in der Jade nirgends Löschplätze giebt, die Jahrhunderte vorhalten könnten. Man wird schwerlich einen anderen Ausweg finden, als den, das Baggergut bis außerhalb des Bremer Feuerschiffes nach Tiefen von mehr als 20 m bei Niedrigwasser zu transportieren. Damit ist aber eine mittlere Transportweite von 20 Seemeilen gegeben und es verbietet sich von selbst, daß die Bagger nicht nur baggern, sondern auch mit dem Gebaggerten nach dem Löschplatze fahren. Man muß also für den Transport besondere Prähme und Schleppdampfer anschaffen. Weil es sich nicht einrichten läßt, daß die Schleppzüge stets mit der Ebbe hinaus und mit der Fluth wieder zurückfahren, darf man für sie nur eine geringe mittlere Geschwindigkeit annehmen. Bei 4 Knoten würden 20 Seemeilen hin und 20 Seemeilen zurück gerade eine Tagesleistung

ergeben, d. h. man muß für jede der täglich erforderlichen Reisen einen besonderen Schleppdampfer haben, woraus folgt, daß man auch jeden Prahm täglich nur für eine Ladung benutzen kann. Nimmt man für jeden Prahm 250 cbm Inhalt an, so sind deren 60 Stück erforderlich, und wenn ein Dampfer zwei schleppt, 30 Dampfer. Die einmaligen Ausgaben lassen sich dann schätzen auf:

Einige Schraubenbagger, zusammen von 15 000 cbr	m	
täglicher Leistungsfähigkeit	M	M 3 000 000
30 Schleppdampfer zu M 100 000		
60 Prähme von 250 cbm Inhalt zu M 50 000		M 3 000 000
Aufsicht, Verwaltung und Nebenkosten	N	M 142 858.–
	Zusammen M	M 9 142 858.–

Die Bagger- und Transportkosten nebst Unterhaltung der Fahrzeuge kann man auf M 0,50 pro cbm schätzen. Demnach die Jahreskosten auf M 150 000.-; $\frac{300\ 000\ \cdot\ 0,5}{3^{1/2}}$ · 100 = M 42 857 142 ist das erforderliche Kapital. Dazu mit M 9 142 858 die einmaligen Ausgaben, ergiebt M 52 000 000 als ganze erforderliche Summe.

Dieser Betrag ist also 2 Millionen Mark höher als derjenige für das Ausgraben des Jadebusens mit außendeichs gelegenen Löschplätzen. Auf diesen Unterschied ist indes kein Gewicht zu legen, denn sobald man sich entschlossen hat, das Fahrwasser der Jade durch Baggerei zu erhalten, muß man die Aufschlickung des Jadebusens soviel wie möglich befördern, weil das künstlich vertiefte Fahrwasser um so schneller verschlicken wird, je mehr Wasser aus dem Busen abfließt. Durch die Beförderung seiner Aufschlickung wird man um so schneller in den Besitz der dadurch aufwachsenden 15 oder 16 000 ha Landflächen gelangen, die einen sehr großen Werth repräsentieren.

Dagegen werden die Kosten der Baggerei durch einen andern Umstand wesentlich erhöht: für die große Zahl von mehr als 90 Baggerfahrzeugen muß ein Hafen vorhanden sein, der nicht leicht zu schaffen sein wird, denn bei dem Wachsen der Kriegsflotte fehlt es schon so an Hafenraum. Es hat eben jede Art der Erhaltung des Fahrwassers der Jade ihre großen Schattenseiten, und wenn man auch vorläufig die Sache noch dilatorisch behandeln darf, so naht doch der Zeitpunkt, der einen bestimmten Entschluß gebieterisch fordern wird.

Grenzen der natürlichen Brauchbarkeit des Fahrwassers der Jade

Im ersten Gutachten wurde gefolgert, daß das

Profil A im Jahre 2272

Profil B im Jahre 2581 und daß das

Profil III im Jahre 2468 bis zur Höhe des Hochwassers aufgeschlickt sein würde. Als Mittelzahl findet man aus diesen dreien das Jahr 2440, wonach man wohl annehmen darf, daß diese drei Profile mindestens bis zur Höhe des Niedrigwassers im Jahre 2400 aufgeschlickt sein werden. Das Profil III liegt im Jadebusen selbst und ist deshalb nicht geeignet, um daraus unmittelbare Schlüsse auf das Fahrwasser der Jade zu ziehen. An seiner Stelle ist deshalb das Profil I gewählt und mit den Profilen A und B im oberen Teil des beiliegenden Blattes in der Weise aufgezeichnet, daß links die gemesssenen Profilgrößen mit

W.

den betreffenden Jahreszahlen angegeben und von diesen aus gerade Linien bis zum Verschwindungsjahr 2400 gezogen worden sind. Im Profil I ist die Linie wegen der starken Querschnittsverminderung von 1840 bis 1895 nicht ganz gerade gezogen, wovon weiter unten noch die Rede sein wird. Die nach dem Verschwindungsjahr gezogenen Linien kann man benutzen, um daraus die vermuthlichen Querschnittsgrößen für beliebige zwischenliegende Jahre zu entnehmen. Auf der Zeichnung sind die so ermittelten Profilgrößen von 50 zu 50 Jahren angegeben und ihnen entsprechend sind die Profilformen auf folgende Weise bestimmt. Für jedes der drei Profile sind aus den Jahren, in denen sie gemessen worden sind, die Verhältnisse der Breite zur mittleren Tiefe und der mittleren Tiefe zur größten Tiefe berechnet worden und daraus konnten dann, unter Beibehaltung der für jedes Profil gefundenen Verhältnisse, aus den schon bekannten Querschnittsgrößen die Breiten und größten Tiefen für die einzelnen Jahre bestimmt werden.

Die auf diese Weise gefundenen Profilformen sind auf dem unteren Theil des beiliegenden Blattes aufgezeichnet, wobei zu bemerken ist, daß für die Nebenarme in den Profilen I und B stets ein entsprechender Theil abgezogen und weggelassen worden ist.

Für das Profil I kann man noch die, für die Erhaltung des Profils günstigere Annahme machen, daß die Querschnittsabnahme sich schon vom Jahre 1895 ab in gerader Linie fortsetzt – wie die gestrichelte Linie angiebt – wodurch man die Profilgröße im Jahre 2100 ebenso groß findet, wie für das Jahr 2050 nach der voll ausgezogenen, anfänglich gekrümmten Linie.

Läßt man diese günstigere Annahme für das Profil I gelten, so fänden sich im Jahre 2100 folgende Abmessungen in den drei Profilen:

	Niedrigwasserbreite	Breite auf 10 m unter N.
Profil I	1549 m	350 m
Profil A	2672 m	660 m
Profil B	3407 m	1140 m

Wenn die Rechnungen, aus denen diese Ergebnisse hervorgegangen sind, auf ganz zuverlässigen Grundlagen beruhten, so könnte man bis zum Jahre 2100 vollständig unbesorgt sein, denn mit einer geringsten Fahrwasserbreite von 350 m auf 10 m unter Niedrigwasser könnte man wohl in befriedigender Weise auskommen. Allein es muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Sache sich in der Wirklichkeit anders gestalten kann als auf dem Papier. Theilungen des Fahrwassers, wie sie jetzt bei der Geniusbank und an anderen Stellen sich finden, können in ungünstigerer Weise auftreten und sind selbstverständlich um so gefährlicher, je weniger Fahrwasserbreite überhaupt zur Verfügung steht. Zeitungsnachrichten zufolge soll jetzt allerdings eine durchgehende Tiefe von 10 m bei Niedrigwasser in der Iade durch Baggerung hergestellt werden, allein dadurch wird die Sachlage im ganzen nicht im mindesten geändert. Diese Baggerung wird hauptsächlich auf der eine Seemeile langen Strecke von Kriegshafen bis zum Profil I und auf der äußeren Jade vorzunehmen sein, beides Strecken, die bei den bisherigen Betrachtungen überhaupt noch keine specielle Berücksichtigung gefunden haben. Ohne Zweifel kann dadurch für den Augenblick ein großer Vortheil erreicht werden, allein zur Erhaltung des Fahrwassers der Jade wird dadurch auch nicht der kleinste Beitrag geliefert. Man könnte glauben, es dürfe, wenn auch nicht bis zum Jahre 2100, doch mindestens bis zum Jahre 2000 gewartet werden, bevor es nöthig sei, mit gründlichen Arbeiten vorzugehen, allein dagegen ist einzuwenden, daß die Aufschlickung Jahr für Jahr zunimmt und daß die gründliche Verbesserung deshalb von Jahr zu Jahr schwierigere, weil umfangreichere Arbeiten erfordert. Ein Beispiel wird das klarmachen. Man sei etwa im Jahre 1903 der Ansicht, daß das Fahrwasser mit Ausnahme einzelner schlechter Stellen noch genüge und sehe deshalb von einer allgemeinen Vergrößerung der Profilquerschnitte ab. Hundert 102

Jahre später überzeuge man sich aber, daß diese zur Nothwendigkeit geworden sei und beschließe demgemäß, nicht nur die fernere Verschlechterung zu verhüten, sondern auch den Zustand von 1903 wieder herzustellen. Um ersteres zu erreichen ist nach dem vorigen mindestens ein Kapital von 39 Millionen Mark erforderlich, und die Beseitigung der in den 100 Jahren aufgeschlickten Masse, falls man sie innerhalb von 100 Jahren bewerkstelligen will, verlangt eine Summe von

$$\frac{1\ 200\ 000\ (1,035^{100}-1)}{1,035^{100}\ (1,035-1)} = M\ 33\ 196\ 500.-,$$

die nebst den inzwischen auflaufenden Zinsen innerhalb der 100 Jahre gerade verbraucht sein würde, wenn man jährlich M 1 200 000.– zur Beseitigung von 800 000 cbm zu M 1.20 davon genommen hat. Außerdem wären noch etliche Millionen zur Beschaffung von Gleisen und Fördergeräthen aufzuwenden. Die hundertjährige Verzögerung kostet also mindestens 35 Millionen Mark. Auf dieselbe Weise ergiebt sich, daß eine 50jährige Verzögerung etwa 30 Millionen Mark, eine 25jährige etwa 22 Millionen Mark kostet usw., wodurch sich die obige Behauptung genügend rechtfertigt.

Nachdem der Kriegshafen an der Jade erbaut worden ist und nachdem die darauf verwendeten Summen sich mit dem Wachsen der Flotte stets steigern, ist es auch zur unabweisbaren Pflicht geworden, den Zugang zum Kriegshafen von der See aus auf eine oder die andere Weise gegen die drohende Verkümmerung zu schützen.

Hugo Lentz

Cuxhaven, am 14 Februar 1903

> Ergänzende Anmerkungen zu den Gutachten "das Fahrwasser der Jade betreffend" von Hugo Lentz

> > (von Dr.-Ing. Günter Luck, Gengenbach)

Die hier mitgeteilten Gutachten des Hamburger Wasserbauinspektors Hugo Lentz aus den Jahren 1899 und 1903 sind seinerzeit nicht veröffentlicht worden. Sie wurden – wohl mehr zufällig – in jüngerer Zeit im Archiv des Strom- und Hafenbauamtes, Hamburg, gefunden.

Der den Gutachtenauftrag begleitende Schriftverkehr ist nur in jenen Teilen erhalten, der über den Senat der Freien und Hansestadt Hamburg lief. Danach wandte sich der Staatssekretär des Reichs-Marine-Amtes (Großadmiral v. Tirpitz) mit Schreiben vom 2. Januar 1899 an den Senat unter Bezugnahme auf ein am 14. November 1898 geführtes Gespräch mit dem Hafenbaumeister Hagemeister und dem Wasserbauinspektor Lentz mit der Bitte, "den letztgenannten Herrn zu Abgabe eines Gutachtens darüber zu veranlassen, ob ein allmähliches Anwachsen des Landes und Verschlicken des Fahrwassers konstatiert werden kann und demgemäß befürchtet werden muß, daß die Jademündung ohne besondere Vorsichtsmaßregeln, Schutzbauten etc mit der Zeit für unsere tiefgehenden Schiffe unpassierbar wird". Die vorhandenen Karten und anderen Unterlagen würden zur Verfügung gestellt. – Dieses Schreiben wurde an Hugo Lentz am 5. Januar 1899 mit der Bitte um Bericht weitergeleitet. Bereits am 7. Februar 1899 gab Lentz das erbetene Gutachten ab.

Der in heutigen administrativen Usancen nicht unerfahrene Zeitgenosse wird sich eines Lächelns kaum erwehren können angesichts des vom Senat am 5. Januar angeforderten Berichtes. Lentz überreichte nämlich am 8. Februar – also einen Tag nach Abgabe des Gutachtens – eine Soschrift Der Staatssekretair des Teichs-Marine-Amts. 36 8291

Berlin, In 2. Jane 1899.

Hofrin G.

Inse tanak harfor infantes begingen former wife die in Hamber and Homen former haring for Hamber Hamber and James Haffarboring por hard haring for Hot and 3 if prosoface down long from former for they also mind fit harfand Lands of haring the harifand haribant for harifand for har har former for harifant for haring haring former former

Vin fint newforderen Invent tot fadafaforenffort with far southfort with far southfort militarious Margariforits glainfraiting mit disfance lefonition most little winds and Book Little winds might bet time for farmificant minds might bet toward for before the time of the toward for helper south many flight winds might toward for helper south many flighten.

yn Tirpily.

No Son Panch Famburg.

11. 1. gt. g. Lympy Lehman It rogly.

Javan Mafforbaie - Niroktor Buchheister by Javan Mafforbaie -Julgaktor Lendy gran Frank. 5/18.99. 29. 29. 2.

61. Janu Maffordam. Jufgroter Lentz zom Loviell. Daviftet 1/2 99 yoz. Lentz. ihm di frefulling Ab Juponen tant den first.

nun der Grung den An Town on Si wie gr.
An flug in den Justen fran Reiner aus
ifw mit zum flebe winder werden dur.

In Stir Apyrolis I New Plainer washing bir Institute of Inthomorphish by Suff, annufficting fine and for bushing by which fine and for billian his his who have before his his who have before awarend with her By Dan whey - Providence Ourymisteren, An Inflish, Some num Pan Tom and finfal wint, and will for many man Ran Tom and finfal wint, and will for and many for the first wint for the same and flings.

Abschrift desselben mit folgendem Begleitschreiben: "Beifolgend verhehle ich nicht, das von S^r. Excellenz Herrn Staatssekretär von Tirpitz gewünschte Gutachten über das Fahrwasser der Jade zu überreichen. – Ich habe das Gutachten mit großem Vergnügen abgefaßt, weil das Thema sehr interessant und von der gewußten Wichtigkeit ist, doch darf ich mir erlauben, zu bemerken, daß Gutachten über fremde Reviere für eine nicht Hamburgische Behörde wohl eigentlich nicht meines Amtes sind, weil solche Arbeiten allgemein zu den freiwilligen Privatarbeiten gerechnet werden." Kein Zweifel, Lentz war nicht bereit, pour le roi de Prusse, d.h. ohne Honorar, zu arbeiten.

Die Honorierung des Gutachtens ist anscheinend in den sicherlich geführten Vorgesprächen nicht behandelt worden. Der Lentzsche Bericht vom 8. Februar 1899 hatte dann zur Folge, daß sich der Senat der Hansestadt in seiner Sitzung vom 1. März 1899 mit dieser Angelegenheit befaßte. Dem Protokoll dieser Sitzung folgend, wurde vom Präses der Bau-Deputation über den zuständigen Senator vorgeschlagen, dem Wasserbauinspektor Lentz sein Gutachten mit 1000 M "aus den diplomatischen Kosten" zu vergüten. Der Referent bemerkt dazu, daß mit Sicherheit eine "Remuneration" seitens des Reichsmarineamtes an Lentz erwogen werde. Ein Beschluß solle daher zurückgestellt werden. Sollte eine Remuneration indessen seitens des Reichsmarineamtes nicht erfolgen, "so werde es allerdings der Billigkeit entsprechen, diesseits eine Remuneration zu bewilligen". Der Senat beschloß demgemäß und ließ Lentz entsprechend unterrichten.

Offenbar ist in der Folgezeit jedoch wenig geschehen. Es ist aus den Unterlagen nicht zu ersehen, auf wessen Initiative schließlich die Hanseatische Gesandtschaft in Berlin in dieser Angelegenheit aktiv wurde. Am 17. Januar 1900 berichtet sie dem Senat über den Fortgang des Verfahrens: "In der Angelegenheit des Wasserbau-Inspektors Lentz, welche ich bei einer gelegentlichen Zusammenkunft mit dem Abtheilungschef im Marine-Ministerium, Kontre-Admiral Diederichsen, zur Sprache gebracht habe, ist mir von demselben heute eine schriftliche Mittheilung zugegangen, wonach der Staatssekretair des Reichs-Marine-Amtes beabsichtigt, dem Herrn Lentz für seine wasserbaulichen Ausarbeitungen demnächst eine Remuneration anzubieten. – Admiral Diederichsen theilte mir gestern Abend bei einem gesellschaftlichen Zusammentreffen mit, daß die Absicht einer Honorierung des von Herrn Lentz ertheilten Gutachtens von Anfang an bestanden habe, die Ausführung sei bedauerlicher Weise durch den vortragenden Rath verzögert worden."

Am 26. März 1900 schließlich teilt der Staatssekretär des Reichsmarineamtes dem Senat mit (persönlich von v. Tirpitz unterschrieben): "Dem Senat beehre ich mich ergebenst mitzutheilen, daß ich die Kaiserliche Werft zu Wilhelmshaven angewiesen habe, dem Wasserbau-Inspektor Lentz daselbst zu Beginn des Rechnungsjahres 1900 eine einmalige Remuneration von 1200 M zu zahlen." Das geschah dann mit Kassenanweisung der Kaiserlichen Werft vom 7. April 1900.

Es ist zu mutmaßen, daß die Verzögerung der Angelegenheit tatsächlich nicht auf eine Fehlleistung des vortragenden Rates im Reichsmarineamt zurückzuführen war, wie Admiral Diederichsen gegenüber dem Hanseatischen Gesandten entschuldigend zum Ausdruck brachte, sondern auf die Zwänge des damaligen Haushaltsgebarens. Die Lentzschen Arbeiten setzten ein im Haushaltsjahr 1898 und wurden kurz vor dessen Abschluß beendet. Der Haushalt 1899 war zu dieser Zeit wahrscheinlich schon fertiggestellt und Mittel für Gutachten-Honorare darin nicht vorgesehen, so daß diese erst mit dem Haushalt 1900 eingeworben werden konnten.

Der verwaltungsmäßigen Abwicklung des ersten Gutachtens wurde hier Raum gegeben, weil auch sie beredtes Zeugnis des Zeitgeistes ablegt. Insbesondere ist bemerkenswert, daß in der Diskussion um die Honorierung des Gutachtens der Hamburger Senat sich selbstverständlich in die Pflicht genommen fühlte, für einen Mitarbeiter einzustehen, falls das Reichsmarineamt sich hier versagen sollte. Dieser Beschluß ist Ausdruck wahrhaft hanseatischer und demzufolge aristokratischer Gesinnung.

Inhaltlich sprechen beide Gutachten für sich. Die Anlagen zum ersten enthalten eine Karte des Jadegebietes mit den untersuchten Profilen, Querschnittsberechnungen und zwei "Fluthkurven". Dem zweiten Gutachten sind irgendwelche zeichnerischen Darstellungen o.ä. offenbar nicht beigefügt worden.

Eine Orientierung der Gutachten am gegenwärtigen Wissensstande würde dem Verfasser nicht gerecht werden. Der Reiz des Nachvollzuges seiner Gedankengänge liegt gerade darin, daß die Küstenforschung zu seiner Zeit in den allerersten Anfängen steckte. Die großen Impulse, die insbesondere durch Forderungen der Flotte an das Jadefahrwasser nach 1904 ausgelöst wurden und die dann zu forschenden Aktivitäten des Strombauressorts der Kaiser-

lichen Werft in Wilhelmshaven führten, standen noch bevor. Insofern muß die Lentzsche Arbeit als tastender Versuch zur Beherrschung der Naturvorgänge des Küstenvorfeldes gewertet werden.

Im ersten Gutachten wird versucht, durch zeitlich gestaffelte Profilvergleiche den Materialhaushalt des Untersuchungsgebietes zu quantifizieren und Abhilfen im Sinne der Erhaltung des Jadefahrwassers durch bauliche Eingriffe aufzuzeigen. Dieses Verfahren ist – freilich durch neue Einsichten angereichert – bis in jüngere Zeit auch anderenorts vielfach angewandt worden und häufig der Weisheit letzter Schluß gewesen. Lentz begründet ausführlich, warum er einen unmittelbaren Eingriff in das Jadefahrwasser durch Baggerung für verfehlt hält, und gibt einem Verfahren den Vorzug, mit welchem das Volumen des Jadebusens gewährleistet werden soll, um im Fahrwasser durch Erhalt der bettbildenden Wassermenge ausreichende Querschnitte langfristig erhalten zu können. In diesem Sinne empfiehlt er Baggerungen im Jadebusen.

Das Reichsmarineamt hat sich mit dieser Auffassung offenbar sehr gründlich und lange auseinandergesetzt. Nicht anders ist das Zustandekommen des zweiten Gutachtens vom 14. Februar 1903 zu erklären. In ihm werden die Kosten für unmittelbare Baggerung im Fahrwasser und für die Volumenerhaltung des Jadebusens ermittelt und gegenübergestellt. In diesem Zusammenhang zeigt Lentz für die Ablagerung des Baggergutes eine Außen- und eine Binnendeichslösung auf. Aus heutiger Sicht ist es geradezu amüsant, wie unbefangen er mit im Binnenland gelegenen Heid- und Moorflächen umgeht, die er als Deponieflächen zu nutzen gedachte. Der Kostenvergleich fällt dann insgesamt zugunsten der Erhaltung des Jadebusens aus. Gleichzeitig empfiehlt er, auf Vordeichungen, Landgewinnung und ähnliche bauliche Eingriffe dort zu verzichten, um den bestehenden Zustand auch aus dieser Sicht nicht zu gefährden. Hier hatte das Reichsmarineamt allerdings schon vorgesorgt; denn im Reichskriegshafengesetz vom 19. Juni 1883 waren bereits entsprechende Regelungen enthalten.

Die Vorschläge von Lentz wurden dann nicht weiter verfolgt. Sie fielen wahrscheinlich einem Ereignis zum Opfer, das damals weltpolitisch Bedeutung erlangen sollte. 1904 legte Großbritannien das erste Großkampfschiff der Dreadnought-Klasse auf Kiel, das schon 1906 in Dienst gestellt wurde. Weitere Schiffe dieser Klasse folgten. Hierdurch fühlte sich die Reichsregierung in Zugzwang gesetzt und entwickelte entsprechende Bauprogramme, die vom Reichstag angenommen wurden. Die Größe und Anzahl der in Dienst zu stellenden Schiffe stellten erhebliche Forderungen an ein ausreichendes Fahrwasser, das allein mit indirekten Eingriffen nicht zu gewährleisten war. Es kam hinzu, daß die beiden Marinehäfen an der Nordsee – Brunsbüttel und Wilhelmshaven – nicht mehr als zwölf Großkampfschiffe aufnehmen konnten und demzufolge Hafenerweiterungen erwogen werden mußten. Diese Entwicklung hat die durch Lentz ausgelöste Diskussion abgebrochen. Das Strombauressort der Kaiserlichen Marine entschied sich für die baggergestützte Querschnittsgestaltung des Jadefahrwassers. Insofern ist es den Zeitgenossen von Lentz und ihren Nachfolgern versagt geblieben, den Erfolg einer Flächenbaggerung im Jadebusen verfolgen und bewerten zu können.

Die Lentzschen Gutachten sind heute nur noch von historischem Interesse. Sie haben – anders als seine hydrographischen Arbeiten im Elbegebiet – keine Spuren hinterlassen bzw. der noch jungen Küstenforschung Impulse geben können. Seine Absicht, durch Eingriff in großräumige hydrologisch/morphologische Abläufe die Abflußgleichung Q = v·F mit dem Ziel zu manipulieren, bettbildende Wassermengen in gewünschter Größenordnung zu schaffen, entsprach dem Geist und dem Wissensstand seiner Zeit. Daß heute angesichts eines großen problembezogenen Erfahrungs- und Wissensschatzes die Dinge in anderem Licht erscheinen müssen, ist im allgemeinen und wissenschaftlichen Fortschritt begründet. Die Gesamtleistung von Hugo Lentz erfährt hierdurch keine Schmälerung.

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 Korrektion 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. Hafenzeit 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 Stromkentern. 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	2	3	4	5	9	7	8	6
	Hochwasser	Mittler	Mittlere Dauer		Mitt	Mittleres	Mittel-	Seekarten-
Ort	+ spater, - früher	P	des	Mittlerer	Hoch-	Hoch- Niedrig-	wasser	null geschätzt
	als in Wilhelmshaven			Tidenhub	wa:	wasser		,
	w inicinishaven	Steigens	Fallens		bezogen	auf 0 am V	Vilhelmsh	bezogen auf 0 am Wilhelmshavener Pegel
	h m	h m	h m	ш	Е	В	Е	Е
Wilhelmshaven	0 0	6 12	6 13	3,59	+4,18	+0,59	+2,39	0,00
Arngast, Leuchtturm.	+0 13	1	1	1	+4,20		I	1
Voslapp, Balje	-0 18	60 9	6 16	3,21	+ 4,01	+0,80	+2,41	+0,23
Hooksiel	-0 40	6 15	6 10	3,14	1	1	1	I
Krildumersiel	-0 49	6 15	6 10	3,10	ı	ı	I	1
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	1	1	1	1
Spiekeroog, Reede	-1 32	5 47	6 38	2,58	1	1	1	1
Neuharlingersiel	-0 44	4 10	8 15	2,04	I	1	ı	1
Langeoog, Reede	-1 27	6 10	6 15	2,44	1	1	ı	1
Norderney, "	-1 52	20 9	6 18	2,35	I	I	1	1
Juist	-2 04	5 41	6 44	2,33	I	I	ı	1
Borkum	-2 12	5 59	6 26	2,47	I	I	ı	1
Bremerhaven, Einfahrt	90 0+	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	I	١	ı	I
Borkumriff, Feuerschiff	-3 52	6 02	6 23	2,00	1	I	ı	1
Norderney, " (**) · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	-1 54	20 9	6 18	2,30	1	1	ı	1
a a	-0 49	5 45	6 40	3,00	1	1	ı	1
Amrumbank, "	-1 06	5 39	6 46	1,90	1	I	1	1
Außeneider	-0 58	5 36	6 49	2,60	1	I	_ 	1

*) Es ist angenommen, daß das Mittelwasser bei Minsener-Old-Oog und bei Rotersandleuchtturm gleich hoch liegt.

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 1:15000 aufgetragen. Beim Maßstab 1:5000 wie 1:15000 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 Querschnittsberechnungen der Strommündungen wenig geeignet, da sie einen zu geringen Querschnitt ergeben würden.

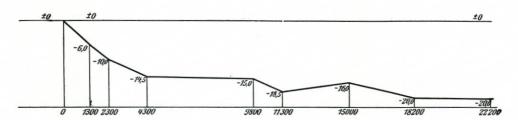


Abb. 1. Richtung: N.N.W. durch den Kirchturm von Haarlem. (Aus der Seekarte Nr. 53 "Die Hoofden" 1:300 000 vom 20. Oktober 1906.)

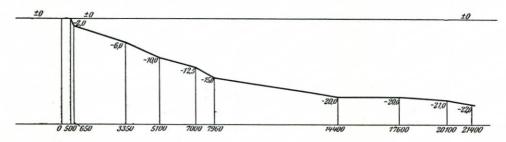


Abb. 2. Richtung: N. durch das "e" des Wortes "Schiermonnikoog" der Karte 64 (Tit. III Nr. 26) Ostfriesische Inseln vom Dezember 1910. 6°11′36″ östl. Länge.

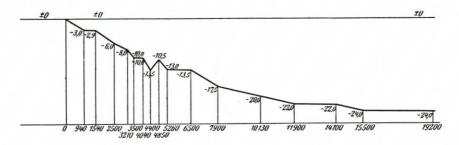


Abb. 3. Richtung: N. durch das "g" des Wortes "Langeoog" der Karte 64 (Tit. III Nr. 26) Ostfriesische Inseln vom Dezember 1910. 7°32′30″ östl. Länge.

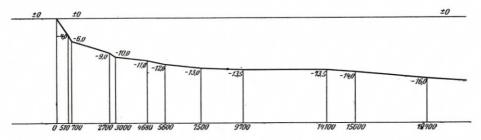


Abb. 4. Richtung: W.Z.N. durch den Kirchturm von "Westerland auf Sylt". Aus der Seekarte (Tit. III Nr. 8) Küste von Schleswig-Holstein vom 9. Januar 1909.

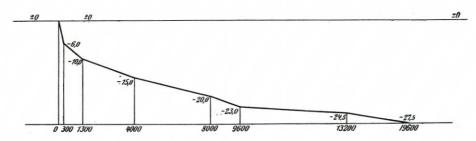


Abb. 5. Richtung: W.N.W. ½ W. durch den Kirchturm von "Ringkjöbing in Jütland". Aus der Karte (Tit. III Nr. 6) Westküste von Jütland. 1: 300 000 vom 9. November 1907.

Abb. 1 bis 5. Schnitte durch den Vorstrand verschiedener Küstenpunkte. Maßstab 1:200000 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 Seekartennull 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 Seeund 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
                         . . . . . . . . 940mal,
            unter ± 0
            unter - 0,50
            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 bezw. 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 jetzt ²).

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 Beautemps-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. Wenngleich 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 abzubrechen. 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, wenngleich 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 Wellen wirk ung 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 forttreibt. 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, Schiermonnigkoog, 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 Ebbeströmung 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.

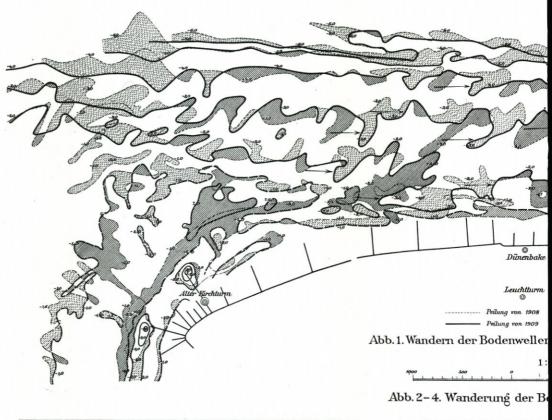
Die Strömungen an der Küste sind noch sehr wenig beschrieben. Eine bildliche Darstellung gibt der Atlas der Gezeiten und Gezeitströme für das Gebiet der Nordsee und der britischen Gewässer, herausgegeben von der Deutschen Seewarte 1905. Die Angaben dieses Atlasses stützen sich auf Messungen, die von 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 Schwimmerbahnen 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 Schwimmerbahnen 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



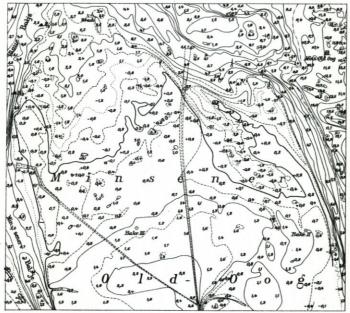
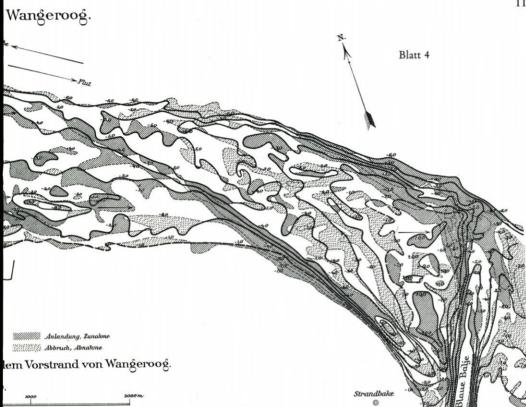


Abb.2. Frühjahr 1910.



Abb.3.





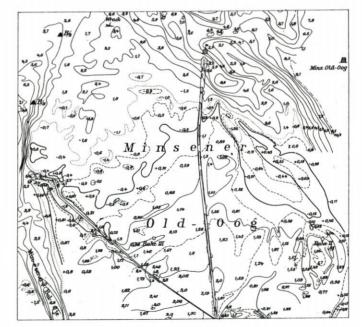


Abb. 4. Herbst 1910.

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

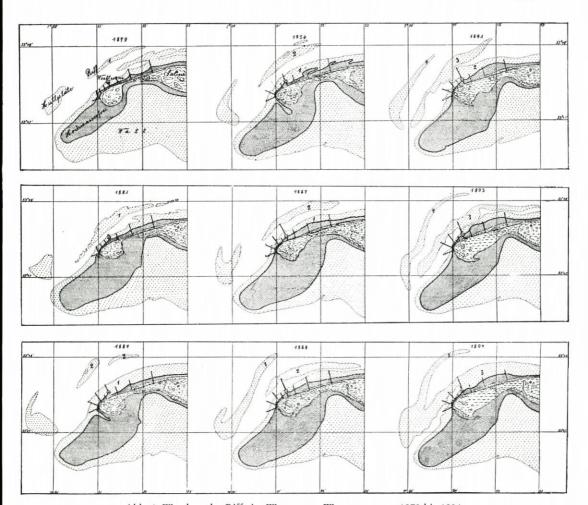


Abb. 6. Wandern der Riffe im Westen von Wangeroog von 1879 bis 1894.

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 eingeengt, 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 Vorstranden 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 beigefügt 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 hertreibend, 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 Dünental 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 anderseits 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 Balie. 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 Schiffahrt 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 Balie, 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 betonnt 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 fortplanzt. 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

124

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 Schillig 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 Wanderplaten 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° 57′ 10″ bis 7° 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 Scharhörn-Riff westlich der im Norden der Scharhörn-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 Scharhörn 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 sieh 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 Geschichtskenntnis 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 ¾ der Insellänge vom Westende jeder Insel ab gerechnet (sieh 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 Inselher entstanden und besteht daher in den höheren Teilen aus Sand mit wenig Schlickbeimengung. Es fällt von der Inselher 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 abgelaufen 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 Elisabethgrodens im Anwuchs, der noch durch Begrüppung befördert wird. Das Watt besteht hier aus Schlick, dem nicht viel Sand beigemengt 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 schmaleren 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 Hoheweges 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 ½ bis ½ 6 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 Watten 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 Watten 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 Watten 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 Strandprielen, 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.

Schlick gehalt 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 Hoheweg 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 Wangeroog. 1866 war südlich vom Durchbruch eine weit nach Süden reichende Vertiefung vorhanden, vielleicht daßs hier von der Strömung die leichteren Bestandteile fortgenommen waren, wodurch das Watt abnahm. Nach Schluß des Durchbruchs landete Wangeroog 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 Karolinensiel, 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 Buhnenbauten kann man also Land gewinnen, und durch lange und viele Buhnen hintereinander ließe sich auch ein guter Teil des Schlicks fangen, der jetzt über die Watten in die Jade wandert. Man könnte mit Buhnen 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 Buhnen 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

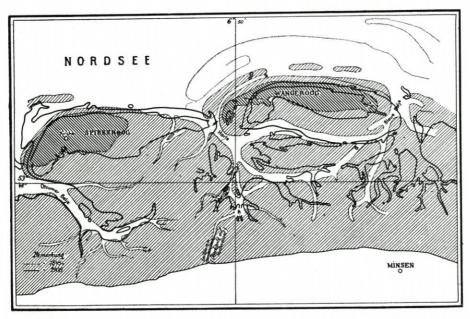


Abb. 7. Vergleich der Hoch- und Niedrigwasserflächen von Spiekeroog und Wangeroog. 1: 200 000.

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. Einzeln scheint sich auch ein Seegatt ganz zu schließen und dafür sich ein neues aufzutun. Auf einer im oldenburgischen Archiv befindlichen Handskizze von Wangeroog 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 Willemß von etwa 1550 das Seegatt östlich Wangeroogs und ist als solches auch nach einer Handskizze Wangeroogs 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 Wangeroog 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 Wangeroog für die Harle an. Auch die vergleichende Darstellung von Spiekeroog und Wangeroog, 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 Wangerooger 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 1869 die Rinne von 1845 nur noch eine schmale Strandbalje ist, aber noch betonnt ist. Das Südwestende von Wangeroog 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 Wangeroog zur Zeit stark beansprucht werden. Ich halte eine Verlegung der Harle in die Dove Harle nicht für ausgeschlossen, wenngleich ich keine Anschauung über den voraussichtlichen Zeitpunkt der Verlegung habe. Über die Wanderung von Wangeroog 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.

Strand befestigung. 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

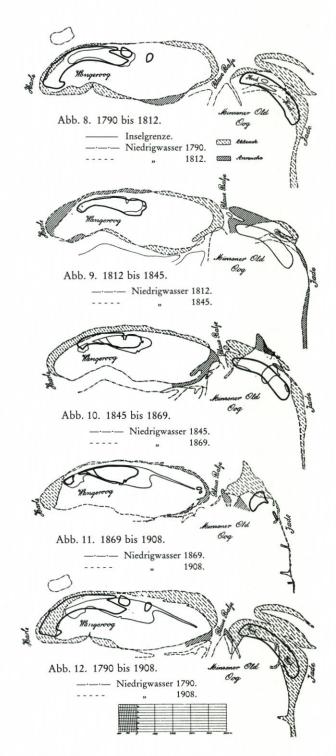


Abb. 8 bis 12. Veränderung Wangeroogs und Minsener-Old-Oogs vom Jahre 1790 bis 1908.

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 anfing 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 entgegentreten. Im Handbuch der Ingenieurwissenschaften III, Der Wasserbau 3, Das Meer und die Seeschiffahrt, 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

Wangeroog 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 Dünensand. 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 Wangeroog 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 Wangeroog 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 Wangeroog werden die Bodenarten auf den andern Inseln sein, wenngleich 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. Fülscher 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 Festlandsküste 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 Watts 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,

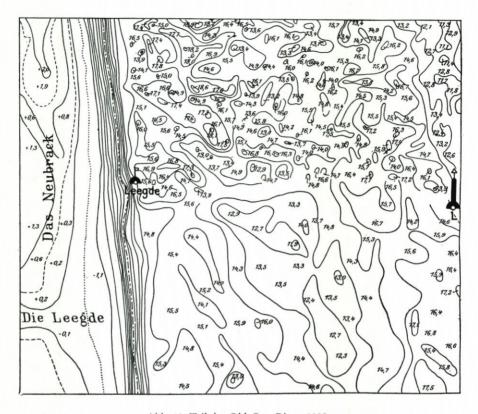


Abb. 13. Teil der Old-Oog-Rinne 1908.

denn es wurde derzeit der Iheringsgroden 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 Jeversche 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 Jeverschen 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, Jeverscher 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 Nebenstengeln 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 Hauptgezeitenstrom die Sandmegen 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- bezw. 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 Unterwasserplaten, die auf der Süd- bezw. Südwestseite flach ansteigen, auf der Nordost- bezw. 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, wenngleich 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 Fülscher es tut.

Bitte um Beiträge zu den vorstehenden Erörterungen. Die vorstehenden Ausführungen bedürfen noch in vielen Teilen der Ergänzung, wenngleich ich sie eingehend mit meinen Arbeitskollegen, besonders mit dem Marine-Baumeister HERMEKING, dem Ingenieur BECKER, dem Steuermann WEHEN und dem Werfthilfstechniker 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 Schiffahrtsamtes 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 Sandplaten 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 Buhnensystem 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 Wurten, 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 Hafenbautechnischen 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 Hafenbautechn. 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."

Die Sandbänke an der Küste der Deutschen Bucht*) der Nordsee

Von Dr. HARM POPPEN, Jena.

Mit dem Ausdruck: "Deutsche Bucht der Nordsee" bezeichnet man nach der Segelanweisung¹) denjenigen Teil der Nordsee, welcher im Süden und Osten den Kontinent, im Westen den Meridian von Texel und im Norden den Breitengrad von Horns Riff als Grenze hat. Die äußeren Grenzen liegen also außerhalb des deutschen Gebietes. Ihre Küste ist dort, wo deutsche Landgebiete in die Fluten der Nordsee eintauchen; diese wird kartographisch durch eine Linie bezeichnet, die sich aus dem Mittel des Niedrigwassers zur Zeit der Springfluten ergibt. Sie erstreckt sich von der Insel Röm bis zur Ems in einer Länge von etwa 150 sm2). Im weiteren Sinne wird die Küste durch eine Linie gebildet, die alle Punkte des deutschen Festlandes verbindet, welche zu gleicher Zeit von den Nordseefluten bespült werden. Da diese Grenzlinie aber keine konstante Lage hat, sondern mit der Ebbe ab-, mit der Flut aufwärts wandert, so bildet eine Küste keine Linie, sondern eine Zone3), deren untere Grenze von der Grenzlinie des niedrigsten Wasserstandes begrenzt wird, und deren obere noch etwas höher liegt, als das höchste Hochwasser reicht, da die Tätigkeit der Wellen über dieselbe hinaus sich erstreckt. Die Zone ist an Steilküsten außerordentlich schmal, an Flachküsten aber wie der deutschen Nordseeküste nimmt sie eine erhebliche Breite an, da sie auch die Außergroden und ausgedehnten Wattengebiete, jenes amphibische Gebilde zwischen Land und Meer, mit umfaßt.

Die an die Deutsche Bucht angrenzenden Küstengebiete zeigen eine sehr starke Küstenentwicklung. Die Mündungstrichter der Ems, Weser, Elbe und Eider sind ganz bedeutend; tief ins Land einschneidende Buchten: Dollart, Jade, die von Meldorf, Tönning und Husum mit den sie begrenzenden Halbinseln Dieksand, Wesselburener Koog und Eiderstedt erhöhen die Küstengliederung erheblich; die der Küste in einer Entfernung von 2 bis 15 sm girlandenartig vorgelagerten zahlreichen ost- und nordfriesischen Inseln, von denen Borkum und Röm die Eckpfeiler bilden, vervollständigen das Bild der Zerrissenheit. Eine besondere Stellung nimmt unter ihnen das aus Buntsandstein bestehende Felseneiland Helgoland ein; denn es ist aus den Küsteninselreihen herausgerückt, so daß es seiner Entfernung nach, die von der Halbinsel Eiderstedt 48 km⁴), von Cuxhaven 60 km beträgt, eine ozeanische Insel zu sein scheint, dennoch aber eine reine Küsteninsel ist. In seinem tektonischen und geologischen Aufbau hat es zwar mit einigen der nordfriesischen Eilande genetische Berührungspunkte, unterscheidet sich jedoch gänzlich von den andern, vor allem von den Ostfriesischen Inseln, die Schwemminseln sind. Es ist ein Zeuge der gewaltigen tektonischen Veränderungen und Schicksale, denen das Nordseegebiet in den Zeitläuften unterworfen war.

Die heutige Nordsee, die nach Browne⁵) eine überaus bewegte Vergangenheit hat, soll

¹) Segelhandbuch der Nordsee, herausgegeben vom Reichs-Marine-Amt, Berlin 1906, Teil I, Heft 3, S. 31.

²⁾ Ebenda S. 79.

³⁾ Vgl. Grosse, Die Entwickelung des Küstenbegriffs, Diss. Leipzig 1904.

⁴⁾ R. Haage, Die Deutsche Nordseeküste, Diss. Leipzig 1899, S. 10.

⁵) A. J. Jukes Browne, Contemporary Review, 1893. (Vgl. "Globus" 1894, Bd. 65, S. 198 u. 199.)

^{*)} Auszugsweiser Nachdruck aus "Annalen der Hydrographie", 1912, H. VI.

auf Grund der Forschungen dieses Geographen im Frühalluvium entstanden sein. Von einschneidendster Bedeutung für das Nordseegebiet war die Bildung des Englischen Kanals, die sich nach Walther⁶) in der Zeit vom 4. bis 6. Jahrtausend v. Chr., nach Browne an der Schwelle der historischen Zeit vollzogen hat. –

Die Nordsee hatte schon von alters her, wie uns die alten Historiographen: Pytheas¹) aus Massilia (4. J.), Ephoros²) (um 350 v. Chr.), Aristoteles³) (Lehrer Alexanders d. Gr., geb. 384), Kleitarchos⁴) (derselben Zeit angehörig), Hekataios⁵) (zu derselben Zeit), Philemon⁵) (ein zur selben Zeit lebender Dichter), Plinius⁶) († 79 n. Chr.), Tacitus³) († vor 120 n. Chr.), Caesar³) († 44) u. a. berichten, einen höchst unruhigen und unberechenbaren Charakter, der ihr die heute im Volksmunde übliche Bezeichnung "Mordsee" eingetragen hat: wir hören von den Verheerungen, die sie anrichtete, von der Zerklüftung der Küstengelände, die in dem Worte "aestuarium", einer alten Prägung, ihren Ausdruck findet, von dem hartnäckigen Kampf, den der Anwohner mit ihr führte, – alles Züge, die uns ganz und gar neuzeitlich anmuten.

Es kann nun zwar nicht unsere Aufgabe sein, alles Material der späteren Geographen und Historiker auch nur summarisch an dieser Stelle niederzulegen, indes glauben wir einen Punkt nicht übergehen zu dürfen: den erfreulichen Ausbau der Kartographie9), die sich auch auf das Nordseegebiet erstreckte, wohin die aufflutende Kultur, der aufblühende Handel mehr und mehr ihre Wellen schlugen. Während im Mittelalter der mönchische, im 14. und 15. Jahrhundert der italienische und im 16. Jahrhundert der portugiesische und spanische Einfluß der Kartographie den Stempel aufdrückte, übernahmen erst von der Mitte des 15. Jahrhunderts ab die Niederdeutschen die Leitung, besonders die Holländer. Geradezu epochemachend waren die in fünf Sprachen erschienenen Werke des Holländers Lucas Janß Waghenaer aus Enkhuizen: "Spiegel der Zeevart 1584 bis 1615" und "Tresor der Zee-Vaert 1592 bis 1609", so daß alle Werke des 17. Jahrhunderts unmittelbar auf seinen Schultern standen und ein Seeatlas lange Zeit kurz die Bezeichnung "Waghenaer" führte. Von den deutschen Küstenstädten der Nordsee brachten besonders Hamburg und Bremen wegen ihres ausgedehnten Handels den seemännischen Wissenschaften ein großes Interesse entgegen. Technisch gebildetem Personal, dem in Bremen ein Barsemeister vorstand, war die sorgfältige Bearbeitung dieser Materie in die Hände gelegt. Die Seewarte wurde ins Leben gerufen. Die Kapitäne der Kriegs- und Handelsmarine unterbreiten der Behörde ihre Beobachtungen. Alle diese Ergebnisse finden ihren Niederschlag in den von der Reichsmarine herausgegebenen Segelhandbüchern und Seekarten. Die Kartographie erfreut sich erst besonderen Aufschwungs und absoluter Zuverlässigkeit, seitdem die deutsche Admiralität sich ihrer angenommen hat.

Die Karten sind von den Anfängen an fast ohne Ausnahme in Schwarzdruck gehalten. Die Sandbänke sucht man durch Tiefenlinien, Isobathen, in Höhenabständen von etlichen

⁶⁾ P. Walther, Land und See. Vgl. Gebauer-Sch. Halle 1907.

¹⁾ Seine Tagebücher sind verloren gegangen; Fragmente sind uns erhalten in Plinius II und bei Strabo (68 v. bis 24 n. Chr.) in seinen 17 Büchern "Γεωγραφικά".

²⁾ Strabo VII, 2. Ephoros. F. H. G.

³⁾ Ethica ad Eudem. III, 6.

⁴⁾ Strabo VII, 2.

⁵⁾ Plinius IV.

⁶⁾ Historia naturalis.

⁷⁾ Annales.

⁸⁾ Bellum Gallicum.

⁹⁾ Vgl. Behrmann, "Niederdeutsche Seebücher usw." im Jahrbuch für die Geschichte des Großherzogtums Oldenburg, 1909.

Metern von der Umgebung abzuheben. Auf den neuesten Karten zeichnet man die Watten in den der Wirklichkeit entlehnten grauen Tönen, während man von da ab von Isobathe zu Isobathe in immer heller werdenden Schattierungen zur weiß gehaltenen See übergeht. Außerdem sind überall die Tiefen in Metern angegeben. Die Seekarten sind jedoch nur Augenblicksbilder; denn da der Bodenbelag einer ständigen Umlagerung unterworfen ist, so ist das natürliche Bild nicht selten schon ein anderes, ehe die gefundenen Meßwerte auf die Karte übertragen worden sind, eine Erscheinung, der die Seekarten mit einer Bemerkung Rechnung tragen, die dem Seemann wegen der dauernd und oft in beträchtlichem Maße sich zeigenden Veränderungen größte Vorsicht anempfiehlt. –

Definition

Die Durchmusterung der Fachliteratur zeigt nun, daß die dort auf die Sandbänke Bezug habenden Fachausdrücke auf unsere Verhältnisse keine Anwendung finden können, da den Verfassern durchweg Großformen vorschwebten, während wir es an unserer Küste mit Kleinformen zu tun haben. So lesen wir bei Supan¹), daß die Kuppen bis zu -200 m, die Bänke von -200 bis -11 m sich erheben; Erhebungen, die höchstens -11 m Tiefe haben und deshalb der Schiffahrt gefährlich sind, nenne man Riffe oder Gründe. Wagner²) bezeichnet "die sich dem Meeresspiegel nähernden Einzelerhebungen als Kuppen und Bänke, und, wenn sie der Schiffahrt gefährlich werden können (d. h. sich bis -11 m erheben), spricht man von Riffen, Gründen". Supan³) ergänzt bei dem Kapitel der Sedimentablagerungen obige Definition dahin, daß "manche Sandbänke oder Barren dauernd über dem Meersspiegel emporsteigen, manche nur zur Ebbezeit, manche - und diese sind die gefährlichsten verbergen sich stets unter dem Meeresspiegel". Andere klassifizieren die Bänke wieder dahin, daß sie die nur bei Hochwasser mit Wasser bedeckten Erhebungen Sandbänke nennen, während sie die, die ständig von seichtem Wasser überflutet sind, mit dem Namen Untiefen belegen, Begriffe, die sich nicht mit der seemännisch angewandten Terminologie decken, wie die Seekarten⁴) und Segelhandbücher⁵) dartun. Diese bezeichnen die ans Festland und an die Inseln sich direkt anschließenden und bei normalen Flutverhältnissen nur bei Hochwasser bedeckten Schwemmlandgebilde, auf denen der Schlick haften bleibt, der ihnen eine schmutziggraue Färbung gibt, als Watten, während die meist isoliert auftretenden und oft blendend weiß zu uns herüberschimmernden Sandanhäufungen die Namen Riff, Plate, Grund, Sand, Untiefe, Bank führen, Benennungen, die begrifflich gleichwertig sind, gleichviel, ob sie ständig oder nur bei Hochwasser mit Wasser bedeckt sind. Erreichen sie Watthöhe, was jedoch bei den isolierten Bänken äußerst selten der Fall zu sein pflegt, so spricht man sie gewöhnlich als Watten an, womit man jedoch den Begriff eines größeren Umfangs verbindet. Die Anwendung des Ausdrucks "Riff" zeigt, daß nicht immer das, was unsere Seeleute Riffgrund nennen, felsiger Boden ist, sondern öfter meinen sie damit nur einen sehr festen Ton, der am Handlot, mit dem sie sich durch Nacht und Nebel tasten, nicht recht haftet, wie beispielsweise der Borkumriffgrund vor der Emsmündung⁶). Jedoch trifft auch dies

¹⁾ A. Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde, 1911, S. 266.

²) H. Wagner, Lehrbuch der Geographie, 1908, S. 492. ³) A. Supan, Grundzüge der phys. Erdk., 1911, S. 271.

⁴⁾ Admiralitätskarten.

Segelhandbuch der Nordsee, herausgegeben vom Reichs-Marine-Amt.
 O. Krümmel, Ozeanographie I, 1907, S. 165.

nicht immer zu. – Halten wir für unsere Untersuchung fest, daß wir unter der Bezeichnung Sandbank eine Meeresbodenerhebung aus Sand verstehen, die, gleichviel, welchen Namen ihr die seemännische Terminologie beilegt, mehr oder weniger bis an die Oberfläche des Meeres emporsteigt. –

Beschreibung und Nomenklatur

In bezug auf ihre Lage kann man See- und Flußsandbänke⁷) unterscheiden, von denen wir erstere vor und in dem äußersten Teil der Mündungstrichter und vor der Küste antreffen, letztere weiter flußaufwärts. Die Bänke in den Flußmündungen haben vielfach eine isolierte Lage zwischen den Fahrwassern; doch findet man sie auch wohl den Wattgebieten angegliedert wie beispielsweise die Mellum Plate mit dem Roten Grund. Die Gestadebänke sind dem Lande vorgelagert und stehen fast immer mit ihm im Zusammenhang; als Typen dieser Gattung können sie den Gestadeinseln angegliedert betrachtet werden. Bei den Flußsandbänken unterscheidet man auch wieder isolierte, die meistens mitten im Fahrwasser sich behaupten, und angegliederte Bänke, die gewöhnlich einem knieartigen Vorsprung des Ufers angeschlossen sind wie z.B. der Möwen Steert und die Hubert Plate in der Ems. Charakteristischerweise beobachten wir die Sandablagerungen und Verschlickungen vorwiegend am östlichen Ufer (siehe Ems, Weser und Elbe). - Manche Bänke behaupten nun eine durchaus konstante Lage wie der Geldsack und das Borkum Riff in der Ems und die Jade Plate in der Jade, andere sind in bezug auf ihren Standort stetem Wechsel unterworfen wie der Minsener Sand und der Rote Sand in der Jade; man nennt sie deshalb Wandersände, während wir jene als konstante Bänke bezeichnen können. Auch gewahrt man bisweilen plötzlich auftauchende Sände, denen jedoch gewöhnlich nur ein kurzes Dasein beschieden ist. Bilden die Bänke einen zusammenhängenden Komplex zwischen beiden Ufern, so redet man von Barren, einer Flutbarre in der oberen Flutzone und einer Ebbebarre im unteren Flußgebiet.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung der Seekarte gewahrt das Auge das fast allen Bänken eigene Charakteristikum einer länglichen Gestalt (vgl. Fig. 1), was besonders von den Flußsänden gilt. Die Böschungen ihrer Seiten sind vielfach steil; nach den Enden hin ist der Abfall ein allmählicher, nach der See zu in den meisten Fällen jedoch flacher als am andern Ende, wobei dieses dann auch die größte Höhe hat. Die hakenförmigen Gebilde ähneln sozusagen submarinen Nehrungen, bei deren Bildung man vielfach die Beobachtung machen kann, daß sie infolge Anhäufung von Sedimenten im Stromschatten eines Ufervorsprunges an eine im Fahrwasser bereits vorhandene Bank anwachsen und diese dadurch "wattfest" machen. Wesentlich unruhigere Formen haben die Bänke, die gleichsam als Vorposten im äußeren Mündungsmund der Flüsse weit vorgeschoben sind. Sie haben im Gegensatz zu jenen nicht selten seitliche Vorsprünge und auf ihren Rücken unregelmäßig auftretende Erhöhungen, ebenso seitliche Einschnürungen; ferner nehmen sie manchmal eine s i c h e l f ö r m i g e Gestalt an. Auch kommt es vor, daß zwei Bänke sich zu einem einheitlichen Komplex aneinandergliedern. Der rechtsseitige Abfall - auf die Richtung der Flußströmung bezogen - ist in den weitaus meisten Fällen steiler als der linksseitige. Eine auffallend gesonderte Gestalt haben die den ostfriesischen Inseln vorgelagerten Gestadebänke, die sich zu deren Füßen girlandenartig hinwinden. Sie zeigen, als Einheit betrachtet, auffallende

⁷⁾ Für uns kommen nur die in Betracht, die sich im äußeren Teil des Unterlaufs befinden.

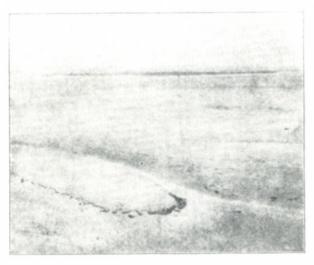


Fig. 1.

Anmerkung: Die vom Herrn Marine-Oberbaurat Krüger in Wilhelmshaven zur Verfügung gestellte Aufnahme obigen kleinen Strandwalles, der den Typ einer Sandbank gut wiedergibt, ist von der Spitze der Mellumbake aus nach Osten hin gemacht. Das Dunkle im Hintergrunde ist das Grünland von Mellum mit dem Sandstreifen an der Westseite; die Mellum Plate liegt 4 km weiter nördlich. Die letzte Flut hat den Strandwall nicht ganz bedeckt, was man an dem geschwärzten Randstreifen sieht, den man deshalb Flutmarke nennt. Diese besteht aus bloß- und angespülten Brocken von Torf, Darg, Holz, Klei usw., die sich in den Hauptbestandteilen deutlich abheben. Die Farbe des Walles ist mattgrau, ein Zeichen dafür, daß er auch Schlickmassen beherbergt.

Ähnlichkeit mit einem ausgewellten Kuchenrand, wobei die hervortretenden Auswölbungen die Barren der Gaten sind. Völlig inkonstant in Lage und Form sind die Bänke vor den nordfriesischen Inseln. Die Längsachse der Bänke hat mehr oder weniger die Richtung der sie bestreichenden Strömungen, eine Beobachtung, die bezüglich der vor den Seegaten lagernden Bänke wegen der hier herrschenden komplizierten Strömungsverhältnisse seltener zutrifft.

Entstehung

Bezüglich der geologischen Untersuchung der Sandbänke ist bis in unsere Tage hinein geradezu gar nichts unternommen worden. Erst in allerneuester Zeit hat die Kaiserliche Werft solche Untersuchungen für das Jadegebiet unter Leitung des Marine-Oberbaurats Krüger ausführen lassen, und zwar seit dem Jahre 1907¹). Die geologische Bearbeitung ist Rektor Schütte aus Oldenburg übertragen worden.

Auf Grund dieser Untersuchungen bestehen die Bänke zum weitaus größten Teil aus

¹⁾ Die Bearbeitungen der Jahre 1907/08 sind seiner Zeit den einzelnen Universitäten als Konvolut zugesandt worden: 1. Vorwort von Möller und Krüger, 2. Allgemeiner Bericht über die Bodenuntersuchung von Schütte, 3. die Diatomeen in den Küstenablagerungen von Chr. Brockmann, 4. die subfossilen Hölzer der Baggerproben von Herm. Brakenhoff.

gröberem und feinerem Sand analog unseren Inseldünen, ferner aus Brockenmaterial und Schlick, jedoch in geringeren Quantitäten. Generelles läßt sich indes nicht aufstellen; denn die einzelnen Sandbänke sind wegen ihrer Lage in gar zu verschiedenem Maße den um- und aufbauenden Naturkräften ausgesetzt. Es ist deshalb ein Unterschied zu machen sowohl zwischen den Bänken, die starker Wellenbewegung unterworfen sind, und denen, die in ruhigerem Wasser liegen, also zwischen See- und Flußsandbänken, als auch den konstanten und wandernden Platen. Die konstanten Bänke zeigen meistens schon in relativ geringer Tiefe feste, altgelagerte Bodenschichten, so z. B. die Jade Plate und die Genius Bank in 12 bis 17 bzw. 9 bis 12 m unter Kartennull meist alten See- und Brackwasserton, darunter oft Süßwasserton, Schilf- und Waldtorf, also submarine Moore; daneben wird draußen bei etwa 18 m, drinnen in der Jade bei 12 bis 15 m Tiefe Diluvialton, Geschiebe usw. angetroffen. Über diesen Schichten ruhen leicht bewegliche Massen, die ständig der Umlagerung unterworfen sind.

Die wandernden Platen aber, wie die H-Plate, der Minsener Sand, der Rote Grund, der Rote Sand und andere bestehen bis zu der ganz beträchtlichen Tiefe von 19 bis 20 m naturgemäß aus gemengtem Material, in der Hauptsache aus Feinsand mit Muschel- und Torfgrus, aber auch aus Kies, Rollstücken von Torf und Holz, Muscheln, Schneckenschalen und dergleichen mehr.

Diese knappen Mitteilungen tun dar, daß die beweglichen Massen, auf die wir unser Hauptaugenmerk richten, bei beiden Arten von Bänken, bei den konstanten sowohl, als auch bei den Wanderbänken, mehr oder weniger aus denselben Substanzen zusammengesetzt sind, vornehmlich aus Sand neben Brocken verschiedenster Art. Das gilt jedoch nur von den Seesandbänken. Die Flußbänke, die im großen und ganzen außerhalb des Bereichs starker Wellenbewegung liegen, gleich den Watten und ruhigeren Meeresbuchten wie der Jade, beherbergen einen nicht unbeträchtlichen Prozentsatz von Schlick, wie schon aus einem Vergleich der zur Ebbezeit aus dem Wasser herauslugenden Rücken hervorgeht, die bei den Flußbänken eine mattgrauere Färbung zeigen, während die ausgewaschenen Sände der von den Sonnenstrahlen beschienenen und ausgetrockneten Seesandbänke schon aus weiter Ferne zu uns herüberleuchten. –

Wenden wir also den Hauptbestandteilen, dem Sand und dem Schlick, unser Augenmerk zu und suchen die Frage nach den Quellen des Material zu erörtern.

Woher stammt also der Schlick? Durch mikroskopische und chemische Untersuchungen ist festgestellt worden, daß der Schlick zum Teil aus terrigenen oder kontinentalen, zum Teil aus organischen Bestandteilen besteht. Ferner ergaben sie, daß das Maximum des Schlickabsatzes, der zugleich den größten Prozentsatz an organischen Beimengestoffen aufweist, im Brackwassergebiet der Flüsse erreicht wird, während er nach der See zu langsam abnimmt, wovon jedoch die ruhigeren Meeresgebiete, die Watten hinter den Inseln und die Buchten, wo auch der Organismengehalt wieder etwas stärker auftritt, eine Ausnahme machen. Es ergibt sich daraus also, daß der Niederschlag der anorganischen und organischen Bestandteile in der Hauptsache an die Vereinigung von Salz- und Süßwasser gebunden ist. Wie mag sich dieser Vorgang abspielen?

Für die Anschwemmung der anorganischen Senkstoffe kommt zunächst das Fluß-wasser in Frage. Es schwemmt, wie Untersuchungen beweisen, eine Menge von Stoffen aus den Diluvial- und Alluvialschichten des Norddeutschen Flachlandes und der Mittelgebirgszone stromabwärts. Das ist Geröll in den verschiedenen Größen und Schlamm, also sandiglehmiger Natur. Auf Grund zahlreicher Analysen sind im Mittel in den meisten Flüssen in 1 cbm Wasser 180 bis 200 g chemisch gelöste Substanzen, unter denen wir besonders die Humussäure hervorheben wollen, und an Schlamm in den Flüssen Mitteleuropas in der

Tiefebene bis 100 g enthalten; außerdem werden Sand und Kies mitgeführt, weniger gröberes Geröll¹).

Umstritten ist die Frage, ob auch die Nordsee erhebliche Mengen zu dem Schlick beiträgt und woher sie stammen. Prestel2) geht zwar entschieden zu weit, wenn er behauptet, daß das Material der deutschen Marschen von den schottischen und englischen Felsenküsten, die unaufhörlich von der Brandungswelle benagt werden, stamme: allein diese Behauptung ist nicht zu wiederlegen mit dem an und für sich sehr richtigen Hinweis darauf (vgl. Haage³) und Fr. Wahnschaffe⁴), daß die Trübung des Wassers der Nordsee erst im Wattenmeere beginnt, während draußen auf der See die Meeresfluten die schönste Klarheit aufweisen. (Haage). Diese Beobachtung ist gewiß völlig einwandfrei; denn vermöge der merkwürdigen Eigenschaft des Meerwassers, die allen Elektrolyten innewohnt, werden die Beimengungen in kürzester Zeit ausgeschieden und auf dem Nordseegrunde niedergeschlagen. Hiernach müßte nun in jenen Meeresgebieten der Bodenbelag großenteils aus Schlamm bestehen, da an den dortigen Küsten durch Zertrümmerung des leichtlöslichen Kalk- und Kreidegesteins ein feiner, leicht transportabler Detritus unzweifelhaft aufbereitet wird. Da aber der Meeresboden dieser Gebiete durchaus schlammarm ist, wie die Seekarten ergeben, muß der Schlamm fortgeführt werden, und zwar durch die vorherrschenden Westwinde und die Flutströmung nach Osten in das Nordseebecken hinein. Nun ist aber durch die Untersuchungen des Korvettenkapitäns Holzhauer zweifelsfrei die Schlammarmut des Meeres nachgewiesen worden; denn von den 35 an verschiedenen Stellen der Nordsee gehobenen Grundproben setzten sich nur 5, die überdies dem exponierten Gebiet der Norwegischen Rinne entstammten, aus sandig-tonigen Bestandteilen zusammen.⁵) Die Schlammteile müssen also noch weiter verfrachtet werden, in der Streichrichtung der Flut- und Windströmung, d.h. an unsere Küsten, in die Buchten, auf die Watten, in die Mündungstrichter. - Der Flutstrom und die Wellen im Verein mit der typischen Nebenerscheinung des sogenannten Küstenstromes transportieren den Schlamm also teils auf dem Umwege durch den südwestlichen Teil der Nordsee, teils direkt an dem Küstengestade entlang nach Osten. Unterwegs werden noch manche andere leichtschwebende Stoffe von den belgischen und holländischen Gestaden selbst, wie von dem submarinen, mit leichten Schlickmassen bedeckten Vorlande mit fortgerissen, worüber uns schon der Augenschein unterrichtet und Wasseranalysen belehren. Außerdem erzeugt das Meer selbst dadurch, daß das auf seinem Boden ruhende Geröll infolge der Gezeiten und Wellen, die bis hierher ihre lebendige Kraft in Arbeit umsetzen, in beständiger Bewegung sich befindet, Schabemehl, Schlamm. -Daß die eindringende Flut eine reiche Menge Detritus mit sich führt, darüber geben zahlreiche Analysen Aufschluß. So führen nach Hagen¹) 100 000 Teile Jadewasser bei Wilhelmshaven an festen Stoffen:

Wibel fand in 100000 Teilen Elbwasser, das er in der Unterelbe bei Hamburg bei Hochwasser am 3. Dezember 1875 schöpfte, durch Abfiltrieren 11 Teile feste Erdmassen.

¹⁾ H. Wagner, Lehrbuch der Geographie, 1908, S. 322 u. 323.

²⁾ Prestel, Boden und Klima von Ostfriesland, Emden 1870.

³⁾ R. Haage, Die Deutsche Nordseeküste, Diss. Leipzig 1899, S. 48.

⁴) Fr. Wahnschaffe in "Forschung zur deutschen Landes- und Volkskunde" von A. Kirchhoff, Bd. 6, 1892, S. 254.

⁵) Die Ergebnisse der Untersuchungsfahrten S.M. Knbt. "Drache" in der Nordsee in den Sommern 1881, 1882 u. 1884, Berlin 1896, S. 23. (Die Proben wurden von v. Gümbel untersucht.)

¹⁾ Hagen, Wasserbau, 1878, 1. Bd., S. 237. Siehe S. 22.

Seyfert hat, wie Schucht berichtet²), im Weserwasser zur Flutzeit in 1 cbm Wasser folgenden Durchschnittsgehalt an suspendierten Teilen gefunden.

Flutintervall	An der Ober- fläche	2 m über dem Grunde	Flutintervall	An der Ober- fläche	2 m über dem Grunde
1 Stunde nach Eintritt der Flut	19	23	4 Stunden nach Eintritt der Flut	12	20
2 Stunden nach Eintritt der Flut	19	26	5 Stunden nach Eintritt der Flut	11	16
3 Stunden nach Eintritt der Flut	15	24	Bei Hochwasser	10	13

Ort	Während der wärmeren Jahreszeit	Während der kälteren Jahreszeit	Ort	Während der wärmeren Jahreszeit	Während der kälteren Jahreszeit
Bei Bremerhaven	283,78 g	290,35 g	Bei Sandstedt	49,81 g	58,44 g
Bei Nordenham	115,27 g	162,39 g	Bei Käseburg	50,27 g	64,30 g
Bei der Luneplate	98,68 g	148,02 g	Bei Rekum	17,38 g	15,32 g
Bei Eljewarden	63,78 g	71,10			

Es dürfte somit zweifelsfrei feststehen, daß sowohl die Flußströmung als auch das Meer reiche Schlammassen in die Flußmündungen verfrachten. Man glaubt nun, wie vorhin erwähnt wurde, festgestellt zu haben, daß im allgemeinen im Brackwassergebiet das Maximum des Schlickniederschlages, der hier zugleich den höchsten Prozentsatz an organischen Bestandteilen aufweist, erzielt wird. Wie erklärt sich das?

Angenommen, die Flut beginnt einzusetzen. Sie ist, wie Solger³) treffend sagt, keine "schäumend heranrollende Woge, es ist ein langsames Ansteigen der Meeresfläche, unheimlich weniger durch die Macht, mit der das Wasser hineindringt, als durch die Unmerklichkeit, mit der es heranschleicht, bis wiederum nach sechs Stunden das Meer die Herrschaft über den Wattenbereich hat". Sie dringt zunächst in die tiefer gelegenen Küstenöffnungen, die Flußmündungen und Gaten, ein, besetzt nach und nach die Sandbänke und die Watten und läuft die Flüsse hinauf. In dem äußeren Teil der Mündungen trifft sie mit der sedimentbeladenen Flußströmung zusammen; es entsteht eine Stauung, eine Ruhepause, während welcher ein Teil des Detritus beider Widerparten sich zunächst niederschlägt. Diesem Umstande verdankt die Ebbebarre in der Hauptsache ihre Entstehung. Der andere Teil wird von der vordringenden Flut weitertransportiert. Ein gleicher Stillstand entsteht in der Zone, wo der Lauf der Flutwelle sein Ende findet, in der Brackwasserzone, einem Gebiet, das sich nicht immer an derselben Stelle befindet, sondern naturgemäß infolge größerer oder geringerer Wasserführung des Flusses (durch Schneeschmelze, Eisstauungen, Trockenheit) wie der Flutwelle (bei Springfluten, Nipptiden) sich hin- und herschiebt. Während des etwa halbstündigen Stillstandes, bei dem Süß- und Salzwasser sich mischen, spielen sich interessante, sehr wichtige Vorgänge ab, die für die Schlickbildung von grundlegender Bedeutung sind, teils mechanischer, teils chemischer Art. So schlagen sich einerseits die sowohl im Fluß- als auch im Flutwasser suspendierten anorganischen Bestandteile nieder, andererseits finden während oder, besser gesagt, infolge der Süß- und Salzwassermischung Neubildungen organi-

²⁾ F. Schucht, Beitrag zur Geologie der Wesermarschen, 1903, S. 13.

³⁾ Fr. Solger, Die deutschen Seeküsten in ihrem Werden und Vergehen, 1907, S. 28.

schen Charakters statt. Es vollzieht sich nämlich mit der Mischung der beiden Wasserarten zu Brackwasser das Ausscheiden der kalkhaltigen Stoffe der für unser Auge nicht wahrnehmbaren Salz- und Süßwasserinfusorien¹). Die Mischung ist also von einem großen Sterbeprozeß begleitet. Die Lebensbedingungen für die im Süß- als auch im Salzwasser lebenden Infusorien und andere Lebewesen, Diatomeen, Globigerinen, Ostrakoden usw., sind beiden Arten nur in dem ihnen von der Natur zugewiesenen Element gegeben; sobald sie in das andere Element geraten, sterben sie und sinken zu Boden. Dieser Sterbeprozeß läßt sich chemisch so erklären: Die im Süßwasser in gelöstem Zustande enthaltene Humussäure geht eine Verbindung ein mit den Basen der Meeressalze, der Kalkerde und Talkerde; die Infusorien bilden deshalb die Niederschläge dieses chemischen Ausscheideprozesses und liefern so den Schlamm, das wichtigste Bindemittel für die Sandmassen und übrigen Stoffe, die Meer und Fluß in den Mündungen anhäufen. Die humussauren Salze bilden den Hauptfaktor für die Entstehung des Schlicks. Treffend bezeichnet man deshalb das Brackwassergebiet als das chemische Laboratorium für die Geologie der Marschen (Haage) und diese zum großen Teil aus jenen Niederschlägen bestehenden fruchtbaren Gebiete als große Friedhöfe. So beträgt nach Prestel2) der Prozentsatz der organischen Bestandteile im Schlick des Emder Hafens 3/5, während Ehrenberg ihn auf 1/20 des Volumens berechnet. Alle diese Vorgänge bieten sich dem Auge durch eine intensiv schmutziggraue Färbung des Wassers dar; die Wassermassen scheinen zu rasten, aber in ihnen spielen sich hochbedeutsame Vorgänge ab.

Wäre man in der Lage, dieselben mit dem Auge betrachten zu können, so würde man staunen über den Regen an terrigenen und organischen Sedimenten, die sich hier niederschlagen. Einen ungefähren Begriff von der Menge der Schwemmstoffe bietet ein von Beyer³) angestelltes Experiment: er hatte an der Ostseite von Sylt im Watt bei Keitum, eine Zigarrenkiste ohne Deckel so in den Schlick hineingestellt, daß sie zur Hälfte darüber hinausragte und bei normalem Wasserstand nur zur Zeit der höchsten Flut unter Wasser stand. Nach 20 Tagen hatte sich die Kiste schon bis zu einer Höhe von fast 3 cm mit reinem Schlick gefüllt, was also pro Tag 11/2 mm ausmacht. Das würde fürs Jahr bei normalem Verlauf rund über 1/2 m ergeben. In der Brackwasserzone dürfte jedoch der Schlickabsatz noch bedeutend größer sein; denn einmal konnten nur die in den Oberpartien der höchsten, schon in relativ ruhigem Zustande befindlichen Flut suspendierten Stoffe in die Kiste hineingelangen, während doch der Schlickgehalt, wie die Hagensche Tabelle⁴) zeigt, bei jeder Stromphase mit der Tiefe zunimmt, und zum anderen ist die Schlickbildung infolge der geringeren Süßwasserzufuhr hier minimal, so daß es sich in nicht geringem Prozentsatz um angeschwemmte Schlickmassen handeln kann. Für unsere Flußmündungen dürfen wir annehmen, daß das Flutwasser ebenso viele Senkstoffe heranträgt als bei Sylt; wenn wir dann bedenken, daß dieses Quantum noch durch die Suspensionen des Flußwassers und die Neubildungen im Brackwassergebiet vermehrt wird, so würden, falls nicht die Ebbeströmung einen Teil hinausbeförderte und der Flutstrom, dessen Erosionskraft gerade durch die Einengung Steigerung erfährt, tiefe Fahrrinnen einnagte, unsere Flußmündungen verschlammen und gewaltige Deltas aufbauen. Ein Teil wird zwar auf den See-, Fluß- und Buchtenwatten, deren Höhe jedoch nie die Hochwassergrenze übersteigt, angehägert, allein wo bleibt der

¹) Diese, sowie die nachfolgenden Erörterungen über den chemischen Ausscheideprozeß sind H a a g e , Die deutsche Nordseeküste, entnommen, Diss. Leipzig 1899, S. 47, 48.

²⁾ Prestel, Boden und Klima von Ostfriesland, Emden 1870.

³) A. Beyer, Untersuchungen über Umlagerungen an der Nordseeküste, Diss. Erlangen 1901, S. 34.

⁴⁾ Siehe S. 152 und 175.

weitaus größere Teil? Unsere Watten sind sozusagen gesättigt, weshalb Hübbe¹) meint, daß die überschüssige Menge in See hinausgelange, wodurch der Schlickreichtum des Meeres stetige Zunahme erfahre, eine Behauptung, die jedoch in krassestem Widerspruch steht mit den Seekarten und den Bodenuntersuchungen des Korvettenkapitäns Holzhauer²). Ein Rätsel muß es allerdings vorerst bleiben, wo der Überschuß untergebracht wird.

Halten wir also fest: Der Schlick entstammt drei Quellen:

- 1. Dem Flußwasser, das Detritus herabschemmt,
- 2. dem Meere, das an seinen Küsten und in seinem Schoße Schleifmehl aufbereitet und heranfrachtet,
- 3. dem chemischen Laboratorium der Brackwasserzone.

Woher stammt nun der Sand? Diese Frage, die außerordentlich wichtige Punkte sowohl der Sandbänke und der Inseln als auch besonders der Flußmündungen berührt, ist auffälligerweise kaum in den Bereich der Untersuchungen gezogen worden, und wo sie gelegentlich gestreift worden ist, da trifft man nicht selten die widersprechendsten Ansichten. Die Frage sollte bei dem Geographen und Geologen nicht weniger als bei dem Strombau-Ingenieur das lebhafteste Interesse erwecken.

Der Augenschein lehrt, daß durch Abbröckelung unserer Gestadeinseln viel Material gewonnen ward und noch wird. Beyer³) sagt bezüglich der Insel Sylt, daß ihre Westküste selber die Quelle sei, woher das Material sowohl für die ihr parallel verlaufenden Sandriffe als für die auf ihren Strand geworfenen Sandmassen stamme. Das Meer als die Quelle desselben lehnt er ab, wenngleich es auch, wie er zugibt, durch Zerkleinerung und Zerreibung von größerem Material, Grand, Geröll, Gesteinen und Muscheln, eine gewisse Menge davon erzeuge. Er beruft sich dabei auf Sokolow⁴), welcher schreibt: "Die verhältnismäßige Langsamkeit dieses Vorganges und die Beschränktheit der Fläche, auf welcher er sich abspielt, lassen vermuten, daß der vom Meere aufbereitete Sand einen unwesentlichen, sogar verschwindenden Teil der oft ungeheuren Massen ausmacht, welche von den Wellen an die Küste getragen werden." Beyer beweist aber gerade mit diesem Zitat, daß für das Material höchstens nur zum Teil die Küste als Quelle in Frage kommt; denn wo wären sonst unsere Inseln, wenn sie seit so vielen Jahrhunderten, ja Jahrtausenden solche Massen abgegeben hätten, die Sokolow als oft ungeheure bezeichnet. Und dann muß man hier auch einwenden: woher stammt denn die Inselreihe bzw. die Dünenkette? Außerdem sei nach seiner Meinung die Transportkraft der Meeresströmung zu gering und die Entfernung derselben von der Küste zu groß, um aus entfernteren Gebieten Sand hierher zu transportieren. Nach Beyers Auffassung kommen für die Sandanhäufungen an der nordfriesischen Inselreihe auch die kleinen Küstenflüsse nicht in Betracht. - Für die Verschlammungen zwischen Ems und Elbe glaubt Prestel⁵) den Detritus von den englischen und schottischen Küsten verantwortlich machen zu müssen.

Kurz, diese kleine Auslese legt uns nahe, bei unserer Untersuchung bezüglich der Herkunft der Sandanspülungen an unserer deutschen Nordseeküste vornehmlich drei Punkte einer Prüfung zu unterwerfen:

¹⁾ Zeitschrift für Bauwesen, X, Berlin, 1860.

²) Vgl. folgende Seite.

³) A. Beyer, Untersuchungen über Umlagerungen an der Nordseeküste, Diss. Erlangen 1901, S. 24.

⁴⁾ Sokolow, Die Dünen, Berlin 1894, S. 35.

⁵⁾ Prestel, Boden und Klima Ostfrieslands, Emden 1870.

α) das Meer, β) die Inselreihe, γ) die Flüsse.

Wenden wir uns zunächst α) der Nordsee zu und fragen uns: Beherbergt das Meer Sandmassen und woher stammen sie?

Darüber geben uns in erster Linie die Seekarten und die Untersuchungen der Forschungsexpedition mit S. M. Kanonenboot "Drache" 1881, 1882 und 18841) Aufschluß. Ein flüchtiger Blick auf die Seekarte genügt, um zu erkennen, daß unter dem Bodenbelag der Sand vorherrschend ist. Dasselbe Resultat ergaben auch die Untersuchungen Holzhauers. Die an 35 Stellen gehobenen Meeresgrundproben jener Expeditionen hatten das Ergebnis, daß bei 26 Proben quarzig-sandige Bestandteile festgestellt wurden, welche locker gebunden, hellgräulich, weißlich oder rötlich gefärbt waren (H a a g e, S. 23). Fünf der tiefen norwegischen Rinne entstammende Proben enthielten sandig-toniges Material, fest gebunden, in nassem Zustande bis zu einem gewissen Grade plastisch, dunkel- und schwärzlichgrau gefärbt, und nicht unbeträchtliche Mengen feinsten Sandes. Südlich von den Shetland-Inseln wurden fast nur zerbrochene Muschelschalen gefunden. Drei im Nordwesten und Westen von Helgoland aus 25, 35 und 37 m Tiefe geförderte Proben ergaben folgendes Resultat: lockerer Quarzsand und abgerollte, feine Quarzkörnchen bis zu 5 mm Durchmesser von blaßrötlicher bis gelblicher Färbung, untermengt mit zahlreichen Blättchen von Kali- und Magnesiaglimmer, Granaten, Hornblende-, Feldspat- und Orthoklasstückchen, Zirkon, Magneteisen und Glaukonit (Haage, S.23). Chemisch untersucht, verrieten sie einen beträchtlichen Gehalt an kohlensaurem Kalk, der von den kleinen, abgeriebenen Trümmern von Muschelschalen, besonders Foraminiferen, Ostrakoden, Radiolarien und in kleinen Mengen auch Diatomeen herstammt. Ungefähr unter dem Meridian von Ameland und dem Parallelkreise von Föhr findet sich feiner, lockerer, glimmerreicher Sand mit ziemlich starkem Gehalt an abschlemmbarem Ton; es kommen in demselben wohlabgerundete Sandkörnchen vor von 0,1 mm Dicke, ferner Hornblende, Granat, Orthoklas, Hypersthen und Plagioklas. Eine auf dem sechsten Längengrade gegenüber Sylt und eine andere gegenüber Ring-Kjöbing-Fjord gehobene Probe ergaben rötlichen, infolge seines Gehaltes an Magneteisenteilchen rostfarbenen, feinkörnigen Quarzsand, mit Glimmer untermischt, und ziemlich reichlich vorhandenen Schlamm mit nicht unbeträchtlicher Beimengung von Foraminiferen, Echiniden-Stacheln usw. $(Haage)^2$).

Ferner bemerkt das Segelhandbuch³), daß die südlich vom Parallel von Hanstholm bis zum Abstande von etwa 50 sm von der jütischen Küste sich erstreckende Jütland Bank aus Sand von verschiedener Farbe und Feinheit besteht. Vorwiegend ist grober Sand, auch Kiesgrund mit kleineren Steinen; Schlammablagerungen kommen nicht vor. Die große Fischer Bank, etwa 100 bis 150 sm westlich von der jütischen Küste..., zeigt feinen Sand, an einzelnen Stellen mit Schlick untermischt; Muscheln und kleinere Steine kommen nicht vor. Der Grund der Doggerbank besteht größtenteils aus feinem, grauen Sande, teils mit Sprenkeln oder Muscheln durchsetzt; im Westen und Südwesten werden Kies und sogar Steine gefunden. Der Grund des Außenriffs von Horns Riff besteht überall aus grobem, hellem Sande, auf tieferen Stellen meist mit Kies vermengt. Südlich von dem inneren Teile des Riffs findet sich feiner, dunkler Sand, während der Grund südlich von dem äußeren Teile des Riffs und längs der ganzen Nordseite desselben sehr verschieden ist⁴).

¹) "Die Ergebnisse der Untersuchungsfahrten S.M. Kanonenboot 'Drache' in der Nordsee 1881, 1882, 1884", Berlin 1896.

²⁾ R. Haage, Die deutsche Nordseeküste, Diss. Leipzig 1899, S. 22 ff.

³⁾ Segelhandbuch der Nordsee, 1906, I, 3, S. 32.

⁴⁾ Segelhandbuch 1906, I, 3, S. 33, 63.

Zusammenfassend können wir also sagen: alle sin alle mgenommen, trägt der Boden der Nordsee einen sandigen Charakter. Die sandigen Bestandteile enthalten nicht unbedeutende Beimengungen von Urgebirgsmineralien, aus denen sich die Gebirge Norwegens und Schottlands zusammensetzen. Vulkanische Gesteinsfragmente fehlen, ein Beweis dafür, daß die Bildung der Nordsee in ihrer letzten Vollendung ohne irgend welche wesentliche Einwirkung vulkanischer Kräfte sich vollzog (Haage).

Woher stammt aber dieser Bodenbelag? Ist er ein alter Bestand, oder findet er noch neue Zufuhr und woher? Diese Fragen sollen uns im weiteren beschäftigen.

Sind nun, da die Nordsee im Frühalluvium, also bald nach dem Diluvium entstanden sein muß, die diesen beiden Zeitaltern charakteristischen Bodenarten nachweisbar? Bezüglich des Alluvialzeitalters sind wir geneigt, solches ohne weiteres anzunehmen¹). Ob dasselbe aber auch für die Diluvialzeit der Fall ist, bedarf des Nachweises. Nach Browne²) tritt uns nach Rückzug des Eises das Nordseegebiet als anglo-skandinavisches Festland mit derselben Flora und Fauna, die wir noch heute antreffen, entgegen. Darauf soll sich die Bildung der Nordsee durch Senkung vollzogen haben. Ist das der Fall, so muß die diluviale Bedeckung des Gebietes mit gesunken sein. Beweise dafür dürften die noch heute an den Gestaden angetroffenen Diluvialmassen sein. So ist unter den Dünen der Gestadeinseln und unter dem angrenzenden Festlande im Süden und Osten als Liegendes der Diluvialboden festgestellt worden. Wolff³) erwähnt, daß auf Sylt bei Buhne 8 eine mächtige, ohne Unterbrechung bis zum Ende des Roten Kliffs reichende und fast eine deutsche Meile lange Decke von Geschiebelehm sich befindet. Ferner ist nach ihm noch das alte diluviale Hügelland im ganzen mittleren Teil der Insel, wo es sich bis über 25 m erhebt, zu erkennen (S. 47). Unter der Marsch setze sich der Diluvialboden fort, oft nur 1/2 m unter der Oberfläche (S. 48). Zwischen Westerland und Hörnum und vom Kampener Kliffende nordwärts bis List sei in geringer Tiefe unter dem Flugsand der gesunkene Diluvialboden und bilde weit in See hinaus den Untergrund. Der ganze Sylter Dünensand ist aus der Zerstörung eines diluvialen und tertiären Außenlandes hervorgegangen. Ebenso wurde unter Wangeroog, wie unter den holländischen Inseln⁴) Diluvialboden nachgewiesen. Auch der feste Tonboden des Borkum Riffs, von dem das Lot, mit dem der Seemann sich durch Nacht und Nebel tastet, auch nicht das geringste ans Tageslicht zu heben vermag, ist diluvialen Ursprungs. Ebenso ist im Mündungsgebiet der Jade⁵) schon in ganz geringer Tiefe als Liegendes die Diluvialschicht anzutreffen. Endlich sei noch darauf hingewiesen, daß die Geest des nahen Festlandes im Süden und Osten der deutschen Bucht aus Diluvialboden (Lehm, Mergel, Kies und Sand) besteht, der hier offen zu Tage tritt⁶). - Angesichts dieser unumstößlichen Feststellungen ist der Schluß durchaus berechtigt, daß auch das Gebiet der Nordsee mit den eiszeitlichen Massen bedeckt gewesen sein muß, die dann aber bei der allmählichen Senkung mit in die Tiefe gerückt sind, wo der Rest noch heute lagert, wie die Funde von Glimmer, Quarz usw. vermuten lassen.

Wir dürfen also mit Fug einen Teil des Bodenbelags der Nordsee als diluvialen Ursprungs ansprechen.-

¹) Vgl. S. 285. ²) Siehe S. 273.

³⁾ W. Wolff, Entstehung der Insel Sylt, 1909.

^{4) &}quot;Forschung zur deutschen Landes- und Volkskunde" von A. Kirchhoff, Bd. 6, 1892, S. 252, 254.

⁵⁾ Untersuchungen in der Jade. Vgl. S. 4 und 5.

⁶⁾ J. Martin, Über den Einfluß der Eiszeit auf die Entstehung der Bodenarten und des Reliefs unserer Heimat, Bremen 1898. – J. Martin, Diluvialstudien I und III, Osnabrück und Bremen 1893 bis 1896.

Die Entwicklungsgeschichte der Nordsee (vgl. Browne) zeigt uns, daß nach deren Bildung die gebirgigen Ufer Englands und die Flachküsten im Süden und Osten viel weiter seewärts reichten, an unserer Küste etwa bis zur 20-m-Isobathe. Es liegt auf der Hand, daß die Zertrümmerungsmassen all dieser Landgebiete, soweit sie nicht durch Senkung in die Tiefe gerückt worden sind, was für die deutsche Nordseeküste größtenteils wohl anzunehmen ist, dem Nordseebecken zugeführt wurden. Ob die Gesteinsfragmente, von denen v. Gümbel sagt, daß sie den Verdacht vulkanischer Abkunft erregen, auf die gewaltigen Gebirgsmassen hindeuten, die sich im Eocän im Norden auftürmten und Vulkane⁷) getragen haben sollen, einen Gebirgsblock, auf dem sich nach Haas¹) im Pliocän Laterit bildete, will ich unerörtert lassen. –

Dürfen wir nun auch annehmen, daß von Westen her, von den englischen und französischen Küsten durch den Kanal hindurch analog dem dort aufbereiteten Schlamm Sandmassen in die Nordsee hinein verfrachtet werden? Wird dort aber überhaupt Sand aufbereitet? Die Bestandteile der Küstengebirge am Kanal, die in der Hauptsache aus leichtlöslichem Kalkstein und Kreide bestehen, liefern zwar reichlich Schlamm, allein ob man aber auch mit der Aufbereitung der in der Kreide versprengt vorkommenden harten Feuersteinknollen zu Sand zu rechnen hat, darüber ist man geteilter Meinung. Denjenigen, die diese Ouelle ablehnen, steht ein von Frisi ausgeführtes Experiment zur Seite²). "Er ließ grobe Flußkiesel teils unmittelbar durch Handarbeit schütteln und stoßen, teils aber brachte er sie in eine Trommel, welche lange Zeit hindurch mittels einer Mühle gedreht wurde. Der Erfolg war genau von der Art, wie er sich voraussehen ließ: die Steine verloren nämlich ihre scharfen Ecken und rundeten sich ab (genau dieselbe Vorrichtung wendet man auch an, um die kleinen Marmor- und Achatkugeln herzustellen). Das gelöste Material war aber keineswegs Sand, sondern ein sehr fein zerteilter Staub oder Schlamm, nämlich Staub, wenn die Steine trocken, und Schlamm, wenn sie benetzt waren. Bei den vielen Versuchen kam es nur ein einziges Mal vor, daß ein Stein zerbrach, welcher möglicherweise schon früher einen Riß hatte. Wollte man also die erwähnte Ansicht verfolgen, so müßte man annehmen, daß aus jedem Stück Geschiebe im allgemeinen nur ein einziges Sandkörnchen würde, was gewiß niemand behaupten wird" (Hagen). Denn meines Erachtens sind gegenüber den Ergebnissen solcher Versuche schwerwiegende Bedenken berechtigt; kaum dürfte es gelingen, die Naturkräfte, am schwierigsten die hier in Betracht kommenden, in ihrer Stärke und Eigenart in naturgetreuer Weise zum Ausdruck zu bringen: Erinnern wir uns nur daran, daß die von Natur doch eckigen Steintrümmer von der Brandungswelle, die einen Felsblock im Gewicht von 1370 Tonnen 10 bis 15 m weit (s. S. 14) fortzubewegen vermag, mit unvergleichlich größerer Vehemenz an die zackigen Felswände gleich Projektilen geschleudert werden, als das in der Trommel mit ihren noch dazu glatten und symmetrisch zum Zentrum liegenden Wänden nachgeahmt werden kann. Wir glauben deshalb keinen Fehlschluß zu tun mit der Annahme, daß auch die Feuersteinknollen zum Sandquantum ihre Beisteuer liefern. Doch fällt diese Quelle gar nicht so sehr ins Gewicht; es sprudeln hier eben unvergleichlich reichere Quellen. So berichtet G. W. v. Zahn³) von großen, hauptsächlich von der Brandungswelle aufbereiteten Sandmassen an den Klippenküsten der Bretagne. Auch die Ströme sind hier in diesen Gebirgsgegenden infolge des stärkeren Gefälles und der Art der bestrichenen Gesteinsmassen

⁷⁾ Vgl. "Globus" 1894, Band 65, S. 198.

¹⁾ H. Haas, Zeitschrift "Ausland" 1893, Nr. 11 u. 12.

²⁾ Hagen, Wasserbau, I, 2, S. 168.

³) G. v. Zahn, Die zerstörende Arbeit des Meeres an Steilküsten, nach Beobachtungen in der Bretagne und Normandie i. d. J. 1907 u. 1908, Hamburg 1909. (Mittlg. d. Geogr. Gesellsch.)

sehr viel sandreicher als im norddeutschen Flachlande, wo sich die schwereren Geschiebe gleich nördlich von den deutschen Mittelgebirgen ablagern. Ferner dürfte es durchaus innerhalb der Grenzen der Möglichkeit liegen, daß auch der sturm- und gezeitenbewegte Atlantische Ozean Sände an diese Küste hinan- und in Anbetracht der sanften Neigung des Schelfs direkt in den Kanal hineinverfrachtet. Kurzum: mag nun der eine oder der andere Ort die Quelle für diese Sände sein, einerlei – soviel steht fest: an den französischen und englischen Küsten lagern reiche Sandmassen⁴).

Für uns tritt nun die Frage in den Vordergrund, ob diese Sandmassen auch durch den Kanal in die Nordsee hineintransportiert werden. Wenn der um die Nordwestspitze Spaniens eindringende Flutstrom den Detritus der felsigen Nordküste längs der Gascogne absetzt⁵), also durch den südlichen tiefen Teil des Busens von Biscaya hindurchtransportiert, und wenn er die Abrasionsprodukte der Kalkküste von Calvados nach der Seine-Bucht, westlich von Honfleur führt1), so ist die Verfrachtungsmöglichkeit bezüglich der französischen und englischen Küste in Anbetracht der Richtung und Kraft der an ihr hinstreichenden Flutströmung und Brandungswelle²) und der Seichtheit des Meeresgebiets eine weit günstigere. Die Wanderungsrichtung dürfte sich in der auffälligen Sortierung bezüglich der Größe des Kieses kund tun: trifft man nämlich bei Dieppe noch den gröberen Kies, so begegnet er uns bei Boulogne unter starker Beimengung von Feuersteinstückehen in kleineren Fazies, während unweit Calais den noch kleiner gewordenen Steinchen schon große Sandmassen beigemengt sind; Dünkirchen zeigt hingegen nur noch Sandablagerungen.3) Die von G. v. Zahn4) an den Küsten der Bretagne gemachten Spezialstudien bestätigen die Transportrichtung. Bei H a g e n 3) lesen wir, daß der Kies von Westen nach Osten wandert; K r ü m m e l 5) behauptet solches sogar von den Feuersteinknollen.

Kurz: Für die Speisung des Sandreservoirs der Nordsee kommen auch die französischen und englischen Kanalküsten in Betracht.-

Als ständigen Zeugen der so überaus wechselvollen Wandlungen des Gebietes lernen wir den Rhein kennen, dem vor der Bildung der Nordsee alle heute selbständigen Nordseeflüsse tributpflichtig waren. Im Pliocän mündete er irgendwo in der Höhe von Norfolk in einer seeund sumpfreichen Deltalandschaft. An der Ostküste Englands setzten er, sowie später die schrittweise aus seinem Tribut entlassenen Flüsse ihre ungeheuren Schottermassen in einer Mächtigkeit von vielen Metern ab⁶), ein Prozeß, der sich noch heute unter unsern Augen nicht allein bezüglich des Rheins, sondern auch der seit der Bildung der Nordsee im Frühalluvium der Selbständigkeit sich erfreuenden anderen Flüsse vollzieht. –

β) Die Inselreihe. Über ihre Entstehung liest man die sich widersprechendsten Ansichten: Einer⁷) spricht sie als marine Schöpfungen an, die durch Anschwemmung von Sandmassen an die Diluvialerhebungen des Festlandes gebildet wurden, ein anderer⁸) betrach-

⁴⁾ Vgl. Hagen, Wasserbau, III, 1.

⁵⁾ H. Wagner, Lehrbuch der Geographie, 1908, S. 337.

¹⁾ A. Supan, Grundzüge d. phys. Erdkunde, 1911, S. 597.

²⁾ Vgl. S. 287 ff.

 ³) Vgl. Hagen, Wasserbau, III, 1, S. 213.
 ⁴) G. v. Zahn, Die zerstörende Arbeit usw.

⁵⁾ Petermanns Mitteilungen, Jahrgang 1889, S. 132.

⁶⁾ Siehe Browne, Contemporary Review, 1893. (Vgl. Globus, 1894, Band 65.)

⁷) Vgl. Forschung zur deutschen Landes- und Volkskunde von A. Kirchhoff, Bd.6, 1892, S. 254.

⁸⁾ Vgl. R. Haage, Die deutsche Nordsee, 1899, S. 48 ff.

tet sie als kontinentale Abgliederungsinseln. Es kann jedoch nicht unsere Aufgabe sein, dieser Frage, deren Erörterung einen sehr umfangreichen Apparat erfordert, der den Rahmen der vorliegenden Arbeit weit überschreiten würde, auf den Grund zu gehen.

Wahrscheinlich bildeten die Inseln in alten Zeiten eine zusammenhängende Dünenkette, nur durchflossen von den größeren Flüssen. Denn der ganzen Bodengestaltung bei den friesischen Inseln und im ausgedehnten Wattengebiet ist nach Krümmel erst durch die Gezeitenströmung der charakteristische Typ aufgedrückt worden.⁹) Die säkulare Senkung, von der die Dargschichten unter der Marsch und die submarinen Wälder und Moore Zeugnis ablegen, sowie der nach Browne an der Schwelle der historischen Zeit, nach Walther vor 6000 bis 8000 Jahren erfolgte Durchbruch des anglo-französischen Isthmus, ferner der stärkere Flutwechsel, der ja erst nach diesem Ereignis besonders in die Erscheinung tritt, machten ihre verheerenden Einwirkungen auf die Dünenkette geltend: von der Kanalbildung an datiert der Kampf um ihr Dasein - mit welchem Erfolg, ergibt der traurige Anblick der kümmerlichen Relikten jener ehemals nicht unbeträchtlichen Dünenkette. Bildete doch nach H a h n 10), H a g e n 11) und einer Reihe anderer Fachleute¹²) die 20-m-Isobathe die damalige Grenzlinie der Dünenkette. Das Abbruchsmaterial der einst vom Winde unter Assistenz des Meeres aufgebauten Dünenkette sank und sinkt wiederum in den Schlund des Meeres hinab, wodurch sich die Reihe der Nährquellen der Nordsee um eine neue vermehrt. --

γ) Der Flüsse als Spender haben wir schon an verschiedenen Stellen gelegentlich gedacht. Der Gehalt an Suspensionen für die Flüsse der norddeutschen Tiefebene muß als ziemlich beträchtlich bezeichnet werden. Nach Wagner¹), der die Flüsse allerdings als ziemlich schlammarm bezeichnet, beträgt der Gehalt an Schlamm in 1 cbm Wasser 100 g, während der Prozentsatz an Sänden und Kiesen wahrscheinlich geringer sein dürfte, weil diese sich auf ihrer weiten Wanderung infolge Aneinanderreibens zu Schleifmehl aufbereiten; doch dürften sich die herabgeschwemmten Sandmassen je länger desto mehr an den Flußmündungen bemerkbar machen. –

Als Quellen des Materials der Nordsee haben wir also kennengelernt:

1. Diluvialmassen, 2. die Abrasionsprodukte ihrer Küsten einst und jetzt, 3. die der englisch-französischen Kanalküsten, 4. die Flußalluvionen.

Das Nordseebecken ist mithin ein Sandreservoir, das reichlich spendender Quellen sich erfreut.-

Es drängt sich nun die Frage an uns heran, ob diese Quellen dauernd Material zu liefern imstande sind, oder ob die Möglichkeit des Versiegens vorliegt.

Da die Sandmassen des Meeres stets in Bewegung sich befinden, liegt die Annahme nahe, daß ein Teil derselben in Schleifmehl umgewandelt und in Anbetracht der Armut des Beckens an Schlamm von den Agentien des Meeres fortgetragen und an ruhigeren Stellen, Watten, Buchten usw., abgesetzt wird. Dieses Quantum ist also für die See in Abgang zu bringen, und wenn letztere nicht Ersatzquellen hätte, würde der Bodenbelag sich schließlich aufbrauchen, was für den Bau der Bänke eine arge Verlegenheit bedeuten müßte.

⁹⁾ Vgl. Petermanns Mitteilungen 1889, S. 129 ff.

¹⁰⁾ Hahn, Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten, 1879, S. 170.

¹¹⁾ Hagen, Wasserbau.

¹²⁾ Vgl. Forschung zur deutschen Landes- und Völkerkunde von A. Kirchhoff, Bd.6, 1892, S. 250 ff.

¹⁾ H. Wagner, Lehrbuch der Geographie, 1908, S. 323.

Bezüglich der Flüsse und des Laboratoriums dürfte die Gefahr des Versiegens gänzlich ausgeschlossen sein. Wie steht es aber in dieser Beziehung mit den Abrasionsmassen der Küsten? Die geologischen Karten lehren, daß die für diese Frage in Betracht kommenden Gebirgsdistrikte Englands und Frankreichs größtenteils aus weicherem Gestein, überwiegend aus Kalkstein, bestehen, so daß auch diese Quelle sich wohl kaum erschöpfen dürfte. – Wie steht es aber mit der Verfrachtungsfrage, wenn der Kanal sich um das So- und Sovielfache verbreitert haben wird, welcher Fall ja schließlich eintreten muß? Einerseits wird der Strömung das Hindurchschieben größerer Wassermassen wegen der Breite des Tores zwar erleichtert, anderseits aber auch die Erosionskraft und damit Tragfähigkeit dadurch geschwächt, ein Plus und ein Minus, die sich im allgemeinen aufheben dürften und wohl kaum eine Änderung in dieser oder jener Hinsicht erwarten lassen.

Für die sandigen Flachküsten Hollands und Deutschlands liegt die Sache wesentlich anders. Zunächst bieten sie der Abrasion ein so dankbares Arbeitsfeld wie keine andere Küste. Aber was ihnen im Vergleich zu den Felsküsten von der Natur versagt ist, das sucht der Mensch auf künstlichem Wege durch Uferbefestigungen zu ersetzen. Denn klaren Auges erkennend, daß das nimmersatte Meer ein Stück nach dem andern hinabspülen wird in seinen gierigen Schlund, tritt er entschlossen dem entgegen. Mit welchen Aussichten, kann erst die Zukunft zeigen. Bis heute eröffnet der Kampf noch keine absolut günstige Perspektive. Zwar ist es gelungen, den "goldenen" Reifen der Deiche immer weiter vorwärts zu schieben, auch die Inseln an besonders gefährdeten Punkten ziemlich erfolgreich zu verteidigen; aber an andern nagt und nagt die Welle ungehindert weiter, so daß die Eingriffe des Menschen bezüglich der Verringerung der Abrasionsmasse noch nicht überall den erwünschten Erfolg haben dürften. Das lehren besonders die Sturmfluten. - Als ein besonders kräftiger Umgestaltungsfaktor ist neben der Brandungswelle der Flutstrom, der vor allen Dingen durch eine rechtsseitige Kraftäußerung die Flußmündungen nach W herumzieht¹), eine Erscheinung, die, wenn es dem Menschen nicht gelingt, dem Einhalt zu tun, zunächst den Inseln, zu guter Letzt der Festlandszone mit zum Verhängnis gereichen wird. - Der gefährlichste Feind würde aber dem Menschen erwachsen, wenn sich die Hypothese der Senkung bewahrheiten sollte, ein Umstand, der für ihn die Bedeutung einer absolut sichern schließlichen Niederlage haben, für das Meer aber eine schier unerschöpfliche Quelle neuen Materials erschließen würde.

Zusammenfassend können wir also sagen, daß das Nordseematerial sich in absehbarer Zeit nicht erschöpfen wird, ja, daß sogar bei Eintreffen verschiedener Umstände, die in Ansatz zu bringen wir zur Zeit allerdings noch nicht berechtigt sind, betreffs des Sandmaterials der Nordsee eine außerordentlich günstige Perspektive sich eröffnet. --

Findet nun das Sandmaterial der Nordsee beim Bau der Sandbänke Verwendung? Bezüglich der an den südlichen und östlichen Küstengestaden aufbereiteten, sowie von der Flußströmung herabgespülten Massen ist man berechtigt, dies ohne weiteres annehmen zu dürfen. Ob das aber auch hinsichtlich des im Schoße des Meeres befindlichen Materials der Fall ist? Es wird also zu untersuchen sein, ob den hierbei in Betracht kommenden Naturkräften die Fähigkeit, Sandmassen verfrachten zu können, innewohnt, ob sie an der Böschung unserer Küste dieselben hinauftransportieren, wie dieser Vorgang sich abspielt und in welchem Maße die Sandbänke davon berührt werden. Die Faktoren, auf die wir daraufhin unsere Untersuchung ausdehnen müssen, sind: die Wellen, die Flutströmung und die Meeresströmung.

¹⁾ Vgl. S. 168.

Wir wollen dabei zunächst nur die Südküste ins Auge fassen, da Nordfriesland sich durch seine Lage von ersterer wesentlich unterscheidet.

Zum leichteren und sicheren Verständnis dürfte es geraten erscheinen, zweier Gesetze vorbemerkend zu gedenken:

1. die Zunahme der Erosionskraft und Transportfähigkeit steht im Verhältnis zu der von irgend einer Seite erfolgten Beengung;

2. die Begegnung zweier sedimentbeladenen Ströme ruft eine Stauung und damit ein Niederschlagen der Suspensionen hervor – Gesetze, denen wir in nachfolgendem auf Schritt und Tritt begegnen.

Die Wellen. Besonders charaktervoll ist die an die Gestade sich stoßende Welle, die Brandungs welle, von der Wagner²) sagt: "Wir kennen unter den zerstörenden Kräften der Erdoberfläche wenige, die so gewaltig sind wie die Brandung." So schaffte sie im Hafen von Wick (Schottland)³) einen Block mit seinen Fundamenten im Gesamtgewicht von 1370 Tonnen 10 bis 15 m weit fort und übt auf den Leuchtturm von Bell Rock einen Druck von 14 700 kg und auf den von Skerryvore einen solchen von 29 700 kg pro qm aus⁴). In ihrer größten Kraftentfaltung ist sie eine feindliche Gewalt, gegen die trotz der heute so hochentwickelten Technik selbst die mit dem größten Scharfsinn und mit verschwenderischem Aufwand errichteten, menschlichen Bollwerke nicht absolute Sicherheit bieten. Schon in ihrer harmlosesten Gestalt übt sie einen höchst wirkungsvollen Effekt aus. Und nun vergegenwärtige man sich die von einem Nordweststurm mit der Windstärke 10 bis 12 aufgewühlte Nordsee!

Unsere Flachküste nun gibt der Brandungswelle eine charakteristische Gestalt. Das Verhältnis der Wellenlänge zur Wellenhöhe wird nach dem Strande zu immer kleiner; denn die Wellenlänge ist der einfachen Wassertiefe proportional. Da die Welle nämlich mit der Vorderseite durch das Ufer, im Rücken durch die nachsetzende neue Woge und ebenso seitlich eingeengt ist, sucht sie nach der einzig freien Richtung, nach oben, auszuweichen. Aber auch dieses Ausweichen hat seine Grenzen; denn die Welle beginnt überzukippen, sobald die Wassertiefe kleiner wird als die Wellenhöhe, ein Vorgang, den man mit dem Namen Brandung¹) bezeichnet. Diese Erscheinung wird noch durch den sogenannten "Soog"²) begünstigt. Während nämlich die oberen Wellenpartien noch landwärts eilen, entsteht in den tieferen Schichten am Boden durch den Überdruck, der durch Anhäufung von Wasser am Strande hervorgerufen wird, ein rückläufiger Strom, der naturgemäß die Instabilität der Welle begünstigt. Dies zurückfließende Wasser nennt man Soog.

Eine andere charakteristische Eigenschaft wird an unserer Flachküste dadurch den Wellen verliehen, daß die Wassermasse selbst die Geschwindigkeit der Wellen annimmt, ein Umstand, in dem zum nicht geringsten Teil die Nährquelle der Kraft liegt. Es ist nämlich ein Unterschied zu machen zwischen der Wellengeschwindigkeit und der der Wassermasse. Daß letztere bei ungestörter Entwicklung nur eine minimale ist, erkennt man an einem treibenden Gegenstand, der annähernd die Wassergeschwindigkeit angibt, während die Wellen, die

²⁾ H. Wagner, Lehrbuch der Geographie, 1908, S. 334.

³⁾ A. Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde, 1911, S. 585.

⁴⁾ Ebenda.

¹⁾ Siehe Karte und Bild in Haas, Nordseeküste, S. 161.

²) B e m e r k u n g: Den sogenannten Sog kann man leicht durch ein ins Wasser geworfenes Holzstückehen und Tuch feststellen; während das an der Oberfläche schwimmende Holz von der anlaufenden Welle strandwärts getragen wird, schwemmt das am Boden zurückfließende Wasser das durchtränkte Tuch nach der See zu. In dem Sog liegt eine große Gefahr beim Baden während hohen Seeganges. (Vgl. H a a g e n, Wasserbau.)

162

beispielsweise im Atlantischen und Stillen Ozean nach Hagen 6 bis 7 deutsche Meilen in der Stunde durcheilen, unter ihm hinwegstreichen. Wären auf hoher See beide Geschwindigkeiten gleich, so würden unsere Meere meistenteils unbefahrbar sein, weil die Wellen die Schiffe zertrümmern würden, was mit den gestrandeten tatsächlich geschieht. Infolge der gleichen Geschwindigkeit beider Bewegungen und des heftigen Anpralls an widerstandsfähige Felsküsten erreicht die Klippenbrandung so beträchtliche Höhen, die nach Stevensons Beobachtungen im Durchschnitt der 7fachen (genau der 6.6fachen) Wellenhöhe³) gleichkommen. Da nun Munke letztere zwischen Hull und Helgoland auf offener See bei stürmischem Wetter bis auf 4 m und bei weiterer Steigerung des Sturmes im Maximum auf 51/4 m, Stevenson die Maximalhöhe bei Sunderland auf 4 m, ein englischer Kapitän in der Nordsee auf höchstens 6 m schätzt, so würden die Wellen nach obiger Formel an den Klippen im günstigsten Falle eine Maximalhöhe von 42 m erreichen. Wenn wir nun jene Formel auch nicht auf die Flachküste anwenden dürfen, so ist doch soviel ersichtlich, daß an unserer deutschen Nordseeküste zu den Zeiten der Springfluten in Begleitung anhaltender Nordweststürme die Wellenhöhe eine sehr beträchtliche sein muß. So läuft die Brandung zwischen Hanstholm und Vorupör bei stürmischem Wetter an Land bis zu 3,8 m über die Hochwassergrenze4). Schütte5) berichtet, daß am Hohenweg-Leuchtturm die Wellen schon bei Windstärke 10 bis zu der Brüstung, die 8 m über dem zur Ebbezeit unbenetzten Fundament angebracht ist, hinaufleckten und daß der Gischt fast bis zur Höhe des Semaphorenmastes spritzte und alle Gegenstände in seinem Bereich mit einer weißen Salzkruste überzog (S. 36). -

Für uns ist es nun wichtig, zu erforschen, bis zu welcher Tiefe die Welle sich bemerkbar macht. Nach der auf experimentellen Untersuchungen der Gebr. Weber beruhenden Theorie ist die Wellentiefe gleich dem 350fachen Betrage der Wellenhöhe. Wenngleich nun auch erstere bei größeren Tiefen eine Einschränkung erfährt, so ist die Welle nach Supan dennoch imstande, ihre lebendige Kraft bei einer Tiefe von 200 m in Arbeit umzusetzen.6) Laut Berichten von Seeleuten kommt es vor, daß Sturmwellen in der Nordsee und auf der Neufundland-Bank aus einer Tiefe von 50 m Sandkörner auf Deck spülen⁷), Beweise dafür, daß schon bei mäßig bewegter See der Bodenbelag fast der ganzen Nordsee in Bewegung sein muß, da der ganze südliche Teil die Tiefe von 100 m¹) nirgends überschreitet. Es ist mithin gewiß keine gewagte Behauptung, daß der N-, NW- und W-Wind schon bei mäßiger Stärke Sandmassen an unsere Küste verfrachtet, auf dem Boden die gröberen Sände, nach oben hin von "grob" zu "fein" allmählich abnehmend, jene vielleicht ruckweise, diese ständig in der Schwebe. Wegen der überaus flachen Böschung unseres Kontinentalsockels wird es den Wellen ein leichtes sein, die Sände hinaufzubefördern. Vermehrt wird diese Masse um die durch die Brandung und durch die ablaufende Welle vom Sandstrande der Inseln abgelösten Sände. Welche erstaunliche Mengen hierbei umgesetzt werden, zeigt ein von Beyer südlich von Westerland auf Sylt angestellter Versuch²). Eine mit der oberen Kante etwa 2 mm tiefer

4) Segelhandbuch, 1906, I, 3, S. 51.

³⁾ O. Krümmel, Ozeanographie II, 1911, S. 53/54.

 ⁵⁾ Jahrbuch des Vereins für Naturkunde an der Unterweser für 1903/04, Bremerhaven 1905.
 (Mir stand durch die Freundlichkeit des Herrn Schütte ein Separat-Abdruck zur Verfügung.)
 6) A. Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde, 1911, S. 295, 296.

⁷⁾ O. Krümmel, Ozeanographie I, 1907, S. 165. (Oberbaurat Krüger führt diese Erscheinungen auf Wirbelströmungen zurück.)

¹⁾ Vgl. die Admiralitätskarten.

²) A. Beyer, Untersuchungen über Umlagerungen an der Nordseeküste, Diss. Erlangen 1901, S. 24.

als die Sandfläche eingegrabene Zigarrenkiste wurde schon bei schwachem Westwinde von höchstens Stärke 2 durch eine einzige Welle mit grobkörnigem Sand vollständig gefüllt, so daß die Stelle, wo sie eingesenkt war, überhaupt nicht mehr erkannt werden konnte³).

Wo bleibt nun der auf diese Weise von zwei Seiten zusammentransportierte Sand? Daß derselbe weder an den trockenen Strand geworfen, noch in die Tiefe des Meeres zurückgeführt wird, ist in diesem wilden Chaos, in diesem Widerstreit der feindlichen Naturgewalten im allgemeinen ausgeschlossen. Er muß vielmehr hauptsächlich in der Zone bleiben, wo die Begegnung der beiden Widerparten, der auflaufenden Welle und des sogenannten Soogs, infolge der dadurch hervorgerufenen Ruhepause ein Niederschlagen der Suspensionen ermöglicht. An dieser Stelle bildet sich ein Sandrücken mit einem seewärts meistens steil abfallenden Absatz.⁴) Die Lage der Riffe ist naturgemäß bedingt durch die jedesmalige Stärke des Windes und seine Kombination mit den Gezeiten. Dieser Bankreihen tut auch B e y e r ⁵) Erwähnung, indem er berichtet von einem in einer inkonstanten Entfernung von 200 bis 500 m ziemlich parallel mit der Westküste von Sylt verlaufenden Riff, das etwa 100 m breit und kaum 1½ m höher als die Umgebung sei. Diesem seien weiter seewärts 1 bis 2, nur bei stürmischem Wetter an dem weißen Schaum (Brandung!) erkennbare Riffe vorgelagert. Auch an der ganzen jütischen Küste sollen diese Riffe, meistens in der Dreizahl, wie ihm der Strandvogt versicherte, vorkommen⁶).

Diese Erscheinung rufen jedoch in erster Linie die vertikal auf den Strand auflaufenden Wellen hervor. Treffen sie die Strandlinie unter einem spitzen Winkel, so entsteht eine an der Küste entlangstreichende Strömung, die man deshalb mit dem Namen "Küstenstrom" bezeichnet. Dieser ist sowohl für die Verfrachtung von Material als auch für den Bau der Sandbänke von außerordentlicher Wichtigkeit. Da die aufgelaufenen Wellen nämlich unter fast demselben Winkel ins Meer zurückrollen, legen auch die Sandmassen denselben Weg zurück. Sie wandern also auf zickzackförmiger Bahn in der Windrichtung vorwärts, die gröberen mehr am Boden, die feineren mehr oder weniger in der Schwebe. So beobachtete Beyer⁷) am Sylter Strand, daß eine leere, verkorkte Flasche in 10 Minuten einen Weg von zirka 200 m bei mittelstarkem Winde zurücklegte und bei SSW-Wind und starker Brandung eine größere Planke in ½ Stunde zirka 350 m. Die Transportgeschwindigkeit wächst naturgemäß mit der Stärke des Windes und der Größe des Einfallswinkels des Windes, oder mit anderen Worten: sie ist proportional der Windstärke und der Winkelgröße des Windes.

Die durch den Wind verursachte Sanddrift an der Südküste der Nordsee ist demnach, abgesehen von lokalen Abnormitäten, einzig und allein abhängig von der Richtung und Stärke des Windes. Über die Windhäufigkeit und - stärke gibt nachstehende, dem Segelhandbuch¹) entnommene Tabelle Aufschluß:

Da die Südküste der Nordsee etwa die Richtung von Westsüdwest nach Ostnordost hat, kommen für den Küstenstrom nach Westen die N- und NO-Winde in Betracht, für den nach Osten die W- und NW-Winde. Letztere sind nun ersteren nach Tabelle I um 46 Einheiten überlegen, nach Tabelle II um 2, ein Ergebnis, das zweifelsfrei dartut, daß während des

³⁾ Vgl. die Fortsetzung ebenda.

⁴⁾ Vgl. Hagen, Wasserbau.

⁵) A. Beyer, Untersuchungen über Umlagerungen an der Nordseeküste, Diss. Erlangen 1901, S. 21.

⁶⁾ Vgl. Segelhandbuch 1906, I, 3, S. 51.

⁷⁾ A. Beyer, Untersuchungen über Umlagerungen an der Nordseeküste, Diss. Erlangen 1901, S. 17.

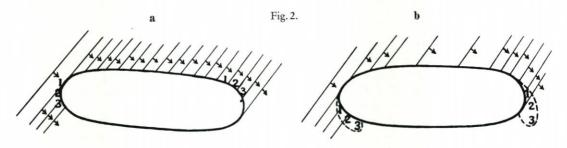
¹⁾ Segelhandbuch 1903, I, 3, S. 21 u. 25.

Häufigkeit der Winde.

Station	Jahreszeit	N	NO	О	SO	S	SW	W	NW
Küste von	Winter	4	8	14	12	12	27	15	8
Emden bis Hamburg.	Frühling	10	14	13	9	7	17	15	15
7 Stationen.	Sommer	9	9	7	8	8	23	18	18
170 Jahrgänge.	Herbst	5	8	12	13	12	26	15	9
-		28	39	46	42	39	93	63	50
	,	Windstär	ke (Beau	ıfortskal	a).				
Borkum		2.9	3.1	3.3	2.5	2.6	3.4	3.2	3.2
Hamburg		2.5	2.6	3.0	2.7	2.9	3.8	3.5	3.2
		5.4	5.7	6.3	5.2	5.5	7.2	6.7	6.4

weitaus größten Teiles des Jahres eine Sedimentverfrachtung aus dem Meere an die Südküste heran und an derselben entlang in östlicher Richtung stattfinden muß. Besonders möge noch hervorgehoben werden, daß die so gefürchteten und unsern Küstengebieten so überaus verhängnisvoll gewordenen Sturmfluten durch die den westlichen Quadranten entstammenden Stürme hervorgerufen wurden. –

Neben den Gezeitenströmen verdanken die eigenartigen, hakenförmigen Anhängsel an den Enden verschiedener Gestadeinseln ihre Entstehung dem Küstenstrom. Denken wir uns einmal eine unserer Ostfriesischen Inseln ohne diese Verlängerungen, z. B. Wangeroog. Die aus Nordwesten kommenden Wellen werden (s. Fig. 2), wie die Skizzen, bei denen der Übersichtlichkeit



halber die Einzelvorgänge (z. B. das Herumschwenken der Wellen in paralleler Richtung zum Strande) nicht eingezeichnet sind, andeuten, an der NW-Ecke, wo der Anprall ein senkrechter ist, geteilt; der eine Teil eilt unter schiefem Winkel an der Westküste entlang, der andere an der Nordküste. Dabei werden die Sandteile, die wir mit 1, 2, 3 bezeichnen wollen, am Strande entlang und über das Ende der Insel hinaus verfrachtet. Da am südwestlichen Ende relative Ruhe herrscht, lassen sich die Körnchen hier im Stromschatten nieder, wodurch diese Ecke nach und nach eine nasenförmige Spitze erhält. Derselbe Vorgang spielt sich am Ostende ab, jedoch mit dem Unterschiede, daß, während die W- und NW-Seite ständig starken Angriffen ausgesetzt ist, der östliche Teil einer Anlandung neuer Massen sich zu erfreuen hat. Der Vorsprung im Südwesten wird also zum Teil auf Kosten des Weststrandes, der im Südosten

zum Teil durch Abnagung des Nordstrandes gebildet, Vorgänge, die durch den Flutstrom intensiv unterstützt werden. Wangeroog, Juist und das Nordende von Sylt sind besonders typische Beispiele dieser Meerestätigkeit.

Jene Vorgänge mußten und müssen naturgemäß eine Verfrachtung der Inseln in OSO-Richtung, sowie eine Verlegung der Seegaten nach Osten zur Folge haben. –

Die Sanddrift wird unterbrochen durch die Flüsse, in die der an der Küste entlang verfrachtete Sand schließlich hineingestoßen wird, wo er zunächst an der Böschung hängen bleibt. Der Flutstrom, der am rechten Ufer, in der Richtung des Flutstromes betrachtet, große Energie erzeugt¹), hobelt den Sand von der Böschung ab und wirft ihn in das Flußbett, von wo ab er dann zunächst dem Einfluß der Gezeitenströme und Wellen verfallen ist, bis er endlich in den Staugebieten des äußeren Mündungsmundes vorerst zur Ruhe gelangt und Material zum Bau der Sandbänke liefert. –

Wir haben also gefunden, daß die Wellen teils aus der Tiefe des Meeres, teils von den der Abrasion unterworfenen Gestaden Sandmassen zum Bau der Bänke herbeitransportieren. –

Die Gezeitenströmungen.

Die Nordsee, die keine selbständige Flutwelle besitzt, empfängt zwei Wellen aus dem Atlantischen Ozean, die eine durch den Kanal, die Kanalwelle genannt, die andere, eine Beugungswelle von Norden her um Schottland herum, die wir die Shetland-Welle nennen können. Diese, die durch drei Tore, nördlich von den Shetland-Inseln, südlich von ihnen und zwischen den Orkney-Inseln und Schottland in die Nordsee eintritt, dringt sowohl nach Skandinavien und in der norwegischen Rinne nach Süden ins Skagerrak vor, als auch in der tiefen Mulde an der Ostküste Großbritanniens nach Süden. Von ihr zweigt sich nach Osten eine Flutwelle ab, teils über die Doggerbank hinweg, teils durch den Silver Pit, einen schmalen tiefen Kanal südlich von ihr. Diese wird bald einer großen Verbreiterung und Verflachung unterworfen, so daß sie sowohl auf Schleswig-Holstein zu, als auch als Hauptzweig in südlicher und südöstlicher Richtung bogenförmig vorwärts schreitet. Die ursprüngliche Welle rückt an Ost-England hin nach Süden weiter und schließlich durch die "Tiefe Rinne". Bei diesem Vordringen auf die holländische Küste zu wird sie von der Kanalwelle, die auch die Themse bestreicht, abgefangen und nach Osten fortgerissen. Letztere beherrscht den ganzen südlichen Teil der Nordsee in Verbindung mit der von der Doggerbank vordringenden Welle, die in der Streichrichtung des 54. Breitengrades wegen der Ausdehnungsmöglichkeit in tiefem, breitem Wasser den Charakter einer stehenden Welle aufweist und das Übergewicht über die Kanalwelle erhält. Wenn also Ost-England Hochwasser hat, ist an der schleswig-holsteinischen Küste Niedrigwasser; sechs Stunden läuft der Ebbestrom in westlicher, sechs Stunden der Flutstrom in östlicher Richtung. Bis dahin, wo die Kanalwelle die Direktion hat, dürfte der Strom eine O-W-Richtung haben; sobald aber die aus der Silberrinne und über die Doggerbank bogenförmig vordringende Welle vorherrschend wird, geht die Richtung in eine ostsüdöstliche über, die sich schon vor der Emsmündung bemerkbar macht.²) In der Helgoländer Bucht hat nach Krümmel³) die Welle der Silberrinne bis 55½° die Führung. In der

¹⁾ Siehe folgenden Abschnitt.

²⁾ O. Krümmel, Ozeanographie II, 1911, S. 355.

³⁾ O. Krümmel, Ozeanographie II, 1911, S. 354.

Höhe von Sylt nimmt der Flutstrom die Richtung von Süden nach Norden, der Ebbestrom umgekehrt. Nördlich von Horns Riff scheinen die Gezeiten auf ein Minimum beschränkt, wenn nicht ganz zu erlöschen.⁴)

Nun sind aber die Gezeitenerscheinungen in der Nordsee nicht so einfach und übersichtlich, wie die obigen Ausführungen glauben machen könnten. Die Nordseebucht gehört in dieser Beziehung zu den kompliziertesten aller Meere einerseits wegen der Konfiguration des Meeresbodens, der starken Küstengliederung und des busenartigen Charakters, anderseits aber auch hauptsächlich deswegen, weil wir hier mit zwei, ja, wenn wir die nördliche nach der Zahl der Eintrittstore in drei zerlegen wollen, mit vier Flutwellen zu rechnen haben. Das führt in mancher Beziehung zu bis heute noch nicht völlig entwirrten Komplikationen, wie die von Whewell entworfene und noch deutlicher die Krümmelsche Karte angeben¹). Dabei hat dieser, wie er erläuternd zu derselben, die er als einen Versuch für das hieraus entstehende Gewebe der verschiedenen Flutwellen bezeichnet, bemerkt, die Stundenlinien der Nordmeerwelle nur bis 10h, die aus der norwegischen Rinne kommenden Teile der Shetland-Welle nur bis 4h und die reflektierten Wellen gar nicht dargestellt, um ein unentwirrbares Knäuel zu vermeiden. Die Karte zeigt eine Unzahl von Interferenzen.

Aus obigen Ausführungen sowie aus den Karten von Whewell und Krümmel und aus dem "Atlas der Gezeiten und Gezeitenströme" geht hervor, daß die Richtung des Flutstromes zu der unserer Küste einer etwaigen Sandverfrachtung aus der Tiefe des Meeres eine durchaus günstige ist; denn ersterer streicht auf dem 54. Breitengrade bis 7,5° O-Lg. ungefähr nach Ostsüdosten²), während letztere etwa von Westsüdwesten nach Ostnordosten verläuft, so daß sie sich unter einem spitzen Winkel treffen. –

Dazu kommt, daß der Einfluß der Winde auf den Flutstrom ein ausgesprochen günstiger ist. Nach den Angaben des Segelhandbuchs³) verursachen die südwestlich durch Westen bis nordnordwestlich wehenden Winde, namentlich wenn sie von großer Stärke sind und längere Zeit geherrscht haben, eine Ablenkung, und zwar am bedeutendsten der SW- und der NNW-Wind, ersterer, indem er den Flutstrom von der Küste abhält und den Ebbestrom nach Norden hin drängt, letzterer durch Herumbiegen des Flutstromes an die Küste und des Ebbestromes nach Norden, ein Umstand, der um so höher einzuschätzen ist, als die W- und NNW-Winde – die SW-Winde spielen als ablandige keine so große Rolle – in bezug auf Häufigkeit und Stärke sich des Regiments erfreuen⁴). Auch hat die Erfahrung gelehrt, daß die aus Südosten durch Osten bis Nordosten wehenden Winde eine Ablenkung bewirken⁵), wobei die NO- und auch noch O-Winde den Flutstrom nach Süden, den Ebbestrom nach Westen drehen.

Aber nicht allein ablenkend, auch hinsichtlich der Geschwindigkeit der Gezeitenströmungen und der Dauer der Gezeiten macht sich der Einfluß der Winde geltend. Das gilt in erster Linie von den W- bis NNW-Winden, weil sie, als Einheit genommen, die häufigsten und stärksten sind. So wurden bei der Schwarzen Tonne 5 im Wangerooger Fahrwasser, wo bei normalen Verhältnissen eine Geschwindigkeit von 1,3 bis 2,5 sm für den

⁴) Vgl. Atlas der Gezeiten und Gezeitenströme für das Gebiet der Nordsee. Herausgegeben von der Deutschen Seewarte 1905.

¹) O. Krümmel, Die Deutschen Meere im Rahmen der internationalen Meeresforschung. Veröffentlichung des Inst. f. Meereskunde, Heft 6, 1904, S. 18 u. 20.

²) Segelhandbuch 1906, I, 3, S. 81.

³⁾ Segelhandbuch 1906, I, 3, S. 80.

⁴⁾ Siehe Windtabellen S. 16.

⁵) Segelhandbuch 1906, I, 3, S. 81.

Flut- und 1,2 bis 2,5 sm für den Ebbestrom herrscht, bei W-Winden mit der Stärke 8 bis 11 für den Flutstrom 5,5 sm und bei längeren O-Winden mit der Stärke 4 bis 5 für den Ebbestrom 3,9 sm gemessen⁶), ebenso an der Wesermündung, wo sonst die mittlere Geschwindigkeit für den Flutstrom 1,2 bis 1,7 sm und für den Ebbestrom 1,2 bis 1,6 sm beträgt, bei NW-Wind ein Maximum von 3 sm. An der Küste ist bei Sturmfluten oft kaum ein Fallendwasser bemerkbar und der Wasserstau so gewaltig, daß selbst die höchsten Deiche, bei deren Bau doch angenommene abnormste Verhältnisse die Höhe bestimmen, keine absolute Sicherheit bieten.

Wirsehen also, daß bei dem Übergewicht der westlichen Winde der Einfluß derselben bezüglich einer etwaigen Sandverfrachtung seitens des Flutstromes aus See an unsere Küste ein ausgesprochen günstiger ist. –

Wirken aber überhaupt die Gezeitenströme stoffumsetzend und erodierend, oder mit anderen Worten erstreckt sich die ihnen innewohnende Kraft bis in die Sandregion des Meeres hinab? Theoretisch hat man die Gezeitenäußerungen in folgende Formeln gefaßt:

- 1. Die Stärke oder die "Fahrt" ist dem Tidenhub proportional, ferner ist sie umgekehrt proportional der Wurzel aus der Wassertiefe. Die Wasserteilchen vom Niveau bis zum Boden schieben sich gleichzeitig, jedoch nicht ganz mit derselben Geschwindigkeit¹) hin und her.
- 2. Die Flutgröße ist nach Airy umgekehrt proportional der 4. Wurzel aus der Wassertiefe und auch abhängig von der Breite des gegebenen Bettes, und zwar ist sie umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Breite²).

Die Folgerung, die sich für die Praxis daraus ergibt, ist, daß in Trichterbuchten, die sich nach hinten zu verflachen oder spitz zulaufen, die Gezeitenströme am wirkungsvollsten sind.

So haben die Engen der Fundy-Bai, die eine Tiefe bis zu 110 m aufweisen, durchweg reinen Felsgrund³), und im Südarme, in der Enge von Parrsborough, ist der Felsboden in mehr als 200 m Tiefe von allem Grus reingefegt⁴). Auch in der Umgegend der im Englischen Kanal liegenden beiden Felsrücken, des Varne und des Ridge oder Colbart, besteht der Grund vielfach aus Stein- oder Felsgrund. Ebenso befinden sich in den Gewässern West-Schottlands tiefe Rinnen von 150 bis 200 m inmiten sandiger Flächen eingefurcht; der Boden und die steilen Flanken der Rinne bestehen aus unbedeckten Felsen. Ja, bei den Kanarischen Inseln hat man gelegentlich der Legung von Tiefseekabeln Kuppen gefunden, die, bis zu 1800 und 2000 m aus 4000 m Tiefe aufragend, von Globigerinenschlamm reingeputzt waren⁵). Oder erinnern wir uns an das Borkum Riff, wo das Senkblei des Seemanns an manchen Stellen vergeblich Grundproben heraufzubefördern sucht. Alle diese Erscheinungen werden auf die erodierende Tätigkeit der Gezeitenströme zurückgeführt. –

Steht somit zweiselsfrei sest, daß der Gezeitenstrom ein sedimentverfrachtender Faktorist, so fragt es sich, ob und in welcher Weise dieser Vorgang an unserer Küste sich abspielt. Zu diesem Zwecke setzen wir die hiesigen Verhältnisse mit denen jener Örtlichkeiten in Parallele. Dabei sinden wir zunächst, daß die Nordsee selbst ein golfartiges Meer ist mit sanst ansteigendem Boden zur deutschen Küste hin. Das steigende Terrain veranlaßt zunächst einen größeren Tidenhub, der nach Airy umgekehrt proportio-

⁶⁾ Segelhandbuch 1906, I, 3, S. 353.

¹⁾ Vgl. S. 22.

²) Wir folgen dabei zum Teil der wertvollen Krümmelschen Abhandlung in Petermanns Mitteilungen 1889, S. 129.

³⁾ Petermanns Mitteilungen 1889, S. 129 ff.

⁴⁾ A. Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde, 1911, S. 594.

⁵⁾ O. Krümmel, Ozeanographie II, 1911, S. 285.

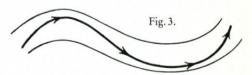
nal ist der 4. Wurzel aus der Wassertiefe, anderseits aber auch eine Verringerung der Geschwindigkeit, die beispielsweise in der tiefen norwegischen Rinne 120 sm, über der seichten Nordseebank aber nur 60 bis 70 sm beträgt⁶); allein der Meeresboden dürfte dabei um so energischer angegriffen werden, analog einer am Bergeshang sich hinaufwindenden Straße, auf der ein Wagen leicht und ohne merkliche Spuren zu hinterlassen, hinabfährt, während der hinauffahrende seine Räder tief in den Boden eindrückt (s. S. 18). Diese Beobachtung kann man auf dem sanft ansteigenden Watt machen, wo die vordere Grenzlinie der ankommenden Flutwelle die Sedimentpartikelchen vom Wattboden aufwirbeln läßt. – Bei den Kleinformen, den Flüssen mit ihren verwickelten Ästuariensystemen, die größtenteils submariner Art sind, den Gaten, Baljen, Prielen, kommt noch zu obigem Moment des steigenden Terrains ein anderer überaus wichtiger hinzu: die seitliche Einengung der Welle, die sowohl eine Vergrößerung der Erosionskraft, als auch eine weitere Erhöhung der Flutwelle zur Folge hat, deren Höhe ja umgekehrt proportional ist der Quadratwurzel aus der Breite.

Wir sehen also, daß die Konfiguration des Meeresbodens für den Sandtransport aus dem Becken an die Küste durchaus günstig ist. – Schon bei oberflächlicher Betrachtung der Seekarte muß uns nun dreierlei auffallen¹):

- daß die sämtlichen von Süden her in die Nordsee einmündenden Flüsse ihren Mündungsmund nach Westen, also sich dem Flutstrom entgegen richten;
- 2. daß in vielen Fällen die tiefsten und für die Schiffahrt fast allein in Betracht kommenden Fahrrinnen an der westlichen Seite des Mündungsmundes sich befinden.
- 3. und daß der Ostabfall der Ufer dieser Gebiete und Sände steil, die Westseite dahingegen flach ist²).

Was kann die Ursache dieser Erscheinungen sein?

Merkwürdigerweise fließt nun in der Elbe der Flutstrom am Südufer stärker als am Nordufer, der Ebbestrom umgekehrt, was besonders für die Reede von Cuxhaven hervorgehoben wird. Vom zweiten Feuerschiff ab hat die Ebbeströmung sogar eine NNW-Richtung, häufig mit einer Geschwindigkeit von 5 sm, und zwar ist sie hier an der Nordseite stets bedeutend stärker als an der Südseite. "Eine solche verschiedene Lage der Linien größter Stromgeschwindigkeit oder des 'Stromstrichs' muß als regelwidrig bezeichnet werden, sobald man sie mit den allgemein für fließendes Wasser in gekrümmten Flußbetten geltenden Gesetzen vergleicht." Denn besonders in den Mäanderbetten ist der Stromstrich stärker gewunden als das Flußbett; er macht schlangenartige Windungen, Serpentinen, wie nebenstehende Zeichnung andeutet. Dabei ist stets das konkave Ufer seinen Angriffen mehr ausgesetzt



als das konvexe. Solches müßte nun auch für die Elbe zutreffen, allein der Flutstrom hält sich dessenungeachtet beharrlich am Süd-, der Ebbestrom am Nordufer. Als Ursache müssen wir nach Krümmels Ansicht die Erdrotation ansehen, durch die jeder Strom auf der nördlichen Hemisphäre nach rechts abgelenkt wird, ein Gesetz, das zuerst von v. Baer

⁶) O. Krümmel, Die Deutschen Meere usw. In "Institut für Meereskunde", Heft 6, 1904, S. 19.

¹⁾ Siehe Fußnote S. 2932).

²⁾ Vgl. Segelhandbuch 1906, I, 3, S. 261.

aufgestellt wurde. Durch dieses Rechtsdrängen wird, wie wir sahen (S. 18), neue Energie ausgelöst, was sich wegen der Überlegenheit des Flutstromes über den Ebbestrom (vgl. S. 24) in dem stärkeren Angriff des rechtsseitigen Uferhanges und des Bodenbelags bemerkbar machen muß, wodurch sich das Herumbiegen des Mündungsmundes nach Westen, der Steilabfall und die tiefe Rinne am Westufer erklären läßt. Freilich ist man in Fachkreisen über die Einwirkung der Erdrotation auf die Flußmündungen geteilter Meinung; man glaubt, daß der Einfluß weniger der Erdrotation als vielmehr jenen Momenten, die - wie Unebenheiten und Verschiedenheiten in der Härte der Unterlagen - die Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung vorzugsweise bedingen, zuzuschreiben sei³). Ob für unsere Küste vielleicht nicht auch noch andere Ursachen, wie die überaus verwickelten Gezeitenverhältnisse⁴) mitspielen? So scheint noch ein Umstand, der für die Steilheit des Ostabfalls der Flußufer und Bänke als Ursache mit in Frage kommen könnte, besonderer Erwähnung wert. Auffälligerweise ist nämlich sowohl bei der Jade als bei der Weser und Elbe die Böschung gerade an den Stellen eine sehr steile, wo westwärts sich Watten und Riffe anschließen: so das Watt zwischen Wangeroog und der Küste von Jeverland bei der Jade, die Alte Mellum und die Mellum Plate bei der Weser und das Scharhörn Riff und das Neuwerker Watt bei der Elbe. Während nun bei Beginn der Flut der Flutstrom den Eintritt in die Flüsse um jene Watten und Riffe herum nehmen muß, fallen ihm später, wenn die Watten und Riffe besetzt sind, die Wassermassen, von Westen her über diese hinwegstreichend, in die Flanke, wodurch die oberen Partien des Hauptteils des Flutstromes in östlicher Richtung mit fortgerissen werden. Hierdurch wird ein Kompensationsstrom erzeugt, der von unten her an der Böschung nach oben gesogen wird und der infolgedessen letztere stark angreifen und ihr einen steilen Abfall geben muß. Infolge des Vordringens des Hauptteils des Flutstromes flußaufwärts nimmt der Kompensationsstrom eine schraubenartige Bewegung an. - In ähnlicher, wenn auch komplizierterer Weise dürfte sich der Vorgang bei den Bänken abspielen, wo jedoch die Steilheit noch durch ein anderes Moment begünstigt wird: Die Sandwanderung, worauf wir bei dem Kapitel: "Wanderung der Bänke" noch zurückkommen werden. - Diesem Kompensationsstrom scheint meines Erachtens neben der Erdrotation und etwaigen andern Ursachen eine hervorragende Rolle bezüglich oben genannter Charakteristika zuzufallen.

Fassen wir zusammen:

Als für die Vergrößerung der Erosionskraft, sowie für die Sandverfrachtung landwärts ausgesprochen günstige Momente haben wir betreffs unserer Küste kennen gelernt:

- 1. Die schräge Richtung des Flutstromes zur Küste,
- 2. die günstige Einwirkung der Winde,
- 3. die günstige Konfiguration des Meeresbodens und der Küste (steigendes Terrain, seitliche Einengung),
- 4. die rechtsseitig sich steigernde Kraftäußerung des Flutstromes, hervorgerufen durch die Erdrotation, den Kompensationsstrom und noch etwaige andere Ursachen.-

Auf die Erosion und den Transport des Sandes wirken jedoch drei Umstände höchst nachteilig ein:

a) Daß die Gezeitenströme in der Fundy-Bai so gewaltige Werte zeitigen, ist außer den berührten Gründen zum nicht geringen Teil darauf zurückzuführen, daß wir es dort mit nur einer Flutwelle zu tun haben, die steigend und fallend dieselbe Bahn durchmißt. Die

A. Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde, 1911, S. 22, 709.
 Vgl. O. Krümmel, Die Deutschen Meere usw. In "Institut für Meereskunde", Heft 6, 1904.

Nordsee dahingegen hat, wenn wir so rechnen wollen, 4 gesonderte Flutwellen mit unzähligen Interferenzen und Reflektionen¹), wodurch ihre Richtung keine einheitliche bleibt, ihre Kraft zersplittert und ihre Intensität höchst nachteilig beeinflußt wird.

b) Man sollte nun meinen, daß für einen etwaigen Sandtransport das ungleich schwerere und tragkräftigere, salzige Meerwasser von Vorteil sei. Aber Experimente haben gerade das Gegenteil ergeben. Denn trotz der Beimengung von Salzen, die sein spezifisches Gewicht wesentlich erhöhen, besitzt es gleich allen Elektrolyten die überraschende Eigenschaft, mechanisch beigemengte, schwebende Sedimente rasch auszuscheiden und sich zu klären, wovon sich jeder leicht überzeugen kann, der in ein mit Süßwasser gefülltes Probierglas und in ein anderes mit Salzwasserfüllung gleiche Gewichtsteile Sedimente schüttet: während ersteres die Trübung längere Zeit beibehält, nimmt letzteres in kürzester Zeit die schönste Klarheit an.

Diese Ausscheidungsfähigkeit ist dem jeweiligen Prozentsatz des Salzbestandes proportional. Derselbe ist in den verschiedenen Jahreszeiten, wie in den Tiefen sehr veränderungsvoll, wie nachstehende drei Tabellen zeigen²).

Tabelle I enthält für das Oberflächenwasser die nach etwa 20jährigen Beobachtungen der Kieler Kommission zur Erforschung deutscher Meere berechneten Monatsmittel des Salzgehalts. Auffälligerweise hat das Oberflächenwasser bei Helgoland und dem Weser-Feuerschiff den größten Prozentsatz an Salz und damit verminderte Transportkraft, gerade in den Wintermonaten, in denen die Elbe und Weser den größten Wasserreichtum haben, eine Abnormität, die wahrscheinlich durch die reichlichere Wasserzufuhr aus dem Salzquellengebiet, dem Atlantischen Ozean, durch die im Winter stärkeren W-Winde verursacht wird³).

Tabelle II gibt den Salzgehalt für die verschiedenen Tiefen im "zentralen Teil des Skagerraks" an, wo die Verringerung der Transportkraft am 12. September 1893 größer war als am 4. Februar 1890. Besonders charakteristisch ist bei beiden Reihen die Abnahme der Tragkraft nach der Tiefe zu.

Tabelle III zeigt die Einwirkung der Winde auf den Salzgehalt von der Oberfläche bis in 38 m Tiefe für das Jahr 1890 (1. bis 8. Februar und 13. bis 23. Februar). Wir sehen, daß bei SW- bis W-Winden der Salzgehalt in allen Tiefen zu-, die Transportkraft damit aber abnimmt. SSO- bis S-Winde erzielen bis 23 m Tiefe geringere Salzmengen, in 38 m jedoch größere als die W-Winde. Als Grund gibt das Segelhandbuch¹) an, daß die SW- bis W-Winde einerseits den Oberflächenstrom des süßen Ostseewassers zurückhalten, anderseits aber neue salzreiche Massen aus dem Atlantischen Ozean hereintreiben; deshalb auch der geringe Unterschied von 1,1 ‰. Bei SSO- bis S-Winden ist das Verhältnis umgekehrt, wodurch die bedeutende Differenz von 8 ‰ erzielt wird, ein auffallender Kontrast, der wohl in der Hauptsache mit darauf zurückzuführen ist, daß das Abtriebwasser der Oberfläche nach Westen einen Bodenstrom aus dem Atlantischen Ozean nach Osten hervorruft²).

Ferner lehren die Karten: "Verteilung des Salzgehalts in Oberflächenwasser"³), daß der Prozentsatz an Salz nach der hohen See hin zunimmt.

¹⁾ Siehe S. 291 u. 292.

²⁾ Segelhandbuch 1903, I, 1, S. 74 ff.

³) Bemerkung: Die Menge betrug für November bis April mehr als das Doppelte derjenigen für Mai bis Oktober: 1:0,45.

¹⁾ Segelhandbuch 1903, I, 1, S. 77.

²⁾ Einen andern Punkt: "Welchen Einfluß die Temperatur des Wassers auf das spezifische Gewicht desselben ausübt", möchte ich hier übergehen und einer besonderen Studie vorbehalten.

³⁾ Nachtrag zum Segelhandbuch 1903, I, 1 (letzte Seite).

Tabelle I. Pro Tausend.

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahr
Helgoland	33.4	33.3	32.6	32.2	32.0	32.0	32.2	32.4	32.8	33.0	33.5	33.1	32.8
Weser-Feuerschiff	33.1	33.1	32.9	32.9	32.8	32.4	32.4	32.2	32.2	32.5	33.0	33.3	32.8

Monatsmittel des Salzgehaltes nach etwa 20jährigen Beobachtungen der "Kieler Kommission zur Erforschung deutscher Meere".

Tabelle II. Pro Tausend. Tiefe in Meter Größter 0 5 10 20 30 40 50 100 60 80 Unterschied 4. Februar 1890 32.3 32.4 33.3 34.5 34.8 35.0 35.0 35.0 2.7 29.8 29.8 12. September 1893 34.3 34.8 34.9 35.1 35.1 35.1 35.2 35.2 5.4 Salzgehalt des Tiefenwassers für den zentralen Teil des Skagerraks.

Tabelle III.

	Wind		Salzgeh	alt in ‰	
		Oberfläche	Tiefe 15 m	Tiefe 23 m	Tiefe 38 m
1. bis 8. Februar 1890	SW bis W	33.2	33.5	33.8	34.3
13. bis 23. Februar 1890	SSO bis S	26.7	30.1	32.6	34.7

Salzgehalt des Oberflächen- und Tiefenwassers bei westlichen und südlichen Winden beim Feuerschiff Skagen.

Die Ergebnisse unserer Erörterung sind also folgende:

Die Transportfähigkeit des Wassers erleidet Einbuße:

1. in den Wintermonaten, 2. mit zunehmender Tiefe, 3. bei W-Winden, 4. nach der hohen See zu.

Die drei ersten Punkte sind dabei nicht gering einzuschätzen, da die Tragkraft einerseits gerade in der Sandregion, anderseits bei Westwinden, die besonders zur Winterzeit herrschen und dem Sandtransport vorzugsweise förderlich sind, am geringsten ist.

c) Für die Sandverfrachtung aus dem Meere ist auch die Frage von Wichtigkeit, ob die Geschwindigkeit nach der Tiefe zu dieselbe bleibt. Die in den Fluttabellen¹) angegebenen Werte beziehen sich sämtlich auf die Oberfläche. Für die Tiefe liegen jedoch, wie Krümmel sagt²), sehr wenige zuverlässige Messungen vor. Wir müssen uns deshalb mit folgender dürftigen Zusammenstellung³) begnügen, bei der wir gleich den Elbestrom, auf den wir doch noch zurückkommen müssen, der Vollständigkeit halber mit berücksichtigen. Die

¹⁾ Siehe die Segelhandbücher.

²⁾ O. Krümmel, Ozeanographie II, 1911, S. 284.

³⁾ Petermanns Mitteilungen 1889, S. 130. (Vgl. "Annal. d. Hydr. usw." 1879, S. 210.)

Stromgeschwindigkeit in cm/sek.

Station	F	Flut				
	an der Oberfläche	in ca. 8 m Tiefe (2 bis 5½ m über dem Boden)	an der Ober- fläche		Flut	ür Ebbe
1. Feuerschiff Genius Bank	111	99	117	92	10.8%	21.4%
	Schicht bis 10 m	In 70 cm Tiefe, 3 m über dem Boden				
2. 55° 58' N-Breite	Max. 15.9 cm) = E	Max. 8.9 cm) = E				
3° 20′ O-Länge	Max. 20.4 cm Max. 20.1 cm Max. 20.1 cm Max. 20.1 cm	Max. 13.2 cm Max. 10.2 cm Max. 10.2 cm ₩ 50			42.9%	

Bemerkung: Die 2. Reihe entstammt der Schrift: "Bulletin trimestril etc." 1906/7, B, p. 37 u. 1905/6, B, p. 114.

Geschwindigkeit beträgt also nach der 1. Reihe an der Oberfläche 111 cm/sec, in der Nähe des Bodens 99 cm/sec, bei der 2. Reihe in den oberen Schichten 18,8 cm/sec, in der Tiefe von 70 m 10,8 cm/sec, was für erstere einen Verlust von 10,8 %, für letztere einen von 42,9 % bedeutet. Es ergibt sich also, daß die Geschwindigkeit des Flutstromes mit zunehmender Meerestiefe abnimmt, ein Zeichen dafür, daß die Transportkraft nach der Tiefe zu sich verringert. Der Grund dürfte wahrscheinlich in der Reibung der unteren Wasserteilchen am Boden und in der Zunahme des Salzwassergehalts nach unten hin zu suchen sein. –

Von den drei gefundenen transportkraftlähmenden Momenten, a) Verzettelung der Flutwelle, b) Salzgehalt des Wassers, c) Verminderung der Geschwindigkeit in der Tiefe, fallen die beiden letzten um so schwerer ins Gewicht, als sie mit den Umlagerungen am Meeresboden, im Revier der Sände, in Beziehung stehen. Dennoch dürfte der Einfluß derselben nur eine Verminderung der Transportkraft, nicht eine völlige Unterbindung der Sandverfrachtung aus See bewerkstelligen, wie schon ein oberflächlicher Vergleich dieser ungünstigen Momente mit den günstigen (S. 169) vermuten läßt.

Die Annahme einer Sedimentverfrachtung seitens des Flutstroms an unsere Küste dürfte durch folgende Tabelle⁴) Bestätigung finden. Sie zeigt eine ständige Abnahme des schwereren Detritus weseraufwärts, ein Beweis dafür, daß der Flußstrom mehr Sandmassen heranschleppt, als er im engen Flußrevier fortzuschleppen imstande ist. Die landwärts sich zeigende Zunahme der tonhaltigen Teile dürfte in der Hauptsache in dem Umstande ihren Grund haben, daß wir uns hier im "Laboratorium" der Brackwasserzone befinden. (Vgl. S. 150 bis 154.)

Schließlich möge auch hingewiesen sein auf Krümmels Urteil¹): "Eine Tideströmung wird am Meeresboden wenigstens im Bereiche der Schelfe eine bedeutende transportierende Kraft besitzen, und, wo sie durch hohen Hub oder seitliche Einengung beschleunigt wird, geradezu ausfurchend auf den Meeresboden einwirken."

⁴⁾ Aus Schucht, Beitrag zur Geologie der Wesermarschen, 1903, S. 13.

¹⁾ O. Krümmel, Ozeanographie II, 1911, S. 285.

Station	Feinsand Korngröße > 0.05 mm	Tonhaltige Teile Korngröße <0.05 mm		Station	Feinsand Korngröße > 0.05 mm	Tonhaltige Teile Korngröße <0.05 mm
1 Drackenburg	11.2	88.8	9	Blexen	60.4	39.6
2 Woltmershausen	12.4	87.6	10	Wremen	18.0	82.0
3 Rade	17.2	82.8	11	Spieka	45.2	54.8
4 Brake	42.0	58.0	12	Döse	91.2	8.8
5 Rechtenfleth	51.6	48.4	13	Langwarden	94.0	6.0
6 Dedesdorf	38.0	62.0	14	Hooksiel	46.8	53.2
7 Nordenham	25.2	74.8	15	Carolinensiel	41.2	58.8
8 Wulsdorf	24.4	75.6	16	Spiekeroog	81.2	18.8

Wir glauben deshalb unser Urteil dahin zusammenfassen zu dürfen, daß die Verfrachtung von Sand seitens des Flutstromes an unsere Küste damit erwiesen ist.



Auf eine nähere Erörterung der Meeresströmung en, die im Gebiete der Nordsee nur als Oberflächenströmungen bekannt sind und die nach den vom dänischen Feuerschiff "Horns Riff"²) vorgenommenen Messungen nur die geringe Geschwindigkeit von 4 sm in 24 Stunden haben (0,085 m/sec), so daß ein Wasserteilchen etwa 60 Tage braucht, um von Borkum Riff bis Hanstholm (NW-Spitze Jütlands) zu gelangen, glauben wir verzichten zu können, zumal da die Verhältnisse der Meeresströmungen noch keineswegs als annähernd aufgeklärt betrachtet werden dürfen.

Beide Agentien, sowohl den Flutstrom als auch die Wellen, haben wir als landwärts sandverfrachtende Faktoren kennen gelernt. Ferner sahen wir, daß auch die Flüsse Sand zur Küste hinabschwemmen. Sollen nun diese Massen zum Bau der Sandbänke Verwendung finden, so ist die erste Vorbedingung, daß sie in der Sandbankzone ansässig und nicht wieder fortgespült werden. Hierfür käme die Ebbeströmung in Betracht. Es treten also in den Berührungsgebieten die sandanfrachtenden Agentien und der sandfortspülende Ebbestrom in Gegenwirkung, insbesondere der Flut- und Ebbestrom, eine Erscheinung, die man treffend

²) O. Krümmel, Die Deutschen Meere usw. In "Inst. für Meereskunde" 1904, S. 13.

als einen über unsere Küste verhängten Belagerungszustand bezeichnet. Es ist also eine Untersuchung darüber notwendig, welchem von beiden die größere Stoß-kraft innewohnt.

Beobachtungen haben für den Ebbestrom im allgemeinen eine größere Oberflächengeschwindigkeit festgestellt. Auch beim Genius Bank-Feuerschiff ergaben die Messungen für den Flutstrom 111, für den Ebbestrom 117.

Allein in der Tiefe herrscht ein umgekehrtes Verhältnis: beim Ebbestrom ist in der Nähe der Genius Bank das Verhältnis des Oberflächenstromes zum Bodenstrom 117:92, beim Flutstrom 111:99, oder, in Prozenten ausgedrückt, bedeutet das für ersteren einen Verlust von 21,4, bei letzterem 10,8%. Hiernach steht also der Ebbestrom trotz seiner größeren Oberflächengeschwindigkeit dem Flutstrom in der Tiefe, im Revier der Sedimentversetzungen, bedeutend nach, ein für seine Erosionskraft ungünstiges Moment. –

Damit schrumpft auch das an und für sich günstige Moment einer reichlicheren Beimischung von tragkräftigerem Süßwasser, dessen sich der Ebbestrom erfreut, auf ein Minimum zusammen.

Während nun der Flutstrom als kräftiger Grundstrom gleich anfangs in enge Tore eintritt und dadurch größere Werte zeitigt und erst später, wenn seine Hauptarbeit verrichtet ist, durch Bestreichen der Wattflächen Lähmung erfahren dürfte, woran wohl nicht gezweifelt werden kann, wenngleich auch bedauerlicherweise Messungen nicht vorliegen, so wird durch die nach der Mündung hin zunehmende Divergenz der Flußufer die Erosions- und Transportkraft des Ebbestromes, da ja durch Einengung größere Bewegungsmomente erzielt werden, gerade in der Zeit seiner Kraftfülle ungünstig beeinflußt. –

Da nun ferner der Grad der Ablenkung¹) proportional ist der Stromgeschwindigkeit, müßte – unter der Voraussetzung, daß die Unterlagen einwandfrei sind und die Geschwindigkeit beider Strömungen sowohl an der Oberfläche als auch in der Tiefe überall im allgemeinen obigen Angaben entsprechende Werte haben – dieselbe beim Ebbestrom, der ja an der Oberfläche ½ bis 1 Knoten schneller läuft, erheblicher und dessen Erosionskraft größer sein als beim Flutstrom; aber weil in der Tiefe ein umgekehrtes Verhältnis herrscht, so steht auch in dieser Beziehung der Ebbestrom in der Sandregion dem Flutstrom nach, weshalb wir auch am Ostufer einen überaus flachen, seichten Anstieg, an der westlichen Flußseite eine so intensiv ausgehobelte Furche wahrnehmen. –

Obige Ausführungen lassen unschwer die Überlegenheit des Flutstromes erkennen. Einen handgreiflichen Beweis hierfür haben wir in nachstehender Tabelle²), in der die Suspensionen des Flut- und Ebbewassers in Vergleich gestellt werden. Sie zeigt, daß der Schlickgehalt kurz nach Eintritt der Flut sein Maximum erreicht. Von da ab macht sich eine Abnahme bemerkbar, was sich hauptsächlich daraus erklären dürfte, daß das Wasser nach Füllung der tieferen Rinnen beim Ausbreiten über die Watten hier infolge der entstandenen Ruhepause Suspensionen fallen läßt, ein Zustand, der bis zur Mitte der Ebbe andauert. Dann kommt der Ebbestrom nämlich wieder in den Bereich des Bodens und kann mehr Massen aufwirbeln.

Ferner ersieht man, was für uns hier die Hauptsache ist, daß der Flutstrom mehr Sedimente transportiert als die Ebbeströmung. Denn zählen wir, um greifbare Größen zu

¹⁾ Siehe "Petermanns Mitteilungen" 1889, S. 134.

²⁾ G. Hagen, Wasserbau III, 1, 167. (Hagen entnahm die Proben dem Jadegebiet bei Wilhelmshaven.)

gewinnen, die einzelnen Teile für Flut und für Ebbe zusammen, so ergibt das für erstere an der Oberfläche 86 Teile, 2 m über dem Grunde 122 Teile, für letztere 69 bzw. 77 Teile. Das macht für die Flut ein Plus von 17 bzw. 45 Teilen.

Flutinterval	An der Ober- fläche	2 m über dem Grunde	Flutintervall	An der Ober- fläche	2 m über dem Grunde
Nach der 1. Stunde der Flut	19 Teile	23 Teile	Nach der 1. Stunde der Ebbe	10 Teile	12 Teile
Nach der 2. Stunde der Flut	19 Teile	26 Teile	Nach der 2. Stunde der Ebbe	10 Teile	12 Teile
Nach der 3. Stunde der Flut	15 Teile	24 Teile	Nach der 3. Stunde der Ebbe	10 Teile	12 Teile
Nach der 4. Stunde der Flut	12 Teile	20 Teile	Nach der 4. Stunde der Ebbe	12 Teile	12 Teile
Nach der 5. Stunde der Flut	11 Teile	16 Teile	Nach der 5. Stunde der Ebbe	13 Teile	13 Teile
Bei Hochwasser	10 Teile	13 Teile	Bei Niedrigwasser	14 Teile	16 Teile
	86 Teile	122 Teile		69 Teile	77 Teile
			Differenz	17 Teile	45 Teile

Auch die Bänke selbst verraten die Überlegenheit des Flutstromes. Charakteristisch ist nämlich, daß, wie Hagen experimentell nachgewiesen hat, ihre flache Böschung stets der Angriffsrichtung der Kraft zugekehrt ist. Dasselbe gewahrt man bei den Inseldünen, ihren durch äolischen Einfluß entstandenen Schwestern. Da nun die Bänke fast ausnahmslos ihre flache Seite dem Flutstrom entgegenneigen, so wage ich daraus herzuleiten: a) daß der Flutstrom der stärkere der beiden Gezeitenströmungen ist, b) daß die Sandbänke von dieser Seite her die Hauptspeisung mit neuem Material empfangen.

Ich glaube deshalb, soweit uns die Unterlagen einen Schluß zulassen, mich dahin zusammenfassen zu dürfen:

Der Flutstrom trägt mehr Sedimente in die Flüsse hinein, als der Ebbestrom fortzuspülen imstande ist. --

Die Folge davon ist, daß sich in den unteren Flußläufen Sandansammlungen bemerkbar machen müssen, und zwar entsprechend dem Gesetz¹), nach dem dort, wo zwei Strömungen zusammenstoßen, infolge der dadurch hervorgerufenen Stauung ein Niederschlagen der Sedimente veranlaßt wird, an der Stelle, wo der Flut- und Ebbestrom sich treffen, und im Kenterungsgebiet, in der Brackwasserzone. Das Kartenbild bestätigt solches. So entstehen die Gezeitenbarren, eine Flutbarre im oberen, eine Ebbebarre im unteren Flußgebiet, von denen erstere, weil in der Zone starker Flußströmung liegend, mehr eingeebnet, verflüchtigt, abwärts gespült wird. Außerdem wird ein großer Teil, namentlich von dem feinen Detritus, dem Schlick, auf den Watten abgelagert; die durch die Gaten zwischen den Inseln eindringenden Flutwellen begegnen sich hinter den Inseln, wo sie ihre Sedimente in bedeutenderem Maße niederschlagen, was an diesen Punkten Bodenerhebungen zur Folge hat, die von den Wattschiffern einfach als "hohe Watten" bezeichnet werden.

Finden nun aber jene in den Mündungen der Flüsse abgelagerten Sedimente bei der Sandbankbildung Verwendung? Schon ihre Lage in den Barrenzonen läßt solches vermuten. Denn die Barre ist hier nicht eine im großen und ganzen flach gewölbte Bildung, wie beispielsweise die den Gaten der Ostfriesischen Inseln vorgelagerten Barren, die infolge der in den Engen förmlich zurückschießenden Ebbewasser ausgewellt sind, sondern sie ist durch die Meeresagentien in viele Teile zerschnitten, in

¹⁾ Siehe S. 160.

Einzelerhebungen von typisch ausgeprägter Gestalt, die man Bänke nennt, die also als aus dem Barrenmaterial aufgeschichtete Bodenerhebungen zu verstehen sind. –

Auf welche Weise haben wir uns die Bildung der Bänke etwa vorzustellen? Denken wir uns einmal eine von Bänken freie Flußmündung, die aber wegen reichlicher Sandzufuhr zur Bankbildung geneigt ist, beispielsweise die Jade-Mündung, in solcher Verfassung. Fig. 5 a. Das sandige Bett sei leicht konkav ausgewellt, die Flanken

Fig. 5 a.

seien sanft geneigt. Der Flutstrom setzt ein. Er hat eine südöstliche Richtung. Auf der Linie Wangeroog-Roter Sand-Leuchtturm begegnet er dem Ebbestrom, wodurch ein Teil der Sedimente sich niederschlägt. Nordöstlich von Wangeroog tritt er in die Jade ein. Die Stütze, die sein rechter Flügel bisher am Gestadesockel hatte, hört hier plötzlich auf, und die Flankenwasser gleiten in die Jade hinein, und zwar dürften dieselben sich anfangs infolge der ihnen innewohnenden größeren Kraftfülle rechtsseitig – von der Flutströmung gerechnet – eines Vorsprungs erfreuen vor den Partien links. Bald jedoch dürfte sich die schon früher eingesetzte Richtungsänderung nach S hin vollzogen haben. Fig. 5 b gibt diesen Moment wieder. Infolge der größeren Kraftentfaltung an der rechten Seite – ob und wieviel außer der

Wilhelmsh.

Fig. 5b.

Ablenkung seitens der Erdrotation und dem Kompensationsstrom noch vielleicht ein durch die östlich gelegenen Bänke, vor denen sich die anfangs OSO gerichteten Flutmassen stoßen, hervorgerufener, mehr in den unteren Partien sich vollziehender Rückstau dazu beiträgt, muß einer genauen Untersuchung an Ort und Stelle vorbehalten bleiben – wird das westliche Ufer und das Flußbett an dieser Stelle stark angegriffen, jenem infolge Abrasion einen steileren Abfall verleihend, dieses in seiner Strichlinie intensiv ausfurchend, wie Fig. 5 c andeutet. Die hierdurch auf den Lauf gebrachten Sandmassen, die noch durch das Abfangen des mit dem Flußwasser flußabwärts treibenden Sandes und Schlammes Zuwachs erhalten, werden von der am rechten Hange erhöhten Erosionskraft folgerichtig nach links gestoßen, ein Vorgang, der sich analog der Hagen schen Sandwanderungstheorie vollziehen dürfte. Auf diese Weise müssen sich längliche Sandrillen bilden mit flachem West- und steilerem Osthang, wie Fig. 5 d

Fig. 5 c.

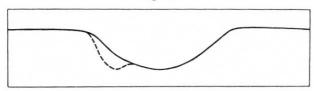
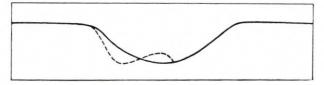
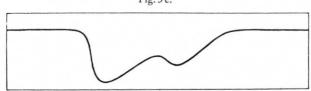


Fig. 5 d.



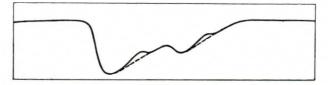
zeigt. Der ebenfalls rechtsseitig abgelenkte Ebbestrom ist, da er dem Flutstrom nachsteht, nicht nur nicht imstande, sein Bett intensiv auszuhobeln, geschweige denn kann er die ihm von der Flutströmung in den Weg gewälzten Massen beseitigen. Je länger, desto mehr wird sich die Sachlage zu seinen Ungunsten verschieben. Denn dem im Laufe der Zeit immer weiter nach O wandernden ersten Rücken folgen wegen der reichen Sandzufuhren aus W her bald neue. Der Ebbestrom ist deshalb genötigt, seine meistens schwächer ausgefurchte Rinne vom Ufer entfernt zu verlegen. Krümmel schreibt: Es erscheint der Flutstrom wesentlich erodierend, der Ebbestrom auftragend. (Pet. Mitteil. 1889, S. 135.) als Resultat dürfte sich etwa folgendes Profil ergeben: Fig. 5 e.

Fig. 5 e.



Doch das so geschaffene Bild mit dem im allgemeinen parallel mit der Streichrichtung des Flusses laufenden und zwischen den beiden Gezeitenrinnen gelegenen Sandrücken wird bald einer Umänderung unterworfen, zunächst durch die Gezeiten, die in dem submarinen Ästuariensystem ähnlich wie in selbständigen Mündungsarmen wirken dürften und dadurch sowohl den typischen O-Steilrand und den flachen im W markanter gestalten, als auch zu dem ersten neue Sandrücken aufwerfen, wodurch das Gesamtprofil ein wesentlich unregelmäßigeres und verwickelteres wird, was Skizze 5f andeutet. Ferner erinnere man sich der Einwir-

Fig. 5 f.



kung der nach Richtung und Stärke verschiedenen Winde, die den ruhigen Verlauf der an und für sich regelmäßigen Gezeitenschöpfungen in völlig unberechenbarer Weise beeinflussen. Weststürme beispielsweise erregen manchmal die Grundseen¹), die den Bodenbelag aufwirbeln lassen. Ebenso dürften den Sturmfluten starke Veränderungen zuzuschreiben sein. Kurz: das vor unsern Augen sich entwickelte ruhige Bild der angenommenen Jade wird regellos umgestaltet. Frühere Erhebungen sind verschwunden, neue entstanden, die Rinnen verlegt worden. Diese Unregelmäßigkeit in der Konfiguration des Grundes wirft wiederum ihre Reflexe auf die Gezeitenströmungen zurück, wodurch zahlreiche Interferenzen hervorgerufen werden. So nur sind uns folgende Angaben des Segelhandbuchs²) erklärlich: "Im Wangerooger Fahrwasser setzt der Strom unter Wangeroog in der Richtung des Fahrwassers, weiter östlich von der Blauen Balje jedoch schräg über dieses, so daß die Schiffe bei Flut nach S, bei Ebbe nach der Jade Plate versetzt werden. In der Alten Jade setzt der Strom in der Richtung des Fahrwassers. Im betonnten Fahrwasser setzt die Flut etwas südlicher zur Kursrichtung nach der Iade Plate und dem Minsener Sand zu, die Ebbe etwas nördlicher zur Kursrichtung. In der unbetonnten Rinne zwischen der Jade Plate und dem Minsener Land setzt der Strom etwa in der Richtung des Fahrwassers und beeinflußt die Strömung im Minsener Fahrwasser." - Kurzum: man sieht, die Einheit ist gestört, und die schließliche Folge sind die Bildungen gesonderter kuppenartiger Sanderhebungen, die man Sandbänke, Riffe, Untiefen, Sände, Platen, Gründe nennt .--

²) Segelhandbuch 1906, I, 3, S. 353.

¹⁾ Segelhandbuch 1906, I, 3, S. 205, 378, 379.

