

Erfahrungen und Beobachtungen im Gebiete der Strombaukunst, 1. Theil¹⁾

Von HEINRICH HÜBBE

Seiner Wohlweisheit, dem Herrn HEINRICH JOHANN MERCK,
Senator der freien und Hansestadt Hamburg.

Die Bearbeitung von Erfahrungen, welche in einer längeren Reihe von Jahren gesammelt wurden, lenkt den Blick auf die zurückgelegte Bahn von den ersten Anfängen des practischen Wirkens bis auf die Stunde der Gegenwart.

Ein solcher Blick führt mir zugleich zahlreiche Momente meines Lebens vor die Seele, deren ich nur mit dem Gefühle inniger Dankbarkeit gegen Sie, Hochverehrter Herr Senator, gedenken kann; denn wie es Ihre liebevolle Theilnahme an dem Streben des Jünglings war, die diesen oft ermuthigte und förderte, so stand auch dessen Eintritt in das amtliche Wirken und jede spätere, dem umschauenden Manne gewährte, Erweiterung des Gesichtskreises im nahen Zusammenhange mit Ihrem Wohlwollen und Ihrer Gewogenheit.

Andererseits erneuern die in gegenwärtigen Blättern enthaltenen Erörterungen, welche sich auf ausgeführte Verbesserungen des Hamburgischen Elbestroms beziehen, vielleicht in Ihnen, Hochverehrter Herr Senator, die Erinnerung an die Zeit, in der Sie, als Mitglied Hochlöblicher Schiffahrt- und Hafen-Deputation, auch diesem Zweige der öffentlichen Angelegenheiten der Stadt, einen Theil Ihres vielseitigen, auf das allgemeine Beste gerichteten Wirkens zuwendeten.

Mögte denn diese Erinnerung und der innige Wunsch, Ihnen ein – wenn auch geringes – Zeichen dankbarer Gesinnung zu geben, der Widmung eine gütige Aufnahme bereiten, welche in diesen Zeilen Ihnen darbringt

der Verfasser.

Vorwort

Die practische Beschäftigung mit dem Wasserbau an dem Hamburgischen Theile des Elbestroms hat mir Gelegenheit zu Beobachtungen und Erfahrungen gegeben, die ich während einer ziemlich langen Reihe von Jahren gesammelt habe und deren ausführlichere Bearbeitung mir nützlich schien. Der Plan, nach welchem ich dabei verfahren bin, enthält folgende Abtheilungen:

1. Ueber Veränderungen in Strombetten unter Mitwirkung von Corrections-Bauwerken.
2. Ueber Veränderungen unter Mitwirkung von Bagger-Arbeiten ohne Correction.
3. Ueber Veränderungen lediglich durch Wirkung der Naturkräfte bei beharrlicher Defension des Ufers.
4. Verschiedene Erörterungen, vorzugsweise Hydrometrie betreffend.

Vorstehende Eintheilung ergab sich aus der örtlichen Lage, so wie auch aus anderen Umständen, durch welche das Bauverfahren hieselbst bedingt ward.

¹⁾ Erschienen in Hamburg 1853

Die erste Abtheilung betrifft den oberen Strom bis Hamburg und Altona; die zweite bezieht sich auf den Strom unterhalb Altona, hauptsächlich auf die vielbesprochene Blankeneser Untiefe; die dritte Abtheilung führt uns auf den Schauplatz eines beharrlichen Kampfes gegen Strom und Wellen, welcher durch meinen unvergeßlichen Lehrer und Vorgänger WOLTMAN allen deutschen Wasserbaumeistern bekannt geworden ist, nemlich an die Mündung der Elbe und die Ufer des Hamburgischen Amtes Ritzebüttel; die vierte Abtheilung vereinigt verschiedene Beobachtungen und Erörterungen von allgemeinerer Bedeutung.

Außer der Behandlung des Hauptthema's enthält jeder Theil in einem Anhange mehrere kleine Abhandlungen über verwandte Gegenstände, so wie auch nähere Nachweisungen einzelner Angaben.

In der Hoffnung, daß die Umstände es mir gestatten, die Fortsetzung demnächst folgen zu lassen, und daß in dem vorliegenden ersten Theile das Bestreben erkennbar sei, „die gemachten Erfahrungen zu ordnen und sie auf nähere oder entferntere Principien zurückzuführen,“ ein Streben, das mit Recht als die erste Bedingung eines wissenschaftlichen Studiums bezeichnet wird, schließe ich mit dem Wunsche, daß dieser Beitrag die billige Beurtheilung finden möge, welche die in mühsam erübrigten Nebenstunden vollendete Arbeit eines vielbeschäftigten Beamten in Anspruch zu nehmen berechtigt erscheint.

Hamburg, den 28. April 1853.

Uebersicht des Inhalts.¹⁾

Erster Abschnitt. Einleitung.

§ 1.	Charakteristik des behandelten Falles	052
§ 2.	Beschreibung der Oertlichkeit. Stromtheilungen	053
§ 3.	Geschichtliches	053
§ 4.	Aeltere Angaben und Messungen	054
§ 5.	Verfahren vor der Correction und bedenkliche Symptome	055
§ 6.	} Erläuterungen des Ganges der Fluthwelle in verschiedenen Stromarmen	{ 056
§ 7.			057
§ 8.	Notiz über den Umfang der Corrections-Anlagen	059
§ 9.	Verhalten alter Stromarme als Fluth-Reservoirs	059
§ 10.	Stromleitende Operationen zur Heranziehung neuer hydraulischer Kräfte	060

Zweiter Abschnitt.

Messungen und Rechnungs-Resultate.

§ 11.	Beschreibung der Messungen und der Lage der zur Bearbeitung ausgewählten Profil-Linien	061	
§ 12.	Bemerkung in Betreff gleichzeitiger Wasserstands-Beobachtungen	064	
§ 13.	} Erläuterung der Rechnungen hinsichtlich der Profil-Größe und der mittleren } Tiefe, so wie der tabellarischen Anordnung der Resultate	{ 064	
§ 14.			065
§ 15.			066
§ 16.	Tabellen. No. I bis VIII	067	

Dritter Abschnitt.

Vergleichung verschiedener Stromstrecken zur Erläuterung des Principis.

- *) § 17. Betrachtung der allgemeinen Durchschnittszahlen P und t in den acht Stromstrecken für das ganze Decennium
- *) § 18. Betrachtung der Durchschnittszahlen für drei kürzere Perioden

¹⁾ Die mit *) bezeichneten Abschnitte sind nicht abgedruckt.

*) § 19.	Erläuterung der Mittelzahlen aus je vier Profilen für die einzelnen Jahre, mit Bezug auf die den Gang der Werthe darstellenden Curven	
*) § 20.	Betrachtung dieser Zahlen und Curven für die Stromstrecken I, II und III. Stromtheilung	
*) § 21.	Betrachtung dieser Curven und Zahlen für die Stromstrecken III, IV, V und VI (obere Norder-Elbe)	
*) § 22.	Betrachtung dieser Curven und Zahlen für die Stromstrecken VII und VIII (untere Norder-Elbe)	
*) § 23.	Darstellung der Abhangs-Verhältnisse des Strombetts im Großen und Ganzen . .	
*) § 24.	Erörterung des Stromabhangs in der Gegend der Stromtheilung. Gleichzeitige Wasserstands-Beobachtungen an verschiedenen Pegeln	
	Tabellen. 1841, September 8	
	1846, November 3	
	1846, November 4	
	1950, Juni 19	
*) § 25.	Beschreibung des Verfahrens bei Bearbeitung dieser Beobachtungen. Curven zur Darstellung des Stromabhanges	
*) § 26. }	Erörterung der vorhergehenden Wasserstands-Beobachtungen und Verhält- nisse des Stromabhanges	}
*) § 27. }		
*) § 28. }		
§ 29.	Nachweisung des Umfanges der beihülflichen Baggerei und Erörterung ihres Verhältnisses zur Ablagerung	067
§ 30.	Abgeleitete Sätze, 1) in Betreff der natürlichen Verhältnisse des concreten Falles . .	068
	2) in Betreff der Begründung von Erfahrungsergebnissen, die zu allgemeinerer Anwendung geeignet sind	078
§ 31.	Präcisirung des leitenden Principis bei Correction des getheilten Stromes im Gebiete der Meeresfluth	079

Vierter Abschnitt.

Hervorhebung einiger specieller Wahrnehmungen und Verhältnisse.

*) § 32.	Verhalten der einzelnen Profile zu einander in den Stromstrecken I, II und III zunächst der Stromtheilung. Regelloser Zustand im Hauptstrom; constantes natürliches Verhältniß im Süder-Arm; ehemals widernatürliches Verhältniß und dessen Umwandlung im Norder-Arm	
*) § 33.	Verhalten der einzelnen Profile in der Stromstrecke VII. Betrachtung durchwandernder Sandmassen in Folge der Correction	
§ 34.	Erörterungen im Gebiete der Hydrometrie. Maaßstab für die relative Brauchbarkeit einzelner Stromstrecken zu hydrometrischen Zwecken	080
§ 35.	Specielle Erörterung der Profil-Größen	081
§ 36.	Specielle Erörterung der mittleren Tiefen	083
§ 37.	Schluß	084

Anhang.

Kleine Abhandlungen und nähere Nachweisung einzelner Verhältnisse.

*) I.	Bodenbeschaffenheit des Strombetts der Elbe	
*) II.	Reinke's Bestimmung der Wassermenge der Elbe im Jahre 1798	
*) III.	Erläuterung der Stromverhältnisse der Dove-Elbe	
*) IV.	Die Einrichtung der Hamburgischen Peilungs-Register	
V.	Ueber die Lage des Nullpunktes am Hauptpegel zu Hamburg	086

Verzeichnis der Tafeln.

	I.	Uebersichts-Karte der Elbe von Geesthacht bis Blankenese.
*)	II. }	Curven für Profil-Größen und mittlere Tiefe.
*)	III. }	
*)	IV. }	
	V.	Darstellungen der oberen und unteren Mündung der Norder-Elbe.

- VI. Gestaltung des Strombetts bei Billwärder; in verschiedenen Jahren.
 *) VII. }
 *) VIII. } Curven für den Stromabhang.
 *) IX. }
 *) X. }
 *) XI. Wasserstands-Beobachtungen und Lage der Pegel.
 *) XII. Curven zur Darstellung des Maaßes für die relative Regelmäßigkeit des Strombetts.

Zur Reduction des Hamburgischen Maaßes auf anderes Maaß.

Nach: J. F. CRAMM, Maaß- und Gewichts-Tafeln; als Beitrag zum Jahrbriefe der Hamb. mathematischen Gesellschaft 1851. Herausgegeben 1852.

1 Hamburger Fuß	= 0,28657 Meter = 127,036 Pariser Linien,
	= 0,94021 englische Fuß,
	= 0,91307 preußische (rheinländische Fuß).
1 Hamburger Quadratfuß	= 0,082123 Quadratmeter = 0,77827 Pariser Quadratfuß,
	= 0,88400 englische Cubicfuß,
	= 0,83370 preußische Quadratfuß.
1 Hamburger Cubicfuß	= 0,023534 Cubicmeter = 0,68658 Pariser Cubicfuß,
	= 0,83155 englische Cubicfuß,
	= 0,76123 preußische Cubicfuß.

Erster Abschnitt.

Einleitung.

§ 1.

Die Stromcorrection, bei deren Ausführung und fernerer Behandlung die Beobachtungen und Erfahrungen gemacht wurden, die den nachfolgenden Erörterungen zum Grunde liegen, ist ganz ein Werk der neueren Zeit; zahlreiche und umfassende Messungen, die in dem nach und nach sich ausbildenden Strome angestellt worden sind, liegen vor, und ich hoffe durch die Mittheilung der daraus abgeleiteten Resultate einige Anhaltspunkte für die Beantwortung mancher beim Strombau vorkommender Fragen zu geben.

Der hier behandelte Fall ist ein ziemlich complicirter; die besonderen dabei zusammen-treffenden Umstände sind folgende:

Die Correction betrifft einen Arm des getheilten Hauptstroms, und zwar den schwächeren, bereits sehr versandeten Arm, während gleichzeitig auch in dem andern stärkeren Arme mit Energie an der Durchführung größerer Tiefe gearbeitet ward, wobei überdies ein 5- bis 6-jähriger Vorsprung gewonnen war; auch traten Territorial-Verhältnisse an einigen Punkten erschwerend in den Weg.

Dies Alles in einer Stromgegend, welche einerseits von den nach Jahreszeiten wechselnden Zuständen des oberen Stromes abhängig, andererseits den täglichen Oscillationen der Meeresfluth unterworfen ist, und so den Uebergang aus dem Fluthgebiete in den oberen, stets in Einer Richtung fließenden Strom bildet.

Man sieht, daß hier größtentheils ungünstige Verhältnisse sich vereinigen; in der Begegnung der Meeresfluth und des oberen Stromes liegen aber nicht nur hemmende, sondern auch fördernde Naturkräfte, und in Letzteren zugleich die Mittel zur Ueberwindung der Ersteren.

§ 2.

Die Elbe wird 2 Meilen¹⁾ oberhalb Hamburg in zwei Arme getheilt, in die Norder-Elbe und Süder-Elbe. Von zahlreichen Stromtheilungen, die im Laufe der Jahrhunderte nach und nach verschwunden sind, ist in dem oberen Theile der in Rede stehenden Stromgegend diese Theilung die Einzige noch übrig gebliebene. Dieselbe befindet sich ungefähr in der Mitte desjenigen Theils der Unter-Elbe, als dessen charakteristisches geologisches Kennzeichen jene holzreichen Moorschichten anzusehen sind, die den alten Seeboden des Elbthals in unserer Gegend bedecken, und in deren Vorhandensein ich eine Hauptursache der erwähnten zahlreichen Verästelungen des Stromes zu erkennen glaube.²⁾

Auf der erwähnten Moorschicht sind unsere Flußmarschen allmählig durch Aufschlickung abgelagert, und das Verschwinden vieler ehemaligen, meistens von Menschenhand geschlossenen Stromtheilungen, von denen jetzt fast nur die Archive und Geschichtsbücher noch vereinzelte Zeugnisse enthalten, beurkundet das Streben zur Ausdehnung gewinnreicher Benutzung der fruchtbaren, vom Strome gebildeten Landstriche.

Mit dem späteren Hervortreten der Schifffahrt-Interessen hat sich auch noch ein anderer Grund für die Beseitigung von Stromtheilungen geltend gemacht, indem man oft durch Schließung unbenutzter oder entbehrlicher Nebenarme die tiefere Aushöhlung der als Schifffahrtstraßen dienenden Arme zu bewirken gesucht hat.

Aber auch ohne solche absichtliche Abdämmungen ist der bekannte Gang der natürlichen Ausbildung der Strombette kein anderer, als daß nach und nach die schwächeren Stromarme noch mehr geschwächt und zuletzt von den stärkeren Armen ganz verschlungen werden, wenn nicht durch Kunstanlagen die Offenhaltung der Ersteren bezweckt wird.

§ 3.

Die Norder-Elbe, welche den Hafen Hamburgs einerseits mit der Ober-Elbe und dem Innern Deutschlands und andererseits mit der Unter-Elbe und dem Meere verbindet, ist bis auf die Gegenwart die alleinige große Schifffahrtstraße gewesen, während die Süder-Elbe, wegen ihrer Unfahrbarkeit für die großen Seeschiffe, nur dem localen Schifffahrt-Verkehr nahe belegener Gegenden zu dienen bestimmt schien. Jenes uralte Uebergewicht der an die Erhaltung der Norder-Elbe geknüpften commerciellen Interessen ist der Grund, daß in der Vorzeit diese, von jeher bei Weitem schwächere Abzweigung nicht dem hydraulischen Uebergewichte der Süder-Elbe unterlegen ist, denn nur durch die beharrlichen Anstrengungen und großen pecuniären Opfer Hamburgs ist die Offenhaltung der Norder-Elbe möglich gewesen.

Die Süder-Elbe war, mit Ausnahme einer kurzen Periode fehlgeschlagener Versuche die an diesem Arme belegene hannoversche Stadt Harburg den Seeschiffen zugänglich zu machen (1726 bis 1731), bis auf die neuere Zeit der Natur überlassen geblieben; diesem Umstande ist es vornemlich zuzuschreiben, daß im vorigen Jahrhunderte ein unsicheres, schwankendes Verfahren, wie der damalige Zustand der Strombaukunst es mit sich brachte, und die bloße Anwendung von Palliativmitteln und vereinzelten planlosen Bauwerken, die völlige Versandung der obern Mündung der Norder-Elbe hat abwenden können.

Von den Bauwerken, welche zu jener Zeit die Stadt Hamburg anlegen ließ, um dem

¹⁾ In WOLTMAN's Werken wird die Entfernung zu 1½ Meilen angegeben, dies gilt ungefähr vom oberen Endpunkte der Stadt gemessen; hier ist vom Hamburger Hauptpegel, welcher sich am untern Ende befindet, gerechnet.

²⁾ Im Anhang sind einige Untersuchungen mitgetheilt, welche die Bodenbeschaffenheit unserer Stromgegend charakterisiren.

oberen Strome eine minder ungünstige Richtung in Bezug auf die Norder-Elbe zu geben, ist kein Einziges bis auf unsere Zeit erhalten geblieben, wiewohl sie zum Theil ziemlich bedeutend gewesen und längere Jahre unterhalten worden sind. Hier würden Mittheilungen darüber von dem eigentlichen Zwecke dieser Abhandlung ablenken, weßhalb ich dabei nicht verweile, sondern sogleich zur Nachweisung der hydraulischen Verhältnisse beider Stromarme, so wie des Zustandes, in welchem der Norder-Arm sich vor der Correction befand, übergehe.

§ 4.

Das Resultat einer im Jahre 1798 angestellten Messung der Wassermenge ist abgedruckt in WOLTMAN's Beiträgen Bd. IV. S. 279, so wie dasselbe diesem Schriftsteller von dem damaligen Strombau-Director REINKE mitgetheilt worden ist.

REINKE hatte mehrere Profile gemessen, und in denselben die Stromgeschwindigkeit beobachtet; das daraus erhaltene Rechnungs-Resultat lautet folgendermaßen:

Im ungetheilten Strome	27353,259 Cubicfuß,
In der Süder-Elbe	19314,36
" Norder-Elbe	8022,06
	27336,42 "

Fehler oder Differenz. 16,839 Cubicfuß.

Die so nahe Uebereinstimmung zweier, in verschiedenen Stromarmen ermittelten Zahlen, würde diese Rechnung vielleicht etwas verdächtig machen, wenn auch nicht der Umstand Statt fände, daß wegen der zwischen den gemessenen Profilen befindlichen, nicht unbeträchtlichen Quantität Fluthwasser eine Uebereinstimmung der Summen gar nicht eintreten darf, wenn die Messung und Berechnung richtig ist. Da es mir gelungen ist, die Original-Nachweisungen über die REINKE'sche Messung aufzufinden, so habe ich seine ganze Rechnung wiederholen können, und mich allerdings davon überzeugt, daß das nahe Zusammentreffen der Endzahlen künstlich herbeigeführt ist. Nichts destoweniger stellt aber jene Messung und Rechnung das damalige Verhältniß beider Stromarme annähernd dar, und ist als die älteste derartige Zahlenangabe jedenfalls bemerkenswerth,¹⁾ auch ist es sicher, daß die Vertheilung der Wassermenge zwischen beiden Stromarmen nicht günstiger für die Norder-Elbe gewesen sein kann, als die REINKE'schen Zahlen dieselben angeben.

Eine andere Untersuchung vom höchsten Interesse ist diejenige, welche WOLTMAN persönlich anstellte, als er im Jahre 1814 die Direction des Strombaues an der Ober-Elbe (welche ihm bis dahin nicht zugestanden hatte) übernahm. Zum Behufe dieser Untersuchung maß er 48 Strom-Profile, deren Mehrzahl mit Messungen in denselben Linien aus den Jahren 1784 und 1875 verglichen werden konnte. Das Urtheil über das Ergebniß will ich mit WOLTMAN's eignen Worten hieher setzen:

„Aus Vergleichung beider Tiefenmessungen (wobei man wegen Mangel der Fluthmesser in Anno 1784 auf einen Fuß mehr oder weniger nicht rechnen darf) erhellet jedoch soviel mit Gewißheit, daß die Norder-Elbe in dieser Epoche durchgehends untiefer geworden, und zwar 3 Fuß zum Wenigsten neben dem Niederhafen; welche Verminderung der Tiefe, obwohl sie aufwärts allmählig etwas abnimmt, dennoch neben Moorwärdern noch sehr merklich ist. Es ist

¹⁾ Im Anhange zu dieser Abhandlung befindet sich eine nähere Nachweisung der REINKE'schen Daten und des Weges, auf welchem er zu den obigen unrichtigen Zahlen gelangt ist. Im allgemeinen will ich sogleich bei dieser Gelegenheit meine Ansicht aussprechen, daß ich die auf den gewöhnlichen Wegen ermittelten Angaben absoluter Wassermengen in großen fließenden Gewässern für sehr unsicher halte.

nemlich die größte Tiefe daselbst nur $2\frac{3}{4}$ und 3 Fuß und ein lebhafter Ostwind kann die Elbe soviel unter den ordinären Stand erniedrigen, da man alsdann trocknen Fußes würde durchgehen können.“

„Eine der beschwerlichsten Stellen ist noch da, wo sie 1784 war, nemlich zwischen der Billwärder Insel und der Hofe; doch ist sie jetzt insofern etwas besser, daß das eigentliche Fahrwasser oder die Löcher zwischen den Ufern und Sänden etwas tiefer geworden. Weil jedoch die Tiefen nur schmal sind und sich plötzlich von einem Ufer zum andern wenden, so ist es beschwerlich, das Fahrwasser zu finden und mit den langen Elbkähnen demselben zu folgen.“

Aus einem Berichte WOLTMAN's vom Jahre 1823 (abgedruckt in dessen Schiffbarmachung der Flüsse S. 129) erhellet, daß damals der Zustand der Norder-Elbe nicht wesentlich besser geworden war:

„Die Norder-Elbe war sehr versandet, also daß die oberländischen Elbkähne und selbst kleinere Fahrzeuge, die Milch, Gartenkräuter, Holz u. dergl. zur Stadt bringen, häufig nöthigt waren, den ungefähr doppelt längeren Weg durch die Süder-Elbe¹⁾ zu nehmen, um ohne Aufenthalt nach Hamburg zu kommen.“

Zur Abhülfe wurden dann, wie WOLTMAN a. a. O. beschreibt, Versuche gemacht, die Sandbänke durch Auflockerung des Grundes (Kratzen) zu vertreiben, und als diese Methode erfolglos befunden war, beschloß man die Anwendung der Handbaggerei.²⁾

Zugleich ward, auf WOLTMAN's Rath, durch Anlage von Kajedeichen und Leitdämmen auf den Vorländern das Hochwasser-Profil theilweise regulirt. Diese Dämme werden, wegen ihres anerkannten Nutzens, noch jetzt unterhalten, und sind, soweit als es die Lage der Hamburgischen Territorial-Gränze gestattet hat, fortgesetzt worden.

§ 5.

Die Erfolge der Handbaggerei bestanden darin, daß man ein Jahrzehnt hindurch die Tiefe einigermaßen in statu quo erhielt, bis die zunehmende Verstärkung der Süder-Elbe eine fühlbare Einwirkung zum Nachtheil der Norder-Elbe zu zeigen schien, und zu kräftigeren Maaßregeln für die Conservation der Letzteren aufforderte.

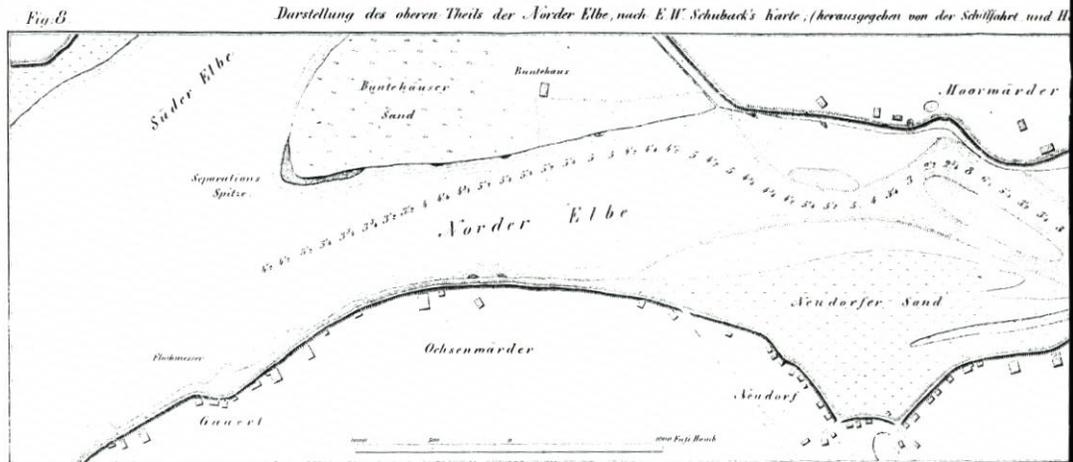
Dieses führte jedoch damals (1834) nur zu dem Beschlusse verstärkter Baggerei und zwar zur Anschaffung eines Dampfbaggers.³⁾

Bei der großen Energie, mit welcher dessen Betrieb mehrere Jahre hindurch fortgesetzt worden ist, würde die merklich wahrnehmbare Verbesserung des Fahrwassers sich ohne Zweifel länger gehalten haben, wenn nicht, in Folge der nunmehr planmäßig eingeleiteten Correction und Vertiefung der Süder-Elbe, eine mächtige, mit jedem Jahre in verstärktem Maaße auftretende Gegenwirkung gegen die Effecte der Baggerei in der Norder-Elbe eingetreten wäre. Da man aber den planmäßigen Operationen des Nachbarstaates gegenüber sich in Hamburg bei dem Palliativmittel der Dampfbaggerei beruhigte, ohne zu gleichzeitiger gründlicher Correction der Norder-Elbe zu schreiten, so mußte die Gefahr, „daß in Gemäßheit allgemeiner Erfahrung die Schifffahrt durch die Norder-Elbe verloren gehen könnte“ (WOLTMAN a. a. O.), sichtlich näher rücken.

¹⁾ Die Süder-Elbe ist der kürzere Stromarm, aber der Weg vom Separationspunkte durch die Süder-Elbe nach dem Oberhafen von Hamburg ist bedeutend länger, da man alsdann unterhalb Hamburg in die Norder-Elbe gelangt. (Vergl. die Karte Taf. I.).

²⁾ Baggerei mit Ketschern, die durch Handarbeiter bewegt werden.

³⁾ Dies war der erste Dampfbugger auf der Elbe; man findet über denselben nähere Auskunft in meinen Reisebemerkungen. Hamburg, 1844. S. 35.



Die Nähe dieser Gefahr zeigte sich im Jahre 1839 an einem sehr bezeichnenden, von mir selbst beobachteten Symptome, nemlich an einem verkehrten Gange der Strömung im oberen Theil der Norder-Elbe. Weil nemlich bei der Ebbe sich der Stromspiegel in der Süder-Elbe rascher senkte als in der Norder-Elbe, so strömte der Abfluß aus dem oberen Theil der Letzteren mit großer Heftigkeit um die Separationsspitze herum in die Süder-Elbe hinein; und weil bei der Fluth sich der Spiegel der Süder-Elbe rascher hob als derjenige der Norder-Elbe, so lief der Fluthstrom eine Zeitlang mit großer Heftigkeit aus der Süder-Elbe um die Separationsspitze herum in die Norder-Elbe.¹⁾ Diese reißenden Strömungen unterwühlten mit einer Kolktiefe von 25 bis 30 Fuß die Separationsspitze, deren Ufer-Befestigung, aus Faschinenwerk und losen Steinschüttungen bestehend, spurlos in die Tiefe versank.

Nach solchen Symptomen konnte die Unmöglichkeit, bei den bisherigen Palliativmitteln stehen zu bleiben, mit Erfolg behauptet werden, und daran schloß sich die Vorlegung, Genehmigung und Ausführung des Correctionsplans, von welchem in dieser Abhandlung die Rede ist.

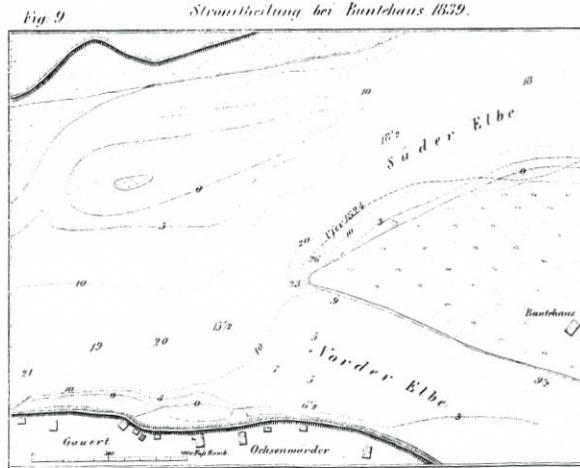
Zur Veranschaulichung der beschriebenen früheren Zustände können die Zeichnungen dienen, welche beigefügt sind, nemlich Fig. 8, den oberen Theil der Norder-Elbe im Jahre 1824 darstellend, und Fig. 9, die Gestalt und Beschaffenheit der Separationsspitze im Jahre 1840.

¹⁾ Auch in der Vorzeit sind diese Erscheinungen beobachtet worden; ein Bericht von HASENBANCK de Ao. 1731 enthält darüber folgende Mittheilung, die ich hier buchstäblich aufnehmen will:

„Der Ort (die genaue Stelle), alwo sich beide Ströhme theilen, ist mir ganz unbekand; dieses aber ist bekand, daß das Gewässer von dem Strohm zwischen dem Hagelt und dem Buntenhauser Sand, welches eine Distance von 300 Ruthen lang, in der Norder-Elbe gehet, und nenne diese: den Mund der Norder-Elbe; und weil zu spühren, daß der Strohm aus der Süder in der Norder fällt, und allda (beim Buntenhause) einen verkehrten moto machet und ein Theil südlich gehet, so setze, daß allda muß die Wechselung des Strohmey seyn.“

Diese etwas dunkle Schilderung wird verständlich, wenn man berücksichtigt, daß es damals z w e i Punkte gab, wo man die Separation suchen konnte; der obere beim Hagelt, der untere beim Buntenhauser Vorlande, 300 Ruthen weiter abwärts; zwischen beiden lag ein isolirtes Sandfeld. An dem unteren Punkte hatte HASENBANCK den „verkehrten moto,“ d. h. eine aus der Norder-Elbe rückwärts in die Süder-Elbe fließende Ebbeströmung beobachtet.

In Betreff der Fluth bemerkt derselbe Beobachter: „Die Fluth in der Süder-Elbe verwandelt sich beim Buntenhauser Sand in der Norder-Elbe mit einem verkehrten moto zu einem Ebbestrohm.“

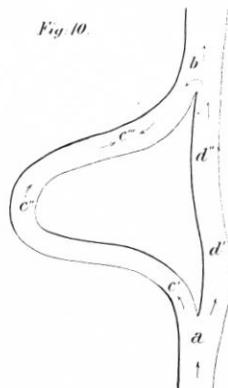


§ 6.

Es ist in der Einleitung bereits darauf hingewiesen und die so eben beschriebenen Wahrnehmungen haben es in einer speciellen Beziehung veranschaulicht, daß die Meeresfluth in dieser Stromgegend mit hemmenden und fördernden Kräften in die Stromverhältnisse eingreift; wo dieses der Fall ist, da hat das Verhalten der von unten in beide Stromarme eintretenden Fluthwelle eine mindestens eben so große Bedeutung, als die Vertheilung des oberen Zuflusses.

Wenn die Fluthwelle aus dem unteren ungetheilten Strome in den getheilten eintritt, so bilden sich zwei kleinere Wellen, von denen jede Einen der beiden Stromarme durchläuft; die Geschwindigkeit ihres Fortschreitens ist ungleich und von der Beschaffenheit, namentlich von der Tiefe, des betreffenden Armes abhängig. Diejenige der beiden Fluthwellen, welche zuerst an dem oberen Separationspunkte anlangt, tritt alsdann von oben in den Arm der trägeren Fluthbewegung ein, und es entsteht in diesem letzteren ein Begegnungspunkt beider Wellen, womit stets erhebliche Nachtheile für die Erhaltung der Tiefe verbunden sind.

In dieser Beziehung würde die Norder-Elbe, als der längere der beiden Stromarme, selbst unter übrigens gleichen Umständen, im Nachtheil gegen die Süder-Elbe sein, um so mehr also muß ein solches Verhältniß eintreten, wenn auch in anderer Hinsicht die Umstände ungünstig gestaltet sind. So war es gekommen, daß der Begegnungspunkt beider Fluthwellen weit abwärts im Norder-Arme belegen und an ausgedehnten hohen Sandablagerungen erkennbar war. (Fig. 8.)



§ 7.

Es scheint mir nicht überflüssig, diese Verhältnisse im Allgemeinen noch genauer zu erläutern. Sei demnach in Fig. 10 eine im Fluthgebiete belegene Stromtheilung dargestellt, bei welcher die beiden Arme von sehr ungleicher Beschaffenheit in Bezug auf das Fortschreiten der Fluthwelle sein sollen, dergestalt, daß dies Fortschreiten in dem Einen Arme ungestört Statt finde, in dem Andern aber sehr verzögert werde; sei ferner diese Verschiedenheit in der Figur durch ungleiche Länge der Arme anschaulich gemacht und werde die Richtung der Fluth durch Pfeile bezeichnet: So ist klar, daß durch die Fluthwelle, welche den Arm a d b durchläuft, der Stromspiegel bei b schon gehoben wird, wenn die andere Welle in dem Arm a c b erst etwa in c" diese Wirkung äußert.

Die nächste Folge davon ist, daß der obere Theil dieses Armes, etwa von b bis c"" mit Fluthwasser von b aus gefüllt wird und daß zwischen b und c" länger als in irgend einer andern Stromgegend die Stromgeschwindigkeit = Null, d. h. die Tendenz zur Ablagerung des Sandes und der Sinkstoffe ein Maximum wird.

Dies ist der directe Nachtheil des Begegnens von zwei Fluthwellen in einem der Arme, daraus folgt nun zweitens die Hervorrufung ganz ähnlicher Erscheinungen in entgegengesetzter Richtung während der Ebbe, mit dem Unterschiede, daß Letztere nur dann auffallend hervortreten, wenn der Zustand der Versandung schon sehr weit fortgeschritten ist und die Gefahr gänzlicher Abschließung des betreffenden Stromarmes nahe liegt.

Ferner folgt aus dem Einströmen des Fluthwassers in den Raum b c"" vom oberen Ende, drittens, eine Verminderung der Durchflußmenge in c', c'', so wie eine Vermehrung der Durchflußmenge in dem ganzen Arme a d b. Die Größe dieser Vermehrung und Verminderung entspricht dem Product aus der Oberfläche des gefüllten Raumes b c"" und der Höhendifferenz zwischen Hoch- und Niedrigwasser in dieser Stromgegend. Alles dieses bewirkt aber viertens eine fortschreitende Abnahme des Strom-Profils bei c' und eine fortschreitende Zunahme des Strom-Profils in dem Arme a d b; diese Veränderung tritt ihrerseits wieder als neue Ursache verzögerter Fluthbewegung in a c' und beschleunigter Fluthbewegung in a d b auf.

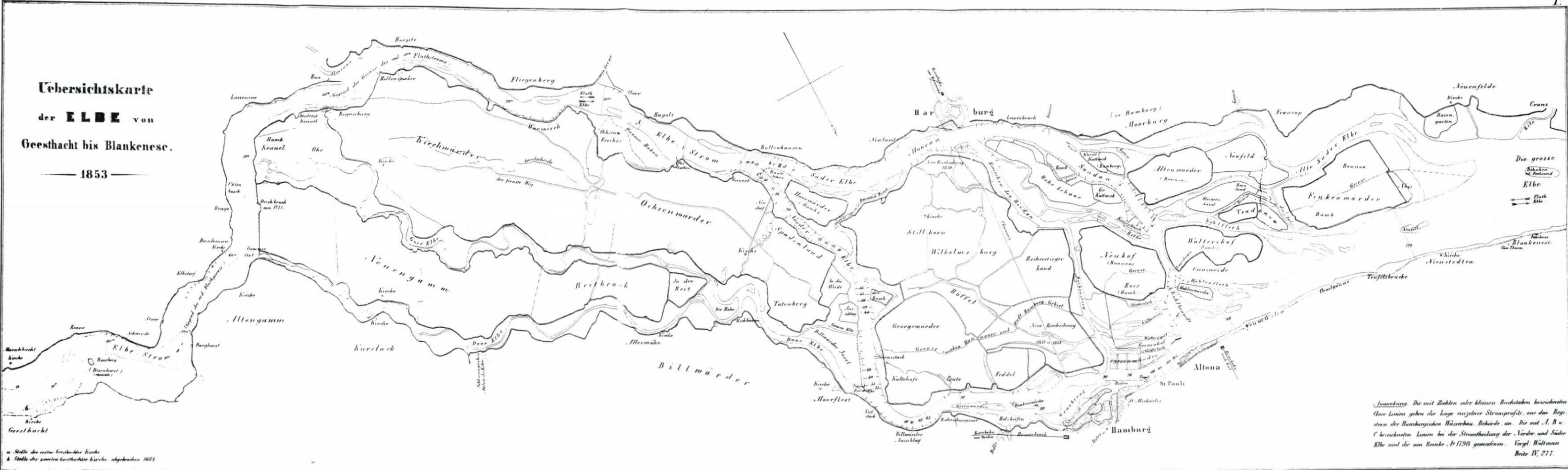
Vergegenwärtigt man sich die täglich wiederkehrende, nimmer ruhende Operation dieser Ursachen und Kräfte, so leuchtet es ein, daß deren Studium einen überaus wichtigen Theil der Aufgabe ausmacht, wenn man einen getheilten Strom im Gebiete der Meeresfluth zu behandeln hat, und daß in solchem Falle die Möglichkeit, beide Arme offen zu halten, von der gehörigen Berücksichtigung des Verhaltens der Fluthwelle abhängt.¹⁾

Wenn man sich die obere Mündung des Armes a c b vollständig geschlossen denkt, so hört die ebenbeschriebene nachtheilige Einwirkung auf die untere Mündung c' auf, welches man an vielen todten Stromarmen wahrnehmen kann, die Jahrhunderte hindurch am untern Ende durch das aus- und einströmende Fluthwasser offen erhalten werden und als Fluthbassins eine große Wichtigkeit für den unteren Strom behalten. Ein Beispiel dieser Art ist die Dove-Elbe unweit Hamburg, von welcher noch ausführlicher die Rede sein wird.

Die erläuterte Benachtheiligung der untern Mündung der Norder-Elbe hatte, um 1836, einen sehr hohen Grad erreicht; um davon eine Anschauung zu geben, theile ich in Fig. 11 eine Darstellung des damaligen Zustandes mit, welche auf sehr sorgfältigen und sachkundi-

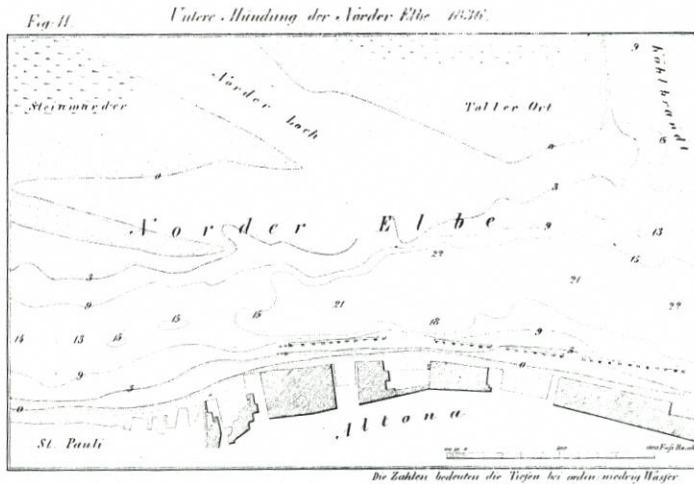
¹⁾ Ich glaube, diesen Gesichtspunkt kaum zu viel hervorheben zu können, da ich oft die Erfahrung gemacht habe, daß derselbe als „theoretische Speculation“ angesehen wird; nicht zu reden von geradezu verkehrter Beurtheilung desselben.

Übersichtskarte
der ELBE von
Geesthacht bis Blankenese.
1853



a. Stelle der ersten Geesthachter Kirche
b. Stelle der zweiten Geesthachter Kirche, abgebrannt 1624

Anmerkung. Die mit Zahlen oder kleinen Buchstaben bezeichneten Querlinien geben die Lage einzelner Stromprofile, aus den Registern der Hamburgischen Wasserbau-Behörde, an. Die mit A, B u. C bezeichneten Linien bei der Stromtheilung der Vorder- und Süder-Elbe sind die von Reinke, 1798 gemessenen. Vergl. Wöhlmann Beitr. IV, 277.



gen Aufnahmen der Offiziere eines Königl. Dänischen bei Altona stationirten Kriegsschiffes beruhet.¹⁾

Man erkennt darin deutlich die bereits begonnene Bildung einer Barre in der untern Mündung des Norder-Arms, wodurch der damalige Zustand des Letzteren in Bezug auf die Aufnahme der Fluthbewegung hinlänglich charakterisirt ist. Die Dringlichkeit einer gründlichen Correction trat also auch hier entschieden hervor.

§ 8.

Es würde von keinem Interesse sein, die Lage, Construction u. s. w. der zahlreichen Faschinenwerke zur Regelung der Profile des Mittelwassers und der bereits erwähnten Dämme zur Begränzung des Hochwasser-Profils, hier zu beschreiben, denn eines Theils weichen diese Constructions von dem an andern Orten zu gleichen Zwecken beobachteten Verfahren nicht wesentlich ab, andern Theils ist meine Absicht bei dieser Abhandlung vorzugsweise auf eine Erörterung der Ursachen und der durch diese bewirkten mannigfachen Veränderungen im Strombett gerichtet. Die Ausführung der Correction ward im Jahre 1840 begonnen, als sie im Jahre 1846 im Wesentlichen beendigt war, betrug die Gesammtlänge der bis dahin angelegten 105 Correctionswerke 21,600 Fuß, mithin die durchschnittliche Länge eines Werkes 200 Fuß oder das Durchschnittsmaaß der Einschränkung etwa 400 Fuß. Die Breite der geregelten Strombahn ist beiläufig 700 Fuß. Gleichzeitig mit der Ausführung der Correctionswerke war, wo es zweckmäßig erschien, durch Baggerei assistirt, über deren Umfang und Erfolg im § 29 nähere Nachweisung gegeben wird.

§ 9.

Die Norder-Elbe erhält in dem untern Theil ihres Laufes einen außerordentlichen Zuwachs ihres hydraulischen Vermögens durch den vorhin bereits erwähnten, am oberen Ende geschlossenen alten Elbarm, welcher den Namen: die Billwärder Dove-Elbe, oder gewöhnlich bloß die Dove-Elbe,²⁾ führt. Seit der vor mindestens 400 Jahren ausgeführten

¹⁾ Vergl. die vom Königl. Dänischen Seekarten-Archiv herausgegebene Karte: Die Elbe von Hamburg bis Twielfleth. 1840.

²⁾ Dove-Elbe, niedersächsisch, für taube Elbe, bezeichnet in hiesiger Gegend häufig ehemalige, an einem Ende geschlossene Elbarme, die keinen durchgehenden Strom führen.

Abdämmung am Gammer Ort (vergl. die Uebersichts-Karte Taf. 1) bildet dieses Gewässer ein ausgedehntes Reservoir, welches täglich zweimal durch die Fluth mit Wasser gefüllt und durch die ablaufende Ebbe wieder bis auf ein gewisses Maaß entleert wird; die zu dieser Füllung erforderliche Wassermenge durchströmt demnach regelmäßig den untern Theil der Norder-Elbe und trägt zu dessen Tiefhaltung wesentlich bei.

Ein Blick auf die Uebersichts-Karte giebt einen Begriff von der großen Ausdehnung dieses Fluthbassins, über dessen Capacität im Jahre 1850 sehr specielle Untersuchungen angestellt worden sind, in Veranlassung des Verlangens mehrerer anliegender Marsch-Communen, die Dove-Elbe auch am untern Ende abzudämmen und das Eintreten der Fluth auszuschließen;¹⁾ das Ergebniß dieser Untersuchungen ist, daß dieses Fluth-Reservoir eine Oberfläche von nahe an 21 Millionen Quadrat-Fuß Oberfläche hat, wovon jedoch nur die untere Hälfte hier von Bedeutung ist, da die regelmäßige Erhebung und Senkung des Spiegels in dem oberen Theile sich auf ein sehr geringes Maaß reducirt. Der Unterschied zwischen ordinär Hochwasser und ordinär Niedrigwasser ist nemlich im untern Theile der Doven-Elbe = 4½ bis 5 Fuß, am oberen Ende aber = Null.

Die Wassermenge, welche dieses Reservoir in der Mitte der Ebbezeit der Norder-Elbe zuführt, beträgt gegen 3000 Cubicfuß in der Secunde.

Einer solchen Verstärkung war und ist die Norder-Elbe um so bedürftiger, weil in dem untern Theile ihres Laufes mehrere Stromspaltungen sich befinden, deren Schließung fast unausführbar ist, weil dieselbe störend in den Schifffahrtsbetrieb und die gewerblichen Interessen im Innern Hamburgs und in dessen nächster Umgebung eingreifen würde; einige kleine Nebenarme am linken Ufer, bei denen solche Hindernisse nicht in Betracht kamen, und die man auf der Uebersichts-Karte, dem Grasbrook gegenüber, leicht findet, sind coupirt worden.

§ 10.

Die örtlichen Verhältnisse gestatteten es, zu den bisherigen hydraulischen Kräften der Norder-Elbe noch neue, bis zum Jahre 1842 unbenutzt gebliebene hinzuzufügen; die zu diesem Zwecke ausgeführte, tiefeingreifende Operation bestand in der Abschließung mehrerer, Ebbe und Fluth haltender, Stromarme zu Süden der Insel Steinwärder (vergl. die Uebersichts-Karte) und in der Durchleitung einer entsprechenden Wassermenge in geeigneten Richtungen, durch die untere Ausmündung der Norder-Elbe. Die Ausführung dieser Maaßregel hat viel Widerspruch und verkehrte Beurtheilung erfahren, wiewohl sie – unter allen Umständen für die Norder-Elbe nützlich – bei dem Fortgange des energischen Betriebes zur Vertiefung der Süder-Elbe, geradezu als unerläßliche Bedingung der Möglichkeit, die Zugänglichkeit des Hamburgischen Hafens zu conserviren, erkannt werden mußte. Dieselbe ist auf meinen Rath, nebst allem was damit zusammenhängt, begonnen und in wesentlichen Theilen ausgeführt, und es ist unverkennbar, daß diese Operation auf die hydraulischen Verhältnisse der Norder-Elbe im hohen Grade günstig eingewirkt und die nahe Gefahr der Ausbildung einer Barre dicht unterhalb Hamburg (vergl. § 7) für so lange beseitigt hat, als die Behandlung des Stromes nach denselben Grundsätzen Statt findet.

Hiermit ist nun das Feld, auf welchem die in Rede stehende Stromcorrection ausgeführt worden, wie ich hoffe, hinlänglich genau beschrieben, und ich gehe jetzt zur Nachweisung der Messungen und sonstiger Daten für die Beurtheilung der bewirkten Veränderungen über.

1) Vergl. Anhang No. III.

Zweiter Abschnitt.

Messungen und Rechnungs-Resultate.

§ 11.

Die Grundlage der Beurtheilung besteht in einer Reihe von Tiefenmessungen, welche seit 1842 jährlich in bestimmten, unveränderlich feststehenden Linien wiederholt werden. Bildet der Winter eine sichere Eisdecke, so werden auf dieser die Linien mit der Kette abgemessen, gestatten aber die Umstände dieses Verfahren nicht, so wird in Booten an eingetheilten und ausgespannten Leinen die Tiefenmessung (Peilung) vorgenommen.

Die Anzahl der festen numerirten Peilungs-Linien vom Ortkathen am rechten Ufer der ungetheilten Ober-Elbe, durch die Norder-Elbe bis Altona, beträgt 103; in der oberen Mündung der Süder-Elbe befinden sich 6 Linien, die mit Litt. a bis f bezeichnet sind.

Jede Section der Elbstrom-Karte hat ihr eigenes Peilungs-Register und in diesem hat jede Linie ihr eigenes Folium.

Die gemessenen Tiefen werden sämmtlich auf eine bestimmte Horizontale, welche $6\frac{3}{4}$ Fuß höher liegt, als der Nullpunkt des Hamburgischen Hauptpegels, reducirt und alsdann in die Register eingetragen.

Im Anhang habe ich die Einrichtung dieser Register an einem Beispiele gezeigt.¹⁾

Nach diesen Registern nun, kann man den Veränderungen des Strombetts von Jahr zu Jahr folgen, und zwar bis in ein ziemlich specielles Detail, da die, durchschnittlich 600 Fuß betragende Entfernung der Linien, kleiner ist als die Strombreite und da die einzelnen Tiefen in Entfernungen von 25 Fuß gemessen sind.

Für die vorliegende Untersuchung habe ich an 8 verschiedenen Stellen je 4 Profil-Linien ausgewählt, welche auf der Uebersichts-Karte (Taf. I) bezeichnet sind. Bei der Auswahl dieser Linien ist lediglich darauf gesehen, daß die betreffenden Stellen geeignet seien, die charakteristischen Veränderungen des Strombetts, während des zehnjährigen Zeitraumes, welchen die Untersuchung umfaßt, möglichst klar zur Anschauung zu bringen; es sind folgende:

- | | | |
|-------|--------------------------------------|---------------------|
| I. | In der ungetheilten Elbe; Linien No. | 9, 10, 11, 12. |
| II. | „ „ Süder-Elbe; . . . „ Litt. | b, c, d, e. |
| III. | „ „ Norder-Elbe; . . . „ No. | 15, 16, 17, 18. |
| IV. | „ „ „ . . . „ „ | 27, 28, 29, 30. |
| V. | „ „ „ . . . „ „ | 36, 37, 38, 39. |
| VI. | „ „ „ . . . „ „ | 49, 50, 51, 52. |
| VII. | „ „ „ . . . „ „ | 60, 61, 62, 63. |
| VIII. | „ „ „ . . . „ „ | 100, 101, 102, 103. |

Die Stellen I, II und III liegen nahe oberhalb und unterhalb der Stromtheilung beim Buntenhause; sie geben Auskunft über das Verhalten der ungetheilten Elbe und der oberen Einmündungen.

Die Stellen IV, V und VI liegen in dem Theil der Norder-Elbe, der noch keine weitere Verstärkung empfängt, als das in ihm selber befindliche Fluthwasser; sie müssen demnach zwar wesentlich abhängig von der oberen Einströmung, aber dennoch, von oben nach unten allmählig zunehmend, den Einfluß des Verhaltens der Fluthbewegung zeigen.

Die Stelle VII liegt nahe unterhalb der Aufnahme der Doven-Elbe; sie zeigt die Verstärkung der Norder-Elbe durch dieses große Fluth-Reservoir.

Die Stelle VIII liegt am unteren Ende der Norder-Elbe, in ihr ist das ganze hydraulische

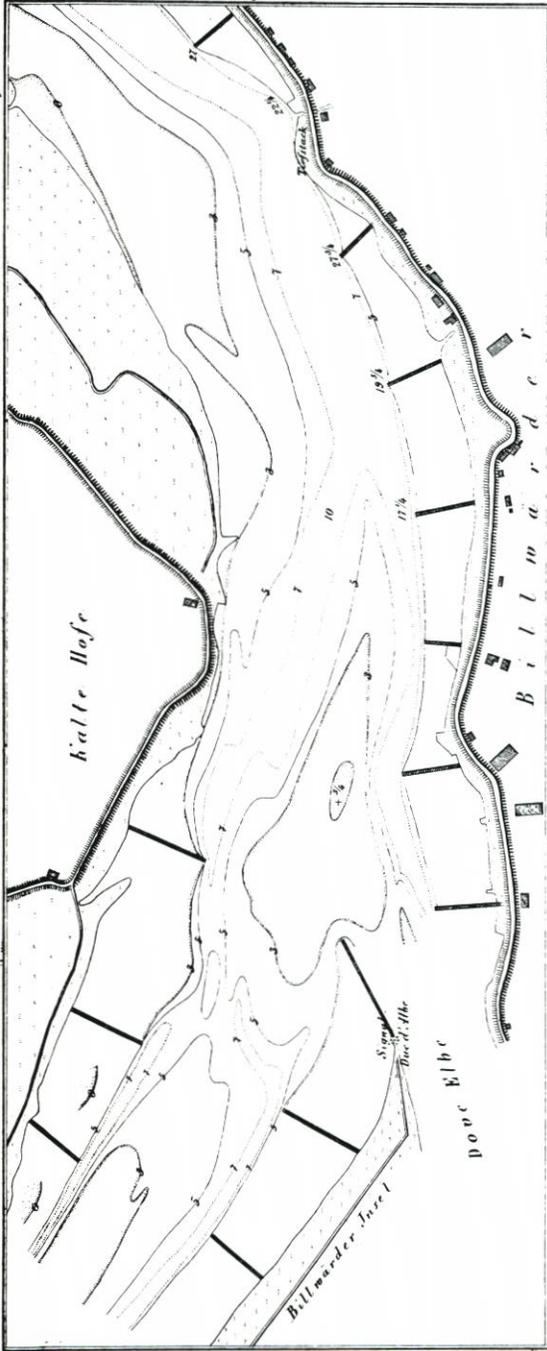
1) Anhang No. IV.

Gestaltung des Strombettes der Förder-Elbe bei Billwärd.

Im Jahre 1845.

Die Zahlen bedeuten die Tiefen bei sehr niedrigem Wasser.

Fig. 12.



Im Jahre 1847.

Fig. 13.

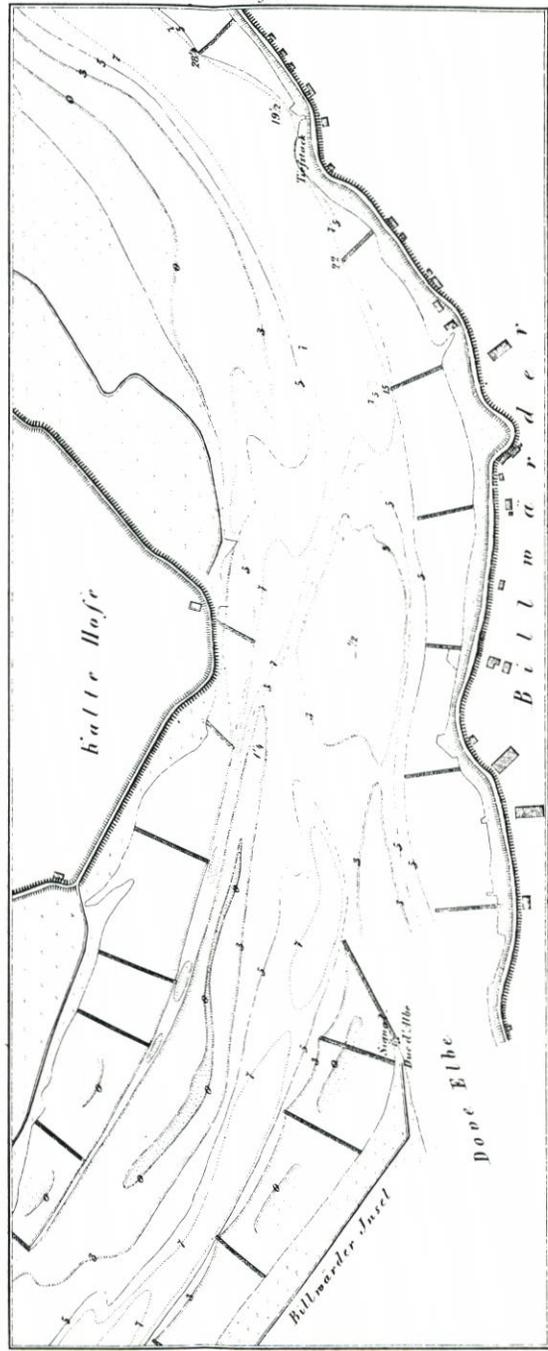
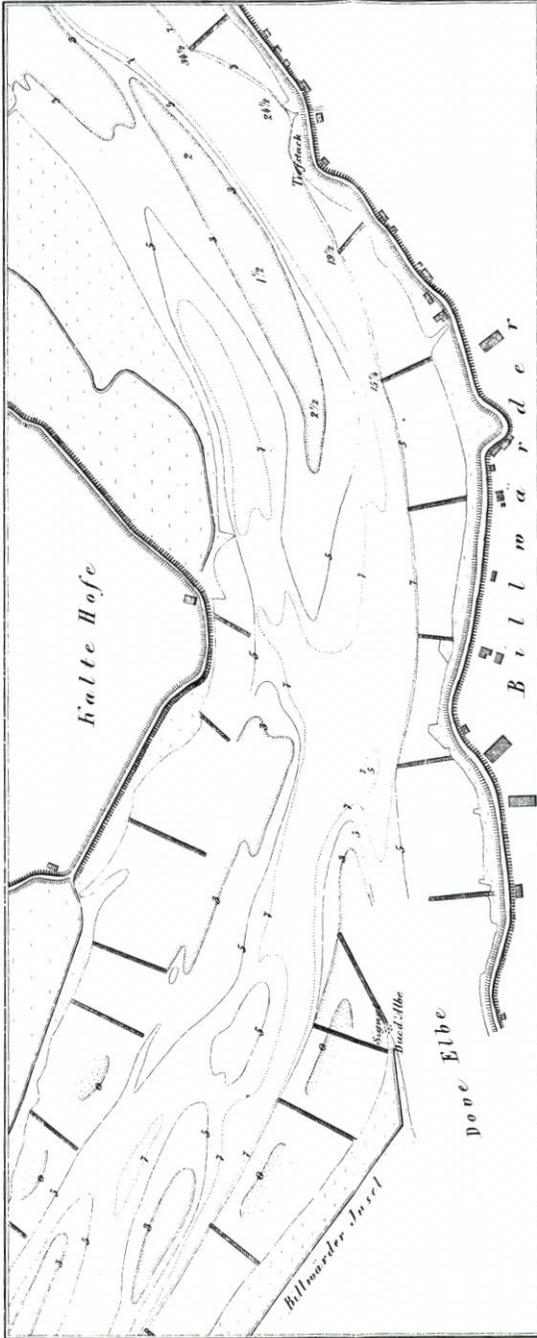
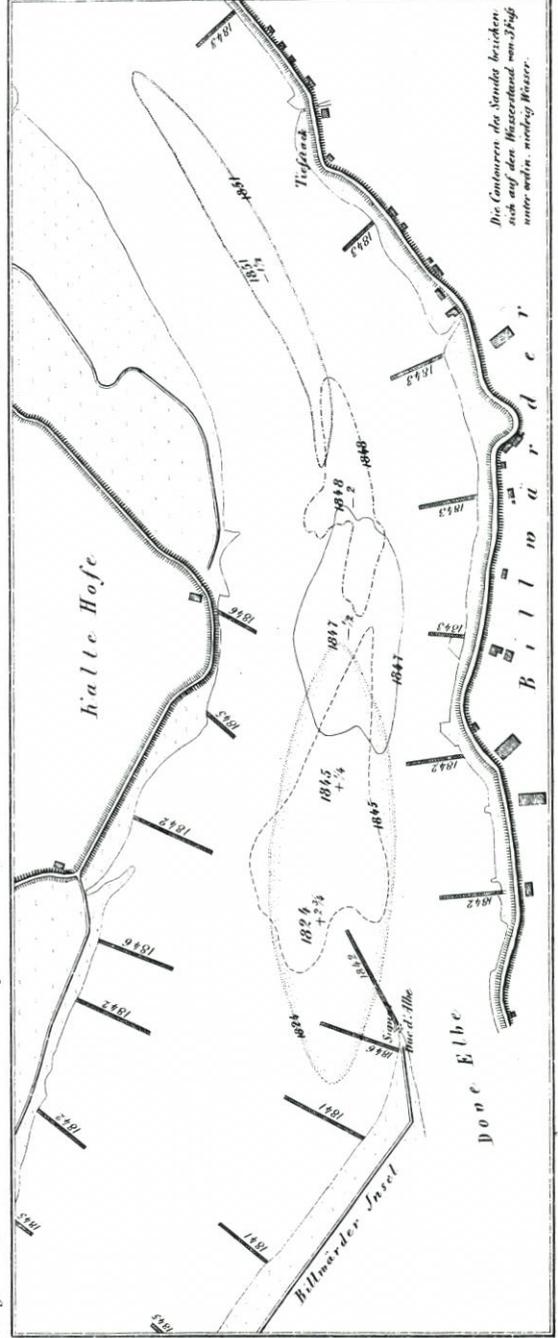


Fig. 14.



Im Jahre 1851.

Fig. 15.



Lage des Grossen Sandes bei der Hofe in den Jahren. 1824, 1847, 1848, 1851, 1845, 1844, zur Darstellung seiner Ausbildung und Fortbewegung.

Die Contouren des Sandes beziehen sich auf den Mittelstand von 3 Fuhg unter wasser. niedrig Wasser.

0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000

Vermögen dieses Stromarms, einschließlich der durch die stromleitenden Operationen hinter dem Steinwärder hinzugezogenen Verstärkungen, vereinigt; sie veranschaulicht demnach die gesammten Wirkungen der einzelnen, auf Hervorrufung von Veränderungen während des untersuchten Zeitraums gerichtet gewesenen Kräfte; Wirkungen, die, wenn man die günstigen mit Plus, die ungünstigen mit Minus bezeichnet, in einer algebraischen Summe vereinigt gedacht werden können.

Die zwischen VII und VIII belegene Gegend enthält die obenerwähnten kleineren Stromspaltungen, die wegen des Verkehrs in Hamburg und dessen nächster Umgebung unentbehrlich sind; aus dieser Strecke können deshalb allgemeine Resultate für den ganzen Strom nicht entnommen werden.

Es ist zur Beurtheilung des Folgenden zweckmäßig, die Lage der genannten Linien auf der Uebersichts-Karte nachzusehen.

§ 12.

Das hydraulische Vermögen eines Stromes ist anerkanntermaßen eine Function der Größe des Stromprofils, der mittleren Tiefe und des Stromabhangs oder Gefälles; ob noch andere Elemente dabei in Betracht zu ziehen sind, mag hier dahin gestellt bleiben. In Betreff des Stromabhangs sind gewisse Gränzen gegeben, über welche hinaus eine Verbesserung nicht denkbar ist. Diese Gränzen sind erreicht, wenn alle Unregelmäßigkeiten des Gefälles verschwinden und die Längen-Curve des Stromes in der ganzen Ausdehnung der regulirten Stromstrecke und während aller Stadien sowohl der Ebbe als der Fluth, eine stetig gekrümmte oder, wenn es möglich wäre, gerade Linie bildet. Gemessen wird die Längen-Curve des Stromes durch gleichzeitige Beobachtungen an einer Reihe von nivellirten Pegeln, die aber so nahe beieinander stehen müssen, daß man ohne Bedenken die Linie von Einem zum Andern als gerade ansehen kann.

Es ist sehr schwierig und kostbar, bei öfterer Wiederholung und für lange Stromstrecken dieser Bedingung zu genügen, allen man würde diese Schwierigkeit dennoch überwinden müssen, wenn die Beobachtungen einzelner Fluthwellen zur Grundlage allgemeiner Folgerungen über Veränderungen in den Abhangsverhältnissen dienen könnten. Dies ist jedoch nicht der Fall, weil auf jede einzelne Messung dieser Art eine Menge veränderlicher Nebenumstände einwirken, die man nicht eliminiren kann.

Diese sind (außer Wind und Wetter) die Fluthhöhe und Ebbehöhe derselben Fluthwelle und der vorhergegangenen Fluthwelle zu Cuxhaven, der vordere Abhang der nachfolgenden Fluthwelle und die Höhe des Wasserstandes der Ober-Elbe außerhalb des Fluthgebietes.

Nichtsdestoweniger gewähren gleichzeitige Wasserstands-Beobachtungen an einer Reihe von Pegeln ein wesentliches Hülfsmittel zur Leitung des Urtheils, und werde ich später darauf zurückkommen.

Zunächst sollen hier aus den vorliegenden Tiefenmessungen die beiden anderen Größen, durch welche das hydraulische Vermögen bestimmt wird, abgeleitet und erörtert werden, nemlich:

das Stromprofil und die mittlere Tiefe.

§ 13.

Die Größe des Stromprofils ist für jede der gewählten Linien und für jedes der 10 Jahre, 1843-1852, berechnet, und zwar:

- a) in Bezug auf die Horizontale, auf welche die Peilungen amtlich reducirt werden und welche $6\frac{3}{4}$ Fuß über dem Nullpunkte des Hauptpegels zu Hamburg liegt;
- b) für einen Wasserstand, der um eben so viel unter dieser Horizontale gedacht wird, als

die ordinäre Ebbe, an dem Orte, wo die fragliche Linie sich befindet, unter die dortige ordinäre Fluthöhe herabsinkt.¹⁾

Die je vier zusammengehörigen Profile sind dann in der Art zusammengefaßt, daß aus ihnen für jedes Jahr und für jede der beiden Spiegelhöhen (a und b) das arithmetische Mittel genommen und daraus die Durchschnittszahl unter c gezogen ist.

Die mittlere Tiefe ist ebenfalls für jede Linie und jedes Jahr, so wie für jede der beiden angenommenen Spiegelhöhen (a und b) besonders berechnet und dann aus den zusammengehörigen je vier Linien, so wie zwischen beiden Spiegelhöhen, ein Werth arithmetisch vermittelt. Diesen gefundenen Mittel-Werthen von t ist dann noch \sqrt{t} beigefügt, weil ceteris paribus die Zu- oder Abnahme des hydraulischen Vermögens nach dem Verhältniß der Quadratwurzel aus der mittleren Tiefe geschätzt zu werden pflegt.

Endlich ist noch, sowohl bei den Stromprofilen als bei den mittleren Tiefen, aus den zehn Jahreswerthen eine allgemeine Durchschnittszahl gezogen, und außerdem sind für folgende drei Jahrguppen:

1843–1845; 1846–1849; 1850–1852

ebenfalls Durchschnittszahlen berechnet und beigefügt.

§ 14.

Die solchergestalt gewonnenen Rechnungsergebnisse sind in Tabellen zusammengestellt (§ 16), zu deren vollständigeren Erläuterung ich noch Folgendes bemerke:

Es könnte scheinen, als seien die Berechnungen für die Höhen a und b überflüssig, indem man die Rechnung sogleich auf das, zwischen beiden in der Mitte liegende, Niveau hätte beziehen können, dies ist jedoch für den vorliegenden Zweck nicht zutreffend. Es sind nemlich hier nicht hydrometrische Arbeiten, auch nicht Nachweisungen der Fahrtiefe in gewissen Zeitpunkten,²⁾ sondern es ist eine Uebersicht und Nachweisung beabsichtigt, welche die Veränderungen des ordinären Fluth-Profils und des Ebbe-Profils in sich vereinigt; diese Veränderungen gehen aber keinesweges immer mit einander parallel, oder auch nur gleichförmig, wie leicht einzusehen ist wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Strombreiten bei verschiedenen Höhen in verschiedenem Maaße zu- oder abnehmen können.

Ein Beispiel kann dies erläutern, wobei das Zeichen + Zunahme, das Zeichen – aber Abnahme der Profilgröße bedeutet.

Für die Stelle VIII (vergl. die Uebersichts-Karte und die Tabelle VIII im § 16) finden wir folgende Veränderungen während der einzelnen Jahre 1843 bis 1852.

- a) (Bei Höhe = $6\frac{3}{4}$ Fuß über Null:)
 – 493; + 1016; – 282; + 1140; + 298; + 488; – 277; + 433; + 339.
- b) (Bei Höhe = Null:)
 – 420; + 745; – 10; + 884; + 181; + 94; + 65; + 97; + 363.

¹⁾ Man unterscheidet hier „Hamburger Null“, welches eine feste, unveränderliche Pegelhöhe bedeutet, und „Null in loco“, welches die an verschiedenen Stellen des Stromes verschiedene Höhe der ordinären Ebbe bezeichnen soll.

²⁾ Zu solchen Zwecken ist die Annahme einer bestimmten Spiegelhöhe erforderlich und genügend; jedoch ist dabei Folgendes zu bemerken: Im ersten Falle müssen für die mit einander zu vergleichenden Profile die gleichzeitigen Spiegelhöhen, mithin verschiedene Stadien der Fluthentwicklung genommen werden, denn die Fluth ist an dem Einem Pegel nicht in dem nemlichen Stadium wie an dem Andern. Zur Nachweisung der Fahrtiefe kommt es nicht auf die mittlere, sondern auf die größte Tiefe an.

c) Mittel:

- 457; + 881; - 146; + 1022; + 229; + 291; - 106; + 265; + 351.

Im Ganzen 1843 bis 1852:

a) (Bei 6¼ Fuß) Zunahme	2662	Quadratfuß.
b) (Bei Null). . .	1999	”
c) Mittel.	2330	”

Will man demnach die Veränderungen gründlich erforschen, so müssen sowohl die Größen bei Hochwasser als diejenigen bei Niedrigwasser gesondert in Betracht gezogen werden; die alleinige Vergrößerung der Einen ohne eine entsprechende Vergrößerung der Andern kann möglicherweise (jedoch nicht nothwendig) eine Verschlechterung des Strombetts sein; die Zunahme beider ist sicher Verbesserung. Damit aber, bei der großen Menge der zu vergleichenden Größen, nicht der Ueberblick über das Ganze verloren gehe, muß eine Mittelzahl gebildet werden, welche die Eigenthümlichkeiten beider Gränzen in sich aufnimmt. Dies ist die Bedeutung der in den nachfolgenden Tabellen unter c aufgeführten Mittelzahl, durch welche die Betrachtung der Werthe unter a und b keinesweges entbehrlich gemacht wird. Ganz dasselbe gilt auch von den Durchschnittszahlen aus gewissen Zeiträumen; auch diese sollen nur die Schwierigkeit der Uebersicht des Ganzen vermindern, ohne die Stelle der einzelnen Werthe, aus denen sie abgeleitet sind, zu vertreten.

Die Vergleichen der Einzelwerthe habe ich in allen Tabellen ganz durchgeführt und die betreffenden Differenzen vollständig beigefügt. Denn in den Einzelwerthen prägen die wirklichen Thatsachen sich aus, durch deren Erforschung und Kenntniß die Brauchbarkeit der Folgerungen wesentlich bedingt ist und die nicht durch Mittelzahlen dargestellt werden.

Ich glaube kaum, daß es nöthig ist, mich gegen das Mißverständniß zu sichern, als ob ich hierdurch mit den Grundsätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung in Widerspruch träte. Wenn durch Wiederholung der Beobachtung einer und derselben Größe oder Thatsache, welche nur einen einzigen wahren Werth hat, eine Reihe verschiedener Angaben dieses Werthes vorliegt, so vertritt die wahrscheinlichste dieser Angaben (also, den Umständen nach, das arithmetische Mittel aus allen) die Stelle des unbekanntenen wahren Werthes; wenn ferner, aus einer Reihe möglicher zukünftiger Thatsachen oder Fälle, die Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Falles, oder des Zusammentreffens mehrerer, vorher angegeben werden soll, so vertritt bis zum Augenblick der Entscheidung durch die wirklich erfolgte Thatsache, der nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung ermittelte Werth die Stelle der späteren Gewißheit. Hier aber liegt eine derartige Aufgabe nicht vor, sondern eine Reihe einzelner, wirklicher Thatsachen, von denen jede, zu den ihrer Eigenthümlichkeit entsprechenden Voraussetzungen und Folgerungen berechtigt, soll erörtert werden.

Die Mittelzahlen aber stellen keine einzige dieser Thatsachen genau dar.

§ 15.

Die Höhenlage des ordinär Niedrigwassers in Bezug auf den Hamburger Pegel ist an den acht Punkten, auf welche die nachfolgenden Tabellen sich beziehen, folgendermaßen angenommen:

I. Ungetheilte Elbe, nahe oberhalb der Stromtheilung.	3¼ Fuß	+ Hamb.	Null.
II. Süder-Elbe, } nahe unterhalb	”	”	”
III. Norder-Elbe, }	3	”	+ ”
IV. ” bei Spadenland	2¼	”	+ ”

V.	”	bei Spadenlander Busch	2	”	+	”	”
VI.	”	bei Kaltenhofe	1½	”	+	”	”
VII.	”	bei Rotenburgsort	1¼	”	+	”	”
VIII.	”	bei St. Pauli	=	Hamburger Null.			

Die Höhenlage der ordinären Fluth ist, wie bereits bemerkt, durchgehends zu 6¼ Fuß + Hamburger Null angenommen.

Der Nullpunkt des Hamburger Pegels ist im Mai 1787 durch den damaligen Strombau-Director REINKE festgestellt, der auch die ordinäre Fluthhöhe = 6 Fuß 8 Zoll über demselben befunden. Eine specielle Erörterung dieses Gegenstandes findet man im Anhang zu dieser Abhandlung.¹⁾

§ 16.

Es folgen nun die tabellarisch geordneten Rechnungs-Resultate; jede Tabelle enthält diejenigen für Eine der auf der Uebersichts-Karte bezeichneten Strecken I bis VIII, und zwar in der ersten Abtheilung das Stromprofil, in der zweiten die Tiefe des Stromes, und in der dritten einige sonstige Verhältnisse.

Dritter Abschnitt.

Vergleichung verschiedener Stromstrecken zur Erläuterung des Prinzips.

§ 29.

Es ist zum Abschlusse dieser allgemeinen Untersuchung noch übrig, eine Nachweisung des Umfanges der Baggerei mitzuthellen, welche während und seit der Correction der Norder-Elbe in dem oberen Theile dieses Stromarmes ausgeführt worden.

Die Correction ward im Jahre 1840 mit Befestigung der Separationsspitze und Aufführung eines 1500 Fuß langen wasserfreien Separations-Dammes mit dem dortigen niedrigen Vorlande begonnen; Hand in Hand mit diesen Arbeiten ging eine stark besetzte Baggerei in der oberen Mündung; im folgenden Jahre 1841 ward an mehreren Stellen, besonders kräftig aber in der Stromstrecke VI (vergl. Uebersichts-Karte) bei der Kaltenhofe gebaggert; im Jahre 1842 war die Baggerei unerheblich; mit dem Jahre 1843, dem vierten Jahre der Ausführung der Correction, beginnt das Decennium, dem die bisher erörterten Zahlenverhältnisse und Thatsachen angehören.

¹⁾ Anhang No. V.

Tabelle I.

Ungetheilte Elbe, 1700 Fuß oberhalb der Stromtheilung.

Entfernung der gemessenen Profile von einander, $\left\{ \begin{array}{l} \text{No. 9 bis No. 10. 540 Fuß,} \\ \text{" 10 " " 11. 380 " } \\ \text{" 11 " " 12. 380 " } \end{array} \right\}$ Länge der Stromstrecke I. l = 1300 Fuß.
Die Strombreite beträgt gegen 2000 Fuß zwischen den Ufern.

I. Quers-Profil des Stromes. (Profil-Größe in Hamburger Quadrat-Fuß.)

a. Bei einem Wasserstande von $6\frac{3}{4}$ Fuß + Hamburger Null. (Ordinär Hochwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.	
Gemessene Profil-Größen	No. 9.	—	19737	21312	19925	17537	18525	16512	17887	15490	18287
	" 10.	19459	17862	21550	21400	18350	17325	16137	15925	17525	18400
	" 11.	—	17575	21250	21024	18418	19337	16437	16526	16962	17262
	" 12.	19587	18825	22150	21650	19531	18650	16612	19825	17225	16750
Mittelzahl	19518	18500	21565	21000	18459	18459	16424	17541	16801	17675	
Abweichung der einzelnen Größen von der Mittelzahl	No. 9.	—	+1238	-253	-1075	-922	+66	+88	+346	-1311	+612
	" 10.	-68	-637	-15	+400	-109	-1134	-287	-1616	+724	+725
	" 11.	—	-924	-315	+24	-41	+878	+13	-1015	+161	-413
	" 12.	+69	+326	+585	+650	+1072	+191	+188	+2284	+424	-925
Durchschnittliche Abweichung	—	781	292	537	536	567	144	1315	655	669	
In Procent der Mittelzahl	—	422	1,35	2,56	2,90	3,07	0,88	7,49	3,90	3,78	
Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Profil	.....	2162	900	1725	1994	2012	475	3900	2025	1650	
Das kleinste Profil verhält sich zum größten wie 1:	.....	1,12	1,04	1,09	1,11	1,12	1,03	1,24	1,13	1,11	

b. Bei einem Wasserstande von $3\frac{1}{4}$ Fuß + Hamburger Null. (Ordinär Niedrigwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.	
Gemessene Profil-Größen	No. 9.	—	12937	14262	12850	11162	10425	9187	10937	8787	11262
	" 10.	12725	11425	14625	13925	11600	11062	9825	9800	10675	11425
	" 11.	—	10837	14175	13744	11250	12162	9600	10425	9962	9937
	" 12.	12340	11175	14425	14000	11798	10912	8930	11950	10085	9120
Mittelzahl	12532	11593	14372	13630	11452	11140	9385	10778	9877	10436	
Abweichung der einzelnen Größen von der Mittelzahl	No. 9.	—	+1344	-110	-780	-290	-715	-198	+159	-1090	+826
	" 10.	+193	-168	+253	+295	+148	-78	+440	-978	+798	+989
	" 11.	—	-756	-197	+114	-202	+1022	+215	-353	+85	-499
	" 12.	-192	-418	+53	+370	+346	-228	-455	+1172	+208	-1316
Durchschnittliche Abweichung	—	671	153	390	247	511	327	665	545	907	
In Procent der Mittelzahl	—	5,79	1,07	2,86	2,16	4,59	3,48	6,17	5,52	8,69	
Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Profil	.....	2100	450	1150	636	1737	895	2150	1888	2305	
Das kleinste Profil verhält sich zum größten wie 1:	.....	1,20	1,03	1,09	1,06	1,17	1,10	1,22	1,21	1,25	

c. Mittel aus den Mittelzahlen unter a und b. (Halbe Ebbe.) Werthe von P zur Vergleichung mit anderen Stromstrecken.

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittel in den einzelnen Jahren	16025	15046	17968	17315	14955	14799	12904	14159	13339	14055
Durchschnitt mehrerer Jahre	16346			14993			13851			
Allgem. Durchschnittszahl P	15056									

(Fortsetzung von Tabelle I.)

2. Tiefe des Stromes. (Mittlere Tiefe in Hamburger Fuß.)

a. Bei einem Wasserstande von $6\frac{3}{4}$ Fuß + Hamburger Null. (Ordinär Hochwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittlere Tiefe in den gemessenen Profilen	No. 9. —	9,92	11,66	10,28	9,13	9,28	8,30	9,26	8,22	9,95
	" 10. 10,54	9,81	11,83	10,91	9,61	8,78	8,15	7,96	9,19	9,36
	" 11. —	8,97	10,59	10,51	9,26	9,72	8,29	8,15	8,69	8,47
	" 12. 10,25	8,96	10,73	10,75	9,50	9,27	8,25	9,44	8,44	8,20
Mittelzahl	10,40	9,41	11,20	10,61	9,37	9,26	8,25	8,70	8,63	8,99
Abweichung der einzelnen Werthe von der Mittelzahl	No. 9. —	+0,51	+0,46	-0,33	-0,24	+0,02	+0,05	+0,55	-0,41	+0,96
	" 10. +0,14	+0,40	+0,63	+0,30	+0,24	-0,48	-0,10	-0,75	+0,56	+0,37
	" 11. —	-0,44	-0,61	-0,10	-0,11	+0,46	+0,04	-0,56	+0,06	-0,52
	" 12. -0,15	-0,45	-0,47	+0,14	+0,13	+0,01	0	+0,75	-0,19	-0,79
Durchschnittliche Abweichung	—	0,45	0,54	0,22	0,18	0,24	0,05	0,65	0,31	0,66
In Procent der Mittelzahl	—	4,77	4,82	2,07	1,92	2,59	0,61	7,46	3,60	7,34

b. Bei einem Wasserstande von $3\frac{1}{4}$ Fuß + Hamburger Null. (Ordinär Niedrigwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittlere Tiefe in den gemessenen Profilen	No. 9. —	6,59	8,16	6,78	7,70	6,10	5,30	5,76	4,88	6,45
	" 10. 7,25	6,52	8,33	7,41	6,11	6,70	6,78	6,32	5,69	6,02
	" 11. —	5,91	7,09	5,09	5,81	6,22	5,82	7,20	5,19	5,10
	" 12. 6,50	5,71	7,20	7,00	5,75	5,52	4,50	5,69	5,11	4,73
Mittelzahl	6,87	6,18	7,69	6,57	6,34	6,14	5,60	6,24	5,22	5,57
Abweichung der einzelnen Werthe von der Mittelzahl	No. 9. —	+0,41	+0,47	+0,21	+1,36	-0,04	-0,30	-0,48	-0,34	+0,88
	" 10. +0,38	+0,34	+0,64	+0,84	-0,25	+0,56	+1,18	+0,08	+0,47	+0,45
	" 11. —	-0,27	-0,60	-1,48	-0,53	+0,08	+0,22	+0,96	-0,03	-0,47
	" 12. -0,37	-0,47	-0,49	+0,43	-0,59	-0,62	-1,10	-0,55	-0,11	-0,84
Durchschnittliche Abweichung	—	0,37	0,55	0,74	0,68	0,33	0,70	0,52	0,23	0,66
In Procent der Mittelzahl	—	6,00	7,15	11,26	10,72	5,37	12,50	8,33	4,41	11,85

c. Mittel aus den Mittelzahlen unter a und b. (Halbe Ebbe.) Werthe von t zur Vergleichung mit anderen Stromstrecken.

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittel in den einzelnen Jahren	8,63	7,79	9,44	8,59	7,85	7,70	6,92	7,47	6,92	7,28
Durchschnitt mehrerer Jahre	8,62			7,76				7,22		
Allgemeine Durchschnittszahl $t =$	7,86									

3. Sonstige Bemerkungen und Verhältnisse.

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Werthe von \sqrt{t} (halbe Ebbe)	2,94	2,79	3,07	2,93	2,80	2,77	2,63	2,73	2,63	2,70
Durchschnitt mehrerer Jahre	2,93			2,78				2,69		
Allgemeine Durchschnittszahl $\sqrt{t} =$	2,80									

Die Ebbe wird hier durch einen in Höhe und Lage veränderlichen Mittelrücken in zwei Hauptstromrinnen getheilt; der höchste Punkt des Mittelrückens tritt oft bei der Ebbe als isolirtes Sandfeld zu Tage; selten erreicht derselbe die Höhe der ordinären Fluth.

Größte gemessene Tiefen in dem Profile No. 9. (Ordinäre Fluthhöhe.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Nördliche Stromrinne	—	17 $\frac{1}{2}$	19 $\frac{1}{2}$	19	19 $\frac{1}{2}$	16 $\frac{1}{2}$	17 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{2}$	16	16 $\frac{1}{2}$
Südliche Stromrinne	—	12 $\frac{1}{2}$	12 $\frac{1}{2}$	15	16	16 $\frac{1}{2}$	15 $\frac{1}{2}$	15 $\frac{1}{2}$	13 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{2}$

Kleinste gemessene Tiefen auf dem Mittelrücken, Profil No. 9. (Ordinäre Fluthhöhe.)

—	7 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$	4	0	3 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$
---	-----------------	-----------------	---	---	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Tabelle II.

Süder-Elbe, 1700 Fuß unterhalb der Stromtheilung.

Entfernung der gemessenen Profile von einander, $\left. \begin{array}{l} \text{Lit. b bis c. 380 Fuß,} \\ \text{" c " d. 760 " } \\ \text{" d " e. 800 " } \end{array} \right\} \text{Länge der Stromstrecke II. l} = 1940 \text{ Fuß.}$
Die Strombreite beträgt 900 bis 1100 Fuß.

1. Quers-Profil des Stromes. (Profil-Größe in Hamburger Quadrat-Fuß.)

a. Bei einem Wasserstande von $6\frac{3}{4}$ Fuß + Hamburger Null.. (Ordinär Hochwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.	
Gemessene Profil-Größen $\left. \begin{array}{l} \text{Lit. b.} \\ \text{" c.} \\ \text{" d.} \\ \text{" e.} \end{array} \right\}$	13312	11850	14450	14412	12400	12412	12875	12150	13962	12162	
	—	12662	13450	15100	13275	12550	13862	12912	13362	11887	
	13537	13081	13775	16950	15212	13900	13987	13750	14887	13612	
	13062	13756	14975	16412	14862	14562	14325	12525	14278	13987	
Mittelzahl	13304	12837	14162	15718	13937	13356	13762	12834	14122	12912	
Abweichung der einzelnen Größen von der Mittel- zahl	Lit. b. " c. " d. " e.	+ 8	- 987	+ 288	-1306	-1537	- 944	- 887	- 684	- 160	- 750
		—	- 175	- 712	- 618	- 662	- 806	+ 100	+ 78	- 760	-1025
		+ 233	+ 244	- 387	+1232	+1275	+ 544	+ 225	+ 916	+ 765	+ 700
		- 240	+ 919	+ 813	+ 694	+ 925	+1206	+ 563	- 309	+ 156	+1075
Durchschnittliche Abweichung In Procent der Mittelzahl	—	581	550	962	1100	900	444	497	460	887	
Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Profil	—	—	4,53	3,88	6,12	7,90	6,74	3,23	3,87	3,26	6,87
Das kleinste Profil verhält sich zum größten wie 1:	—	1905	1525	2538	2812	2150	1450	1600	1525	2100	
	—	1,16	1,11	1,18	1,23	1,17	1,11	1,13	1,11	1,18	

b. Bei einem Wasserstande von 3 Fuß + Hamburger Null. (Ordinär Niedrigwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.	
Gemessene Profil-Größen $\left. \begin{array}{l} \text{Lit. b.} \\ \text{" c.} \\ \text{" d.} \\ \text{" e.} \end{array} \right\}$	8812	7483	9925	10400	8000	7787	8250	7625	9137	8487	
	—	9137	9775	11725	9712	8987	10300	9350	9437	8600	
	9562	9044	10112	13000	11262	9950	10037	9800	10937	9875	
	8675	9481	10850	12087	10537	10237	10000	8200	9962	9662	
Mittelzahl	9016	8786	10140	11803	9878	9240	9647	8744	9868	9156	
Abweichung der einzelnen Größen von der Mittel- zahl	Lit. b. " c. " d. " e.	- 104	-1303	- 215	-1403	-1878	-1453	-1397	-1119	- 731	- 669
		—	+ 351	- 365	- 78	- 166	- 253	+ 653	+ 606	- 431	- 556
		+ 546	+ 258	- 128	+1197	+1384	+ 710	+ 390	+1056	+1069	+ 719
		- 341	+ 695	+ 710	+ 284	+ 659	+ 997	+ 353	- 544	+ 94	+ 506
Durchschnittliche Abweichung In Procent der Mittelzahl	—	652	354	740	1022	853	698	831	581	612	
Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Profil	—	—	7,42	3,49	6,27	10,34	9,23	7,24	9,50	5,99	6,88
Das kleinste Profil verhält sich zum größten wie 1:	—	1998	1075	2600	3262	2450	2050	2175	1800	1388	
	—	1,27	1,11	1,25	1,41	1,31	1,25	1,29	1,20	1,16	

c. Mittel aus den Mittelzahlen unter a und b. (Halbe Ebbe.) Werthe von P zur Vergleichung mit andern Stromstrecken.

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittel in den einzelnen Jahren	11160	10812	12151	13760	11907	11298	11704	10789	11995	11034
Durchschnitt mehrerer Jahre	11374			12167			11273			
Allgem. Durchschnittszahl P =	11661									

(Fortsetzung von Tabelle II.)

2. Tiefe des Stromes. (Mittlere Tiefe in Hamburger Fuß.)

a. Bei einem Wasserstande von 6½ Fuß + Hamburger Null. (Ordinär Hochwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittlere Tiefe in den gemessenen Profilen	Litt. b. 11,05	10,60	13,38	14,70	11,02	11,34	11,79	11,19	13,24	10,78
	" c. —	12,99	14,61	16,77	13,80	13,21	14,59	12,91	14,23	12,51
	" d. 12,31	12,36	14,29	16,75	15,01	13,70	13,77	12,90	14,60	13,41
	" e. 10,88	12,61	13,43	14,74	13,79	13,06	12,84	10,72	12,81	12,53
Mittelzahl	11,41	12,14	13,93	15,74	13,40	12,83	13,25	11,93	13,74	12,31
Abweichung der einzelnen Werte von der Mittelzahl	Litt. b. -0,36	-1,54	-0,55	-1,04	-2,38	-1,49	-1,46	-0,72	-0,50	-1,53
	" c. —	+0,85	+0,68	+1,03	+0,40	+0,38	+1,34	+0,98	+0,49	+0,20
	" d. +0,90	+0,22	+0,36	+1,01	+1,61	+0,87	+0,52	+0,97	+0,95	+1,10
	" e. -0,53	+0,47	+0,50	-1,00	+0,39	+0,23	+0,41	-1,21	-0,93	+0,22
Durchschnittliche Abweichung	—	0,77	1,02	1,02	1,19	0,74	0,93	0,97	0,72	0,76
In Procent der Mittelzahl	—	6,34	6,48	6,48	8,89	5,77	7,02	8,13	5,24	6,17

b. Bei einem Wasserstande von 3 Fuß + Hamburger Null. (Ordinär Niedrigwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittlere Tiefe in den gemessenen Profilen	Litt. b. 7,64	6,85	9,63	10,95	7,27	8,01	8,04	7,44	9,49	7,39
	" c. —	9,52	10,86	13,02	10,05	9,46	10,84	9,16	10,48	12,28
	" d. 9,56	8,61	10,54	13,00	11,26	9,95	10,02	9,65	10,94	10,97
	" e. 7,89	9,34	9,68	10,99	10,04	9,31	9,09	6,97	9,06	8,78
Mittelzahl	8,36	8,58	10,18	11,99	9,65	9,18	9,49	8,30	9,99	9,85
Abweichung der einzelnen Werte von der Mittelzahl	Litt. b. -0,72	-1,73	-0,55	-0,94	-2,38	-1,17	-1,45	-0,86	-0,50	-2,46
	" c. —	+0,94	+0,68	+1,03	+0,40	+0,28	+1,35	+0,86	+0,49	+2,43
	" d. +1,20	+0,03	+0,36	+1,01	+1,61	+0,77	+0,53	+1,35	+0,95	+1,12
	" e. -0,47	+0,76	-0,50	-1,00	+0,39	+0,13	-0,40	-1,33	-0,93	-1,07
Durchschnittliche Abweichung	—	0,86	0,52	0,97	1,19	0,59	0,93	1,10	0,72	1,77
In Procent der Mittelzahl	—	10,02	5,11	8,09	12,33	6,42	9,80	13,25	7,21	17,79

c. Mittel aus den Mittelzahlen unter a und b. (Halbe Ebbe.) Werte von t zur Vergleichung mit anderen Stromstellen.

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittel in den einzelnen Jahren	9,88	10,36	12,05	13,86	11,52	11,00	11,37	10,11	11,86	11,08
Durchschnitt mehrerer Jahre	10,71			11,94			10,85			
Allgemeine Durchschnittszahl	11,26									

3. Sonstige Bemerkungen und Verhältnisse.

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Berthe von \sqrt{t} (halbe Ebbe)	3,14	3,21	3,47	3,72	3,39	3,31	3,37	3,18	3,44	3,32
Durchschnitt mehrerer Jahre	3,27			3,45			3,29			
Allgemeine Durchschnittszahl \sqrt{t}	3,35									

Die Süder-Ebbe ist hier, durch veränderliche Sandablagerungen, bald in zwei Stromrinnen getheilt, bald in Eine Schlaufe vereinigt.

Größte gemessene Tiefen in dem Profile Litt. b. (Ordinäre Fluthöhe.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Nördliche Stromrinne	14½	16	—	15½	13½	13½	14½	11½	11½	—
Bereinigter Strom	—	—	15	—	—	—	—	—	—	29
Südlische Stromrinne	16½	12	—	23½	16	19	19½	21	24½	—

Kleinste gemessene Tiefen auf dem Mittelrücken in dem genannten Profile. (Ordinäre Fluthöhe.)

9½	7½	—	11½	8½	5	6	5½	7½	—
----	----	---	-----	----	---	---	----	----	---

Tabelle III.

Norder-Elbe, 1600 Fuß unterhalb der Stromtheilung.

Entfernung der gemessenen Profile von einander, $\left. \begin{array}{l} \text{No. 15 bis No. 16. 400 Fuß,} \\ \text{" 16 " " 17. 800 " } \\ \text{" 17 " " 18. 800 " } \end{array} \right\} \text{Länge der Stromstrecke III. } l = 2000 \text{ Fuß.}$
 Die Strombreite beträgt 700 Fuß (zwischen den Köpfen der Werke).

1. Quers-Profil des Stromes. (Profil-Größe in Hamburger Quadrat-Fuß.)

a. Bei einem Wasserstande von 6 $\frac{3}{4}$ Fuß + Hamburger Null. (Ordinär Hochwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Gemessene Profil-Größen $\left. \begin{array}{l} \text{No. 15.} \\ \text{" 16.} \\ \text{" 17.} \\ \text{" 18.} \end{array} \right\}$	6575	6800	7550	7918	6144	6269	5731	4656	5462	4588
	6662	6025	7225	7756	5800	6031	5856	5156	5100	4250
	5549	5639	7462	7291	5954	5617	6124	5525	5210	4789
	5944	4956	6169	6769	5550	5775	5544	5469	5339	4994
Mittelzahl	6182	5855	7101	7433	5862	5923	5814	5201	5278	4655
Abweichung der einzelnen Größen von der Mittelzahl $\left. \begin{array}{l} \text{No. 15.} \\ \text{" 16.} \\ \text{" 17.} \\ \text{" 18.} \end{array} \right\}$	+ 393	+ 945	+ 449	+ 485	+ 265	+ 346	- 83	- 545	+ 184	- 67
	+ 480	+ 170	+ 124	+ 323	- 79	+ 108	+ 42	- 45	- 178	- 405
	- 633	- 216	+ 361	- 142	+ 75	- 306	+ 310	+ 324	- 68	+ 134
	- 238	- 899	- 932	- 664	- 329	- 148	- 270	+ 268	+ 61	+ 340
Durchschnittliche Abweichung	436	557	466	403	187	227	176	296	123	236
In Procent der Mittelzahl	7,05	9,51	6,57	5,42	3,19	3,83	3,03	5,69	2,33	5,07
Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Profil	1113	1844	1381	1149	594	652	580	869	362	745
Das kleinste Profil verhält sich zum größten wie 1:.....	1,20	1,37	1,22	1,17	1,11	1,12	1,10	1,19	1,07	1,18

b. Bei einem Wasserstande von 3 Fuß + Hamburger Null. (Ordinär Niedrigwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Gemessene Profil-Größen $\left. \begin{array}{l} \text{No. 15.} \\ \text{" 16.} \\ \text{" 17.} \\ \text{" 18.} \end{array} \right\}$	3600	3737	4579	4941	3168	3293	2762	1706	2406	1616
	3869	3400	4625	5131	3175	3406	3231	2590	2481	1669
	2849	2918	4694	4663	3226	2985	3496	2903	2625	2156
	2700	1350	3131	3719	2500	2725	2544	2469	2362	2137
Mittelzahl	3254	2851	4258	4613	3017	3102	3008	2417	2468	1894
Abweichung der einzelnen Größen von der Mittelzahl $\left. \begin{array}{l} \text{No. 15.} \\ \text{" 16.} \\ \text{" 17.} \\ \text{" 18.} \end{array} \right\}$	+ 346	+ 886	+ 321	+ 328	+ 151	+ 191	- 246	- 711	- 62	- 278
	+ 615	+ 549	+ 369	+ 518	+ 158	+ 304	+ 223	+ 173	+ 13	- 225
	- 405	+ 67	+ 436	+ 50	+ 209	- 117	+ 448	+ 486	+ 157	+ 262
	- 554	- 1501	- 1127	- 894	- 517	- 377	- 464	+ 52	- 106	+ 243
Durchschnittliche Abweichung	480	750	563	447	258	247	355	355	89	252
In Procent der Mittelzahl	14,41	26,31	13,22	9,69	8,55	7,96	11,80	14,69	3,61	13,31
Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Profil	1169	2387	1563	1412	726	681	912	1197	261	540
Das kleinste Profil verhält sich zum größten wie 1:.....	1,43	2,77	1,50	1,38	1,29	1,25	1,36	1,70	1,11	1,33

c. Mittel aus den Mittelzahlen unter a und b. (Halbe Ebbe.) Werthe von P zur Vergleichung mit anderen Stromstrecken.

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittel in den einzelnen Jahren	4718	4353	5679	6023	4439	4512	4411	3809	3873	3274
Durchschnitt mehrerer Jahre	4917			4846			3652			
Allgem. Durchschnittszahl P =	4509									

(Fortsetzung von Tabelle III.)

2. Tiefe des Stromes. (Mittlere Tiefe in Hamburger Fuß.)

a. Bei einem Wasserstande von $6\frac{3}{4}$ Fuß + Hamburger Null. (Ordinär Hochwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittlere Tiefe in den gemessenen Profilen	No. 15. 8.39	8.34	9.58	10.05	7.77	7.94	7.29	5.60	6.73	5.81
	" 16. 9.19	8.61	10.73	11.08	8.29	8.62	8.37	7.37	7.28	6.07
	" 17. 7.59	7.70	10.15	10.61	8.50	8.16	8.92	8.02	7.63	6.94
	" 18. 6.62	5.73	8.79	9.72	7.85	8.19	7.91	7.80	7.63	7.22
Mittelzahl	7.95	7.59	9.81	10.36	8.10	8.23	8.12	7.20	7.32	6.51
Abweichung der einzelnen Werte von der Mittelzahl	No. 15. +0.44	+0.75	-0.23	-0.31	-0.33	-0.29	-0.83	-1.60	-0.59	-0.70
	" 16. +1.24	+1.02	+0.92	+0.72	+0.19	+0.39	+0.25	+0.17	-0.04	-0.44
	" 17. -0.36	+0.11	+0.34	+0.25	+0.40	-0.07	+0.80	+0.82	+0.31	+0.43
	" 18. -1.33	-1.86	-1.02	-0.64	-0.25	-0.04	-0.21	+0.60	+0.31	+0.71
Durchschnittliche Abweichung	0.84	0.93	0.63	0.48	0.29	0.20	0.52	0.80	0.31	0.52
In Procent der Mittelzahl	10.56	12.25	6.42	4.63	3.58	2.43	6.40	11.11	4.23	7.98

b. Bei einem Wasserstande von 3 Fuß + Hamburger Null. (Ordinär Niedrigwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittlere Tiefe in den gemessenen Profilen	No. 15. 4.64	4.78	5.83	6.30	4.02	4.19	3.54	3.21	2.98	2.06
	" 16. 5.44	4.86	6.98	7.33	4.54	4.87	4.62	3.92	3.67	2.78
	" 17. 4.20	4.14	6.40	6.86	4.75	4.41	5.17	4.27	4.08	3.19
	" 18. 4.91	4.50	5.01	6.36	4.10	4.23	4.12	3.20	3.32	3.56
Mittelzahl	4.80	4.57	6.05	6.71	4.35	4.42	4.36	3.65	3.51	2.90
Abweichung der einzelnen Werte von der Mittelzahl	No. 15. -0.16	+0.21	-0.22	-0.41	-0.33	-0.23	-0.82	-0.44	-0.53	-0.84
	" 16. +0.64	+0.29	+0.93	+0.62	+0.19	+0.45	+0.26	+0.27	+0.16	-0.12
	" 17. -0.60	-0.43	+0.35	+0.15	+0.40	-0.01	+0.81	+0.62	+0.57	+0.29
	" 18. +0.11	-0.07	-1.04	-0.35	-0.25	-0.19	-0.24	-0.45	-0.19	+0.66
Durchschnittliche Abweichung	0.38	0.25	0.64	0.38	0.26	0.22	0.53	0.45	0.36	0.48
In Procent der Mittelzahl	7.92	5.47	10.57	5.66	5.98	5.00	12.15	12.33	10.25	16.55

c. Mittel aus den Mittelzahlen unter a und b. (Halbe Ebbe.) Werte von t zur Vergleichung mit anderen Stromstrecken.

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittel in den einzelnen Jahren	6.37	6.08	7.93	8.53	6.22	6.32	6.24	5.42	5.41	4.70
Durchschnitt mehrerer Jahre	6.79			6.83			5.18			
Allgemeine Durchschnittszahl $t =$	6.32									

3. Sonstige Bemerkungen und Verhältnisse.

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Werte von \sqrt{t} (halbe Ebbe)	2.52	2.46	2.81	2.92	2.50	2.51	2.50	2.33	2.33	2.16
Durchschnitt mehrerer Jahre	2.60			2.61			2.28			
Allgemeine Durchschnittszahl $\sqrt{t} =$	2.51									

Die Norder-Ebbe ist hier, durch veränderliche Sandablagerungen, bald in zwei Stromrinnen getheilt, bald in Einer Rinne vereinigt.

Größte gemessene Tiefen in dem Profile No. 15. (Ordinäre Fluthöhe.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Nördliche Stromrinne	12 $\frac{1}{2}$	—	10 $\frac{1}{2}$	12 $\frac{1}{2}$	10 $\frac{1}{2}$	10 $\frac{1}{2}$	8 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$	10
Vereinigter Strom	—	12 $\frac{1}{2}$	—	—	—	—	—	14	—	—
Südliche Stromrinne	—	—	16	18 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{2}$	11 $\frac{1}{2}$	11 $\frac{1}{2}$	—	12 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{1}{2}$

Kleinste gemessene Tiefen auf dem Mittelrücken in dem genannten Profile. (Ordinäre Fluthöhe.)

—	—	6 $\frac{1}{2}$	6	4 $\frac{1}{2}$	4	4	2	5	4 $\frac{1}{2}$
---	---	-----------------	---	-----------------	---	---	---	---	-----------------

Der vereinigte Strom in den Jahren 1843 und 1844 lag am südlichen Ufer.

Tabelle VIII.

Norder-Elbe bei St. Pauli, 53000 Fuß unterhalb der Stromtheilung.

Entfernung der gemessenen Profile von einander, $\left. \begin{array}{l} \text{No. 100 bis No. 101. 800 Fuß,} \\ \text{" 101 " " 102. 800 " } \\ \text{" 102 " " 103. 800 " } \end{array} \right\} \text{Länge der Stromstrecke VIII. } l = 2400 \text{ Fuß.}$

Die Strombreite beträgt 1250 Fuß zwischen den Ufern.

I. Quers-Profil des Stromes. (Profil-Größe in Hamburger Quadrat-Fuß.)

a. Bei einem Wasserstande von $6\frac{3}{4}$ Fuß + Hamburger Null. (Ordinär Hochwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Gemessene Profil-Größen $\left. \begin{array}{l} \text{No. 100} \\ \text{" 101} \\ \text{" 102} \\ \text{" 103} \end{array} \right\}$	17262	17356	17987	18681	19437	19500	19694	19481	19550	20281
	18356	18674	19387	18450	19550	20281	20737	20194	20625	20737
	16781	16875	18344	18061	19662	19500	20575	19862	20725	20200
	17946	15468	16718	16095	17219	17781	18006	18356	18737	19775
Mittelzahl	17586	17093	18109	17827	18967	19265	19753	19473	19909	20248
Abweichung der einzelnen Größen von der Mittelzahl $\left. \begin{array}{l} \text{No. 100} \\ \text{" 101} \\ \text{" 102} \\ \text{" 103} \end{array} \right\}$	- 324	+ 263	- 122	+ 854	+ 470	+ 235	- 59	+ 8	- 359	+ 33
	+ 770	+ 1581	+ 1278	+ 623	+ 583	+ 1016	+ 984	+ 721	+ 716	+ 489
	- 805	- 218	+ 235	+ 254	+ 695	+ 235	+ 822	+ 389	+ 816	- 48
	+ 360	- 1625	- 1391	- 1732	- 1748	- 1484	- 1747	- 1117	- 1172	- 473
Durchschnittliche Abweichung. In Procent der Mittelzahl	565 3,21	921 5,39	765 4,22	866 4,86	874 4,61	742 3,85	903 4,57	558 2,87	766 3,85	261 1,29
Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Profil	1575	3206	2669	2586	2443	2500	2731	1838	1988	962
Das kleinste Profil verhält sich zum größten wie 1:	1,09	1,21	1,16	1,16	1,14	1,14	1,15	1,10	1,11	1,05

b. Bei einem Wasserstande gleich Hamburger Null. (Ordinär Niedrigwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Gemessene Profil-Größen $\left. \begin{array}{l} \text{No. 100} \\ \text{" 101} \\ \text{" 102} \\ \text{" 103} \end{array} \right\}$	9456	9381	9981	10894	11487	11381	11144	11337	11381	11987
	9731	9831	10125	9656	10675	11112	11625	11119	10806	11325
	8275	8281	9669	9800	10887	10788	11475	10931	11637	11162
	10100	8387	9086	8469	9306	9800	9212	10329	10281	11081
Mittelzahl	9390	8970	9715	9705	10589	10770	10864	10929	11026	11389
Abweichung der einzelnen Größen von der Mittelzahl $\left. \begin{array}{l} \text{No. 100} \\ \text{" 101} \\ \text{" 102} \\ \text{" 103} \end{array} \right\}$	+ 66	+ 411	+ 266	+ 1189	+ 898	+ 611	+ 280	+ 408	+ 355	+ 598
	+ 341	+ 861	+ 410	- 49	+ 86	+ 342	+ 761	+ 190	- 220	- 64
	- 1115	- 689	- 46	+ 95	+ 298	+ 18	+ 611	+ 2	+ 611	- 227
	+ 710	- 583	- 629	- 1236	- 1283	- 970	- 1652	- 600	- 745	- 308
Durchschnittliche Abweichung. In Procent der Mittelzahl	557 5,93	636 7,09	338 3,48	641 6,60	641 6,07	485 4,50	826 7,63	300 2,74	482 4,37	299 2,63
Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Profil	1825	1550	1039	2425	2181	1571	2413	1008	1356	908
Das kleinste Profil verhält sich zum größten wie 1:	1,22	1,19	1,11	1,29	1,22	1,16	1,26	1,10	1,13	1,08

c. Mittel aus den Mittelzahlen unter a und b. (Halbe Ebbe.) Werthe von P zur Vergleichung mit anderen Stromstrecken.

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittel in den einzelnen Jahren	13488	13031	13912	13766	14778	15017	15308	15202	15467	15818
Durchschnitt mehrerer Jahre	13477			14717			15495			
Allgem. Durchschnittszahl P	14579									

(Fortsetzung von Tabelle VIII.)

2. Tiefe des Stromes. (Mittlere Tiefe in Hamburger Fuß.)

a. Bei einem Wasserstande von $6\frac{1}{2}$ Fuß + Hamburger Null. (Ordinär Hochwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittlere Tiefe in den gemessenen Profilen	No. 100 15,43	15,30	14,90	17,02	16,11	16,14	15,75	16,39	16,29	16,22
	" 101 15,50	15,07	13,35	13,96	15,04	15,58	14,78	14,02	14,69	14,99
	" 102 14,06	12,56	14,31	14,73	16,51	17,17	15,36	15,47	14,80	15,31
	" 103 16,38	14,38	15,58	14,90	17,67	16,23	14,74	15,85	14,89	15,21
Mittelzahl	15,34	14,33	14,53	15,15	16,33	16,28	15,16	15,43	15,17	15,43
Abweichung der einzelnen Werte von der Mittelzahl	No. 100 +0,09	+0,97	+0,37	+1,87	-0,22	-0,14	+0,59	+0,96	+1,12	+0,79
	" 101 +0,16	+0,74	-1,18	-1,19	-1,29	-0,70	-0,38	-1,41	-0,48	-0,44
	" 102 -1,28	-1,77	-0,22	-0,42	+0,18	+0,89	+0,20	+0,04	-0,37	-0,12
	" 103 +1,04	+0,05	+1,05	-0,25	+1,34	-0,05	-0,42	+0,42	-0,28	-0,22
Durchschnittliche Abweichung	0,64	0,88	0,70	0,93	0,76	0,45	0,40	0,71	0,56	0,39
In Procent der Mittelzahl	4,18	6,14	4,82	6,14	4,65	2,76	2,64	4,60	3,69	2,53

b. Bei einem Wasserstande gleich Hamburger Null. (Ordinär Niedrigwasser.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittlere Tiefe in den gemessenen Profilen	No. 100 8,68	8,75	9,30	10,88	10,95	10,12	9,91	10,08	10,28	10,42
	" 101 8,75	8,75	8,80	8,78	9,28	9,26	9,55	9,27	9,23	9,38
	" 102 7,31	7,88	8,80	9,33	9,76	11,38	9,37	9,11	8,66	8,93
	" 103 10,40	9,21	9,54	9,41	9,92	9,58	8,57	9,10	8,94	9,05
Mittelzahl	8,78	8,65	9,11	9,60	9,98	10,08	9,35	9,39	9,28	9,44
Abweichung der einzelnen Werte von der Mittelzahl	No. 100 -0,10	+0,10	+0,19	+1,28	+0,97	+0,04	+0,56	+0,69	+1,00	+0,98
	" 101 -0,03	+0,10	-0,31	-0,82	-0,70	-0,82	+0,20	-0,12	-0,05	-0,06
	" 102 -1,47	-0,77	-0,31	-0,27	-0,22	+1,30	+0,02	-0,28	-0,62	-0,51
	" 103 +1,62	+0,56	+0,43	-0,19	-0,06	-0,50	-0,78	-0,29	-0,32	-0,39
Durchschnittliche Abweichung	0,81	0,38	0,31	0,64	0,49	0,66	0,39	0,34	0,50	0,49
In Procent der Mittelzahl	9,23	4,39	3,40	6,67	4,91	6,55	4,17	3,62	5,39	5,19

c. Mittel aus den Mittelzahlen unter a und b. (Halbe Ebbe.) Werte von t zur Vergleichung mit anderen Stromproben.

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Mittel in den einzelnen Jahren	12,06	11,48	11,82	12,37	13,15	13,18	12,25	12,41	12,22	12,43
Durchschnitt mehrerer Jahre	11,79			12,74			12,35			
Allgemeine Durchschnittszahl \bar{t}	12,34									

3. Sonstige Bemerkungen und Verhältnisse.

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Werte von \sqrt{t} (halbe Ebbe)	3,47	3,39	3,44	3,51	3,62	3,63	3,50	3,52	3,49	3,52
Durchschnitt mehrerer Jahre	3,43			3,57			3,51			
Allgemeine Durchschnittszahl $\sqrt{\bar{t}}$	3,51									

Die Norder-Ebbe ist hier seit 1846 in einer Stromrinne vereinigt, welche den Ufern parallel, etwas näher dem rechtsseitigen Ufer, liegt.

Größte gemessene Tiefen im Profile No. 103. (Ordinäre Fluthöhe.)

Datum der Messung	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
Nördliche Stromrinne	26 $\frac{1}{2}$	27 $\frac{1}{2}$	30 $\frac{1}{2}$	—	—	—	—	—	—	—
Bereinigter Strom	—	—	—	27 $\frac{1}{2}$	27 $\frac{1}{2}$	27	28	25	25 $\frac{1}{2}$	26
Südliche Stromrinne	9 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$	7	—	—	—	—	—	—	—

Kleinste gemessene Tiefen auf dem Mittelrücken. (Ordinäre Fluthöhe.)

6 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$	—	—	—	—	—	—	—	—
-----------------	-----------------	-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---



Das folgende Tableau giebt vollständige Auskunft über Zeit, Ort und Quantität der in Rede stehenden Baggereien von 1840 bis 1852.

Stromgegend, wo gebaggert.	1840.	1841.	1842.	1843.	1844.	1845.	1846.	1847.	1848.	1849.	1850.	1851.	1852.
	Gebaggerte Quantität in Tausend Cubicfuß Hamburger Maaß.												
Bei Buntehaus, oberhalb und in der Strecke III. } 2765	—	—	—	—	316	418	1012	716	423	170	1240	405	1425
Bei Spadenland, oberhalb und in der Strecke IV. } —	546	—	—	—	—	—	—	195	—	—	—	—	—
Bei Spadenlander Busch und Ausschlag, oberhalb und in der Strecke V. } —	115	163	—	—	—	—	97	—	—	—	—	—	—
Bei Georgswärder und Kaltehofe, oberhalb und in der Strecke VI. } —	2709	—	—	—	—	—	225	—	—	—	—	—	—
Bei Billwärder, oberhalb und in der Strecke VII. } —	—	—	—	526	113	688	—	—	—	—	—	—	—
Summe	2765	3370	163	526	429	1106	1334	911	423	170	1240	405	1425

Von 1840 bis 1852.

Strecke III.	Bei Buntehaus	8,890,000	Cubicfuß,
” IV.	” Spadenland	741,000	”
” V.	” Spadenlander Busch und Ausschlag	375,000	”
” VI.	” Georgswärder und Kaltehofe	2,934,000	”
” VII.	” Billwärder	1,327,000	”

Total 14,267,000 Cubicfuß,
oder circa 75,000 Schachtruthen preußisches Maaß.

In sämtlichen Strecken I bis VII.

1840–1842.	Erste Aufräumung beim Beginn der Correction	6,298,000	Cubicfuß,
1843–1845.	Während des Fortganges der Corrections-Arbeiten	2,061,000	”
1846–1852.	Nach Beendigung der wesentlichen Anlagen	5,908,000	”

Wie oben 14,267,000 Cubicfuß.

Die erste Aufräumung betrifft, wie man aus obigem Tableau ersieht, in der Hauptmasse, die obere und die untere Mündung des, auf seine eignen Kräfte beschränkten, Norder-Elbarmes; an jedem Ende desselben ist damals ein Quantum von $2\frac{1}{4}$ Millionen Cubicfuß Sand herausgebaggert.

Wie diese beiden Stromstrecken in gleich hohem Grade versandet waren, habe ich aus den Nachrichten früherer Zeit nachgewiesen (vergl. § 4, § 6 und Fig. 8), interessant ist die Verschiedenheit ihres Verhaltens nach Wegschaffung jener großen Sandmassen durch Baggerei.

Die obere Mündung (Buntehaus) behält drei Jahre lang eine schiffbare Tiefe ohne künstliche Beihülfe, von da an aber zeigen die alljährlich erforderlich gewesenen Aufräumungen sich in einer Zahlenreihe, deren auf- und absteigende Werthe nur durch finanzielle Rücksichten veranlaßt sind. Das arithmetische Mittel aus den in 1844–1852 registrirten Quantitäten kann daher einen brauchbaren Maaßstab für die zur Erhaltung der Schiffbarkeit in der oberen Mündung der Norder-Elbe unter den bestehenden Verhältnissen jährlich erforderlich gewesene Baggerei abgeben; diese Durchschnittszahl ist 680,500 Cubicfuß. Dieselbe ist nicht zu verwechseln mit der Größe der jährlichen Ablagerung in dieser Stromstrecke, denn wir haben gesehen, daß während desselben Zeitraumes, in welchem diese Baggereien Statt fanden, die Profil-Größe und mittlere Tiefe eben daselbst in steter Abnahme gewesen ist, d. h. die Ablagerung war größer als die Ausräumung.

Zu bemerken ist noch, daß man fast dieselbe Durchschnittszahl erhält, wenn man die große Baggerei von 1840 auf die vier Jahre 1840–1843 vertheilt; $\frac{2\,765\,000}{4} = 691\,250$.

Das Verhalten der Stromstrecke bei der Kaltenhofe ist ein gerade entgegengesetztes; nur Einmal (1846) erforderte eine durchpassirende Sandmasse, welche die Schifffahrt temporär benachtheiligte, die Anwendung von Baggerei; das Quantum war unbedeutend, und auch dies hätte unterbleiben können, wenn man nicht in Hamburg gern suchte, die Beseitigung selbst vorübergehender Uebelstände im Fahrwasser ebenso bereitwillig zu bewirken, als sie gemeinhin von Schiffen und Rhedern dringlich gefordert zu werden pflegt. Dabei haben wir gesehen, daß Profil-Größe und mittlere Tiefe in dieser Strecke nicht nur nicht abgenommen, sondern fortwährend zugenommen haben.

Das Endresultat der Vergleichung bestätigt also auch hier die Sätze, auf welche wir in jedem einzelnen Theile der Untersuchung hingeführt wurden; wir finden nemlich, daß in der oberen Mündung, trotz fortgesetzter Baggerei, der Strom sein Bette erhöhet, daß aber dagegen am unteren Ende nach der ersten Aufräumung, ohne fernere Baggerei, der Strom sein Bette fortwährend vertieft und regelmäßig ausbildete.

Diese Nachweisung einer festbegründeten Erfahrung kann vielleicht für manchen Strombaumeister nützlich sein, um in ähnlichen Verhältnissen die noch immer sehr verbreitete Vorliebe für die Anwendung von Palliativmitteln leichter auf richtige Urtheilsgründe zurückzuführen.

Die Baggereien 1843–1845 in der Stromstrecke VII bei Billwärder hatten den Zweck, Inconvenienzen zu befestigen, welche durch das in's Treiben gebrachte große Sandfeld (vergl. § 22) temporär verursacht wurden und die, weil Manche darin Symptome des Mißlingens der Stromcorrection erkennen wollten, zu nicht geringer Allarmirung Unkundiger Veranlassung gaben, anstatt daß aus der raschen Fortbewegung so großer Sandmassen durch den Strom selbst, gerade die sichere Beruhigung hätte entnommen werden können, daß die hydraulischen Kräfte der Norder-Elbe zur Erhaltung ihrer Schiffbarkeit von Spadenland abwärts bei geregelter Leitung vollkommen genügend seien.

Als beiläufige Notiz hat es vielleicht einiges Interesse, zu bemerken, daß die ausgebagerten $14\frac{1}{4}$ Millionen Cubicfuß Sand ausreichen würden, um, bei gleichmäßiger Ausbreitung, das ganze Strombette der Norder-Elbe von der Stromtheilung bis Billwärder in der Normal-Breite von 700 Fuß ungefähr 9 Zoll hoch damit zu bedecken, und dürfte diese Vorstellung besonders geeignet sein, den verhältnismäßig geringen Nutz-Effect von Baggereien im freien Strom anschaulich zu machen, wenn man dabei in Erinnerung bringt, daß circa

9 Millionen Cubicfuß, also weit über die Hälfte jener Quantität, an einer einzigen Stelle von geringer Ausdehnung in der oberen Mündung gebaggert ist, die dadurch nicht nachhaltig vertieft worden. Die übrigen 5 Millionen vertheilen sich ebenfalls sehr ungleich; etwa 4 Millionen derselben kommen auf die unterste Stromstrecke; eine Million nur bleibt für den mittleren Theil, der bei einer Längen-Ausdehnung von 16 000 Fuß und der Normal-Breite von 700 Fuß, eine Bodenfläche des Strombettes von circa 11 Millionen Quadratfuß darbietet. Diese Grundfläche könnte man also, bei gleichmäßiger Ausbreitung, etwa einen starken Zoll hoch mit dem herausgebaggerten Sande bedecken. Vergleicht man nun hiermit die im § 16 mitgetheilten Veränderungen, welche von Jahr zu Jahr in den Werthen der mittleren Tiefe Statt gefunden haben, so erhält man das, für erfahrene Strombaukundige freilich nichts weniger als überraschende Ergebnis, daß gegen die Quantitäten Sandes, welche der auf eine angemessene Breite eingeschränkte Strom selber von einer Stelle zur andern fortbewegt, jene gebaggerten Sandmassen fast verschwinden.

§ 30.

Die bis hierher gewonnenen Ergebnisse der Erörterung lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. In Betreff der natürlichen Verhältnisse des concreten Falles und deren Statt gefundenen Veränderungen:

a. Die ungetheilte Elbe zunächst oberhalb der Stromtheilung, ihrer natürlichen Beschaffenheit nach bisher eine Stätte unregelmäßiger Sandablagerungen, die an großen Schwankungen in den Durchschnittswerthen der Profil-Größe und der mittleren Tiefe erkannt werden (§ 20), befindet sich noch gegenwärtig in diesem regellosen Zustande. (§ 18, § 20.)

b. Die obere Mündung der Süder-Elbe nimmt an den Schwankungen des Hauptstromes Theil, jedoch bedarf diese Abzweigung, zur Ueberwindung und gleichmäßigen Weiterförderung der Sandmassen, keiner Beihülfe durch künstliche Aufräumung. (§ 18, § 20.)

c. Auch die obere Mündung der Norder-Elbe wird in jene Schwankungen hineingezogen, aber mit dem Unterschiede, daß die ungünstigen Veränderungen sich bei Weitem stärker geltend machen als die günstigen, dergestalt, daß – ungeachtet höchst kräftiger Beihülfen durch Baggerei – dennoch sowohl Profil-Größe als mittlere Tiefe in dieser Abzweigung des Stromes sich in Abnahme befindet. (§ 18, § 20, § 24, § 29.)

d. Dieses Uebergewicht der ungünstigen Einwirkungen über die günstigen erstreckt sich jedoch seit Ausführung der Correction der Norder-Elbe nicht weit abwärts von der oberen Mündung; schon nahe unterhalb derselben findet ein Zustand des Gleichgewichts Statt, der bald in ein Uebergewicht der günstigen, die Vertiefung fördernden Einwirkungen übergeht. (§ 21.)

e. Am untern Ende der Norder-Elbe ist durch Herbeiführung neuer Verstärkungen des hydraulischen Vermögens der frühere, gefahrdrohende Zustand vollständig umgewandelt. (§ 22.)

f. Der Begegnungspunkt der beiden Fluthwellen ist aus der früheren, weit abwärts in der Norder-Elbe befindlichen, Lage bis nahe an die Stromtheilung herangerückt und der widernatürliche Rückstrom zur Ebbezeit ist gehoben. (§ 24–28.)

2. In Betreff der Begründung von Erfahrungsresultaten, welche zu allgemeiner Anwendung geeignet sind:

a. Bei Stromtheilungen, zumal im Gebiete der Meeresfluth, wird das Uebergewicht des

herrschenden Stromarmes stets bis zur völligen Unterdrückung des beherrschten Armes zunehmen, wenn nicht durch Kunstanlagen und Arbeiten eingewirkt wird.

b. Durch feste Regelung des Stromes mittelst Bauwerke kann das verlorene Gleichgewicht wieder hergestellt und gesichert werden.

c. Baggereien sind Palliativmittel, verwerflich wo die Möglichkeit zur Stromcorrection gegeben ist, unentbehrlich wo durch Territorialverhältnisse oder durch andere, dem Strombau fremde, Interessen oder Vorurtheile der Strombaumeister an rationeller Durchführung seiner Aufgabe gehindert wird.

Die Begründung dieser drei Sätze ist so sehr in alle Theile der Erörterung verflochten, daß nicht füglich auf einzelne Paragraphen verwiesen werden kann.

§ 31.

Erinnert man sich nun desjenigen, was in den §§ 5, 6 und 7 über die Bewegung mehrerer Fluthwellen in den Armen eines und desselben Stromes gesagt ist, und vergegenwärtigt man sich die mitgetheilten Thatsachen aus der Vergangenheit und Gegenwart, und scheint es mir, daß das leitende Prinzip dieser Stromcorrection, ganz so einfach als es in der That ist, vorliege und daß dessen Begründung in den allgemeinen natürlichen Eigenschaften derjenigen strömenden Gewässer, welche die Uebergangsstufe vom Meerbusen zu dem oberen, stets in Einer Richtung fließenden, Strome bilden (§ 1) nicht verkannt werden könne.

Dies Prinzip ist:

Annäherung und thunlichste Fixierung des Begegnungspunktes der beiden Fluthwellen an die, in geeigneter Weise zu gestaltende, obere Separationsspitze.

Nach meiner Ueberzeugung ist die schiffbare Offenhaltung beider Stromarme in solchen Stromgegenden nur in dem Maaße erreichbar, als dies Prinzip klar erkannt und in der, durch die besondere Oertlichkeit bedingten Art und Weise consequent durchgeführt wird. Dabei ist jedoch noch Folgendes zu bemerken:

Wäre es möglich, beide Arme so zu gestalten, daß der Begegnungspunkt der beiden Wellen, unter allen Umständen gerade an der oberen Separationsspitze sich befindet, dergestalt, daß weder die natürlichen Veränderungen in dem Wasserstande des oberen Stromes, noch der Wechsel in den Höhen der Fluthen und Ebben, dessen Stelle verschieben könnten, so wäre das Verhältniß der beiden Stromarme zu einander und zu dem Hauptstrome fest und unveränderlich.

Aber solche Unveränderlichkeit widerstreitet der Natur der Ströme, deren Wesen sich eben in dem Wechsel und in steter Veränderung ausspricht; die Baukunst vermag nicht, diesen wesentlichen Charakter der Ströme aufzuheben, außer durch Canalisirung, wovon hier nicht die Rede sein kann.

Die Praxis des Strombaues muß deßhalb in den meisten Fällen dieser Art ihr Ziel als erreicht ansehen, wenn es ihr gelungen ist, zu veranlassen, daß bei mittlerem Sommerwasserstande im oberen Strome, verbunden mit mittlerer Höhe der Fluth und der Ebbe, jede der beiden Fluthwellen denjenigen Stromarm, in den sie von unten eingetreten ist, in seiner ganzen Länge bis zur oberen Separationsspitze durchlaufe, ohne durch ein Begegnen der andern Welle vorher ausgeglichen zu werden.

Vierter Abschnitt.

Hervorhebung einiger spezieller Wahrnehmungen
und Verhältnisse.

§ 34.

Es ist in den vorliegenden Daten schließlich noch das Material nachzuweisen zu einer ganz allgemeinen Erörterung, welche in das Gebiet der Hydrometrie gehört.

Soll nemlich die Wassermenge oder das hydraulische Vermögen eines Stromes ermittelt werden, so kommt es bekanntlich darauf an, Zahlenwerthe anzugeben für die Profil-Größe und für die mittlere Geschwindigkeit, welche Letztere entweder unmittelbar gemessen oder aus dem Stromabhang und der mittleren Tiefe, in Verbindung mit einem empirischen Coefficienten, berechnet werden soll.

Eine unerlässliche Bedingung der Richtigkeit des Resultates ist nun, daß die in Rechnung gebrachte mittlere Geschwindigkeit wirklich mit der in Rechnung gebrachten Profil-Größe zusammengehöre, und in der großen Schwierigkeit (vielleicht Unmöglichkeit), dieser Bedingung zu genügen, liegt der Hauptgrund der Unsicherheit von hydrometrischen Bestimmungen für große Ströme.

Mißt man die Geschwindigkeit unmittelbar mit dem WOLTMAN'schen Flügel, so befindet man sich mit seiner Messung allerdings genau in demselben Profil, dessen Größe man in Rechnung bringt, aber man ist genöthigt, aus einer vergleichungsweise kleinen Anzahl von Messungen, welche nur auf das Verhalten einzelner Stromfäden während der Beobachtungszeit Bezug haben, auf das große Ganze eines Querschnitts von mehreren tausend Quadratfuß Fläche zu schließen; werden nun die unleugbar Statt findenden, innern Bewegungen des Wassers und die daraus entstehenden Folgen für die Messungen, worüber HAGEN¹⁾ sich in einer Weise ausspricht, welcher kein aufmerksamer Beobachter von Strömen seine Beistimmung versagen wird, in Erwägung gezogen, so wird man gewiß im Allgemeinen geneigt sein, den Werth der mittleren Geschwindigkeit auch aus dem Stromabhang und durch andere Methoden, bei denen die Berücksichtigung einer längeren Stromstrecke zum Grunde liegt, abzuleiten. Alsdann aber hat man es nicht mehr mit einer einzigen, ganz bestimmt gegebenen Profil-Größe und mittleren Tiefe, sondern mit einem oftmals höchst verschieden gestalteten längeren Stromschlauche zu thun, der gar verschiedene Werthe dafür darbietet. Nun wird zwar stets die Regel ertheilt und auch gewiß in den meisten Fällen thunlichst befolgt, daß man für hydrometrische Zwecke nur regelmäßige Stromstrecken mit geraden und parallelen Ufern und möglichst gleichförmig gestalteten Profilen auswählen solle; aber diese Eigenschaften sind in der Natur bei den Strömen nur in beschränktem Grade anzutreffen und nur in sehr seltenen Fällen mögen dieselben alle vereinigt gefunden werden.

Aus diesem Grunde scheint es mir für den Praktiker von Interesse zu sein, daß die relative Brauchbarkeit einzelner Stromstrecken für hydrometrische Zwecke an der hier vorliegenden großen Anzahl genau gemessener und berechneter Profile näher erörtert werde.

Um für diese relative Brauchbarkeit einen Maaßstab zu haben, ist vielleicht der bei Berechnung der Tabellen eingeschlagene Weg der geeignetste, jedoch muß dabei zugleich die aufmerksame Berücksichtigung derjenigen Merkmale, welche man durch wirkliche Besichtigung oder Messung wahrnehmen kann, angewendet werden.

Ob die Ufer sich in gerader und paralleler Richtung erstrecken, ob große Unregelmäßig-

¹⁾ HAGEN, Wasserbaukunst, II., 1.

keiten in der Form eines Queer-Profiles vorhanden sind, kann man leicht sehen oder messen; will man aber den Grad der Regelmäßigkeit des Strombetts in dessen Länge nerstreckung beurtheilen, so bedarf es der Messung und Vergleichung mehrerer benachbarter Profile.²⁾ Diese werden in der Natur stets an Größe und Form, d.h. (bei vorausgesetzter gleicher Breite) an Größe und mittlerer Tiefe verschieden sein, und daher kann in der Praxis zuweilen die Frage von Wichtigkeit werden, ob die in concreto vorliegenden Abweichungen der einzelnen ermittelten Werthe ungewöhnlich groß sind, oder ob ähnliche Differenzen anderswo vorgefunden wurden.

In den Tabellen (§ 16) sind nun die Abweichungen der zusammengehörigen (je vier) Werthe von ihrer Mittelzahl in der Weise in einen einzigen Ausdruck vereinigt, daß aus denselben, ohne Berücksichtigung der Zeichen, das arithmetische Mittel genommen und dieses alsdann in Procent der Mittelzahl ausgedrückt ist. So erhält man eine reine Verhältnißzahl für jede einzelne Stromstrecke und für jedes einzelne Jahr, welche sich zur Vergleichung vollkommen eignet und als Maaßstab für die relative Regelmäßigkeit des Strombetts dienen kann.

Zur Erleichterung der Uebersicht ist auf Tafel XII eine Darstellung sämtlicher Verhältnißzahlen beigefügt; dieselben sind als Ordinaten aufgetragen und man erkennt an der Form der durch deren Endpunkte gezogenen Curven den größern oder geringern Grad von Regelmäßigkeit des Strombetts in der betreffenden Strecke.

§ 35.

Gehen wir nun zur nähern Erörterung dieser Zahlen über und betrachten zuvörderst diejenigen, welche sich auf die Werthe der Profil-Größe beziehen, so finden wir, daß bei ordinär Hochwasser in den jährlich wiederholten Messungen von je vier benachbarten Profilen, während eines zehnjährigen Zeitraumes, die durchschnittliche Abweichung der einzelnen Profil-Größen von der zugehörigen Mittelzahl in Procent der Letzteren, folgende ist:

			Maxi- mum.		Mini- mum.		Mittel aus Allen.
In der Stromstrecke	I. (Tabelle	I.)	7,49	.....	0,88	.....	3,35
" " "	II. ("	II.)	7,90	.....	3,23	.....	5,16
" " "	III. ("	III.)	9,51	.....	2,33	.....	5,17
" " "	IV. ("	IV.)	8,16	.....	4,15	.....	6,45
" " "	V. ("	V.)	12,89	.....	1,20	.....	4,67
" " "	VI. ("	VI.)	11,95	.....	2,86	.....	6,06
" " "	VII. ("	VII.)	14,21	.....	2,45	.....	5,91
" " "	VIII. ("	VIII.)	5,39	.....	1,29	.....	3,87

Bei ordinär Niedrigwasser hat diese Verhältnißzahl folgende Werthe:

			Maxi- mum.		Mini- mum.		Mittel aus Allen.
In der Stromstrecke	I.		8,69	.....	1,07	.....	4,48
" " "	II.		10,34	.....	3,49	.....	7,35
" " "	III.		26,31	.....	3,61	.....	12,35
" " "	IV.		10,57	.....	4,86	.....	6,72

²⁾ Ich habe öfter gesehen, daß es versucht ward, durch sogenannte Längs-Peilungen oder Tiefenmessungen im Stromstriche, hierüber ein Urtheil zu begründen; diese Methode dürfte aber überall ungenügend sein, wo hydrometrische Zwecke erreicht werden sollen.

		Maxi- mum.	Mini- mum.	Mittel aus Allen.
In der Stromstrecke	V.	19,05	5,21	9,42
" " "	VI.	22,71	5,76	13,32
" " "	VII.	20,79	2,63	9,69
" " "	VIII.	7,63	2,63	5,10

Wegen Krümmung oder bedeutender Divergenz der Ufer sind die Stromstrecken III, VI und VII nicht als solche zu betrachten, die man für hydrometrische Zwecke auswählen würde; die Stromstrecke VI würde nur dann gewählt werden, wenn man die Jahre 1843, 1844 und 1845 ausschließt, weil erst nach 1845 die Uferlinien daselbst genügend geregelt waren. Nimmt man nur die Jahre 1846 bis 1852, so erhält man in der Stromstrecke VI:

	Maxi- mum.	Mini- mum.	Mittel aus 7 Messungen.
Bei ordinär Hochwasser	7,89	2,86	4,72
" " Niedrigwasser.....	15,28	5,76	10,87

Vielleicht würde jedoch die mehrerwähnte Wahrnehmung temporärer Unregelmäßigkeit der Quer-Profile in Folge fortgeschobener Sandmassen dennoch bei den Meisten diese Strecke von der Wahl ausschließen.

Dagegen würde, nach meiner Ueberzeugung, kein Wasserbaumeister Anstand nehmen, hydrometrische Arbeiten in jeder der anderen (durch größeren Druck hervorgehobenen) Stromstrecken auszuführen und den Resultaten denjenigen Grad von Zuverlässigkeit beizulegen, welcher, nach Maaßgabe der auf die Messung verwendeten Sorgfalt, im Allgemeinen und Besondern mit dergleichen Bestimmungen verbunden gedacht wird.

Betrachten wir nun die Verhältniszahlen, welche uns als Maaßstab der relativen Regelmäßigkeit dieser Stromstrecken dienen, so finden wir zunächst, daß – bei Messung von je vier Profilen – die durchschnittliche Abweichung der vier Werthe vom Mittel in einem einzelnen Falle (V) bis zu 13 Procent bei ordinär Hochwasser und bis zu 19 Procent bei ordinär Niedrigwasser gestiegen ist; nimmt man an, daß einem aufmerksamen Beobachter das Vorhandensein der ungünstigen Nebenumstände, die so große Abweichungen verursachen, nicht entgehen könne und daß derselbe deßhalb in solchem Falle die fragliche Stromstrecke ausschließen werde, so bleibt als gefundene Maximumgränze der durchschnittlichen Abweichung bei ordinär Hochwasser etwa 8 Procent und bei ordinär Niedrigwasser etwa 10 Procent.

Den Gegensatz dazu bilden andere einzelne Fälle, wo die Werthe der gemessenen vier Profil-Größen fast gleich zu nennen sind, denn Abweichungen von nur 1 Procent in der Profil-Größe können bei der hier erörterten Aufgabe nicht in Betracht kommen.

Nehmen wir die arithmetischen Mittel aus allen Messungen einer jeden Stromstrecke und vereinigen wir, um in einen einzigen Ausdruck gleichsam das Total-Ergebniß zusammenzufassen, noch die Messungen beider Wasserstände durch Vermittlung, so erhalten wir Folgendes:

Stromstrecke	I.	3,91	Procent	Abweichung	$t = 7,86$	$P = 15056$	Quadratfuß.
"	VIII.	4,98	"	"	" 12,34	" 14597	"
"	II.	6,25	"	"	" 11,26	" 11661	"
"	IV.	6,58	"	"	" 8,61	" 4686	"
"	V.	7,04	"	"	" 6,56	" 4660	"

Die beigefügten Werthe von P und t findet man am Fuße der zugehörigen Tabellen (§ 16) unter der erläuternden Benennung „allgemeine Durchschnittszahlen;“ diese beziehen sich ebenfalls auf den mittleren Wasserstand zwischen ordinär Hoch- und ordinär Niedrigwasser, und können dazu dienen die verschiedene Größe der Procentzahl zu erklären, wenn man sich die übrigen Umstände in den vorliegenden Stromstrecken völlig gleich denkt.

Sei nemlich $\frac{P}{t}$ der Werth für die Strombreite und sei ferner die Länge der Stromstrecke, welche man unter der Bezeichnung l am Eingange einer jeden Tabelle angegeben findet, dividirt durch die Anzahl der Profile weniger Eins (also hier dividirt durch 3), der Werth für die mittlere Entfernung der Profile von einander, so hat man folgendes Tableau:

Stromstrecke No.	$\frac{P}{t}$ Strombreite.	$\frac{l}{3}$ Distanz der Profile.	(Profil=Größe.) Abweichung der einzelnen Werthe von der Mittelzahl in Procent der Letzteren.
Ungetheilte Elbe. I.	1915	433	3,91
Norder=Elbe, bei St. Pauli. VIII.	1181	800	4,98
Süder=Elbe, obere Mündung. II.	1035	646	6,25
Norder=Elbe, Spadenland. IV.	544	560	6,58
Norder=Elbe, Busch. V.	710	577	7,04

Als ein feststehender Erfahrungssatz dürfte hiernach anzunehmen sein, daß bei Strömen von der natürlichen Beschaffenheit der Unter-Elbe, bei mittlerem Wasserstande, bei Profil-Größen zwischen 4500 bis 15,000 Quadratfuß und zwischen regelmäßig gestalteten Ufern man bei Messung der Profil-Größe auf Abweichungen von 4 bis 8 Procent nach beiden Seiten der Mittelzahl mindestens gefaßt sein muß, jenachdem die Entfernung der gemessenen Profile von $\frac{1}{3}$ der Strombreite bis zur ganzen Strombreite angenommen wird.

Dabei ist jedoch nicht zu übersehen, daß einzelne Profil-Größen bedeutend größere Differenzen geben können, und es ist daher (außer bei Erörterung ganz beschränkter Localfragen) unter allen Umständen rathsam, hydrometrische Arbeiten im freien Strome nicht auf vereinzelte Profil-Messungen zu bauen, wenn diese auch noch so sorgfältig ausgeführt und berechnet sind.

§ 36.

In Betreff der mittleren Tiefen erhält man auf ganz ähnlichem Wege folgendes Ergebnis, bei welchem die, aus oben angegebenen Gründen, nicht zu hydro-metrischen Zwecken geeigneten Stromstrecken III, VI und VII sofort weggelassen sind.

Für ordinär Hochwasser.		Größe der Abweichung der einzelnen Werthe von der Mittelzahl, in Procent der Letzteren.		
		Maxi- mum.	Mini- mum.	Mittel aus Allen.
Stromstrecke	I.	7,46	0,61	3,91
"	II.	8,89	5,24	6,82
"	IV.	9,77	2,94	6,07
"	V.	11,16	1,39	4,73
"	VIII.	6,14	2,53	4,21

Für ordinär Niedrigwasser.

Stromstrecke		Maxi- mum.	Mini- mum.	Mittel aus Allen.
I.	.....	12,50	4,41	8,62
”	II.	17,79	5,11	10,00
”	IV.	12,04	4,31	8,41
”	V.	20,87	1,90	10,72
”	VIII.	9,23	3,40	5,35

Man sieht hieraus, daß in regelmäßig beauferten Stromstrecken unter den vorliegenden Stromverhältnissen die Abweichung bei niedrigem Wasserstande bis über 20 Procent, bei Hochwasser bis über 11 Procent zu beiden Seiten des Mittels zunehmen kann; dabei ist jedoch zu erinnern, daß der Werth der mittleren Tiefe in den gebräuchlichen Formeln für die gleichförmige Bewegung des Wassers nur unter dem Wurzelzeichen vorkommt.

Vereinigen wir, wie im § 5 auch bei den Profil-Größen geschehen, die arithmetischen Mittel in der dritten Columne nochmals durch Vermittelung zu einem einzigen Ausdrucke und ordnen wir die Stromstrecken nach der Größe dieses Werthes, indem wir zugleich die zugehörigen Werthe der Strombreite und Distanz der Profile daneben stellen, so erhalten wir folgendes Tableau.

Stromstrecke No.	$\frac{P}{t}$ Strombreite.	$\frac{l}{3}$ Distanz der Profile.	(Mittlere Tiefe.) Abweichung der einzelnen Werthe von der Mittelzahl in Procent der Letzteren.
Norder=Elbe, St. Pauli. VIII.....	1181	800	4,78
Ungetheilte Elbe. I.....	1915	433	6,26
Norder=Elbe, Spadenland. IV.....	544	560	7,24
Norder=Elbe, Busch. V.....	710	577	7,72
Süder=Elbe, obere Mündung. II....	1035	646	8,41

Daraus geht hervor, daß unter ähnlichen Stromverhältnissen auch bei Bestimmung des Werthes der mittleren Tiefe für mittlere Wasserstände, man auf Abweichungen von 4 bis 8 Procent zu beiden Seiten der Mittelzahl gefaßt sein muß; zugleich aber ergibt sich, daß außer dem Verhältnisse der Distanz der gemessenen Profile zu der Strombreite, hier noch eine andere wesentliche Ursache, welche mit der Regelmäßigkeit der Ausbildung des Strombetts in bedingendem Zusammenhange steht, zu berücksichtigen sein müsse.

Diese Ursache ist aus den vorliegenden Daten nicht mit Sicherheit zu entnehmen, jedoch weist die nachfolgende Erörterung auf den großen Einfluß regelmäßiger Begränzung, respective Beschränkung der Hochwasserprofile in dieser Beziehung hin.

§ 37.

In dem vorstehenden Tableau befinden sich nemlich zwei Stromstrecken, bei denen das Verhältniß der Strombreite zur Distanz der gemessenen Profile ziemlich dasselbe ist, auch die absolute Größe der Strombreite ist nicht sehr verschieden und die allgemeine Durchschnittszahl für die mittlere Tiefe t ist in beiden beinahe gleich; diese Stromstrecken – die Norder-Elbe bei St. Pauli, VIII und die Süder-Elbe, obere Mündung, II – rangiren hinsichtlich der Regelmäßigkeit der Profil-Größe unmittelbar nach einander (vergl. das Tableau § 35),

dagegen findet man hinsichtlich der Regelmäßigkeit der mittleren Tiefe einen großen Unterschied. Die Norder-Elbe bei St. Pauli hat in letzterer Beziehung den ersten, die obere Mündung der Süder-Elbe den letzten Platz unter den fünf discutirten Stromstrecken.

Vor Ausführung der stromleitenden Operationen bei dem Steinwärder (vergl. § 10) nahm die Stromstrecke VIII nicht diese günstige Stellung ein, wie man das noch an den Werthen im Jahre 1843 (Tabelle VIII) sehen kann, obgleich damals schon eine große Veränderung zu Gunsten des Stroms eingetreten war.

Nun besteht der charakteristische, durch die Correction und Stromleitung ausgebildete Unterschied zwischen diesen beiden Stromstrecken darin, daß bei VIII (Norder-Elbe St. Pauli) nicht nur (wie bei der Süder-Elbe) das Profil des kleinen Wassers, sondern auch das Hochwasser-Profil mehr, als dies früher der Fall war, geregelt worden ist, daß aber in der Gegend der Stromtheilung und im oberen Theile der Süder-Elbe, II eine solche Regelung der Hochwasser-Profile fehlt. Hierin dürfte der wesentlich mitwirkende Umstand, auf den im vorigen Paragraphen hingedeutet ist, zu finden sein, denn wenn das kleine Wasser eine geschärfte Einwirkung auf das Strombett ausübt, während dem Hochwasser eine unverhältnißmäßige Ausbreitung gestattet bleibt, so können die Wirkungen dieses Mangels, in der minderen Uebereinstimmung unter den Werthen der mittleren Tiefe benachbarter Profile sich bemerklich machen.

§ 38.

In eine andere, vielleicht bald zur Oeffentlichkeit gelangende Abhandlung, welche ausschließlich mit Gegenständen der Hydrometrie sich beschäftigt, habe ich diejenigen Folgerungen aufgenommen, welche aus den nachgewiesenen Erfahrungssätzen sich ferner ergeben; sie werden dort im Zusammenhange mit mehreren verwandten Beobachtungen und Erfahrungen eine geeignetere Stelle finden als hier. Nach meinem Dafürhalten ist es für die Ausbildung der Theorie und der Praxis in gleichem Grade wünschenswerth, daß begründete Wahrnehmungen der Mängel unsrer hydrometrischen Hilfsmittel, wozu die Praxis so häufig Gelegenheit giebt, in zweckmäßiger Weise bearbeitet, veröffentlicht werden, denn wir sind, ungeachtet des Besitzes sinnreich construirter Meßapparate und bei der sorgfältigsten Ausführung der mit denselben angestellten Messungen, noch weit davon entfernt, auf directem Wege zu sichern Resultaten in Betreff der mittleren Geschwindigkeit und der Wassermenge eines großen Stromes gelangen zu können.

– „Das Gesetz, wonach die Geschwindigkeit bei größerer Tiefe sich vermindert, ist keineswegs bereits aufgefunden: die angestellten Beobachtungen zeigen im Gegentheil unter sich so wesentliche Differenzen, daß man entweder die Voraussetzung machen muß, das gesuchte Gesetz sei viel complicirter als irgend eine der bisherigen Theorien, oder man muß den Grund in den Messungen selber suchen.“ –

– „Die Untersuchung über die gleichförmige Bewegung findet nur auf solche Stromstrecken Anwendung, die nicht allein gleich große, sondern auch gleich geformte Profile haben.“ –

Diese beiden Sätze, welche man in HAGEN's Handbuche¹⁾ vollständig begründet und weiter ausgeführt findet, mögen, indem sie das Motiv jener Bearbeitung meiner hydrometrischen Beobachtungen und Erfahrungen bezeichnen, den Schluß der vorliegenden Abhandlung machen.

¹⁾ II., I. Seite 289 und 294. Hiermit ist auch zu vergleichen die lehrreiche Abhandlung von BAUMGARTEN, Notice sur le moulinet de WOLTMAN. Extrait des Annales des ponts et chaussées. 1848.

V. Ueber die Lage des Nullpunktes am Hauptpegel zu Hamburg.

Zu § 15. S. 66

Zu Hamburg gab es bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts keine feste Bestimmungen über die Höhenlage der gewöhnlichen Fluth und Ebbe, auch hatte man keine unveränderliche, regelmäßig eingetheilte Pegel, sondern es dienten einzelne, zum Theil in gewissen Abständen mit eisernen Ringen versehene Pfähle, die den Hafensteuermännern, Schiffen und Lootsen bekannt waren als Anhaltspunkte der Beurtheilung der Wasserhöhe; andere Marken wurden von den beim Wasserbau Angestellten benutzt und eine Controle zur Erhaltung der unveränderten Höhe dieser Zeichen gab es nicht.

Dieser Mangel ist um so mehr zu beklagen, da die mit der Fürsorge für die Elbe betraute Behörde schon vor vielen Jahren detaillirte Aufmessungen der wichtigsten Parthien des Stromes anfertigen ließ, welche von großem Werthe sein würden, wenn die Tiefenmessungen sich auf ein bekanntes Niveau bezögen.

Man findet aber auf den ältesten Special-Karten (1699) entweder gar keine Nachweisung der Wasserhöhe oder eine unbestimmte Notiz, z. B. „bei niedrigem Wasser,“ „beim allerniedrigsten Wasser und Ostwind“ oder Aehnliches. Als man anfang, eine größere Genauigkeit zeigen zu wollen, bezog man sich auf dieses oder jenes, den Verfertigern der Karten bekannte Uferbauwerke, so z. B. finde ich auf einer mit ungemeinem Fleiße ausgearbeiteten Karte vom Jahre 1755 die Nachweisung, daß die gemessenen Tiefen auf „das niedrigste Wasser, wenn es unten an den vor MORMANN'S Hause liegenden Stack tritt,“ reducirt und darnach in die Karte eingetragen seien.

Im Jahre 1766 wurden der Professor BÜSCH und der Baumeister SONNIN zur Begutachtung gewisser, die Elbe betreffenden Fragen aufgefordert, und es scheint, daß die in diesem Gutachten enthaltene Rüge:

„wir wünschten gewiß zu sein, ob hier (bei der Stromtheilung) oder bei unserer ganzen Stadt jetzt oder jemals ein beständiges Punctum a quo in Ansehung der Wasserhöhe, nach welchem man die Abänderungen des Stromes mit gehöriger Sicherheit beurtheilen könne, verordnet worden sei?“

die Veranlassung gegeben hat zur Errichtung desjenigen Pegels am Ochsenwärder Ufer, den man 20 Jahre später, zu REINKE'S Zeit, daselbst den alten Fluthmesser nannte und dessen Nullpunkt um einen Fuß niedriger war als das ordinäre Niedrigwasser daselbst.

Dem Bedürfnisse eines ordentlichen Hauptpegels in der Nähe der Stadt wurde erst vollständig abgeholfen, als der Strombau in REINKE'S Hände kam.

Dieser beobachtete vom Januar 1786 bis zum Mai 1787 alle während der Tageszeit eintretende Fluth- und Ebbe-Höhen an einer „provisorischen“ Scala, die von ihm selbst errichtet war.

Aus diesen Beobachtungen ermittelte er, durch ein uns nicht aufbewährtes Verfahren, eine Höhe, welche er

„den eigentlichen Punkt des ordinären niedrigen Wassers“ nannte und den er als Nullpunkt der definitiven Scale annahm, welche im Mai 1787 errichtet ward.

Nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche ist man berechtigt, unter den Ausdrücken „ordinäre Fluthhöhe,“ „ordinäre Ebbehöhe“ das arithmetische Mittel aus einer großen (mindestens ein Jahr lang fortgeführten) Reihe von Beobachtungen zu verstehen. In dieser Bedeutung werden die Ausdrücke von den namhaftesten Schriftstellern gebraucht; WOLTMAN definirt (Beiträge I, S. 9) „die ordinäre Fluthhöhe wird gefunden, wenn man die Höhen aller täglichen Fluthen eines oder mehrerer Jahre beobachtet und daraus das arithmetische Mittel

nimmt“. Der Nullpunkt des von ihm in Cuxhaven errichteten Fluthmessers, der von WOLTMAN stets als die „ordinäre“ Ebbe bezeichnet ist, stimmt noch gegenwärtig genau mit der „mittleren“ Ebbe überein.

Da bei Hamburg die mittlere Ebbe sehr bedeutend von dem Nullpunkte des Pegels abweicht, so mußte vermuthet werden, daß mit der Stellung des Letzteren nach dem Jahre 1787 eine erhebliche Veränderung vorgegangen sei, wodurch ich mich veranlaßt fand, diesem Gegenstande eine genaue, lange fortgesetzte Untersuchung zu widmen.

In den Acten befand sich ein von REINKE herrührendes Verzeichniß hoher Sturmfluten, bei welchem er erläuternd hinzugefügt hatte, daß die Höhen der älteren Angaben nach aufgefundenen Marken an Häusern, Treppen u. s. w. ermittelt seien; ich bemühte mich demnach, solche Fluthmarken aus alter Zeit aufzufinden, um dieselben mit dem Nullpunkte des jetzigen Pegels zu vergleichen.

Das (im Jahre 1844 in einem Hamburgischen Journal¹⁾ veröffentlichte) Ergebnis war folgendes:

An 11 verschiedenen Stellen der Stadt fand ich 29 Marken von 12 hohen Sturmfluten, von denen 6 in das laufende Jahrhundert fallen.

Acht von diesen Sturmfluthen sind auch in dem erwähnten REINKE'schen Verzeichnisse aufgeführt; desgleichen enthält ein Verzeichniß von WOLTMAN, das bis 1792 eine Copie des REINKE'schen ist, später aber davon abweicht, Höhenangaben von 8 Fluthen aus dieser Reihe.

Es ward nun eine sorgfältige Vergleichung der Höhenlage dieser aufgefundenen Zeichen mit der Höhe des Nullpunktes am jetzigen Pegel vorgenommen, so daß, vermittelt der Marken, eine Vergleichung des alten REINKE'schen Nullpunktes mit dem jetzigen Nullpunkte möglich erschien.

Die Resultate gaben folgendes Tableau:

No. des Ortes, wo die Marke befindlich.	Gemessene Höhe der aufgefundenen Marken über dem Hamburger Nullpunkte von 1844.								
	1751, Sept. 11.	1756, Oct. 8.	1791, März 22.	1792, Dec. 11.	1793, März 3.	1806, Febr. 27.	1824, Nov. 15.	1825, Febr. 4.	1825, Nov. 27.
No. 1.....	18' 11½"	19' 33"	19' 4½"	19' 6½"	—	—	—	—	—
" 2.....	18' 10"	19' 2"	19' 4"	19' 6"	18' 1"	18' 3½"	—	20' 3"	19' 0"
" 3.....	—	19' 5"	19' 5"	—	—	—	—	20' 3"	—
" 4.....	—	—	19' 3½"	19' 6½"	—	—	18' 11½"	20' 1½"	—
" 5.....	—	—	19' 5½"	—	—	—	—	—	—
" 6.....	—	—	19' 6"	—	—	—	—	—	—
" 7.....	—	—	—	—	—	—	—	20' 2½"	—
" 8.....	—	—	—	—	—	—	—	20' 3½"	—
" 9.....	—	—	—	—	—	—	—	20' 3½"	—
" 10.....	—	—	—	—	—	—	—	20' 5½"	—
" 11.....	—	—	—	—	—	—	—	20' 3"	—
"	—	—	—	—	—	—	—	20' 5"	—
Mittel.....	18' 10½"	19' 3½"	19' 4½"	19' 6½"	18' 1"	18' 3½"	18' 11½"	20' 3½"	19' 0"
Reinke.....	20' 2"	20' 5"	20' 2½"	20' 6"	18' 0"	18' 6"	18' 9"	20' 6"	(fehlt)
Wolman.....	(mit Reinke gleichlautend.)				18' 6"	(fehlt)	19' 2"	20' 4"	18' 10"
Differenz.....	+1' 1½"	+1' 1½"	+0' 10"	+0' 11½"	-0' 1"	+0' 2½"	-0' 2½"	+0' 2½"	—
	Vor Errichtung		Nach Errichtung		+0' 5"		+0' 2½"	+0' 0½"	-0' 2"
	der Reinke'schen Scale.								

¹⁾ Neue Hamburger Blätter No. 51. November 27, 1844. Dasselbst ist auch eine ausführliche Beschreibung der Stellen, an denen die alten Fluthmarken aufgefunden wurden, mitgetheilt. Hier schien es mir genügend zu sein, die Marken nur zu numeriren; um so mehr, da jetzt, wie aus dem Verfolg dieser Abhandlung zu ersehen ist, die Hauptfrage über die Lage des Nullpunktes ihre vollständige Erledigung auf andern Wege findet.

Man bemerkt hier sogleich, daß die Differenz zwischen der neuen Messung und der REINKE'schen Angabe bei den Fluthen vor 1793 nahe einen Fuß beträgt, daß aber von 1793 an Beides nahe übereinstimmt. Die kleinen Differenzen von einigen Zollen können nicht in Betracht kommen, denn es ist zu berücksichtigen, daß solche Marken hoher Fluthen von Privatpersonen gewöhnlich nur nach den zurückgebliebenen Spuren der Nässe an den Wänden der Häuser gemacht werden und daher keine ganz scharfe Genauigkeit haben können; eben so wenig aber darf man auch von einer damaligen Notirung der Höhe am Pegel voraussetzen, daß sie bei einer so großen Sturmfluth wirklich zur Zeit des höchsten Wassers beobachtet sei. In einem solchen Falle war in damaliger Zeit die Umgebung des Pegels weit und breit überschwemmt, das Blockhaus, bei dem der Pegel an einem Pfahlwerke angebracht war, blieb Stunden lang vom Lande aus unzugänglich und selbst mit Böten war es nicht ohne große Beschwerde zu erreichen; sogar Zerstörungen der Pfahlwerke des Hafens durch Sturmfluthen ohne Eisgang kamen vor.¹⁾

Uebrigens aber kann es nicht dem geringsten Zweifel unterliegen, daß Fluthhöhen, welche an mehreren weit von einander entfernten Stellen der Stadt, von verschiedenen, in keinerlei Verbindung mit einander stehenden Leuten, mit der Absicht, ein denkwürdiges Ereigniß für ihre Nachkommen dauernd festzustellen, nahezu gleich hoch markirt sind, in der Wirklichkeit nicht erheblich von der markirten Höhe abgewichen sein können, und namentlich darf mit voller Zuversicht behauptet werden, daß die wirklich erreichte Fluthhöhe nicht bedeutend höher gewesen sein könne, als die Marken sie angeben. Denn das Unduliren des Wassers und das Aufsteigen der Nässe in den Wänden kann die nasse Kante und in Folge dessen die Marke vielleicht etwas hinauf bringen, aber nicht wohl erniedrigen.

Da nun bei den vier ersten Fluthen von 1751, 1756, 1791 und 1792 beziehlich 2, 3, 6 und 3 Marken vorhanden sind, welche nahe mit einander übereinstimmen, deren Mittel aber constant um einen ganzen Fuß von der REINKE'schen Angabe abweicht, so schien es, daß das Verschwinden dieser auffallenden constanten Differenz am Ende des Jahres 1792 nur durch die Annahme erklärt werden könne, der Nullpunkt der Scale sei um 1792–1793 einen Fuß höher gestellt, die darauf bezügliche Nachweisung aber sei verloren gegangen.

Mit diesem wenig befriedigenden Resultate mußte ich vor acht Jahren den ersten Theil meiner Untersuchungen in Bezug auf die Vergangenheit vorläufig abschließen, da noch keine weitere Daten aufgefunden waren.

Seitdem bin ich durch Gefälligkeit eines Freundes in Besitz REINKE'scher Beobachtungen aus den Jahren 1787 bis 1800 gelangt, welche abschriftlich aufbehalten worden sind, und dadurch ward eine sichere Basis gegeben auf welcher die Untersuchung von Neuem vorgenommen werden konnte.

Zuvörderst ergab sich, daß die beiden Fluthhöhen von 1791 und 1792 in den Registern ebenso notirt sind als es in dem früher von mir benutzten REINKE'schen Verzeichniß der Fall

¹⁾ Nach der Sturmfluth vom 8. October 1756 mußte von der Admiralität die Verfügung gemacht werden:

„Daß die Barcasse ungesäumt und die Admiralitäts-Jagd so bald als möglich an der zum Theil weggerissenen hölzernen Wand gegen den Vorsetzen über hingelegt, mit genugsamer Mannschaft versehen, und Letzterer die Ordre ertheilt werde, des Nachts in Chalouppen fleißig patrouilliren zu fahren, damit des Nachts Niemand durch die Oeffnungen in und aus der Stadt kommen könne.“

Die Ordre ist vom 13. October (5 Tage nach der Sturmfluth) datirt, mithin müssen die Beschädigungen so bedeutend gewesen sein, daß man nicht in wenigen Tagen denselben abhelfen konnte.

war, d. h. um einen Fuß von den gemessenen Marken abweichend; ebenso auch die Fluthhöhe von 1793, welche bis auf einen Zoll mit der aufgefundenen Marke stimmt.

Ich beschloß also alle diese Ergebnisse einstweilen auf sich beruhen zu lassen und schlug einen ganz andern jetzt practicablen Weg ein, nemlich denjenigen der Vergleichung der Mittelzahlen aus vielen Beobachtungen.

Das Material bestand in den erwähnten REINKE'schen Beobachtungen von 1787 bis 1800, und in meinen Beobachtungen von 1842 bis 1852.

Es sind einige Verschiedenheiten unter diesen Materialien zu bemerken.

REINKE's Beobachtungen enthalten nur diejenigen Fluthen und Ebben, welche in die Tageszeit fallen; Nachtbeobachtungen fehlen ganz. Außerdem kommen hin und wieder kürzere oder längere Unterbrechungen vor, ohne Angabe des Grundes; während Eiszeiten fallen die Beobachtungen meistens aus. Berechnete Mittelzahlen befanden sich in der erhaltenen Abschrift nicht.

Die Beschaffenheit der Beobachtungen gestattete es demnach nicht, daß die erforderlichen Mittelzahlen auf die gewöhnliche Art berechnet, d. h. daß aus den einzelnen Beobachtungen Monatsmittel und aus letzteren Jahresmittel abgeleitet wurden; sondern die Summe aller Beobachtungen mußte dividirt werden durch deren Anzahl. Da die Zahl der Beobachtungen sehr groß ist (4195 Fluth- und 4187 Ebbebeobachtungen) und sich auf einen 13jährigen Zeitraum vertheilt, so kann der solchergestalt gewonnenen Mittelzahl, nach meiner Ueberzeugung, dieselbe Bedeutung beigemessen werden als ob sie die Mittelzahl aus etwa 6 Jahren vollständiger Beobachtungen (Tag und Nacht und ohne Lücken) wäre; denn der Einfluß der zufälligen Lücken gleicht sich in einer so langen Reihe von Jahren aus, und zwischen den Höhen der Tag- und Nachtfluthen findet dauernd ein charakteristischer Unterschied nicht Statt, da die Dauer einer Fluthperiode nicht in 24 Stunden aufgeht.

Die neueren Beobachtungen seit 1842 sind ganz vollständig und die Mittelzahlen werden in der Weise berechnet, daß zuvörderst Monatsmittel und aus diesen Jahresmittel berechnet werden. Dabei werden jedoch diejenigen Beobachtungen ausgeschlossen, bei denen Eisgang oder Eisstand registirt ist, und zwar deshalb, weil die Entwicklung der Fluthwelle in Eiszeiten stets sehr merklich gestört, zuweilen völlig entstellt wird.

Die Vergleichung giebt folgendes Resultat:

1. Hochwasser (Fluthhöhe) im eisfreien Strom.

1788 bis 1800.	Mittel aus 4195 Beobachtungen	7 Fuß 6,42 Zoll.
1842 bis 1852.	Mittel aus 11 Jahresmitteln	7 " 9,24 "
	Differenz	0 Fuß 2,82 Zoll.

2. Niedrigwasser (Ebbehöhe) im eisfreien Strom.

1788 bis 1800.	Mittel aus 4187 Beobachtungen	1 Fuß 1,00 Zoll.
1842 bis 1852.	Mittel aus 11 Jahresmitteln	1 " 4,39 "
	Differenz	0 Fuß 3,39 Zoll.

3. Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser oder Fluthgröße.

1788 bis 1800	6 Fuß 5,42 Zoll.
1842 bis 1852	6 " 4,85 "

Die Mittelzahlen aus den einzelnen Jahren gewähren einiges Interesse, und ich will sie deßhalb hier beifügen; es sind folgende:

Fluthhöhe.			Ebbehöhe.		
1788	aus 333 Beobachtungen	... 7 Fuß 6,80 Zoll.	1788	aus 330 Beobachtungen	... 1 Fuß 0,67 Zoll.
1789	" 315 "	... 7 " 9,00 "	1789	" 314 "	... 1 " 7,34 "
1790	" 359 "	... 7 " 3,78 "	1790	" 359 "	... 0 " 9,90 "
1791	" 366 "	... 7 " 7,08 "	1791	" 361 "	... 0 " 10,39 "
1792	" 324 "	... 7 " 8,16 "	1792	" 325 "	... 1 " 3,90 "
1793	" 344 "	... 7 " 7,97 "	1793	" 339 "	... 0 " 11,03 "
1794	" 326 "	... 7 " 6,45 "	1794	" 330 "	... 0 " 10,73 "
1795	" 277 "	... 7 " 7,76 "	1795	" 285 "	... 1 " 2,69 "
1796	" 319 "	... 7 " 6,80 "	1796	" 322 "	... 0 " 11,59 "
1797	" 311 "	... 7 " 4,24 "	1797	" 305 "	... 0 " 9,23 "
1798	" 331 "	... 7 " 9,10 "	1798	" 330 "	... 1 " 4,74 "
1799	" 306 "	... 7 " 3,57 "	1799	" 308 "	... 1 " 7,12 "
1800	" 284 "	... 7 " 2,74 "	1800	" 279 "	... 0 " 7,63 "

Jahresmittel aus den Monatsmitteln:

Fluthhöhe.			Ebbehöhe.		
1842	.....	7 Fuß 3,12 Zoll.	1842	.....	0 Fuß 7,97 Zoll.
1843	.....	7 " 11,59 "	1843	.....	1 " 5,44 "
1844	.....	7 " 10,56 "	1844	.....	1 " 9,19 "
1845	.....	7 " 10,54 "	1845	.....	1 " 10,23 "
1846	.....	7 " 10,65 "	1846	.....	1 " 5,56 "
1847	.....	7 " 7,09 "	1847	.....	1 " 4,02 "
1848	.....	7 " 2,51 "	1848	.....	1 " 0,01 "
1849	.....	7 " 7,02 "	1849	.....	1 " 3,31 "
1850	.....	8 " 2,81 "	1850	.....	2 " 0,83 "
1851	.....	8 " 2,07 "	1851	.....	1 " 10,34 "
1852	.....	8 " 0,05 "	1852	.....	1 " 7,80 "

Aus der Vergleichung dieser Daten geht hervor, daß der jetzige Hamburger Nullpunkt mit dem von REINKE im Mai 1787 festgestellten Nullpunkte bis auf etwa zwei bis drei Zoll übereinstimmt. Um diese Differenz von 2 bis 3 Zoll ist der jetzige Nullpunkt niedriger als der alte.

Für den früher erörterten Unterschied welcher zwischen der REINKE'schen Bestimmung der vier großen Sturmfluthen vor 1793 und den, von mir aufgefundenen, Höhenzeichen dieser nemlichen Fluthen Statt findet, giebt es nun keine andere wahrscheinliche Erklärung mehr, als diejenige, daß dieselben in REINKE's Register nicht richtig eingetragen worden sind, wozu die oben beschriebenen örtlichen Schwierigkeiten viel beigetragen haben mögen.

Demnach bleibt nun noch die Frage zu beantworten, wie es zugegangen sei, daß REINKE den von ihm als „den eigentlichen Punkt des ordinär Niedrigwassers“ bezeichneten Höhenpunkt um 13 Zoll niedriger gesetzt hat, als das arithmetische Mittel aus seinen eignen Beobachtungen?

Die am nächsten liegende Vermuthung, daß etwa die Jahre 1786 und 1787, in denen die Beobachtungen an der provisorischen Scale angestellt wurden, ein niedrigeres Mittel gegeben als die darauf folgenden Beobachtungsjahre aus denen die Differenz von 13 Zoll hervorgeht, hat sich nicht bestätigt.

Es sind nemlich an der provisorischen Scale beobachtet:

Im Jahre 1786 331 Fluthhöhen,
 " " 1787 124 "

Zusammen 455 Fluthhöhen, woraus das Mittel 14 Fuß 1,30 Zoll.

Ferner:

Im Jahre 1786 328 Ebbehöhen,
 " " 1787 121 "

Zusammen 449 Ebbehöhen, woraus das Mittel 7 Fuß 11,72 Zoll.

Die mittlere Fluthgröße oder der mittlere Unterschied ist = 6 Fuß 1,58 Zoll.

Es kommt nun darauf an, den Höhen-Unterschied der beiden REINKE'schen Nullpunkte (des provisorischen und des definitiven) zu kennen, und glücklicher Weise befindet sich unter den Beobachtungen eine Höhenangabe, die REINKE selber zweimal mitgetheilt hat; einmal nach der provisorischen Scale, an der die Wasserhöhe abgelesen war und ein anderes Mal nach der definitiven Scale in einem späteren Actenstücke; nemlich

den 17. November 1786 Niedrigwasser; ist registrirt nach der provisorischen Scale

. . . 2 Fuß 7 Zoll über Null.

und später von REINKE angegeben, nach der definitiven Scale . . . 4 " 1 " unter "

Die Differenz beider Nullpunkte war also = 6 Fuß 8 Zoll,

um welche der provisorische Nullpunkt niedriger lag als der definitive.

Hiernach ist das Mittel aus den Beobachtungen $17\frac{86}{87}$, reducirt auf den definitiven Nullpunkt:

Für Hochwasser 7 Fuß 5,30 Zoll.

" Niedrigwasser 1 " 3,72 "

Dies Mittel des Niedrigwassers weicht also von dem REINKESchen Nullpunkte sogar um 16 Zoll ab, also um 3 Zoll mehr als jene erste Mittelzahl, die aus allen 13 Jahren gezogen ist.

Hiernach kann es nicht bezweifelt werden, daß REINKE ein anderes Verfahren als die arithmetische Vermittlung aller an der provisorischen Scale gemachten Beobachtungen befolgt hat, um seinen definitiven Nullpunkt zu bestimmen.

Aus den Acten oder sonstigen authentischen Quellen habe ich bis jetzt keine Nachweisung über sein Verfahren erhalten können, es liegt aber eine Vermuthung nahe, welche eine sehr große Wahrscheinlichkeit für sich hat; nemlich diese, daß REINKE diejenigen Wasserstände, bei denen eine merkliche Einwirkung von Anschwellung der Ober-Elbe Statt fand, von seiner Rechnung ausgeschlossen habe. Hierzu war er vollkommen berechtigt aus dem Gesichtspunkte des Hamburgischen Schiffsverkehrs, so wie auch wegen der Beziehung des Hamburgischen Pegels zu dem Cuxhavener Pegel, denn die Anschwellungen der Ober-Elbe afficiren den Wasserstand zu Cuxhaven nicht merklich und haben für den Hamburgischen Schifffahrt-Verkehr nur ein ganz secundäres Interesse; der Letztere, welcher im Wesentlichen aus Seeschiffen besteht, trägt vielmehr den Begriff, welchen man in der Nähe der See mit dem Ausdrucke „ordinäre Ebbe“ verbindet, auch auf Hamburg über und versteht darunter eine solche Ebbehöhe, bei welcher Wind und Wetter keine Störung in der normalen Entwicklung der Meeresfluth herbeiführen, die aber auch andererseits nicht durch ungewöhnliche obere Zuflüsse gestört wird.¹⁾

Dem Begriffe, den der Seefahrer mit den Worten „ordinäre Ebbe“ verbindet, entspricht der Hamburgische Nullpunkt, und

¹⁾ Beiläufig will ich bemerken, daß die unter Seeleuten sehr verbreitete Ansicht, daß durch hohes Oberwasser die Fluth zurückgehalten werde und deßhalb nicht so hoch werde als sie sonst geworden sein würde, irrig ist. Das Oberwasser hält den Fluthstrom zurück, es verkleinert auch den Unterschied zwischen Fluth und Ebbe, aber es erhöht das Niveau von Beiden.

deßhalb glaube ich, daß auch in diesem Falle REINKE durch einen gewissen practischen Tact auf das Richtige geleitet worden ist, vielleicht ohne gerade den innern Zusammenhang ganz klar zu durchschauen; denn wäre Letzteres der Fall gewesen, so würde sich in den noch vorhandenen Acten wohl eine Auskunft über sein Verfahren finden.

Aus allen vorstehenden Erörterungen, durch welche, wie ich glaube, der Gegenstand erledigt ist, gehen folgende Resultate hervor:

1. Es findet ein kleiner Unterschied zwischen dem REINKE'schen Nullpunkte von 1787 und dem jetzigen Nullpunkte des Hamburgischen Pegels Statt, indem der Letztere wahrscheinlich zwei bis drei Zoll niedriger liegt als der Erstere.

2. Es ist ein Unterschied zu machen unter den beiden Ausdrücken: „ordinäre“ Fluth und Ebbe und „mittlere“ Fluth und Ebbe. Nur in der Nähe der See oder an solchen Orten, wo die Mittelzahlen durch obere Zuflüsse nicht afficirt werden, bedeuten jene beiden Ausdrücke gleiche Höhenpunkte.

3. Die ordinäre Ebbehöhe ist das arithmetische Mittel aus den beobachteten Ebben, welche von Einwirkungen des oberen Stromes und des Eises frei sind.

Die mittlere Ebbehöhe ist das arithmetische Mittel aus allen beobachteten Ebben im eisfreien Strom.

4. Die ordinäre Ebbe ist die geeignetste Höhe für den Nullpunkt des Pegels, wenn dieser, wie zu Hamburg, für den Schifffahrtverkehr die Bedeutung des gewöhnlichen Niedrigwassers haben soll.

5. Obwohl die mittlere Ebbe zu Hamburg etwa 16 Zoll höher liegt als der jetzige Nullpunkt des Pegels, oder etwa 13 Zoll höher als der REINKE'sche Nullpunkt von 1787, so ist dennoch durchaus kein Grund vorhanden den Nullpunkt zu verändern, vielmehr würde dadurch nur die spätere Benutzung der reichen Schätze von Beobachtungen, welche wir besitzen, erschwert werden.

Ergänzende Anmerkungen zu HÜBBES Aufsatz über „Erfahrungen und Beobachtungen im Gebiete der Strombaukunst“

(von Prof. Dr.-Ing. WINFRIED SIEFERT, Cuxhaven)

Stellte HÜBBES Arbeit von 1842 den ersten Versuch dar, das Tidegeschehen in der Elbe in seinem komplexen Ablauf zu verstehen, so plante er mit diesem Werk, einen Gesamtüberblick über die „Strombaukunst“ der damaligen Zeit zu beginnen. Wie in seinem Vorwort ausgeführt, stellt es den ersten von vier geplanten Teilen dar. Die vorstehend ausgewählten Kapitel beschäftigen sich mit dem Stromspaltungsgebiet der Elbe in Hamburg in allgemeiner Form. Sie zeigen aber deutlich, daß man dem Phänomen der Stromteilung bei Bunthaus und der Bedeutung der Wassermengenverteilung in Norder- und Süderelbe für die Schifffahrt sehr starke Beachtung schenkte. Nicht zufällig hatte WOLTMAN seinen „Strömungsmeß-Apparat“ erstmals bei Bunthaus eingesetzt.

Interessant auch ist die Akribie, mit der HÜBBE zu Werke ging (und die sich später auch bei LENTZ zeigte), als er Beobachtungen von REINKE nachrechnete, was ihn in § 4 zu einem Kommentar veranlaßte, wie man ihn in heutigen Veröffentlichungen (leider) kaum noch findet. Dasselbe gilt für die wiedergegebene Widmung. Ich meine, unsere Literatur ist ohne solche Bemerkungen ärmer geworden.

Der Autor veröffentlichte seine Arbeit 16 Jahre nach seiner Berufung zum Wasserbau-direktor in Hamburg. So konnte er die 1842 schon zusammengestellten Erkenntnisse ergänzen durch weitere Erfahrungen „vor Ort“ und durch Meßdaten bis einschl. 1852. Spätestens diese Arbeit wird die Notwendigkeit gezeigt haben, entlang der Elbe ein Nivellement auszuführen, um endlich die Pegelnullprodukte von Hamburg bis Cuxhaven zueinander in Beziehung setzen zu können. Dieses Nivellement nahm LENTZ dann tatsächlich 1854/55 vor.

Die drei übrigen, im Vorwort genannten „Abtheilungen“ hat HÜBBE nicht mehr veröffentlicht oder veröffentlichen können. Dazu haben sicherlich seine öffentliche Abmahnung und seine Amtsenthebung 1856 beigetragen. HÜBBE war fraglos einer der führenden Wasserbauer seiner Zeit, war Ritter eines österreichischen und eines preußischen Ordens, Mitglied des Architekten-Vereins Berlin und der Hamburgischen Mathematischen Gesellschaft, aber er war auch ein politisch engagierter Zeitgenosse. In der unruhigen Zeit nach 1848 verfaßte er politische Schriften, deren Inhalt seine Vorgesetzten zu o. g. Schritt veranlaßt hatten. Zwar endete der Prozeß gegen ihn 1863 mit Freispruch, als Resultat aber blieb, daß Hamburg auf die Mitarbeit eines seiner fähigsten Männer verzichtet hatte.