

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 Korrektur 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 Elsflth 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 Elsflth 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 bzw. 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 Korrektur und nach der Korrektur 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 Korrektur 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 tatsächliche 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 Korrektio n 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 Korrektio n wiederum nur auf diese Barrengegend beschränken, so würde man die Barre nur verschieben.

B.

Das Projekt für die Korrektio n.

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 Schlingen 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 $= \frac{M}{2} v^2$, 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 ergibt 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 Korrektur 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 vorausgegangen sind.

Der Gang der Projektierung ist kurz folgender gewesen: Zunächst sind die neuen Hoch- und Niedrigwasserlinien 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 Korrektur entstehenden, neuen Sohlentiefen angenommen. Mit Hülfe dieser einstweilen angenommenen Stücke und der normalen Flutkurve des untersten Punktes (Bremerhaven), sowie endlich die Formel: $C = \sqrt{2gh}^{1/2}$ (worum C die Fortschrittsgeschwindigkeit der Flutwelle auf ihrem vorderen oder Flut-Abhänge, g die Erdbeschleunigung 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 Korrektur 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 ($W = Fv$) 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 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 *F o r m d e r Q u e r s c h n i t t e* festzustellen. Es erschien hierbei besonders erwünscht, den Querschnitt 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 *u n r e g e l m ä ß i g e* 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 *u n s y m m e t r i s c h* zu formen, um das neue Niedrigwasserbett möglichst mit dem alten Stromschlauche zusammenzutreffen 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 Stromstrecken 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 Korrektur größer, als im Projekt angenommen ist, sein.

Indem nun nach diesen Prinzipien und Hilfsoperationen 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 Korrektur, 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 $\frac{1}{3}$ als künstlich durch Graben und Baggern zu bewegen angenommen, während $\frac{2}{3}$ 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 andernfalls ein sehr viel ungünstigeres Verhältnis eintreten könnte. (S. w. unter Ausführung.)

Daß mit Vollendung der Korrektur also auch, je mehr sich die Ausführung dem Ende nähert, die Stromkraft eine wesentlich bedeutendere wird, als sie vor der Korrektur gewesen ist, geht am anschaulichsten aus Fig. 4 u. 5 hervor, wenn die darin angegebenen alten und neuen Wassermengen und Geschwindigkeiten mit Hilfe der oben genannten Formel $\frac{M \cdot v^2}{2}$ 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 bzw. 0,33 m war und die neue 990 cbm bzw. 0,73 m werden wird. Das Verhältnis der alten und neuen Stromkraft ergibt 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 bewegend Wassermenge nach der Korrektur 7500 cbm, während vor der Korrektur 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 beendeter Korrektur 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 Korrektur 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 **K o s t e n a n s c h l a g** für das ganze Projekt durfte wegen der bis zur Ausführung

nach Wahrscheinlichkeit vergehenden Zeit nur überschläglich aufgestellt werden, so entfällt für

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	<u>2 164 328</u>
Im ganzen	30 000 000

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 Anschlages 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 Oberdeichgrafen 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 *L a n k e n B u c h t*, wurde vorläufig mit geringerer als projektierte 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 Schifffahrt 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 Fahrinne 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 Wettbewerb unter den verschiedenen Häfen immer mehr verschärft hatte, so mußte es für Bremen von größter Wichtigkeit sein, seinen Seeverkehr den Konsumtions- und 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 Schifffahrtsverhältnisse 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 Korrektur einsetzten.

Andererseits waren die für die Ausführung der Korrektur 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 Korrektur 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 Korrektur 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 Korrektur 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 Korrektur; 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 Korrektur 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 1886) 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 Korrektur der abgabepflichtige 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 3½ Prozent im 28. Jahre nach vollendeter Korrektur die Einnahme aus der Korrektionsgebühr die Zinsen des Anlagekapitals begleicht und daß im 65. Jahre nach vollendeter Korrektur 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 Entwicklung 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 Korrektur 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 Korrektur 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 Korrektur 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 Korrektur 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 *u n g ü n s t i g e n* 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 *H i n a u f d r ä n g e n* 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 Hilfe von hydrotechnischer Berechnung nachgewiesen werden konnte, daß die an jeder Stelle eintretende Verschlechterung des Weserwassers oder die *V e r s c h i e b u n g* 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 Korrektur, 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 Rehum, 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 Korrektur 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 Korrektur.

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 Siele das e i n g e l a s s e n e Wasser geschöpft und untersucht ist, sowie ferner, daß auch einige Messungen bei Niedrigwasser stattgefunden haben. Aus diesen Zusammenstellungen ergibt 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 Salzmenge durch die Korrektur erfolgt, sind die z w e i L i n i e n d e r m i t t l e r e n W a s s e r m e n g e n (aus Fig. 4) in Verbindung mit der Linie der bisherigen mittleren Salzmenge zu bringen, so daß danach durch einfache Verhältnisrechnung die Linie der d e m n ä c h s t i g e n Salzmenge zu konstruieren ist, wenn angenommen wird, daß der Vermehrung des Wassers die Zunahme des Salzes entsprechen. Diese Annahme ist offenbar ungünstig, da die Vermehrung des Wassers vorzugsweise aus einem verstärkten Rückstau des Oberwassers entsteht.

Als dann ergibt 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 ergibt sich aber auch mit überzeugender Sicherheit, daß die Vermehrung der Salzmenge 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 Salzmenge 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 Klippkante 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 Zwecke 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 Korrekionsprojekt, jedoch im Interesse der Schifffahrt 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 Freibeizirk 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 ergibt. 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 Tätigkeit 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 Schleppprahme, 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 Schleppprahme, 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 Pferdekraften 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 Dampfbaracken 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 Korrektur 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 ergibt. 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 Leitdammes 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 Bühne 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 Tätigkeit 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 Schifffahrt 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 Senkfashinen 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.

Tabellen. 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 Korrektur 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 Strombettes 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 Korrektur 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 Korrektur 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 ergibt 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 Hilfe 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 Korrektur“) 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 Korrektur 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 bzw. 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 bzw. 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 tatsächlich 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 tatsächlich 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 (bzw. Teile von Stunden) vor und nach Hochwasser in Bremerhaven berechnet und zwar zunächst für normale Flut und mittleres Jahres-Oberwasser bzw. 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 Korrektur eintreten werden, unter Zugrundelegung der projektierten Breiten, auch die nach der Korrektur 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 ergibt sich aus der ganzen Entwicklung, daß die Stromgeschwindigkeit als eine Funktion der Fortschrittsgeschwindigkeit anzusehen ist. Als wesentlichstes allgemeines Resultat dieser Betrachtungen über die Wassermenge ergibt 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 **weitaus mehr als im einfachen Verhältnisse stehende Vermehrung der Wassermenge** 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

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.

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

Wasserstand am Pegel grosse Weserbrücke Bremen	Geschwindigkeiten in m pro Sek.						Querschnittsgrößen			Wassermengen			Bemerkungen
	der großen Weser			des ganzen Stromes			der großen Weser	der kleinen Weser	des ganzen Stromes	der großen Weser	der kleinen Weser	des ganzen Stromes	
	an der Ober- flache	im Mittel	an der Ober- flache	im Mittel	an der Ober- flache	im Mittel							
v	vm	v	vm	qm	qm	qm	cbm	cbm	cbm				
0	0,67	0,52	0	0	0,67	0,52	293	—	293	150	0	150	0,73 m war der mittlere Jahreswasserstand von 1870—1879. Für die Stände von 1—5 m sind die betr. Stücke nach den Kur- ven der graphischen Darstellung ermittelt. Höchster Wasserstand 27. Dezember 1880. Höchster Wasserstand 13. März 1881.
0,73	0,96	0,76	0	0	0,96	0,76	387	—	387	296	0	296	
1	1,04	0,81	0	0	1,04	0,81	418	—	418	340	0	340	
2	1,35	1,07	0	0	1,35	1,07	543	—	543	580	0	580	
3	1,65	1,30	0	0	1,65	1,30	668	—	668	900	0	900	
4	1,43	1,18	1,32	1,06	1,40	1,13	810	510	1320	930	540	1470	
5	1,90	1,56	2,13	1,76	2,09	1,17	940	583	1523	1465	1035	2500	
5,22	2,02	1,69	2,15	1,79	2,10	1,72	966	600	1566	1620	1070	2690	
5,54	2,28	2,41	2,00	1,90	2,24	1,94	1004	620	1624	1910	1240	3150	

Zu den als Maximum direkt, in der Weser selbst, gemessenen 3150 cbm sind aber nach Schätzung noch bis etwa 1000 cbm hinzuzurechnen, welche oberhalb Bremens auf den linksseitigen Uferlängereiten seitlichen Abfluss gefunden haben und erst durch das Ochtrum-Thal wieder in die Weser gelangt sind.

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

Normale Flutwelle bei mittlerem Jahreswasserstand
= 0,73 m an der grossen Weserbrücke.

Bezeichnung der Profile nach Orten	Entfernung der Profile km	Höhen am Pegel		Flutgrösse m	Dauer der				Fortschritts- zeit des				Fortschritts- geschwindig- keit des		
		I. Niedrig- wasser m	II. Hoch- wasser m		Flut		Ebbe		I. Niedrig- wassers		II. Hoch- wassers		I. Niedrig- wassers m pro Sek.	II. Hoch- wassers	
					Std.	Min.	Std.	Min.	Std.	Min.	Std.	Min.			
1. Bremerhaven ..		0,26	3,56	3,30	5	57	6	28							
2. Brake	26,93	0,97	4,11	3,14	5	0	7	25	1	42	—	47	4,30	9,50	
3. Farge	14,80	1,07	3,02	1,95	4	17	8	8	1	30	—	46	2,74	5,30	
4. Vegesack	8,67	1,02	1,93	0,91	3	16	9	9	1	42	—	41	1,40	3,52	
5. Hasenbüren....	8,54	0,84	1,10	0,26	2	55	9	30	—	56	—	35	2,54	4,07	
6. Bremen	8,46	0,56	0,66	0,10	2	50	9	35	1	39	1	34	1,42	1,50	
7. Bremen	1,63	0,73	0,73	0	—	—	—	—	Flutgrenze.						
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 ..		0,26	3,56	3,30	5	57	6	28							
2. Brake	26,93	0,97	4,11	3,14	5	0	7	25	1	42	—	47	4,30	9,50	
3. Farge	14,80	0,98	3,02	2,04	4	17	8	8	1	30	—	46	2,74	5,30	
4. Vegesack	8,67	0,76	1,79	1,03	3	32	8	53	1	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	
7. Bremen	1,63	-0,15	0,02	0,17	2	56	9	29	—	32	—	28	0,90	1,00	
Zwischen Bremer- haven u. Bremen, gr. Weserbrücke	69,03									7	31	4	20	2,50	4,40*

* Mittlere Fortschrittgeschwindigkeit mit Beachtung der Länge der einzelnen Strecken.

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

Normale Flutwelle bei mittlerem Oberwasser

= 0,73 m der grossen Weserbrücke.

Bezeichnung der Profile nach Orten	Entfernung der Profile km	Höhen am Pegel		Flutgrösse m	Dauer der			Fortschritts- zeit des				Fortschritts- geschwindig- keit des	
		I. Niedrig- wasser m	II. Hoch- wasser m		Flut		Ebbe Min.	I. Niedrig- wassers		II. Hoch- wassers		I. Niedrig- wassers m pro Sek.	II. Hoch- wassers m pro Sek.
					Std.	Min.		Std.	Min.	Std.	Min.		
1. Bremerhaven ..	26,96	0,26	3,56	3,30	5 57	6 28		1 4	—	50	7,0	9,0	
2. Brake	14,80	0,76	4,11	3,35	5 43	6 42		—	38	—	30	6,5 8,2	
3. Farge	8,67	0,28	3,07	2,79	5 35	6 50		1 3	—	27	2,3	6,1	
4. Vegesack	8,54	-0,01	1,93	1,94	4 59	7 26		—	40	—	26	3,6 5,5	
5. Hasenbüren....	8,46	-0,02	1,10	1,12	4 45	7 40		1	—	57	2,4	2,5	
6. Bremen	1,63	0,34	0,66	0,32	4 42	7 43		—	19	—	5	1,4 5,03	
7. Bremen	6,82	0,60	0,80	0,20	4 28	7 57		—	—	—	—	—	
8. Habenhausen ..		0,60	0,60	0	—	—		—	—	—	—	—	
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 ..	26,93	0,26	3,56	3,30	5 57	6 28		1 4	—	50	7,0	9,0
2. Brake	14,80	0,76	4,11	3,35	5 43	6 42		—	39	—	30	6,5 8,2
3. Farge	8,67	0,28	3,07	2,79	5 35	6 50		—	24	—	18	6,0 8,0
4. Vegesack	8,54	-0,31	1,85	2,16	5 29	6 56		—	23	—	19	6,1 7,5
5. Hasenbüren....	8,46	-0,75	0,60	1,35	5 25	7		—	22	—	21	6,3 6,7
6. Bremen	1,63	-0,66	-0,12	0,54	5 24	7 1		—	5	—	3	5,3 5,03
7. Bremen	6,82	-0,38	0,02	0,40	5 22	7 3		—	—	—	—	—
8. Habenhausen ..		-0,32	-0,32	0	—	—		—	—	—	—	—
Zwischen Bremer- haven u. Bremen, gr. Weserbrücke	69,03							2 57	2 23	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 ober- halb Bremen 34,90 km	Dreye ober- halb Bremen 10,85 km	Haben- hausen ober- halb Bremen 6,80 km	Bremen Gr. Weserbrücke		Bremen Weserbahnhof		Hasenbüren		Veogesack		Farge		Brake		Bremerhaven	
				H.-W.	N.-W.	H.-W.	N.-W.	H.-W.	N.-W.	H.-W.	N.-W.	H.-W.	N.-W.	H.-W.	N.-W.	H.-W.	N.-W.
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	0,86	1,03	0,89	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	0,86	0,68	0,82	0,66	1,23	0,67	2,01	1,16	2,96	1,23	3,99	0,97	3,55	0,26
1882	1,24	0,89	0,62	0,73	0,64	0,62	0,47	1,01	0,58	1,89	0,94	2,94	1,01	4,13	0,96	3,57	0,28
1883	0,84	0,50	0,26	0,50	0,26	0,43	0,09	0,87	0,27	1,81	0,81	2,98	1,04	4,19	1,04	3,52	0,24
1884	0,99	0,68	0,41	0,65	0,47	0,57	0,25	0,89	0,34	1,87	0,88	2,91	1,03	4,17	1,02	3,55	0,27
1885	0,86	0,52	0,26	0,35	0,15	0,19	-0,11	0,91	0,28	1,79	0,80	2,96	1,01	4,14	1,03	3,44	0,27
1886	0,55	0,27	0,01	0,18	-0,07	-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	0,01	-0,34	-0,16	-0,68	0,61	-0,07	1,63	0,55	2,84	0,86	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 Korrektur

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

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

Bezeichnung der Strecken	Länge der Strecken km	1. Berechnung mit provisorisch angenommenen Sohlentiefen						2. Berechnung mit den definitiven Sohlentiefen							
		Sohlentiefe = h unter N.-W. m	a. für Niedrigwasser			b. für Hochwasser			Sohlentiefe = h unter N.-W. m	a. für Niedrigwasser			b. für Hochwasser		
			Fortschritts- geschwin- digkeit	Fortschritts- dauer		Fortschritts- geschwin- digkeit	Fortschritts- dauer			Fortschritts- geschwin- digkeit	Fortschritts- dauer		Fortschritts- geschwin- digkeit	Fortschritts- dauer	
				m pr.Sk.	St. M.		m pr.Sk.	St. 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- Grofse - Weserbrücke, Bremen	1,63	4,0	6,3	— 5	6,6	— 3	4,1	6,3	— 5	6,7	— 4				

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

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

Bezeichnung der Strecken	Länge der Strecken km	Geschwindigkeit = v		Mittlere Tiefe = R		Berechnetes Gefälle = J		Thatsächlich vorhandenes Gefälle vor der Korrektion	Projektier- tes Gefälle nach der Korrektion
		vor der Korrektion	nach der Korrektion	vor der Korrektion	nach der Korrektion	vor der Korrektion	nach der Korrektion		
		Bremerhaven - Brake	26,93	0,35	0,44	3,0	4,7		
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- hafen 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 Korrektur 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	Entfernung zwischen je 2 Profilen km	Mittlere Breite zwischen je 2 Profilen m	Oberfläche zwischen je 2 Profilen qm	Mittlere Hebung d. Wasserspiegels bei Flut und Senkung bei Ebbe m	Kubik - Inhalt zwischen der jeweiligen Hebung oder Senkung cbm	Perioden	Zeitdauer der jeweiligen Hebung resp. Senkung des Wasser- spiegels		Oberer Zufuß		Unterer Abfuß		Querschnittsfläche des Profils qm	Geschwindigkeit pro Sekunde	Bemerkungen
								M.	Sek.	Sek.	cbm	im ganzen cbm	pr. Sek. cbm			
Habenhausen ..	1	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 296	+ 1 012 000	+ 1 012 000	+ 296	320	0,92	
Bremen	2	6,82	—	—	—	—	—	—	—	+ 296	+ 1 012 000	+ 1 012 000	+ 296	386	0,76	Flutgrenze.
(gr. Weserbrücke)			209	340 000	0	0	—	—	—							Die Flutdauer in Bremerhaven beträgt 5 St. 57 Min., also 6. St. vor Hochwasser in Bremerhaven = 57 Min.
Bremen	3	1,63	—	—	—	—	Ebbe	57	3420	+ 296	+ 1 012 000	+ 1 012 000	+ 296	406	0,73	
(Sicherheitshafen)			159	1 350 000	+ 0,02	+ 27 000	—	—	—							
Hasenbüren ...	4	8,46	—	—	—	—	Ebbe	57	3420	+ 296	+ 1 012 000	+ 1 039 000	+ 304	420	0,73	
(Sicherheitshafen)			175	1 500 000	+ 0,05	+ 75 000	—	—	—							
Vegesack	5	8,54	—	—	—	—	Ebbe	57	3420	+ 304	+ 1 039 000	+ 1 114 000	+ 326	565	0,58	Weser.
(Sicherheitshafen)			388	3 360 000	+ 0,13	+ 436 800	—	—	—							Ochtum und Lesum.
Farge	6	14,80	786	11 640 000	+ 0,25	+ 2 910 000	Ebbe	57	3420	+ 326	+ 1 114 000	+ 1 683 400	+ 492	1018	0,48	
(Sicherheitshafen)			1480	14 880 000	+ 0,25	+ 2 910 000	—	—	—							Weser.
																Hunte (6550 × 90 × 0,19)
																+ (19000 × 40 × 0,13)
																= + 203.200.
Brake	7	26,93	1288	34 720 000	- 0,17	- 5 902 400	Ebbe	57	3420	+ 492	+ 1 683 400	+ 4 796 600	+ 1402	2524	0,56	
(Sicherheitshafen)																
Bremerhaven ..	8	—	—	—	—	—	Flut	57	3420	+ 1402	+ 4 796 600	- 1 105 800	+ 191	—	0,03	Ebbeströmung).
(Sicherheitshafen)																
Habenhausen ..	1	6,82	—	—	—	—	—	—	—	+ 296	+ 1 066 000	+ 1 066 000	+ 296	320	0,92	Flutströmung).

5. Stunde vor Eintritt des Hochwassers in Bremerhaven.

etc. etc.

VII. Berechnung der Wassermengen und Geschwindigkeiten vor der Korrektur während einer Tide bei normaler Flut und mittlerem Oberwasser = 0,73 m Br. P.

Bezeichnung der Profile nach Orten	Wassermenge W. cbm Querschnitt F. qm Geschwindigkeit v. m E. = Ebbe Fl. = Flut	I. Flut in Bremerhaven.						II. Ebbe in Bremerhaven.						Summe der Wassermenge in Kubikmetern während der		Dauer der Flut- Ebbe- Strömung in Sekunden		Mittlere Wassermenge pro Sek. Querschnitt und Geschwindigkeit pro Sek. bei Flut- Ebbe- Strömung		Mittl. Wassermenge pro Sek. Querschnitt u. Geschwindigkeit pro Sek. während der ganzen Tide
		Stunden vor Eintritt des Hochwassers in Bremerhaven						Stunden nach Eintritt des Hochwassers in Bremerhaven						Flut- Strömung	Ebbe- Strömung	Flut- Strömung	Ebbe- Strömung			
		5 ⁰⁷	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6					6 ²⁸		
1. Habenhaus.	W.	296	296	296	296	296	296	296	296	296	296	296	296	13 231 200	44700	296	296			
	F. { E.	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320			320	320			
	v.	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			
2. Bremen ... (große Weserbrücke)	W.	296	296	296	296	296	296	296	296	296	296	296	296	13 231 200	44700	296	296			
	F. { E.	386	386	386	386	386	386	386	386	386	386	386	386			386	386			
	v.	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	0,76			
3. Bremen ... (Sicherheitshafen)	W.	296	297	297	296	296	296	296	294	294	296	297	298	13 231 100	44700	296	296			
	F. { E.	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406			406	406			
	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			
4. Hasenbüren	W.	304	308	305	300	296	300	289	274	275	294	307	305	307	13 269 800	44700	297	297		
	F. { E.	420	416	412	408	404	400	412	424	436	432	428	424	420			418	418		
	v.	0,73	0,74	0,74	0,74	0,74	0,75	0,70	0,65	0,63	0,68	0,70	0,72	0,73			0,71	0,71		
5. Vegesack..	W.	326	333	325	312	304	272	176	199	293	329	342	334	333	13 262 800	44700	297	297		
	F. { E.	565	542	519	496	473	460	527	604	660	657	634	611	588			560	560		
	v.	0,58	0,62	0,62	0,63	0,64	0,60	0,33	0,33	0,43	0,50	0,54	0,54	0,57			0,52	0,52		
6. Farge.....	W.	492	500	441	201	134 (40)	124	282	58	570	652	625	591	586	1 732 800	12000	485	400		
	F. { E.	1018	912	806	700	965 (20) 52	1230	1495	1760	1664	1548	1326	1220	1124			1220	1230		
	v.	0,48	0,55	0,55	0,29	0,14	0,05	0,10	0,19	0,08	0,35	0,42	0,47	0,49			0,52	0,40	0,33	
7. Brake.....	W.	1402	1065	54 (15)	1764	2255	2307	1735	828	2614	2571	2126	1790	1703	47 272 900	27600	1713	1800		
	F. { E.	2524	2100	1495 (f. 45 M.)	3054	4008	4962	5714	5492	5068	4644	4220	3796	3372			2948	3220	3900	
	v.	0,56	0,51	0,01	0,49	0,44	0,45	0,40	0,30	0,16	0,57	0,61	0,56	0,54			0,57	0,53	0,46	
8. Bremerhav.	W.	191 (37)	2569	10223	8656	8013	6256	5094 (20)	6529	10324	9243	7569	5653	3830	136 223 800	20400	6137	6400		
	F. { E.	6460	7728	8996	10264	11532	12800	11884	10970	10056	9142	8228	7314	6460			7890	9700		
	v.	0,03	0,19	0,33	1,13	0,84	0,70	0,50	0,03	0,60	1,02	1,01	0,92	0,77			0,60	0,78	0,66	

Bemerkung. Bei denjenigen Stunden, in welchen eine Zeitlang sowohl Ebbe- als auch Flutstrom auftritt, sind diese Zeiten durch die Zahl der Minuten () hinter bzw. 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 Korrektur bei verschiedenen Oberwasserständen.

Bezeichnung der Profile nach Orten	Mittlere Wassermenge pro Sek. cfm und Ge- schwindigkeit pro Sek. während der ganzen Tide		I. Vor der Korrektur		II. Nach der Korrektur		Einzelne thatsächliche Tiden				
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.		
	Normale Flut und mittleres Oberwasser = 0,73 m Br. P.	Normale Flut und niedriges Oberwasser = 0 m Br. P.	Normale Flut und mittleres Oberwasser = 0,73 m Br. P.	Normale Flut und niedriges Oberwasser = 0 m Br. P.	Hohe Flut am 18. Okt. 1879 und niedriges Oberwasser = 0,6 m Br. P.	Normale Flut am 21. Febr. 1879 und hohes Oberwasser = 3,0 m Br. P.	Hohe Flut am 21. Febr. 1879 und hohes Oberwasser = 3,0 m Br. P.	Niedrige Flut am 17. März 1879 und hohes Oberwasser = 0,3 m Br. P.	Normale Flut und niedriges Oberwasser = 0 m Br. P.		
1. Habenhausen	W. 296 F. 320	150 230	296 406	150 310	135 210	900 630	900 630	900 630	150 230		
2. Bremen (gr. Weserbrücke)	W. 296 F. 386	0,65 150	297 540	0,49 150	0,64 127	1,43 900	1,43 900	1,43 900	0,65 150		
	v. 0,76 W. 296	0,54 150	0,55 297	0,40 150	— 124	— 900	— 900	— 900	— 0,54 151		
3. Bremen (Sicherheitshafen)	F. 406 W. 297	325 350	580 590	460 510	330 400	670 620	670 620	670 620	325 406		
	v. 0,73 W. 418	0,46 350	0,50 590	0,33 510	0,38 400	1,34 900	1,34 900	1,34 900	0,46 156		
4. Hasenbüren	F. 0,71 W. 297	0,43 161	0,51 346	0,31 330	0,34 204	1,45 900	1,45 900	1,45 900	0,34 156		
	v. 0,52 W. 560	0,32 505	0,56 630	0,53 570	0,34 600	760 780	760 780	760 780	0,52 164		
5. Vegesack	F. 400 W. 1230	393 1200	990 1340	990 1340	872 1450	896 1630	896 1630	896 1630	505 1200		
	v. 0,40 W. 1800	0,33 1807	0,73 2670	0,73 2700	0,41 2456	0,55 1462	0,49 1894	0,63 1298	0,32 1865		
6. Farge	F. 3900 W. 6400	3900 6416	3390 7510	3390 7600	4700 9217	4000 6323	4160 7236	3730 5173	3900 6542		
	v. 0,46 F. 9700	0,47 9700	0,80 8690	0,80 8690	0,53 11400	0,37 9400	0,45 9850	0,35 9100	0,48 9700		
8. Bremerhaven	F. 0,66 v.	0,66	0,86	0,87	0,81	0,67	0,74	0,56	0,67		

IX. Tabelle der zu bewegendenden Erdmassen.

Bezeichnung der Strecken zwischen den Pegelstationen	Nummer der Arbeits- strecken	Länge der Arbeits- strecken km	Zu beseitigende Erdmassen innerhalb der einzelnen Arbeitsstrecken		Zu beseitigende Erdmassen zwischen den Pegelstationen	
			über Niedrig- Wasser zu graben cbm	von Niedrig- Wasser bis zur Sohle zu baggern oder durch Strömung zu entfernen cbm	über Niedrig- Wasser zu graben cbm	von Niedrig- Wasser bis zur Sohle zu baggern oder durch Strömung zu entfernen cbm
			Bremerhaven-Brake	I. II. III.	9,300 5,070 6,530	3.840.500 1.088.350 1.316.800
Brake-Farge	IV. V.	12,100 6,850	1.081.600 —	10.010.225 4.341.300	559.900	10.498.675
Farge-Vegesack	VI. VII. VIII.	4,440 2,700 1,260	— — —	2.354.800 1.147.000 633.500	—	4.135.300
Vegesack-Bremen (Eisenbahnbrücke)	IX. X. XI.	8,250 3,500 4,170	— 1.279.000 —	1.656.000 263.600 288.000	1.279.000	2.207.600
v. Bremerhav.-Bremen	I. — XI.	64,17	8.606.250	46.395.025	8.606.250	46.395.025
			Summa 55.001.275		Summa 55.001.275	

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

Schöpfstelle	Geschöpfpt 1887 bei Hochwasser 1,5 m unter Oberfläche																									
	Juni						Juli						August						September						Okt.	
	4.	11.	18.	25.	2.	9.	16.	23.	30.	6.	8.	13.	20.	27.	3.	10. h. h.-w. b. h.-w.	17.	20.	24.	1.						
Wasserstände in Bremerhaven (3,54)	(3,72)	(3,10)	(3,72)	(3,38)	(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	101,67	150,41	131,05	171,66	147,38	176,04	149,92	164,27	—	145,35	173,27	159,35	170,40	167,09	61,50	158,42	185,80	171,84	—					
Nordenhamm .	24,39	35,40	28,68	77,84	53,48	108,75	77,70	115,76	74,93	81,20	—	70,70	102,27	83,55	104,85	90,15	21,24	—	146,21	105,27	84,05					
Lüneplate Nebenarm.	—	—	8,40	21,85	25,28	37,69	36,77	39,87	35,23	27,72	—	39,72	51,86	39,93	66,74	54,48	57,55	52,46	—	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	55,04	39,95	52,51	41,08	52,57	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	7,61	—	7,33	16,92					
Käseburg	0,49	0,68	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	0,99	0,99	1,17	1,10	1,17	1,24	1,33	1,22	1,10	1,15	2,21	1,10	1,12					
Flagbalger Siel	—	—	—	—	Mittel 45,47		42,27	34,39	41,58	—	40,52	47,87	51,43	48,60	93,38	—	26,94	—	48,48	24,70	—					
Kleinensiel	—	—	—	—	Mittel 28,49		31,11	25,89	23,83	—	22,94	23,63	46,87	27,75	23,32	—	30,93	—	26,32	30,85	—					
Strohhausen ..	—	—	—	—	Mittel 10,04		13,63	10,76	5,51	—	6,69	3,25	7,70	11,03	21,87	—	6,61	—	13,68	9,71	—					

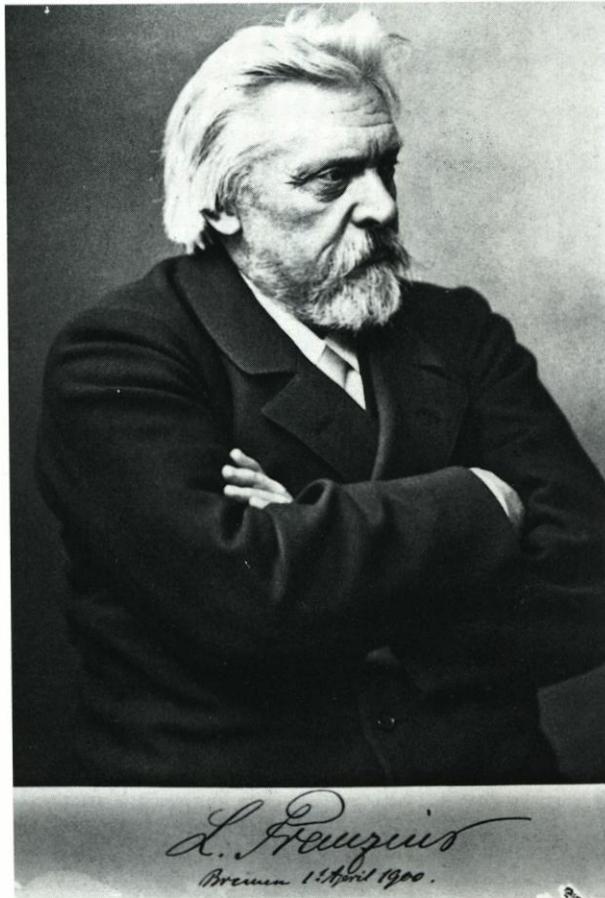
Binnendeichs-Wasser.

*Ergänzende Anmerkungen zur Schrift „Die Korrekturen der Unterweser“ von L. FRANZIUS
(von Dipl.-Ing. Jan Dirksen, Bremen)*

Die Korrektur 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 Korrekturerfolges, 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 Tidenströmungen 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.

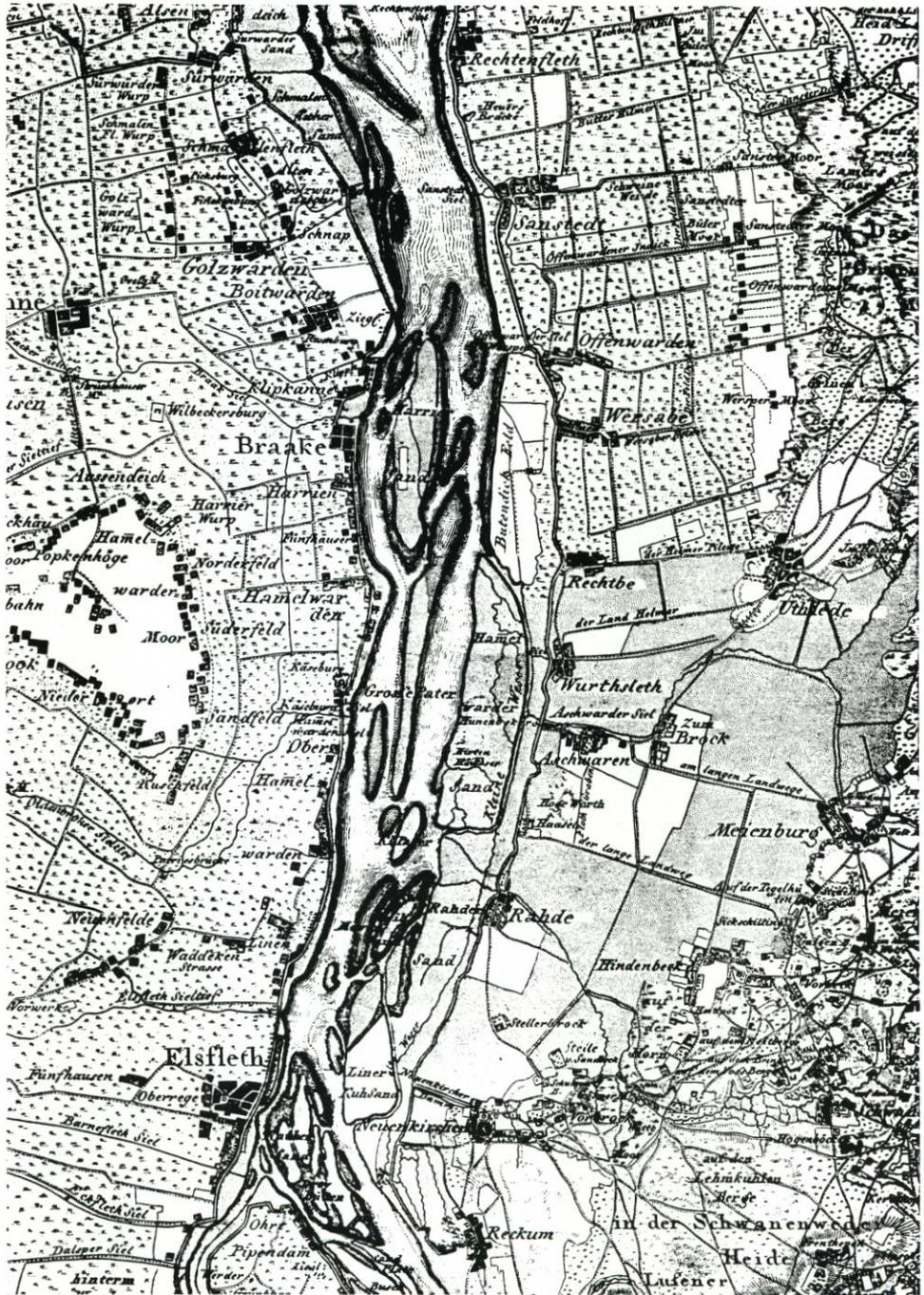
Um Sedimentation im Fahrwasser zu vermeiden, sollten die Gewässerquerschnitte stromab stetig entsprechend dem Tidevolumen vergrößert werden. Hiermit sollte eine möglichst gleichbleibende bzw. leicht zunehmende, beträumende Ebbstromgeschwindigkeit erzeugt werden. Ein bestimmtes Gesetz, so fand FRANZIUS, 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 entwickelnde 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 T_{nw}-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 MT_{nw} 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 : 86 400
von v. Lecoq (1797 - 1813) Section IV.
Vervielfältigt mit Erlaubnis des Niedersächsischen
Landesverwaltungsamtes - Landesvermessung - B 5 - 475/86.

Abb. 2: Stromabschnitt der Unterweser um 1800

Konstruktion des Unterwasser- und Aufschwimmers

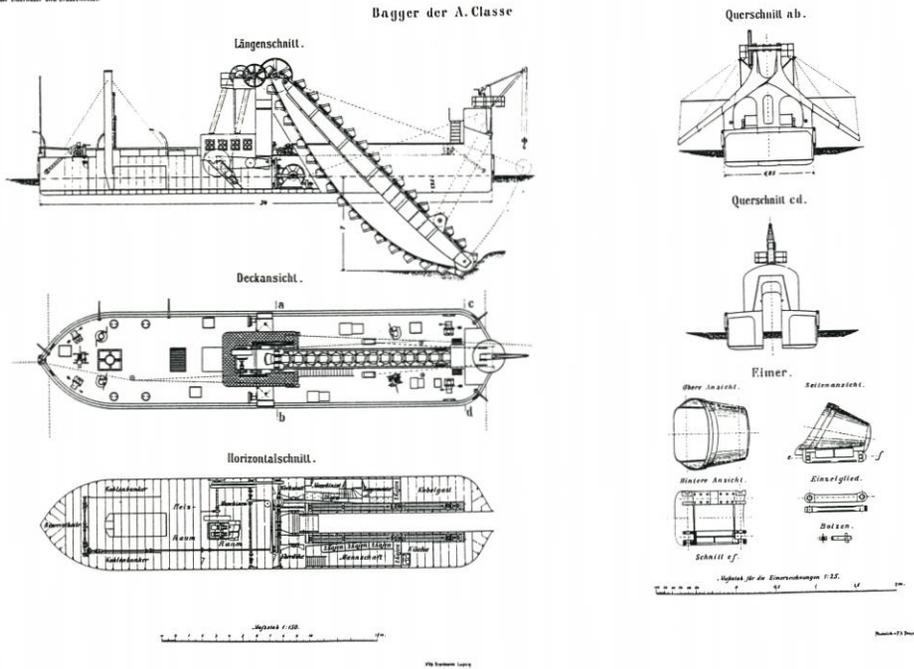


Abb. 3: Risse eines bei der Unterweserkorrektion eingesetzten Dampfbaggers



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